



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

JÄTEVEDEN ESIKÄSITTELY- LAITOKSEN SANEERAUK- SEN ESISUUNNITELMA

Kemira Operon Oy

TEKIJÄ/T: Akseli Peräoja

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Akseli Peräoja			
Työn nimi Jäteveden esikäsittelylaitoksen esisuunnitelma, Julkinen versio			
Päiväys	4.11.2017	Sivumäärä/Liitteet	59
Ohjaaja(t) Ari Mikkonen ja Heikki Orava			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kemira Operon Oy			
<p>Opinnäytetyön toimeksiantajana on Kemira Operon Oy, joka tuottaa kokonaispalveluja sekä ratkaisuja vesilaitoksille ja jätevedenpuhdistamoille. Opinnäytetyö tehtiin Kemira Operon Oy:n asiakkaan jäteveden esikäsittelylaitoksesta. Tehtaalla syntyvät jätevedet käsitellään ennen kunnallista puhdistamoa omalla esikäsittelylaitoksella. Jäteveden esikäsittelylaitos on elinkaarensa loppupuolella ja laitoksesta tarjoutui mahdollisuus tehdä saneerauksen esisuunnitelma. Tavoitteena oli luoda laitoksesta kerättyjen tietojen perusteella kuormitustarkkailu, kuormitusennuste, mitoitusarvot ja esittää prosessivaihtoehto.</p> <p>Opinnäytetyön teoreettisessa osuudessa painoarvo oli jätevedenkäsittelyssä, anaerobisissa reaktoreissa ja projektien eri vaiheissa. Kyseisistä aiheista oli runsaasti kirjallisuutta ja tieteellisiä julkaisuja. Tämän lisäksi perehdyttiin kaupallisiin jäteveden käsittelyratkaisuihin. Opinnäytetyössä käsiteltiin laitoksen vuosien 2010 – 2016 väliset jäteveden testausselostukset, virtaamatiedot ja vuosien 2015 – 2016 omaseuranta. Luodun tietokannan perusteella tehtiin kuormitustarkkailu ja -ennuste vuodelle 2020.</p> <p>Opinnäytetyössä analyysien pohjalta luotiin puhdistamolle mitoitusarvot ja toteutustapaselostus. Prosessiksi sopii ARF (Anaerobic Flotation Reactor) -tekniikkaa oleva anaerobinen reaktori, jonka jatkona on perinteinen aktiivilieteprosessi. Jotta varmistutaan ARF-prosessin toiminnasta, on syytä tehdä laitoksella pilot-koeajo ja kartoittaa tulevan jäteveden anaerobiselle prosessille haitalliset ainesosat.</p>			
Avainsanat Jätevedenpuhdistus, esisuunnitelma			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Technology			
Author(s) Akseli Peräoja			
Title of Thesis Preliminary Plan for Wastewater Treatment Plant, Public Version			
Date	4.11.2017	Pages/Appendices	60
Supervisor(s) Ari Mikkonen and Heikki Orava			
Client Organisation /Partners Kemira Operon Oy			
<p>Abstract</p> <p>The thesis was commissioned by Kemira Operon Oy, which provides comprehensive services and solutions for waterworks and sewage treatment plants. The thesis was made at Kemira Operon Oy's customer waste water treatment plant. The waste water generated at the factory is handled before the municipal wastewater treatment plant at the company's own pre-treatment plant. The wastewater treatment plant is at the end of its life cycle and the facility offered an opportunity to make a plan for renovation. The aim was to create load monitoring, load forecasting, design values and to introduce process alternatives based on the information gathered from the plant.</p> <p>In the theoretical part of the thesis the weight was in wastewater treatment, anaerobic reactors and in different stages of the project. There was plenty of literature and scientific publications on these topics. In addition to this, commercial wastewater treatment solutions were introduced. The thesis discuss the wastewater test reports, from 2010 to 2016, flow data and the self - monitoring of the years 2015 – 2016. Based on the created database, load monitoring and load forecast for 2020 were made.</p> <p>In the thesis, based on the analyses, design values and a performance report were created for the refinery. An anaerobic reactor of Anaerobic Flotation Reactor (ARF) technology is used, followed by the traditional active sludge process. In order to ensure the operation of the ARF process, it is necessary to carry out a pilot test in the plant and to identify the components which are harmful to the anaerobic process of waste water.</p>			
<p>Keywords Waste water treatment, preliminary plan</p>			

ESIPUHE

Kiitän opinnäytetyön kiinnostavasta ja monipuolisesta aiheesta Kemira Operon Oy:tä. Erityiset kiitokset työni ohjaajille Heikki Oravalle, Ritva Käyhkölle ja Ari Mikkoselle. Lisäksi haluan kiittää saamistani tiedoista ja tuesta työkavereitani.

Suuri kiitos kuuluu myös ystäväilleni ja äidilleni Katriina Peräojalle, joilta olen saanut paljon tukea.

Lapinlahdella 4.11.2017

Akseli Peräoja

SISÄLTÖ

1	TOIMEKSIANTAJA	12
1.1.1	Kemira Oyj	12
1.1.2	Kemira Operon Oy	12
1.2	Asiakas.....	13
2	JÄTEVEDEN KÄSITTELY	14
2.1	Teollisuusjätevesien ominaisuuksia	14
2.2	Mekaaninen käsittely.....	14
2.2.1	Välppäys ja siivilöinti	14
2.2.2	Hiekanerotus	14
2.2.3	Selkeytys.....	14
2.2.4	Flotaatio	15
2.3	Biologinen käsittely	15
2.3.1	Aktiivilieteprosessi	15
2.4	Anaerobinen jäteveden käsittely	17
2.4.1	Anaerobinen hajoaminen	18
2.4.2	Prosessin olennaiset vaatimukset	19
2.4.3	Virtaus ja kuorma.....	20
2.4.4	Kiintoaine, lämpötila ja pH	20
2.4.5	Ravinteet.....	21
2.4.6	Anaerobista prosessia haittaavia tekijöitä.....	21
2.4.7	Biokaasu.....	22
2.5	Anaerobisia reaktoreita jätevedenkäsittelyssä	22
2.5.1	UASB- ja EGSB-reaktorit	22
2.5.2	BIOPAQ® AFR	24
2.5.3	TAMAN-prosessi	24
2.6	Kemiallinen käsittely.....	25
2.6.1	Fosforin poisto	25
3	PROJEKTIN VAIHEET	27
3.1	Projektimääritelmä	27
3.2	Projektin suunnittelu	28
3.3	Projektiluokittelu	28

3.4	Projektin elinkaari ja vaiheet.....	28
3.4.1	Käynnistysvaihe	29
3.4.2	Rakennusvaihe.....	30
3.4.3	Päätämismvaihe	30
4	PERUSSELVITYKSET	31
4.1	Laitoksen nykyinen prosessi.....	31
4.2	Anaerobisen TAMAN-prosessin mitoitus	32
4.3	Aerobisen aktiivilieteprosessin mitoitus	33
4.4	Prosessin mekaaninen kunto ja tekninen toiminta	33
4.5	Laitoksen operointi.....	34
4.6	Päästöt vesiin ja viemäriin	34
4.7	Puhdistamon jätevesimäärät.....	34
4.8	Kuormitustarkkailu	35
4.9	Jäteveden laatu	37
4.10	BOD ₇ / COD _{Cr} -suhde	38
4.11	Puhdistamon oma kuormitustarkkailu	39
4.12	Jäteveden lämpötila	40
4.13	Poistettu lietemäärä	41
5	KUORMITUSENNUSTE.....	42
5.1	Kuormitustiedot ja kuormitusennuste	42
5.2	Mitoitusvirtaama	45
5.3	Mitoitusarvot	46
6	PUHDISTAMON PROSESSIVAIHTOEHDOT	47
6.1	Prosessin teho	47
6.2	Prosessi.....	47
6.3	Suunnittelun perusteet.....	47
6.4	AFR- ja aktiivilieteprosessi	48
6.5	Vesistöön purku	48
6.6	Pilot-koeajo ja tutkimukset	48
7	PUHDISTAMON MITOITUS	49
7.1	Prosessin osat.....	49
7.2	Tulopumppaamo.....	49

7.3	Rumpusiivilät.....	49
7.4	Tasausaltaat ja varoallas	49
7.5	Pumppukellari.....	50
7.6	AFR (Anaerobic Flotation Reactor) -prosessi	50
7.7	Ilmastus.....	50
7.8	Selkeytys.....	50
7.9	Sakeutus / pystysakeutusallas	51
7.10	pH:n säätökemikaalit.....	51
	7.10.1 Lipeä (NaOH) varastosäiliö.....	51
	7.10.2 Lipeä (NaOH) laimennussäiliö	51
	7.10.3 Lipeä (NaOH) annostelusäiliö	51
	7.10.4 Rikkihappo (H ₂ SO ₄) säiliö.....	51
8	TOTEUTUSTAPASELOSTUS.....	53
8.1	AFR- ja aktiivilieteprosessi	53
8.2	Jäteveden pumppaamo	53
8.3	Rumpusiivilä ja esikäsittely	53
8.4	Tasausaltaat ja varoallas	53
8.5	Prosessirakennus	53
8.6	Valvomorakennus	54
8.7	AFR-prosessi ja kaasupoltin	54
8.8	Aktiivilieteprosessi.....	54
8.9	Sakeuttamo	54
8.10	PH-säätöasema.....	54
8.11	Tekninen vesi	55
8.12	Katkaistun veden asema.....	55
8.13	LVI.....	55
	8.13.1 Prosessirakennus	55
	8.13.2 Valvomorakennus.....	56
8.14	Automaatio, instrumentointi ja sähköistys.....	56
	8.14.1 Automaatio.....	56
	8.14.2 Instrumentointi	56
	8.14.3 Sähköistys	56
	8.14.4 Varavoima	56

9 JOHTOPÄÄTÖKSET 57

LYHENTEET JA SYMBOLIT

A	Pinta-ala	[m ²]
AFR	(Anaerobic Flotation Reactor) Anaerobinen reaktoriyyppi	
BOD/COD	Suhdeluku biologisen- ja kemiallisen hapenkulutuksen välillä.	
BOD:N:P	Biologisen hapenkulutuksen, typen ja fosforin välinen ravinnesuhde.	
BOD ₇	Biologinen hapenkulutus	[mg/l]
COD:N:P	Kemiallisen hapenkulutuksen, typen ja fosforin välinen ravinnesuhde	
COD _{Cr}	Kemiallinen hapenkulutus	[mg/l]
COD _r	Biohajomalla poistunut kemiallinen hapenkulutus.	[mg/l]
EGSB	(Expended Granule Sludge Blanket) anaerobinen reaktoriyyppi	
FF	(Fixed-Film) anaerobinen reaktoriyyppi	
Flokki	Kiintoainehiukkasten muodostama ryhmittymä.	
FP	(Fluidized bed) anaerobinen reaktoriyyppi	
HRT	Hydraulinen viipymä	[h]
N.kok	Kokonaistyyppi	[mg/l] ja [kg/d]
P.kok	Kokonaisfosfori	[mg/l] ja [kg/d]
pH	pH:n luku ilmaisee happamuuden	
q _{ka}	Keskivirtaama	[m ³ /d]
q _{max}	Suurin virtaama	[m ³ /d]
q _{mit}	Mitoitusvirtaama	[m ³ /h]
q _{min}	Pienin virtaama	[m ³ /d]
t	Lämpötila	[°C]
t _{mit}	Mitoituslämpötila	[°C]
TSS	Total Suspended Solid	[mg/l]
UASB	(Upflow anaerobic sludge blanket) Anaerobinen reaktoriyyppi	
V	Tilavuus	[m ³]
VFA	(Volatile Fatty Acids) Haihtuvat rasvahapot	
VSS	(Volatile Suspended Solid) Hehkutushäviö	

JOHDANTO

Jäteveden esikäsittelylaitoksen saneerauksen esisuunnittelun toimeksiantajana on Kemiran Operon Oy, jonka operoitavana asiakkaan tehtaan vesilaitos ja jäteveden esikäsittelylaitos on. Opinnäytetyön aiheena oli tehdä saneerauksen esisuunnitelma em. tehtaan jäteveden esikäsittelylaitoksesta. Tehtaan jäteveden esikäsittelylaitos on valmistunut nykyiseen muotoonsa vuonna 1987 ja se on elinkaarensa loppupuolella. Lisäksi asiakkaalla on toistaiseksi voimassa oleva ympäristölupa, joka on tarkastettava vuoden 2017 loppuun mennessä, mikäli toiminnassa tapahtuu olennainen muutos. Aiheesta tekee haastavan ja samalla mielenkiintoisen esikäsittelyssä käytetty anaerobinen Tampellan TAMAN-prosessi ja tähän liitetty aerobinen prosessi.

Esikäsittelylaitoksella päästään tällä hetkellä hyvään puhdistustulokseen, mutta varsinkin laiterikot ja huono hallittavuus ovat tuoneet eteen joitakin lupaylityksiä ja nämä ovat työllistäneet henkilökuntaa. Tämän lisäksi tehtaalta tulevat päästöjen hallinta on nykyisellä prosessilla varsin haasteellista. Nykyinen TAMAN-prosessi on muunnelmä UASB-prosessista ja erittäin kustannustehokas ratkaisu jäteveden käsittelyssä.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään jäteveden puhdistustekniikoita keskittyen aerobiseen ja anaerobiseen jäteveden käsittelyyn. Koska kyseessä on esisuunnitelma, käydään läpi myös projekteille tyypillisiä vaiheita. Jätevedenkäsittelystä löytyy runsaasti ulkomaisia julkaisuja ja tutkimuksia, joita voidaan käyttää lähteenä opinnäytetyössä. Esikäsittelylaitoksesta on runsaasti kokemusperäistä tietoa ja lisäksi saatiin prosessin eri vaiheista paljon tarkkailunäytetietoja, joiden perusteella voitiin koota esiselvitys.

Tarkoituksena on luoda esisuunnitelma, joka sisältää laitoksen vuoden 2010 – 2016 kuormitustarkkailun, analysoidut tulokset ja antaa pääpiirteet jäteveden käsittelyprosessille. Tulosten perusteella voidaan luoda mitoitusarvot saneeraukselle ja antaa saneerausprosessista suositus. Esiselvityksessä analysoidaan myös olemassa olevat rakenteet, jolloin selviää, mitä rakenteita saneerauksessa voidaan hyödyntää ja mitkä täytyy korvata. Asiakkaalla oli toiveena, että esisuunnitelmassa otetaan kantaa omaan jäteveden purkulupaun vesistöön. Esisuunnitelmasta rajattiin pois investointien suuruus. Opinnäytetyöstä saatu kokemus antaa hyvän näkökulman esisuunnitelman tekovaiheisiin ja tutustumisen anaerobisen jäteveden puhdistuksen mahdollisuuksiin.

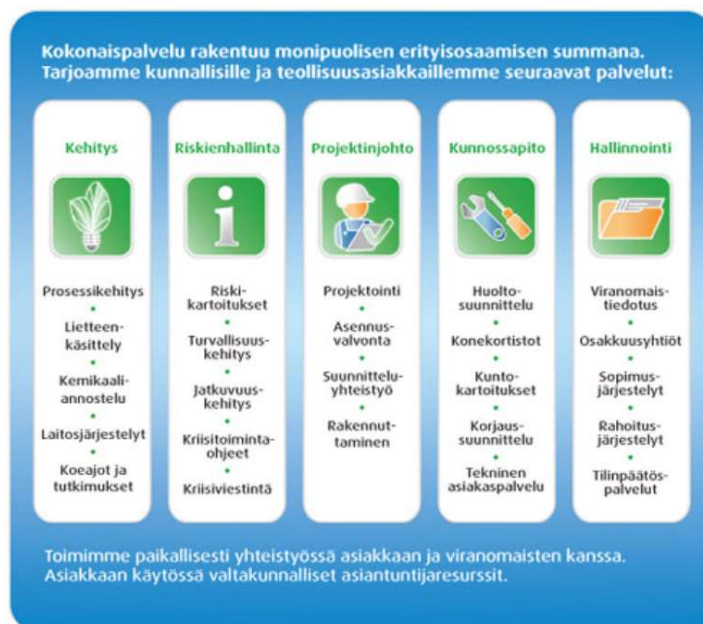
1 TOIMEKSIANTAJA

1.1.1 Kemira Oyj

Kemira Oyj taustat alkavat vuodesta 1920, jolloin Valtion Rikkihappo- ja Sulfaattitehtaat perustettiin Lappeenrantaan ja Kotkaan. Tuotantopohjaa laajennettiin edelleen 1950 – 1970 -luvulla korvaamaan tuontikemikaaleja. Vuonna 1961 yhtiön nimi muutettiin Rikkihappo Oy:ksi ja edelleen 1972 Kemira Oy:ksi. Kemira suuntasi uusille alueille yritysostojen ja fuusioiden kautta. Henkilökuntamäärä nousi vuodesta 1969 – 1970 -luvun loppuun 3768:sta 7000:een. Kemira laajentui ulkomaille useiden yritysostojen kautta 1980-luvulla. Kemiran 1990-luvun uuden strategian mukaan se alkoi hankkia kasvua paperi- ja sellukemikaaleista, vedenpuhdistuskemikaaleista sekä maaleista, mutta edelleen painopisteet olivat myös vanhoissa tuotteissa. Kemira listautui Helsingin arvopaperipörssiin vuonna 1994 ja 2000-luvulla Kemiran keskittyi strategiassaan yhä enemmän vesikemikaaleihin ja palvelemaan niitä asiakkaita, jotka käyttävät tuotannossaan vettä. Tuotantoa on tällä hetkellä 40 maassa ja yhtiön palveluksessa työskentelee n. 4500 työntekijää. (Kemira Oyj. 2017.)

1.1.2 Kemira Operon Oy

Kemira Operon Oy on Kemira Oyj:n tytäryhtiö, joka tuottaa operointipalveluja vesi- ja jätevesilaitoksille. Kemira Oyj on tarjonnut jätelaitosten operointipalveluita vuodesta 2002 ja nykyisessä muodossaan Kemira Operon Oy:nä vuodesta 2009 alkaen. Kemira Operon Oy:llä on ympäristö-, turvallisuus- ja laatu järjestelmän sertifiikatit ISO 14001:2004, OHSAS18001:2007 ja ISO 9001:2008. (Kemira Operon Oy 2017.) Kuvassa 1 ilmenevät Kemira Operon Oy:n palvelukonsepti ja tuotteet.



Kuva 1. Kemira Operon Oy:n palvelukonsepti ja tuotteet (Kemira Operon Oy 2017)

1.2 Asiakas

Opinnäytetyö on salainen. Julkisessa versiossa ei käytetä yrityksen Kemira Operon Oy:n operoitavan asiakkaan yrityksen nimeä, vaan käytetään termiä asiakas.

2 JÄTEVEDEN KÄSITTELY

2.1 Teollisuusjätevesien ominaisuuksia

Teollisuusjätevedet ovat jätevesiä, jotka poikkeavat normaalista asumajätevedestä. Tällaisia jätevesiä syntyy mm. elintarvike-, pintakäsittely-, maali-, tekstiili-, kemian- ja graafisen alan teollisuudessa. Teollisuusjätevesien ominaispiirteet vaihtelevat suuresti eri toimialojen suhteen. Lisäksi tuotannon käyntiajat vaikuttavat suuresti syntyvien jätevesien ominaisuuksiin ja määrään. (VVY 2011, 1, 8, 52.)

Jäteveden puhdistaminen koostuu yksikköprosesseista ja kulloinkin valittavien prosessien tarve tarkastellaan aina tapauskohtaisesti eikä laitossuunnittelussa ohjauduta tiettyjen mallien mukaan toimimiseksi. (Karttunen 2004. RIL 124-2, 17–19.)

2.2 Mekaaninen käsittely

Ensimmäisenä on mekaaninen käsittely, joka on jäteveden fysikaalinen käsittely. Käsittelyyn sisältyy välppäys, siivilöinti, hiekanerotus ja esilaskeutus. Näissä yksikköprosesseissa jätevedestä poistetaan suurimmat partikkelit ja laskeutuva kiintoainelaseutetaan lopuksi esilaskeutuksessa. Mekaaniseksi käsittely voidaan myös tehdä flotaatiolla, jolloin paineistettu vesi- ja ilmaseoksen purkautuessa pienet kuplat tarttuvat kiintoainepartikkeleihin ja nostavat ne pintaan. Pinnalta syntynyt liete kerätään pois. (Karttunen 2004, 17; Libhaber ja Orozco-Jaramillo 2012, 8-9.)

2.2.1 Välppäys ja siivilöinti

Välppäys ja/tai siivilöinti ovat yleensä jäteveden käsittelyssä ensimmäisenä. Niiden pääasiallinen tarkoitus on poistaa jätevedestä suurimmat partikkelit, jotka saattaisivat haitata jäteveden käsittelyä. Tällaisia partikkeleja ovat mm. muoviset ja kuitumaiset epäpuhtaudet. Välpystä syntyvä välpejäte käsitellään asianmukaisesti ja viedään kaatopaikalle. (Karttunen 2004 RIL-124-2, 499-501.)

