

Opinnäytetyö (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Biotekniikka

2014

Timo Yli-Kyyny

HIEKANEROTUKSEN JA HIEKKAPESUPROSESSIN KEHITTÄMINEN TURUN SEUDUN PUHDISTAMO OY:SSÄ



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Bio- ja elintarviketekniikka | Biotekniikka

2014 | 45 sivua

Ohjaajat: Juha Nurmi, FK Kai Rosenberg

Timo Yli-Kyyny

HIEKANEROTUKSEN JA HIEKKAPESUPROSESSIN KEHITTÄMINEN TURUN SEUDUN PUHDISTAMO OY:SSÄ

Hiekanerotus ja hiekkapesuprosessi ovat osa jäteveden esikäsittelyä ja niiden tarkoituksena on poistaa prosessista jäteveden mukana puhdistamolle kulkeutuva hiekka. Optimaalisesti toimiva hiekanerotus takaa, ettei hiekka pääse kulkeutumaan prosessissa eteenpäin ja aiheuta vahinkoa prosessille. Hiekkapesulla erotettu kiintoainesta pestään, jotta se voidaan kuljettaa kaatopaikalle.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää Turun seudun puhdistamo Oy:n hiekanerotus ja hiekkapesuprosesseja.

Kehitysideoita haettiin haastatteluiden, laitosvierailuiden ja käytännönkokeiden avulla. Käytännön kokeista kävi ilmi, että hiekkapesureiden läpi pääsee karkaamaan huomattavia määriä orgaanista ainesta ja vettä. Tämä johtuu siitä, että hiekkapesureille kulkeutuu hiekanerotuslaitalta välpeitä, joka sotkeutuu hiekkapesurien sekoittimiin ja estää pesurin toimintaa. Laitosvierailuilla huomattiin, että esikäsittely voidaan toteuttaa monella tavalla ja havainnoitiin, että hiekkapesurin mallilla voi olla selkeä vaikutus puhdistus tuloksiin.

Tässä opinnäytetyössä esitellään erilaisia ratkaisuja, joilla prosessia voidaan kehittää. Tärkeää on pystyä vähentämään hiekkapesureille tulevaa välpeen määrää. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi uusilla karkeavälpeillä, jotka rajoittavat hiekanerotuslaitalle kulkeutuvan välpeen määrää.

Erityisen tärkeässä asemassa ovat itse hiekkapesurit. Saatujen havaintojen ja nykytilanteen perusteella uusien hiekkapesurien hankinta on perusteltua, jotta tulevaisuudessa voimaan astuvan kaatopaikkalain asettamat rajat tulevat täyttymään. Pesurit säästäisivät kuljetuskustannuksissa ja ideaalitalanteessa pystyä hiekka voitaisiin käyttää hyödyksi esimerkiksi ympäristörakentamisessa. Opinnäytetyön jälkeen Turun seudun puhdistamo Oy aloitti muutostyöt joissa karkeavälpeiden säleväliä pienennettiin, tilattiin uudet hiekkapesurit ja niiden yhteyteen hankitaan rejektivesivälppä.

ASIASANAT:

jäteveden puhdistus, hiekanerotus, hiekkapesuri, välppäys, välpe, esi-ilmastus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Biotechnology and Food Technology | Biotechnology

2014 | 45 pages

Instructors: Juha Nurmi; Kai Rosenberg, M.Sc.

Timo Yli-Kyyny

DEVELOPMENT OF GRIT SEPARATION AND GRIT WASHING PROCESSES AT TURUN SEUDUN PUHDISTAMO OY

Grit removal and grit washing are part of the preprocessing of wastewater and their purpose is to remove the sand which is carried to the wastewater treatment plant with the incoming wastewater. An optimally functioning grit removal process guarantees that grit is prevented from being carried forward in the process and causing damage to the process. Grit separated with the grit washer is washed so that it can be transported to a land fill site.

The purpose of this thesis was to develop the grit removal and grit wash processes of Turun seudun puhdistamo Oy.

Research data was gathered through interviews, institution visits and empirical tests. The empirical tests showed that considerable amounts of organic material and water are able to escape through the grit washer. This is due to the fact that fibrous material in the grit which is carried from the grit removal process gets tangled in the mixers of the grit washers and prevents the operation of the washers. During the institution visits it was noticed that the preprocessing can be carried out in many ways and it was observed that the model of the grit washer can have a clear effect on the washing results.

In this thesis different solutions which can be used to develop the process are presented. It is important to be able to reduce the amount of fibrous grit that is carried to the grit washers. This can be achieved for example with new wastewater screens which restrict the amount of screening that would be normally carried to the grit washers.

The grit washers are especially important. On the basis of observations and the present situation the acquisition of new grit washers is justified so that the set limits of future environmental laws are met. New grit washers would save in transportation costs since the amount of organic material in grit would decline and in the ideal situation the washed sand from the grit washers could be used in environment building. After this thesis project entered its written phase Turun seudun puhdistamo Oy began alteration work in which the screen space of the screens was reduced, new grit washers were ordered and complemented with a drum screen that processes the separated organic solids.

KEYWORDS:

wastewater treatment, grit removal, grit washing, grit, pre-aeration

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	7
1 JOHDANTO	8
2 JÄTEVEDEN PUHDISTUKSEN YKSIKKÖOPERAATIOT	9
2.1 Fysikaaliset yksikköoperaatiot	9
2.2 Kemiaaliset yksikköoperaatiot	9
2.3 Biologiset yksikköoperaatiot	10
2.4 Turun seudun puhdistamo Oy:n Kakolanmäen jätevedenpuhdistamo	10
2.5 Hiekanerotus Kakolanmäen jätevedenpuhdistamossa	13
3 ESIKÄSITTELY	15
3.1 Tulopumppaus	15
3.2 Karkeavälppäys	15
3.3 Hiekanerotus	17
3.4 Hienovälppäys	23
3.5 Hiekanpesu	24
3.6 Välpeen käsittely	25
4 MATERIAALIT, LAITTEET JA MENETELMÄT	26
4.1 Laitosvierailut	26
4.2 Haastattelut ja tarjouspyynnöt	27
4.3 Käytännön kokeet	27
5 TULOKSET	30
5.1 Kiintoaineen koostumus	30
5.2 Laitosvierailut	32
6 KEHITYSEHDOTUKSET	34
6.1 Esi-ilmastus	34
6.2 Virtausnopeus	35
6.3 Karkeavälpät	36
6.4 Hiekkapesurit	38
6.5 Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolla tehtävät esikäsittelyn parannukset	39
7 PÄÄTELMÄT	41

8 KIITOKSET	43
--------------------	-----------

LÄHTEET	44
----------------	-----------

LIITTEET

Liite 1. Jäteveden tyypillinen koostumus.	
Liite 2. Kaatopaikalle kuljetettavan hiekan määrä TSP:ssa	
Liite 3. Tulevan jäteveden määrä TSP:ssa.	
Liite 4. Conada hiekkapesuri	
Liite 5. Sykloni hiekkapesuri	
Liite 6. Käytännön kokeiden tuloksia 1	
Liite 7. Käytännön kokeiden tuloksia 2	
Liite 8. Käytännön kokeiden tuloksia 3	
Liite 9. Pesty hiekka Kakolanmäen jätevedenpuhdistamo	
Liite 10. Pesty hiekka Jyväskylä Nenäinniemen jätevedenpuhdistamo	

KUVAT

Kuva 1. Turun seudun puhdistamo Oy:n Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon prosessikaavio (Turun seudun puhdistamo Oy, 2013).	13
Kuva 2. Ilmastetun hiekanerotuksen poikkileikkaus ja osat (Karttunen, 2004).	18
Kuva 3. Yksittäisen hiukkasen laskeutuminen suorakaiteenmuotoisessa altaassa, kun virtaus on horisontaalista (Karttunen, 2004).	22
Kuva 4. Hiekkapesurin pesemää hiekkaa.	25
Kuva 5. CFD menetelmällä tehty selvitys vortterksi hiekanerotusaltaan virtauskäyttäytymisestä (Hatch Mott MacDonald).	36
Kuva 6. Välpemäärän riippuvuus välpän sälevälistä (Karttunen, 2004.)	37

KUVIOT

Kuvio 1. Kaatopaikalle kuljetettavan hiekan määrä tonneissa Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolla vuosina 2011-2013.	14
---	----

TAULUKOT

Taulukko 1. Kakolanmäen puhdistamolle tulevan jäteveden keskimääräiset pitoisuudet (mg/l) vuonna 2012. [Vuoden keskimääräisen BOD _{7ATU} -tulo kuorman mukaan laskettu asukasvastineluku AVL oli vuonna 2012 330 000 asukasta (70 g BOD _{7ATU} /as*d).] (Leino, N. 2013)	11
Taulukko 2. Eri laisten välppäsaurojen muotokertoimet (Karttunen, 2004).	16
Taulukko 3. Pallonmuotoiset kivennäishiukkasten (tiheys 2,65) laskeutumisnopeus liikkumattomassa vedessä t= 10°C (Karttunen, 2004).	20
Taulukko 4. Tyypillisiä ilmastetun hiekanerotuksen mittausarvoja (Karttunen, 2004).	23
Taulukko 5. Hiekkalavan näytteen punnitut tulokset	31
Taulukko 6. Veden ja orgaanisen aineen massa ja prosenttiosuudet näytteestä	32

KÄYTETYT LYHENTEET

BOD	Biochemical oxygen demand, biokemiallinen hapenkulutus
COD	Chemical oxygen demand, kemiallinen hapenkulutus
TOC	Total oxygen demand, kokonais hapenkulutus
CFD	Computational fluid dynamics, laskennallinen virtausdynamikka

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää kehitysideoita Turun seudun puhdistamo Oy:n Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon hiekanerotuksen ja hiekkapesurien toimintaan. Tavoitteena oli löytää ratkaisuja siihen, miten hiekkapesureille ja hiekkalavalle kertyvän välpeen määrää pystyttäisiin vähentämään. Tietoa kerättiin laitosvierailuiden, haastattelujen ja käytännön kokeiden avulla.

Hiekkapesureille kulkeutuva välpe aiheuttaa häiriöitä pesuprosessiin sotkeutulla hiekkapesurin sisäisiin komponentteihin haitaten näin puhdistusprosessia. Lisäksi hiekkapesurien toiminnassa on ollut ongelmia, eikä välpe ole poistunut pesuissa riittävästi. Hiekkapesurien tulisi poistaa huomattavan määrän orgaanista ainesta ja vettä hiekanerotusaltailta tulevasta vesi/hiekka/välpe-seoksesta. Hiekkapesurien pesutoiminnon ollessa pois käytöstä välpeenerotus ei toimi ja kaatopaikalle joudutaan kuljettamaan turhaan suuria määriä orgaanista ainesta ja vettä, mikä muodostaa huomattavia lisäkustannuksia puhdistamolle. Tämän lisäksi puhdistamaton hiekkajäte aiheuttaa selkeitä hajuhaittoja.

Ongelmaan tarvitaan pian ratkaisu, sillä Valtioneuvoston 2.5.2013 hyväksymä asetus rajoittaa orgaanisen jätteen sijoittamista kaatopaikalle. Asetuksen mukaan biohajoavan ja orgaanisen materiaalin sijoittamisesta kaatopaikalle luovutaan vuoteen 2016 mennessä. Toimiva hiekkapesuri poistaa noin 95%:sesti orgaanisen kiintoaineen hiekasta, jolloin puhdistettu hiekka voidaan edelleen kuljettaa kaatopaikalle tai ihanne tilanteessa ottaa hyötykäyttöön.

Tässä opinnäytetyössä tuotetaan ratkaisuvaihtoehtoja, jotka mahdollistavat paremmin toimivat hiekanerotus- ja pesuprosessit.

2 JÄTEVEDEN PUHDISTUKSEN YKSIKKÖOPERAATIOT

Kunnalliset jätevedenpuhdistamot ovat Suomessa toimintaperiaatteeltaan hyvin samanlaisia. Puhdistamon ytimenä toimii biologinen jätevedenkäsittely, jossa ilmastusaltaiden mikrobit ja pieneliöt puhdistavat jätevettä käyttämällä hyväkseen jäteveden ravinteita energianlähteenä. Biologisen puhdistuksen lisäksi jätevettä käsitellään myös mekaanisesti ja kemiallisesti. Jäteveden puhdistusprosessi voidaan jakaa näihin kolmeen yksikköoperaatioon.

2.1 Fysikaaliset yksikköoperaatiot

Menetelmiä, joissa veden laadun muutos toteutetaan fysikaalisten ilmiöiden avulla, kutsutaan fysikaalisiksi yksikköoperaatioiksi. Fysikaaliset yksikköoperaatiot perustuvat maailman fysikaalisiin ominaisuuksiin, kuten gravitaatioon ja niitä havainnoimalla on valjastettu ensimmäiset vedenpuhdistusmenetelmät. Fysikaaliset yksikköoperaatiot muodostavat monen jätevedenpuhdistamon prosessikavon perustan. Tyypillisiä fysikaalisia yksikköoperaatioita ovat välppäys, sekoitus, laskeutus, flotaatio, virtauksen nopeuden säätö ja suodatus. Tämän opinnäytetyön kappaleessa 3, on esitelty muutaman erilaisen fysikaalisen yksikköoperaation toimintaa tarkemmin. (Karttunen, 2004), (Metcalf & Eddy, inc, 1991)

2.2 Kemialliset yksikköoperaatiot

Menetelmiä, joissa vedessä tai jätevedessä olevat epäpuhtaudet poistetaan lisäämällä veteen kemikaaleja tai käyttämällä hyväksi kemiallisia reaktioita, kutsutaan kemiallisiksi yksikköoperaatioiksi. Kemiallisia yksikköoperaatioita käytetään yleensä yhdessä fysikaalisten- ja biologisten yksikköoperaatioiden kanssa. Kemiallisilla yksikköoperaatioilla on kuitenkin negatiivisia ominaisuuksia verrattaessa fysikaalisiin- ja biologisiin yksikköoperaatioihin. Toimiakseen niissä jätevedeen yleensä lisätään jotakin kemikaalia. Toisin kuin biologisissa- ja fysikaalisissa yksikköoperaatioissa, jotka poistavat jätevedestä eri komponentteja, kemikaaliset

yksikköoperaatiot lisäävät jäteveden liuenneiden ainesosien nettomäärää. Tämä voi olla merkittävä tekijä, jos puhdistettua jätevettä aiotaan kierrättää uusiokäyttöön. Tämän lisäksi kemikaaliset yksikköoperaatiot tarvitsevat toimiakseen usein jatkuvaa kemikaalinsyöttöä (esimerkiksi ferrosulfaattia fosforin saostuksessa), mikä tuottaa huomattavia toimintakuluja. Joidenkin kemikaalien käyttökulut ovat sidonnaisia energiakuluihin, jolloin niiden käyttökustannukset kasvavat samankaltaisesti. Esimerkkeinä kemiallisista yksikköprosesseista voidaan mainita kemiallinen saostus ja desinfiointi. (Karttunen, 2004), (Metcalf & Eddy, inc, 1991)

