



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

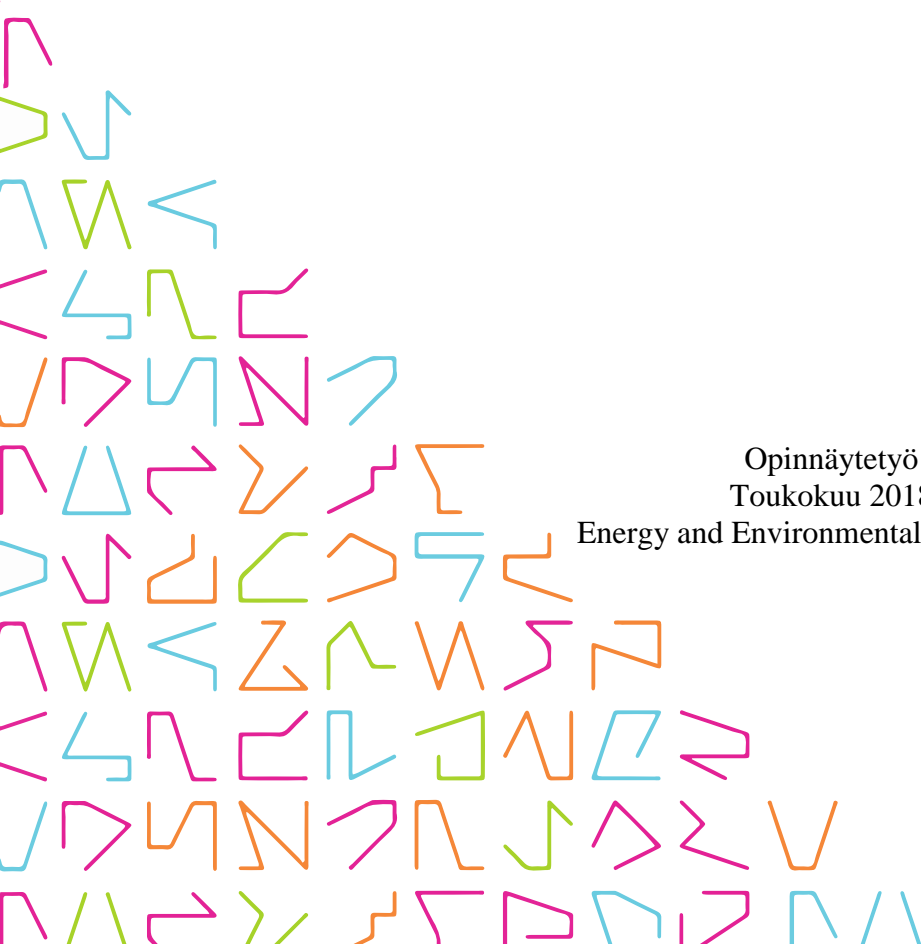
NESTEMÄISTEN JÄTTEIDEN VASTAANOTTO JA KÄSITTELY TARASTENJÄRVEN JÄTE- KESKUKSESSA

Selvitys vaihtoehtoisista menetelmistä

Ira Leiviskä

Opinnäytetyö
Toukokuu 2018

Energy and Environmental Engineering



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Energy and Environmental Engineering

LEIVISKÄ IRA:

Nestemäisten jätteiden vastaanotto ja käsittely Tarastenjärven jätekeskuksessa
Selvitys vaihtoehtoisista menetelmistä

Opinnäytetyö 37 sivua, joista liitteitä 1 sivua
Toukokuu 2018

Nestemäiset jätteet ovat erilaisia loka-autoilla kuljetettavia jätteitä, jotka koostuvat nesteestä ja kiintoaineksesta. Tällaisia jätteitä ovat esimerkiksi hiekan- ja rasvanerotuskaivoista imetyt nesteet sekä teollisuudessa syntyvät jätevesilietteet. Nestemäisiä jätteitä ei ole Valtioneuvoston päätöksestä enää vuoden 2002 jälkeen saanut sijoittaa sellaisenaan kaatopaikkapenkkaan, vaan ne on tullut esikäsitellä nesteen poistamiseksi. Tähän asti nestemäiset jätteet on käsitelty Tarastenjärven jätekeskuksessa painovoimaisesti erottelemalla. Menetelmä on ollut toimiva, mutta on päivityksen tarpeessa. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena olikin tutkia erilaisia vaihtoehtoja nestemäisten jätteiden vastaanotolle sekä käsittelylle Tarastenjärven jätekeskuksessa, sekä arvioida eri vaihtoehtojen kustannuksia mikäli mahdollista. Myös tarvetta haitta-aineiden, kuten metallien ja öljyjen poistamiselle tutkittiin. Työn laatimisessa hyödynnettiin olemassa olevaa tieteellistä kirjallisuutta sekä asiantuntijahaastatteluja. Työn tilaajana toimi Pirkanmaan Jätehuolto Oy.

Selvitystyön tuloksena kävi ilmi, että yleisimmät menetelmät nesteiden ja kiinteiden aineiden erottamiseen ovat painovoimainen erottelu ja suodatus. Painovoimaiset erottelijat ovat useimmiten kiinteäseinäisiä altaita, joissa kiintoainekas laskeutuu painovoimaisesti altaan pohjalle ja pinnalle jäänyt kirkastunut neste ohjataan ylivuotona jatkokäsittelyyn. Kiintoaineksen ollessa kevyempää kuin vesi, se erottuu nesteen pinnalle. Suodattimien toiminta taas perustuu puoliläpäisevään suodatusmediaan, joka päästää nesteen läpi, mutta jättää kiintoaineksen suodattimeen. Suodattimet voivat olla esimerkiksi paineistettuja tai painovoimalla toimivia. Geotubit ovat eräänlaisia paineistettuja säkkisuodattimia, joita on käytössä myös jätekeskuksissa. Useissa käsittelymenetelmissä käytetään apuna myös saostuskemikaaleja, jotka edistävät kiintoaineksen erottumista nesteestä. Haitta-aineiden osalta helpoin ratkaisu on poistaa ne kiintoaineksen mukana ja käsitellä ne pilaantuneiden maiden kanssa jätekeskuksessa. Mikäli haitta-aineet ovat nesteessä liukoissa muodossa, voidaan apuna käyttää saostuskemikaaleja, kuten alumiini- tai rautasuoloja. Öljyjen erottamisessa olisi mahdollista hyödyntää öljynerotuskaivoa.

Kirjallisuuden sekä haastattelujen perusteella päivitetty versio painovoimaisesta erottelujärjestelmästä sekä geotubimenetelmä vaikuttavat parhailta käytettävissä olevilta ratkaisuilta. Suurin haaste jätekeskuksen nestemäisten jätteiden käsittelyssä on kuitenkin se, että nesteiden ominaisuudet eroavat kuormittain hyvin paljon toisistaan. Tähän voitaisiin vaikuttaa jätteiden tarkemmalla lajittelulla vastaanottovaiheessa. Käsittelymenetelmää valittaessa tulee kuitenkin pohtia järjestelmän kuluja sekä hyötyjä pitkällä aikavälillä niin, että päästään parhaaseen mahdolliseen puhdistuslopputulokseen.

Asiasanat: nestemäinen jäte, jätteenkäsittely, painovoimainen erottelu, suodatus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Energy and Environmental Engineering

LEIVISKÄ IRA:

Liquid waste handling in Tarastenjärvi waste management centre
A study of alternative methods

Bachelor's thesis 37 pages, appendices 1 pages
May 2018

Liquid wastes are solid-liquid mixtures such as wastes from sand and grease separation wells and industrial wastewaters. Since 2002 liquid wastes have no longer been allowed to be placed at a waste disposal site according to the decree 1049/1999 of the Finnish Council of State. Therefore liquid wastes have to be dewatered before final disposal. At the moment liquid wastes are treated at the Tarastenjärvi waste management centre with gravitational separation but the system needs updating.

The aim of this study was to provide Pirkanmaan Jätehuolto Oy with different methods of liquid waste handling as well as evaluate the costs of a new system if possible. Also the need for contaminant removal was taken into consideration. The study was carried out by literature reviews and interviewing professionals of the industry.

The results showed that the most common methods of solid-liquid separation are gravitational separation and filtration. Gravitational separators are usually containers in which the solid matter is allowed to separate either by sedimentation or flotation. Filters have a semi-permeable filter media which traps the solid matter but allows the liquid to flow through. Geotubes are an example of filters that are currently being used in several waste management centres. Many separation methods also require the use of polymers or flocculants to operate effectively. When contaminants are in a settleable form they are rather easy to be removed and treated with the solid matter. If the contaminants are dissolved in the liquid it might be possible to make them settle by adding aluminium or iron sulphate. Also an oil separation well could be used to separate oils from the liquid phase.

Based on the literature reviews and interviews an upgraded gravitational system or the geotube method seem to be the best options. However, more tests should be conducted to see if these methods would work in practice. The biggest challenge is that the incoming liquid waste loads at Tarastenjärvi are not homogenous which makes it difficult to choose a solution that works well for all of them. The situation could be improved with more precise classification of the waste loads and handling them separately according to their characteristics. The most important aspect is to find a long-term cost-effective solution that can provide sufficient handling of the liquid wastes.

Key words: liquid waste, waste management, gravitational separation, filtration

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TYÖN TAVOITE.....	12
3	METODIT	13
4	KÄSITTELYMENETELMÄT	15
4.1	Painovoimainen erottelu	16
4.2	Suodatus.....	18
4.2.1	Paineistetut suodattimet	19
4.2.2	Geotuubi.....	20
4.2.3	Syväsuodatus.....	23
4.3	Rasvanerotuskaivojätteen mädätys biokaasulaitoksessa	25
4.4	Haitta-aineiden poisto	26
5	HAASTATTELUJEN TULOKSET.....	27
6	POHDINTA.....	30
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	34
	LÄHTEET	35
	LIITTEET	37
	Liite 1. Haastattelulomake.....	37

1 JOHDANTO

Tarastenjärven jätekeskuksessa vastaanotettavat nestemäiset jätteet ovat erilaisia loka-autoilla kuljetettavia jätteitä, jotka koostuvat nesteestä ja kiintoaineksesta. Tällaisia jätteitä ovat esimerkiksi hiekan- ja rasvanerotuskaivoista imetyt nesteet sekä teollisuudessa syntyvät jätevesilietteet. Nestemäisiä jätteitä muodostuu esimerkiksi huoltoasemilla, ravintoloissa ja paperiteollisuudessa. Kiintoaineksen lisäksi nestemäiset jätteet voivat sisältää myös haitta-aineita, kuten metalleja ja öljyjä. Tarastenjärven jätekeskuksessa on erillinen vastaanottoasema myös öljyisille vesille, mutta tässä työssä keskitytään niihin nestemäisiin jätteisiin, jotka vaativat kiintoaineksen erottamista nesteestä.