2.2.2 Hiekanerotus

Hiekanerotuksessa jäteveden virtausta pienennetään 0,3 – 0,5 m/s, tällöin halkaisijaltaan 0,2 mm ja suuremmat hiekkapartikkelit laskeutuvat altaassa painovoiman vaikutuksesta pohjaan. Samalla laskeutuva osa lietteestä ja orgaanisesta aineesta erotetaan vesi-ilmahuuhtelulla takaisin prosessiin. Hiekanerotuksen pohjalta hiekka poistetaan pumpulla hiekkapesurille, jolloin sitä pestään ja saadaan lähes puhdasta hiekkaa. (Karttunen 2004, RIL-124-2, 503 – 504; Hydropress Huber Ab 2017.)

2.2.3 Selkeytys

Esiselkeytyksen tehtävä on poistaa jätevedestä helposti laskeutuva kiintoainelaseutuuva materiaali, jolloin jäteveden kiintoainepitoisuutta saadaan laskettua. Selkeytyksellä saadaan jätevedestä pois 50 – 70 % kiintoainelaseutuuva ja 25 – 40 % BOD:sta. Aktiivilieteprosessissa selkeytyksen tehtävä on erottaa

laskeutuva flokkuloitunut liete ja neste toisistaan. Suorakaiteen muotoisessa selkeyttimissä käytetään ketjulaahoja tai liikkuvaa siltaa laskeutuvan kiintoaineen poistossa. Laahat keräävät kiintoaineen suppiloihin, joista ne pumpataan isompiin säiliöihin. Pyöreissä selkeyttimissä pohjalla on yleensä läpi kulkeva laaha, joka kerää kiintoaineen pumpuille. (Tcobanoglous G, ym. 2014, 382–388.)

2.2.4 Flotaatio

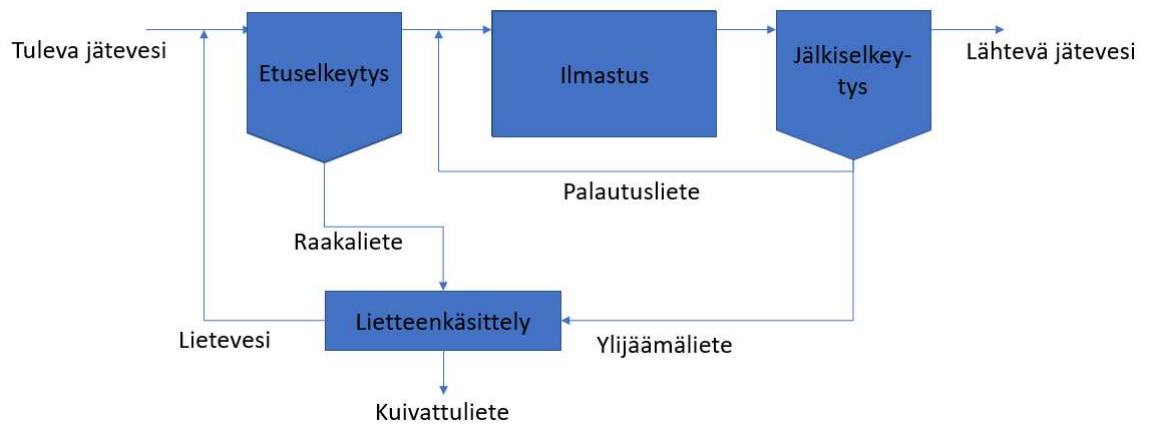
Flotaatio on fysikaalinen prosessi, jolla voidaan erottaa tehokkaasti kiintoainetta jätevedestä. Lisäksi se poistaa osan organisesta aineesta, kuten BOD:a ja COD:a. Öljyn ja rasvan poistossa flotaatio on myös tehokas käsittelymenetelmä. Puhdistus tapahtuu vesi- ja ilmaseoksen avulla, joka tuotetaan käsitellystä jätevedestä liuottamalla siihen ilmaa korkeassa paineessa. Seoksen purkautuessa kontaktikammiossa syntyy mikrokuplia, jotka tarttuvat kiintoaineeseen ja nousevat flotaatitankin pintaan, jolloin pinnalta syntynyt liete voidaan kaapia pois. Osa kiintoainesta laskeutuu ja se voidaan poistaa altaan pohjalta. Puhdistettu jätevesi poistetaan flotaatioaltaan keskiosasta. Flotaatiokäsittelyssä on tyypillistä, että siinä käytetään kemikaaleja, jotka saavat partikkeleita sitoutumaan yhteen. Tällöin suurempi partikkelien pinta-ala mahdollistaa, että mikrokuplat voivat tehokkaammin tarttua niihin. Tyypillisesti käytettyjä kemikaaleja ovat epäorgaaniset rauta- ja alumiinipohjaiset saostuskemikaalit. Lisäksi voidaan käyttää orgaanisia polymeerejä, joita on mahdollista käyttää yhdessä epäorgaanisten saostuskemikaalien kanssa, jolloin päästään haluttuun lopputulokseen. (Libhaber ja Orozco-Jaramillo 2012, 72–73; Tcobanoglous G, ym. 2014, 403–404.)

2.3 Biologinen käsittely

Biologisen käsittelyn tarkoitus on poistaa jätevedestä biologinen happea kuluttava kuorma (BOD). Tämä voidaan tehdä käyttäen joko anaerobisia tai aerobisia bakteereja, joita ruokkii orgaaninen aines. Tällöin muodostuu bakteerimassaa, jota ylläpitää BOD:n hajoamisen tuottama energia bakteereille. Reaktorissa syntynyt bakteerimassa eli liete erotetaan esim. selkeyttimen avulla ja palautetaan reaktoriin. (Libhaber ja Orozco-Jaramillo 2012, 8-9.)

2.3.1 Aktiivilieteprosessi

Yleisin jäteveden puhdistus prosessi on aktiivilieteprosessi. Se koostuu suurelta osin elävistä, kuolleista tai lepovaiheessa olevista bakteereista. Bakteerit, jotka käyttävät happea molekyyli muodossa, kutsutaan aerobisiksi bakteereiksi. Lietemassan hengissä pitämiseksi reaktoriin on syötettävä happea, joka tapahtuu ilmastuksessa, johon jätevesi ensimmäisenä johdetaan. Ilmastuksessa lietteeseen muodostuu flokkeja, jotka jälkiselkeyttimeen päästyään laskeutuvat sen pohjalle. Selkeyttimen pohjalle laskeutunut liete poistetaan ja palautetaan ilmastuksen alkuun. Jälkiselkeytyksessä käsitelty jätevesi ohjautuu ylivuodon kautta seuraavaan prosessivaiheeseen tai vesistöön. (Karttunen 2004, RIL 124-2. 170-172, 183-184; Libhaber ja Orozco-Jaramillo 2012, 10-11.) Tyypillinen aktiivilietelaitoksen prosessikaavio on kuvassa 2.

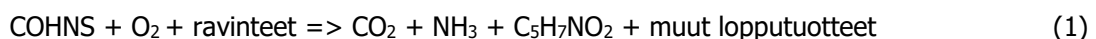


Kuva 2. Aktiivilietelaitoksen prosessikaavio (mukaillen Karttunen 2004. RIL 124-2, 154)

Aktiivilieteprosessin käsittely vaatii oikeat olosuhteet toimiakseen tehokkaasti. Tärkeitä tekijöitä aktiivilieteprosessin toiminnan kannalta ovat seuraavat: jäteveden pH tulisi olla mahdollisimman lähellä neutraalia (7), mutta käytännössä riittävä taso on välillä 6,5 – 8,5. Optimilämpötila mesofiilillä bakteereilla on 37 °C, mutta käytännössä lämpötilat ovat 8 – 25 °C, kun toimitaan yhdyskuntajätevedessä. Ravinteiden BOD:N:P suhde tyypillisessä yhdyskuntajätevedessä on 100:17:3. Aktiivilieteprosessin minimivaatimuksen on oltava 100:5:1, jotta prosessi toimii. Optimaalinen happitaso ilmastuksessa on 2 mg/l, mutta käytännössä 0,5 mg/l on riittävä. (Hammer ja Hammer 2001, 82 – 84.)

Tietyn viipymän jälkeen reaktorissa (ilmastuksessa) bakteerit muodostavat orgaanisesta aineesta bakteerimassaa, eli aktiivilietettä. Aktiivilietteen tarkoitus on saada orgaaninen massa hajoamaan jätevedestä. Reaktorissa olevan viipymän täytyy olla riittävä, jolloin ennättää syntyä laskeutuvia flokkeja. Toisaalta viipymän ollessa liian suuri, luovuttaa biomassa ravinteita takaisin jäteveteen. Aktiivilieteprosesseissa, jotka ovat korkeasti kuormitettuja, osa yhdisteistä saattaa tarttua bakteerien ja flokkien pinnalle hajoamattomana. Kun kuormitus vähenee, yhä suurempi osa orgaanisesta aineesta käytetään orgaanisen aineen hapettamiseen, jolloin syntynyt bakteerimassaa syö toisen bakteerit. (Karttunen 2004. RIL 124-2, 184 – 185.)

Mikrobit muuttavat orgaanisen aineen bakteerimassaksi ja muiksi tuotteiksi reaktioyhtälö 1 mukaan. Orgaanista aineesta (COHNS) ja hapestasta (O₂) muodostuu hiilidioksidia (CO₂) ammoniakkia (NH₃) ja bakteerimassaa (C₅H₇NO₂). (Karttunen 2004. RIL 124-2, 184 – 185.)

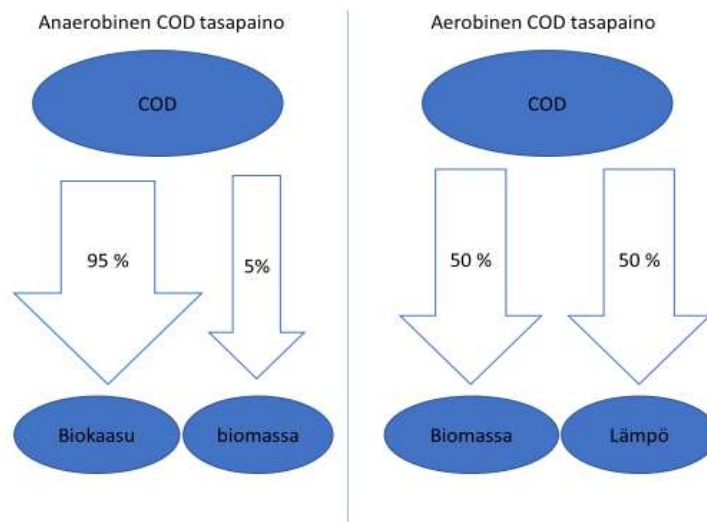


Endogeeninen aineenvaihdunta tapahtuu reaktioyhtälön 2 mukaan. Bakteerimassasta (C₅H₇NO₂) ja hapestasta (O₂) muodostuu hiilidioksidia (CO₂), vettä (H₂O), ammoniakkia (NH₃) ja energiaa (lämpö). (Karttunen 2004. RIL 124-2, 184 – 185.)



2.4 Anaerobinen jäteveden käsittely

Nykyaikainen anaerobinen prosessi pystyy käsittelemään erittäin suuria orgaanisia kuormia tehokkaasti ja käytettävä hydraulinen läpivirtausaika (HRT) on parhaimmillaan vain muutamia tunteja. Huonona puolena on se, ettei anaerobisella käsittelyllä päästä kovin alhaisiin pitoisuuksiin kiintoaineissa ja orgaanisissa aineissa. Lietteen tuotanto anaerobisessa prosessissa on pienempää kuin aerobisessa prosessissa, jolloin operointikustannukset ovat alhaisemmat kuin aerobisessa prosessissa. (Blinnikka 2008, 37 -38; Haandel ja Van Der Lubbe 2012, 477 – 478.) Kuvassa 3 verrataan COD tasapainoa aerobisen ja anaerobisen prosessin kesken.



Kuva 3. Aerobinen ja anaerobinen COD tasapaino (Blinnikka 2008, 38)

Tärkeimpiä etuja anaerobisessa prosessissa on sen energiatehokkuus, kun paljon energiaa kuluttavaa ilmastusta ei tarvita. Anaerobisessa prosessissa syntyvää biokaasua hyödynnettäessä prosessi voi joissakin tapauksissa olla energiaomavarainen. (Blinnikka 2008, 39.) Taulukossa 1 esitetään anaerobisen prosessin hyviä ja huonoja puolia.

Taulukko 1. Anaerobisen prosessin hyviä ja huonoja puolia (mukaiillen Blinnikka 2008, 38)

EDUT	HAITAT
<ul style="list-style-type: none"> • Kestää suuria COD pitoisuuksia. • Säästää kustannuksia • Biokaasun muodostus 	<ul style="list-style-type: none"> • Ei laimeille jätevesille • Jätevesi tarvitsee jatkokäsittelyn • Herkkä bakteerien häiriöille • Puusta johdetut komponentit ja klooratut fenoliset yhdisteongelmat
<ul style="list-style-type: none"> • Matala energian kulutus • Matala lietteen tuotto 	<ul style="list-style-type: none"> • Pitkä prosessin käynnistysvaihe • Hajuongelmat seuraavat anaerobista käsittelyä
<ul style="list-style-type: none"> • Pienet reaktorien koot • Vähäinen ravinteiden tarve • Vähäinen kemikaalien tarve • Tehokkuutta parannetaan aerobisella jälkikäsittelyllä • Stabiili prosessi • Vältetään kasvihuonekaasuja • Nopea reagoimaan syötteeseen pitkän tauon jälkeen 	<ul style="list-style-type: none"> • Reaktori menee helposti tukkoon • Kalsiumin saostumat reaktorissa • Riittämätön kokemus käytöstä jäteveden puhdistuksessa

Orgaanisen kuorman osalta anaerobista prosessia voidaan kuormittaa $3,2 - 32 \text{ kg COD/m}^3 \times \text{d}$, kun vastaava aerobisessa prosessissa on $0,5 - 3,2 \text{ kg COD/m}^3 \times \text{d}$. Ongelmana anaerobisessa käsittelyssä on, että jätevedessä pitää olla varsin korkea COD-kuorma, jotta prosessi toimii. Aerobisen käsittelyn eduiksi yhdyskuntajätevesissä voidaan katsoa sen toimiminen alhaisissa lämpötiloissa ja laimeissa COD-pitoisuuksissa. Lietteentuotanto teoreettisesti anaerobisessa prosessissa on poistettua COD-kuormaa kohden $0,05 \text{ kg VSS/kg} \times \text{COD}$. Vastaavasti aerobisessa prosessissa se on $0,45 \text{ kg VSS/kg} \times \text{COD}$. (Blinnikka 2008, 39; Haandel ja Van Der Lubbe 2012, 497.)

2.4.1 Anaerobinen hajoaminen

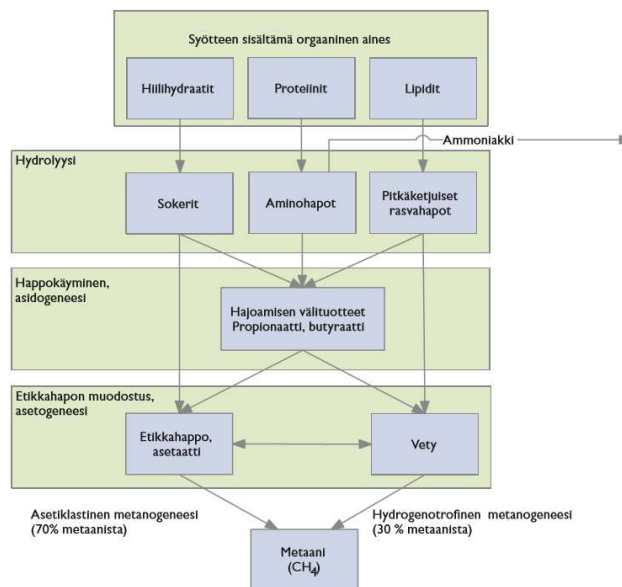
Anaerobinen hajoaminen esitetään kuvassa 4. Hajoamisvaiheet koostuvat neljästä vaiheesta. Ne ovat hydrolyysi, asidogeneesi (happokäyminen), asetogeneesi (etikkahapon muodostuminen) ja metanogeneesi (metaanin muodostuminen), josta kolme ensimmäistä ovat yleensä yhdessä vaiheessa, jota kutsutaan happokäymiseksi. Happokäymisen orgaaninen materiaali saadaan liukoiseen muotoon, jota metanogeeniset bakteerit voivat käyttää. (Haandel ja Van Der Lubbe 2012, 430-431; Latvala 2009, 29 – 30.)

1. Hydrolyysissa jäteveden sisältämät orgaaniset yhdisteet, kuten proteiinit, hiilihydraatit ja lipidit hajoavat liukoiseen muotoon. Haponmuodostajabakteerit hajottavat pitkäketjuisia molekyylejä erittämiensä entsyymien avulla. Syntyy aminohappoja, sokereita ja pitkäketjuisia rasvahappoja. (Motiva Oy, 4; Blinikka 2008, 42.)

2. Asidogeenisessä vaiheessa hydrolyysin lopputuotteet hajotetaan. Tällöin haponmuodostajabakteerit hajottavat sokerimolekyylejä aminohapoiksi ja rasvahapoiksi. Asidogeenisessä prosessissa syntyy etikkahappoa, propionihappoa, maitohappoa ja voi-happoa. Syntyy myös alkoholeja, vetyä ja hiilidioksidia. (Motiva Oy ,4; Blinikka 2008, 42.)
3. Asetogeeniset bakteerit muuttavat rasvahapot ja alkoholit etikkahapoksi, vedyksi ja hiilidioksidiksi. Pitkaketjuiset rasvahapot ja alkoholit hapettuvat asetaatiksi ja vedyksi. Vedyn pitoisuus täytyy olla alhainen, jotta hajoaminen propionaatista etikkahapoksi onnistuu. Jotta prosessi olisi tehokas, asetogeenisten ja metanogeenisten bakteerien pitää elää symbioosissa. (Motiva Oy ,4; Blinikka 2008, 42 - 43.)
4. Hydrogenotrofiset metanogeenit tuottavat 28 % syntyneestä metaanista. Tällöin hiilidioksidista ja vedystä muodostuu metaania ja vettä reaktioyhtälön 3 mukaan. (Tcobanoglous ja Burton 1991, 423 - 425.)



Asetklastiset metanogeenit tuottavat 72 % metaanista. Tällöin pilkotaan asetaattia metaaniksi ja hiilidioksidiksi reaktioyhtälön 4 mukaan. (Tcobanoglous ja Burton 1991, 424 - 425.)



Kuva 4. Anaerobinen hajoaminen (Latvala 2009, 30)

2.4.2 Prosessin olennaiset vaatimukset

Anaerobisen prosessin hyödyt ovat ilmeiset korkeasti kuormitetuissa jätevesissä, joiden COD-pitoisuudet ovat 3000 – 30000 mg/l ja lämpötila korkea. Tällaisia jätevesiä on teollisuudessa esim. elin-

tarviketeollisuudessa. Haittapuolina edellä mainituissa jätevesissä on, että ne saavat sisältää prosessille vaarallisia aineita, kuten epäorgaanisia yhdisteitä. Kuormitus ja virtaamavaihtelualueet ovat suuria, lisäksi sesonkivaihtelut saattavat olla huomattavia. (Tcobanoglous, ym 2014. 1075 – 1076.)

2.4.3 Virtaus ja kuorma

Pääsääntöisesti anaerobista prosessia käytetään käsiteltäessä korkeasti kuormitteisia jätevesiä. Uudet järjestelmät kestävät suuria virtaamia ja silloin keskimääräinen COD-pitoisuus voi olla jopa niinkin alhainen kuin 1000 – 2000 mg/l, jonka prosessi voi käsitellä. Keskimääräisen COD-tason ollessa 1300 mg/l kannattaa miettiä aerobisen prosessin tarvetta. Tämän lisäksi suuret virtaaman ja kuorman muunnelmät sekoittavat asetogeneesistä ja metanogeneesistä tasapainoa ja laskevat anaerobisen reaktorin tehokkuutta. Tasausaltaan käyttöä tällaisessa tilanteessa kannattaa harkita. (Blinikka 2008, 46; Tcobanoglous, ym. 2014, 1076.)

2.4.4 Kiintoaine, lämpötila ja pH

Kiintoaineen poisto jätevedestä auttaa anaerobisen prosessin tehokkuutta. Anaerobisessa prosessissa paljon kiintoainetta sisältävässä jätevedessä on alhainen synteesi. Tällöin käsiteltävän jäteveden mukana huuhtoutuu kiintoainetta, joten tämä vaikuttaa suoraan (Sludge Retention Time) SRT:hen. Kun SRT pienenee, myös puhdistusteho laskee. Suurin SRT saavutetaan, kun syntynyt biomassa ja reaktorista huuhtoutunut biomassa ovat yhtä suuria. Erityisesti UASB-reaktori on tarkka tulevan jäteveden kiintoainepitoisuudesta ja sen tulisi olla keskimäärin <50 mg/l:ssa, kestäen hetkellisesti 80 mg/l. Fixed-Film (FF) ja Fluidized bed (FB) -reaktorit kestävät paremmin kiintoainetta, joissa karkaavaa kiintoainetta saadaan takaisin reaktoriin käyttämällä selkeytysallasta. (Blinikka 2008, 46 -47; Tcobanoglous, ym. 2014, 1084.)

