

Petteri Seppänen

## **KUUMAVALSSAAMON LIETTEENKÄSITTELYN PILOTOINTI**

# KUUMAVALSSAAMON LIETTEENKÄSITTELYN PILOTOINTI

Petteri Seppänen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2019  
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma

---

Tekijä: Petteri Seppänen

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Kuumavalssaamon lietteenkäsittelyn pilotointi

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Piloting of the hot-rolling mill sludge treatment

Työn ohjaajat: Jukka Ylikunnari (Oulun ammattikorkeakoulu), Kaisu Kannainen (Owatec Group Oy)

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2019

Sivumäärä: 31

---

Teräksen tuotannossa syntyy paljon lietteitä, jotka sisältävät vettä. Niiden kuivaamisella voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä. Työn tarkoituksena on selvittää Owatecin OwaGtube-menetelmän soveltuvuutta terästehtaan kuumavalssaamalla syntyvän lietteen käsittelyyn. Tällä hetkellä kuumavalssaamalla syntyvä vesilaitoksen alite läjitetään ja kuljetetaan käsiteltäväksi pitkän välimatkan päähän, esimerkiksi Ruotsiin.

Työn käytännön vaihe toteutettiin suorittamalla terästehtaalla kolmen viikon pilotointijakso, jossa testattiin OwaGtube-menetelmän soveltuvuutta lietteen kuivaamiseen täydessä mittakaavassa. Menetelmässä lietteeseen lisätään flokkulanttia kiintoaineen erottamiseksi. Tämän jälkeen liete pumpataan OwaGtube-geotubiysikköön, jossa se suodattuu ja kuivuu. Suotovesi pumpataan takaisin prosessikiertoon. Työ aloitettiin tammikuussa 2019 suorittamalla laboratoriokokeita käsiteltävälle lietteelle. Tammi-helmikuun vaihteessa aloitettiin kolme viikkoa kestänyt pilotointijakso. Tämän jälkeen tehtiin laboratoriokokeet kuivatusta lopputuotteesta.

Lopputuloksena todettiin, että OwaGtube-menetelmä soveltuu kuumavalssaamalla syntyvän alitteen kuivaamiseen. Alitteen kuiva-ainepitoisuus nousee merkittävästi jo viikon kestävästä kuivausjakson aikana. Käytännön toteutus vaatii kuitenkin vielä tuotekehitystä, jotta saadaan esimerkiksi pumppaus ja polymeerin lisäys toimimaan automaattisesti. On tarpeellista miettiä esimerkiksi sitä, millainen sekoitusastia alitteelle soveltuu, sekä sitä, millä tavalla automaatio on järkevää toteuttaa kustannustehokkaasti ja varmatoimisesti.

---

Asiasanat: terästeollisuus, lietteenkäsittely, geotekstiili

## **ALKULAUSE**

Kiitos Owatec Group Oy:lle mahdollisuudesta opinnäytetyön tekoon sekä mielenkiintoisista työtehtävistä.

Oulussa 24.2.2019

Petteri Seppänen

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 PILOITOITAVA LIETTEENKUIVAUSPROSESSI	7
2.1 Flokkulointi	9
2.2 Pumppaus	11
2.3 Geotekstiilituubit	12
2.4 OwaGtube	13
3 OWAGTUBE-MENETELMÄN PILOTOINTI	17
3.1 Kuiva-aineanalyysi ennen pilotointia	17
3.2 Flokkauskoeket	19
3.3 Shopping Bag -koe	21
3.4 Pilotointi kuumavalssaamon vesilaitoksella	22
3.5 Kuiva-aineanalyysit geotuubissa suodattuneesta lietteestä	26
3.6 Tulokset	27
4 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	30

# 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehdään Owatec Group Oy:lle. Työn tarkoituksena on selvittää Owatecin OwaGtube-menetelmän soveltuvuutta terästehtaan kuumavalssaamalla syntyvän lietteen käsittelyyn. Tällä hetkellä kuumavalssaamalla syntyvä vesilaitoksen alite läjitetään ja kuljetetaan käsiteltäväksi pitkän välimatkan päähän, esimerkiksi Ruotsiin. OwaGtube-menetelmän tarkoituksena on saada alite kuivattua niin hyvin, että läjitykseltä vältytään ja saadaan kuljetettua kuivempana. Poiskuljettaminen voitaisiin näin suorittaa nopeasti heti kuivaamisen jälkeen. Jos kuivaamaton alite kuljetettaisiin heti kauas käsiteltäväksi, kuljetettaisiin samalla suuret määrät vettä, jonka kuljettaminen ei ole taloudellisesti järkevää. OwaGtube-menetelmää on käytetty aiemmin menestyksekkäästi muun muassa terästehtaan kylmävalssaamalla ja voimalaitoksen turvelietteiden käsittelyssä.

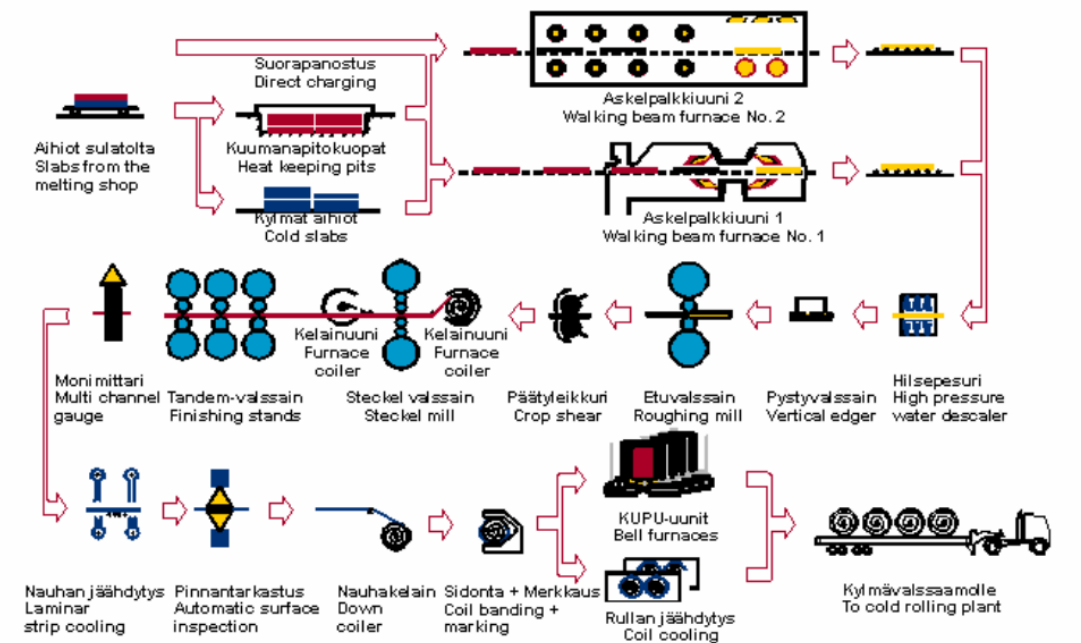
Työ toteutetaan suorittamalla kolmen viikon pilotointijakso, jonka tavoitteena on saada yksi OwaGtube-yksikkö täyteen kuivattua lietettä, ja näin saada kuva siitä, miten menetelmä soveltuu käyttökohteeseen. Pilotointi aloitetaan suorittamalla laboratoriokokeita sopivan flokkulantin ja laimennosten löytämiseksi. Tämän jälkeen tehdään itse pilotointi, jonka lopputuloksena saadaan tietoa menetelmän soveltuvuudesta kuumavalssaamon lietteelle käytännössä.