Nestemäisten jätteiden kaatopaikalle sijoittamisen kieltävä valtioneuvoston päätös (1049/1999) tuli voimaan 1.1.2002, minkä jälkeen nestemäisiä jätteitä ei ole enää saanut sijoittaa kaatopaikkapenkkaan. Nestemäisiä jätteitä saa edelleen vastaanottaa jätteenkäsittelykeskuksissa, mutta ne täytyy sijoittaa selkeästi loppusijoitusalueesta erillään olevaan paikkaan, jossa jäte esikäsitellään ennen lopullista sijoittamista. Valtioneuvoston päätöksen mukaan nestemäisillä jätteillä tarkoitetaan jätevesiä sekä muita nestemäisessä muodossa olevia jätteitä, jotka eivät kuitenkaan ole mekaanisesti kuivattuja lietteitä. Nestemäinen jäte on tarkemmin määritelty Ympäristöministeriön tilaamassa Ympäristöopas 100 –selvitystyössä, jonka mukaan nestemäiseksi jätteeksi luokitellaan jätteet, jotka sisältävät yli 200 litraa niin kutsuttua irtovettä, eli vettä tai koostumukseltaan vastaavaa nestemäistä seosta, joka kuorman purkamisen yhteydessä virtaa heti pois sille tarkoitulta paikalta. (Salonen & Salminen, 2003)

Tällä hetkellä Tarastenjärven jätekeskuksessa vastaanotetaan nestemäisiä jätteitä kahteen kolmiosaiseen altaaseen, joissa nesteessä oleva kiintoaineseos poistetaan painovoimaisella erottelulla. Prosessi on jatkuva ja ympärivuotinen. Altaat sijaitsevat ulkona ja loka-autot tyhjentävät kuormansa altaisiin avaamalla säiliönsä luukun, josta nestemäinen jäte valuu suoraan altaaseen. Altailla on myös autojen pesupaikka. Aluetta ei ole katettu tai lämmitetty, joten talvisin altaat sekä pesupaikalle jäänyt kiintoaineseos saattavat jäätyä. Kuvassa 1 loka-auto on purkamassa kuormansa altaan sivulta, etualalla näkyy pesupaikan ritilän päälle jäänyttä kiintoainesta.



KUVA 1. Loka-auto purkamassa kuormaansa vastaanottoaltaaseen

Toisessa altaassa rasvanerotuskaivojätteistä erottuva rasva ja öljy nousevat altaan pintaan ja kirkastunut vesi jää altaan pohjalle, mistä se ohjataan seuraavaan altaaseen ja prosessi toistetaan kahteen kertaan (kuva 2). Pinnalle kerääntynyt kiintoaines kaavitaan aika-ajoin pois ja kompostoidaan jätekeskuksen alueella sijaitsevassa biojätteen kompostointilaitoksessa. Toiseen altaaseen vastaanotetaan muut nestemäiset jätteet (kuva 3), joissa kiintoaines on raskaampaa kuin vesi ja laskeutuu täten altaan pohjalle. Tällaisia jätteitä ovat esimerkiksi hiekanerotuskaivojätteet sekä useat teollisuuden prosesseissa syntyvät jätevedet. Altaan pinnalle jäänyt puhdistunut vesi pääsee valumaan seuraavaan altaaseen, jossa prosessi jälleen toistuu. Kiintoaines kaavitaan altaan pohjalta ja kompostoidaan öljyisten maiden kanssa jätekeskuksen alueella, minkä jälkeen massaa voidaan hyödyntää kaatopaikkapenkan peittomateriaalina. Kirkastuneet vedet ohjataan molemmista altaista suurempiin saostusaltaisiin, joihin lasketaan myös jätekeskuksen muut suotovedet. Näistä altaista vesi pumpataan edelleen jätevedenpuhdistamolle.



KUVA 2. Rasvanerotuskaivojätteiden käsittelyaltaat etualalla, muiden nestemäisten jätteiden altaat taaempänä

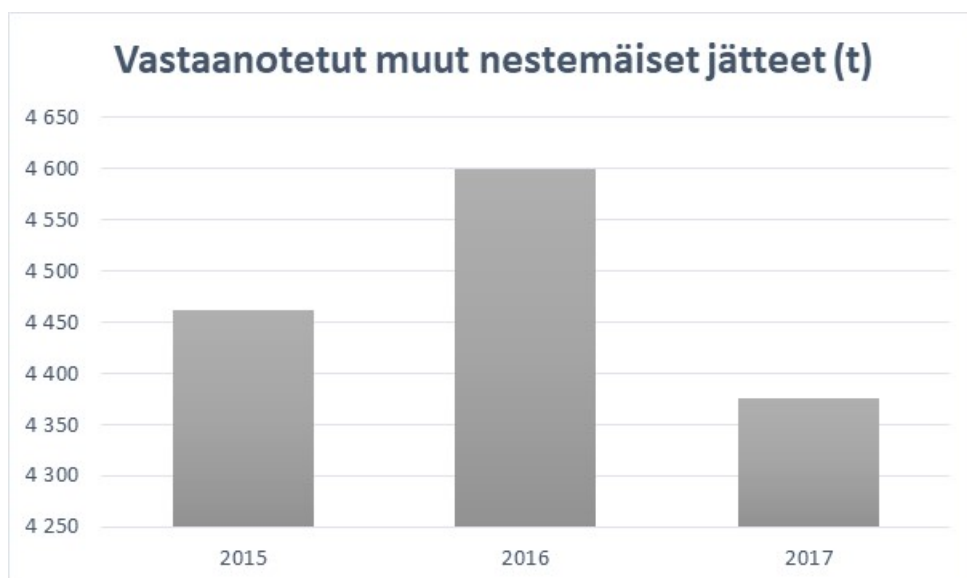


KUVA 3. Muiden nestemäisten jätteiden vastaanottoallas, ns. hiekkakaivoallas

Tarastenjärven jätekeskuksessa vastaanotettiin vuonna 2017 yhteensä noin 6 000 tonnia nestemäisiä jätteitä, joista noin 1 700 tonnia oli rasvanerotuskaivojätteitä ja noin 4 400 tonnia muita nestemäisiä jätteitä. Muihin nestemäisiin jätteisiin luetaan hiekanerotuskaivojätteet, erilaiset teollisuuslietteet, jätevedenpuhdistamoiden pintalietteet sekä öljynerotuskaivojen pohjasakat, jotka vastaanotetaan niin kutsuttuun hiekkakaivoaltaaseen. Vuosittaiset nestemäisten jätteiden vastaanottomäärät välillä 2015-2017 on esitetty kuvioissa 1 ja 2. Kuten kaaviosta näkee, määrät ovat laskeneet hieman edellisistä vuosista.



KUVIO 1. Vastaanotettujen rasvanerotuskaivojätteiden määrät vuosina 2015–2017



KUVIO 2. Vastaanotettujen muiden nestemäisten jätteiden määrät vuosina 2015–2017

Vuonna 2017 vastaanotetuista muista nestemäisistä jätteistä suurin osa (58 %) oli hiekanerotuskaivojätettä. Jätevedenpuhdistamoilta tulevia pintalietteitä oli myös huomattava määrä (26 %), ja kolmanneksi yleisin nestemäinen jäte olivat erilaiset teollisuuslietteet. Yhteensä vain noin 5 % hiekkakaivoaltaaseen vastaanotetuista nestemäisistä jätteistä oli veden kanssa imettyjä öljynerotuskaivojen pohjia ja tärkkelysliimasakkajätteitä. Osuudet on esitetty kuviossa 3. Myös vuosien 2015 ja 2016 jakaumat olivat hyvin samankaltaiset.



KUVIO 3. Hiekkakaivoaltaaseen vastaanotettujen nestemäisten jätteiden osuudet vuonna 2017

Tarastenjärven jätekeskukseen tuoduista nestemäisten jätteiden kuormista otettiin näytteitä helmi-maaliskuun 2018 aikana, yhteensä 21 kappaletta. Näytteiden analysointi tilattiin Kokemäenjoen Vesistön Vesiensuojeluyhdistys (KVYY) ry:ltä. Näytteet kerättiin laboratoriolta saatuihin muovisiin näytteenottoastioihin kuorman purun yhteydessä. Näyte pyrittiin ottamaan kuorman keskivaiheilta, jotta neste olisi ehtinyt sekoittua edustavan näytteen takaamiseksi. Näytteistä analysoitiin niiden öljyhiilivety- sekä metallipitoisuudet. Tarkoituksena oli analysoida nesteeseen liuenneiden haitta-aineiden pitoisuudet, mutta osa näytteistä oli suurimmaksi osaksi kiintoainesta (kiintoainepitoisuus ka 70 %), mikä on luultavasti syynä siihen, että osa analyyseistä tehtiin pelkästään kiintoainekselle. Vuosittaisista määristä laskettuna kiintoaineksen osuus vastaanotetuissa nestemäisissä jätteissä on keskiarvolta noin 30 %. Ero näytteiden ja vuotuisen keskiarvon välillä voi liittyä epäonnistuneeseen näytteenottoon sekä näytteiden pieneen otantaan.

Taulukossa 1 on esitetty keskiarvot näytteiden pitoisuuksista. Analyysien tulokset on esitetty muodoissa mg/l (neste) ja mg/kg (kiintoaines). Nämä keskiarvot ovat vain suuntaa-antavia, mutta niiden perusteella öljyhiilivetyjen sekä metallien pitoisuudet ovat huomattavasti suurempia kiintoaineksessa kuin nesteessä. Pääsääntöisesti öljyhiilivetyjen pitoisuuden olivat kuitenkin useimmissa kuormissa suurempia nesteessä kuin kiintoaineksessa, mutta muutamat öljynerotuskaivojen pohjasakkanäytteiden lukemat nostivat kiintoaineksen keskiarvoa huomattavasti. Analyysit eivät kuitenkaan ole suoraan verrannollisia, sillä tulokset ovat eri yksiköissä.