Optimilämpötila on asidogeenisille bakteereille 30 °C ja mesofiilille bakteereille 35 – 37 °C. Tästä ylös-tai alaspäin poikkeavat lämpötilat vaikuttavat prosessin tehokkuuteen. Tyypillisesti näistä lämpötiloista käytetään mesofiiliselle prosessille tarkoitettua lämpötilaa. Termofiilisten bakteerien optimilämpötila-alue on 50 – 60 °C. Tällöin reaktiot ovat nopeampia ja metaanin tuotanto korkeampaa. Lämpötilan ollessa 12 – 18 °C elävät psykoofiiliset bakteerit, jolloin reaktiot ovat hitaampi. Anaerobisen prosessin lämpötilan ollessa välillä 25 – 35 °C voidaan katsoa käytännössä riittäväksi stabiilin toiminnan kannalta. (Blinikka 2008, 46 -47; Tcobanoglous, ym. 2014, 1076; Karttunen 2004. RIL 124-2, 170.)

PH-optimalue asitogeenisille bakteereille on hapan, mutta psykoofiiliset bakteereille optimi on 6,8 - 7,0. Joissakin tapauksissa hapan pH on hyväksyttävä, jos metanogeneesissa orgaanisten happojen pH on neutraali. Reaktoriin tulevan jäteveden pH olisi pystyttävä säätämään oikealle tasolle hapon tai emäksen avulla. (Blinikka 2008, 48)

2.4.5 Ravinteet

Anaerobisen prosessin käynnistysvaiheessa on suositeltavaa syöttää ravinteeksi fosforia ja typpeä, joka auttaa anaerobisia bakteereja kasvamaan. Tulevan jäteveden COD:N:P suhde anaerobisessa prosessissa sen käynnistysvaiheessa olisi hyvä olla 600:5:1 ja prosessin käynnistyttyä 300:5:1. Jos ravinteita on liikaa tai liian vähän, ne alkavat estää prosessin toimintaa. (Tcobanoglous, ym. 2014, 1082.)

2.4.6 Anaerobista prosessia haittaavia tekijöitä

Anaerobinen prosessi on herkkä prosessivaihteluille, kuten pH:n ja lämpötilan muutoksiin. Prosessin sisällä voi myös tulla sitä haittaavia aineita, kuten haihtuvia rasvahappoja (VFA) ja ammoniakkia. Ulkopuolisia haittaavia tekijöitä voivat olla mm. sulfaatti, ammoniakki, metallit, kloroformi ja fenolit. Erityyppiset jäteveden sisältämät öljyt voivat tukkia reaktorin ulosvirtauksen. Joissakin tapauksissa prosessin jakaminen paremmin myrkyjä kestävään happovaiheeseen voidaan myrkyille herkemmillä metanogeneille luoda paremmat olosuhteet. (Blinnikka 2008, 50-51.)

Tulevassa jätevedessä sulfidien pitoisuuksien olisi syytä olla matalat suhteessa COD-pitoisuuteen. Korkeat sulfaattipitoisuudet (SO_4^{2-}) aiheuttavat puhdistustehokkuuden laskua. Suurilla COD-pitoisuuksilla syntyy enemmän metaania (CH_4), jolloin myös samalla rikkivety (H_2S) laimenee ja muuttuu kaasumaiseksi. Seuraavien tulevan jäteveden COD- ja sulfaattipitoisuuksien rajoja voidaan soveltaa, kun määritetään sulfaatin haittaavaa vaikutusta anaerobiseen prosessiin (Blinnikka 2008, 49.):

- COD 4000 mg/l => sulfaatti < 100 mg/l, maksimi 560 mg/l
- COD 3000 mg/l => sulfaatti < 70 mg/l, maksimi 420 mg/l
- COD 2000 mg/l => sulfaatti < 50 mg/l, maksimi 280 mg/l

Rikkivedyn (H_2S) pitoisuuden noustessa 50 mg/l => 250 mg/l tippuu samalla metanogeenin aktiivisuus 50 %. (Blinnikka 2008, 49.) Taulukossa 2 esitellään prosessia haittaavia aineita ja niiden enimmäispitoisuuksia.

Kalsium jätevedessä muodostaa neutraalissa pH:ssa hiilidioksidin kanssa reagoidessaan kalsiumkarbonaattia, joka kerääntyy anaerobiseen reaktoriin aiheuttaen sen tukkeutumista. (Blinnikka 2008, 49.)

Taulukko 2. Anaerobisia metanogeeneja haittaavia aineita ja niiden pitoisuuksia. (mukaien Tcobanoglous, ym. 2014, 1080)

Aine	Kohtalainen haitta (mg/l)	Voimakas haitta (mg/l)	
Na ⁺	3500 - 5500	8000	
K ⁺	2500 - 4500	12000	
Ca ²⁺	2500 - 4500	8000	
Mg ²⁺	1000 - 1500	3000	
NH ³ -N	1500 - 3000	3000	
Sulfidi S ²⁻	200	200	
Kupari, Cu		0,5	liukeneva
		50 - 70	kokonais
Kromi, Cr(VI)		3	liukeneva
		200 - 250	kokonais
Kromi, Cr(III)		180 - 420	kokonais
		2	liukeneva
Nikkeli, Ni		30	kokonais
Sinkki, Zn		1	liukeneva

2.4.7 Biokaasu

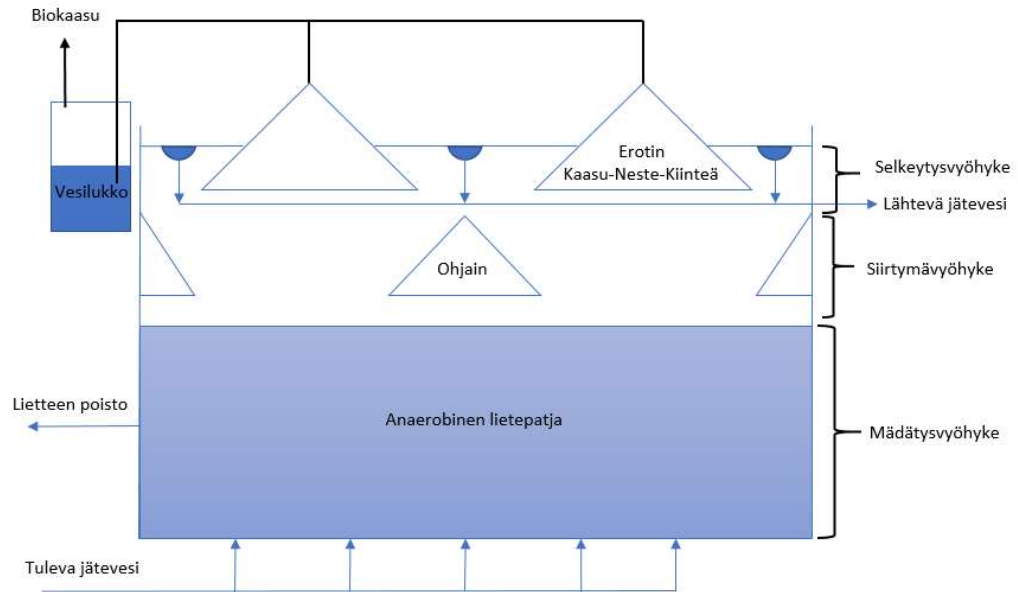
Biokaasua voidaan hyödyntää energianlähteenä. Sitä muodostuu anaerobisessa jäteveden käsittelyssä COD:stä 90 – 95 % ja lopusta 5 – 10 % muodostuu lietettä. Biokaasu sisältää metaania (CH₄) 70 – 90 %, hiilidioksidia (CO₂) 20 – 30 % ja rikkivetyä (H₂S) < 2 %. Metaania syntyy t = 35 °C lämpötilassa noin 0,4 m³/kg COD_r ja t = 30 °C lämpötilassa noin 0,35 m³/kg COD_r (Tcobanoglous, ym. 2014, 1084 – 1085; Blinnikka 2008, 51 – 52.)

2.5 Anaerobisia reaktoreita jätevedenkäsittelyssä

2.5.1 UASB- ja EGSB-reaktorit

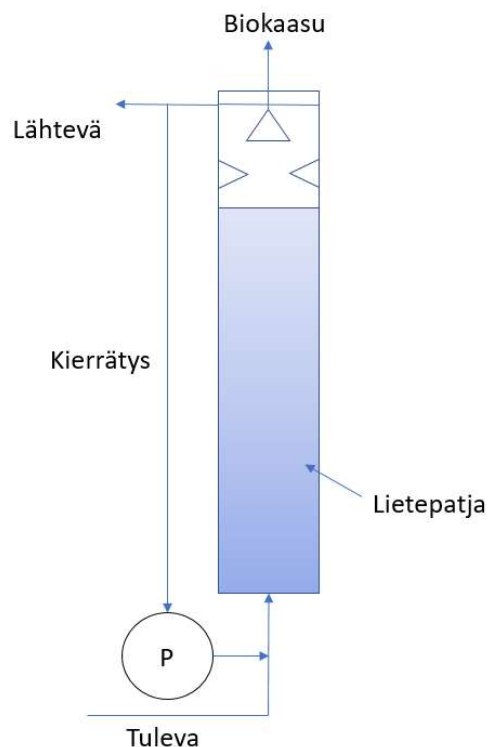
Anaerobisia reaktoreita on kehitetty useantyyppisiä, mutta suosituimmaksi teknologiaksi on muodostunut UASB-reaktori (Upflow anaerobic sludge blanket reactor). UASB-reaktorin matalat käyttökustannukset tekevät siitä mielenkiintoisen tekniikan käytettäväksi jäteveden käsittelyssä. Suuren mittakaavan UASB-reaktoreita onkin maailmalla yli 3000 kappaletta. (Abbasi ja Abbasi 2012, 1697.)

UASB-reaktorin rakenteena käytetään sylinterin- tai suorakaiteenmuotoista säiliötä ja kaasun erotus tapahtuu yläosassa reaktoria kolmivaiheisessa (kaasu – neste – kiinteä) erottimessa. Reaktorin alaosassa on mädätysvyöhyke ja yläpuolella selkeytysvyöhyke. Tuleva jätevesi ohjataan reaktoriin tasisesti pohjalle ja se kulkeutuu lietepedin läpi. Liette nousee kaasuenerotuselementtien läpi ja niiden kaltevan muodon johdosta tilavuusvirtausnopeus ylöspäin hidastuu ja virtauksen mukana lietepatjasta irronneet flokit ja kiintoaine laskeutuvat. Reaktorin yläosasta neste poistuu ylijuoksun kautta. Reaktorissa olevat ohjaimet estävät kaasukuplien nousun laskeutumisosaan. (Haandel ja Van Der Lubbe 2012, 482-483.) Kuvassa 5 on UASB-reaktorin prosessi.



Kuva 5. Tyypillinen UASB-reaktori (mukaillen HAANDEL and VAN DER LUBBE 2012, 483)

EGSB-reaktori (Expanded Granule Sludge Blanket) on UASB-reaktorin variaatio. Tyypillisiä piirteitä EGSB-reaktorissa on korkea kierrätysnopeus ja virtausnopeus ylöspäin aina 6 m/h, kun tyypillisessä UASB reaktorissa se on 0,5 – 1 m/h. Reaktori toimii myös matalimmissa lämpötiloissa varsin tehokkaasti. Maksimi tilavuuskuorma on $30 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{d}$. Reaktorin korkeus/leveys suhde on tyypillisesti 4 – 5. Virtausnopeuden ollessa suuri tapahtuu reaktorissa tehokkaampaa sekoitusta rakeiseen liete-massaan, joka taas parantaa jäteveden kontaktia rakeisiin. EGSB-reaktorin tekniikka mahdollistaa, että sitä voidaan käyttää myös matalammilla 1000 – 2000 mg/l COD-pitoisilla jätevesillä. (Seung 2009, 7 – 8.) Kuvassa 6 on EGRB-reaktorin prosessi.

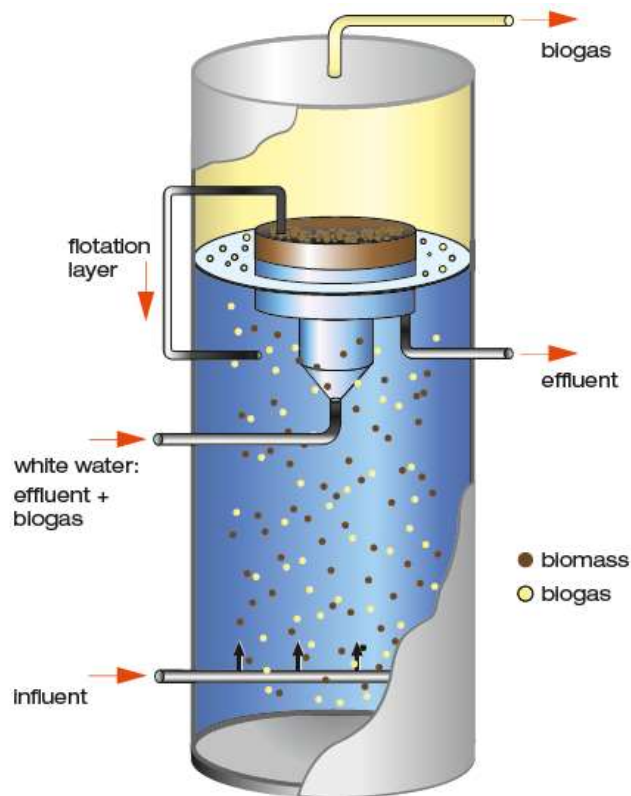


Kuva 4. EGRB-reaktorin prosessi (Mukaillen Seung 2009, 8)

2.5.2 BIOPAQ® AFR

AFR-tekniikka (Anaerobic Flotation Reactor) on suunniteltu erityisesti jätevesille, jotka sisältävät runsaasti öljyä ja rasvoja. Tämän lisäksi AFR-tekniikka mahdollistaa kiintoainepitoiset jätevedet, kuten proteiinit ja tärkkelyksen. COD-pitoisuudet voivat jätevedessä olla 1000 – 20000 mg/l ja kuormitus 20 – 30 kg/m³·d. Hydraulisen viipymän ollessa 1-8 d, jolloin tekniikalla päästään 90-95 % COD reduktioon. (Paques B.V. 2017.)

AFR-tekniikassa tuleva jätevesi sekoittuu ja nousee biokaasun vaikutuksesta reaktorissa. Reaktorin yläpäässä on flotaation yksikkö, jossa kiintoaine ja rasvat erottuvat. Pinnalle syntynyt lietepatja pumpataan takaisin reaktorin alaosaan. Flotaatioprosessi tapahtuu tässä tapauksessa biokaasun avulla. Tekniikka mahdollistaa pitkän SRT:n ja lyhyen HRT:n. Reaktorin yläosasta poistetaan biokaasu. (Paques 2017.) Kuvassa 5 on BIOPAQ®AFR-tekniikan toimintaperiaate.



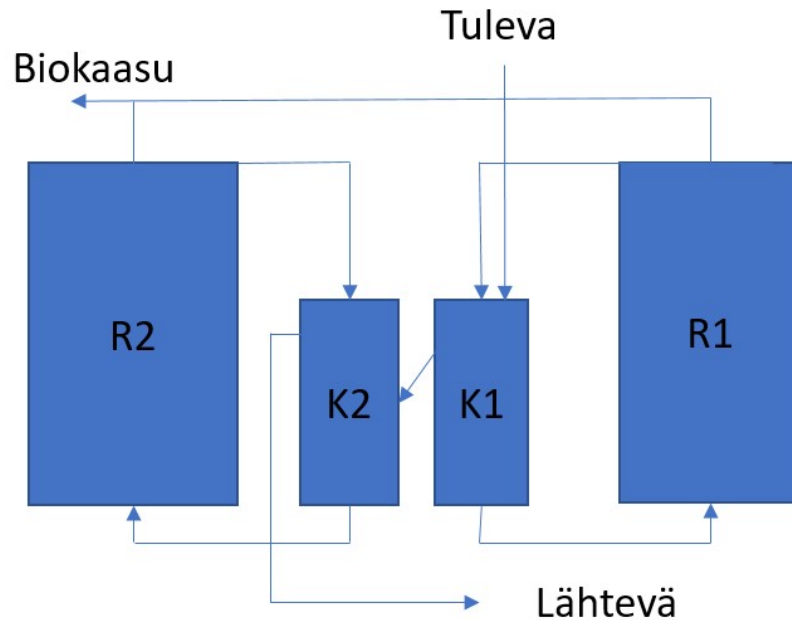
Kuva 5. BIOPAQ®AFR (Paques 2017)

2.5.3 TAMAN-prosessi

Opinnäytetyöhön kuuluvassa esikäsittelylaitoksessa käytetään TAMAN-prosessia.

TAMAN-prosessi on Tampellan kehittämä 1980-luvulla kehittämä kaksivaiheinen anaerobinen prosessi. Prosessissa on kaksi vaihetta, jolloin happo- ja metaanivaihe ovat peräkkäisissä reaktoreissa. (Baipai, Bajpai ja Kondo 1999.)

Kaksivaiheisen prosessin happovaiheessa tapahtuu hydrolyysi ja asidogeeninen hajoaminen. Seuraavaksi metaanivaiheessa tapahtuu asetogeeninen ja metanogeeninen hajoaminen. Tällöin kumpaankin reaktoriin saadaan optimaaliset pH- ja lämpötilaolosuhteet. Se on lisäksi prosessina stabiilimpi ja helpommin hallittava. (Blinnikka 2008, 68 – 69.) Kuvassa 6 on esitetty Tampellan kaksivaiheinen TAMAN-prosessi.



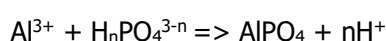
Kuva 6. Tampellan TAMAN prosessi. K1 = happovaiheen kontaktireaktori, K2 = Metaanivaiheen kontaktireaktori, R1 = Happoreaktori ja R2 = Metaanireaktori (Peräoja A. 2017)

2.6 Kemiallinen käsittely

Kemiallisiksi käsittelymenetelmiksi kutsutaan sellaisia prosesseja, joissa kemikaaleilla tai kemiallisilla reaktioilla saadaan muutoksia veden laadussa. Kemiallisessa saostuksessa kemikaaleja veteen lisätessä ne muodostavat saostettavan aineen kanssa huonosti liukenevan sakan, joka voidaan poistaa esim. selkeyttämällä. Neutraloitumisessa veden pH-arvoa muutetaan halutun suuruiseksi. Tällaisia tilanteita on esim. jäteveden pH-arvon muuttaminen ennen johtamista vesistöön. PH voidaan myös säätää halutuksi ennen seuraavaa prosessia, kuten ennen biologista käsittelyä tai flokkausta. (Karttunen 2004. TIR-124-2, 133, 140, 144)

2.6.1 Fosforin poisto

Jätevedestä voidaan poistaa fosforia biologisesti sekä kemikaalien avulla. Kemiallisessa fosforin poistossa käytetään metallisuoloja, kuten alumiinia [Al(III)], ferrirautaa [Fe(III)] ja kalsiumia [Ca(II)]. Polymeerejä käytetään tehostamaan suolojen flokkaantumista. Reaktioyhtälössä 5 esitetään alumiinilla tapahtuva fosforin saostusreaktio, jossa fosfaatin ($H_nPO_4^{3-n}$) ja alumiinin (Al^{3+}) reagoidessa syntyy alumiinifosfaattia ($AlPO_4$) ja vetyä (nH^+).



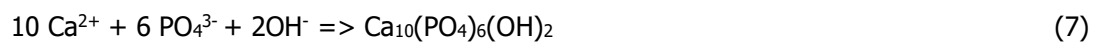
(5)

Reaktioyhtälössä 6 esitetään raudalla tapahtuva fosforin saostusreaktio, jossa fosfaatti ($H_nPO_4^{3-n}$) ja rauta (Fe^{3+}) reagoivat ja muodostuu rautafosfaattia ($FePO_4$) ja vetyä (nH^+).



Metallisuoloja annostellaan ilmastukseen ja/tai selkeytyskanavaan. Optimi pH alumiinifosfaatilla [$AlPO_4$] on 6,3 ja rautafosfaatilla [$FePO_4$] 5,3. Käytännössä hyvään tulokseen fosforia poistettaessa päästään pH:n ollessa 6,5 – 7,0. Riippuen annostelupisteestä saostunut fosfori poistetaan prosessista laskeuttamalla selkeyttimen avulla ja/tai poistamalla prosessista lietettä, johon fosfori on sitoutunut. (Tcobanoglous, ym. 2014, 482 – 483, 488.)