OwaGtube-menetelmän pilotointi kuuluu SYMMET-hankkeeseen (Symbiosis of Metals Production and Nature), jonka tavoitteena on metallurgisten prosessien materiaali- ja energiatehokkuuden, kierrätyksen ja materiaalien uusiokäytön parantaminen. Kaksivuotiseen hankkeeseen kuuluu kymmenen yritystä, Owatec mukaan lukien, sekä neljä yliopistoa ja tutkimuslaitosta. (1.)

Owatec Group Oy on oululainen yhtiö, joka tarjoaa vesi- ja ympäristöalan palveluja. Yhtiö tarjoaa veden- ja jätevedenkäsittelyratkaisuja sekä asiantuntijapalveluja teollisuudelle ja huoltolaitoksille. Yrityksen tuotteita ovat muun muassa teollisuuden vesivirtojen optimointi, erilaisten lietteiden kuivaus, jätevesien sähkökemiallinen hapetus, saostus ja flotaatio sekä veden desinfiointi. (2.)

## 2 PILOTOITAVA LIETTEENKUIVAUSPROSESSI

Kuumavalssaamo on terästehtaaseen kuuluva laitos, jossa muokataan sulatolta tulevia teräsaihioita. Kuumavalssaamolla teräsaihiot kuumennetaan korkeaan lämpötilaan, minkä jälkeen ne siirtyvät ensin hilsepesurille. Hilsepesurissa aihioiden pinnasta irrotetaan hilse suuripaineisen vesisuihkun avulla. Tämän jälkeen edelleen kuumat ahiot valssataan noin 20–25 mm:n paksuiseksi nauhaksi. Nauhavalssaaimessa nauha ohenee vielä entisestään, minkä jälkeen se on lopullisessa 1,9–2,7 mm:n paksuudessa. Lopuksi nauha jäähdytetään ja kelataan rullalle. Kuvassa 1 on esitetty kuumavalssaamon tuotantokaavio. (3, s. 10–12.)



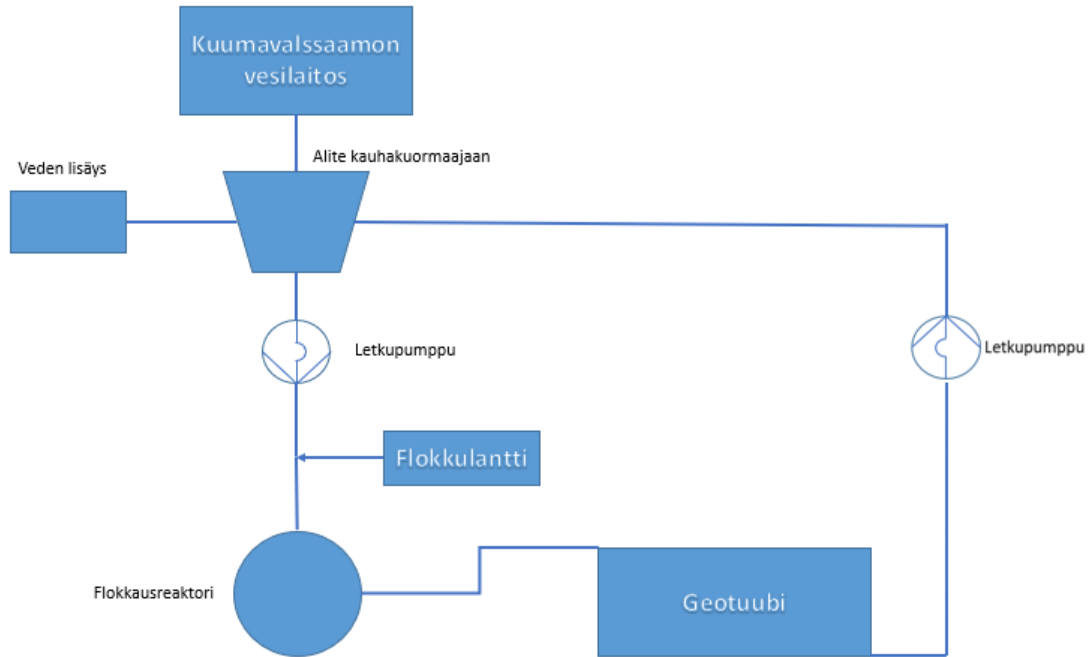
KUVA 1. Kuumavalssaamon tuotantokaavio (3, s. 9)

Hilsepesurissa käytetään paljon vettä. Vesi saadaan kuumavalssaamon vesilaitoksen avoimesta kierrosta. Aluksi vesi johdetaan hilsekaivoon, jossa siitä poistetaan hilse. Tämän jälkeen vettä puhdistetaan hiekkasuodattimilla. Lopuksi vesi kulkee sakeuttimelle, jossa siitä poistetaan mahdollisimman paljon kiintoainetta ja päältä kuoritaan öljyä. (3, s. 10–12.)

Sakeuttimen alapuolella on kuormaajan kauha, johon lasketaan säännöllisin väliajoin alitetta. Alite on paljon kiintoainetta sisältävää lietettä, joka vettä painavampana laskeutuu sakeuttimen alaosaan, josta sitä lasketaan automaattisten venttiilien avulla pois. Alitetta kertyy useita kuutiometrejä vuorokauden aikana, ja kauha käydään tyhjentämässä päivittäin. Alitteen kuiva-ainepitoisuus vaihtelee, mutta on kuitenkin liian pieni, minkä vuoksi se joudutaan läjittämään ja myöhemmin kuljettamaan muualle käsiteltäväksi.