TAULUKKO 1. Nestemäisten ja kiinteiden näytteiden keskiarvoiset öljyhiilivety- sekä metallipitoisuudet

Öljyhiilivedyt	mg/l	mg/kg
Öljyn hiilivetyindeksi	1993	4557
C10-C21	1021	480
C21-C40	970	4007
Metallit	mg/l	mg/kg
Arseni, As	1,4	8,7
Antimoni, Sb	0,15	0,49
Elohopea, Hg	0,0088	0,12
Kadmium, Cd	0,06	0,21
Koboltti, Co	2,2	8,0
Kromi, Cr	5,6	31
Kupari, Cu	12	110
Lyijy, Pb	5,1	24
Nikkeli, Ni	2,2	17
Sinkki, Zn	44	240
Vanadiini, V	4,5	35

Nesteestä saaduissa tuloksissa öljyn hiilivetyindeksi (kokonaishiilivety) ylittää Tampereen Veden vastaanottamien jätevesien raja-arvon (taulukko 2) huomattavasti. Myös suurin osa metallien pitoisuuksista ylittää niille asetetun raja-arvon. Täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että kyseessä on keskiarvo pienestä otannasta, jolloin yhden kuorman pitoisuuksien vaikutus on suuri, varsinkin kun pitoisuudet voivat vaihdella huomattavasti kuormittain. Lisäksi nestemäisten jätteiden altaasta vesilaitokselle johdettava neste sekoittuu muuhun jätekeskuksen alueelta kerättävään veteen, jolloin viemäriin johdettavan veden pitoisuudet eivät ylitä asetettuja raja-arvoja. Näiden tulosten perusteella voitaisiin kuitenkin pohtia vastaanotettavien nestemäisten jätteiden käsittelyä myös liuenneiden haitta-aineiden osalta.

TAULUKKO 2. Tampereen Veden vastaanottaman jäteveden raja-arvot (Tampereen Vesi Liikelaitos 2016)

Haitta-aine	mg/l
Kokonaishiilivedyt (C10 - C40)	100
Arseeni, As	0,1
Elohopea, Hg	0,01
Hopea, Ag	0,2
Kadmium, Cd	0,01
Kromi, kokonais Cr	1
Kupari, Cu	2
Lyijy, Pb	0,5
Nikkeli, Ni	0,5
Sinkki, Zn	3
Tina, Sn	2

Vaikka kiinteiden näytteiden tuloksista ei selviä nesteessä mahdollisesti olevien haitta-aineiden pitoisuuksia, on syytä olettaa, että samoja haitta-aineita, joita löytyi kiintoaineksesta, on jossain määrin liuenneena myös nesteeseen. Kiintoaineksen pitoisuuksia voidaan sen sijaan verrata pilaantuneiden maiden raja-arvoihin, sillä niistä saadaan suuntaa-antavaa tietoa jätekeskuksen käsiteltäväksi jäävästä kiintoaineesta ja sen haitta-ainepitoisuuksista.

2 TYÖN TAVOITE

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia erilaisia vaihtoehtoja nestemäisten jätteiden vastaanotolle sekä käsittelylle Tarastenjärven jätekeskuksessa, sekä arvioida eri vaihtoehtojen kustannuksia mikäli mahdollista. Työn tilaajana toimi Pirkanmaan Jätehuolto Oy, jonka toimipiste Tarastenjärven jätekeskus on.

Tällä hetkellä nestemäisiä jätteitä vastaanotetaan Tarastenjärven jätekeskuksessa kahteen betonialtaaseen, joissa kiintoaines erotellaan vedestä painovoiman avulla. Menetelmä on toiminut melko hyvin ja on kustannustehokas, mutta altaita on jouduttu vuosien varrella kunnostamaan ja päivitys on tullut jälleen ajankohtaiseksi. Lisäksi altaiden kapasiteetti käy kiireisimpinä aikoina liian pieneksi, jolloin kiintoaineksella on vähemmän aikaa erottua nesteestä ja puhdistustulos heikkenee. Altaiden ylitäyttö sekä jäätyminen talvella tuottavat ongelmia myös loka-autojen kuljettajille kuormanpurkuvaiheessa.

Nestemäisten jätteiden kuormista otetaan tietyin väliajoin näytteitä, joista tutkitaan niiden metalli- sekä öljypitoisuudet. Nestemäisiä jätteitä ei kuitenkaan tällä hetkellä erikseen käsitellä jätekeskuksessa näiden haitta-aineiden osalta. Arvioinnissa on otettu huomioon nestemäisten jätekuormien koostumusten sekä haitta-ainepitoisuuksien suuri vaihtelu, joka tasoittuu yhteisessä laskeutusaltaassa jätekeskuksen muiden suotovesien kanssa. Tässä selvityksessä tutkitaan kuitenkin myös mahdollisuuksia haitta-aineiden poistoon nestemäisistä jätteistä.

3 METODIT

Tämän selvitystyön tekemiseen käytetyt metodit koostuivat erilaisista tutkimuksista, kuten kirjallisuusreferaateista ja haastatteluista. Tutkimus oli pääasiassa kvalitatiivista, sillä tutkimusaiheesta ei ollut saatavilla valtavasti ajankohtaista tieteellistä kirjallista aineistoa.

Tässä opinnäytetyössä tiedonlähteinä käytettiin Tampereen ammattikorkeakoulun sähköistä sekä fyysistä tietokantaa, josta suurin osa teorian tiedosta on kerätty ja referoitu. Kirjallisuustutkimus kohdistui tieteellisiin julkaisuihin, jotka liittyivät lähtökohtaisesti jäteveden käsittelyyn, kiintoaineen ja nesteen erottelumenetelmiin, sekä haitta-aineiden poistoon nesteestä. Kyseisistä aineistoista saatiin kerättyä teorian tietoa erilaisista olemassa olevista jätevesien käsittelymenetelmistä, sekä niiden käyttökohteista. Useimmat näistä lähteistä olivat tieteellisiä teoksia tai kokoelmia.

Myös muista lähteistä saatuja tietoja hyödynnettiin tässä tutkimuksessa. Tutkimuksen aihe vaati tutustumista nestemäisiä jätteitä koskevaan lainsäädäntöön ja siihen liittyviin dokumentteihin. Lisäksi perehdyttiin yhteen ympäristövaikutusten arviointiselostukseen. Informaatiota kerättiin myös alan yritysten omilta verkkosivustoilta, mutta saatuja tuloksia käsiteltiin hieman kriittisemmin. Tällaisia toimijoita olivat esimerkiksi erilaisia jätevedenkäsittelyratkaisuja tarjoavat yritykset sekä yksi kunnallinen jätehuolto-yhtiö.

Tätä opinnäytetyötä varten myös haastateltiin muutamia kunnallisen jätehuollon toimijoita eri puolilta Suomea kokemusten ja vastaanottojärjestelmien vertailemiseksi. Yhteyttä pyrittiin ottamaan sellaisiin jätehuolto-yhtiöihin, jotka saatavilla olevan tiedon mukaan vastaanottavat sekä käsittelevät nestemäisiä jätteitä. Haastateltaviin oltiin ensin yhteydessä puhelimitse, minkä jälkeen heille lähetettiin haastattelukysymykset sähköpostin välityksellä. Haastattelulomake on esitetty liitteestä 1. Haastattelun tarkoituksena oli kartoittaa muissa jätekeskuksissa käytössä olevia käsittelymenetelmiä ja saada lisää tietoa niistä. Haastateltavilta tiedusteltiin muun muassa heidän vastaanottamiensa nestemäisten jätteiden koostumusta ja määrää, sekä käytössä olevan käsittelymenetelmän kustannuksia ja toimivuutta. Kuudesta onnistuneesta yhteydenotosta huolimatta kysymyksiin saatiin vastaukset vain kolmelta toimijalta. Vastaukset koottiin taulukoihin.

Haastattelujen lisäksi oltiin yhteydessä sähköpostin välityksellä myös erästä käsittelymenetelmää tarjoavaan yritykseen. Tällä tavalla saatiin paljon käytännön tietoa järjestelmästä ja sen käyttöönotosta. Aiheesta oli saatavilla melko vähän kirjallista tieteellistä aineistoa, joten alan ammattilaisiin yhteydessä oleminen osoittautui hyväksi menetelmäksi.

4 KÄSITTELYMENETELMÄT

Tässä opinnäytetyössä käsitellyllä erotteluprosessilla tarkoitetaan prosessia, jossa vähintään kahdesta eri aineesta muodostuneesta liuoksesta erotellaan kaksi tai useampi ominaisuuksiltaan erilaista lopputuotetta. Lopputulos riippuu erottelun tarkoituksesta; halutaanko erottaa jokin yksi tietty aine seoksesta vai halutaanko erotella seoksen kaikki osat alkuperäisiin olomuotoihinsa. Erottelu tehdään hyödyntämällä komponenttien kemiallisten sekä fyysisten ominaisuuksien eroja. Prosessiin tarvitaan myös ulkopuolinen tekijä, joka on erottelun aiheuttava aine tai energia. Erotteluprosesseja käytetään yleensä kolmeen päätarkoitukseen: puhdistukseen, rikastukseen tai erotteluun. Yleisimmät kiinteän ja nestemäisen aineksen erottelutekniikat ovat suodattaminen ja painovoimainen laskeuttaminen tai kelluttaminen. Erottelutekniikan valintaan vaikuttavat käsiteltävän seoksen luonne, erityisesti kiintoaineksen määrä, hiukkasten koko ja laskeutumisnopeus, sekä seoksen syöttötapa. (Noble 2005.)

Nesteiden ja kiinteiden aineiden erottamiseen on kehitetty runsaasti erilaisia tapoja sekä välineitä. Muiden muassa Tarleton ja Wakeman (2007) ovat koonneet *Solid/Liquid Separation - Equipment Selection and Process Design* –kirjaansa yleisiä erottelutapoja ja opastavat lukijaa heidän tarkoituksperiinsä sopivimman käytännön löytämisessä. Näitä tekniikoita hyödyntävät niin jätevedenpuhdistamot kuin teollisuuden toimijat, jotka tuottavat nesteiden ja kiintoainesten seoksia. Myös teoksessa *About water treatment* (Gillberg, Hansen, Karlsson, et al, 2003) käydään läpi erilaisten teollisuuden jätevesien käsittelymenetelmiä. Teknisiä julkaisuja suoraan jätekeskusten tarpeisiin suunnitelluista nestemäisten jätteiden käsittelyratkaisuista ei tämän selvitystyön tuloksena löytynyt, mutta haastattelujen perusteella saatiin kuitenkin esimerkkejä muissa jätekeskuksissa käytössä olevista käsittelymenetelmistä.