Kalsiumia käsitellään yleensä kalkin muodossa [$Ca(OH)_2$]. Kun kalkkia liuotetaan veteen, syntyy reaktioyhtälön 7 mukainen reaktio, jossa kalsium (Ca^{2+}) reagoi fosfaatin (PO_4^{3-}) kanssa ja muodostuu hydroksyyliapatiittia [$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$]. PH:n täytyisi olla n. 10, jotta reaktio ja fosforinpoisto prosessi toimisi riittävän hyvin. (Tcobanoglous, ym. 2014, 482 – 483.)



Syntynyt kalkkiliete on erittäin hyvin laskeutuvaa (Karttunen 2004, 143).

3 PROJEKTIN VAIHEET

3.1 Projektimääritelmä

Projektin määritelmiä on monia, kuten: *”projekti on joukko ihmisiä ja muita resursseja, jotka on tilapäisesti koottu yhteen suorittamaan tiettyä tehtävää”* (Ruuska 2007, 19). Tämän lisäksi projektille määritellään kiinteä budjetti ja aikataulu. Tarkemmin projektia voidaan määrittää seuraavasti (Ruuska 2007, 19-20.):

- **Tavoite:** Selkeä tavoite tai tavoitteita. Määritellyt tavoitteet saavutettuaan projekti on päätynyt.
- **Elinkaariprojektilla** on selkeä elinkaari, jolle on määritelty alku ja päätepiste.
- **Itsenäinen kokonaisuus:** Projekti on looginen itsenäinen kokonaisuus, jossa intressiryhmien ja osapuolien johtaminen on keskittynyt yhteen pisteeseen.
- **Ryhmätyöskentely:** Tavoitteiden saavuttaminen edellyttää sidosryhmien, kuten organisaatioiden ja yritysten ryhmätyöskentelyä.
- **Vaiheistus:** Projektissa on eri vaiheita sen elinkaaren aikana; kasvun ja kypsymisen kautta kuihtumiseen. Projektia voidaan myös pitää oppimisprosessina, jolloin saatuja kokemuksia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa.
- **Ainutkertaisuus:** Työskentely-ympäristöt muuttuvat ja samalla projektit muuttuvat. Tällöin kahta samanlaista projektia ei ole.
- **Muutos:** Projektiympäristö elää jatkuvasti ja on muutoksessa. Osa muutoksista saattaa kääntää projektin suunnan, osa taas ei vaikuta millään tavalla projektin kulkuun.
- **Seurannaisperiaate:** Projektissa eri vaiheiden tulokset vaikuttavat tuleviin projektin vaiheisiin. Tällöin projektin edetessä tulokset ja tehtävät tarkentuvat ja projekti elää sen mukana.
- **Tilaustyö:** Asiakas tilaa projektin, asettaa vaatimukset ja reunaehdot. Näiden vaatimusten ja reunaehtojen perusteella tehdään projektin rajaus. Asiakas tulee yleensä omasta tai toisen organisaatiosta.
- **Yhtenäisyys ja epäyhtenäisyys:** Projektiin kuuluu lukematon määrä eri muuttujia, jotka ovat riippuvaisia toisistaan. Jos tätä riippuvuutta ei ole, muuttujia ei kuulu projektiin.
- **Alihankinnat:** Projektissa aina osa sen tehtävistä hoidetaan sisäisenä tai ulkoisena alihankintana. Alihankinnan suuruus riippuu projektin laajuudesta, eli mitä suurempi projekti, niin sitä suurempi alihankinta.
- **Riski ja epävarmuus:** Projektityön luonteeseen kuuluvat riskit ja epävarmuus. Riskien määrä riippuu siitä, miten hyvin projekti on rajattu ja suunniteltu sekä kuinka projektia viedään läpi.

Projektin lopputuloksen ei tarvitse olla fyysinen tuote. Se voi olla myös ratkaisu johonkin ongelmaan. Projekteja voidaan käyttää esim. selvityksissä ja apuvälineenä muutosjohtamisessa. (Ruuska 2007, 19-20.)

3.2 Projektin suunnittelu

Projektiorganisaation tehtävä on suorittaa perusorganisaation sille antamat tehtävät. Kun tehtävät on suoritettu, eli projektiorganisaatio on hoitanut tehtävänsä, se puretaan. Organisaation koko voi vaihdella huomattavasti riippuen kulloisesta projektin vaiheesta. Tyypillistä on, että henkilöitä tulee organisaatioon suorittamaan vain tietyn tai tiettyjä tehtäviä. Suorituksen valmistuttua he siirtyvät toiseen tehtävään projektin sisällä tai sen ulkopuolella. Toimivassa projektiorganisaatiossa vastuut ja valtuudet on määritelty. Lisäksi organisaation käytössä on riittävästi osaamista. (Ruuska 2007, 21-24.)

Asettaja on projektissa henkilö, jonka päätöksellä projekti käynnistetään. Asettaja nimittää projektille johtoryhmän ja projektipäällikön. Projektipäällikön tehtävä on johtaa projektia ja vastata sen päätöksen teosta. Projektipäällikkö vastaa yhteydenpidosta sidosryhmiin ja johtoryhmään. Johtoryhmän puheenjohtajana toimii asettaja tai hänen edustajansa. Johtoryhmän tehtäviin kuuluu myös tukea projektipäällikköä ja olla sen mukana tekemässä päätöksiä kuten rajauksen, aikataulun ja resurssien osalta. Projektiryhmä on joukko asiantuntijoita, jotka vastaavat omasta erityisosa-alueestaan. Projektipäällikkö toimii heidän esimiehenään. Projektin ollessa suuri voi mukana olla apuprojektipäällikkö tai projektisihteeri, joiden tehtävinä on auttaa projektipäällikköä. Suuret hankkeet voidaan jakaa osaprojekteihin, jolloin kullakin projektilla on oma aliprojektipäällikkönsä. Lisäksi projektissa saattaa olla mukana loppukäyttäjistä koostuva viiter ryhmä. Laaturyhmän tehtäviin kuuluu toimia työmenetelmiin ja ohjeistuksiin liittyvissä asioissa. (Ruuska 2007, 21-22.)

Projektisuunnitelman keskeinen tehtävä on projektin hallinta ja sen onnistumisen arviointi. Projektipäällikön ensimmäisiin tehtäviin kuuluu projektisuunnitelman laatiminen. Sen keskeinen sisältö on (Ruuska 2007, 22.):

- Projektin tuotos ja sen aikataulu määrittäminen.
- Projektin käytettävissä olevat resurssit.
- Projektissa käytettävät viestintä ja dokumentointi muodot.

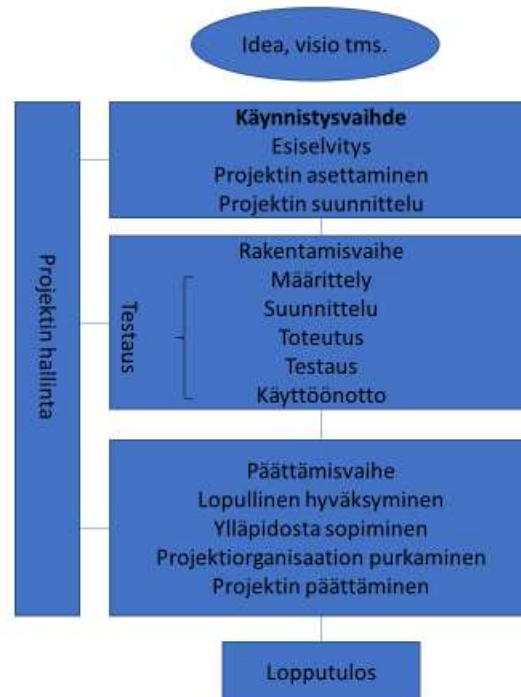
Projektisuunnitelman muutokset käsitellään ja hyväksytään aina johtoryhmässä. (Ruuska 2007, 22.)

3.3 Projektiluokittelu

Projektit luokitellaan usein sen tyyppin mukaan. Luokkia ovat mm. toimitusprojekti, tuotekehitysprojekti ja investointiprojekti. Projekteja voidaan myös nimetä tehtävän luonteen mukaan. Näitä ovat mm. uudis- tai kehitysprojekti ja ylläpito- tai parannusprojekti. Luokittelu voidaan myös suorittaa käytettävän ajan mukaan, kuten mm. normaalit projektit, pikaprojektit ja katastrofiprojektit. Perusorganisaatio joutuu miettimään usein milloin suoritettavasta tehtävästä kannattaa tehdä projekti. Yleisesti ottaen, kun kokonaisuus on niin laaja, että se vaatii yksikkö- ja organisaatorajojen ylittämistä, kannattaa tehdä projekti. (Ruuska 2007, 24 – 25.)

3.4 Projektin elinkaari ja vaiheet.

Projektin vaihejako kattaa aina sen käynnistämisen ja päättämisen väliset tehtävät. Kuvassa 7 esitetään projektin elinkaari ja vaihejako.



Kuva 7. Projektin elinkaari ja vaihejako (mukaillen Ruuska 2007, 34)

3.4.1 Käynnistysvaihe

Ennen kuin varsinaista projektia aloitetaan, tulisi kyseessä olevasta kohteesta tehdä esiselvitys tai esitutkimus. Tällöin tarkoituksena on kartoittaa, onko projektilla teknisiä ja taloudellisia edellytyksiä. Lisäksi esitutkimuksen tarkoitus on varmistaa, että projektin kaavailtu lopputulos tukee organisaation tavoitteita. Projektin asettaja saa tällöin riittävät tiedot siitä, onko projektin käynnistymiselle edellytyksiä. Esisuunnitelmassa käy ilmi mm. (Ruuska 2007, 35 – 37.):

- Toiminnan tekniset tavoitteet
- Keskeiset ongelmat
- Aikataulu
- Kustannukset ja resurssit
- Edellytykset onnistua
- Lopputulos

Jos esitutkimuksen perusteella todetaan, että projektilla on edellytykset onnistua, voidaan projekti asettaa. Suurissa hankkeissa voidaan käyttää myös ennen esisuunnitelman tekoa pika-analyysia, jonka perusteella voidaan todeta projektin edellytykset. Projektin asettaminen tehdään asettamiskirjeellä ja asettamisen tekee yleensä linjaorganisaation johto. Kirjeessä kuvataan lyhyesti projektin tausta, tehtävä ja tavoiteaikataulu. Siinä tulee myös ilmetä projektipäällikkö ja projektin johtoryhmä. Tilaaja voi myös olla asettaja. Tällöin määrittäisiin kuuluu (Ruuska 2007, 35 – 37.):

- Tavoitteet
- Aikataulu
- Resussit

Projektipäällikön tehtävä on varmistaa ja tarkentaa asettajan laatima asettamiskirje. Samalla tuodaan esille oma näkemys asiasta, jolloin varmistetaan sama näkemys asiasta asettajan ja projektipäällikön kesken. (Ruuska 2007, 35 – 37.)

3.4.2 Rakennusvaihe

Rakennusvaihe käynnistetään järjestelmän ja tuotteen määrittelyllä, jolloin tarkennetaan projektia. Tässä vaiheessa tarkennetaan, mitä järjestelmällä tai tuotteella tehdään. Tämän perusteella voidaan aloittaa tuotteen tekninen suunnittelu. Suunnitteluvaiheessa toiminnallisten vaatimusten perusteella voidaan tehdä tekniset ratkaisut, joilla päästään haluttuun lopputulokseen. Toteutusvaiheessa toteutetaan suunnitteluvaiheen tulokset ja siihen liittyvät dokumentaatiot. Testausvaiheessa varmistetaan, että ollaan päästy haluttuun lopputulokseen. Testausvaihe tehdään joka rakennusvaiheessa ja välitulokset täytyy hyväksyä ennen siirtymistä seuraavaan vaiheeseen. Näin päästään asetettuihin laadullisiin tavoitteisiin. Käyttöönottovaiheessa varmistetaan, että tuote voidaan ottaa käyttöön häiriöttömästi, mikä tarkoittaa, että tarvittavat tiedotus-, koulutus-, työtila- ja organisaatiokysymykset on hoidettu. Tässä vaiheessa pitää olla ratkaistu myös ylläpito- ja tukijärjestelmät. (Ruuska 2007, 37 – 39.)

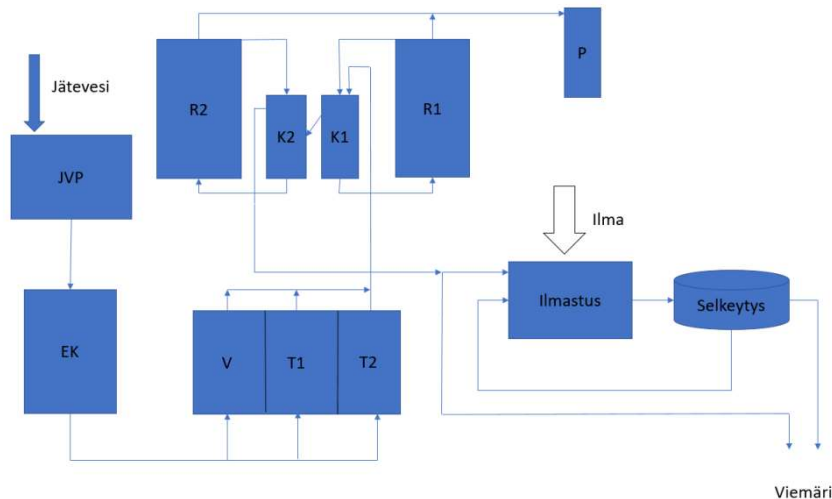
3.4.3 Päätämisen vaihe

Projekti päättyy, kun voimassa olevien rajoitusten mukainen lopputuote on otettu käyttöön ja projektin tilaaja on hyväksynyt toimituksen. Tässä vaiheessa voidaan sopia myös jälkihoidosta, kuten virheiden korjauksesta, ylläpidosta ja käyttäjätuesta. Projektipäällikön tehtävä on kerätä riittävät dokumentit ja arkistoida ne. Myös riittävä dokumentointi täytyy toimittaa tilaajalle. Projektipäällikkö laatii loppuraportin projektista. Johtoryhmä päättää projektin, kun edellä mainitut asiat on suoritettu ja projektiorganisaatio voidaan purkaa. (Ruuska 2007, 40.)

4 PERUSSELVITYKSET

4.1 Laitoksen nykyinen prosessi

Asiakaan tehtaan jäteveden esikäsittelylaitoksen prosessikaavio esitetään kuvassa 8.



Kuva 8. Esikäsittelylaitoksen kaavio. JVP = jätevedenpumppaamo, EK=esikäsittely, V=varoallas, T1 ja T2= tasausaltaat, K1 = happovaiheen kontaktireaktori, K2 = Metaanivaiheen kontaktireaktori, R1 Happoreaktori ja R2 = metaani reaktori, P = kaasunpoltto. (Peräoja A 2017)

Jätevesi tulee jäteveden esikäsittelylaitokselle tehtaalta viettoviemäriä pitkin tulokaivoon. Tulokai-
vosta jätevedestä mitataan pH, jonka perusteella tehtaalta annostellaan jäteliipettä neutralisoimaan
hapanta jätevettä. Tulokai-
vosta jätevesi pumpataan kahdella pumpulla rumpusiivilään, jossa poista-
taan suurimmat kiinteät partikkelit. Rumpusiivilän rejekti menee sen alapuolella olevaan välpealtaa-
seen, joka tyhjenetään imuautolla n. kerran viikossa.

Suodatettu jätevesi voidaan ohjata varoaltaaseen ($V = 500 \text{ m}^3$) tai kahteen tasausaltaaseen ($V = 2$
 $\times 500 \text{ m}^3$). Varoaltaan ja tasausaltaiden tyhjennys tapahtuvat kokoojakaivoon, josta pumput pump-
paavat jäteveden TAMAN-prosessiin. Varoallas on tyhjenetty uppopumpulla, jolloin tyhjennys on
hallitumpaa.

Tasausaltaiden tarkoitus on tasata kuormituspiikkejä. Lisäksi niitä voidaan ajaa sarjaan kytkettynä,
jolloin virtaussuunnassa ensimmäisen tasausaltaan ylijoukso ohjautuu toiseen tasausaltaaseen, josta
jätevesi pumpataan prosessiin. Tällöin kuormitushuippuja voidaan tasata tehokkaammin ja osa rum-
pusiivilästä karkaavasta kiintoaineesta jää ensimmäisen tasausaltaan pohjalle. Pohjalle jäänyt kiinto-
aine ja liete voidaan laskea tasausaltaan pohjalta hallitusti prosessiin.

Tehtaalta tulevat päästöt voidaan ohjata varoaltaaseen. Nämä päästöt voidaan hallitusti pumpata
puhdistusprosessiin.

Tasausaltaasta jätevesi pumpataan kontaktireaktoriin, josta jätevesi pumpataan TAMAN-prosessin happovaiheeseen ($V = 500 \text{ m}^3$). Happovaiheen reaktorista tuleva jätevesi menee happovaiheen kontaktireaktoriin ja edelleen ylivuotona metaanivaiheen kontaktireaktoriin. Kontaktireaktorissa happovaiheesta tullutta jätevettä pumpataan TAMAN-prosessin metaanivaiheeseen ($V = 500 \text{ m}^3$). Metaanivaiheen reaktorista tuleva jätevesi menee metaanivaiheen kontaktireaktoriin ja sen ylivuotona edelleen aerobiseen ilmastukseen.

Happo- ja metaanivaiheessa jäteveden orgaaninen kuorma hajoaa anaerobisten mikrobien vaikutuksesta ja syntyy hiilidioksidia ja metaania. Happo- ja metaanivaiheet ovat kaasutiiviitä katettuja al-
taita, joista syntynyt metaani kerätään ja johdetaan siirtoputkistolla soihduun poltettavaksi.

Kontaktireaktoreiden tehtävä on homogenisoida eri vaiheiden välinen jätevesi ja säätää kullekin happo- ja metaanivaiheille oikea pH. PH-säädössä käytetään kalkkia, joka liuotetaan veteen ja pumpataan kontaktireaktoreihin.

Metaanivaiheen jälkeen jätevesi johdetaan aktiivilieteprosessiin, jossa edelleen aerobiset mikrobit kuluttavat orgaanista kuormaa. Syntynyt liete johdetaan selkeytykseen, jossa se laskeutuu pohjalle. Selkeytyksen pohjalle muodostunut liete pumpataan takaisin ilmastuksen alkuun. Selkeyttimen ylivuotona kirkas esikäsitelty jätevesi johdetaan kunnalliseen viemäriverkostoon.

Ylijäämälietettä ilmastuksesta ja rumpusiivilän rejektiä syntyi vuonna 2016 keskimäärin $42 \text{ m}^3/\text{viikko}$ (TS = 3 – 6 %). Liette kuljetetaan imuautolla kunnalliselle jätevedenpuhdistamolle käsiteltäväksi.

4.2 Anaerobisen TAMAN-prosessin mitoitus

Taulukko 9. Nykyisen anaerobisen TAMAN-prosessin mitoitusarvoja (Tampella 1986)

Virtaama max.	m^3/d	2000				
Virtaama max.	m^3/h	120				
Lämpötila	$^{\circ}\text{C}$	35-45				
COD-kuormitus, max	kg/d	10000				
Kok.N	kg/d	100				
Kok.P	kg/d	20				
Kiintoaine, max	kg/d	1000				
pH		3,5-8				
NaCl, max	kg/d	3550	tai	NaCl, max.	5090	kg/d
Na_2SO_4	kg/d	2590	tai	Kok.S	100	mg/l

Taulukossa 9 ilmenee nykyisen laitoksen anaerobisen osan mitoitusarvoja ja kuormitusarvoja vuonna 1986. (mukaillen Tampella 1986, 2)

Muita mitoitustietoja (Tampella 1986, 2 – 3.):

- $BOD_{7\text{atu}} : COD_{\text{Cr}} = 1:1,5-2,5$
- Virtaama max, (m^3/h) korkeintaan kolmen tunnin ajan
- Puhdistuksen jälkeen $BOD_{7\text{atu}}$ -kuormitus on 350 kg/d, kiintoaine 340 kg/d, Kok.P 10 kg/d ja Kok.N 55 kg/d
- Mitoitus lämpötila 39 °C

4.3 Aerobisen aktiivilieteprosessin mitoitus

Ilmastusaltaan tilavuus on 226 m^3 ja sen jälkeinen pyöreä selkeytysallas on pinta-alaltaan $59,5 \text{ m}^2$. Ilmastusprosessin mitoituksesta ei ole tietoa saatavilla. Kokemusperäiseen tietoon perustuen ilmastuksen läpi voidaan ajaa jätevettä, jonka COD pitoisuus on 1000 mg/l. Vuoden 2016 keski-
virtaamaan ($q_{\text{ka}} = 570 \text{ m}^3/\text{d}$) perustuen $COD = 570 \text{ kg/d}$. BOD/COD suhteen ollessa 0,63 saadaan $BOD_7 = 359 \text{ kg/d}$ ja tilavuuteen nähden kuormitus on tällöin $1,6 \text{ BOD kg/m}^3 \times \text{d}$.