Nykyisessä tilanteessa vesilaitoksen sakeuttimelta kauhakuormaajan kauhaan laskettava alite käydään kerran päivässä tyhjentämässä läjitysalueelle. Pilotoitavassa prosessissa alitteeseen lisätään laimennusvettä sekä flokkulanttia, joka saostaa vedessä olevia partikkeleita flokeiksi eli eräänlaisiksi kiinteiksi hiutaleiksi. Tämän jälkeen laimennettu liete pumpataan letkupumpulla flokkusreaktoriin eli pitkään spiraalimaiseen putkeen, jolla pidennetään flokkulantin reagointiaikaa ja -matkaa. Näin varmistetaan sen mahdollisimman täydellinen toiminta. Flokkulantin käyttö on tarpeellista, koska se auttaa saostamaan lietteessä olevaa hienoaainesta. Seuraavaksi liete siirtyy tilavuudeltaan noin 20 kuutiometrin kokoiseen geotuubiin, jossa lietteestä suodattuu suurin osa vedestä pois. Suodosvesi pumpataan tämän jälkeen takaisin prosessiin laimentamaan lietettä uudelleen (kuva 2). Prosessin seurauksena lietteen kuiva-ainepitoisuus on niin suuri, että sen läjitykseltä vältytään ja se voidaan kustannustehokkaasti kuljettaa suoraan pois käsiteltäväksi.





KUVA 2. Lietteentuivausprosessin kuvaus.

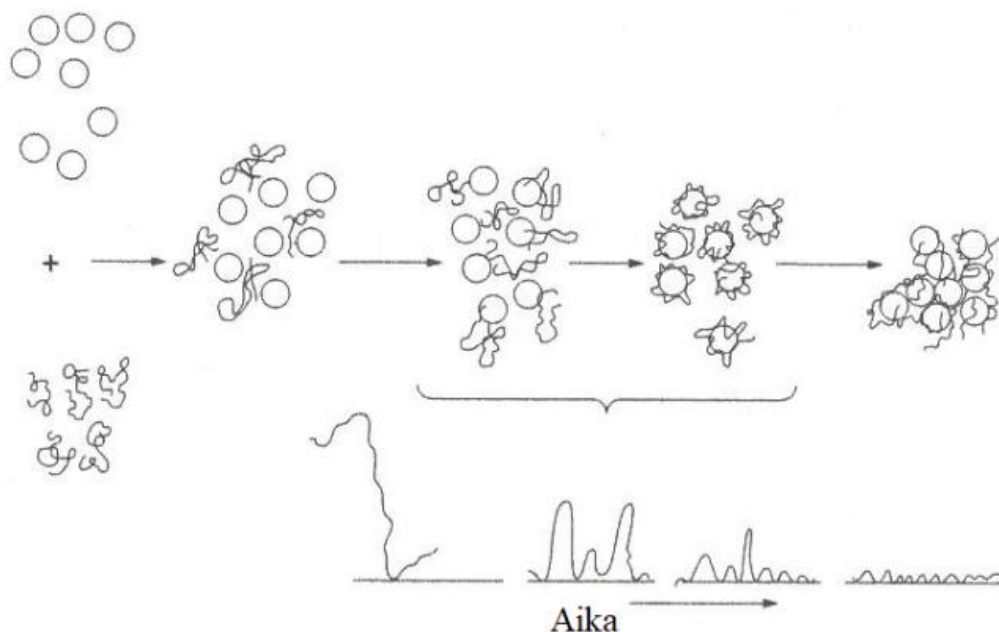
## 2.1 Flokkulointi

Flokkulanttien toiminta perustuu koagulaation ja flokkulaation yhdistelmään. Koagulaatio perustuu pääasiassa metallisuolojen kemiallisiin reaktioihin, kuten kolloidisten hiukkasten pintavarausten pienentämiseen, jolloin hiukkaset pystyvät lähentymään toisiaan. Flokkulaatiossa nämä pienet hiukkaset sidotaan toisiinsa, ja näin saadaan muodostumaan suurempia flokkeja. Epäorgaanisia koagulantteja käytettäessä primäärisinä koagulantteina käytetään yleisimmin alumiini- tai rautasuoloja. Flokkulaatiossa käytetään myös erilaisia synteettisiä polymeerejä, joita käytetään usein kokonaan korvaamaan epäorgaaniset koagulantit eli primäärinenä koagulanttina, tai koagulointiapuaineena, jolloin polymeeri toimii epäorgaanisen koagulantin lisänä. Koagulanttipolymeereistä käytetään usein nimitystä flokkulantti. Tässä työssä flokkulantilla tarkoitetaan koagulointiin käytettävää polymeeriä. (4, s.14–16, 23; 5, s. 13.)

Erilaisia synteettisiä polymeerejä on käytetty vedenkäsittelyssä jo yli viidenkymmenen vuoden ajan. Nykyisin on käytössä jo yli tuhat erilaista polymeeriä, ja niitä käytetään lähes kaikissa vedenkäsittelylaitoksissa. Sopivin polymeeri valitaan

usein erilaisten kokeiden perusteella. Polymeeri voidaan valita myös suoraan valmistajan suositusten perusteella ainakin silloin, kun käsiteltävän veden koostumus on hyvin tunnettu (4. s. 22). Tässä työssä sopiva polymeeri valittiin kahdeksasta eri vaihtoehdosta laboratorioskokeiden perusteella.

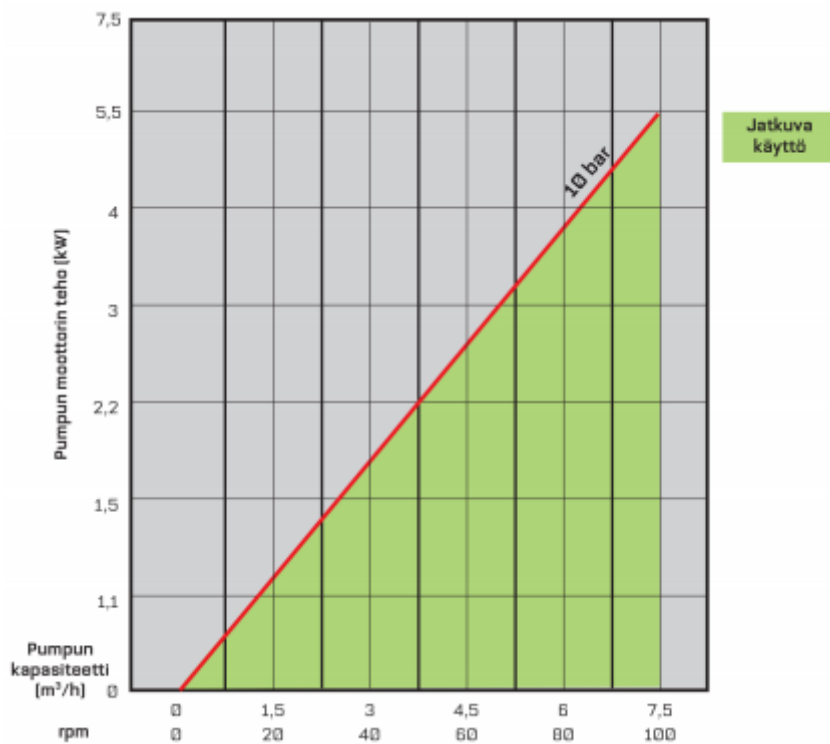
Useimmiten polymeerit ovat synteettisiä orgaanisia aineita, mutta myös joitain luonnosta sellaisenaan löytyviä polymeerejä on kaupallistettu. Usein käytettyjä polymeerejä ovat esimerkiksi polyakryyliamidi, polyamiinit ja disyaanidiamidit. Polymeerien käytössä on otettava huomioon, että tietyt polymeerit sisältävät pieniä määriä myrkyllisiä yhdisteitä. Polymeerejä kuitenkin käytetään hyvin pieninä pitoisuuksina, joten suurta vaaraa niistä ei ole. Polymeerit luokitellaan usein kahden pääluokkaan: positiivisia varauksia sisältävät polymeerit ovat kationisia polymeerejä ja negatiivisia varauksia sisältävät ovat anionisia polymeerejä. Elektrostaattisen sidosmekanismin lisäksi polymeerien toiminta perustuu silloitusmekanismiin, joka on esitetty kuvassa 3. Polymeerejä käytetään yleensä laimeana, esimerkiksi 0,1-prosenttisenä vesiliuoksena, jota lisätään pieni määrä käsiteltävään veteen. (4, s. 25; 6, s. 139.)