2.3 Biologiset yksikköoperaatiot

Biologisissa yksikköprosesseissa käytetään hyväksi biologisia prosesseja jäteveden puhdistamiseen. Tärkeimmät biologiset prosessit voidaan jakaa viiteen pääryhmään: aerobiset prosessit, anoksiset prosessit, anaerobiset prosessit, aerobisen, anoksisen ja anaerobisen prosessien yhdistelmä ja lampi prosessit. Jokainen pääryhmä voidaan jakaa alaryhmiin riippuen kasvavatko prosessissa olevat mikrobit suspensiossa, kiinni jossakin kasvualustassa vai näiden yhdistelmässä. Kaikki käytetyt biologiset prosessit on johdettu prosesseista, jotka tapahtuvat luonnossa. Kontrolloimalla mikro-organismien ympäristöä saadaan niiden kasvu optimaaliseksi, jolloin ne myös poistavat halutut aineet nopeammin prosessista. Aktiivilieteprosessi on tyypillisin biologinen yksikköprosessi jäteveden puhdistuksessa. Siinä tapahtuu 1) hiilipitoisen orgaanisen materiaalin poisto jätevedestä [hiilipitoinen orgaaninen materiaali mitataan yleensä BOD (biochemical oxygen demand), TOC (total organic carbon) tai COD (chemical oxygen demand) muodossa] 2) nitrifikaatio 3) denitrifikaatio 4) fosforin poisto 5) lietteen stabilointi. (Karttunen, 2004), (Metcalf & Eddy, inc, 1991)

2.4 Turun seudun puhdistamo Oy:n Kakolanmäen jätevedenpuhdistamo

Turun seudun puhdistamo Oy:n Kakolanmäen jätevedenpuhdistamo aloitti toimintansa vuoden 2009 alussa ja laitoksen vastuulla on puhdistaa lähes 300 000 ihmisen ja alueen teollisuuden jätevedet.

Laitos on 4-linjainen mekaaniseen, kemialliseen ja biologiseen käsittelyyn perustuva kallion sisään louhittu jätevedenpuhdistamo. Kakolanmäen jätevedenpuhdistamossa jätevesi pumpataan kuuden keskipakopumpun avulla puhdistusprosessin alkuun. Vuorokauden aikana laitokseen pumpataan keskimäärin 90 000 kuutiometriä vettä eli noin 3 800 kuutiometriä tunnissa. Minimissään laitokselle tulee kuivana ajankohtana vettä noin 50 000-60 000 m³/d eli noin 2 100-2 500 m³/h. Runsaiden sateiden ja lumen sulamisien aikana vuorokausivirtaamat voivat kuitenkin kolminkertaistua ja tuntivirtaamat jopa viisinkertaistua. Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolle tulevan jäteveden koostumus vuonna 2012 on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Kakolanmäen puhdistamolle tulevan jäteveden keskimääräiset pitoisuudet (mg/l) vuonna 2012. [Vuoden keskimääräisen BOD_{7ATU}-tulokuorman mukaan laskettu asukasvastineluku AVL oli vuonna 2012 330 000 asukasta (70 g BOD_{7ATU}/as*d).] (Leino, N. 2013)

	Pitoisuus (mg/l)				
	I/2012	II/2012	III/2012	IV/2012	Vuosi 2012
BOD _{7ATU}	240	270	280	230	260
COD _{Cr}	560	640	670	520	590
Kokonaisfosfori	7,8	8	8,4	6,4	7,6
Kokonaistyyppi	50	58	59	47	52
Ammoniumtyppi	35	40	44	35	38
Kiintoaine	280	300	350	300	300

Tulopumppaamosta jätevesi kulkeutuu ensimmäiseksi karkeavälppäykseen, jossa suuret kiintoaineet erotetaan vedestä. Karkeavälppien jälkeen veteen lisätään ferrosulfaattia, joka saostaa jätevedessä olevaa fosforia. Tämän jälkeen vesi ohjataan hiekanerotukseen, jossa hiekka laskeutetaan. Hiekanerotusaltaassa tapahtuu myös esi-ilmastus, jonka avulla rasva poistetaan ja veden happipitoisuutta nostetaan. Hiekanerotuksen jälkeen jätevesi välpätään vielä kertaalleen hienovälpillä.

Esiselkeytys toimii painovoiman avulla. Siinä vettä raskaampi kiintoaines laskeutetaan altaan pohjalle, josta se kaavitaan altaan alkupäässä oleviin lietetaskuihin.

Taskuihin kerätty liete pumpataan raakasekalietteen varastointialtaan kautta lietteen kuivaukseen.

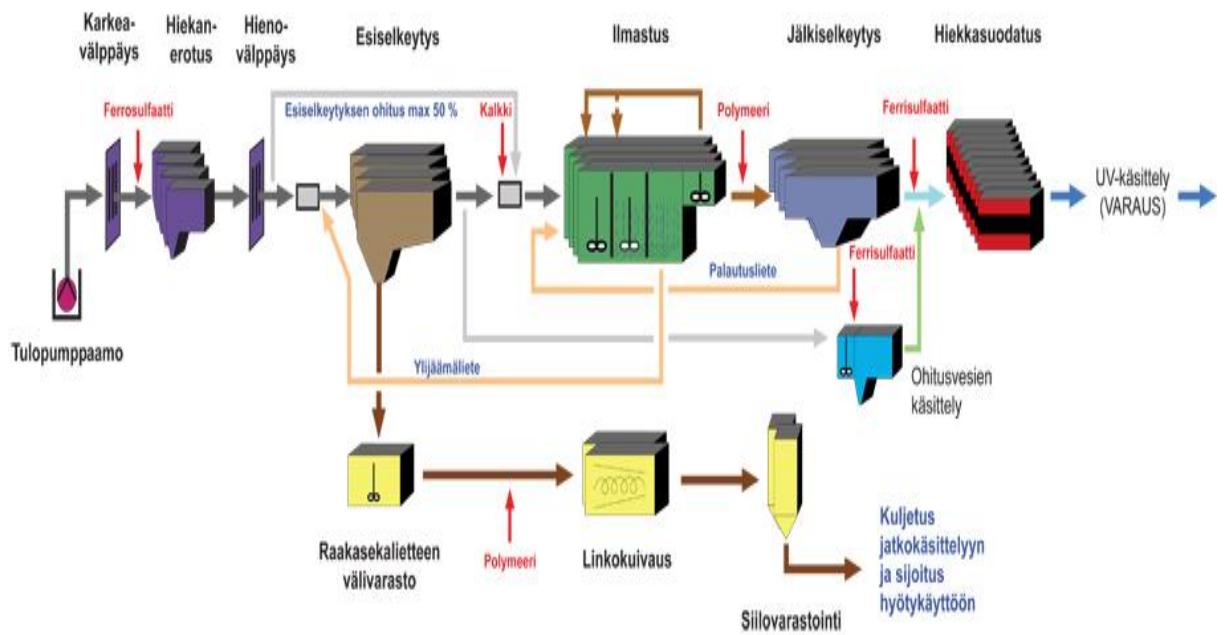
Ilmastus on puhdistusprosessin ydin. Siinä mikrobit poistavat jätevedestä orgaanista ainesta ja tyypeä käyttämällä niitä energianlähteenä. Altaat on jaettu aerobisiin ja anoksisiin lohkoihin, koska eri mikrobit tarvitsevat erilaisen ympäristön toimiakseen. Hapelliset lohkot ilmastetaan johtamalla sinne ilmaa altaan pohjassa olevien ilmastimien läpi. Ilmastuksessa oleva ylijäämäliete pumpataan esiselkeytykseen, josta se poistuu prosessista.

Ilmastuksen jälkeen jätevesi johdetaan jälkiselkeytykseen. Jälkiselkeytyksen alkupäässä jätevetteen lisätään ferrosulfaattia ja polyakryyliamidi polymeeriä, jonka jälkeen ilmastuksen läpi tullut biomassa laskeutetaan painovoimaisesti altaan pohjalle. Altaan pohjalle laskeutunut liete kaavitaan lietetaskuun, josta se pumpataan palautuslietteenä takaisin ilmastukseen. (SNF FLOERGER, 2013)

Lopuksi jätevesi johdetaan tertiäärikäsittelyyn hiekkasuodatukseen. Hiekkasuodattimissa vesi kulkee antrasiitti- ja kvartsikerrosten läpi, jolloin suodatinmassaan jää suurin osa vedessä vielä olevasta kiintoaineesta.

Biologisen puhdistuksen lisäksi laitoksella on kemiallinen ohitusvesien käsittelyyksikkö, joka avustaa puhdistusta suurten vesimäärien aikana.

Puhdistettu jätevesi johdetaan Turun Linnanaukon satama-altaaseen. (Turun seudun puhdistamo Oy, 2013)

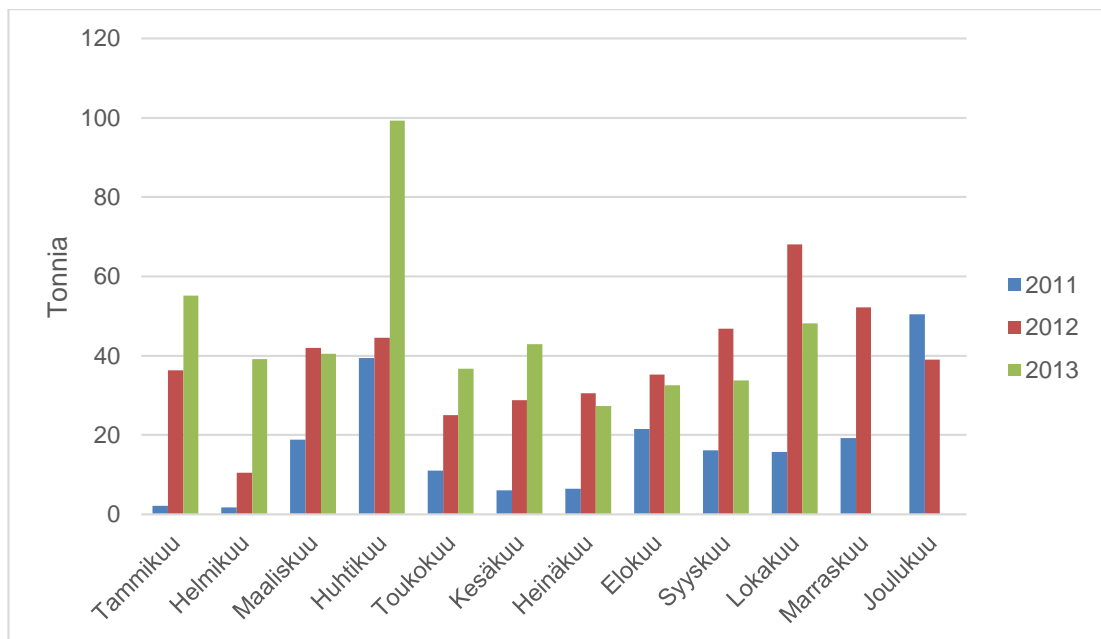


Kuva 1. Turun seudun puhdistamo Oy:n Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon prosessikaavio (Turun seudun puhdistamo Oy, 2013).

2.5 Hiekanerotus Kakolanmäen jätevedenpuhdistamossa

Tässä opinnäytetyössä keskitytään jäteveden puhdistusprosessin alkupäähän ja erityisesti hiekanerotusaltaan ja hiekanpesureiden toimintaan. Tavoitteena on saada nämä prosessit toimimaan tehokkaammin. Ongelmana on, että hiekkapesureille kulkeutuu hiekanerotuksesta välpettä, joka sotkeutuu pesurin sisäisiin komponentteihin ja haittaa hiekan puhdistamista. Ongelmat johtavat siihen, että puhdistamolta kuljetetaan kaatopaikalle hiekkaa, jossa on huomattavia määriä orgaanista materiaalia ja vettä. Kaatopaikalle vietävät lastit punnitaan ja laskutetaan painon mukaan, siksi pelkästään tehokkaampi veden poistaminen tuottaisi huomattavia säästöjä. Kuviosta 1 on esitetty miten kaatopaikalle kuljetettavan hiekan määrä on kasvanut viimeisen kolmen vuoden aikana. Tämän lisäksi valtioneuvoston uusi asetus kieltää tulevaisuudessa orgaanisen aineen sijoittamisen kaatopaikalle. Uudet asetukset ovat asetus kaatopaikoista ja asetus jätteistä: ”Valtioneuvosto hyväksyi 2.5.2013 kaksi asetusta, joilla rajoitetaan biohajoavan ja muun orgaanisen yhdyskuntajätteen, rakennus- ja purkujätteen ja muun jät-

teen sijoittamista kaatopaikalle sekä tällaisen jätteen hyödyntämistä maantäytössä. Rajoitukset koskevat yli 10 prosenttia orgaanista ainesta sisältävää jätettä. Asetusten myötä biohajoavan ja muun orgaanisen jätteen sijoittamisesta tavanomaisen jätteen kaatopaikalle pääosin luovutaan vuoteen 2016 mennessä...” (Ympäristöministeriö, 2013). Jätevedenpuhdistamolta tulevaa jätettä kutsutaan pysyväksi jätteeksi ja sen orgaanisen hiilen kokonaismäärä TOC (total organic carbon) saa olla vain 3 %. (Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 2.5.2013/331/2013)



Kuvio 1. Kaatopaikalle kuljetettavan hiekan määrä tonneissa Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolla vuosina 2011-2013.

Tavoitteena on löytää ratkaisuja joilla hiekanpesu saataisiin taas toimimaan kunnolla ja tätä kautta pystyttäisiin vähentämään kuluja ja takaamaan, että tulevat ympäristöasetukset tullaan täyttämään laitoksesta poistuvan hiekan osalta.