4.4 Prosessin mekaaninen kunto ja tekninen toiminta

Jäteveden tulopumppaamo on valmistunut 2011 ja siinä on 2 kpl Gorman-Rupp-merkkistä itse imevää jätevesipumppua. Pumput ovat mustaa valurautaa ja tulevan jäteveden laatu on erittäin korrodoivaa, joten niiden elinkaari on loppupuolella. Pumpuissa on ollut ongelmia jumiutuvien takaiskujen kanssa, jolloin pumput eivät sammumisen jälkeen ime. Kyseessä oleva pumpputyyppi on varsin isotoinen huoltaa ja pumppujen uusimisajankohdan ollessa ajankohtainen, suositellaan ne vaihdettavaksi erityyppisiin pumppuihin.

Esikäsitellyssä oleva rumpusiivilä on teknisesti hyvässä kunnossa. Siivilässä on ollut jonkin verran ongelmia siiviläverkkojen hajoamisen suhteen sekä väsymismurtumia on ilmennyt siivilärungossa. Siivilää ei huollon ajaksi voi ohittaa kuin ohittamalla koko tasausaltaat ja varoaltaan.

Tasausaltaissa ei ole sekoittimia ja se aiheuttaa kiintoaineen laskeutumista altaiden pohjalle. Tasausaltaiden lähtevistä linjoissa ei ole virtausmittausta, jolloin on hankaluuksia ajaa tasausaltaiden vesiä sekaisin. Varoaltaan tyhjennys hoituu joko uppopumpulla tai käsiventtiilillä, jolloin niiden hallittavuus on hankalaa.

TAMAN-prosessissa tekninen kunto on varsin huono. TAMAN happo- ja emäsreaktoreita ei ole tyhjennetty ja tarkastettu n. 20 vuoteen ja olettamuksena on, että niiden kapasiteetti on tästä johtuen laskenut. Reaktoreiden pohjalla olevat syöttöputkistot ovat osittain tukossa, jolloin reaktoriin ei saada syötettyä käsiteltävää jätevettä niiden koko pinta-alalle. PH:n säädössä syntyvä kalkki reagoi hiilidioksidin kanssa ja reaktoriin syntyy kalkkikiveä, joka tukkii reaktoria ja putkistoa. Tämä edelleen laskee reaktorien tehoa. Reaktoreiden ylhäällä olevat kaasukuvut vuotavat pahoin ja osa niistä ei ole paikoillaan. Lisäksi metaania ei saada kerättyä lainkaan happovaiheesta putkisto-ongelmien takia. Faasierottimet reaktorin ylärakenteissa ovat huonossa kunnossa. Metaanivaiheen reaktorin rakenteita on jouduttu paikkaamaan uudella betonivallilla vuotojen ehkäisemiseksi.

TAMAN-reaktorien pH-säädössä käytettävän kalkin liuotuskoneiston ongelmiin kuuluvat annostelu-ruuvin jumiutumiset ja kalkkivesilinjojen tukkeentumiset ovat viikoittaisia ongelmia. Kalkkiliuos myös aiheuttaa prosessissa putkiston tukkeutumisia.

Ilmastuksen kalvot on vaihdettu vuonna 2013 ja ilmastuskompressori on saanut uuden suojan vuonna 2016. Selkeytyksen vetomoottori ja vaihteisto on vaihdettu vuonna 2016. Selkeyttimeltä ilmastukseen lietteen takaisinkierrätys toimii pumpun imukaivoon painovoimaisesti ja se on tukkeentumiselle altis ratkaisu. Selkeytys on laahakoneiston yläpuoliselta osaltaan hyvässä käyttökunnossa lukuun ottamatta selkeytyksen betoniradan rappeumia.

Kaasupolttimen oma paineensäätö ei ole kunnossa ja se vaatii paljon huomiota. Operaattori on tehnyt vesilukkoon perustuvan paineen säädön tilalle ja se on toiminut moitteetta.

Automaatio on toiminut laitoksella hyvin ja siihen saa tarvittaessa asiantuntevaa konsultointia ja ylläpitoa asiakkaalta.

4.5 Laitoksen operointi

Tämän hetkiselällä anaerobisella TAMAN-prosessilla ja jatkona olevalla aerobisella prosessilla päästään nykyisiin ympäristöluparajoihin hyvin, kun tehtaalla toiminta on normaalia. Tehtaalla tulleiden äkillisten päästöjen hallinta on haasteellista ja usein niitä ei ehditä ohjaamaan varoaltaaseen. PH-säädössä käytetty kalkki ei sovellu anaerobiseen prosessiin lainkaan ja aiheuttaa kalkinannostelulaitteiden jumiutumiset ja putkistojen tukkeutumiset, jotka ovat suuri puhdistamon operointia työllistävä asia. Lisäksi oletetaan, että reaktorin sisällä on kalkkikivikerrostumia, jolloin laitoksen mitoituskapasiteettia ei saada hyödynnettyä täysimääräisesti.

4.6 Päästöt vesiin ja viemäriin

Mitoituksen perustana on 31.2.2007 ympäristöluvan mukaiset päästörajat.

Luparajat kunnalliseen viemäriin ovat asiakkaan toivomuksesta julkisessa opinnäytetyössä salaisia.

4.7 Puhdistamon jätevesimäärät

Tehdas on liittynyt jätevedenesikäsittelylaitokseen viettoviemärin avulla. Kaikki tehtaalla tulevat jätevedet tulevat kyseistä viemäriä pitkin. Lisäksi pesujen ja seisokkien yhteydessä tehtaalla muodostuneet pesuvedet tyhjennetään esikäsittelylaitokselle.

Taulukko 10. Jäteveden esikäsittelylaitoksella käsitellyt jätevesimäärät vuosina 2010 – 2016 (Peräoja A. 2017)

Vuosi	q _a	q _{ka}	q _{min}	q _{max}
	m ³ /a	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d
2010	241193	710	185	1067
2011	242708	656	235	1105
2012	246532	665	370	1006
2013	211074	570	339	1070
2014	245986	665	362	1022
2015	252053	681	279	1208
2016	210866	570	219	944

Taulukossa 10 ilmenevät jäteveden esikäsittelylaitoksen käsitellyt vesimäärät. Taulukossa ilmenevät 2010-2016 vuosivirtaamat (q_a)- sekä keskimääräinen (q_{ka})-, pienimmät (q_{min})- ja suurimmat (q_{max})-vuorokausivirtaamat.

Kaikki tuleva jätevesi ohjataan prosessin läpi eikä ohituksia ole tehty.

4.8 Kuormitustarkkailu

Jäteveden esikäsittelylaitoksen toimintaa ja kuormitusta seurataan tulevasta- ja lähtevästä jäteveden kokoomanäytteistä. Näytteenoton suorittaa kunta ja näytteet analysoidaan ja raportoinnin sidoshenkilöille tekee sertifikoitu laboratorio. Näytteenottokertoja on 24 kertaa vuodessa. Taulukoissa 11 - 15 on vuoden tulevan ja lähtevän jäteveden keskimääräiset, pienimmät ja suurimmat kuormat (kg/d) ja puhdistusteho vuosina 2010-2016. Taulukoissa 11 – 15 ilmenevä vuoden 2013 MIN 0 arvo (kg/d) arvo johtuu yhdestä tarkkailunäytteen 0 m³/h virtaamasta.

Taulukko 11. Keskimääräiset, pienimmät ja suurimmat BOD₇ kuormitukset (kg/d) ja puhdistusteho (%) vuosina 2010-2016. (Peräoja A. 2017)

Vuosi	Tuleva BOD ₇ (kg/d)			Lähtevä BOD ₇ (kg/d)			Teho (%)
	Keskiarvo	MIN	MAX	Keskiarvo	MIN	MAX	
2010	591	390	2091	25	7	171	95
2011	730	324	2230	18	7	41	97
2012	791	328	2356	36	8	92	95
2013	717	0	1817	120	0	528	93
2014	936	269	2622	92	8	457	87
2015	1051	228	4096	160	2	1221	86
2016	1633	570	5100	36	2	542	96

Vuoden 2013 BOD₇ (kg/d) MIN 0 arvo johtuu yhden tarkkailunäytteen 0 m³/h virtaamasta.

Taulukko 12. Keskimääräiset, pienimmät ja suurimmat COD_{Cr} kuormitukset (kg/d) ja puhdistusteho (%) vuosina 2010-2016. (Peräoja A. 2017)

Vuosi	Tuleva COD _{Cr} (kg/d)			Lähtevä COD _{Cr} (kg/d)			Teho (%)
	Keskiarvo	MIN	MAX	Keskiarvo	MIN	MAX	
2010	1069	657	3821	130	29	1625	88
2011	1387	561	4141	63	28	191	95
2012	1393	473	4587	105	33	366	91
2013	1185	0	2949	4	0	11	89
2014	1481	815	3844	175	39	589	86
2015	1724	66	5266	363	18	3288	78
2016	1543	504	3761	89	26	904	93

Taulukko 13. Keskimääräiset, pienimmät ja suurimmat kiintoaine kuormitukset (kg/d) ja puhdistusteho (%) vuosina 2010-2016. (Peräoja A. 2017)

Vuosi	Tuleva Kiintoaine (kg/d)			Lähtevä Kiintoaine (kg/d)			Teho (%)
	Keskiarvo	MIN	MAX	Keskiarvo	MIN	MAX	
2010	289	76	1521	284	18	4962	-93
2011	233	56	1513	68	14	454	62
2012	405	28	1302	102	15	1289	38
2013	355	0	2015	52	0	305	26
2014	644	96	3292	169	19	712	63
2015	462	106	1542	152	10	802	62
2016	427	22	893	62	10	542	79

Vuonna 2010 heinäkuussa huonoin reduktio oli -3311 %, joten se tiputtaa puhdistustehon keskiarvoa negatiiviseksi. Jos tämä jätetään huomiotta, vuoden keskimääräinen puhdistusteho oli 61 %.

Taulukko 14. Keskimääräiset, pienimmät ja suurimmat Kok.P kuormitukset (kg/d) ja puhdistusteho (%) vuosina 2010-2016. (Peräoja A. 2017)

Vuosi	Tuleva Kok.P (kg/d)			Lähtevä Kok.P (kg/d)			Teho (%)
	Keskiarvo	MIN	MAX	Keskiarvo	MIN	MAX	
2010	10,1	4,9	30,2	11,8	1,6	205,3	-38
2011	13,0	5,5	47,5	4,1	1,9	15,9	62
2012	12,6	6,9	24,8	5,3	2,1	30,5	52
2013	9,9	0,0	19,6	16,6	0,0	48,0	41
2014	11,7	6,4	31,1	5,3	2,0	19,4	47
2015	16,6	2,7	35,8	7,7	0,0	21,7	41
2016	5,0	1,5	12,3	5,6	1,7	19,9	-37

Taulukko 15. Keskimääräiset, pienimmät ja suurimmat Kok.N kuormitukset (kg/d) ja puhdistusteho (%) vuosina 2010-2016. (Peräoja A. 2017)

Vuosi	Tuleva Kok.N (kg/d)			Lähtevä Kok.N (kg/d)			Teho (%)
	Keskiarvo	MIN	MAX	Keskiarvo	MIN	MAX	
2010	32,7	14,0	190,0	24,9	6,1	154,0	-38
2011	27,9	5,7	139,6	16,3	8,8	43,9	8
2012	29,3	10,6	108,7	17,9	7,5	51,5	2
2013	19,7	0,0	73,7	10,1	0,0	18,2	0
2014	27,5	11,0	89,0	16,9	8,9	29,1	14
2015	30,5	5,8	60,7	22,5	6,8	52,6	8
2016	25,8	7,6	109,4	18,7	4,0	39,8	-10

Vuonna 2010 lupaehdot ylitettiin BOD₇, Kok.P:n ja Kok.N:en osalta kerran tarkkailujakson aikana. Neljännesvuosikeskiarvona lupaehdot saavutettiin (BOD₇, kiintoaine, Kok.P ja Kok.N).

Vuonna 2011 lupaehdot ylitettiin kiintoaineen ja Kok.P:n osalta kerran tarkkailujakson aikana. Neljännesvuosikeskiarvona lupaehdot saavutettiin (BOD₇, kiintoaine, Kok.P ja Kok.N).

Vuonna 2012 lupaehdot ylitettiin kiintoaineen ja Kok.P:n osalta kerran tarkkailujakson aikana. Neljännesvuosikeskiarvona lupaehdot saavutettiin (BOD₇, kiintoaine, Kok.P ja Kok.N).

Vuonna 2013 lupaehdot ylitettiin BOD₇:n osalta 3 kertaa ja Kok.P:n ylitetään 18 kertaa tarkkailujakson aikana. Neljävuosikeskiarvona lupaehdot saavutettiin, lukuun ottamatta kolmea Kok.P:n ylitystä (BOD₇, kiintoaine, Kok.P ja Kok.N).

Vuonna 2014 lupaehdot ylitettiin BOD₇ :n osalta 3 kertaa, Kok.PN ylitetään 2 kertaa ja kiintoaine ylitetään 3 kertaa. Neljännesvuosikeskiarvona lupaehdot saavutettiin, lukuun ottamatta yhtä kiintoaineen ja kahta Kok.P:n ylitystä (BOD₇, kiintoaine, Kok.P ja Kok.N).

Vuonna 2015 lupaehdot ylitettiin BOD₇:n osalta 4 kertaa, Kok.P ylitetään 5 kertaa ja kiintoaine ylitetään 3 kertaa. Neljännesvuosikeskiarvona lupaehdot saavutettiin, lukuun ottamatta yhtä kiintoaineen ja BOD₇ ylitystä (BOD₇, kiintoaine, Kok.P ja Kok.N).

Vuonna 2016 lupaehdot ylitettiin BOD₇, Kok.P ja kiintoaine kerran. Neljännesvuosikeskiarvona lupaehdot saavutettiin (BOD₇, kiintoaine, Kok.P. ja Kok.N).

4.9 Jäteveden laatu

Taulukossa 16 esitetään tulevan ja lähtevän jäteveden keskimääräinen laatu (BOD₇, kiintoaine, Kok.P. ja Kok.N) vuosina 2010 – 2016. Taulukossa 17 esitetään lähtevän jäteveden keskimääräinen, korkein ja pienin laatu (pH, NH₄, SO₄ ja Peto) vuosina 2010 -2016.

Taulukko 16. Tulevan ja lähtevän jäteveden keskimääräinen laatu vuosina 2010 - 2016. (Peräoja A. 2017)

Vuosi	BOD ₇ (mg/l)		COD _{Cr} (mg/l)		Kok.P (mg/l)		Kok.N (mg/l)		Kiintoaine (mg/l)	
	Tuleva	Lähtevä	Tuleva	Lähtevä	Tuleva	Lähtevä	Tuleva	Lähtevä	Tuleva	Lähtevä
2010	835	32	1511	161	14,1	14,3	32,7	31,5	398	344
2011	1046	29	2272	95	22,3	6,0	51,3	24,5	427	96
2012	1103	50	1943	148	17,3	7,5	40,0	24,7	572	145
2013	1181	102	1977	228	16,6	8,2	34,9	29,4	621	183
2014	1430	141	2254	271	17,4	8,5	42,0	25,2	1008	273
2015	1383	210	2238	466	22,3	10,9	40,4	29,8	603	196
2016	1633	72	2530	167	8,3	9,6	42,5	31,4	708	113

Taulukko 17. Lähtevän jäteveden keskimääräinen, pienin, ja suurin laatu. (Peräoja A. 2017)

Vuosi	pH			NH ₄ (mg/l)			SO ₄ (mg/l)			Peto (mg/l)		
	Ka	Min	Max	Ka	Min	Max	Ka	Min	Max	Ka	Min	Max
2010	8,2	8,1	8,4	16,9	5,1	63,0	128,7	88,3	165,0	732,3	1,0	10700,0
2011	8,4	8,0	8,6	17,5	4,9	53,0	158,3	115,1	285,1	100,8	1,0	320,0
2012	8,5	8,2	9,8	17,6	5,4	47,0	124,9	88,1	165,1	53,9	10,0	360,0
2013	8,5	7,9	10,2	16,4	3,2	61,0	9,3	116,4	242,9	50,8	50,0	64,0
2014	8,3	7,4	10,0	16,3	4,1	32,0	180,1	125,1	251,9	51,5	50,0	80,0
2015	8,2	7,4	10,4	14,0	0,2	49,0	186,2	101,6	235,1	55,0	37,0	81,0
2016	8,2	8,0	10,4	7,0	0,5	51,0	133,7	45,0	235,0	39,9	10,0	140,0

Vuonna 2010 jäteveden laatu ylittyi Peto:n osalta 3:na neljännesvuosikeskiarvona ja vuosikeskiarvona. Muuten lupaehtoihin päästiin (pH, NH₄, SO₄ ja Peto).

Vuonna 2011 jäteveden laatu ylittyi Peto:n osalta kerran neljännesvuosi keskiarvona. Muuten lupaehtoihin päästiin (pH, NH₄, SO₄ ja Peto).

Vuosina 2012-2016 lupaehtoihin päästiin (pH, NH₄, SO₄ ja Peto).

4.10 BOD₇ / COD_{Cr} -suhde

Taulukossa 18 tulevan jäteveden BOD₇ / COD_{Cr} suhde vuosina 2010 – 2016. Keskiarvoksi saadaan tältä aikavälillä 0,63.

Taulukossa 18. esitetään BOD_{7ATU} / COD_{Cr} suhde vuosina 2010 – 2016. (Peräoja A. 2017)

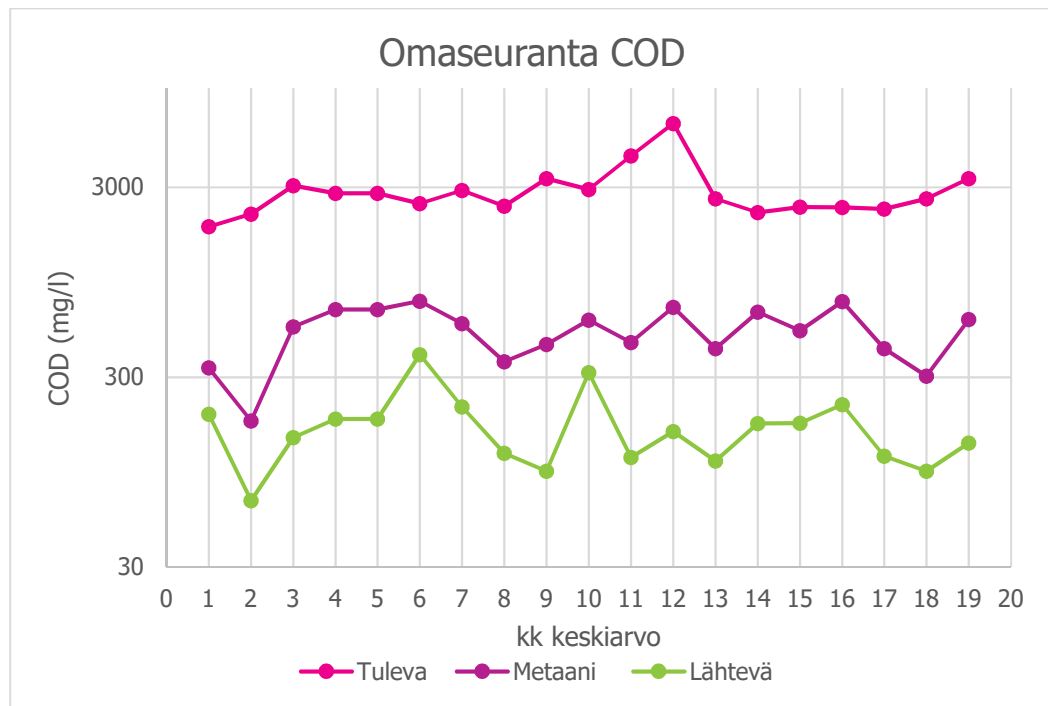
Vuosi	Tuleva BOD _{7ATU} /COD _{Cr}			Lähtevä BOD _{7ATU} /COD _{Cr}		
	Ka	MIN	MAX	Ka	MIN	MAX
2010	0,56	0,36	0,74	0,30	0,11	0,50
2011	0,57	0,10	0,85	0,29	0,11	0,48
2012	0,59	0,44	0,72	0,33	0,19	0,57
2013	0,61	0,32	0,88	0,34	0,07	0,79
2014	0,60	0,32	0,96	0,37	0,17	0,78
2015	0,83	0,39	3,72	0,38	0,06	0,71
2016	0,64	0,41	0,81	0,27	0,06	1,97
Ka	0,63					

4.11 Puhdistamon oma kuormitustarkkailu

Esikäsittelylaitoksen toimintaa ja kuormitusta tarkkaillaan päivittäin. Analyysit otetaan tulevasta jätevedestä, metaanivaiheessa käsitellystä jätevedestä ja puhdistamolta lähtevästä esikäsitellystä jätevedestä. Näytteet ovat 24 h kokoomanäyteitä ja niistä analysoidaan COD_{Cr} (mg/l) -pitoisuudet. Poikkeustilanteissa voidaan myös tehdä muita analyyseja. Tarkkailut kirjataan päiväkirjaan ja raportointijärjestelmään. Kuvassa 9 ja taulukossa 19 esitetään puhdistamon kuormitustarkkailu 6/2015 – 12/2016 väliseltä ajalta kk-keskiarvoina ja kokonaiskeskiarvona.