KUVA 3. Polymeerin silloitusmekanismi lisäyshetkestä alkaen (7, s. 249)

## 2.2 Pumppaus

Kuumavalssaamon lietteenkäsittelyn pilotoinnissa lietteen pumppaus toteutettiin samalla pumpulla, jolla pumpattiin myös suodosvesi takaisin prosessiin. Pumpuna käytettiin Flowroxin valmistavaa LPP-T40 -letkupumppua, joka soveltuu hyvin jopa 80 % kuiva-ainetta sisältävien lietteiden pumppaukseen. Pumpua ei ole varustettu taajuusmuuttajalla, joten sitä käytettiin aina täydellä teholla. Pumpu oli varustettu 2,2 kW:n tehoisella moottorilla, jolloin sen tuotto valmistajan mukaan on noin 3,75 m<sup>3</sup>/h. Kuvasta 4 nähdään valmistajan ilmoittama tuottokuvaaja pumpulle.



KUVA 4. Käytetyn pumpun tuottokuvaaja (8)

Pumpun nostokorkeus voidaan laskea kaavalla 1 (9, s. 99).

$$h = \frac{p}{\rho g}$$

KAAVA 1

h = nostokorkeus (m)

p = hydrostaattinen paine (Pa)

$\rho$  = pumpattavan aineen tiheys ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = maan vetovoiman kiihtyvyys ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

Pumpattavan aineen tiheyden arvioitiin ennen testejä olevan noin  $1500 \text{ kg/m}^3$ .

$$h = \frac{1000000 \text{ Pa}}{1500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 68,0 \text{ m}$$

Pilotoitavassa tilanteessa nostokorkeutta on vain noin 1,5 metriä ja paineletkun pituus on noin 10 metriä, joten voidaan olettaa pumpun nostokorkeuden riittävän helposti, vaikka pumpattavan aineen viskositeetti onkin paikoin erittäin suuri.

Pumpun imupuolen teoreettinen nostokorkeus normaalissa ilmanpaineessa voi olla

$$h = \frac{101\,325 \text{ Pa}}{1500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 6,89 \text{ m}$$

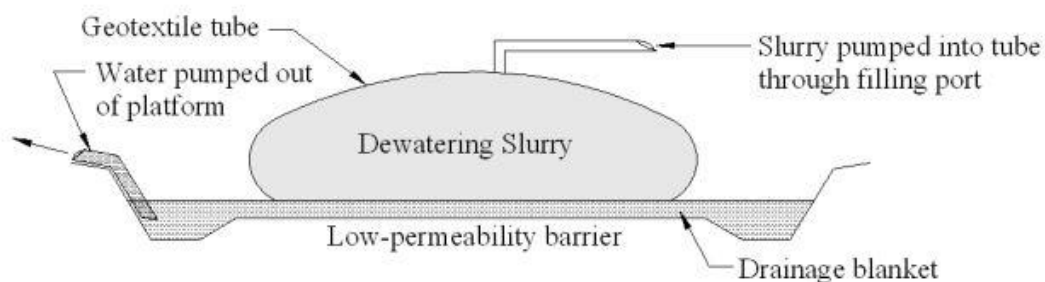
Tässä tapauksessa imupuolella ei ole pumpattaessa korkeuseroja, mutta ongelmia voi aiheuttaa pumpattavan aineen suuri viskositeetti. Tämän takia pumpun tuottokapasiteetti jää huomattavasti valmistajan ilmoittamaa pienemmäksi. Kun pumpattavan fluidin viskositeetti kasvaa liian suureksi, pumpun imupuolelle voi syntyä tyhjiö. Kavitaatio ei tässä tapauksessa ole ongelma, koska kyseessä on letkupumppu. Kavitaatiolla tarkoitetaan imupuolen paineen alenemisesta johtuvaa veden kiehumista, joka aiheuttaa keskipakopumpuissa juoksupyörän nopeaa kulumista.

### 2.3 Geotekstiilituubit

Geotekstiilituubeja on käytetty maailmalla jo vuosikymmenien ajan erilaisiin tarkoituksiin. Jopa hiekkasäkki on eräänlainen geotekstiilisäiliö. Hiekkasäkkejä käytetään esimerkiksi tulvien torjunnassa. Tällä vuosituhannella geotekstiilituubeja on alettu käyttää hienojakoisempien ainesten säilömiseen. Tuubien avulla voidaan käsitellä monenlaisia ympäristömyrkyjä sisältäviä lietteitä. Geotuubeja käytetään loppusijoitukseen, jolloin ne jätetään paikalleen, tai lietteen kuivauk-

seen, jolloin ne kuljetetaan muualle tai käsitellään kuivauksen jälkeen. Kuivauksella voidaan pyrkiä esimerkiksi vähentämään aineksen kuljetuskustannuksia. (10, s. 9–12.)

Kun tuubia täytetään, siihen pumpattava liete muodostaa siihen suodatinkerroksen, jolloin tuubi suodattaa vedestä hyvin hienonkin aineksen. Lietteen vesipitoisuudesta riippuen tuubi voidaan pumpata täyteen useita kertoja, koska lietteen tilavuus pienenee veden poistuessa tuubista. Kuvassa 5 on esitetty maan päälle sijoitetun geotekstiilituubin toimintaperiaate. (10, s. 12.)



*KUVA 5. Geotekstiilituubin toimintaperiaate (11, s. 11)*

Geotekstiilituubeja käytetään erikokoisina käyttötarkoituksesta riippuen: pienimmät ovat kooltaan 10 m<sup>3</sup> ja suurimmat jopa 1000 m<sup>3</sup>. Tuubi valmistetaan esimerkiksi vahvasta polypropeenilangasta kutomalla ja ompelemalla kudotut tekstiilit yhteen. Vaatimukset tuubin kestävyydelle ovat suuret: sillä tulee olla erittäin suuri vetolujuus, ja sen tulee kestää mahdollista UV-valoa, kemikaaleja sekä happamia tai emäksisiä olosuhteita. (10, s. 13.)

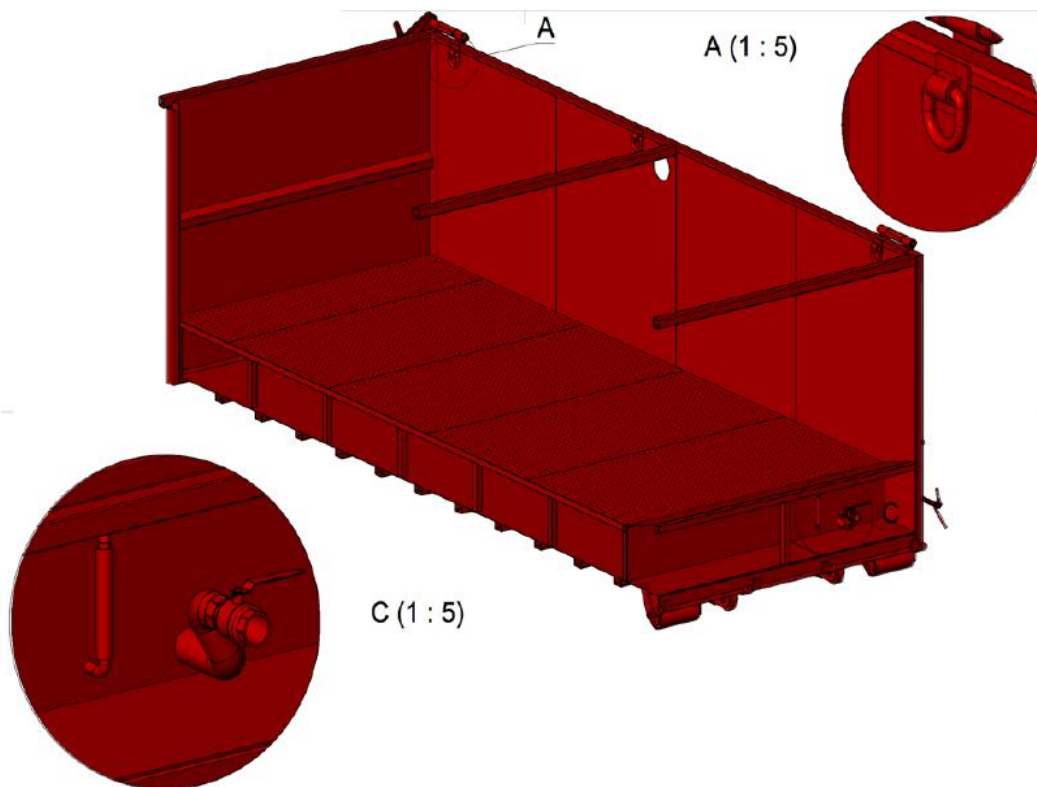
## **2.4 OwaGtube**

Pilotoinnissa käytettiin Owatecin OwaGtube-vaihtolavayksikköä, joka on geotubimenetelmään perustuva vaihtolavayksikkö. Vaihtolavayksikön sisällä on geotubi, johon flokattu kiintoaine pumpataan. OwaGtubessa on erillinen alapohja, johon geotubista suodatettu puhdistunut vesi kertyy. Alapohjassa on venttiili, josta vesi voidaan pumpata pois. OwaGtubea valmistetaan myös lämmitysvasuksilla varustettuna, jolloin sitä voidaan käyttää myös ulkona ympärivuotisesti. Kuvassa 6 on esitetty OwaGtube kuvattuna ulkopuolelta.



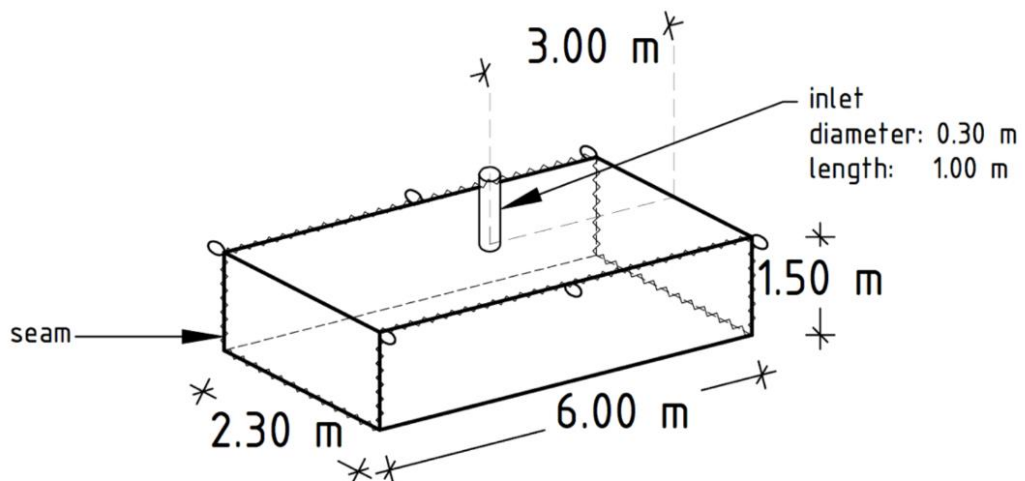
*KUVA 6. OwaGtube-vaihtolavayksikkö (12)*

Kuvassa 7 nähdään OwaGtube-yksikön rakennetta. Kuvasta nähdään alapohja, johon suotovesi kertyy, sekä suotoveden poistohana. Lisäksi kuvasta voidaan havaita ripustuslenkit geotekstiilituubille.



KUVA 7. OwaGtuben rakenne (13)

Vaihtolavayksikön sisällä on tilavuudeltaan 20,7 m<sup>3</sup>:n kokoinen geotuubi, jonka mitat on esitetty kuvassa 8.



KUVA 8. Geotuubin rakenne (13)

Kuvassa 9 näkyy geotuubi sijoitettuna OwaGtuben sisälle. Kuvassa näkyy myös vaihtolavayksikön seiniin kiinnitettyjä "gridejä". Ne ovat reikälevyjä, joiden avulla geotuubin ja seinän väliin jää ilmaa ja vesi pääsee valumaan alas.



*KUVA 9. OwaGtuben sisälle sijoitettu geotuubi (14)*



### 3 OWAGTUBE-MENETELMÄN PILOTOINTI

Työn suoritus aloitettiin laboratorion kokeilla, joilla määritettiin vesilaitoksen sakeuttimelta tulevan alitteen kuiva-ainepitoisuus, etsittiin sopiva polymeeri flokkaukseen ja suoritettiin Shopping Bag -koe, jolla testattiin geotuubin soveltuvuutta alitteen kuivaukseen. Tämän jälkeen siirrettiin tarvittava kalusto paikan päälle ja aloitettiin täyden mittakaavan testaus, joka kesti kolme viikkoa. Testin jälkeen tutkittiin suodattuneen alitteen ja suodosveden kiintoainepitoisuudet.

#### 3.1 Kuiva-aineanalyysi ennen pilotointia

Kuiva-aineanalyysi lietteelle tehtiin SFS-standardin mukaisesti. Kuiva-aine on se näytteen massa, joka jää jäljelle, kun siitä haihdutetaan vesi pois. Kuiva-ainepitoisuus ilmoitetaan prosentteina. Kuiva-ainepitoisuus lasketaan kaavalla 2:

$$X = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100 \% \quad \text{KAAVA 2}$$

X = Kuiva-ainepitoisuus (%)

$m_1$  = käytetyn astian massa (g)

$m_2$  = astian ja kuivatun lietenäytteen yhteenlaskettu massa (g)

m = näytteen massa ennen kuivausta (g) (15.)

Kuiva-ainepitoisuus määritettiin Adam PMB 202 -kuiva-aineanalyysointilaitteella (kuva 10), joka pystyy mittaamaan kuiva-ainepitoisuuden 0,05 %:n tarkkuudella.



*KUVA 10. Adam PMN 202 -kuiva-aineanalysaattori*

Laitteella suoritettiin kuiva-aineanalyysi seuraavasti:

1. Asetettiin alumiininen näyteastia laitteeseen ja nollattiin vaaka.
2. Astialle annosteltiin noin 10 grammaa näytettä.
3. Käynnistettiin laite, jolloin se kuivaa näytteen ja punnitsee jäljelle jäävän kuiva-ainemäärän.

4. Lopuksi luettiin näytöltä laitteen antama kuiva-aineosuus (%).

Kuumavalssaamon vesilaitoksen alitteen kuiva-ainepitoisuudeksi ennen suodattamista saatiin 66,24 %.

### 3.2 Flokkauskokeet

Flokkauskokeilla pyrittiin etsimään sopiva flokkulantti ennen pilotoinnin aloittamista. Owaterc suoritti itse flokkauskokeet.

Flokkauskokeeseen valittiin seuraavat flokkulantit:

1. FLOPAM FO 4440 SH
2. FLOPAM FO 4190 SH
3. FLOPAM FO 4650 SH
4. FLOPAM FO 4800 SH
5. C496 HMW
6. C491 HMW
7. C494 HMW
8. C498 HMW.

Koe suoritettiin seuraavasti:

1. Jokaisesta flokkulantista valmistettiin 0,1-prosenttiset vesiliuokset.
2. Käsiteltävästä lietteestä tehtiin laimennokset suhteilla 1:1, 1:2, ja 1:3.
3. Laimennettuun näytteeseen lisättiin flokkulanttia niin, että sen pitoisuus koko näytteessä oli 2–10 ppm. Koe tehtiin eri pitoisuuksilla, jotta nähtiin, mikä määrä flokkulanttia riittää.
4. Näytettä sekoitettiin ensin nopeasti 20 sekunnin ajan.
5. Näytteen annettiin flokkaantua 10 minuutin ajan.
6. Näyteastioista otettiin kuvat, jotta voitiin vertailla lopputuloksia eri näyte-laimennoksilla ja flokkulanttipitoisuuksilla.

Kuvasta 11 nähdään, miten saostuminen eroaa käytettäessä eri flokkulantteja. Kuvan näyteastioissa 1-3 on FLOPAM FO 4440 SH -flokkuanttia eri pitoisuuksilla annosteltuna. Astiassa 4 on FLOPAM FO 4650 SH -flokkuanttia, jonka todettiin

toimivan tässä kokeessa parhaiten. Astiassa 5 käytettiin C494 HMW -flokku-  
lantia ja astiassa 6 käytettiin C498 HMW -flokku-  
lantia.



*KUVA 11. Esimerkki flokkauskokeen lopputuloksista*

Kokeen lopputuloksena Owater Group Oy totesi, että parhaiten lietteen erottami-  
sessa toimi FLOPAM FO 4650 SH -flokku-  
lantti. Lähes yhtä hyvin toimivat FLO-  
PAM FO 4440 SH ja C496 HMW. Kokeiden perusteella lietteen laimennussuhde  
ennen flokkulointia tulee olla vähintään 1:1. Paras erottuminen saatiin flokkulantin  
pitoisuudella 7 ppm, mutta 5 ppm:n pitoisuus toimi lähes yhtä hyvin.

### 3.3 Shopping Bag -koe

Kun on tiedossa oikea flokkulantti, sen annostelu ja näytteen laimennussuhde, voidaan niin sanotulla Shoppin Bag -kokeella tarkastella pienessä mittakaavassa geotekstiilin suodatuskykyä ja näytteen kuivumista geotuubissa. Shopping Bag -kokeen suoritti Owatec Goupin henkilökunta.

Koe suoritettiin seuraavasti:

1. Valmistettiin näytteestä 30 litran kokoinen näyte, jossa laimennossuhde oli 1:1.
2. Näytettä sekoitettiin huolellisesti porakoneella, johon oli kiinnitetty maalinsekoitusvispilä.
3. Näytteeseen sekoitettiin flokkauskokeen tulosten mukainen määrä flokkulanttia, joka oli todettu tässä tapauksessa toimivimmaksi.
4. Näyte punnittiin.
5. Kuvan 12 mukaisesti kaadettiin valmistettu näyte geotekstiilistä valmistettuun Shopping Bag -koepussiin.



*KUVA 12. Shopping Bag -näytepussi ja näytteen kaataminen*

6. Näyte punnittiin heti kaatamisen jälkeen, 15 minuutin kuluttua kaatamisesta ja 20 tunnin kuluttua kaatamisesta.
7. Näytteen kuiva-ainepitoisuus analysoitiin luvun 4.1 mukaisesti 20 tunnin kuluttua kaatamisesta.

Lopputuloksena saatiin näytteen paino eri vaiheissa sekä kuiva-ainepitoisuus kokeen lopussa (taulukko 1).

*TAULUKKO 1. Näytteen massa Shopping Bag -kokeessa*

Ajankohta	Näytteen massa (kg)
Ennen kokeen alkua	45
Heti kaatamisen jälkeen	32,1
15 min	30,5
20 h	24,4

Näytteen kuiva-ainepitoisuus 20 tunnin jälkeen oli 73,25 %.

### **3.4 Pilotointi kuumavalssaamon vesilaitoksella**

Pilotointi kuumavalssaamon vesilaitoksella aloitettiin tammikuun lopussa 2019, jolloin siihen tarvittava kalusto siirrettiin kohteeseen. Pilotointi toteutettiin kuvassa 1 näkyvän kaavion mukaisesti pois lukien flokkausreaktori, jonka tarkoituksena olisi ollut lisätä polymeerin reaktiomatkaa lietteen kanssa, jotta flokkautuminen ehtii tapahtua. Koska lietteestä piti tehdä 50-prosenttinen vesilaimennus flokkautumisen lisäksi myös pumpattavuuden parantamiseksi, päätettiin polymeeri lisätä ja sekoittaa seokseen jo kauhassa. Tästä johtuen erillistä flokkausreaktoria ei tarvittu reaktioajan lisäämiseksi. Kuvassa 13 näkyy kauha, johon liete lasketaan sakeuttimelta.



*KUVA 13. Kuormaajan kauha*

Koska lietteessä olevan kiintoaineen tiheys on selvästi veden tiheyttä suurempi, sitä täytyy pumppauksen aikanakin sekoittaa mahdollisimman tehokkaasti, jotta kiintoaine ei laskeudu pohjalle ja vesi nouse pintaan. Mikäli näin pääsee käymään, lietteen pumpattavuus heikkenee merkittävästi. Sekoituksessa käytettiin muun muassa sekoituskonetta, jolle rakennettiin teline kauhan päälle (kuva 14).



*KUVA 14. Sekoituskone ja sille rakennettu teline*

Käytössä oli vain yksi letkupumppu, jolla tehtiin sekä suodosveden pumppaus takaisin kauhaan että itse lietteen pumppaus geotuubiyksikköön. Laimennosta tehtäessä huomattiin, että yksittäisen sekoituskoneen teho ei riitä koko lietteen tasaiseen sekoittamiseen. Tämän takia pumppausprosessi toteutettiin niin, että koko lietemäärälle ei edes pyritty kerralla tekemään 50-prosenttista vesilaimennosta, vaan suodosvettä pumpattiin kauhaan esimerkiksi noin 1 m<sup>3</sup>:n verran, ja sekoitettiin se määrä mahdollisimman hyvin osaan lietteestä. Tämän jälkeen laimennettu liete pumpattiin geotuubiin, ja prosessi toistettiin niin monta kertaa, että kauha saatiin tyhjäksi. Kuvassa 15 pumpataan suodosvettä takaisin kauhaan laimentamaan lietettä.





*KUVA 15. Suodosveden pumppaus takaisin*

Tavallisessa tilanteessa kauhakuormaaja tyhjentää kauhan joka toinen päivä. Kauhaan kertyy lietettä noin 2 m<sup>3</sup> päivässä. Pilotissa kauha käytiin pumppaamassa tyhjäksi joka arkipäivä.

Koska käsiteltävän lietteen tiheydeksi geotuubikuivauksen jälkeen arvioitiin ainakin 2 t/m<sup>3</sup> ja geotuubin tilavuus on noin 20 m<sup>3</sup>, täytyi OwaGtuben kokonaispaino ottaa huomioon, jotta se voidaan kuivauksen lopuksi tyhjentää. Käytettävissä olevan kuorma-autokaluston kantavuus oli 30 tonnia. Kun OwaGtube-yksikkö tyhjänä painaa arviolta 2 tonnia, voitiin näytettä pumpata geotuubiin maksimissaan

28 tonnia eli  $14 \text{ m}^3$ . Tämän vuoksi täytyi laskea, kuinka paksu kerros lietettä geotuubiin voidaan pumpata, jotta massa on arvioitavissa. Paksuus laskettiin kaavalla 3:

$$\frac{V_{\max}}{X \times Y} = Z$$

KAAVA 3

$V_{\max}$  = lietteen maksimitilavuus ( $\text{m}^3$ )

X = Geotuubiyksikön leveys (m)

Y = Geotuubiyksikön pituus (m)

Z = Lietekerroksen paksuus (m)

$$\frac{14 \text{ m}^3}{2,3 \text{ m} \times 6,0 \text{ m}} = 1,0 \text{ m}$$

Näin ollen lietettä pumpattiin geotuubiyksikköön niin kauan, että sitä oli keskimäärin noin yhden metrin paksuinen kerros. Heti tämän jälkeen geotuubissa olevasta lietteestä otettiin näyte kuiva-ainepitoisuuden määrittämistä varten sekä suotovedestä näyte kiintoainepitoisuuden määrittämistä varten, minkä jälkeen liete jätettiin geotuubiin kuivumaan 11 päivän ajaksi. Sama näytteenotto toistettiin kuuden päivän kuluttua pumppauksen lopettamisesta sekä 11 päivän kuluttua tyhjennyksen yhteydessä. Laadukas ja edustava näyte lietteestä saatiin vasta tyhjennyksen yhteydessä, kun voitiin ottaa kokoomänäyte geotuubin eri kerroksista. Tätä ennen voitiin ottaa näytteet vain tuubin pinnalta.

### 3.5 Kuiva-aineanalyysit geotuubissa suodattuneesta lietteestä

Kuiva-ainepitoisuus geotuubissa kuivuneesta lietteestä toteutettiin samalla tavalla kuin kohdassa 4.1. Heti pumppauksen lopettamisen jälkeen geotuubin yläkerroksissa lietteen kuiva-ainepitoisuus oli 71,70 %. Kuuden päivän kuluttua pumppauksen lopettamisesta geotuubin yläkerroksissa kuiva-ainepitoisuus oli 73,70 %.

Kun liete oli kuivunut OwaGtube-yksikössä 12 päivää, mitattiin siitä kuiva-ainepitoisuudet neljältä eri syvyydeltä. Näytteitä otettiin neljä: yksi pinnalta, toinen 30

cm:n syvyydeltä, kolmas 50 cm:n syvyydeltä ja neljäs pohjalta. Näille tehdyissä kuiva-aineanalyysissä keskimääräiseksi kuiva-ainepitoisuudeksi saatiin 75,9 %.

### **3.6 Tulokset**

Pilotoinnin aluksi suoritettiin lietteelle kuiva-ainepitoisuusmääritykset sekä etsittiin sopiva polymeeri flokkautumisen tehostamiseksi. Alitteen kuiva-ainepitoisuus ennen käsittelyä oli 66,25 %. Sopivimmaksi polymeeriksi todettiin FLOPAM FO 4650 SH, jota käytettiin laboratoriossa suoritetuissa Shopping Bag -kokeissa. Shopping Bag -kokeiden perusteella todettiin, että näytteen kuiva-ainepitoisuus 20 tunnin suodattamisen jälkeen oli 73,25 %. Kuiva-ainepitoisuus nousi laboratorio-olosuhteissa riittävän paljon, jotta voitiin todeta täyden mittaluokan pilotointi kannattavaksi.

Täyden mittaluokan pilotoinnin tuloksena saatiin arvokasta tietoa siitä, miten prosessia tulee kehittää, jotta se voitaisiin tulevaisuudessa saada toimimaan jatkuvassa käytössä. Todettiin, että kuormaajan kauhassa näytteen sekoittaminen on hankalaa. Lisäksi pumppaaminen kauhasta tuotti ongelmia mutta onnistui. Huomattiin lietteen olevan niin painavaa, että geotuubiyksikköä ei voi täyttää läheskään täyteen, jotta sen paino ei nouse niin suureksi, ettei sitä voi enää siirtää.

Pilotoinnin jälkeen geotuubissa olevan näytteen kuiva-ainepitoisuuden muuttamista seurattiin. Todettiin, että 12 päivän aikana lietteen kuiva-ainepitoisuus kasvoi 66,25 %:sta 75,90 %:iin.

## 4 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli selvittää OwaGtube-menetelmän soveltuvuutta terästehtaan kuumavalssaamalla syntyvän lietteen käsittelyssä. Työ sisältyi SYMMET-hankkeeseen, jossa Owatec Group on mukana.

Sekä pilotointia edeltävät laboratoriokeet että itse pilotointi osoittivat, että OwaGtube-menetelmä soveltuu tähän käyttötarkoitukseen. Lietteiden kuiva-ainepitoisuutta saadaan nostettua niin nopeasti ja paljon, että sen kuivaaminen on kannattavaa. Itse käytännön toteutus jatkuvassa käytössä vaatii vielä kehitystyötä. Tällä hetkellä liete lasketaan suureen kauhakuormaajan kauhaan, josta sen pumppaus on hankalaa suuren viskositeetin ja tiheyden takia. Tämän lisäksi liete sisältää paljon painavia aineita kuten rautaa, jotka painuvat nopeasti pohjalle ja kevyempi vesi nousee pintaan. Näistä seikoista johtuen kauhan tilalla tulisi olla tarkoituksenmukainen astia, joka olisi varustettu jatkuvalla sekoituksella. Tästä astiasta pumppaus hoidettaisiin automatiikan avulla jatkuvatoimisesti geotuubiin. Automatiikka voisi toimia niin, että astia olisi varustettu pinnankorkeusanturilla. Pinnan noustessa tietylle tasolle pumppu käynnistyisi ja pumppaisi astian tyhjäksi.

Samassa astiassa voitaisiin hoitaa veden sekoitus lietteeseen. Toisena vaihtoehtona on, että liete laskettaisiin sakeuttimelta alas siten, että se sisältäisi hieman nykyistä enemmän vettä. Näin se voitaisiin pumpata sekoitusastiasta suoraan geotuubiin. Matkalla siihen sekoitettaisiin annostelupumpulla oikea määrä flokkulanttia. Annostelupumppu toimisi automaattisesti siten, että se käynnistyisi aina samaan aikaan lietepumpun kanssa. Geotuubin alapohjaan kertyvä suotovesi on niin puhdasta, että se voitaisiin laskea letkun avulla painovoimaisesti suoraan viemäriin.

Sekoitusastian tulisi olla niin suuri, että pumppauksen keskeytyessä (esimerkiksi geotuubiyksikön vaihto) siihen voitaisiin laskea sakeuttimelta lietettä ainakin vuorokauden ajan ilman, että sitä tarvitsee tyhjentää. Astian koko voisi olla esimerkiksi 2 m<sup>3</sup>. Näin saataisiin riittävä ”pelivara” huoltotoimille. Geotuubiyksikön tyhjennys suoritettaisiin 1–2 viikon välein tarpeen mukaan. Käytössä voisi olla kaksi

OwaGtube-yksikköä, jolloin toisen tullessa täyteen voitaisiin toinen jättää muutama viikon ajaksi kuivumaan.

Mielestäni työn suoritus onnistui hyvin, ja siitä saatiin arvokasta tietoa OwaGtube-menetelmän soveltuvuudesta tähän käyttötarkoitukseen.

## LÄHTEET

1. Owatec osallistuu SYMMET-tutkimushankkeeseen. 2019. Owatec Group Oy. Saatavissa: <https://www.owatec.fi/owatec-osallistuu-symmet-tutkimushankkeeseen/>. Hakupäivä 23.2.2019.
2. Yritys. 2019. Owatec Group Oy. Saatavissa: <http://owa.fi/yritys/>. Hakupäivä 14.1.2019.
3. Alahäivälä, Henrikki 2009. Hilsepesujärjestelmän kehittäminen. Opinnäytetyö. Ylivieska: Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: [http://www.cou.fi/opinnaytetyot/julkaisut/Alahaivala\\_Henrikki.pdf](http://www.cou.fi/opinnaytetyot/julkaisut/Alahaivala_Henrikki.pdf). Hakupäivä 17.1.2019.
4. Leppisaari, Joonas 2017. Koagulaation ja flokkulaation optimointi teollisuuden pesujäteveden käsittelyssä. Diplomityö. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/25063/Leppisaari.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Hakupäivä 18.1.2019.
5. Aaltonen, Heini 2013. Flokkulanttien käyttö sakeuttimella. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu, kemiantekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/53570/OppariVALMIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Hakupäivä 18.1.2019.
6. Karttunen, Erkki 2004. RIL 124-2 Vesihuolto II. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL R.Y.
7. Bratby, John 2016. Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment. Lontoo: IWA Publishing
8. LPP-T40 Letkupumppu. 2019. Esite. Frowrox. Saatavissa: [https://www.flowrox.com/files/207/Flowrox\\_LPP-T40\\_technical\\_datasheet\\_FI\\_2017.pdf](https://www.flowrox.com/files/207/Flowrox_LPP-T40_technical_datasheet_FI_2017.pdf). Hakupäivä 4.2.2019.
9. Tekniikan kaavasto. 2000. Tampere: Tammertekniikka Oy.

10. Kaarela, Taneli 2015. Geotekstiilituubien käyttöpotentiaali Suomessa. Diplomityö. Oulu: Oulun yliopisto, teknillinen tiedekunta, ympäristötekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201503031129.pdf>. Hakupäivä 24.1.2019.
11. Maurer, Brett. W 2009. Flocculation and Filtration in the Geotextile Tube Environment. Syracuse University. Saatavissa: [https://www.researchgate.net/publication/313025610\\_Flocculation\\_and\\_Filtration\\_in\\_the\\_Geotextile\\_Tube\\_Environment](https://www.researchgate.net/publication/313025610_Flocculation_and_Filtration_in_the_Geotextile_Tube_Environment). Hakupäivä 31.1.2019.
12. OwaGtube. 2019. Owaterc Group Oy. Saatavissa: <https://www.owatec.fi/tuotteet/kuivaus/>. Hakupäivä 4.2.2019.
13. Flowrox Geobag. Esite. Flowrox.
14. Flowrox Geobox. Esite. Flowrox. Saatavissa: [https://www.flowrox.com/files/967/GeoBox\\_datasheet\\_11-2018.pdf](https://www.flowrox.com/files/967/GeoBox_datasheet_11-2018.pdf). Hakupäivä 4.2.2019.
15. SFS 3008. 1990. Veden, lietteen ja sedimentin kuiva-aineen ja hehkutusjännöksen määrittäminen. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
16. SFS-EN 872. 2005. Water quality. Determination of suspended solids. Method by filtration through glass fibre filters. Suomen Standardisoimisliitto SFS.