3 ESIKÄSITTELY

3.1 Tulopumppaus

Yleisesti ottaen tarkkoja hetkellisiä tietoja tulevan jäteveden eri komponenteista ja niiden määristä on yleensä vaikea saada, koska jäteveden laatu vaihtelee vuorokaudenaikojen, vuodenaikojen ja paikkakunnan mukaan. Useat veden ominaisuudet riippuvat siitä mikä on asuma- ja teollisuusvesien osuuksien suhde tutkitavassa viemäriveredessä. Käsittelemättömän kunnallisen jäteveden tyypillinen koostumus on esitelty liitteessä 1. (Karttunen, 2003)

3.2 Karkeavälppäys

Karkeavälppäys on yleensä jätevedenpuhdistusprosessin ensimmäinen vaihe. Siinä veden karkeimmat kiinteät epäpuhtaudet poistetaan johtamalla vesi ahtaista aukoista tai raoista, jotka keräävät niitä suuremmat kiintoainehiukkaset pois jätevedestä. Tälle prosessille on luonteenomaista, että muut tekijät kuin hiukkas-ten ja virtausaukkojen keskinäinen suhteellinen suuruus eivät vaikuta tulokseen. (Karttunen, 2004)

Vesihuolto II:ssa annetun määritelmän mukaan *välppät* ovat laitteita, joissa tarvittava läpivirtausaukko on yhdensuuntaisten välppäsauvojen välinen rako. (Karttunen, 2004)

Välppien tarkoituksena on poistaa jätevedestä epäpuhtaudet, jotka voivat vahingoittaa prosessin toimintaa. Tällaisia ovat karkeat, kuitumaiset ja muoviset epäpuhtaudet, jotka voivat takertua prosessilaitteisiin kuten ilmastimiin ja kaapimiin joista niiden irrottaminen olisi erittäin työlästä. (Karttunen, 2004)

Erilaiset välppät voidaan jaotella niiden tankojen sälevälien mukaisesti karkea- ja hienovälppiin. Luokittelun ylä- ja alarajat vaihtelevat lähteestä riippuen, esimerkiksi karkeavälppän säleväli voidaan luokitella olevan 6-38mm tai 10-40mm sälevälillä olevia välppiä. (EPA, 2003)

Välppä asennetaan normaalisti 30-60 ° kulmaan ja veden virtaus välppän tankojen välistä ei saa ylittää 1 m/s, muuten voi käydä niin, että välppän erottama materiaali puristuu veden painamana välppän läpi. Virtausvastusta voidaan vähentää tarkoitukseen tehdyillä tangoilla, joiden muoto parantaa veden läpivirtausta. Tällaisia ovat esimerkiksi pisananmuotoiset tangot. Välppän virtausvaste on normaalilla tukkeutumisasteella 2-5 cm. Tukkeutumisaste on tärkeä arvo välppän hankintaa suunniteltaessa. ”Tukkeutumisaste osoittaa, kuinka suuri osa vapaasta virtauspoikkileikkauksesta on välppöiden sulkema ennen puhdistusta.” (Karttunen, 2004).

Välppän aiheuttama padotus voidaan laskea Kirschmerin kaavan avulla:

$$h = \beta \cdot \left(\frac{w}{b}\right)^{\frac{4}{3}} \cdot h_v \sin \theta$$

h= padotus

w= välppäsauvan suurin leveys (m)

b= vapaan sauvavälin pienin leveys (m)

$h_v = \text{tulovirtauksen (v) nopeuskorkeus} = \frac{v^2}{2g}$ (m)

$\theta = \text{välppäsauvan ja vaakatason välinen kulma}$

$\beta = \text{Välppäsauvan muotokerroin}$

Taulukko 2. Erilaisten välppäsauvojen muotokertoimet (Karttunen, 2004).

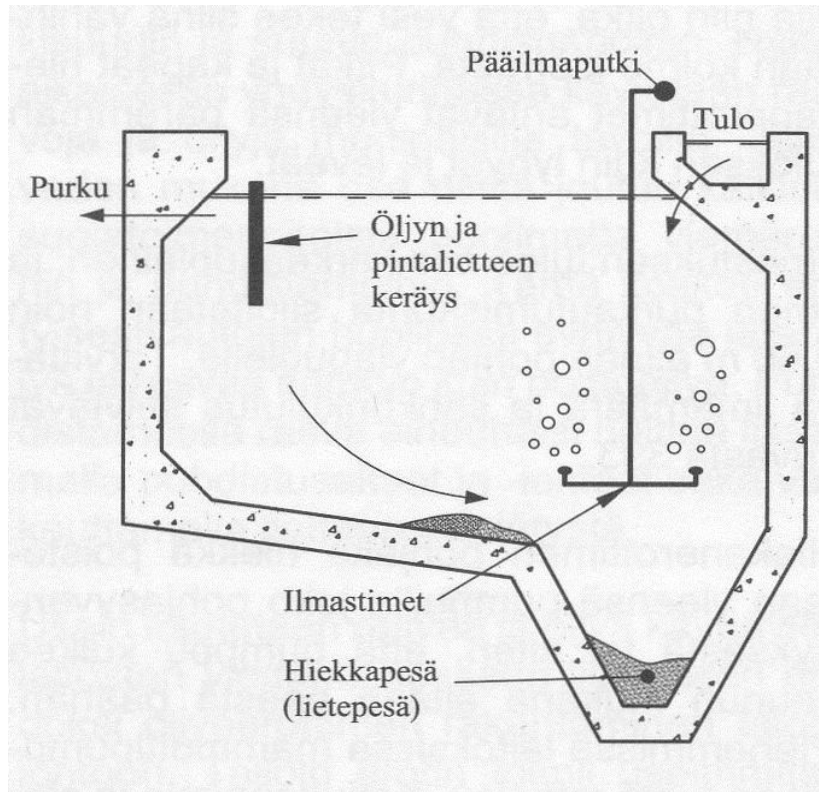
Sauvan muoto	Muotokerroin, β
Täysin pyöristämätön suorakaide	2,42
Suorakaide, etureuna puoliympyrä	1,83
Ympyrä	1,79
Suorakaide, etu- ja takareuna puoliympyrä	1,67
venytetty pisara	0,76

Välppäystä suunniteltaessa on otettava huomioon tulvatilanteet, jolloin tulevan veden määrä voi moninkertaistua. Tällaisia tilanteita varten on hyvä olla olemassa keino, jolla mahdollistetaan suurempienkin vesimassojen läpipääsy, etteivät välpät pääse vahingoittumaan tai vesi ei pääse tulvimaan laitokseen. Tällaisia keinoja voidaan kehittää jo välpän suunnitteluvaiheessa, kuten veden noustessa avautuva ylivuotokanava tai osalla välpistä (joita käytetään vain vika- ja tulvatilanteissa) on suurempi säleväli, joka mahdollistaa suuremmat läpivirtaukset. (Karttunen, 2004)

Välpätty materiaali siirretään välpepuristimeen, jossa välpe puristetaan pienempää kokoon ja välpeestä saadaan puristettua osa vedestä pois.

3.3 Hiekanerotus

Hiekanerotus sijoittuu jäteveden puhdistusprosessissa yleensä välppäyksen jälkeen, ennen esiselkeytystä. Hiekanerotuksen tehtävänä on erottaa hiekka pois prosessista. Hiekan joutuessa prosessiin se kuluttaa mekaanista laitteistoa, kerräntyy putkistoihin, kanaviin sekä altaisiin, joista sen poistaminen on hyvin vaikeaa. Hiekanerotuslaitteita voidaan erottaa toimintansa perusteella muutamaan eri kategoriaan: suorakulmaiset horisontaalisen virtauksen hiekanerotuslaitteet, neliön muotoiset horisontaalisen virtauksen hiekanerotuslaitteet, vorteksi-hiekanerotuslaitteet sekä ilmastetut hiekanerotuslaitteet. Ilmastetut hiekanerotuslaitteet ovat nykyään eniten käytetty malli ja niitä käsitellään tässä kappaleessa. Hiekanerotuslaitteilta jätevesi siirtyy laitoksesta riippuen ylivuotokourujen tai luonnollisen virtauksen mukaisesti hienovälpile tai suoraan esiselkeytykseen. (Metcalf & Eddy, inc, 1991)



Kuva 2. Ilmastetun hiekanerotuksen poikkileikkaus ja osat (Karttunen, 2004).

Hiekanerotusaltaan toiminta perustuu veden nopeudensäätöön. Veden nopeutta pienennettäessä 0,3-0,5 m/s, 0,2 mm ja suuremmat hiekka- ja kivirakeet laskeutuvat pohjaa. Laskeutumisaika on tavallisesti 2-5 minuuttia. Samanaikaisesti kun hiekka laskeutuu, muun kiintoaineen tulisi kulkeutua veden virtauksen mukana prosessissa eteenpäin. (Karttunen, 2004) Suurimpana vaikeutena onkin pitää yllä oikeaa ”kriittistä nopeutta”, jolloin virtauksen nopeus suhteessa kuljetettavan kiintoaineen massa on riittävä pitämään osan kiintoaineesta suspensiossa ja kuljettamaan virtauksen mukana kun samalla raskaammat kiintoaineet laskeutuvat altaan pohjaan. (Nichols, 2009) Altaan pohjalle painunut kiintoaine kaavitaan automaattisella kaapimella syvennykseen, josta hiekka pumpataan hiekkapesureille. Samassa kaapimessa on myös pintakaavin jolla veden pinnalle kertynyt rasva kaavitaan.

Veden virtausnopeutta voidaan säätää esimerkiksi padottamalla osittain altaan poistopäätä tai sulkuluukuilla. Pato toteutetaan siten, että poisto on suoraan suh-

teessa veden syvyyteen altaassa. Tästä seuraa se, että virtausnopeus pysyy vakiona kaikissa tilanteissa. (Swedish Collage Of Engineering & Technology, Wah Cantt)

Hiekanerotusaltaassa tapahtuva virtaus on turbulenttista. Turbulenttinen virtaus tarkoittaa, että virtauksessa olevat molekyylit voivat kulkeutua mihin suuntaan tahansa, mutta nettoliike on kuitenkin virtauksen suuntainen. Tämä voidaan määrittää Reynoldin luvulla joka saadaan yhtälöstä:

$$Re = v \times \frac{l}{\nu}$$

Re= Reynoldsin luku

v= virtauksen nopeus (m/s)

l= putken/kanavan/altaan pituus (m)

ν = nesteen kinemaattinen viskositeetti (m^2/s) (Nichols, 2009)

Kiintoaineen laskeutumisen tehokkuus riippuu laskeutumisnopeudesta, väliaineen viskositeetista ja lämpötilasta. Hiekanerotusaltaassa tapahtuva laskeutuminen on yksittäisen hiukkasen laskeutumista ja flokkuloivaa laskeutumista eli vapaan laskeutumisen mukaisia prosesseja. Yksittäisen hiukkasen laskeutumisessa hiukkanen laskeutuu vapaasti muista hiukkasista riippumatta vakionopeudella. Flokkuloivassa laskeutumisessa laskeutuvan flokin koko ja nopeus eivät ole vakioita vaan ne vaihtelevat. Konsentraation ollessa matala laskeutumisnopeus kasvaa, samalla flokin koko kasvaa agglomeraation kautta. (Karttunen, 2004)

Hiukkasten laskeutumista altaassa voidaan laskea Newtonin ja Stokesin lailla.

$$\text{Newtonin laki: } v = \sqrt{\frac{2g(\rho_P - \rho_f)V_P}{C_D A_P \rho_f}},$$

v= partikkelin laskeutumisnopeus,

g= painovoima, ρ_P = partikkelin tiheys,

ρ_f = nesteen tiheys,

V_P = tilavuus,

C_D = vastuskerroin,

A_P =kappaleen pinta-ala suhteessa nopeuteen (Carlsson, 1998)

$$\text{Stokesin laki: } W = \left[\frac{(P_1 - P)}{18\mu} \right] d^2,$$

W = laskeutumisnopeus, $(P_1 - P)$ = tiheysero kappaleen ja nesteen välillä (kg/m^3)

g =painovoima m/s^2

μ = nesteen viskositeetti (kg/sm)

d = partikkelin halkaisija (m).

Stokesin laki pätee kuitenkin vain yhdelle pyöreälle kappaleelle, joten se ei anna laskeutumisesta aivan tarkkaa kuvaa. Virtauksessa partikkelin laskeutuminen saadaan Reynoldsin yhtälöstä:

$$Re = \frac{Udp}{\mu},$$

Re = Reynoldsin luku,

U = partikkelin nopeus (m/s)

d =partikkelin halkaisija (m)

p =partikkelin tiheys (kg/m^3)

μ = nesteen viskositeetti (kg/sm). (Selley,)

Taulukossa 3 on esitetty esimerkkejä erilaisten pallonmuotoisten kivennäishiukkasten laskeutumisnopeudesta.

Taulukko 3. Pallonmuotoiset kivennäishiukkasten (tiheys 2,65) laskeutumisnopeus liikkumattomassa vedessä $t = 10^\circ\text{C}$ (Karttunen, 2004).

	d mm	v cm/s	Laskeutumisaika
Sora	10,0	100,0	1,0 s
Karkea hiekka	1,0	10,0	10,0 s
Hieno hiekka	0,1	0,8	2 min 5 s
Hieta	0,01	0,0154	1 h 48 min
Savi	0,001	0,00000154	2 v 20 d