Taulukko 19. Tuleva, Metaani ja Lähtevä COD_{Cr} omaseuranta kk keskiarvona ja kokonaiskeskiarvona. (Peräoja A. 2017)

Omaseuran COD _{Cr} kk keskiarvoja (mg/l)					
	vuosi	kk	Tuleva	Metaani	Lähtevä
1	2015	6	1864	337	192
2		7	2170	177	67
3		8	3067	552	144
4		9	2791	681	181
5		10	2791	681	181
6		11	2464	755	395
7	2016	12	2896	575	210
8		1	2387	362	119
9		2	3341	447	96
10		3	2924	601	317
11		4	4394	458	113
12		5	6514	702	155
13		6	2615	425	109
14		7	2210	660	171
15		8	2366	527	172
16		9	2352	752	215
17		10	2311	424	115
18		11	2614	304	96
19		12	3343	604	135
	ka		2917	528	168



Kuva 9. Jäteveden esikäsittelylaitoksen Tuleva, Metaani ja Lähtevä COD_{Cr} (mg/l) oma seuranta. (Pe-räoja A. 2017)

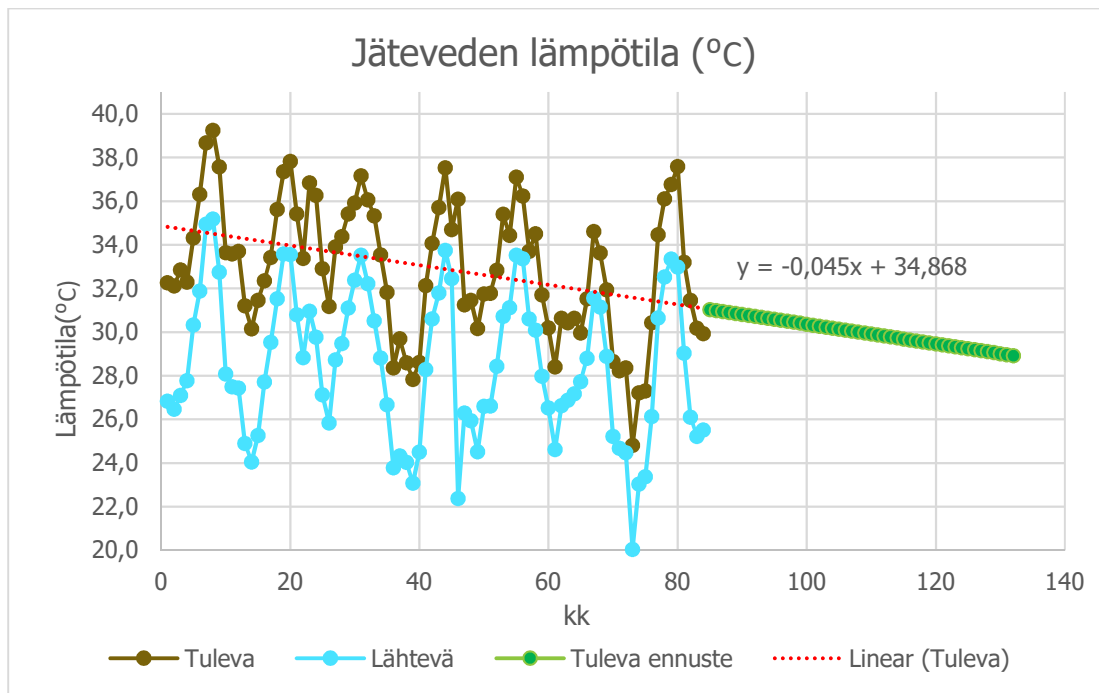
Tuleva: Tehtaalta tuleva jätevesinäyte kerätään 24 h kokoomanäytteenä tulopumppaamolta.

Metaani: Metaanivaiheen näyte otetaan 24 h kokooma- tai kertanäytteenä anaerobisen TAMAN-prosessin käsittelemästä jätevedestä.

Lähtevä: Lähtevä jätevesinäyte otetaan 24 h kokoomanäytteenä kunnalliseen viemäriin menevästä jätevedestä.

4.12 Jäteveden lämpötila

Kuvassa 10 on jäteveden lämpötila vuosina 2010 – 2016 ja sen lineaarinen ennuste vuodelle 2020. Vuonna 2020 lämpötilaennuste on $t = 29\text{ °C}$. Tulevan jäteveden mittaus sijaitsee happovaiheen kontaktireaktorissa eli tasausaltaiden ja varoaltan jälkeen.



Kuva 10. Jäteveden tuleva ja lähtevä lämpötila 2010 -2016 sekä lähtevän ennustelämpötila 2017-2020. (Peräoja A. 2017)

4.13 Poistettu lietemäärä

Asiakkaan tehtaan jäteveden esikäsittelylaitoksesta poistetaan lietettä ilmastuksesta ja rumpusiivilän välpejätealtaasta noin kerran viikossa. Liette toimitetaan imuautolla kunnalliselle jätevedenpuhdistamolle. Lietteen laadusta ei ole saatavilla muita tietoja. Määrä vuonna 2016 ilmenee taulukossa 20.

Taulukko 20. Asiakkaan jäteveden esikäsittelylaitokselta poistettu lietemäärä vuonna 2016. (Peräoja A. 2017)

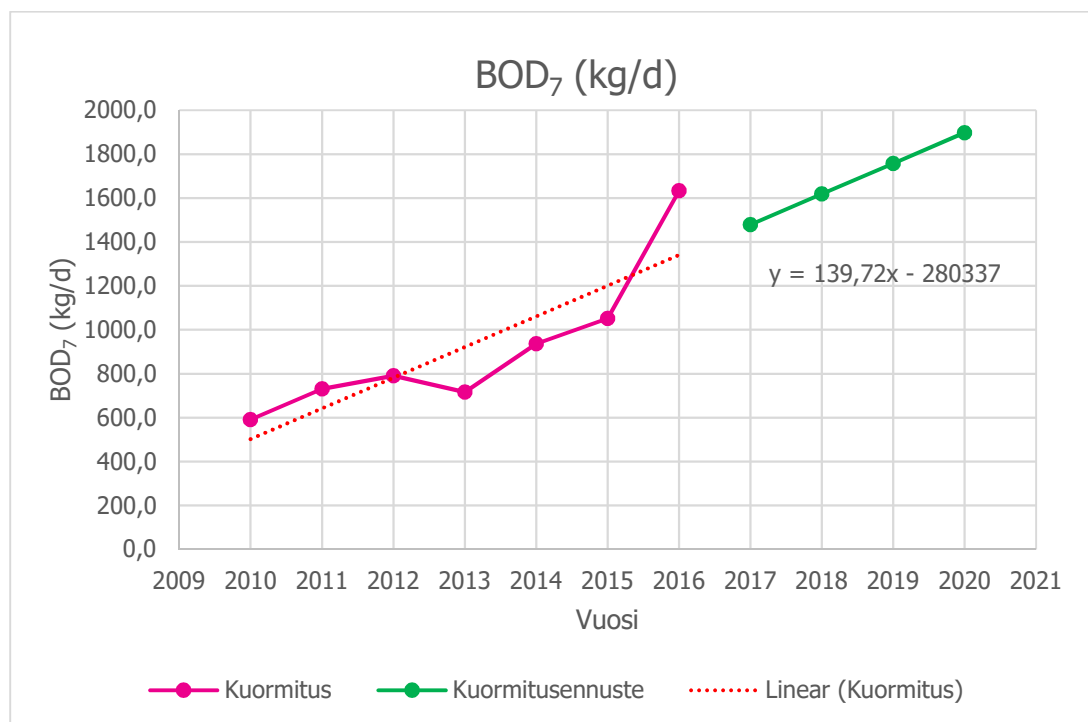
2016 poiskuljetettu lietemäärä.		
	m ³ /a	m ³ /w
Rumpusiivilä	1036	19
Ylijäämä ilmastuksesta	1224	23

5 KUORMITUSENNUSTE

5.1 Kuormitustiedot ja kuormitusennuste

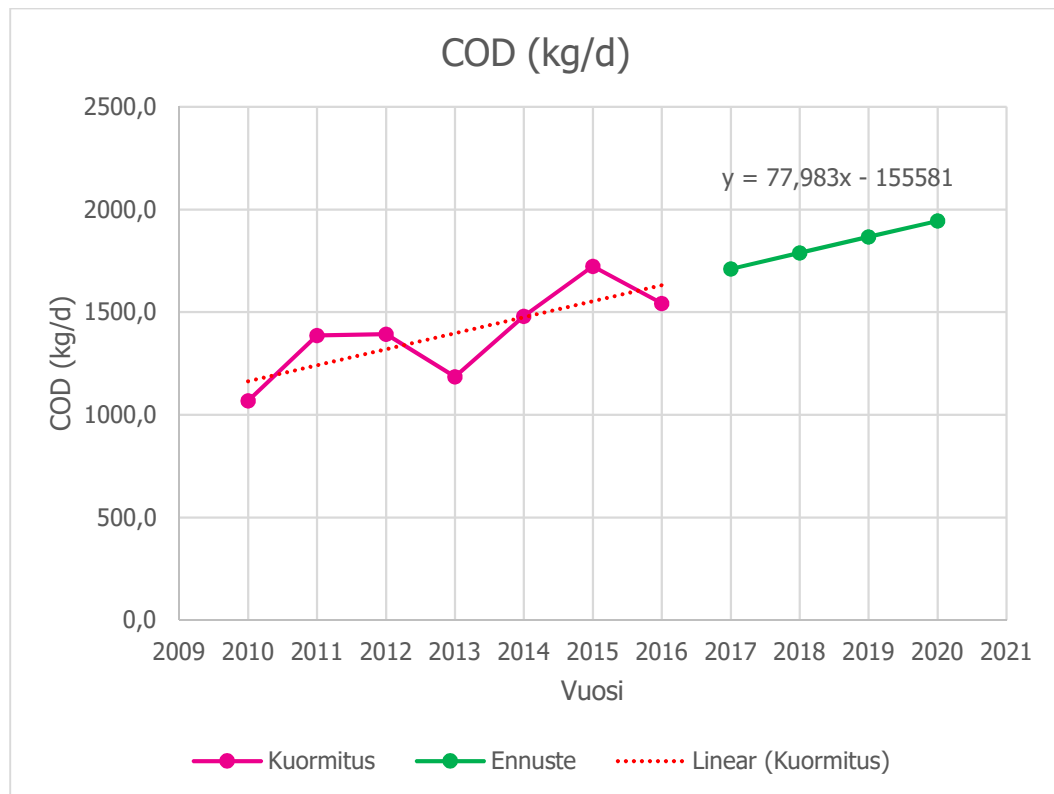
Asiakkaan kuormitusennusteessa BOD₇-, COD_{Cr}-, Kok.P- ja Kok.N-ennusteet perustuvat vuosien 2010 – 2016 tarkkailunäytteisiin, jotka sertifikoitu laboratorio on analysoinut. Virtaamatiedot vuosina 2010 – 2016 perustuvat kuukausivirtaamien keskiarvoihin, jotka on otettu raportointijärjestelmästä.

Kuvissa 11 – 16 on vuosien 2010 ja 2016 kuormitustiedot ja vuosien 2017 – 2020 ennuste (BOD₇, COD_{Cr}, P.kok, N.kok, kiintoaine ja Virtaama). Kuormitustietojen pohjalta on lineaarisesti laskettu tuleva kuormitusennuste.



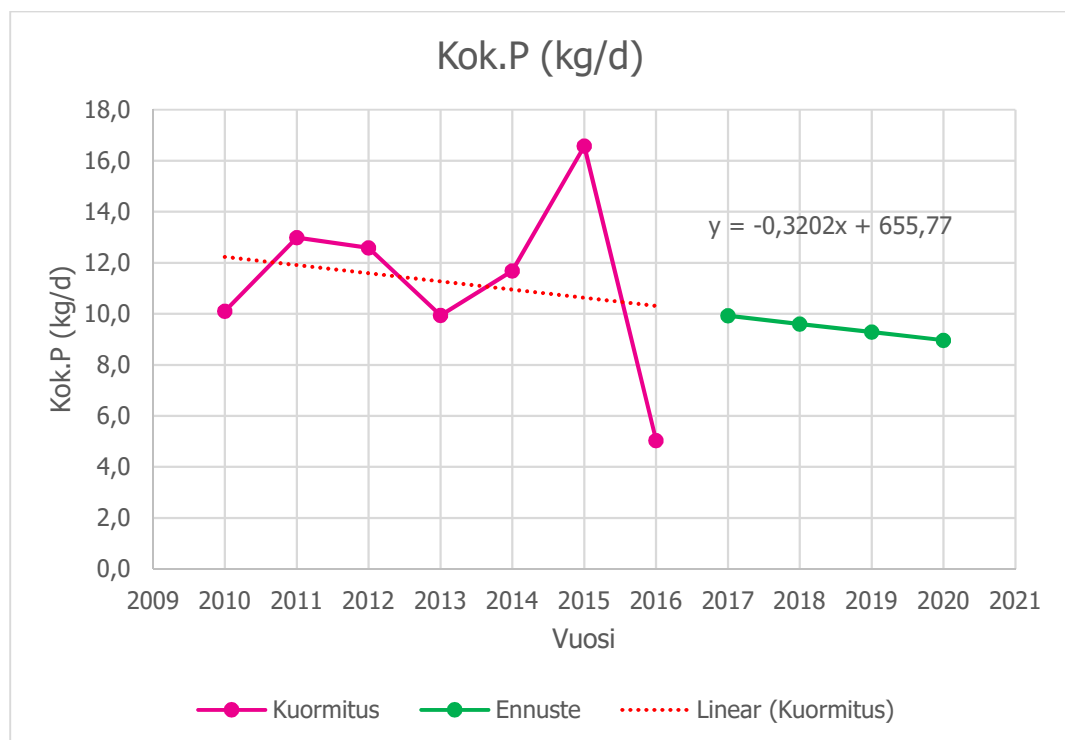
Kuva 11. BOD₇ (kg/d) Kuormitus ja ennuste. (Peräoja A. 2017)

Kuvassa 11 BOD₇ (kg/d) kuormitus vuosina 2010 – 2016 ja ennuste vuosille 2017 – 2020. Vuonna 2020 ennuste on BOD₇ = 1897 kg/d



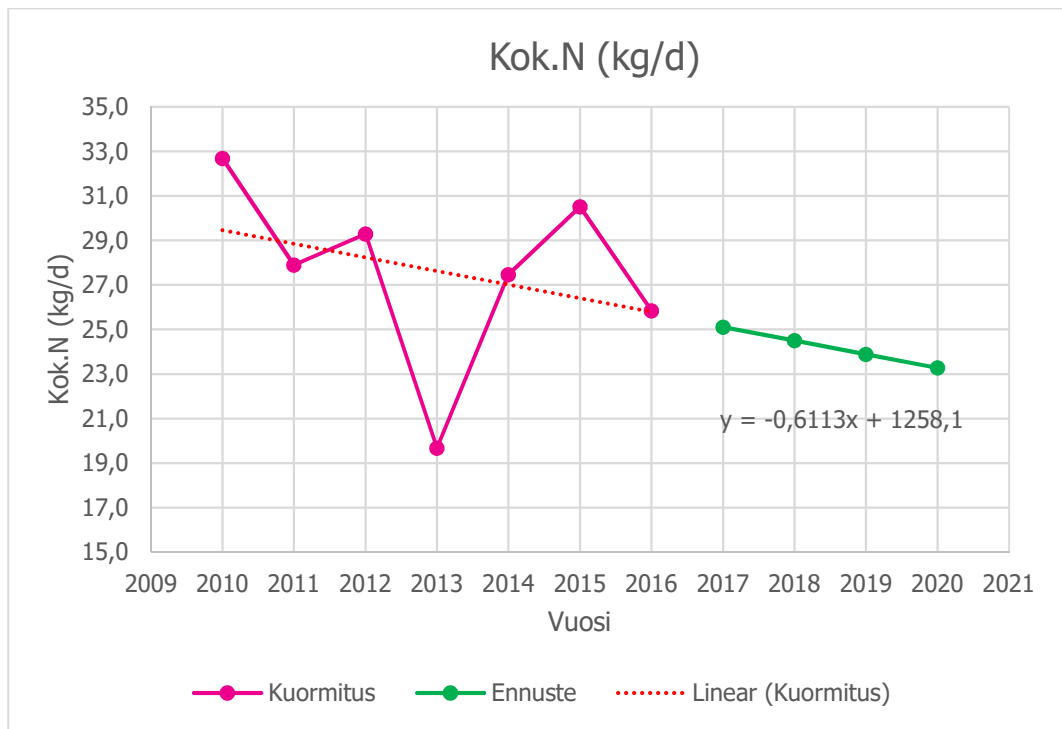
Kuva 12. COD_{Cr} (kg/d) Kuormitus ja ennuste. (Peräoja A. 2017)

Kuvassa 12 COD_{Cr} (kg/d) kuormitus vuosina 2010 – 2016 ja ennuste vuosille 2017 – 2020. Vuonna 2020 ennuste on COD_{Cr} = 1945 kg/d.



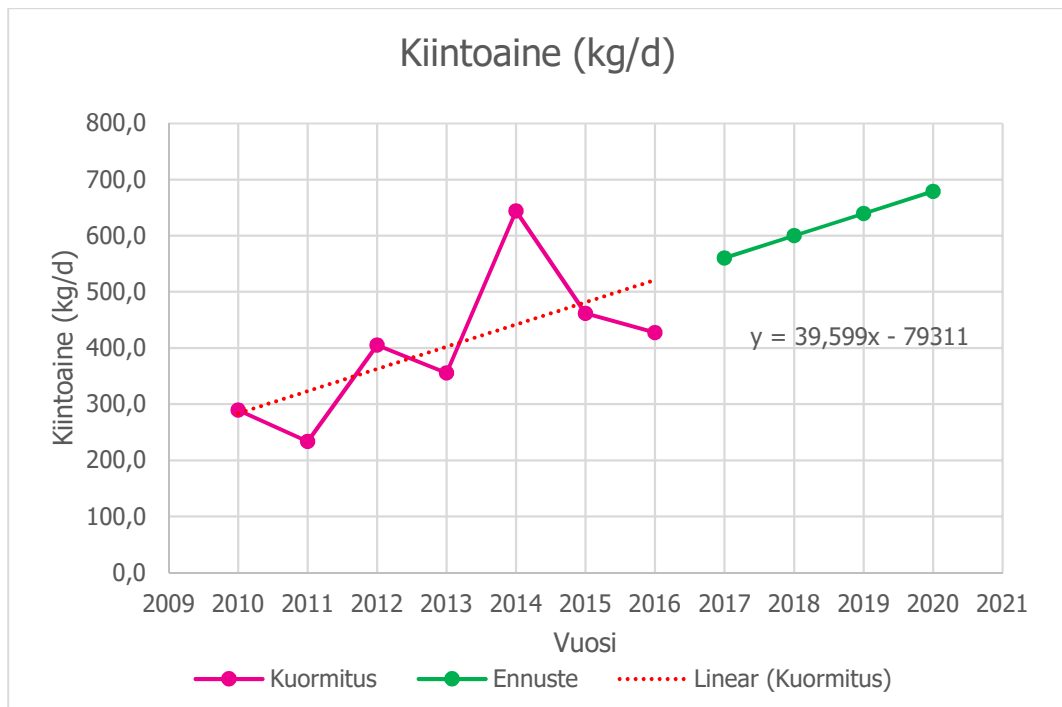
Kuva 13. Kok.P (kg/d) kuormitus ja ennuste. (Peräoja A. 2017)

Kuvassa 13 Kok.P (kg/d) kuormitus vuosina 2010 – 2016 ja ennuste vuosille 2017 – 2020. Vuonna 2020 ennuste on Kok.P = 9,0 kg/d.