Useimmat jätekeskuksissa käytössä olevat ratkaisut onkin sovellettu muussa teollisuudessa käytettävistä jätevedenpuhdistustavoista. Nestemäisten jätteiden käsittelyn pääpaino on yleensä nesteen ja kiintoaineen erottamisessa toisistaan, sillä silloin neste voidaan pumpata jatkokäsittelyyn jätevedenpuhdistamolle ja kiintoainekset pystytään useimmiten käsittelemään jätekeskuksen alueella. Nesteen ja kiintoaineen erottelu helpottaa jatkokäsittelyä huomattavasti ja myös laskee käsittelyn kustannuksia, sillä jäljelle jäävän käsittelyä vaativan jätteen tilavuus pienenee nesteen poiston jälkeen.

4.1 Painovoimainen erottelu

Painovoimaisen erottelun tarkoituksena on poistaa nesteestä suspensiossa olevat partikkelit. Kun partikkelit ovat painavampia kuin vesi, ne erottuvat nesteestä painovoiman ansiosta sedimentoitumalla. Painovoimaista erottumista on monenlaista ja siihen voidaan vaikuttaa ulkoisilla tekijöillä. Suuremmat sora- ja hiekkapartikkelit laskeutuvat melko itsenäisesti eivätkä juurikaan reagoi keskenään, kun taas pienemmät ja kevyemmät suspendoituneet partikkelit muodostavat helpommin flokkeja eli kasaantumia törmätessään toisiinsa, ja massan kasvaessa laskeutuvat nopeammin. Flokkien muodostumista voidaan edistää lisäämällä nesteeseen esimerkiksi hiekkaa sekä polymeeriä, jotka edesauttavat pienempien partikkeleiden kasaantumista luomalla lisää tarttumapintaa. (Metcalf & Eddy, Inc. 2003.)

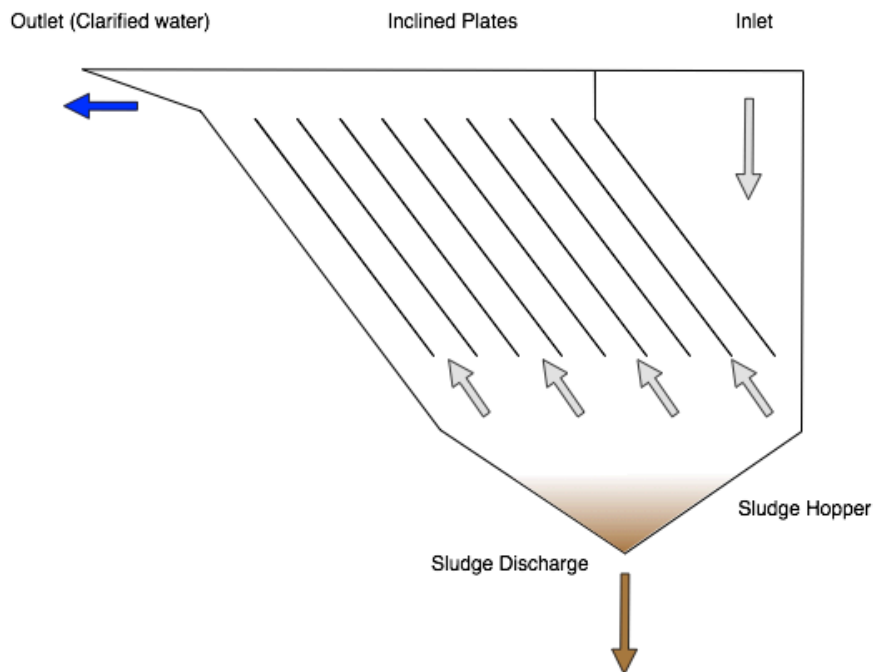
Kelluttamista hyödynnetään kun kiintoainetta on kevyempää kuin vesi, kuten esimerkiksi rasvanerotuskaivojätteissä, tai muuten vaikeasti laskeutettavaa. Kelluttaminen tapahtuu joko painovoimaisesti tai syöttämällä nesteeseen kaasua, mikä saa suspendoituneet partikkelit nousemaan nesteen pinnalle. Kasaantunut kiintoainetta pystytään kaapimaan pois nesteen pinnalta melko helposti. (Metcalf & Eddy, Inc. 2003.)

Painovoimaiset erottelijat ovat käytännössä useimmiten kiinteäseinäisiä altaita, joissa kiintoainetta laskeutetaan altaan pohjalle painovoiman avulla ja pinnalle jäävä kirkastunut neste ohjataan ylivuotona jatkokäsittelyyn. Tiivistyvä sakka johdetaan yleensä altaan pohjalla olevaan kaivon. Tätä voidaan auttaa altaan pohjaa mekaanisesti kaapivilla levyillä, jotka ohjaavat sakkaa kaivon suuntaan. Partikkeleiden sakkaantumisen nopeus tulisi olla mahdollisimman nopea, jotta altaan pinta-ala voidaan pitää pienenä. Seoksen läpimenoprosessi on tällöin mahdollisimman tehokas. Kiintoainetta laskeuttamista voidaan edistää saostuskemikaaleilla, jotka auttavat partikkeleiden kiinnittymistä toisiinsa. Kaupalliset painovoimaiset erottelijat suunnitellaan yleensä jatkuvaa syöttöä varten, mutta niitä voidaan käyttää myös erissä tuleviin kuormiin. (Tarleton & Wakeman 2007.)

Painovoimaisia erottelijoita on erilaisia käyttötavoista ja käsiteltävän nesteen luonteesta riippuen. Pinta-alaltaan suuria mutta matalia ympyrän muotoisia saostusaltaita käytetään useimmiten jätevedenpuhdistamoilla, sillä jätevedet sisältävät hienoa kiintoainetta, jonka laskeutuminen vie enemmän aikaa. Järjestelmän haittapuolena on suuri pinta-alan tarve. Jyrkkäseinäisempiä altaita käytetään kun tilaa on rajallisesti ja nesteitä halutaan käsitellä

nopeammin. Kiintoaines ei tällöin voi olla liian hienoa ja nesteeseen lisätään siitä huolimatta saostuskemikaalia, joka entisestään nopeuttaa erottumisprosessia. Haittapuolena on juurikin kemikaalien suuri kulutus, joka nostaa kuluja ja vaikuttaa jäljelle jäävän kiintoaineen laatuun. (Tarleton & Wakeman 2007.)

Lamella-erottelijat ovat nelikulmaisia altaita jotka sisältävät tiheään sijoitettuja levyjä 50° kulmassa (kuva 4). Levyt lisäävät altaan pinta-alaa ja näin ollen osuessaan levyn pintaan kiintoaines valuu altaan pohjalle ja kirkastunut vesi jää altaan pinnalle. Lamella-erottelija vie vähemmän tilaa kuin tavanomainen erottelija, mutta ongelmana saattaa olla mahdolliset tukokset. (Tarleton & Wakeman 2007.)



KUVA 4. Lamella-erottelijan toimintaperiaate (Lähde: CEICSep, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lamella_Clarifier_Schematic.png)

Suomessa Lamella-erottelijoita myy esimerkiksi HYO Oy. Saatavilla on yksittäisiä sekä pakettimalleja, jotka voidaan räätälöidä asiakkaan tarpeisiin sopiviksi. Lamella-paketit voidaan asettaa jo olemassa olevaan altaaseen, mikä voi helpottaa käyttöönottoa. Lisäksi yksikköön voidaan yhdistää sekoitussäiliö ja kaavin (kuva 5), jotka edistävät kiintoaineen sedimentoitumista ja poistoa. Lamella-erottelijoita käytetään kunnallisissa jätevedenpuhdistamoissa sekä teollisuuden jätevesien käsittelyssä muun muassa kiintoaineen erotte- luun. (HYO Oy n.d. b)



KUVA 5. Lamella-erottelija sekoitussäiliöllä ja pohjakaapimella (HYXO Oy:n materiaali, ystävällisesti heidän luvallaan)

Erilaisia suljettuja hiekan-, rasvan-, sekä öljynerottimia valmistaa ja myy Suomessa muun muassa Wavin Labko Oy. Perinteisesti hiekan- ja öljynerottimia käytetään pysäköintialueilla sekä korjaamoilla, mutta tarvittaessa ne soveltuvat myös suurempien teollisuuskohdeiden vesien käsittelyyn. Wavin Labkon erottimet valmistetaan Suomessa PE-muovista, ja niitä on saatavilla useassa eri koossa. Kyseiset erottimet on tarkoitettu käytettäväksi sisätiloissa. Kaupallisten erottimien hinnat liikkuvat muutamissa sadoissa euroissa, mutta tiettyyn käyttötarkoitukseen sovelletut järjestelmät ovat luultavimmin huomattavasti kalliimpia, ja lopullinen hinta selviää vasta tarjouspyynnön jälkeen. Myös järjestelmän asennus sekä huolto aiheuttavat lisäkustannuksia. (Wavin-Labko Oy 2016.)

4.2 Suodatus

Suodattimien periaate on erottaa suodatettavasta nesteestä erilaisia jakeita suodatinmateriaalin avulla. Suodatinmateriaali on useimmiten jonkinlainen puoliläpäisevä kalvo tai kangas, joka päästää läpi halutun kokokset jakeet, mutta jättää suuremmat suodatinmateriaalin pintaan. Erotteluun tarvitaan myös jokin ulkopuolinen tekijä, jonka avulla erottelu

tapahtuu, esimerkiksi paine tai gravitaatio. Suodattimia täytyy myös tietyin väliajoin tyhjentää ja pestä, jotta ne eivät tukkeudu. Erilaisia suodattimia on monia. (Tarleton & Wakeman 2007.)

4.2.1 Paineistetut suodattimet

Alipainetta hyödyntävillä suodattimilla pystytään erottamaan nesteestä suspensiossa oleva kiintoaines puoliläpäisevän kalvon avulla. Keinotekoinen paine-ero saa nesteen virtaamaan suodatinkalvon läpi, jolloin kiintoaines suodattuu nesteestä pois. Useimmilla yksiköillä pystytään käsittelemään monenlaisia nesteitä jatkuvalla syötöllä ja kiintoaineen kasautumiseen, nesteen poistoon ja suodattimen pesuun voidaan vaikuttaa kiertoventtiilijärjestelmillä, joilla pystytään muuttamaan järjestelmän eri vaiheiden alipaineen suuruutta. Monet alipainesuodattimet pystytään myös pesemään vastavirtaan, mikä helpottaa niiden huoltoa. (Tarleton & Wakeman, 2007.)