Hiekanerotusaltaassa laskeutumisprosessi tapahtuu läpivirtausperiaatteella. Tämä tarkoittaa, että vesi viipyy altaassa niin kauan, että vedessä oleva kiintoaines määritettyyn hiukkaskokoon asti ehtii laskeutua altaan pohjalle. Altaan mitoituksessa käytetään tällöin niin sanottua pintakuormaa suunnittelun perusteena. Pintakuormalla tarkoitetaan virtaaman (m^3/h) ja altaan pinta-alan (m^2) välistä suhdetta. (Kujala-Räty, K. 2005) Hiukkasia sisältävä vesi jakautuu altaan tulovyöhykkeelle. Tuloalueesta alkaen virtausnopeus on tasainen kaikissa altaan osissa. Kaikki hiukkaset, jotka kulkeutuvat lähtöalueelle pysyvät vedessä ja kaikki hiukkaset, jotka ehtivät laskeutua altaan pohjalle ennen lähtövyöhykkeen rajaa erottuvat vedestä. Jotta hiukkanen voi erottua vedestä laskeutumalla, sen laskeutumisnopeuden on ylitettävä veden aiheuttama ylöspäin suuntautuva nopeus. Viimeinen hiukkanen, joka erottuu vedestä, on veden pinnassa kun se ylittää tuloalueen ja ehtii pohjaan lähtöalueen rajalla. Laskeutuminen on esitetty kuvassa 3. Virtausaika t pituusmatkalla l on sama kuin laskeutumismatkalla h . Tällöin laskeutumisenopeus v_v on sama kuin virtausnopeus v_h :

$$t = \frac{l}{v_h} = \frac{h}{v_v}$$

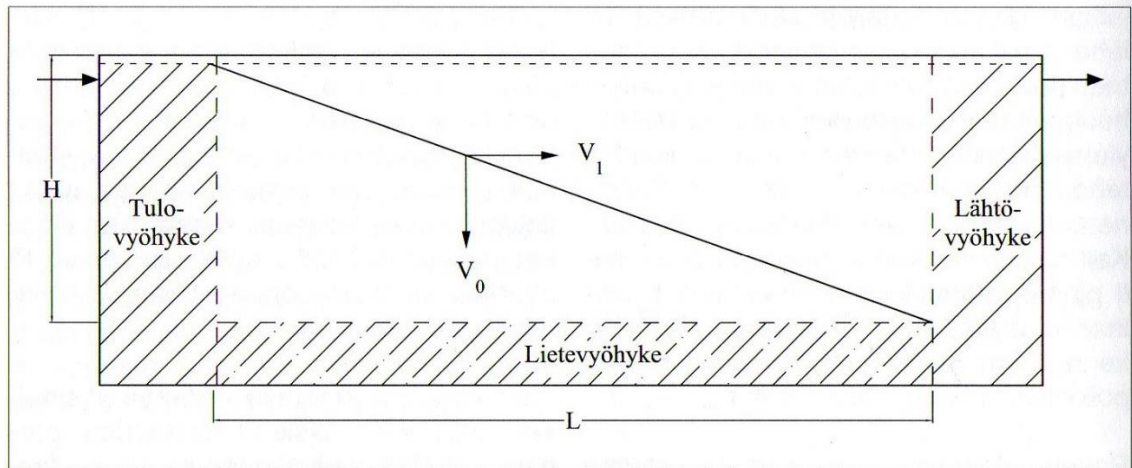
t = laskeutumiseen tarvittava aika (h)

l = altaan tehokas pituus (m)

v_h = partikkelin vaakasuora nopeus (m/h)

v_v =partikkelin nopeus alaspäin (m/h)

Tämä ei kuitenkaan kuvaa täysin todellista tilannetta altaassa, sillä virtausnopeuden, painovoiman ja veden aiheuttaman ylöspäin suuntautuvan voiman lisäksi hiukkasiin vaikuttaa esi-ilmastuksen aiheuttama flotaatio. (Karttunen, 2004)



Kuva 3. Yksittäisen hiukkasen laskeutuminen suorakaiteenmuotoisessa altaassa, kun virtaus on horisontaalista (Karttunen, 2004).

Hiekanerotusaltaassa voidaan vedestä erottaa myös prosessiin kulkeutuva öljy ja rasva. Tämä tapahtuu altaassa olevien ilmastimien avulla; ne avustavat rasvan ja öljyn luonnollista flotaatiota. Ilmastimet sijoitetaan yleensä 0,45-0,6m altaan pohjan yläpuolelle. Altaan ilmamäärää tulisi pystyä kontrolloimaan sillä ilmamäärien avulla voidaan vaikuttaa hiekanerotuksen optimointiin ja erotettavan hiekan puhtauteen. (Metcalf & Eddy, inc, 1991) Ilmakuplat avustavat rasvan poistossa ja rasva ohjataan altaassa olevaan rasvakourun. Pinnalle erotettu rasva ja pintaliete kaavitaan pintalietekaivoon. Esi-ilmastuksella on muitakin käyttötarkoituksia. Nousevat ilmakuplat avustavat hiekanerotuksessa siten, että raskas kiintoaine pääsee laskeutumaan pohjaan, mutta ilma kannattelee kevyempää kiintoainetta mahdollistaen tehokkaamman erottelun. Ilmauksella on myös etuna se, että sen avulla jätevedeen saadaan ajettua myös happea, joka on voinut poistua jätevedestä sen kulkeutuessa viemäriverkostoa pitkin jätevedenpuhdistamolle. (Karttunen, 2004), (Vesilind *et al*, 2010)

Veden virratessa karkeavälpiltä hiekanerotukseen siihen lisätään myös ferrosulfaattia (FeSO_4) jolla saostetaan jätevedessä olevaa liukoista fosforia. Fosfori on ravinne, joka lisää levän kasvua ja vesistöjen rehevöitymistä. Vesistöissä fosfori esiintyy fosfaattina ja se on ravinteena rajoittava tekijä. (Spellman, 2010) Fosfaatti-ioni muodostaa ferrosulfaatin kanssa ferrifosfaattia FePO_4 . Tämän lisäksi

saostuu myös erilaisia hydroksyylifosfaatteja. Toimiakseen tehokkaasti saostusaineena ferrosulfaatti täytyy hapettaa ja tämä tapahtuu hiekanerotusaltaan esiilmastuksessa. (Salmi *et al*, 1988)

Hiekanerotusaltaan koko on tyypillisesti 2,5:1 - 5:1 pituuden suhteessa syvyyteen. Seuraavassa taulukossa on muita tyypillisiä arvoja hiekanerotusaltaalle. (Vesilind, PA. 2003)

Taulukko 4. Tyypillisiä ilmastetun hiekanerotuksen mittausarvoja (Karttunen, 2004).

Mitoitustekijä	Yksikkö	Vaihteluväli	Tyypillinen arvo
Viipymä	min	2...5	3
Altaanmitat:			
-Syvyys	m	2,1...4,9	3,0
-Pituus	m	7,6...19,8	12,2
-Leveys	m	2,4..7,0	3,7
Leveys/syvyyssuhde	suhdeluku	1:1...5:1	1,5:1
Pituus/leveyssuhde	suhdeluku	3:1...5:1	4:1
Ilmamäärä pituusmetriä kohti	m ³ /m*h	18...42	30
Hiekkamäärä	l/1000m ³	4...202	15

3.4 Hienovälppäys

Hienovälppäyksessä poistetaan välpe, joka on kulkeutunut hiekanerotuksen läpi sekä rasva, joka on erotettu esi-ilmastuksen avulla. Erilaisia välppäytyyppejä ovat muun muassa porrsvälppä ja rumpuvälppä. Porrsvälppä toimii siten, että välpän päälle muodostuu eräänlainen ”välppämatto”, joka tehostaa välppäystä ja siihen tarttuu hiekanerotuksessa esi-ilmastuksen avulla erotettu rasva. Kuten karkeavälppäyksessä, välpätty aines siirretään välpepuristimeen. Hienovälppäyksestä jätevesi siirtyy seuraavaan prosessivaiheeseen esiselkeytykseen.

3.5 Hiekanpesu

Hiekanerotusaltaassa laskeutettu hiekka pumpataan hiekkapesureille. Hiekanerotusaltailta tuleva hiekka saattaa sisältää jopa reilusti yli 50 % orgaanista ainetta. Pesureille tulevan kiintoaineen vesipitoisuus voi olla myös huomattavan korkea, 50-80 %. (Hydropress Huber AB, 2011) Tällainen kiintoaine voi houkuttaa hyönteisiä ja tuholaisia ja on hyvin epämiellyttävän hajuista. (Metcalf & Eddy, inc, 1991) Tämän tyyppisen korkean vesipitoisuuden omaavan materiaalin kuljettaminen kaatopaikalle pesemättä aiheuttaa myös huomattavat lisäkulut.

Hiekkapesureita on kaksi erilaista perustyyppiä. Ensimmäinen perustuu siihen, että pesurin sisällä oleva sekoitin aiheuttaa tarvittavan voiman joka irroittaa orgaanisen aineen hiekasta ja samalla nostaa pestyn hiekan pois pesuvedestä. Variaatio tästä pesuri tyyplistä on Conada-ilmiöön perustuva pesuri. Coanda-ilmiön seurauksena virtaava neste kiinnittyy sitä lähellä olevaan pintaan. Virtauksessa olevat partikkelit erotetaan, kun virtauksen suunta muuttuu ja hidastuu. Partikkelit laskeutuvat säiliön alaosaan riippuen niiden laskeutumisominaisuuksista. Erotetuista hiekkajyvistä pestään orgaaninen aines eli hiekanjyviin kiinnittynyt orgaaninen aines erotetaan hiekasta. Pesu tapahtuu hiekkapesurin säiliön alaosassa, johon muodostuu hiekkapeti. Pesuvettä syötetään pesurin alaosan säiliöön kumikalvon läpi ja näin se jakautuu tasaisesti säiliön pohjalla saaden aikaan suodattavan hiekkapedin. Hiekkapedissä hiekanjyvät hankaavat toisiaan vasten irrottaen orgaanisen aineen niiden pinnalta. Erotusprosessia tuetaan sekoittimella, joka pitää partikkelit liikkeessä. Pesty hiekka kuivataan staattisesti ja siirretään ruuvikuljettimella pois pesurista esimerkiksi lavalle, jolla se kuljetetaan pois laitoksesta. Erotettu orgaaninen aines siirretään prosessissa eteenpäin esim. rejektivesikaivoon tai prosessin alkuun automaattisesti. Esimerkki tämän tyyppisestä pesurista on esitelty liitteessä 4. (Hydropress Huber AB, 2011), (Metcalf & Eddy, inc, 1991)

Toisessa pesurityypissä pesu tapahtuu ruuvikuljettimessa. Siinä pumppu tuo pestävän hiekan hiekanerotusaltailta pesurin syklooni separaattoriin. Sylkooni

erottaa kiintoaineen vedetä ja pakottaa kiintoaineen sykloonin pohjalle. Vesi poistuu sykloonin yläosan kautta. Kiintoaine kuljetetaan keskipakoerottimeen, jossa sen annetaan laskeutua. Laskeutunut kiintoaines kuljetetaan ruuvikuljettimella ylöspäin kohti poistopäätä ja samalla siitä erotetaan vesi. Liitteessä 5 on esitelty tämän tyyppinen hiekkapesuri. (Weir power & industrial 2011), (Metcalf & Eddy, inc, 1991)



Kuva 4. Hiekkapesurin pesemää hiekkaa.

3.6 Välpeen käsittely

Karkea- ja hienovälppien erottelema välpe kuljetetaan ruuvi- ja hihnakuljettimilla käsiteltäväksi välpepuristimelle. Puristimella saadaan osa vedestä pois ja välpe menee pienempään tilaan. Puristettu välpe kuljetetaan kaatopaikalle käsiteltäväksi.

4 MATERIAALIT, LAITTEET JA MENETELMÄT

4.1 Laitosvierailut

Opinnäytetyötä varten vierailtiin neljällä eri jätevedenpuhdistamolla: Helsingin Viikinmäen puhdistamolla, Espoon Suomenojan puhdistamolla, Nurmijärven Klaukkalan puhdistamolla ja Jyväskylän Nenäinniemen puhdistamolla. Laitosvierailuiden tarkoituksena oli tutustua, miten näissä laitoksissa hiekanerotus- ja pesuprosessit toimivat ja saada haastattelujen kautta ammattilaistietoa kyseisten laitosten toiminnasta. Vierailuissa keskityttiin myös yleisesti puhdistamon alkupään toimintaan kokonaisuutena. Laitosten toiminnasta ja niiden mahdollisista ongelmista ja niiden ratkaisusta saatua tietoa voidaan hyödyntää, kun mahdollisia kehitysehdotuksia mietitään Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon hiekanerotus- ja hiekanpesunprosessin kehittämiseen. Helsingin ja Nurmijärven puhdistamot valittiin siksi, että ne muistuttavat Kakolanmäen puhdistamoa siten, että ne ovat molemmat suhteellisen uusia kallio puhdistamoja ja niiden suunnittelussa on ollut mukana sama konsultointiyritys. Suomenojan laitos on vanhempaa mallia, mutta vierailu saatiin sisällytettyä samaan vierailukertaan kuin Helsingin Viikinmäen puhdistamo. Jyväskylän Nenäinniemen puhdistamovierailu oli osa Jyväskylän vesihuoltomessujen messutapahtumaa.

Jokainen laitos oli alkupään toimintaperiaatteeltaan erilainen ja antoi täten erilaisia toimintaideoita mahdollisista optioista, miten prosessia voisi kehittää. Eri toimintaperiaatteen lisäksi laitoksien välillä oli eroavaisuuksia ja samankaltaisuuksia käytettävän laitteiston osalta.

Nurmijärvellä ja Espoossa on samanlaiset pesurit kuin Turussa. Helsingin ja Jyväskylän puhdistamoilla taas oli eri valmistajan pesurit. Tämän tiedon avulla voidaan myös vertailla pesureita keskenään ottaen huomioon prosessien erot. Laitosvierailuiden yhteydessä otettiin myös valokuvia, joiden perusteella voidaan tehdä visuaalinen arviointi laitoksen käsitellystä hiekasta. Valokuvat ovat tärkeässä asemassa, sillä minkäänlaisia käytännön kokeita vierailtujen laitosten pestystä hiekasta ei voitu suorittaa.

4.2 Haastattelut ja tarjouspyynnöt

Laitosvierailuiden lisäksi suoritettiin Turun seudun puhdistamon sisäiset haastattelut, jossa henkilökunnan kanssa keskusteltiin mitkä heidän mielestään ovat tehokkaimmat ratkaisut nykytilanteen korjaamiseksi. Haastatteluissa selvitettiin, mikä haastateltavan mielestä aiheuttaa syntyneet ongelmat, millaisia kehitysideoita heillä on sen ratkaisuksi ja millaisia toimenpiteitä on jo tehty. Kun tiedot oli kerätty, pidettiin kokous, jossa sovittiin mitä kehitysideoita lähdetään tutkimaan tarkemmin. Haastattelujen lisäksi ongelman ratkaisuun haettiin tietoa kirjallisuuslähteistä.

Laitosvierailuiden ja haastattelujen lisäksi tehtiin tarjouspyyntö kolmelle Suomessa toimivalle laitevalmistajalle. Tarjouskyselyssä tiedusteltiin, millaisia ratkaisuja heillä voisi olla hiekanerotuksen parantamiseksi. Tarjouskyselyissä keskityttiin laitoksen välppien kehittämiseen, joko kokonaan uusien hankintaan tai olemassa olevien laitteiden mahdollisiin muutostöihin. Tarkoituksena oli selvittää, millaisia ratkaisuja on mahdollista toteuttaa.

4.3 Käytännön kokeet

Hiekanerotuksen ja hiekkapesurien läpi tullutta kiintoainetta tutkittiin tarkoituksena selvittää mikä on veden, orgaanisen aineen ja hiekan suhde kiintoaineesta, joka päätyy kaatopaikalle. Tämä toteutettiin haihduttamalla kerätystä näytteestä vesi ja hehkuttamalla kuivattu kiintoaine korkeassa lämpötilassa jolloin selviää näytteen hehkuhäviö. Näytteenottopäivät sekä tulokset on esitetty taulukossa 5.

Ensimmäinen vaihe oli kerätä näyte hiekkalavalta. Näyte otettiin lavalle kaivetusta kuopasta, jotta saataisiin edustava näyte hiekasta, jota kuljetetaan kaatopaikalle. Jos näyte otetaan suoraan ruuvikuljettimen alta, siinä on enemmän vettä kuin hiekassa, joka kuljetetaan kaatopaikalle. Tämä johtuu siitä, että osa vedestä kulkeutuu hiekan läpi lavan pohjalle ja poistuu poistoventtiilin kautta lavalta viemäriin. Kerättyä näytettä punnittiin alumiiniastiaan ja astia siirrettiin uuniin, jossa lämpötila oli 110 °C. Tarkoituksena oli haihduttaa näytteessä oleva vesi jolloin

saatiin selville veden osuus näytteestä. Näytteen annettiin olla uunissa noin vuorokauden, jonka jälkeen se punnittiin. Tämän jälkeen kuivattu näyte punnittiin upokkaassa ja laitettiin uuniin 600 °C lämpötilaan noin 5 tunniksi. Hehkutettu näyte punnittiin, jolloin saatiin selville kuinka paljon näytteessä oli orgaanista palavaa materiaalia. Hehkutuksen jälkeen jäljelle jäänyt materiaali on epäorgaanista ainetta kuten hiekkaa, kiveä, muuta palamatonta materiaalia ja antrasiittia. Antrasiitti tulee puhdistusprosessin lopussa olevista hiekkasuodattimista pesuvesien mukana hiekanerotusaltaaseen ja poistuu tätä kautta prosessista.

Molempien lämpökäsittelyjen jälkeen tehtiin myös visuaalinen arviointi saadusta näytteestä. Visuaalisessa tarkastelussa kiinnitettiin viimeisellä näytteenottokerralla erityistä huomiota antrasiitin määrää, sillä ennen viimeistä näytekertaa ja 4.6.2013 näytekerän jälkeen hiekkasuodattimista poistettiin imuautolla osa antrasiitista. Tarkoituksena oli vähentää antrasiitin karkaamista pesuvesien mukana hiekanerotukseen. Liitteessä 6 on kuva alkuperäisestä näytteestä, liitteessä 7 kuivattu näyte ja liitteessä 8 hehkutusjäännösnäytteestä.

Yksi näytteistä otettiin, kun käytössä oli vain yksi hiekanerotusallas. Loput näytteistä otettiin normaalitilanteessa, kun käytössä oli kaksi hiekanerotusallasta. Koikeissa käytetty laitteet olivat: uuni Heraeus GWP, Heraeuksen hehkuuni ja Sartorius Signum 1 vaaka.

Virtausnopeus on tärkeä osa hiekanerotusaltaan toimintaa. Siksi sen muuttamisella voi olla suuriakin vaikutuksia siihen, miten hiekanerotusprosessi toimii. Yhtä näytteenotto kertaa varten virtausnopeutta nostettiin sulkemalla yksi hiekanerotusallas, jolloin vesi virtasi enää yhden altaan läpi. Normaalitilanteessa laitosta ajetaan kahdella hiekanerotusaltaalla. Virtausnopeuden muutosta säädettiin laitoksen omalla prosessinohjausjärjestelmällä. Virtausnopeutta säätämällä pitäisi teoriassa orgaanisen kiintoaineen osuus laskeutetusta kiintoaineesta vähentyä.

Virtausnopeuden lisäksi altaaseen puhallettavan ilman määrä on tärkeässä roolissa altaan toiminnan kannalta. Teoriassa suuremmalla ilmamäärällä ongelman aiheuttavat välpheet voitaisiin pitää vesimassan mukana ja estää täten painumasta hiekan ja muun raskaan kiintoaineen mukana altaan pohjaan ja lopulta

tukkimaan hiekkapesureita. Toki on otettava huomioon, että tällöin myös muiden partikkeleiden laskeutuminen hidastuu. Tällöin kevyemmät kiintoainepartikkelit, jotka normaalisti laskeutuisivat hiekanerotusaltaan pohjaan saattavat siirtyä prosessissa eteenpäin ja aiheuttaa mekaanisten laitteiden kulumaa ja kertymää muihin altaisiin. Laitoksella on kuitenkin jo suoritettu kokeiluja ilmamäärän säädössä, jossa altaita on ajettu erilaisilla ilman syötöillä. Ilmamäärän muutoksilla ei saavutettu merkittäviä hyötyjä. Siksi ilmamääräkokeet päätettiin hylätä tästä opinnäytetyöstä.

5 TULOKSET

5.1 Kiintoaineen koostumus

Käytännön kokeista voidaan huomata, että pesemätön kiintoaines, jota hiekanerotusaltaalta päätyy hiekkapesureille, sisältää huomattavia määriä vettä ja orgaanista ainesta. Taulukosta 6 näkee, että vettä on keskimäärin 64,1 % kokonaismassasta ja orgaanista ainetta kuivatusta näytteestä on keskimäärin 50,4 %. Epäpuhdasta hiekkaa vietiin vuonna 2012 kaatopaikalle 459,08 t. Jos oletetaan, että tähän lukuun pätee edellä mainitut prosenttiosuudet, niin huomataan, että epäorgaanisen kuiva-aineen osuus tästä summasta on vain 17,81 % eli 81,75 t. Kokeista saadut tulokset ovat kuitenkin normaaleja arvoja vedelle ja orgaaniselle aineelle, mitä hiekanerotusaltailta hiekkapesureille kulkeutuu. Pestyn hiekan hehkutushäviön pitäisi olla <5 %. (Hydropress Huber AB, 2011)

Viidennellä mittauskerralla 30.5.13 käytössä oli vain yksi hiekanerotusallas, tarkoituksena oli nostaa virtausnopeutta. Tällöin voidaan tarkastella, onko virtausnopeuden nostolla vaikutusta orgaanisen materiaalin kulkeutumiseen. Yhtä alasta pidettiin pois käytöstä yhden päivän ajan, joten saatua tulosta voidaan pitää vain suuntaa antavana tuloksena. Verrattaessa yhden altaan tuloksia normaalilanteen tuloksiin huomattavia eroja ei ole havaittavissa, varsinkaan näin lyhyen kokeilun perusteella.

Hehkutusuuni saatiin käyttökuntoon vasta kolmannelle näytteelle, mistä johtuen kahdesta ensimmäisellä mittauksesta puuttuu hehkutus. Viimeinen mittauskerta suoritettiin silmälläpitäen antrasiitin määrää hiekasta hehkutuksen jälkeen. Visuaalisen tarkastelun pohjalta hiekan vähentäminen hiekkasuodattimista vähensi antrasiitin määrää hiekkapesureissa, joten toimenpide auttoi antrasiitin karkaimiseen. Myös hehkutusjäännös on pienempi verrattuna muihin tuloksiin, kuten taulukosta 5 voi havaita.

Saatujen tuloksien vaihtelua voidaan selittää sillä, että jäteveden koostumus ei ole koskaan täysin samanlainen. Jäteveden laatu ja koostumus muuttuvat muun

muassa sään ja vuodenajan mukaan. Kokeista nähdään, miten paljon ylimääräistä kiintoainesta joudutaan kuljettamaan kaatopaikalle, jos hiekkapesurit eivät toimi kunnolla. Liitteessä 2 on kuvattu laitokselta pois kuljetettavan hiekan määrää viimeisen kolmen vuoden ajalta. Taulukosta nähdään, että hiekan määrä on jatkuvassa nousussa ja erityisesti vuonna 2013 hiekkamäärät ovat olleet todella korkeita. Tarkkaa syytä on vaikea arvioida. Hiekkasuodattimien pesuvesien mukana tuleva antrasiitti ei selitä kasvanutta kiintoainemäärää.

Alla olevissa taulukoissa on esitetty saatuja tuloksia. Taulukossa 5 on esitetty punnitustulokset kokeiden eri vaiheilta. Taulukossa 6 on laskettu veden ja orgaanisen aineen osuuksia kerätyistä näytteistä.

Taulukko 5. Hiekkalavan näytteen punnitut tulokset

Pvm (2013)	Alkuperäinen näyte (g)	Kuivattunäyte (g)	Hehkutukseen (g)	Hehkutusjäännös (g)
21.5	341	91	-	-
22.5	336	92	30	
27.5	403	169	40	23
29.5	350	132	30	15
30.5	390	150	30	18
3.6	400	205	40	28
4.6	400	131	20	9
20.8	300	94	20	3

Taulukko 6. Veden ja orgaanisen aineen massa ja prosenttiosuudet näytteestä

Pvm (2013)	Veden osuus (g)	Veden osuus (%)	Orgaaninen aines (g)	Orgaaninen aines (%)
21.5	250	73,3	-	-
22.5	244	72,6	-	-
27.5	234	58,1	17	42,5
29.5	218	62,3	15	50
30.5	240	61,5	12	40
3.6	195	48,8	12	30
4.6	269	67,3	11	55
20.8	206	68,7	17	85
		ka: 64,1		ka: 50,4

5.2 Laitosvierailut

Jokainen laitos, jossa vierailtiin, on yksilöllinen puhdistusprosessin alkupään osalta. Jyväskylän Nenäinniemen jätevedenpuhdistamo oli prosessin osalta samassa järjestyksessä kuin Kakolanmäen jätevedenpuhdistamo. Siellä karkeavälpät olivat suuremmalla sälevälillä (25mm) kuin Kakolassa, mutta hiekanerotusaltan rakenne oli erilainen siten, että altaan päätyä ei ole padotettu ja vesi virtasi luonnollisella ylivuodolla eteenpäin. Huomattavaa oli myös se, että virtausnopeus oli visuaalisesti selvästi suurempi kuin Turussa. Jyväskylässä hiekanerotus ja pesuprosessit toimivat todella hyvin ja tuloksen näki myös puhdistetusta hiekasta. Hiekassa ei ollut orgaanista ainesta ja hiekka oli hajutonta. Jyväskylän pesurit ovat eri valmistajan tuotteita kuin Turussa. Helsingissä vesi kulkeutuu ensiksi 10 mm väljän läpi hiekanerotusaltaisiin, jotka ovat pituudeltaan lyhemmät kuin Turussa. Kuten Jyväskylässä, hiekka oli kuivaa ja hajutonta eikä orgaanista ainesta ollut juurikaan hiekan joukossa. Klaukkalassa ei ole karkeavälppäystä ollenkaan vaan vesi virtaa ensimmäiseksi hienovälppien (3 mm säleväli) läpi ja siitä hiekanerotukseen. Laitoksella ei ole ollut ongelmia hiekkapesurin tukkeutumisen

kanssa, vaikka siellä on käytössä samanlainen hiekkapesuri kuin Turussa. Espoossa on ensin karkeavälvät, joissa on 15 mm säleväli, sen jälkeen ruuvipumput, joilla vesi ohjataan hiekanerotukseen. Hiekkapesuri on samanlainen kuin Turussa. Se tarvitsee toimiakseen välillä hiekoitushiekkaa, joka auttaa rikkomaan pesurin sisälle kertyvää välpettä.

6 KEHITYSEHDOTUKSET

Jätevedenpuhdistus on prosessina kokonaisuus ja jokainen vaihe vaikuttaa seuraavaan, kun prosessissa kuljetaan eteenpäin. Kun prosessin yhtä vaihetta aloitetaan kehittämään, tässä tapauksessa hiekanerotusta, on tärkeää edetä vaihe kerrallaan. Jos tehdään monta muutosta prosessiin yhtä aikaa, on vaikea päätellä mikä muutoksista tuotti saadun tuloksen vai tapahtuiko saatu kehitys molempien muutosten yhteisvaikutuksesta. Eri toimenpiteiden tuomien muutoksien seuraaminen on suhteellisen vaikeaa ennen kuin pesurit saadaan toimintakuntoon. Jos pesurit eivät toimi, ainoa keino selvittää, tuleeko orgaanista ainesta pesureille vähemmän, on suorittaa hehkutuskokeet. Kehitysideoilla on tarkoitus esittää ratkaisuja, joilla voidaan vähentää hiekkapesureille kulkeutuvan välkkeen määrää. Seuraavat kehitysideat eivät ole paremmuusjärjestyksessä.

6.1 Esi-ilmastus

Yksi esi-ilmastuksen monista tehtävistä hiekanerotusaltaassa on avustaa orgaanisen kiintoaineen ja ei-orgaanisen kiintoaineen erotuksessa. Mikäli kiintoaine on harmaata, haisee ja on rasvaista, se johtuu siitä, että orgaanista ainesta laskeutuu hiekan mukana altaan pohjalle. Ratkaisu tähän ongelmaan on se, että lisätään syötettävän ilman määrää. Liian pienillä ilmamäärillä orgaaninen kiintoaine pääsee laskeutumaan hiekan mukana, kun taas liian suurella ilman syötöllä alkaa kiintoainesta karata prosessissa eteenpäin. Tästä syystä sopivan ilmamäärän syöttö on tärkeää. Oikean ilmamäärän etsimisessä voi käyttää hyödyksi taulukon 3 teoreettisia ohjearvoja. (EPA, 1995)

Ilmamäärän lisäksi itse ilmastinputkien tilanne voidaan tarkastaa. Hiekanerotusaltaan läpi kulkeva välpe voi kietoutua ilmastinputkien ympärille ja tukkia ilman-tulon. Tällöin altaassa ei ole tasaista flotaatiota vaan muodostuu kohtia, joissa ilmaa ei virtaa lainkaan. Näistä ilmastamattomista väleistä voi päästä välpettä ja

muuta kevyempää kiintoainetta laskeutumaan altaan pohjalle. Tilannetta voi arvioida tarkastelemalla veden pintaa, josta huomaa jos ilmaa ei tule jostain ilmastimesta. (EPA, 1995)

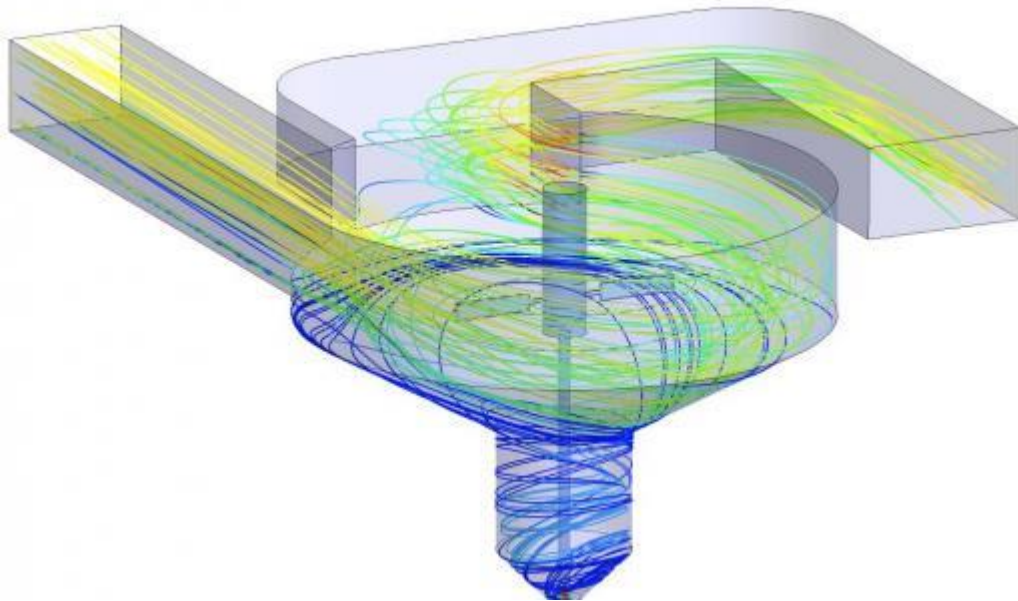
6.2 Virtausnopeus

Hiekanerotusprosessi perustuu virtausnopeuden säätelyyn. Oikealla virtausnopeudella saadaan halutun kokoiset partikkelit laskeutettua altaan pohjalle ja erotettua prosessista kun kevyemmät partikkelit jatkavat matkaa prosessissa eteenpäin. Virtausnopeuden ollessa liian hidas, on mahdollista, että osa veden mukana kulkeutuvasta välpeestä pääsee laskeutumaan muun raskaamman kiintoaineen mukana altaan pohjalle, minkä kautta se päätyy hiekkapesureille. Virtausnopeuden säätö on tehtävä laitoskohtaisesti.

Itse altaan fyysisiä ominaisuuksia on vaikea muuttaa, mutta altaassa tapahtuvaa virtausta voidaan selvittää virtausmittauksella. Virtausnopeutta voidaan mitata virtausmittareilla tai niin sanotulla laimennusmenetelmällä. Laimennusmenetelmässä jätevedeen lisätään haluttuun kohtaan prosessia, tässä tapauksessa hiekan erotuksen alkupäähän, tietty määrä tunnettua merkkiainetta. Altaan poistopäässä on mittauspiste, jossa otetaan jatkuva näyte, josta saadaan merkkiainepitoisuus. Virtauksen referenssiarvo on merkkiaineen syöttönopeuden ja laimennussuhteen osamäärä. (Kuoppamäki, 2003)

Virtausnopeuden mittauksen lisäksi voidaan selvittää virtausmallinnuksen avulla, miten jätevesi käyttäytyy hiekanerotusaltaassa. Tällöin saadaan selville, tapahtuuko altaassa jotain, minkä takia välpeettä pääsee laskeutumaan altaan pohjalle. Laskennallinen virtausdynamiikka CFD (computational fluid dynamics) on menetelmä, jossa tietokoneella luodaan laskennallisesti kolmiulotteinen malli, miten neste tai kaasu virtaa tutkittavassa kohteessa. Laskennallinen virtausdynamiikka perustuu virtaavien aineiden massan, liikemäärän ja energian taseyhtälöiden numeeriseen ratkaisuun. CFD:n avulla saadaan selville, syntyykö altaassa esimer-

kiksi pyörteitä, jotka sekoittavat vettä ja häiritsevät altaan normaalia virtausta.(Pöyry.2011),(Elomatic.2013)



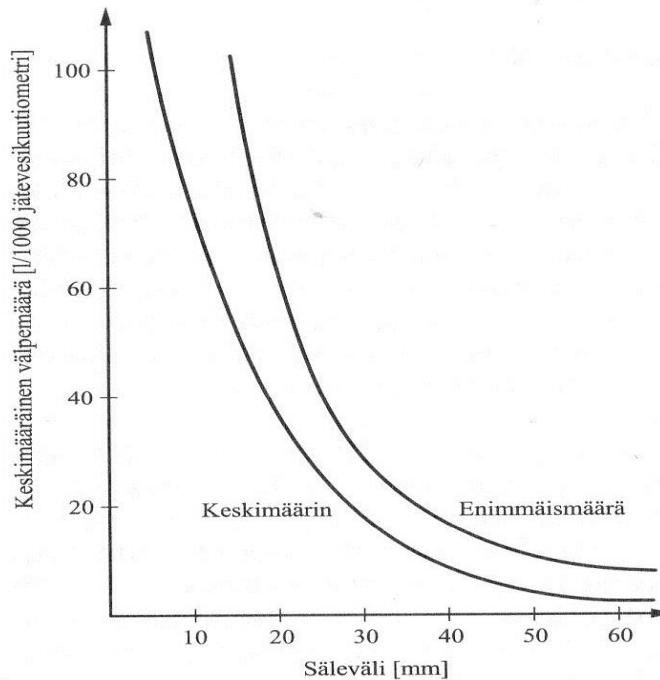
Kuva 5. CFD menetelmällä tehty selvitys vorteksi hiekanerotusaltaan virtauskäyttäytymisestä (Hatch Mott MacDonald).

6.3 Karkeavälvät

Karkeavälvät ovat ensimmäinen vaihe jäteveden puhdistuksessa Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolla ja ainoa mekaaninen vaihe ennen hiekanerotusaltaita. Opinnäytetyön suorittamisen aikana Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolla on neljä välppää, joista kahta käytetään normaalivirtaamilla ja toinen pari toimii tarvittaessa tulva- ja poikkeustilanteiden aikana. Kahden aktiivisesti käytettävän väljän sälevälit ovat 15 mm. Ne edustavat keskikokoa, kun sälevälejä verrataan vastaaviin laitoksissa, joissa opinnäytetyön aikana vierailtiin. Eri laitoksia on saatu toimimaan eri sälevälin omaavilla välpillä, mutta jokainen laitos, jopa yksittäinen linja, on yksilöllinen.

Yksi ratkaisu välpeen vähentämiseen prosessista on tihentää nykyisiä karkeavälppiä. Tiheämmät välvät erottavat jätevedestä enemmän kiintoainetta ja estävät sen pääsyn hiekkapesureille. Väljän tihentäminen ei aiheuta ongelmaa läpi-

virtaukseen. Nykyiset välpät ovat muodoltaan normaalit tankovälpät, mutta käytämällä venytetyn pisaran muotoisia välppiä, välpän muotokerroin on pienempi ja saadaan pienemmälläkin sälevälillä suurempia vesimääriä läpi. Kuvasta 6 nähdään kerättävän välpeen riippuvuus sälevälistä.



Kuva 6. Välpemäärän riippuvuus välpän sälevälistä (Karttunen, 2004.)

Opinnäytetyötä varten tehtiin tarjouspyyntö uusia karkeavälppiä varten ja vastaukseksi saatiin ehdotus karkeavälpistä, joiden säleväli on 10 mm ja tankojen muoto on venytetty pisara. Välppä pystyy käsittelemään $6480 \text{ m}^3/\text{h}$ ja tämä riittää helposti käsittelemään tulevan vesimäärän ilman että syntyy patoumia. Liitteestä 3 voi nähdä, että yksi välppä pystyisi käsittelemään käytännössä kaiken tulevan jäteveden kaikkina paitsi tulvakuukausina. Kaksi tämän kaltaista välppää takaa varmasti, että laitos pystyy tulevaisuudessakin, vaikka toimintaa laajennettaisiin ja osakaskunnat kasvaisivat, toimimaan tehokkaasti. Neljää välppää on turha muuttaa tiheämpään muotoon, sillä suurimman osan ajasta laitosta ajetaan vain kahdella välpällä. Kaksi harvempaa välppää, joiden sälevälit ovat 25 mm, muutettaisiin tiheämmiksi 10 mm välpiksi ja 15 mm välpät jätettäisiin varalle tulva- ja poikkeustilanteita varten.

Kokonaan uusien välppien hankinta on kallista. Itse välppien lisäksi vanhojen laitteiden purkaminen, poistaminen ja uusien välppien asennustyöt ovat suuri urakka. Kustannuksia mielessä pitäen toinen vaihtoehto kokonaan uusien välppien hankinnalle on tehdä muutostyö nykyisiin välppiin. Laitoksen nykyisille 15 mm välpille on tehty aikaisemminkin vastaava muutostyö, jossa säleväliä on pienennetty, joten tämän tyyppisen muutoksen toteuttaminen pitäisi olla mahdollista. Pientämällä säleväliä ja hankkimalla tangot venytetyn pisaran muotoisella profiililla pitäisi antaa saman tuloksen kuin vaihtamalla koko laitteisto. Tankojen lisäksi laitteistosta tarvitsee vain vaihtaa kaavintaharava, sillä vanha kaavin ei mahtuisi uusien tankojen väliin.

Tiheämmät karkeavälvät tarkoittaisivat sitä, että suurempi määrä kiintoainetta päätyisi jo karkeavälppäysvaiheessa välpelavalle. Tällöin todennäköisesti välpelavaa joudutaan tyhjentämään useammin, mikä nostaa kustannuksia. Tässä on kuitenkin otettava huomioon, että vaikka välpettä kulkeutuukin enemmän välpelavalle, näin kävisi normaalisti myös tilanteessa, jossa hiekanerotus toimisi siten, että välpe siirtyisi prosessissa eteenpäin eikä laskeutuisi hiekanerotusaltaan pohjalle. Tällöin välpe kulkeutuisi tiheämmille hienovälpille, josta se kuljetetaan lopulta välpelavalle. Välpeen orgaaninen materiaali aiheuttaa ongelman tulevaisuudessa uuden kaatopaikka-asetuksen takia, joka koskee jätevedenpuhdistuksessa juuri esimerkiksi välpettä ja puhdistamolietettä. (Vesilaitosyhdistys, 2013)

6.4 Hiekkapesurit

Paras ratkaisu tilanteeseen, jossa välpe sotkee hiekkapesurin toimintaa, olisi estää välpeen pääsy pesurille asti. Syy ongelma voi kuitenkin olla myös itse hiekkapesurissa. Pesurien koko käyttöhistorian ajan ne ovat olleet alttiita välpeen aiheuttamalle tukkeutumiselle ja ovat tarvinneet paljon huoltoa ja puhdistusta, jotta ne olisivat toimineet kunnolla. Erilaisia muutostöitä on yritetty tehdä, kuitenkin pysyvää ratkaisua ei ole saatu. Tästä johtuen hiekkapesureista purettiin ajan myötä pesutoiminto kokonaan pois.

Laitosvierailun kohteena olleista puhdistamoista kahdella on samat pesurit kuin Kakolanmäen puhdistamolla ja kahdella eri valmistajan pesurit Kahdessa laitoksessa, joissa on eri valmistajan pesurit, on pestyn hiekan laatu ainakin visuaalisen tarkastelun perusteella selvästi parempi kuin Kakolanmäen puhdistamolla. On kuitenkin otettava huomioon, että jokainen laitos on yksilöllinen ja vierailtujen laitoksien pestystä hiekasta ei tehty minkäänlaisia käytännönkokeita, ainoastaan visuaaliset ja hajuhavainnot. Näiden perusteella Helsingin ja Jyväskylän jätevedenpuhdistamojen pesty hiekka oli kuivempaa ja niissä ei ollut samoja määriä orgaanista ainesta. Näissä laitoksissa ei haastattelujen perusteella ole ollut ongelmia pesurien yleisen toiminnan kanssa.

Vaikka hiekkapesureille päätyvän välppeen määrää saataisiin vähennettyä, on todennäköistä, että tämä vain hidastaa tukkeutumista ja lopulta välpettä pääsee taas kerääntymään pesureihin haitallisia määriä. Tästä syystä uusien pesurien hankinta on perusteltua. Hiekkapesuprosessia voidaan kehittää vielä eteenpäin uusien pesurien lisäksi rejektivesi välpillä. Pesuvedet tulevat sisältämään välpettä ja orgaanista ainesta. Jos rejektivesi välpätään, estetään tällöin orgaanisen aineen siirtyminen takaisin prosessiin jossa se voi esimerkiksi tukkia putkistoja.

Mikään ei takaa sitä, etteivätkö uudetkin pesurit tukkeutuisi. Tästä syystä hankintaa suunniteltaessa on tärkeää kysyä referenssejä valmistajalta. Tällöin saadaan selville, miten kyseinen laite on toiminut muissa kohteissa. Tämän tyylistä tutkimusta olivat tämän opinnäytetyön puitteissa tehdyt laitosvierailut.

6.5 Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolla tehtävät esikäsittelyn parannukset

Tämän opinnäytetyön ollessa kirjoitusvaiheessa Turun seudun puhdistamo Oy teki päätöksen, jonka mukaan Kakolanmäen puhdistamolla tullaan loppuvuoden 2013 aikana ja vuoden 2014 aikana parantamaan sekä karkeavälppäystä, että hiekkapesureiden toimintaa. Karkeavälpät joiden säleväli on 25 mm, muutetaan 10 mm pisaran muotoisiksi välpiksi. Välpistä muutetaan tangot, kaavin ja kaavinmoottori. Tällöin suurin osa olemassa olevista komponenteista pysyy muuttumat-

tomina. Muutostyöt aloitettiin 28.11.2013 ja ne ovat toiminta kunnossa 2013 joulukuussa. Uudet tiheämmät välpät tulevat keräämään suuremman määrän välpettä, kuitenkin haittaamatta veden virtausnopeutta. Tiheämmät välpät ottavat kuormaa pois hiekanerotuksesta ja hiekanpesusta. Erityisesti hiekkapesurit tulevat hyötymään tästä, sillä niiden tukkeutumisriski pienenee.

Välppien lisäksi hiekkapesurit uusitaan kokonaan. Uusien hiekkapesureiden luvataan poistavan 95 % pesurille tulevasta orgaanisesta ainesta, jolloin hiekkalavalle päätyvän kiintoaineen määrä tulee vähenemään huomattavasti. Tämän lisäksi pesurien yhteyteen hankitaan rejektivesivälppä. Välppän tarkoituksena on kerätä pesussa erotettu välpe. Ilman välppää välpe kulkeutuisi rejektikaivoon. Rejektivesivälppä vähentää rejektikaivolle tulevaa kuormaa huomattavasti. Nykytilanteessa rejektikaivo ja siellä olevat pumput tukkeutuvat useampaan otteeseen vuodessa sinne kertyvän kiintoaineen määrästä. Uudella välpällä tullaan vähentämään huoltokuluja ja tarvetta imuautolle. Rejektivesivälppä tulee vähentämään rejektikaivon kuormaa, mutta se lisää välpelavalle päätyvän välppeen määrää. Rejektivesivälppä tuottaa paino/tilavuus suhteessa 30 % lisää välpettä nykyiseen välpe määrään nähden. Rejektivesivälppä on malliltaan rumpuvälppä. Siinä vesi virtaa pieneen altaaseen jossa välppä sijaitsee. Vesi virtaa rummun läpi ja rumpu kerää vedessä olevan välppeen ja siirtää sen ruuvikuljettimella välpelavalle.

Kakolanmäen puhdistamon esikäsittelyyn tehtävät parannukset tulevat kehittämään esikäsittelyn toimintaa tehokkaampaan ja toimintavarmempaan suuntaan. Uudet välpät vähentävät hiekan käsittelyn kuormaa ja takaavat, että myös tulevaisuudessa kasvavat vesimäärät pystytään käsittelemään. Uusien pesurien avulla laitokselle tuleva hiekka saadaan pestyä tehokkaasti ja tulevaisuuden ympäristömääräykset tullaan täyttämään. Näiden lisäksi rejektivesivälppä vähentää rejektikaivon tukkeutumisriskiä ja pesuvesien kiintoaine saadaan välittömästi pois kierrosta ilman, että sitä tarvitsisi pumpata hienovälpille ja sitä kautta takaisin välpelavalle.

7 PÄÄTELMÄT

Hiekanerotus on tärkeä osa jätevedenpuhdistusta. Hiekan poistamisella suojataan prosessin muita vaiheita ja ennaltaehkäistään mahdollisia laitevaurioita. Erotuksen on kuitenkin toimittava oikein, ettei erotetun kiintoaineen joukkoon pääse liikaa orgaanista ainetta.

Hiekkapesureille kulkeutuu vaihtelevalla koostumuksella oleva sekoitus epäorgaanista- ja orgaanista ainetta sekä vettä. Se, millaista kiintoainesta hiekanerotuksesta kulkeutuu pesureille, riippuu monesta tekijästä. On tärkeää, että itse hiekanerotusallas toimii odotetulla tavalla. Tämä tarkoittaa, että virtausnopeus on sopiva, jolloin erotettavalle kiintoaineelle saadaan riittävä laskutusaika ja loput altaaseen tulevasta kiintoaineesta saadaan kulkeutumaan prosessissa eteenpäin. Esi-ilmastuksen on toimittava optimaalisesti. Ilmamäärä tulee olla säädetty siten, että ilma jakautuu tasaisesti ja sitä puhalletaan altaaseen sopiva määrä. Altaan muodon lisäksi nämä vaikuttavat eniten hiekanerotusaltaan toimintaan.

Hiekanerotusprosessiin vaikuttavat altaan toiminnan lisäksi sitä edeltävät prosessit. Kakolanmäen puhdistamossa, kuten monessa muussakin puhdistamossa, tämä tarkoittaa välppäystä. Välppäyksellä voidaan säädellä, minkä kokoista kiintoainetta prosessiin päästetään valitsemalla halutun kokoisen sälevälin välppään. Välppä onkin tärkeässä asemassa, kun mietitään ratkaisuja, joilla rajoitetaan prosessiin pääsevän kiintoaineen määrää. Pienentämällä välppän säleväliä saadaan varmasti vähennettyä hiekkapesureille kulkeutuvan välpeen määrää. Kyseinen välpe kulkeutuu hiekkalavan sijasta välpelavalle, jonne se kuuluukin.

Toimivalla hiekkapesurilla on tärkeä rooli, sillä sen avulla hiekka saadaan puhdistettua siihen kuntoon, että se voidaan tulevaisuudessakin kuljettaa kaatopaikalle sellaisenaan. Puhdistettu hiekka voidaan käyttää teoriassa uudelleen esimerkiksi ympäristörakentamisessa. (Ekokem, 2013) Opinnäytetyön pohjalta voidaan todeta, että uudentyyppisen pesurin hankinta olisi perusteltua. Uuden pesurin tulisi sietää suurempia välpemääriä ja saavuttaa toivottu puhdistustulos.

Ideaali tilanne olisi, että pesurille tuleva välpemäärä saataisiin vähenemään jolloin uusi pesuri pystyisi toimimaan pienemmällä tukkeutumisen riskillä.

Kakolanmäen puhdistamon tekemät muutostyöt karkeavälppiin ja uudet hiekkapesurit sekä niiden yhteydessä oleva rejektivesivälppä tulevat varmasti parantamaan tilannetta hiekanerotusaltailla ja hiekkapesureilla. Tulossa olevien ympäristölakien vaatimukset tulevat myös täyttymään, kun hiekkapesurit toimivat optimaalisesti. Samalla puhdistamon käyttökulut pienenevät, kun rejektivesikaivon tukkeutuminen vähenee ja kaatopaikalle ei tarvitse kuljettaa suuria määriä pesemätöntä hiekkaa. Näiden toimenpiteiden lisäksi voisi harkita hiekanerotusaltaiden ilmastimien tilanneselvitystä. Tällöin saataisiin varma tieto siitä, että myös hiekanerotusaltaan ilmastaminen toimii toivotulla tavalla.

8 KIITOKSET

Turun seudun puhdistamo Oy mahdollisti tämän opinnäytetyön tekemisen; lämpimät kiitokset koko henkilökunnalle avusta ja opinnäytetyöni ohjauksesta. Suuri kiitos toimitusjohtaja Mirva Levomäelle työn tarkastamisesta ja asiantuntevista neuvoista sekä prosessivastaava Juha Nurmelle työni ohjauksesta. Kiitos opettaja Kai Rosenbergille ohjauksesta, ja erityinen kiitos kuuluu myös opiskelutoverilleni Jouko Tuomelle avusta opinnäytetyössäni ja ohjauksesta työparina.

Tahtoisin kiittää myös Helsingin Viikinmäen, Espoon Suomenojan, Nurmijärven Klaukkalan ja Jyväskylän Nenäinniemen jätevedenpuhdistamoja mahdollisuudesta vierailla ja tutustua heidän puhdistamoihin.

LÄHTEET

Carlsson, B. 1998, An introduction to sedimentation theory in wastewater treatment. Viitattu 20.9.2013 <http://www.it.uu.se/edu/course/homepage/h2orentek/WWT98/sett98.pdf> .

Ekokem, 2013, Ekokem kierrättää hiekkaa Espoon Juvanmalmilla, Viitattu 21.10.2013 <http://www.ekokem.fi/fi/media/tiedotteet/ekokem-kierrattaa-hiekkaa-espoo-juvanmalmilla> .

Elomatic. 2013, Laskennallinen virtausdynamikka, Viitattu 18.10.2013 http://www.elomatic.com/fin/services/rd/cfd_analysis.php .

EPA. 1995, Wastewater Treatment Manuals Preliminary Treatment, Viitattu 10.10.2013 http://www.epa.ie/pubs/advice/water/wastewater/epa_water_treatment_manual_preliminary.pdf .

EPA. 2003, Wastewater Technology Fact Sheet Screening and Grit Removal, Viitattu 12.9.2013 http://water.epa.gov/aboutow/owm/upload/2004_07_07_septics_final_sgrit_removal.pdf .

Hatch Mott MacDonald. CFD Modeling of Vortex Grit Chambers, Viitattu 18.10.2013 <http://www.hatchmott.com/projects/cfd-modeling-vortex-grit-chambers> .

Hydropress Huber AB, 2011, COANDA Hiekkapesuri RoSF 4, Viitattu 22.9.2013 <http://www.huber.fi/res/Pdf/RoSF4-Fi-2011.pdf> .

Karttunen, E. 2003, RIL 124-1 Vesihuolto I, E. 2. painos 2009, Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, ss. 261-262.

Karttunen, E. 2004, RIL 124-2 Vesihuolto II, Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, ss. 17-19, 53-55, 77-79, 82, 86-88, 97-100, 493-496, 499-506.

Kujala-Räty, K. 2005, Haja-Asutuksen Jätevedenpuhdistuksen Peruskäsitteitä, Suomen ympäristökeskus AO/VES, Viitattu 1.11.2013 www.rakentaja.fi/pdf/hajahanke/oppikirja-katinjutut2005.doc .

Kuoppamäki, R. 2003, Teollisuuden jätevesimittaukset ja niiden laadussa pito, IndMeas, Viitattu 18.10.2013 www.indmeas.com/sendfile?fid=86 .

Leino, N. 2013, Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon tarkkailututkimus, vuosiraportti 2012, Lou-nais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy.

Metcalf & Eddy, inc, 1991, Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse, Third edition, New York, McGraw-Hill, Inc, ss. 108-111, 193-195, 301-302, 377-378, 456-467.

Nichols, G. 2009, Sedimentology and Stratigraphy, Second Edition, Oxford, Wiley-Blackwell, ss. 44-47.

Pöyry. 2011, Lahti Aqua Oy Ilmastusaltaan CFD-mallinnus, Viitattu 18.10.2013 http://www.vvy.fi/files/1631/16WWE0240_CFD-laskentaraportti_final_RA.pdf .

Salmi, V.; Mäkelä, A.; Kalvas, A.; Tolvanen, T. 1988, Vesikirja, 5. painos, Helsinki, Amer-yhtymä Oy Weilin+Göös, ss. 306-307.

Selley, R.C. 1992, Applied sedimentology, second edition, San Diego, Academic press limited, ss. 79-83.

SNF FLOERGER, 2013, Flocculants, Viitattu 24.11.2013 <http://www.snf-group.com/flocculants> .

Spellman, F.R. 2010, The Science of Environmental Pollution, Second Edition, Boca Raton, Taylor & Francis Group, ss. 235.

Swedish Collage Of Engineering& Technology, Wah Cantt. Grit Chamber, Viitattu 18.9.2013 http://scetcivil.weebly.com/uploads/5/3/9/5/5395830/m13_l17-grit_chamber.pdf .

Turun seudun puhdistamo Oy, 2013, Kakolanmäen Jätevedenpuhdistamo-käyttö, Viitattu 6.9.2013 <http://www.turunseudunpuhdistamo.fi/kaytto.html> .

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 2.5.2013/331/2013.

Weir power & industrial 2011, Hydrogritter De-Gritting Machines, Viitattu 19.11. 2013 <http://www.weirpowerindustrial.com/pdf/p11-b7-1.pdf> .

Vesilaitosyhdistys, 2013, Orgaanisen jätteen sijoittaminen kaatopaikalle rajoitetaan, Viitattu 22.10.2013 http://www.vvy.fi/?29_m=2905&s=20 .

Vesilind, P.A.; Morgan, S.M.; Heine L.G. 2010, Introduction to Environmental Engineering, Third Edition, Stamford, Cengage Learning, ss. 350-351.

Vesilind, PA. 2003, Waste Water Treatment Plant Design, IWA Publishing, Viitattu 20.9.2013 <http://books.google.fi/books?id=li9das-n4cUC&pg=SA4-PA17&lpg=SA4-PA17&dq=grit+chamber+design&source=bl&ots=7Qd-XBbqPa&sig=SEG9zvrJupZz-Vwap6zwM10xROXo&hl=en&sa=X&ei=DNM6UpemJ0mw0QWH1oF4&ved=0CCoQ6AE-wADgK#v=onepage&q&f=false> .

Ympäristöministeriö, 2013, Valtioneuvoston asetus rajoittaa orgaanisen jätteen sijoittamista kaatopaikalle, Viitattu 17.9.2013 [http://www.ymparisto.fi/FI/Ymparisto/Jatteet/Valtioneuvoston_asetus_rajoittaa_organia\(9922\)](http://www.ymparisto.fi/FI/Ymparisto/Jatteet/Valtioneuvoston_asetus_rajoittaa_organia(9922)) .

Jäteveden tyypillinen koostumus

TABLE 3-16
Typical composition of untreated domestic wastewater

Contaminants	Unit	Concentration		
		Weak	Medium	Strong
Solids, total (TS)	mg/L	350	720	1200
Dissolved, total (TDS)	mg/L	250	500	850
Fixed	mg/L	145	300	525
Volatile	mg/L	105	200	325
Suspended solids (SS)	mg/L	100	220	350
Fixed	mg/L	20	55	75
Volatile	mg/L	80	165	275
Settleable solids	mL/L	5	10	20
Biochemical oxygen demand, mg/L:				
5-day, 20°C (BOD ₅ , 20°C)	mg/L	110	220	400
Total organic carbon (TOC)	mg/L	80	160	290
Chemical oxygen demand (COD)	mg/L	250	500	1000
Nitrogen (total as N)	mg/L	20	40	85
Organic	mg/L	8	15	35
Free ammonia	mg/L	12	25	50
Nitrites	mg/L	0	0	0
Nitrates	mg/L	0	0	0
Phosphorus (total as P)	mg/L	4	8	15
Organic	mg/L	1	3	5
Inorganic	mg/L	3	5	10
Chlorides ^a	mg/L	30	50	100
Sulfate ^a	mg/L	20	30	50
Alkalinity (as CaCO ₃)	mg/L	50	100	200
Grease	mg/L	50	100	150
Total coliform ^b	no/100 mL	10 ⁶ –10 ⁷	10 ⁷ –10 ⁸	10 ⁷ –10 ⁹
Volatile organic compounds (VOCs)	μg/L	<100	100–400	>400

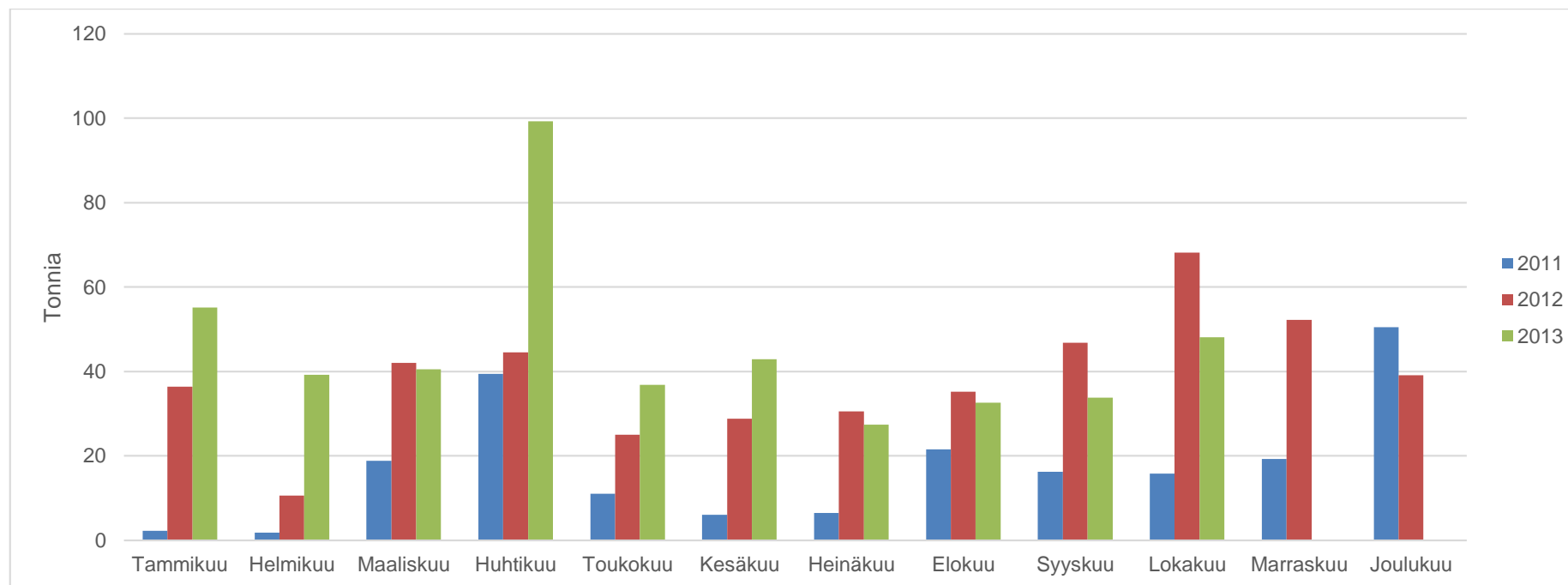
^a Values should be increased by amount present in domestic water supply.

^b See Table 3-18 for typical values for other microorganisms.

Note: 1.8(°C) + 32 = °F.

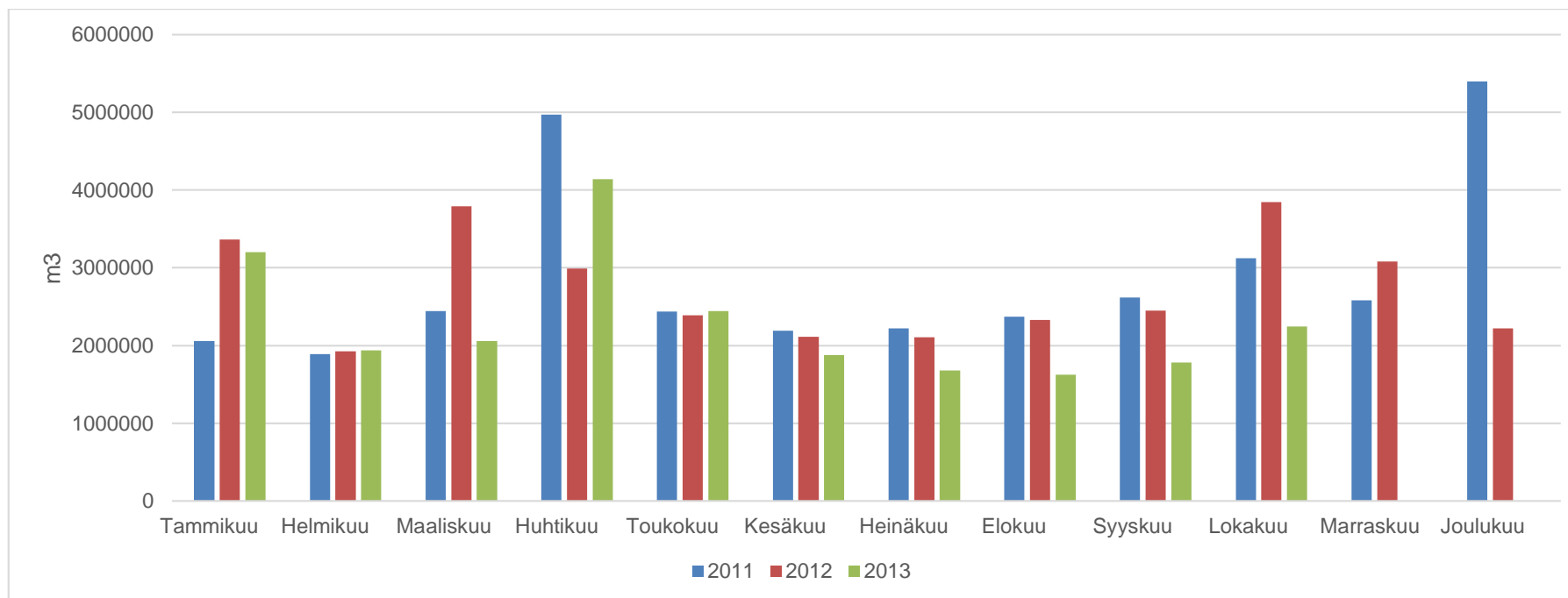
Riippuen osatekijöiden konsentraatiosta jätevesi voidaan jaotella joko heikoksi, keskivahvaksi tai vahvaksi. (Metcalf & Eddy, inc, 1991)

Kaatopaikalle kuljetettavan hiekan määrä TSP:ssa



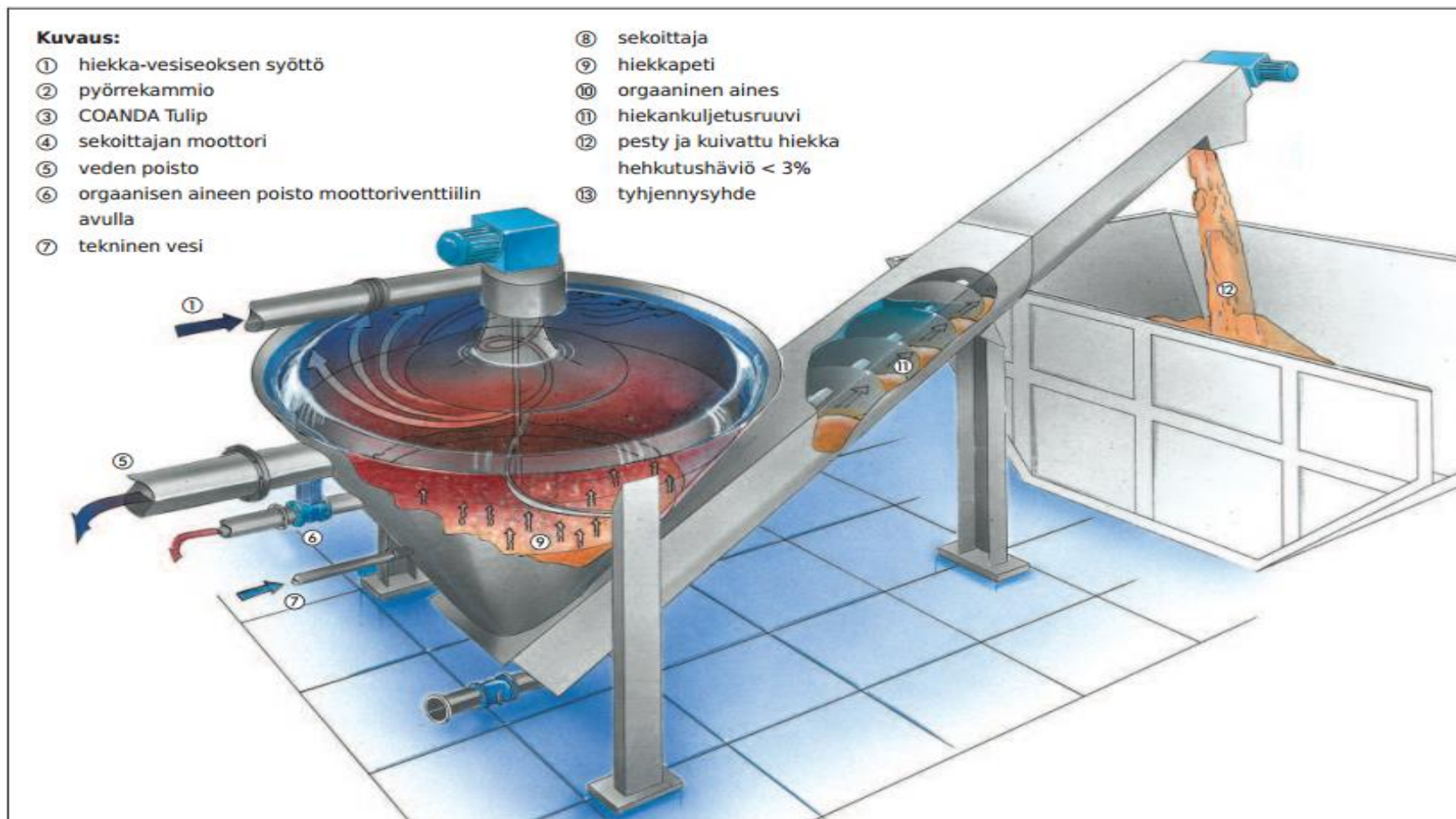
	Tammi- kuu	Helmi- kuu	Maalis- kuu	Huhti- kuu	Touko- kuu	Kesä- kuu	Heinä- kuu	Elokuu	Syys- kuu	Loka- kuu	Marras- kuu	Joulu- kuu	Yht.	
2011	2,18	1,78	18,8	39,48	11,06	6,04	6,48	21,54	16,18	15,76	19,22	50,5	209,02	tonnia
2012	36,38	10,54	42,02	44,48	24,98	28,82	30,52	35,2	46,76	68,14	52,18	39,06	459,08	tonnia
2013	55,1	39,22	40,46	99,32	36,78	42,88	27,36	32,58	33,82	48,14	-	-	455,66	tonnia

Tulevan jäteveden määrä kuukaudessa TSP:ssa



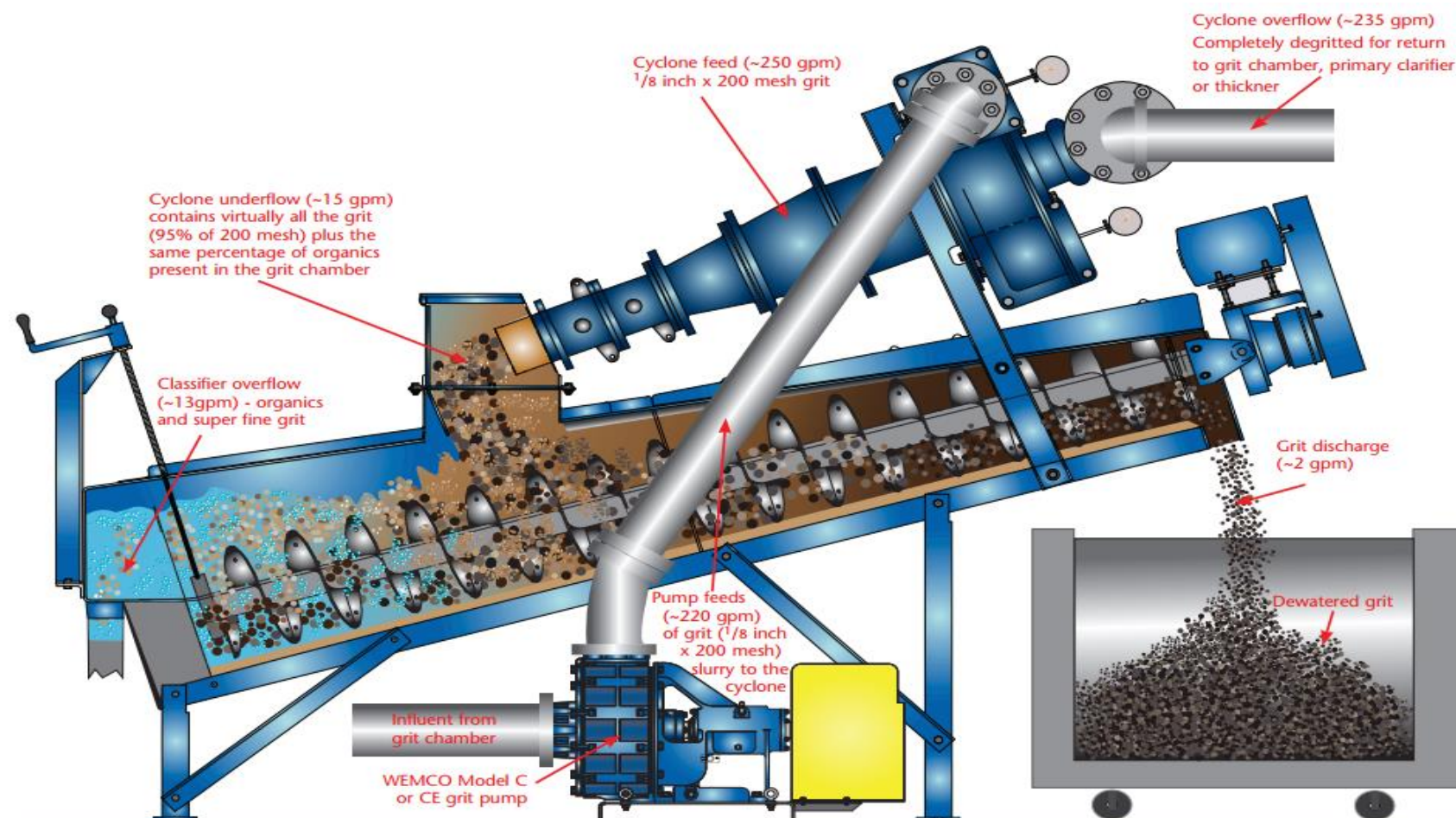
	Tammi- kuu	Helmi- kuu	Maalis- kuu	Huhti- kuu	Touko- kuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Marras- kuu	Joulu- kuu	Yhteensä m3
2011	2058302	1888898	2442867	4972166	2438941	2190207	2222164	2369220	2618294	3124626	2582484	5400216	34308380
2012	3361263	1924295	3792630	2993145	2386667	2112196	2105850	2330124	2447812	3844129	3078430	2220651	32597190
2013	3201644	1939247	2058791	4138711	2440404	1876579	1677012	1623165	1779379	2241755	-	-	22976687

Conada hiekkapesuri



Huber Hydropress Huber AB, 2011

Sykloni hiekkapesuri



Weir power & industrial 2011

Käytännön kokeiden tuloksia 1



Näyte hiekkalavalta 20.8.2013

Käytännön kokeiden tuloksia 2



Kuivattu näyte 21.8.2013
TURUN AMK:N OPINNÄYTETYÖ | Timo Yli-Kyyny

Käytännön kokeiden tuloksia 3



Hehkutettu näyte 21.8.2013

TURUN AMK:N OPINNÄYTETYÖ | Timo Yli-Kyyny

Pesty hiekka Kakolanmäen jätevedenpuhdistamo



Pesty hiekka Jyväskylän Nenäinniemen jätevedenpuhdistamo