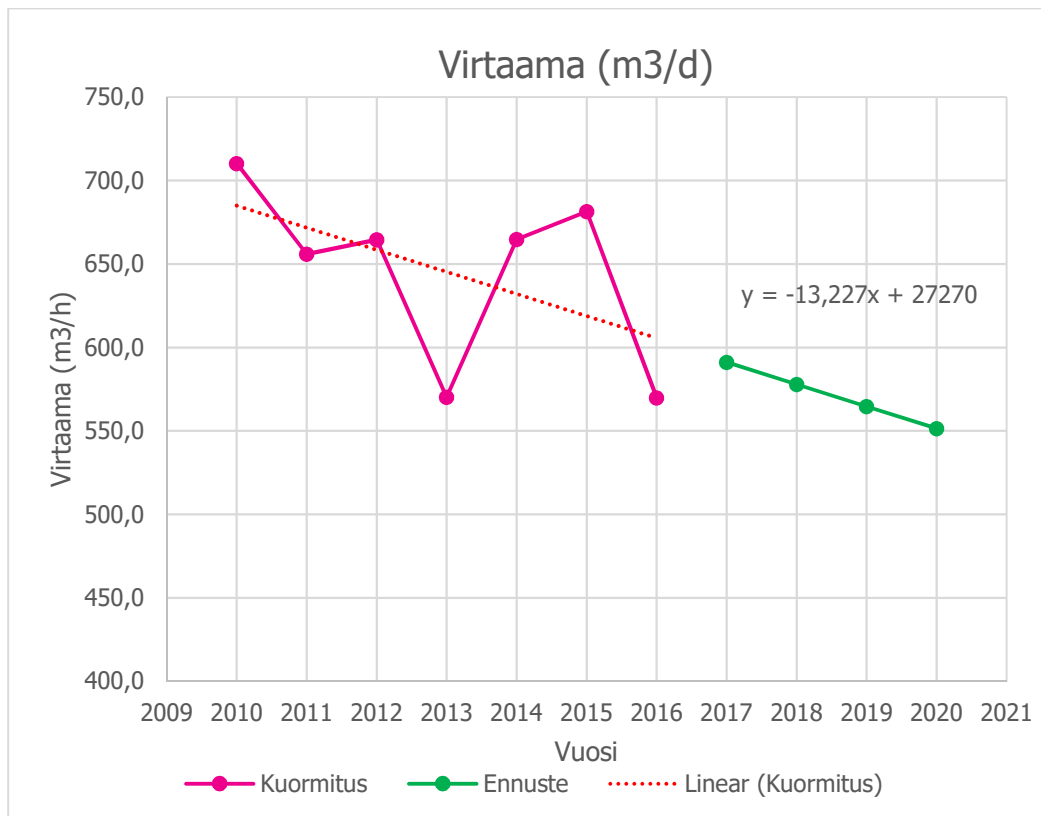
Kuva 14. Kok.N (kg/d) kuormitus ja ennuste. (Peräoja A. 2017)

Kuvassa 14 Kok.N (kg/d) kuormitus vuosina 2010 – 2016 ja ennuste vuosille 2017 – 2020. Vuonna 2020 ennuste on Kok.N = 23,3 kg/d.



Kuva 15. Kiintoaine (kg/d) kuormitus ja ennuste. (Peräoja A. 2017)

Kuvassa 15 Kiintoaine (kg/d) kuormitus vuosina 2010 – 2016 ja ennuste vuosille 2017 – 2020. Vuonna 2020 ennuste on kiintoaine = 679 kg/d.

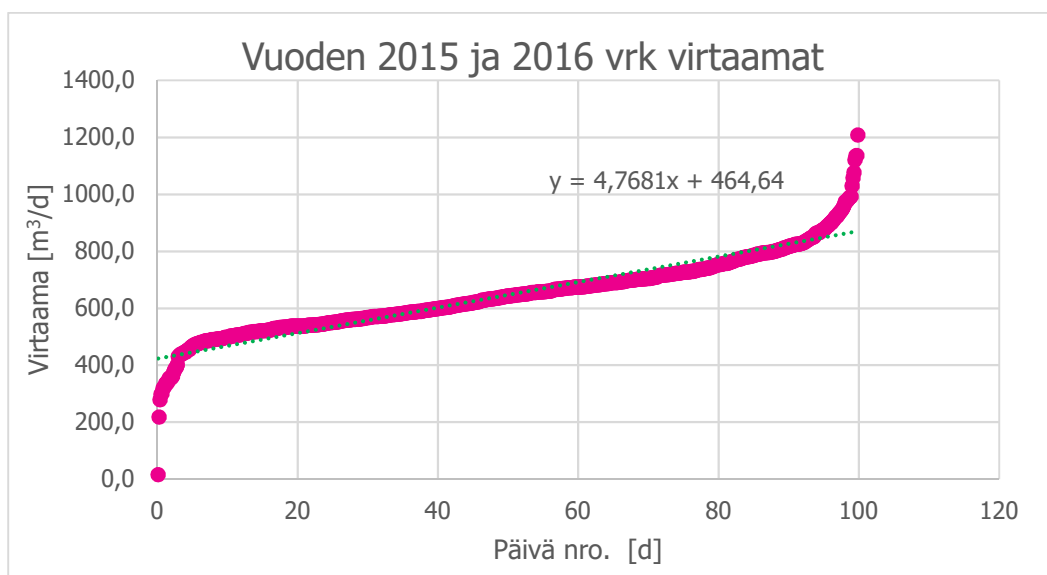


Kuva 16. Virtaama (m³/d) kuormitus ja ennuste. (Peräoja A. 2017)

Kuvassa 16 Virtaama (m³/d) kuormitus vuosina 2010 – 2016 ja ennuste vuosille 2017 – 2020. Vuonna 2020 ennuste virtaama = 552 m³/d.

5.2 Mitoitusvirtaama

Mitoitusvirtaama on laskettu 2015-2016 vrk-virtaamien perusteella. Kuvassa 17 ilmenee virtaamien jakauma.



Kuva 17. Asiakkaan vuosina 2015 – 2016 käsitelty jätevesimäärä kuukausittain pienemmästä suurimpaan. (Peräoja A. 2017)

Mitoitusvirtaama Q_{mit} (m^3/d) on laskettu käyttäen vuoden 2015 ja 2016 vuorokautisia virtaamietoja.

Mitoitusvirtaamaksi saadaan tällöin $Q_{mit} = 941 m^3/d$.

Suurimman vuorokausivirtaaman (q_{max}) suhde keskimääräiseen vuorokausivirtaamaan (q_{ka}) saadaan $q_{max}/q_{ka} = 1,64$.

5.3 Mitoitusarvot

Taulukossa 21 on jäteveden esikäsittelylaitoksen vuoden 2020 ennusteiden mukaiset mitoitusarvot. Poikkeuksena mitoitusvirtaama (q_{mit}), joka käsiteltiin luvussa 5.2 Vuosien 2010 ja 2016 virtaamien tilastollisia arvoja ovat keskivirtaama (Q_d) ja maksimivirtaama (Q_{max}). Virtaamaennuste (Q_p) on vuoden 2020 ennuste.

Taulukko 21. Puhdistamon mitoitusarvot. (Peräoja A. 2017)

Keskivirtaama Q_d	m^3/d	645
Maksimivirtaama Q_{max}	m^3/d	1060
Virtaamaennuste Q_p	m^3/d	551
Mitoitusvirtaama Q_{mit}	m^3/d	941
Mitoitusvirtaama Q_{mit}	m^3/h	39
BOD ₇	kg/d	1897
	mg/l	2074
COD _{cr}	kg/d	1945
	mg/l	2932
Kok.P	kg/d	9
	mg/l	17
Kok.N	kg/d	23
	mg/l	41
Kiintoaine	kg/d	679
	mg/l	1048
Lämpötila	°C	29
BOD:N:P		100:1,2:0,5
COD:N:P		300;3,6;1,4

6 PUHDISTAMON PROSESSIVAIHTOEHDOT

6.1 Prosessin teho

Mitoituksessa käytetään laitoksen ympäristöluvan mukaisia luparajoja ja laatuvaatimuksia.

6.2 Prosessi

Jäteveden esikäsittelylaitokseen rakennetaan tämän hetkisten anaerobisten TAMAN-prosessin rinnalle (Anaerobic Flotation Reactor) AFR-tekniikalla toteutettu anaerobinen prosessi. Prosessi rakennetaan siten, että nykyistä TAMAN-prosessia voidaan käyttää rinnalla, kunnes ARF-prosessi toimii asianmukaisesti.

Vanhasta jäteveden esikäsittelyprosessista hyödynnetään tulopumppaamo, aktiivilieteprosessi, esikäsittely, varoallas ja tasausaltaat.

6.3 Suunnittelun perusteet

Käytössä oleva TAMAN-prosessi toimii tämän hetkisessä jäteveden sisältämällä ravinteilla hyvin. Ennusteen mukainen COD:N:P, suhde on 300:3,6:1,4, joten suositellusta 300:5:1 jäädyään. Tästä johdun varaus ravinnesyötölle tarvitaan.

Lämpötilalla on anaerobisessa prosessissa määräävä asema. Mitoitusarvo $t_{mit} = 29$ °C on riittävä lämpötila, optimin ollessa $t = 37$ °C. Jos tehtaalla tulee tuotannossa muutoksia siten, että lämpötila tippuu merkittävästi, ei anaerobiselle prosessille ole toiminnallisia edellytyksiä.

Fosforin ja typen osalta puhdistamo pääsee lupaehtoihin ja uudella AFR-reaktorilla asia ei tästä muutu. COD-reduktiossa AFR-prosessissa päästään 90 – 95 % reduktioon ja tämän jälkeisellä ilmastuksella voidaan edelleen parantaa laitoksen kokonaisreduktiota. Anaerobisella reaktorilla päästään riittävään puhdistustulokseen ja sen valossa ilmastus voitaisiin jättää pois. Ilmastuksessa anaerobiset bakteerit saadaan eliminoitua, jolloin metaanintuotosta aiheutuvia ongelmia ei viemäristössä synny.

Sulfaatti (SO_4) -pitoisuudet ovat lähtevässä jätevedessä korkeat ($k_a = 134$ mg/l, 2016), joten oletuksena on, että sitä on runsaasti myös tulevassa jätevedessä. Tästä huolimatta tämän hetkinen TAMAN-prosessi toimii biologisesti moitteetta, joten oletuksena on, että nykyisistä pitoisuuksista ei ole haittaa AFR-prosessille. Toisaalta AFR-prosessi ei ole kaksivaiheinen, joten pilot-koeajo on tärkeä suorittaa.

Yleensä anaerobiset reaktorit eivät siedä suuria pitoisuuksia kiintoainetta tulevassa jätevedessä. AFR-tekniikalla voidaan puhdistaa runsaasti kiintoainetta sisältävää jätevettä. Samalla voidaan hyödyntää anaerobisen prosessin hyviä puolia, kuten vähäistä lietteen tuottoa ja energiatehokkuutta.

6.4 AFR- ja aktiivilieteprosessi

Tämän hetkinen TAMAN-prosessi ja sen jälkeinen aktiivilieteprosessi on suunniteltu erittäin korkeakuormitteisille jätevesille. Pääasiallinen tehtävä esikäsittelylaitoksella on poistaa jätevedestä orgaanista kuormaa mahdollisimman tehokkaasti. Koska jäteveden BOD₇-pitoisuus on laskenut, kyseinen TAMAN-prosessi ei ole enää optimaalisella toiminta-alueella. Lisäksi sitä kuormittavat runsaat kiintoainepitoisuudet, joita varten sitä ei ole suunniteltu.

Ennusteiden mukaan BOD₇ kuorma tulee laitoksella kasvamaan, mutta toisaalta jätevesimäärät tipumaan. Joten optimaalisesti mitoitettulla AFR-prosessilla voidaan korvata TAMAN-prosessi. Olemassa olevista prosesseista voidaan hyödyntää aktiivilieteprosessi sekä tasausaltaat ja varoallas. Niiden nykyinen hydraulinen kapasiteetti on riittävä. Mitoituksessa maksimivirtaamana käytetään:

$$q_{\max} = 2 \times q_{\text{mit.}}$$

TAMAN-rakennus ja siinä olevat valvomo sekä pumppaamorakennus korvataan uudella prosessirakennuksella. Uuteen rakennukseen tulee pH-säätöasema, laitetila, sähkötila, korjaamo ja aggregaatti. Lisäksi sen läheisyyteen rakennetaan sakeuttamo. Valvomo rakennetaan erillisenä rakennuksena pihapiiriin.

6.5 Vesistöön purku

AFR- ja aktiivilieteprosessi on tässä suunnitelmassa esikäsittelyprosessi. Kyseisen prosessin pääasiallinen tehtävä on orgaanisen kuorman poisto. Sitä ei ole suunniteltu lopulliseksi jäteveden käsittelyksi.

Purkuluvan edellyttämä tekniikka vaatii kokonaisuudessaan uutta AFR- ja aktiivilieteprosessia, jolloin vanhasta prosessista voidaan käyttää vain tulopumppaamo, tasausaltaat ja varoallas. Toinen vaihtoehto on pelkkä aktiivilieteprosessi, jolloin siihen kuuluu myös runsaamman lietteen muodostumisen johdosta myös lietteen käsittely.

6.6 Pilot-koeajo ja tutkimukset

Varmistuksena AFR-prosessin toimivuudesta on syytä ajaa pilot-laitteistolla koeajo, jolloin voidaan olla varmoja prosessin toimivuudesta kyseisellä jätevedellä. Lisäksi on syytä tehdä tulevasta jätevedestä kattavat analyysit, jotta tiedossa on anaerobista prosessia haittaavat aineet ja niiden pitoisuudet. Paques B.V:llä on laitteisto kyseistä pilot-koeajoa varten. Koeajoon pitää varata aikaa n. 3 kk. Lisäksi on varmistuttava siitä, että ennusteen mukainen tulevan jäteveden lämpötila $t = 29 \text{ }^{\circ}\text{C}$ on tulevaisuudessaakin vallitseva lämpötila. Lämpötilan tippuessa alle $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ei suunnitteluperusteita anaerobiselle prosessille ole.

7 PUHDISTAMON MITOITUS

7.1 Prosessin osat

- Tulopumppaamo
- Rumpusiivilä
- Tasausaltaat ja varoallas
- Pumppukellari
- AFR-reaktori (Anaerobic Flotation Reactor)
- Ilmastus
- Selkeytys
- Sakeuttamo
- pH-säätöasema

7.2 Tulopumppaamo

- Keskimääräinen virtaama $q_{ka} = 27 \text{ m}^3/\text{h}$
- Mitoitusvirtaama $q_{mit} = 39 \text{ m}^3/\text{h}$
- Maksimivirtaama $q_{max} = 80 \text{ m}^3/\text{h}$

7.3 Rumpusiivilät

- Mitoitusvirtaama koskee yhtä rumpusiivilää.
- Kaksi rumpusiivilää rinnakkain
- Kaikki vedet voidaan tarvittaessa ohjata yhdelle rumpusiivilälle.
- Keskimääräinen virtaama $q_{ka} = 27 \text{ m}^3/\text{h}$ / rumpusiivilä
- Mitoitusvirtaama $q_{mit} = 39 \text{ m}^3/\text{h}$ / rumpusiivilä
- Maksimivirtaama $q_{max} = 80 \text{ m}^3/\text{h}$ / rumpusiivilä
- Reikäväli $d = 0,25 \text{ mm}$
- Välpejätealtaan tyhjennys uppopumpulla (1 kpl) tiivistämöön.

7.4 Tasausaltaat ja varoallas

- Tasausaltaat $V = 2 \times 500 \text{ m}^3/\text{h}$
- Tasausaltaiden viipymä käytettäessä keskivirtaamaa max. $T = 37\text{h}$, altaiden ollessa tyhjiä.
- Varoallas $V = 500 \text{ m}^3/\text{h}$
- Varoaltaan viipymä käytettäessä keskivirtaamaa max. $T = 18 \text{ h}$, altaan ollessa tyhjä.
- Altaisiin asennetaan upposekoittimet
- Varoaltaaseen asennetaan kiinteäasenteinen pumppu $q_{max} = 80 \text{ m}^3/\text{h}$

7.5 Pumppukellari

- Pumput, jotka ovat laitoksen virtaus suunnassa
- Keskimääräinen virtaama $q_{ka} = 27 \text{ m}^3/\text{h}$
- Mitoitusvirtaama $q_{mit} = 39 \text{ m}^3/\text{h}$
- Maksimivirtaama $q_{max} = 80 \text{ m}^3/\text{h}$
- Pumput kahdennettu
- Pumpullinen lattiakaivo, joka pumppaa tarvittaessa tulopumppaamoon.

7.6 AFR (Anaerobic Flotation Reactor) -prosessi

- Keskimääräinen virtaama $q_{ka} = 27 \text{ m}^3/\text{h}$
- Mitoitusvirtaama $q_{mit} = 39 \text{ m}^3/\text{h}$
- Maksimivirtaama $q_{max} = 80 \text{ m}^3/\text{h}$
- Reaktoriin tuleva COD-kuorma 2000 kg/d
- Reaktorin COD-reduktio 90%
- Kiintoaine 700 kg/d
- Mitoituslämpötila $t_{mit} = 29^\circ\text{C}$
- Ylijäämälietteen poisto painovoimaisesti sakeuttamoon.

7.7 Ilmastus

- Keskimääräinen virtaama $q_{ka} = 27 \text{ m}^3/\text{h}$
- Mitoitusvirtaama $q_{mit} = 39 \text{ m}^3/\text{h}$
- Maksimivirtaama $q_{max} = 80 \text{ m}^3/\text{h}$
- Ilmastusallastilavuus $V = 226 \text{ m}^3$
- Reduktio 90%
- COD-kuorma 200 kg/d
- Kiintoaine 70 kg/d
- Ylijäämälietteen poisto uppopumpulla (1 kpl) sakeuttamoon.

7.8 Selkeytys

- Keskimääräinen virtaama $q_{ka} = 27 \text{ m}^3/\text{h}$
- Mitoitusvirtaama $q_{mit} = 39 \text{ m}^3/\text{h}$
- Maksimivirtaama $q_{max} = 80 \text{ m}^3/\text{h}$
- Pyöreä selkeytysallas pinta-ala $A = 59,5 \text{ m}^2$
- Vesivyvydet reunasta / keskeltä / lietetasku $2,1 \text{ m} / 2,75 \text{ m} / 4,15 \text{ m}$
- Pintakuorma (q_{ka}) $S_h = 0,45 \text{ m/h}$
- Pintakuorma (q_{mit}) $S_h = 0,65 \text{ m/h}$
- Pintakuorma (q_{max}) $S_h = 1,33 \text{ m/h}$

7.9 Sakeutus / pystysakeutusallas

- Ylijäämäliete ilmastuksesta ja AFR-prosessista.
- Välpejätealtaan tyhjennys
- Tulopumppauksia ohjataan siten, että eivät yhtä aikaa päällä.
- Mitoitusvirtaama $q_{mit} = 20 \text{ m}^3$
- Sakeuttimen pinta-ala $A = 40 \text{ m}^2$
- Tilavuus $V = 80 \text{ m}^3$
- Pintakuorma (q_{mit}) $S_h = 0,5 \text{ m/h}$
- Ylivuoto ohjautuu tulopumppaamoon.
- Tyhjennyspumppu kellariin $q_{mit} = 40 \text{ m}^3$

7.10 pH:n säätökemikaalit

7.10.1 Lipeä (NaOH) varastosäiliö

- PEH-rakenteinen säiliö $V = 45 \text{ m}^3$
- Samassa varoaltaassa on myös laimennus- ja annostelusäiliö. Varoaltaan tilavuus $V = 55 \text{ m}^3$
- Kemikaalin toimitus yhdistelmällä $m_{max} = 42 \text{ t} \Rightarrow V = 27,5 \text{ m}^3$
- Jähmettymispiste 50 % NaOH
 - 50 % $\Rightarrow +12^\circ\text{C}$
 - 40 % $\Rightarrow +18^\circ\text{C}$
 - 50 % $\Rightarrow +0^\circ\text{C}$
 - 50 % $\Rightarrow -30^\circ\text{C}$
 - 50 % $\Rightarrow -10^\circ\text{C}$
- Täyttölinjaan tyhjennyspumppu $q_{mit} = 40 \text{ m}^3/\text{h}$

7.10.2 Lipeä (NaOH) laimennussäiliö

- PEH-rakenteinen säiliö $V = 3,5 \text{ m}^3$
- Lipeän siirtopumppu $q_{mit} = 5 \text{ m}^3/\text{h}$
- Laimennetaan halutun mukaiseen pitoisuuteen tehtaalta tulevalla puhtaalla vedellä.

7.10.3 Lipeä (NaOH) annostelusäiliö

- PEH-rakenteinen säiliö $V = 3,5 \text{ m}^3$
- Annostellaan 1-, 2-tasausaltaaseen, AFR-prosessiin ja lähtevään jäteveteen.
- Annosteluväkevyyks 10 – 20 %
- Tasausaltaan pumput $q_{mit} = 0 - 150 \text{ l/h}$
- AFR-prosessi ja lähtevä jätevesi $q_{mit} = 0 - 60 \text{ l/h}$

7.10.4 Rikkihappo (H_2SO_4) säiliö

- Väkevää rikkihappoa (H_2SO_4) 92 – 95 %

- Hst-rakenteinen säiliö $V = 16 \text{ m}^3$
- Täyttö painovoimaisesti
- Toimitus $m = 20 \text{ t} \Rightarrow V = 11 \text{ m}^3$
- Annostellaan tasausaltaisiin 1 ja 2
- Pumput $q_{\text{mit}} = 0 - 60 \text{ l/h}$
- Varoaltaan tilavuus $V = 16 \text{ m}^3$

8 TOTEUTUSTAPASELOSTUS

8.1 AFR- ja aktiivilieteprosessi

AFR-reaktorilla yhdessä aktiivilieteprosessin kanssa aikaan saadaan riittävä puhdistustulos. Prosessilla tähdätään ennen kaikkea tehokkaaseen orgaanisen aineen hajottamiseen. Ennusteiden mukaan hydraulinen kuorma tulee alenemaan esikäsittelylaitokselle ja sitä vastoin BOD-kuorma nousemaan. Tässä ympäristössä AFR-reaktorin korkea kuormituksen kesto on erittäin hyvä leikkaamaan kuormaa ja sen jälkikäsittely voidaan tehdä aktiivilieteprosessilla. Aktiivilieteprosessin tämän hetkinen kapasiteetti riittää ja syntyvät lietemäärät pysyvät samana, jolloin lietteenkäsittelyyn ei tarvitse investoida. Kyseinen prosessikombinaatio on erittäin energiatehokas ja sen käyttökustannukset ovat alhaiset. Ilmastuksessa syntyvä aktiivilietteen erotuksessa käytetty selkeytysallas on kapasiteetiltaan riittävä puhdistamon hydraulista kuormaa ja sen ennustetta silmällä pitäen.