Alipainesuodattimet ovat yksinkertaisimmillaan suljettuja säiliöitä, joissa on yksi suodatinmedia, jonka toiselle puolelle alipaine luodaan. Käsiteltävä neste syötetään säiliöön ja alipaine saa sen kulkeutumaan suodattimen läpi. Suodattimen päälle kerääntynyt kiintoaines muodostaa niin kutsutun ”kakun”, joka poistetaan joko manuaalisesti tai mekaanisesti. Suuremmissa suodattimissa voidaan käyttää avointa suodatinallasta, johon laskeetaan useampi alipaineistettu suodatinmedia, joihin kiintoaines kerääntyy. Kakkujen muodostuttua suodattimet nostetaan pois altaasta ja pestään. Lisäksi on olemassa alipaineistettuja suodatinhihnoja sekä rumpuja, jotka toimivat karkeasti samalla periaatteella. (Tarleton & Wakeman, 2007.)

Paineistettu suodatin toimii hyvin samankaltaisesti kuin alipaineistettu suodatin, mutta painesuodatuksessa luodaan positiivinen paine suodatusvälikappaleen yläpuolelle, minkä avulla neste poistuu ja kiintoaines jää jäljelle. Paine luodaan useimmiten pumpulla, mutta pienemmissä yksiköissä voidaan käyttää myös kompressoitua kaasua. Painesuodatusta käytetään yleensä teollisuuden lietteiden vedenpoistoon kun kiintoaines on hyvin hienoa ja vaikeasti poistettavaa, tai kun kiintoaineksen osuus on suuri. (Tarleton & Wakeman, 2007.)

Säkkisuodattimet ovat hyvin huokoisia polymeerikankaasta tai muunlaisesta kudotusta tekstiilistä valmistettuja painesuodattimia, jotka on liitetty syöttöputkeen ja pumppuun. Käsiteltävä neste pumpataan säkkiin, joka päästää läpi halutun kokoisen kiintoaineksen ja veden, kun taas suuremmat partikkelit varastoituvat säkin sisään. Säkki vaihdetaan manuaalisesti kun paine kasvaa liian suureksi tai suodatusteho laskee liian alhaiseksi, minkä jälkeen täydet säkit useimmiten hävitetään. Säkkisuodattimet toimivat parhaiten nesteille, joiden kiintoainepitoisuus on suhteellisen matala. Useita säkkejä voidaan käyttää myös samanaikaisesti ja ne voidaan asettaa suljettuun säiliöön. (Tarleton & Wakeman, 2007.)

4.2.2 Geotuubi

Geotuubi on eräänlainen säkkisuodatin. Geotuubit ovat useimmiten kestävästä polypropeenimuovista kudottuja säkkejä (kuva 6), joita voidaan käyttää monissa eri vedenpoistosovelluksissa. TenCate Geotube® on hollantilaisen TenCate Geosynthetics Europe –yhtiön tavaramerkki, joka valmistaa ja välittää geotubeja. Alun perin geotuubit kehitettiin eroosion ehkäisemiseksi, mutta nykyään niitä käytetään monissa erilaisissa vedenpoistosovelluksissa, muun muassa paperi- ja kaivosteollisuuden lietteiden käsittelyssä sekä ympäristön kunnostuskohteissa. (TenCate Dewatering System –esite n.d.) Myös muut toimijat myyvät ja välittävät geotuubin kaltaisia membraanisuolettimia Suomessa. Eräs tällainen yritys on esimerkiksi Taretek Oy, joka on toimittanut geotubeja myös jätekeskuksiin. Geomembraanimateriaalia käytetään myös muun muassa kaatopaikkojen pohjarakenteissa tiivistysmateriaalina. (Taretek Oy n.d.)



KUVA 6. TenCate Geotube® ulkokäytössä (Sito Oy:n materiaali, ystävällisesti heidän luvullaan)

Geotuubin käyttöprosessi on hyvin yksinkertainen. Geotuubisäkin täyttö tapahtuu pumpaamalla käsiteltävää nestettä säkkiin ja samalla seokseen lisätään käyttötarkoitukseen soveltuvaa polymeeriä, joka auttaa kiintoaineen erottumista nesteestä. Tämän jälkeen kirkastunut neste pääsee suodattumaan kankaan läpi ulos säkistä, ja kiintoaines jää säkin sisälle. Geotuubilla väitetään pystyttävän poistamaan jopa 99 % nesteessä olevasta kiintoaineesta. Puhdistettu vesi voidaan ohjata jatkokäsittelyyn tai kierrättää takaisin prosessiin. Kiintoaines ei vety uudelleen, vaikka sitä säilytettäisiin suotoveden yhteydessä. Kun geotuubi on täynnä, se voidaan esimerkiksi loppusijoittaa kaatopaikalle. Kiintoaines voidaan myös hyödyntää maanrakennuksessa tai energiana. Lietteen alkuperäisen tilavuuden kerrotaan voivan pienentyä jopa 90 %. (TenCate Dewatering System –esite n.d.)

Suomessa Sito Oy maahantuo TenCate Geotube®:a ja konsultoi geotuubijärjestelmän käyttöönsä haluvia yrityksiä. Järjestelmän kustannukset riippuvat halutusta laajuudesta sekä jo olemassa olevasta infrastruktuurista. Ulkokäyttöön tarkoitettut geotuubit eivät vaadi suuria sijoituksia, kun taas lämmitettävän vastaanottohallin rakentaminen voi nos-

taa kustannukset jopa kymmenkertaisiksi. Tosin myös geotuubin koko vaikuttaa luonnollisesti hintaan. Suuremmat geotuubit ovat käsiteltävän nesteen määrään suhteutettuna edullisempia kuin pienemmät, mutta niitä voi olla hankalampi käsitellä ja liikutella. (Isokauppila 2018.) Lisäksi ulkokäyttöön soveltuvia geotuubeja pystytään käyttämään tällä hetkellä vain osan aikaa vuodesta kylmien ajanjaksojen takia. Toistaiseksi jäätyminen vaikutuksia geotuubin toimintaan ei ole tieteellisesti raportoitu. On kuitenkin mahdollista, että jäätyminen voisi jopa edistää vedenpoistoa vapauttamalla sitoutunutta vettä kiintoaineksesta. Todennäköistä on kuitenkin myös geotuubin pinnan osittainen jäätyminen, mikä heikentäisi veden suodattumista tuubista. (Kaarela 2015.)

Geotuubimenetelmä on jo käytössä muutamissa jätekeskuksissa Suomessa. Käytännössä tällaiset jätekeskuksissa käytössä olevat lieteasemat koostuvat karkeasti vastaanottoaltaista, putkistosta, sekä geotuubeista. Yleensä kuormat jaotellaan niin, että rasvanerotuskaivo-, hiekanerotuskaivo- sekä teollisuuslietteet vastaanotetaan omiin altaisiinsa parhaan erottelutuloksen saavuttamiseksi. Näistä altaista kuormat pumpataan keskitetysti geotuubeihin, jotka on usein sijoitettu vaihtolavoille siirtelyn helpottamiseksi (kuva 7). Pumppauksen yhteydessä nesteeseen lisätään sille parhaiten sopivaa polymeeriä. Polymerien käyttö on välttämätöntä, jotta kiintoainesta ja vesi saadaan erotettua toisistaan. Ulostuleva vesi pumpataan yleensä viemäriverkostoon jätekeskuksen muiden vesien kanssa. (Isokauppila 2018.)



KUVA 7. TenCate Geotube® vaihtolavalla lietehallissa (Sito Oy:n materiaali, ystävällisesti heidän luvallaan)

Geotuubimenetelmä on tällä hetkellä käytössä ainakin Päijät-Hämeen, Oulun sekä Ylivieskan kunnallisilla jätehuoltoyrityksillä. Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy:n julkaisemassa tiedotteessa (Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy 2014) kerrotaan, että geotuubi soveltuu hiekanerotus- sekä sadevesikaivolietteiden, rasvanerotus- ja puhdistamolietteiden, teollisuuslietteiden sekä öljynerotuskaivojen lietteiden käsittelyyn. Tiedotteessa kuitenkin todetaan, että järjestelmä ei sovi sellaisille nestemäisille jätteille, joissa haitta-aineet ovat liukoissa muodossa. Tällaisia jätteitä ovat esimerkiksi teollisuuden maali- ja värisakat.

4.2.3 Syväsuodatus

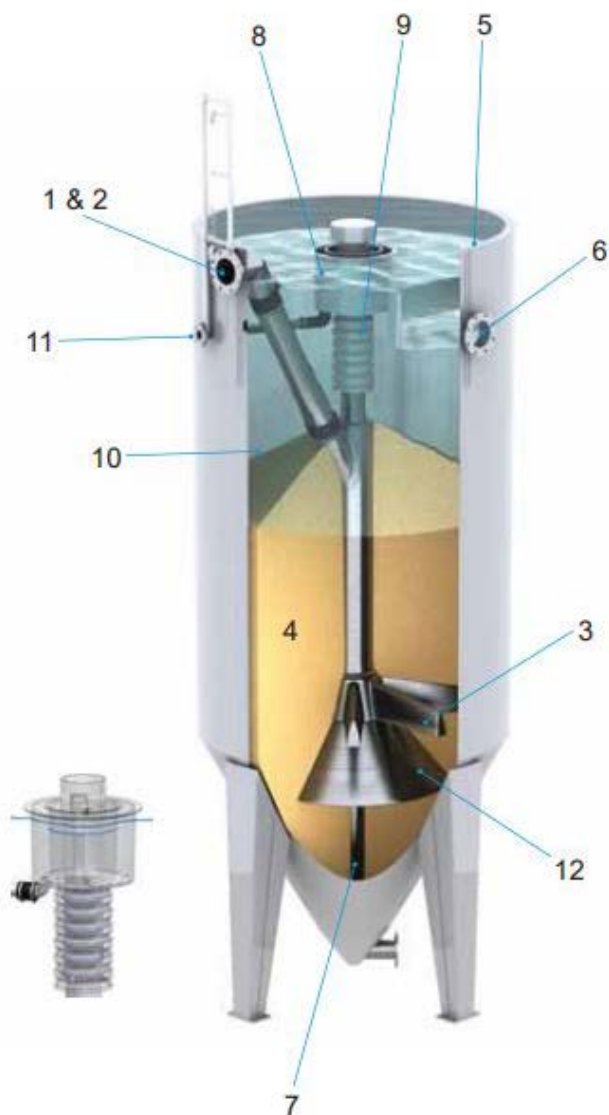
Syväsuodattimien suodatinmateriaali koostuu suhteellisen paksusta kerroksesta rakeista materiaalia tai kuitua, jonka läpi käsiteltävä neste syötetään. Suodatus perustuu nesteessä olevan kiintoaineen kiinnittymiseen suodatinmateriaaliin, useimmiten positiivisista elektronisista vetovoimista johtuen. Käsiteltävä neste kulkeutuu suodatinmateriaalin läpi yleensä painovoimaisesti, mutta kun suodatin tukkeutuu, suodatinmateriaali huuhdotaan vastavirtaisesti suodattuneella vedellä pumpaamalla sitä takaisin päin niin, että kiintoaine irtoaa. Huuhtomisessa voidaan käyttää apuna myös kompressoitua ilmaa. Jatkuva

käsittelyä varten myös useampaa syväsuodatusyksikköä pystytään käyttämään rinnakkaisesti. (Tarleton & Wakeman, 2007.)

Yleisin syväsuodatintyyppi on hiekkasuodatin, jossa käsiteltävä neste kulkeutuu paksun hiekkakerroksen läpi joko paineen tai painovoiman avulla. Hiekanjyvät ovat useimmiten 0,4-2,5 mm kokoisia ja eri jakeet voidaan asettaa kerroksittain niin, että käsiteltävä neste kulkeutuu alati tiivistyvän hiekkakerroksen läpi. Tyypillinen operointiaika on 24 tuntia, minkä jälkeen suodatin huuhdotaan. Huuhtomiseen kuuluu maksimissaan 2 % suodatetusta vedestä. Huuhtominen saattaa aiheuttaa hiekkajakeiden sekoittumista, mitä voidaan yrittää välttää käyttämällä tiheydeltään eriäviä aineita, kuten hiekkaa ja antrasiittia. (Tarleton & Wakeman, 2007.)

Rinnakkaisia hiekkasuodatinyksiköitä voidaan hyödyntää, kun halutaan operoida jatkuvalla syötöllä, mutta tähän tarkoitukseen suunniteltuja yksittäisiä suodattimia on myös olemassa. Tällaiset jatkuvalla syötöllä toimivat yksiköt puhdistavat ajoittain osan suodattimen hiekasta ja palauttavat sen suodattimen yläosaan, ja näin suodatus voi jatkua keskeytyksettä. Jatkuvalla syötöllä toimivat täysin automatisoidut suodattimet ovat kalliimpia kuin tavanomaiset, mutta ovat käytännöllisiä kohteissa, joissa suodattimen huuhtelua tarvitaan usein. (Tarleton & Wakeman, 2007.)

Tällaista jatkuvatoimista DynaSand hiekkasuodatinta markkinoi Suomessa esimerkiksi HYXO Oy (kuva 8). Käsiteltävä neste syötetään järjestelmään syöttöputkesta (2) ja vedenjakoputkesta (3), jolloin se kulkeutuu ylöspäin hiekkapatjan (4) läpi samalla suodatuen. Kirkastunut vesi johdetaan pois ylivuotoreunan ja poistoyhteen kautta (5, 6). Liikaantunut hiekka poistetaan suodattimen pohjalta pumpun (7) avulla ja johdetaan hiekan pesuriin (8, 9), jossa hiekka pestään vastavirtaisesti suodattuneella vedellä. Puhdistunut hiekka valuu takaisin hiekkapatjan pinnalle (10) jälleen osaksi suodatusmediaa. Pesuvesi poistetaan poistoyhteen (11) kautta. Hiekan liikettä ohjataan suodattimen alaosassa olevalla hiekanjakokartiolla (12). (HYXO Oy n.d. a)



KUVA 8. Jatkuvatoimisen hiekkasuodattimen läpileikkaus (HYXO Oy:n materiaali, ystävällisesti heidän luvullaan)

4.3 Rasvanerotuskaivojätteen mädätys biokaasulaitoksessa

Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n Nokialla sijaitsevan toisen jätekeskuksen alueelle ollaan rakentamassa biokaasulaitos vuosien 2019-2020 aikana. Biokaasulaitoksessa tullaan käsittelemään Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n omistajakuntien alueelta tulevat kotitalouksien sekä yritysten biojätteet, sekä Nokian alueelta tulevat puhdistamolietteet. Laitoksessa voidaan käsitellä myös muuta kierrätyslannoitteiden raaka-aineeksi sopivaa biohajoavaa materiaalia, kuten puutarhajätteitä sekä rasvoja. (Pöyry 2017.) Myös rasvanerotuskaivojätteen on arvioitu soveltuvan tähän tarkoitukseen.

Jätteet tullaan käsittelemään anaerobisesti mädättämällä. Laitokseen tulee kaksi erillistä linjaa, joista toisessa biojätteet kuivamädätetään ja toisessa puhdistamolietteet märkämädätetään. Kuiva- ja märkämädätystekniikat eroavat toisistaan jätemateriaalin kuiva-ainepitoisuuden suhteen; kuivamädätyksessä kiintoaineen osuus on 20-50 % ja märkämädätyksessä alle 15 %. (Bioste Oy 2018). Kummassakin tapauksessa orgaanisesta jätteestä muodostuu kaasua ja mädätettä mikrobitoiminnan tuloksena. Syntynyt biokaasu halutaan tulevaisuudessa liikennekäyttöön ja prosessista jäljelle jäävä ravinnerikas mädäte jatkjalostetaan lannoite- ja maanparannuskäyttöön. (Pöyry 2017.)

4.4 Haitta-aineiden poisto

Nestemäiset jätteet sisältävät useimmiten haitallisia aineita, jotka voidaan haluta poistaa ennen veden laskemista jatkokäsittelyyn. Haitta-aineet voivat olla sidoksissa nesteessä olevaan kiintoainekseen, jolloin ne poistuvat luonnollisesti kiintoaineksen erottelun yhteydessä, mutta haitta-aineita esiintyy usein myös veteen liuenneena, jolloin ne voivat olla haasteellisempi poistaa. (Gillberg, Hansen, Karlsson, et al. 2003.) Tarastenjärven jätekeskuksessa vastaanotetuista nestemäisten jätteiden kuormista otetuista näytteistä käy ilmi, että haitta-aineita esiintyy niin nesteessä kuin kiintoaineksessa.

Veteen liuenneita haitta-aineita, kuten esimerkiksi raskasmetalleja sekä emulgoituneita öljyjä, voidaan poistaa vedestä kemiallisesti saostamalla. Yleisesti käytettyjä saostuskemikaaleja ovat esimerkiksi rauta- sekä alumiinisulolat, jotka sitovat suspensiossa olevia haitta-aineita ja muodostavat saostumia, jotka pystytään laskeuttamisen jälkeen poistamaan nesteestä. Saostumiseen sekä prosessiin käytettävien kemikaalien toimintaan vaikuttaa suuresti nesteen pH-arvo, jota voidaan tarvittaessa joutua mukauttamaan. Nesteen pH-arvo täytyy ottaa huomioon saostuskemikaalia valitessa, sillä esimerkiksi rautapohjaiset saostuskemikaalit toimivat laajemmalla pH-asteikolla kuin alumiinipohjaiset saostusaineet. Monet kemianalan yritykset, kuten esimerkiksi Kemira, valmistaa ja myy kaupallisesti saostuskemikaaleja jätevedenpuhdistukseen. (Gillberg, Hansen, Karlsson, et al. 2003.)

5 HAASTATTELUJEN TULOKSET

Haastattelulomakkeeseen (liite 1) vastasi kolme kunnallista jätehuoltoyhtiötä: Päijät-Hämeen Jätehuolto (PHJ) Oy, Vestia Oy sekä Lakeuden Etappi Oy. Yhtiöiltä kysyttiin muun muassa heidän vastaanottamiensa nestemäisten jätteiden laadusta, määrästä sekä käytössä olevasta käsittelymenetelmästä. Lisäksi tiedusteltiin järjestelmän kustannuksia sekä heidän tyytyväisyyttään menetelmään. Tulokset on esitetty taulukoissa 3 ja 4.

TAULUKKO 3. Haastattelujen tulokset: vastaanotetut nestemäiset jätteet sekä niiden käsittely

	PHJ Oy	Vestia Oy	Lakeuden Etappi Oy
Vastaanotetut nestemäiset jätteet	Öljyn- ja hiekanerotuskaivojäte Rasvanerotuskaivojäte Lisäksi sekalaisia teollisuuden lietteitä	Öljyn- ja hiekanerotuskaivojäte Rasvanerotuskaivojäte Sadevesikaivojen hiekkajäte	Öljyn- ja hiekanerotuskaivojäte Öljyinen vesi Lisäksi edelleen Fortumille toimittamista varten muita vedensekaisia nestemäisiä jätteitä
Vastaanotetut määrät vuosittain	n. 7000 t	n. 950 t	n. 2000 t
Käsittelymenetelmä	Geotuubi	Geotuubi	Painovoimainen erottelu
Saostusaineiden käyttö	Polymeeriä käytetään muutamia satoja kiloja vuosittain	Polymeeriä käytetään n. 70 kg/vuosi	Ei käytössä
Kiintoaineen käsittely	Täydet geotuubit loppusijoitetaan kaatopaikkapenkkaan sellaisenaan	Öljyn- ja hiekanerotuskaivojätteen kiintoaines käsitellään pilaantuneena maa-aineksena Rasvanerotuskaivojätteen kiintoaines hyödynnetään energiana (poltto) Sadevesikaivojen hiekkajäte käytetään jätekeskuksen maanrakennuksessa	Hiekkakaivon sakka siirretään pilaantuneen maan kompostikäsittelyyn ja valmis maa-aines hyötykäytetään penkalla peitemaana Öljynerotinsakka viedään Fortumille loppukäsittelyyn

TAULUKKO 4. Haastattelujen tulokset: näytteenotto, kustannukset sekä tyytyväisyys

	PJH Oy	Vestia Oy	Lakeuden Etappi Oy
Näytteenotto	Jokaisesta sisään tulevasta kuormasta otetaan näyte (pH-arvo- ja sähkönjohtavuus) Lisäksi 4 krt/v muita edustavia näytteitä	Erillisiä näytteitä ei ole otettu Vesientarkkailu tehdään kokoojakavosta tarkkailuohjelman mukaisen vesientarkkailun yhteydessä	Tasausaltaista otetaan ympäristöluvan tarkkailuohjelman mukaisesti vesinäytteet kerran kuukaudessa
Kustannukset	Geotuubien hinnat vaihtelevat koon mukaan muutamasta sadasta muutamaankin tuhanteen euroon + polymeeri	Geotuubisäkin hinta n. 500 €/kpl (20 m ³) Polymeeri 4,70 €/kg	Ei jatkuvia materiaalikustannuksia
Tyytyväisyys	Järjestelmä toimii erinomaisesti	Järjestelmä on toiminut pääsääntöisesti hyvin	Järjestelmä toimii toivotulla tavalla ja on kustannustehokas käsittelymenetelmä

Lahdessa sekä sen ympäryskunnissa toimivalla Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy:llä on käytössään geotuubijärjestelmä nestemäisten jätteiden käsittelyä varten. He vastaanottavat vuosittain yhteensä noin 7 000 tonnia erilaisia nestemäisiä jätteitä, mukaan lukien rasvan-, hiekan- ja öljynerotuskaivoista imettyjä jätteitä sekä teollisuuden lietteitä. Heidän käytössään olevien geotuubien hinnat vaihtelevat muutamista sadoista muutamiin tuhansiin euroihin, riippuen säkin koosta. Suurimmilla geotuubeilla voidaan kiintoaineen määrästä riippuen käsitellä jopa 500 tonnia jätettä. Käsittelyssä kuluu polymeeriä muutamia satoja kiloja vuodessa. Täydet geotuubit loppusijoitetaan jätepenkkaan.

Myös Pohjois-Pohjanmaalla toimivalla Vestia Oy:llä on käytössään geotuubimenetelmä, jolla he käsittelevät vuosittain noin 300 tonnia rasvanerotuskaivojen jätteitä sekä noin 650 tonnia muita nestemäisiä jätteitä, joista suurin osa on hiekan- ja öljynerotuskaivojen jätteitä. Geotuubit on hankittu Taretek Oy:ltä. Heillä on käytössään 20 m³ geotuubit, joiden hinta on noin 500 €/kappale. Hiekan- ja öljynerotuskaivojätteiden geotuubit vaihdetaan 4-7 kertaa vuodessa eli yhdellä geotuubilla pystytään käsittelemään noin 70-130 tonnia nestemäistä jätettä, riippuen kiintoaineen määrästä.

Nestemäiset jätteet vastaanotetaan Vestia Oy:llä lietehalliin, jossa jätteet puretaan esierottelijan kautta omiin altaisiinsa. Jäte pumpataan altaista geotuubeihin ja samalla seokseen lisätään polymeeriliuosta, joka auttaa kiintoaineen sakkaantumista. Polymeeriä kuluu vuodessa noin 70 kg ja kokonaiskustannukseen se lisää noin 300 €. Geotuubit on sijoitettu vaihtolavoille, mikä helpottaa niiden liikuttelua. Lavoilla on myös salaojamatot, jotka ohjaavat säkistä ulostulevan veden pois lavalta. Vedet päätyvät kokoojakaivoon alueen muiden jätevesien kanssa, mistä ne ohjataan edelleen jätevedenpuhdistamolle. Hiekan- ja öljynerotuskaivojen kiintoaines käsitellään pilaantuneena maa-aineksena ja sadevesikaivojen hiekat sekä esierottelijan kiintoaines jätekeskuksen maanrakennuksessa. Rasvakaivojätteiden kiintoaines hyödynnetään energiana polttamalla.

Pohjanmaalla toimivalla Lakeuden Etappi Oy:llä on käytössään melko samantapainen painovoimainen erottelujärjestelmä kuin Pirkanmaan Jätehuolto Oy:llä. Lakeuden Etappi Oy vastaanottaa noin 1 500 tonnia hiekkakaivolietettä vuosittain, minkä lisäksi samalla järjestelmällä käsitellään noin 360 tonnia öljyistä vettä sekä noin 80 tonnia öljynerottimien sakkoja. Hiekkakaivojätteet vastaanotetaan altaisiin, joissa sakka laskeutetaan altaan pohjalle ja pinnalle jäänyt vesi ohjataan öljynerottimen kautta tasausaltaaseen ja jälleen jätevedenpuhdistamolle. Öljynerottimella varmistetaan, ettei lähtevässä vedessä ole jäämiä öljystä. Hiekkakaivojen sakat kuivatetaan ja kompostoidaan, minkä jälkeen niitä käytetään kaatopaikkapenkan peittomateriaalina. Öljyisten vesien käsittelystä jäljellejäävät öljy sekä sakka toimitetaan jatkokäsittelyyn Fortum Waste Solutions Oy:lle.

6 POHDINTA

Saatavilla on monia erilaisia vaihtoehtoja nestemäisten jätteiden käsittelylle ja järjestelmää valittaessa tulee ottaa huomioon monia seikkoja. Tärkeintä on noudattaa lainsäädäntöä ja voimassaolevaa ympäristölupaa sekä Tampereen Vesi Oy:n kanssa sovittuja raja-arvoja niin, että päästään parhaaseen mahdolliseen puhdistuslopputulokseen. Lisäksi tulee miettiä järjestelmän kuluja sekä hyötyjä pitkällä aikavälillä.

Painovoimaisen erottelun hyviä puolia ovat sen yksinkertaisuus ja kustannustehokkuus, mutta haittapuolena on järjestelmän hitaus ja vaihteleva puhdistusteho. Kiintoaineksen saostumista voidaan yrittää nopeuttaa, mutta vastaanotettavien nesteiden ollessa hyvin heterogeenisiä kiintoaineksen sekä muiden ominaisuuksien suhteen, on vaikeaa löytää esimerkiksi kaikille toimivaa saostuskemikaalia. Ratkaisuna tähän voisi olla käsiteltävien nestekuormien parempi jaottelu vastaanottovaiheessa. Helposti erottuvaa kiintoainesta sisältävät sadevesi- ja hiekanerotuskaivojätteet voitaisiin esimerkiksi vastaanottaa erikseen teollisuuslietteistä, jotka useimmiten sisältävät hienompaa kiintoainesta.

Nykyistä käytössä olevaa painovoimaista järjestelmää pystyttäisiin päivittämään esimerkiksi vastaanottoalueen uudistamisella. Katettu ja lämmitetty vastaanottoalue ehkäisisi altaiden jäätymistä talvella ja helpottaisi kuormien purkua. Altaiden laajennus mahdollistaisi useamman vastaanottoaltaan rakentamisen ja nostaisi järjestelmän vastaanottokapasiteettia. Myös mahdollisuutta kiintoaineen mekaaniselle poistolle esimerkiksi kaivon ja pohjakaapimien avulla voitaisiin selvittää.

Tavanomaisten kaupallisten paineistettujen suodattimien käyttö jätekeskuksessa olisi luultavasti hyvin hankalaa niiden pienen kapasiteetin sekä herkkyyden vuoksi. Järjestelmän toimimiseksi vastaanotettavat nestemäiset jätteet tulisi esikäsitellä suurempien jakeiden poistamiseksi ennen järjestelmään syöttämistä, jotta ne eivät vahingoittaisi tai tukkisi suodatinta. Lisäksi jätekeskuksen tarpeisiin räätälöity suodatin olisi luultavasti hyvin kallis investointi.

Suodattimilla on hieman hankala käsitellä nesteitä, joiden kiintoainepitoisuus on korkea, sillä suodatin tukkeutuu tällöin nopeasti. Kuitenkin jatkuvatoiminen syväsuodatin tai vas-

taavanlainen avoin järjestelmä voisi toimia, sillä paksu suodatinkerros mahdollistaisi suuremman kiintoainestaakan vastaanoton, eikä suodatinta tarvitsisi huuhtoa yhtä usein kuin tavanomaista suodatinta. Lisäksi suodatuksen lopputulos paranee sitä mukaa kun suodatinkerros tiivistyy. Mahdolliset vaihtoehdot olisivat pitkälti automatisoitu suljettu järjestelmä, jonka alkuinvestointi ja käyttökustannukset olisivat suuremmat, tai yksinkertaisempi avoin järjestelmä, jonka kustannukset ovat pienemmät, mutta ylläpito vaatii enemmän työtä. Tällaisia eräänlaisia suodatinpatoja on tiettävästi käytössä myös jätekeskuksissa.

Parhaiten toimivia esimerkkejä suodatuksen käytöstä jätekeskuksien nestemäisten jätteiden käsittelyssä on kuitenkin geotuubimenetelmästä. Menetelmän hyviä puolia ovat sen hallittavuus sekä hyvä puhdistustulos, minkä lisäksi menetelmä edustaa parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa. Pohdintaa kuitenkin vaativat suurehkot alkuinvestoinnit, jotka koostuvat muun muassa konsultoinnista, käsiteltävien nesteiden tutkimisesta ja testaamisesta sopivan polymeerin löytämiseksi sekä mahdollisesta uudesta infrastruktuurista (lämmitetty halli, putkisto, automaatio). Jatkuvia kuluja tuovat itse geotuubisäkkien sekä käsittelyssä käytettävien polymeerien hankinta. Geotuubimenetelmää voidaan hyödyntää myös melko pienillä kustannuksilla, jos järjestelmää pystytään käyttämään ulkona, mutta tällöin käsittely ei luultavasti voisi olla ympärivuotista. Ongelmana voivat olla myös nesteeseen liuenneet haitta-aineet, joita kaikkia ei välttämättä pystytä poistamaan geotuubimenetelmällä.

Rasvanerotuskaivojätteiden kannalta loogisin vaihtoehto on niiden käsittely tulevaisuudessa Koukkujärven jätekeskuksen alueelle rakennettavassa biokaasulaitoksessa, sillä menetelmä on tehokas ja sen avulla jäte saadaan hyödynnettyä hyvin. Sillä aikaa, kun laitosta rakennetaan, rasvanerotuskaivojätteitä pystyttäisiin vastaanottamaan ja käsittelemään painovoimaisella erottelulla sekä geotuubimenetelmällä.

Kustannusten arviointi osoittautui hyvin haastavaksi, sillä suurin osa käsittelyjärjestelmistä tehdään tilauksesta asiakkaan tarpeisiin, jolloin todelliset kustannukset selviävät vasta tarjouspyynnön jälkeen. Joitain suuntaa-antavia hintatietoja on saatavilla ainakin geotuubimenetelmästä, mutta alkuinvestoinnin kustannukset ovat siinäkin tapauskohtaiset. Kustannustehokkain ratkaisu olisi luultavasti jonkinlainen painovoimainen erottelujärjestelmä, koska sillä pystytään käsittelemään suuria määriä nestemäistä jätettä eikä jatkuvia kustannuksia ylläpidon lisäksi juuri ole.

Haitta-aineiden poistamisen kannalta tilanne on hieman haastava. Jätekeskuksen vesien yhteisessä tasausaltaassa puhdistetut vedet sekoittuvat kaatopaikkapenkan läpi kulkeutuneisiin vesiin, joita ei ole puhdistettu, ja jotka saattavat myös sisältää haitta-aineita. Lisäksi nestemäisten jätteiden osuus jätekeskuksen kaikista jätevesistä on hyvin pieni, mikä tulee ottaa huomioon hyötyjen ja kustannusten arvioinnissa. Kaikki vedet ohjataan kuitenkin edelleen jätevedenpuhdistamolle, jossa tarkempi puhdistus tapahtuu ennen niiden laskemista takaisin vesistöön.

Käsittelyssä täytyykin ottaa huomioon esimerkiksi polymeerien ja muiden mahdollisten kemikaalien käyttö ja niiden hyöty-haitta suhde, sillä vaikka niiden avulla saataisiin poistettua kiintoainesta ja haitta-aineita vedestä, ne voivat muodostaa muita aineita, jotka vaikuttavat veden laatuun tai jäävät kiintoaineksen mukana jätekeskuksen käsiteltäviksi. Käsittelyn täytyy kuitenkin olla niin tehokas, että pysytään vesilaitoksen laatimissa raja-arvoissa eikä jätevedenpuhdistamo kuormitu haitta-aineista.

Veteen liuenneiden haitta-aineiden poisto voi olla jätekeskuksessa haastavaa, sillä saostuskemikaalien toimimiseksi nesteen ominaisuuksia, kuten pH-arvoa, pitäisi pystyä kontrolloimaan. Myös vastaanotettavien nestemäisten jätteiden haitta-aineiden ominaisuuksien sekä pitoisuuksien suuri vaihtelu vaikeuttaa niiden poistoa. Tässäkin tapauksessa voitaisiin pohtia saapuvien kuormien tarkemman lajittelun vaikutusta ja esimerkiksi kuormakohtaista näytteenottoa. Öljyjen poisto on toki mahdollista myös syöttämällä käsitelty neste vielä öljynerottimen läpi ennen viemäriin laskemista, niin kuin esimerkiksi Lakeuden Etappi Oy:llä tehdään. Tarastenjärven jätekeskuksessa voisi olla myös mahdollista vastaanottaa ja käsitellä öljynerotuskaivojen pohjasakkoja yhdistetysti öljyisten vesien kanssa.

Kiintoaineksen käsittely jätekeskuksen alueella on luultavasti edelleen kannattavaa käsitelymenetelmästä riippumatta, sillä massan kompostoituminen pilaantuneiden maiden kanssa on toiminut hyvin. Kompostoinnin jälkeen massaa pystytään hyödyntämään kaatopaikkapenkan peittomateriaalina jätekeskuksen alueella. Myös kiinteät rasvat voidaan edelleen kompostoida biojätteiden kanssa, kunnes uusi biokaasulaitos valmistuu ja biojätteiden vastaanotto siirtyy Koukkujärven jätekeskukseen.

Jatkotutkimusta varten nestemäisistä jätteistä tulisi ottaa ainakin näytteet suspendoituneen kiintoaineksen osuudesta (SS), biologisesta hapenkulutuksesta (BOD₇) sekä kiintoaineksen laadusta ja laskeutumismisnopeudesta. Sopivimman käsittelyvaihtoehdon löydyttyä täytyy myös selvittää optimaaliset olosuhteet sekä mahdolliset tarvittavat saostuskemikaalit kiintoaineen erottumisen kannalta, mikä tapahtuu testaamalla erilaisia kombinaatioita. Suurin haaste on luultavasti se, että käsiteltävien nesteiden ominaisuudet eroavat kuormittain hyvin paljon toisistaan, mikä vaikeuttaa kaikille jätteille optimaalisen käsittelymenetelmän löytymistä. Tähän voidaan kuitenkin vaikuttaa jätteiden tarkemmalla lajittelulla vastaanottovaiheessa.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kirjallisuuden sekä haastattelujen perusteella painovoimainen erottelu sekä geotuubimenetelmä vaikuttavat parhailta käytettävissä olevilta ratkaisuilta. Tarastenjärven jätekeskuksen nykyistä järjestelmää päivittämällä olisi mahdollista päästä parempaan puhdistuslopputulokseen ilman suuria kustannuksia. Geotuubimenetelmä taas edustaa parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa, mutta sen alkuinvestoinnit ja kulut ovat suuremmat kuin painovoimaisen erottelun. Molemmista menetelmistä löytyi kuitenkin tämän selvitystyön tuloksena hyviä esimerkkejä jätekeskusten nestemäisten jätteiden käsittelystä.

Nestemäisten jätteiden käsittelyä myös haitta-aineiden osalta tulisi pohtia. Vaikka viemäriin johdettavien vesien raja-arvot eivät ylittyisi, olisi nesteessä olevat haitta-aineet tärkeää saada poistettua niin hyvin kuin mahdollista. Tästä syystä saostuskemikaalien käytön toimivuutta valitun käsittelymenetelmän kanssa olisi hyvä tutkia. Öljyjen poistoa öljynerottimen avulla voitaisiin myös pitää vaihtoehtona ainakin tietyille nestemäisille jätteille.

Suurin haaste jätekeskuksen nestemäisten jätteiden käsittelyssä on luultavasti se, että nesteiden ominaisuudet eroavat kuormittain hyvin paljon toisistaan. Tähän voitaisiin vaikuttaa jätteiden tarkemmalla lajittelulla vastaanottovaiheessa, jolloin käsittelymenetelmää voitaisiin mukauttaa kullekin jätteelle parhaiten sopivaksi. Käsittelymenetelmää valittaessa on kuitenkin tärkeintä pohtia järjestelmän kuluja sekä hyötyjä pitkällä aikavälillä niin, että päästään parhaaseen mahdolliseen puhdistuslopputulokseen.

LÄHTEET

Bioste Oy. Biotekniikan ammattilainen. Luettu 10.3.2018. <http://bioste.fi/bioener-gia/biokaasu/>

Gillberg, L; Hansen, B; Karlsson, I. et al. 2003. About water treatment. Helsingborg: Kemira Kemwater.

HYXO Oy. n.d. a. DynaSand - jatkuvatoiminen hiekkasuodatin –esite. Luettu 27.3.2018. <http://www.hyxo.fi/products/documents/52723e58860a6/DynasandFIN.pdf>

HYXO Oy. n.d. b. Lamella-selkeyttimet –esite. Luettu 27.3.2018. <http://hyxo.fi/products/documents/52723e916c2e5/LamellaFIN.pdf>

Isokauppila, V. projektipäällikkö, ympäristöratkaisut. 2018. Kysymyksiä geotuubista. Sähköpostiviesti. vesa.isokauppila@sitowise.com. Luettu 10.1.2018.

Kaarela, T. 2015. Geotekstiilituubien käyttöpotentiaali Suomessa. Oulun Yliopisto. Teknillinen tiedekunta. Diplomityö.

Metcalf & Eddy, Inc. 2003. Wastewater engineering: treatment and reuse. 4. painos. New York: McGraw-Hill.

Noble, R. 2005. Overview of “Green” Separation Processes. Teoksessa Afonso, C. & Crespo, J. (ed.) Green Separation Processes. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy. 2014. Nestemäisten jätteiden käsittely geotuubimenetelmällä OILI-asemalla. Luettu 14.9.2017. <https://www.phj.fi/kujalan-jatekeskus/oili-nestemaisten-jatteiden-kaesittely>

Pöyry Finland Oy. 2017. Koukkujärven bioratkaisun ympäristövaikutusten arviointiselostus. Luettu 12.3.2018. <http://www.ymparisto.fi/KoukkujarvenbioratkaisuYVA>

Salonen, S. & Salminen, E. 2003. Kaatopaikoille sijoittamista koskevat rajoitukset - nestemäisen jätteen sijoituskielto. Ympäristöopas 100. Ympäristöministeriö. Helsinki: Edita Prima Oy.

Tampereen Vesi Liikelaitos. 2016. Tampereen Veden vastaanottaman jäteveden raja-arvot. Asumavesistä poikkeavat jätevedet. Luettu 1.4.2018. https://www.tampere.fi/vesi/asiakkaalle/ohjeetjalomakkeet_1.html

Taretek Oy. n.d. Geomembraanit. Luettu 2.4.2018. <https://taretek.fi/asennus-ja-materiaalit/geomembraanit/>

Tarleton, E. S. & Wakeman, R. J. 2007. Solid/Liquid Separation - Equipment Selection and Process Design. 1. painos. Oxford: Elsevier.

TenCate Dewatering System –esite. n.d. The low cost, high volume dewatering solution. TenCate Geosynthetics Europe. Luettu 10.1.2018. <https://www.ten-categeo.eu/en/resources/brochures>

Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista annetun valtioneuvoston päätöksen muuttamisesta 1049/1999. Luettu 10.8.2017. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1999/19991049>

Wavin-Labko Oy. 2016. Labko lattiakaivoerottimet. Tehokkaat ratkaisut hiekan ja öljyn erottamiseen. Luettu 8.1.2018. <https://www.wavin.com/fi-fi/Tiedostot>

LIITTEET

Liite 1. Haastattelulomake

Haastattelukysymykset koskien nestemäisten jätteiden vastaanottoa toimipisteessänne

Millaisia nestemäisiä jätteitä vastaanotatte? Kuinka paljon käsittelette nestemäisiä jätteitä vuosittain?

-

Millaista vastaanottojärjestelmää käytätte ja miten se käytännössä toimii? Mistä olette hankkineet järjestelmänne?

-

Millaisia kustannuksia järjestelmän käyttö aiheuttaa?

-

Käytättekö saostuskemikaaleja puhdistusprosessissa? Jos käytätte, niin kuinka paljon vuosittain?

-

Kuinka usein otatte näytteitä puhdistetusta nesteestä? Pystytäänkö järjestelmällä poistamaan nesteestä myös öljyjakeet sekä raskasmetallit?

-

Miten käsittelette jäljelle jäävän kiintoaineksen?

-

Miten järjestelmänne on toiminut? Oletteko olleet tyytyväisiä?

-

Kiitos vastauksistanne!