8.2 Jäteveden pumppaamo

Tulopumppaamon pumpput ovat korrosioivasta jätevedestä johtuen huonossa kunnossa ja ne uusitaan. Huomionarvoista pumppujen uusimisessa on korroosion kestävyys, vähäinen huolto ja toimintavarmuus. Muuten pumppaamo on hyvässä kunnossa.

8.3 Rumpusiivilä ja esikäsittely

Tämän hetkisen rumpusiivilän rinnalle asennetaan toinen, jolloin huolto ja vikaantumisien hallinta helpottuvat. Rumpusiivilät voidaan myös erottaa venttiileillä tulevasta virtaamasta. Siivilöiden rejektin välpejätealtaaseen asennetaan kiinteäasenteinen oppopumppu, jolla rejekti voidaan pumpata uuteen lietteen sakeuttamoon.

8.4 Tasausaltaat ja varoallas

Tasausaltaisiin (tilavuudeltaan $V = 2 \times 500\text{m}^3$) ja varoaltaaseen ($V = 500\text{m}^3$) asennetaan taajuusmuuntajaohjatut sekoittimet, jolloin prosessiin syötettävästä jätevedestä saadaan tasalaatuisempaa. Varoaltaaseen asennetaan kiinteästi pumppaus, jolloin allasta saadaan hallitusti pumpattua tasausalaiden kautta prosessiin. Tasausaltaan ja pumppukaivon välisiin linjoihin asennetaan virtausmittarit ja venttiilit muutetaan virtaamaohjatuksi.

8.5 Prosessirakennus

Uusi prosessirakennus rakennetaan ja sinne sijoitetaan prosessin tarvitsemat pumpput, pH-säätöasema ja varavoimakone. Rakennukseen tulee erillinen paja ja tilityötila kunnossapidollisia töitä varten. Biologisen prosessin ravinnesyötön säiliöille tehdään varoaltaallinen tilavaraus. Lähtevän jäteveden näytteenottopiste sijoitetaan prosessitilarakennukseen. Kaikki pumpput kahdennetaan ja ne ovat

taajuusmuuntajakäyttöisiä. Mahdolliset eri yksikköprosessien väliset venttiilit sijoitetaan prosessirakennukseen.

8.6 Valvomorakennus

Valvomorakennus rakennetaan erillisenä rakennuksena, jolloin prosessissa syntyvät kaasut ja yhdisteiden pitoisuudet valvomossa ovat mahdollisimman alhaiset. Valvomorakennukseen tulee varata tilaa laboratorioille, jossa voidaan seurata prosessin päivittäisiä toiminnan kannalta välttämättömiä analyyseja. Laboratoriovälineiden läheisyyteen asennetaan liikkuvalla suulakkeella oleva huip-puimuri. Valvomorakennukseen tulee wc, suihkuja ja pukuhuone.

8.7 AFR-prosessi ja kaasupoltin

Prosessipumput sijaitsevat prosessirakennuksessa ja anaerobinen reaktori on tämän välittömässä läheisyydessä. Reaktori on kokonaisuutena maanpinnan tason yläpuolella. Reaktoria itsessään ei eristetä, mutta sen putkilinjat eristetään. AFR-prosessissa syntynyt liete johdetaan painovoimaisesti uuteen sakeuttamoon.

AFR-prosessista syntyvä biokaasu poltetaan uudessa soihdussa. Tärkeää on ottaa huomioon suunnittelussa ATEX-vaatimukset.

8.8 Aktiivilieteprosessi

Aktiivilieteprosessin ilmastuksen ilmastimet on vaihdettu vuonna 2013. Lisäksi vuonna 2016 kompressorin suojakotelo on uusittu. Ilmastuksen pumput sijoitetaan uuden prosessirakennuksen kellariin. Selkeytys tyhjennetään, tarkastetaan ja huolletaan. Selkeytyksen kehäradan betonipinta korjataan ja samalla selkeyttimen koneiston metallirakenteet pintakäsitellään korroosion kestäväksi. Ilmastukseen asennetaan ylijäämälietepumppu, jolla lietettä pumpataan uuteen sakeuttamoon. Selkeyttimen pohjalietteen pumppukaivo poistetaan käytöstä.

8.9 Sakeuttamo

Uuteen (tilavuudeltaan $V = 100 \text{ m}^3$) sakeuttamoon pumpataan lietteet ja rejekti. Näitä jakeita muodostuu AFR-reaktorissa, aktiivilieteprosessissa ja rumpusiivilöissä. Sakeuttamon ylivuoto ohjautuu ensin tulopumppaamoon, josta se menee edelleen prosessikiertoon. Tyhjennys tapahtuu prosessirakennuksen kellarissa olevan pumpun avulla. Lietteenpoistoa tiivistämisestä helpottamaan asennetaan paineilmalinja sekoitusta varten.

8.10 PH-säätöasema

Puhdistamo käyttää tällä hetkellä jatkuvasti kalkkia. Tämä korvataan lipeällä, jolloin uuden prosessirakennuksen yhteyteen rakennetaan pH-säätöasema. Lipeälle varataan 45 m^3 varastosäiliö ja $3,5 \text{ m}^3$

laimennussäiliö ja 3,5 m³ annostelusäiliö. Annostelupumput sijoitetaan muovirakenteisiin suojakaapeihin. Lipeälaitteisto sijoitetaan varoaltaaseen, jonka tilavuus on suurempi kuin laitteiston sisältämä maksimimäärä lipeäpitoista nestettä.

Rikkihappo annostellaan 16 m³ varastosäiliöstä. Annostelupumput sijoitetaan muovirakenteisiin suojakaapeihin. Rikkihappolaitteisto sijoitetaan varoaltaaseen, jonka tilavuus on suurempi kuin laitteiston sisältämä maksimimäärä rikkihappoa.

Lipeää annostellaan tasausaltaisiin, AFR-prosessiin ja lähtevään jäteveteen. Pumppuja tulee yhteensä 5 kpl.

Rikkihappoa annostellaan tasausaltaisiin. Pumppuja tulee yhteensä 2 kpl.

Kaikki pH-säätöaseman ulkoasennettavat kemikaaliputket varustetaan saattolämmityksellä.

8.11 Tekninen vesi

Teknisen veden pumput tulevat prosessirakennukseen. Pumput tulevat taajuusmuuntajaohjatuksi ja niiden linjaan asennetaan painesäiliö. Teknisen veden pumppaus varustetaan automaattisella suodattimella, millä saadaan rumpusiivilän pesusuutinten tukkeentumistaajuutta laskettua. Teknisen veden linjat uusitaan kokonaisuudessaan.

8.12 Katkaistun veden asema

Katkaistun veden asema tulee prosessirakennukseen ja se varustetaan painesäiliöllä. Katkaistun veden asemaan tulee mahdollisuus ajaa tarvittaessa katkaistua vettä teknisen veden linjaan. Katkaistun veden asema on tärkeä poikkeustilanteita varten, jolloin vältytään saastuttamasta tehtaan puhtaanvedenverkostoa. Puhtaan veden linjat uusitaan kokonaisuudessaan.

8.13 LVI

8.13.1 Prosessirakennus

Uusi prosessirakennus varustetaan koneellisella ilmanvaihdolla, jossa on lämmöntalteenotto ja sähkölämmitys. Lämmitykseen tehdään varaus nestekiertoiselle lämmitysradiaattorille. PH-säätöaseman ja kellaritilan yhteyteen tulee huippuimuri. Rikkihappo- ja lipeäsäiliöiden huohotuslinjat ohjataan rakennuksen ulkopuolelle. Prosessitilojen lämmitystä tehostetaan kiertoilmalämmittimillä.

Vesipisteitä prosessirakennukseen tulee pH-säätöasemalle, kellariin ja maanpäälliseen tilaan yhteensä 3 kpl. Tasausaltaiden ja varoaltan yhteydessä olevaan kellariin asennetaan letkukelallinen teknisen veden piste. Häätäsuihkut tulevat kemikaalien purkupaikalle ja pH-säätöaseman välittömään läheisyyteen.

Prosessirakennuksen sähkötilan ilmanvaihto paineistetaan. Lämpötilaa säädetään lämpöpumpulla ja katossa olevilla lämmityselementeillä.

Varavoimalle varatussa tilassa pidetään lämpötilaa yllä kiertoilmapuhaltimilla. Varavoiman käydessä aukeavat erilliset kanavat varmistamaan riittävän jäähdytysilman saanti.

8.13.2 Valvomorakennus

Uuden valvomorakennuksen ilmanvaihtokone varustetaan lämmöntalteenotolla ja sähkölämmityksellä. Valvomoon asennetaan sähköpatterit ja ilmalämpöpumppu.

Valvomoon tulee vesipiste ja lavuaarit. Valvomon eteiseen tulee vesipiste kenkien huuhtelua varten. Pukuhuoneeseen tulee suihkukaappi, wc ja vesipisteet.

8.14 Automaatio, instrumentointi ja sähköistys

8.14.1 Automaatio

Laitoksen saneerauksen yhteydessä automaatio uusitaan kokonaisuudessaan. Tavoitteena on saada laitos helposti hallittavaksi, jolloin varsinkin poikkeustilanteiden hallinta helpottuu. Jäteveden esikäsitteilylaitosta pitää pystyä operoimaan tehtaalla, voimalaitoksella, vesilaitoksella sekä on oltava mahdollisuus etäkäyttöön. Automaatio yhdistetään tehtaan raportointijärjestelmään. Tarvittaessa automaatiojärjestelmästä on syytä saada hälytykset myös puhelimeen.

8.14.2 Instrumentointi

Saneerauksessa hyödynnettävien vanhojen rakenteiden olemassa olevaa instrumentointia voidaan hyödyntää. Tarvittavia uusia mittauksia ja toimilaitteita yhdistetään automaatioon kenttäväylää käyttäen. Instrumentointi varmistetaan ja suojataan (Uninterruptible Power Supply) UPS-virransyötöllä. Kaikki vanhat ja uudet instrumenttien merkinnät uusitaan.

8.14.3 Sähköistys

Laitoksen sähköistys uusitaan kokonaisuudessaan lukuun ottamatta tulopumppaamon ja tasaus- ja varoaltaan ryhmäkeskuksia. Kaikki prosessipumput ovat taajuusmuuntajakäyttöisiä ja ne kytketään automaatioon väylän avulla.

8.14.4 Varavoima

Sähkökatkojen varalta varavoimalla turvataan oleellisten prosessipumppujen ja laitteiden toiminta. Tärkeitä pumppuja ja laitteita ovat tulopumppaamo, rumpusiivilät, teknisen veden pumput, tasausalaiden 1 ja 2 automaattiventtiilit ja lähtevän jäteveden pumput. Lisäksi automaation toiminta varmistetaan varavoimalla.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tavoitteena oli tehdä asiakkaan tehtaan jäteveden esikäsittelylaitoksen saneerauksen esisuunnitelma. Teoreettisessa osassa tarkasteltiin jätevedenpuhdistusprosessia ja projektin eri vaiheita. Tavoitteena oli luoda suunnitelma, joka sisältää perusselvityksen ja kuormitusennusteen. Näiden perusteella luotiin puhdistamolle mitoitusarvot, joiden perusteella voidaan antaa realistinen prosessivaihtoehto ja toteutustapaselostus. Tämän lisäksi otettiin kanta mahdolliseen omaan vesistön purkulupaun. Esisuunnitelmasta rajattiin pois saneerauksesta aiheutuvat investointikustannukset.

Perusselvityksessä analysoitiin jäteveden esikäsittelylaitoksen vuosien 2010 – 2016 jätevesitulokset sekä tarkasteltiin laitoksen käytettävyyttä. Näiden tulosten perusteella luotiin vuodelle 2020 kuormitusennuste. Tulosten perusteella prosessivaihtoehdoksi suositellaan (Aneoribic Flotation Reactor) AFR-prosessia ja tämän jälkeistä aktiivilieteprosessia. Kyseisestä prosessivaihtoehdosta tehtiin puhdistamon mitoitus, jossa laskettiin mitoitusarvot jätevedenpuhdistamon yksikköprosesseille. Prosessista luotiin myös toteutustapaselostus. Käytännössä uusi AFR-prosessi korvaa tämän hetkisen anaerobisen TAMAN-prosessin, jolloin se voidaan rakentaa olemassa olevan esikäsittelylaitoksen rinnalle ja ottaa käyttöön rinnakkain vanhan prosessin kanssa. ARF-prosessin vakaasti toimiessa voidaan TAMAN-prosessi poistaa käytöstä.

AFR-prosessi kestää suuria määriä kiintoainetta, lietteen muodostus on vähäistä ja prosessi on energiatehokas. Se soveltuisi esikäsittelylaitoksessa korvaamaan tämänhetkisen TAMAN-prosessin. Sulfaatti (SO_4)-pitoisuudet ovat lähtevässä jätevedessä korkeat ($k_a = 134 \text{ mg/l}$, 2016 haittaavan pitoisuuden prosessille ollessa 200 mg/l). Merkittävässä osassa on myös lämpötila, jonka ennusteen mukaan tulee vuonna 2020 olemaan $t_{\text{mit}} = 29 \text{ }^\circ\text{C}$, optimin ollessa $37 \text{ }^\circ\text{C}$. Suositeltavaa on suorittaa edelleen tarkempia tutkimuksia ennen lopullista päätöstä prosessista. Tässä tapauksessa tulevasta jätevedestä on tehtävä tarkat analyysit millaisia pitoisuuksia anaerobiselle prosessille haittaavia aineita se sisältää. Lisäksi on suoritettava AFR-prosessin pilot-koeajo, jolloin voidaan varmistaa prosessin toimivuus kyseiselle jätevedelle. Lisäksi täytyy varmistua, että tuleva jäteveden lämpötila ei tipu alle $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Jos on epäilystä lämpötilan tippumiselle, ei anaerobista prosessia voida suositella. Tällöin prosessivaihtoehdoksi muodostuu aktiivilieteprosessi, joka tyypillisesti toimii myös matalimmissa lämpötiloissa tehokkaasti.

AFR-prosessi yhdessä aktiivilieteprosessin kanssa on esikäsittelyprosessi ja sen pääasiallinen tarkoitus on poistaa jäteveden orgaanista kuormaa. Prosessilla ei päästä purkuluvan edellyttämään puhdistustehokkuuteen. Purkulupaa halutessa on harkittava aktiivilieteprosessia.

Opinnäytetyössä tavoitteet olivat varsin korkealla ja niissä pääpiirteittäin onnistuttiin. Asiakkaalle tulee olemaan runsaasti hyötyä perusselvityksestä ja kuormitusennusteesta. Mutta toisaalta, ennen investointipäätöstä tehtävät pilot-koeajo ja jätevesianalyysit voivat muuttaa suunnitelman aivan muuksi. Vesien purkulupa-asiaa opinnäytetyössä käsiteltiin liian vähän, jolloin se ei tuonut työhön mitään lisäarvoa. Jälkeenpäin ajateltuna se olisi pitänyt rajata opinnäytetyöstä pois, koska sen hyvä

käsitleminen vaatisi erittäin paljon aikaa ja perusselvityksen sekä kuormitustarkkailu olisi joka tapauksessa tehtävä ensin. Omalta osaltani opinnäytetyö toi erittäin hyvän kattauksen anaerobisen jäteveden käsittelyyn ja sen tuomiin mahdollisuuksiin teollisuudenjätevesien käsittelyssä. Lisäksi esisuunnitelman tarkoitus projektin elinkaarella ja vaihejaossa tarkentui. Kokonaisuutena opin erittäin paljon ja lisää jäi opittavaa.

LÄHTEET

- ABBASI, S. ja ABBASI Tasneem 2012. Formation and impact of granules in fostering clean energy production and wastewater treatment in upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16:2012. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 24.3.2017]. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111005533>
- ANG, H., CHONG, S., KAYAALP, A. ja SEN, T. 2012. The performance enhancements of upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactors for domestic sludge treatment – A State-of-the-art review. *Water Research* 46:2012. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 11.2.2017] Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135412002400>
- BAIPAI P, BAJPAI P.K. ja KONDO R. 1999. *Biotechnology for Environmental Protection in the Pulp and Paper Industry*. [Viitattu 5.3.2017] Berlin: Springer-Verlag. Saatavilla: https://books.google.fi/books?id=n0erBwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=fi&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- BLINNIKKA T. 2008. [Master of theses] *Anaerobic Treatment of Deinking, Pulp Plant Effluents*. Lappeenranta: Lappeenranta University of Technology.
- HAANDEL A.C JA VAN DER KUBBE J.G.M 2012 *Handbook of Biological Wastewater Treatment. Design and Optimisation of Activated Sludge System*. London: IWA Publishing Alliance House, 12 Caxton Street.
- HAMMER Mark J. and HAMMER Mark J. Jr. 2001 *Water and Wastewater Technology*. Four Edition. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River.
- HYDROPRESS HUBER AB. (Suomen sivuliike) 2017 [Verkkosivu] [viitattu 17.3.2017] Saatavissa: <http://www.huber.fi/Hiekanerotus.htm>
- JANHUNEN M. 2012. *Jäteveden biokaasutus ja lietteen kaasun tuottavuuden määrittäminen*, Savonia ammattikorkeakoulu, Tekniikka Kuopio [viitattu: 20.2.2017] Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/42294/Maarit_Janhunen.pdf.pdf?sequence=1
- KARTTUNEN, Erkki 2004. RIL 124-2. *Vesihuolto 2*. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto.
- KEMIRA OPERON OY. 2017. [Verkkosivu] [viitattu 10.8.2017] Saatavissa: <http://www.kemira.com/fi/toimialat-sovellukset/sivut/jatevedenpuhdistamon-operointi.aspx>
- KEMIRA OYJ. 2017. *Historia* [verkkojulkaisu] [viitattu 18.2.2017] Saatavissa: <http://www.kemira.com/fi/konserni/historia/sivut/default.aspx>

LATVALA Markus 2009. Paras käytössä oleva tekniikka (BAT) Biokaasutuotanto suomalaisessa ympäristössä. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. [Viitattu 24.3.20017] Saatavissa: http://www.bionova.fi/sites/default/files/sy_24_2009.pdf

LIBHABER Menahem ja OROZCO-JARAMILLO Álvaro 2012. Sustainable Treatment and Reuse of Municipal Wastewater. London: IWA Publishing Alliance House 12 Caxton Street.

MOTIVA OY Biokaasun tuotanto maatilalla. [Viitattu 3.5.2017] Saatavilla: https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf

OY TAMPELLA AB. 1986. Hankintasopimus. Liite 4. Saatavissa: Tekijän sähköiset kokoelmat (Kopio).

Paques B.V. 2017. [verkkosivu] [Viitattu 5.3.2017] Saatavilla: <https://www.environmental-expert.com/products/biopaq-anaerobic-flotation-reactor-128584>

PERÄOJA A. 2017. [PowerPoint kuvat] [Viitattu: 25.2.2017] Saatavissa: Tekijän sähköiset kokoelmat.

PERÄOJA A. 2017. [Excel kuvat] [Viitattu: 25.2.2017] Saatavissa: Tekijän sähköiset kokoelmat.

PERÄOJA A. 2017. [Excel taulukko] [Viitattu: 25.2.2017] Saatavissa: Tekijän sähköiset kokoelmat.

RUUSKA K. 2007. Pidä projekti hallinnassa. Helsinki: Talentum

SEUNG J. Lim. 2009. Comparisons Between the UASB and the EGSB Reactor [Viitattu 5.3.2016] Saatavilla: <http://www.public.iastate.edu/~tge/courses/ce521/seungjoo.pdf>

TCOBANOGLIOUS George ja BURTON Franklin. 1991. Wastewater Engineerin Treatmenti and Resource Recovery. Third Edition. N New York: McGraw-Hill, Inc

TCOBANOGLIOUS George, STENSEL H. David, TSUCHIHASHI Ryujiro, BURTON Franklin, ADU-ORF Muhamed, BOWDEN Gregory ja PFRANG William. 2014. Wastewater Engineerin Treatmenti and Resource Recovery. Fifth Edition. Volume 1 ja 2. New York: McGraw-Hill Education, 2 Penn Plaza.

VVY (Suomen Vesilaitosyhdistys Ry). 2011. Teollisuusjätevesiöpas. Opas. Suomen Vesilaitosyhdistyksen julkaisusarja nro 50. Helsinki: Vesilaitosyhdistys, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä.