

Prosessikemikaalien optimointi
Kullaanvuoren
jätevedenpuhdistamolla

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Inisnööri AMK
Ympäristötekniikan
koulutusohjelma
Ympäristövesiteknikka
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Timo Järvinen

Lahden ammattikorkeakoulu
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Järvinen, Timo:

Prosessikemikaalien optimointi
Kullaanvuoren
jätevedenpuhdistamolla

Vesitekniikan opinnäytetyö, 29 sivua, 3 liitesivua

Kevät 2017

TIIVISTELMÄ

Suomen laki määrittää jätevedenpuhdistuksen pakolliseksi. Jätevedeksi määritetään kaikki yhdyskunta- sekä teollisuusjätevedet. Puhdistuksen tarkoituksena on poistaa haitallisia ympäristöä kuormittavia tekijöitä, kuten typpeä ja fosforia. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa mahdollisuuksia parantaa kemiallista puhdistusprosessia. Työ tehtiin Nokian Veden Kullaanvuoren puhdistamolla. Työn tuloksia on tarkoituksena käyttää laitoksen kemiallisen optimoinin jatkotutkimuksissa perustana.

Kemiallisella puolella työ suuntautui ferrisulfaattiin ja kuivaus- sekä kunnostuspolymeereihin. Työtä tarkasteltiin niin, että laitoksen puhdistustulokset eivät kärsineet. Työssä käytettiin apuna maahantuojien ja valmistajien tietotaitoa. Kuiva-ainepitoisuudet tutkittiin KVVY:n laboratoriossa.

Tuloksilla pyrittiin saavuttamaan paremmat puhdistustulokset sekä myös taloudellisia hyötyjä. Jätevedenpuhdistuslaitoksilla nykyajan suuntaus on kiristävät lupaehdot sekä kustanteiden nouseminen. Tämän työn tuloksilla pyrittiin tekemään pohjaa jatkuvien kustannuskulujen hillitsemiseksi.

Asiasanat: jätevedenpuhdistus, kuivauspolymeeri, lietteen kuivaus

Lahti University of Applied Sciences
Degree programme in Environmental Technology

Järvinen, Timo:

Optimization of process chemicals in
the Kullaanvuori wastewater
treatment plant.

Bachelor's thesis in Water technology

29 pages, 3 pages
of appendices

Spring 2017

ABSTRACT

Finland's law requires wastewater treatment as compulsory. Wastewater is defined as all municipal and industrial wastewater. The purpose of purifying the wastewater is to eliminate harmful environmental factors such as nitrogen and phosphorus. The purpose of this thesis was to explore the possibilities of improving the chemical purification process. The work was done at the Kullaanvuoren wastewater treatment plant, which is owned by Nokian Vesi Oy. The results of the work are intended to be used as a basis of further research.

On the chemistry side the work was directed to ferric sulphate together with drying and refurbishing polymers. The work was done in a way that the purifying results would not suffer. The work involved the know-how of importers and manufacturers together with an outside laboratory.

The study sought to achieve better cleaning results as well as economic benefits. Today's wastewater treatment plants face the challenges of tightening permit conditions and rising expenses. The results of this work sought to lay the groundwork for curbing the growing costs.

Key words: wastewater treatment, drying polymer, decanter centrifuge

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	NOKIAN VESI OY	2
2.1	Yhtiön taustatiedot	2
2.2	Veden toimitus ja jätevedenpuhdistus	2
2.2.1	Maatilan vesilaitos	2
2.2.2	Kullaanvuoren ja Siuron jätevedenpuhdistamot	2
2.3	Lukuja ja tilastoja	3
2.3.1	Käyttövesi	3
2.3.2	Jätevesi	4
3	KULLAANVUOREN PUHDISTAMON PROSESSIKAAVIOKUVAUS	5
3.1	Välppäys ja hiekanerotus	5
3.2	Kemikaalien syöttö	5
3.2.1	Polymeeri	5
3.2.2	Ferrisulffaatti	6
3.3	Ilmastusaltaat	6
3.4	Selkeytysaltaat	6
3.5	Tiivistämö ja lietteen kuivaus	6
4	TYÖN SUUNNITTELU	8
4.1	Ferrisulfaatin optimoinnin suunnittelu	8
4.2	Polymeerin optimoinnin suunnittelu	9
4.2.1	Kuivauspolymeerin optimoinnin suunnittelu	9
4.2.2	Mittausten suunnittelu	10
5	TYÖN SUORITUS	11
5.1	Ensimmäinen vaihe	11
5.2	Kuppikokeet	11
5.2.1	Kuppikokeiden tulokset	13
5.3	Koeajot	13
5.3.1	Polymeeri A	16
5.3.2	Polymeeri B	17
5.3.3	Polymeeri C	18
5.3.4	Polymeeri D	18
5.3.5	Polymeeri E	20

5.3.6	Polymeeri F	21
5.4	Näytteiden kirjaaminen	22
6	TULOKSET	23
6.1	Kuiva-ainepitoisuudet	23
6.2	Raja-arvot ja niiden painotukset	25
6.3	Tulosten yhteenveto	27
7	POHDINTA	28
	LÄHTEET	29
	LIITE 1. ESIMERKKI LABORATORIOTULOKSISTA	30
	LIITE 1. ESIMERKKI LABORATORIO TULOKSISTA	31

Käsitteet ja määritelmät

Liete	Laitokselle tulevan orgaanisen kiintoaineen sekä veden muodostama seos.
Ferrisulffaatti	Primaarisaostusaine, joka koostuu kolmiarvoisesta raudasta Fe ³⁺ . Käytetään fosforinpoistoon jätevedestä.
Flokki	Orgaanisesta kiintoaineesta muodostunut saostuma. Flokin kokoa voidaan kasvattaa polymeerin avulla.
Flokkaus	Flokkausta käytetään lietteen ja veden erottamisessa. Flokkauksessa sidotaan orgaaniset aineet toisiinsa isommiksi flokeiksi, jolloin ne erottuvat vedestä helpommin.
Linkous	Linkouksella tarkoitetaan mekaanista lietteen poistoa. Liette pumpataan tiivistämöstä lingolle, joka erittelee suurimman osan vedestä pois lietteestä.
Polymeeri	Polymeeri on molekyyli, jossa useat pienet molekyylit eli monomeerit ovat liittyneet toisiinsa kemiallisin sidoksin katalyyttien vaikutuksesta. Polymeeriä käytetään

jätevedenpuhdistuksessa muodostamaan lietteestä suurempia flokkeja, jotta se on helpompi erotella vedestä.

Kakku

Kuivattua lietettä kutsutaan kakuksi.

TS-mittaus

Total solids, eli kiintoainemittaus.

V

Tilavuuden tunnus. Tässä työssä tilavuutta mitataan useimmiten kuutioissa.

1 JOHDANTO

Suomen jätevedenkäsittelyssä tämän hetken suuntaus on kiristyvät ympäristöluvut. Tiukentuneet parametrit vaativat parempaa puhdistustulosta. Ongelmana useassa kunnassa ja kaupungissa ovat vanhentuneet tekniikat sekä vähäiset resurssit. Heikentynyt taloustilanne aiheuttaa ongelmia jätevedenpuhdistamoiden uudistamisessa.

Kuormituksen kasvaessa ja laitoksen vanhentuessa alkavat kulut nousta varsinkin kemikaalien osalta, sillä laitoksen on päästävä sille asetettuihin lupa-arvoihin. Syötön lisääminen ei aina takaa parempaa puhdistustulosta, koska biologisella osuudella kestää sopeutua uuteen prosessintilaan pidempään kuin mitä kemikaalisella syötöllä voidaan säätää.

Laitoksen kemiallisella optimoinnilla tarkoitetaan päämääräisesti kuivaus- sekä saostuskemikaaleja. Nokian Veden Kullaanvuoren puhdistamon tapauksessa puhutaan polymeeristä sekä ferrisulffaattista. Taloudellisesti ajateltuna kemikaalit ovat noin kolmanneksi suurin kuluerä laitoksen toiminnassa. Ainoat suuremmat kulut tulevat kuivatun lietteen käsittelystä sekä sähköstä.

Työn tarkoituksena oli vähentää laitoksen kemiallisia kuluja, kuitenkin laitoksen puhdistustuloksia heikentämättä. Polymeerin kohdalla oli myös tarkkailtava kuiva-ainepitoisuutta koska lietteen käsittely on laitoksen suurin kuluerä.

Tuotteiden toimittajien kanssa sovittiin, että työssä ei tulla mainitsemaan yhtiöitä, jotka toimittivat polymeerejä laitokselle. Myös polymeerien kuvaaminen, mikä saattaisi paljastaa kyseisen tuotteen, oli kiellettyä.

Työ pohjautuu suurimmaksi osaksi työkokemukseeni jätevedenpuhdistamonhoitajana. Ennen työn valmistumista olin ollut Nokian Vedellä puhdistamonhoitajana noin 2,5 vuotta.

2 NOKIAN VESI OY

2.1 Yhtiön taustatiedot

Nokian Vesi Oy toimittaa vettä päätoimisesti Nokian kaupungin alueelle ja lisäksi puhdistaa kaupungin jätevedet. Sakolietteitä puhdistamolle tulee osittain myös ympäröivistä kunnista. Nokian Vesi Oy aloitti toimintansa osakeyhtiönä 1.1.2014. Ennen osakeyhtiönä toimimista veden toimituksesta vastasi Nokian kaupunki, joka on myös nykyisen Nokian Vesi Oy:n omistaja.

2.2 Veden toimitus ja jätevedenpuhdistus

2.2.1 Maatilan vesilaitos

Maatilan vesilaitos toimii päätoimisena vedenjakelulaitoksena Nokian alueella. Toiminta perustuu normaalin pohjavesilaitoksen tekniikkaan. Pohjavesistä 1/3 on luontaista, 1/3 on rantaimetyksestä syntyvää vettä ja 1/3 on tekopohjavettä. Maatilanharjun alueella on viisi siiviläputkikaivoa, joista vesi pumpataan noin 200 metrin päässä sijaitsevaan vesilaitokseen. Pumpattuun veteen lisätään tämän jälkeen pH:n säätöä varten natronliperä NaOH. Veden pH:n säädön jälkeen vesi johdetaan ilmastustorniin, jossa sitä hapetetaan natriumhypokloriitin avulla. Ilmastuksen tarkoituksena on hiilidioksidipitoisuuden vähentäminen sekä raudan ja mangaanin hapettaminen. Tämän lisäksi vettä suodatetaan aina ennen kemikaalien lisäämistä. Prosessin jälkeen vesi johdetaan puhdasvesisäiliöön, josta se jatketaan verkostoon.

2.2.2 Kullaanvuoren ja Siuron jätevedenpuhdistamot

Nokian Vedellä on kaksi jätevedenpuhdistamoita. Näistä suurempi on Kullaanvuoren jätevedenpuhdistamo. Kullaanvuoren puhdistamo valmistui vuonna 1974, jolloin se toimi ainoastaan kemiallisena puhdistuslaitoksena. Puhdistusprosessi muutettiin vuonna 1988 biologis-kemialliseksi

rinnakkaissaostuslaitokseksi. Kullaanvuoren puhdistamon asukasvastineluku on noin 28 000, eli kyseessä on Suomen mittakaavassa keskikokoinen jätevedenpuhdistamo. Kullaanvuoren puhdistamolle tulee noin 90 % kaikista Nokialla syntyvistä jätevesistä.

Siuron jätevedenpuhdistamo toimii samanlaisella biologis-kemiallisella rinnakkaissaostusmenetelmällä kuin Kullaanvuori. Laitos on rakennettu vuonna 1977. Siuron laitoksen asukasvastineluku on 2 700, joka tekee siitä Suomen mittakaavassa pienen jätevedenpuhdistamon. Siuron puhdistamolle johdetaan Nokian Siuron alueelta virtaavat vedet.

Molemmat laitokset ottavat vastaan yhdyskunta- ja teollisuusjätevesiä. Sakokaivolietteet muodostavat myös ison yksittäisen kuormittajan varsinkin Siuron jätevedenpuhdistamolla. Vanhan ja kuluneen viemäristöverkoston takia laitoksia kuormittavat lisäksi suuret sadevesimäärät.

2.3 Lukuja ja tilastoja

Tilastoinnissa tulee huomioda puhdas käyttövesi sekä likainen jätevesi. Näiden kahden lukuja vertailemalla nähdään, kuinka veden kokonaisuus hahmottuu.

2.3.1 Käyttövesi

Vuonna 2014 verkostoon pumpattiin 1,94 miljoonaa kuutiota puhdasta käyttövettä. Tästä vesimäärästä Maatilan vesilaitos tuotti 1,2 miljoonaa kuutiota, Tampereelta ostettiin 0,024 miljoonaa kuutiota ja loput 0,65 miljoonaa kuutiota tulivat Nokian ja Hämeenkyrön yhteiseltä pohjavesilaitokselta. Laskutettavan veden määrä samana vuonna oli 1,65 miljoonaa kuutiota. Verkoston piiriin kuuluu yhteensä noin 29 000 asukasta. Alueelta löytyy myös useita teollisuus- ja palvelukiinteistöjä, niistä suurempia ovat muun muassa Nokian Renkaat, Nokian Panimo sekä Nanso.

Verkostoa rakennettiin ja uusittiin vuonna 2014 yhteensä noin 2,6 kilometriä. Kokonaan uutta verkostoa rakennettiin noin 1,6 kilometriä ja vanhaa uusittiin noin yhden kilometrin matkalta. Laitoksen verkoston kokonaispituus on noin 272 kilometriä. Verkoston lisäksi alueella on neljä paineenkorottamo.

2.3.2 Jätevesi

Vuonna 2014 viemäristöverkoston piirissä oli 28 100 asukasta. Puhdistamolla käsitellään myös teollisuusvesiä, sakolietteitä sekä umpikaivolietteitä. Laskutettu jätevesimäärä oli 1,85 miljoonaa kuutiota vuonna 2014. Puhdistamolle kuitenkin virtasi vettä yhteensä 3,6 miljoonaa kuutiota, joka johtui viemäristöverkoston päässeestä sadevedestä. Viemäriverkoston kokonaispituus on 230 kilometriä, ja sen lisäksi kaupungin alueella on 121 kilometriä hulevesiviemäristöä. Verkostoa remontoitiin 283 metriä ja uutta rakennettiin 815 metriä 2014 vuoden aikana. Verkostoon kuuluu putkiston lisäksi 61 jätevedenpumppaamo.

3 KULLAANVUOREN PUHDISTAMON PROSESSIKAAVIOKUVAUS

Prosessikaaviota ei koskaan ole tehty sähköiseen muotoon, joten prosessi on kuvattu google earth- satelliittikuvaa muokaten.

3.1 Välppäys ja hiekanerotus

Kullaanvuoren puhdistamolle virtaavasta vedestä poistetaan ensimmäisenä hiekka. Hiekanerotuksen jälkeen vesi välpätään eli siitä poistetaan isot orgaaniset aineet, kuten suuret ruokajätteet, sekä kaikki epäorgaaninen jäte, mitä laitokselle tulee.

Hiekanerotuksena toimii normaali hiekanerotusallas. Altaan toimintaperiaate on se, että vettä raskaampi hiekka valuu altaan syvänteeseen, josta se ei pääse enää pois. Altaan ongelman muodostavat raskaat epäorgaaniset jätteet, jotka myös jäävät altaan pohjalle. Allas tyhjennetään kerran vuodessa.

Välppäys tapahtuu hiekanerotuksen jälkeen perinteisellä porrasvälpällä, jonka portaiden väli on noin 7 mm. Välppä erottaa vedestä helposti kaiken hiemankin suuremman jätteen, joka työnnetään mäntäpuristimella putkea pitkin lavalle. Lavalta jäte kuljetetaan kaatopaikalle poltettavaksi.

3.2 Kemikaalien syöttö

Polymeerin sekä ferrisulfaatin pumput ja sekoitusaltaat löytyvät samasta rakennuksesta kuin välppäys ja hiekanerotus. Tästä rakennuksesta ne pumpataan altaille sekä ensimmäiseen syöttöpisteeseen, joka sijaitsee heti välpän jälkeen.

3.2.1 Polymeeri

Prosessiin syötettävä kunnostuspolymeeri sekoitetaan veteen, jolloin se muodostaa helposti pumpattavan polymeeriliuoksen. Polymeeriliuos syötetään epäkeskopumpuilla ilmastusaltaan loppupäähän. Polymeeri

muodostaa ilmastuksen ja selkeytyksen välillä mahdollisimman suuren flokin, joka tämän jälkeen vajoaa selkeysaltaan pohjalle.

3.2.2 Ferrisulffaatti

Ferrisulffaattia syötetään jäteveeseen sekä heti välppäyksen jälkeen että ilmastusaltaan loppupäähän. Ferrisulfaatin hapettuessa se muodostaa 3-arvoisen raudan, joka taas reagoi liukoisen fosforin kanssa, mistä muodostuu rautafosfaattia. Rautafosfaatin saostuma vajoaa selkeyttämön pohjalle, josta se poistetaan lietteen kanssa.

3.3 Ilmastusaltaat

Jätevesi päätyy ilmastusaltaisiin välppäyksen, hiekanerotuksen sekä ensimmäisen ferrisulfaattisyötön jälkeen. Ilmastusaltaissa jätevesi pääsee laitoksen biologiseen puhdistusosuuteen. Tässä vaiheessa tarkoituksena on ilmastaa jätevettä niin, että bakteereilla olisi mahdollisimman hyvät olosuhteet kasvaa. Bakteerit käyttävät eloperäistä jätettä ravintonaan, ja tämä toimii biologisena puhdistusprosessina.

3.4 Selkeytysaltaat

Ilmastusaltaiden ja selkeytysaltaiden välissä lisätään jäteveeseen kunnostuspolymeeri sekä ferrisulffaatti. Selkeyttämön tarkoituksena on muodostaa iso pinta-ala pintavedelle, jolloin liete saa rauhassa vajota selkeyttämön pohjalle. Selkeyttämön pohjalla kulkee laahain, joka työntää lietteen selkeyttämön keskelle, mistä se pumpataan ilmastukseen sekä tiivistämöön. Pintavesi poistuu selkeyttämöstä kourua pitkin Nokianvirtaan.

3.5 Tiivistäminen ja lietteen kuivaus

Selkeyttämön pohjalta pumpattu liete päätyy tiivistämöön. Tiivistämön toimintaperiaate on sama kuin selkeyttämöllä. Tiiviiksi lietteeksi pakkautunut jätevesi vajoaa vielä kerran tiivistämön pohjalle, jolloin siitä erotellaan liete ja vesi. Eroteltu vesi johdetaan kouruja pitkin ilmastukseen.

Liete pumpataan tiivistämön pohjalta lingolle, jolla pyritään lisäämään lietteen kuiva-ainepitoisuutta. Lingolle syötetään liete sekä polymeeri. Kuivattu liete työnnetään hydraulipuristimella kuorma-auton lavoille. Tämän jälkeen lavat kuljetetaan Koukkujärven kaatopaikalle, joka käyttää lietettä maantäytössä. Lietteestä syntynyt rejektivesi palaa takaisin ilmastusaltaisiin.



Kuva 1 Kullaanvuoren puhdistamo 2017

4 TYÖN SUUNNITTELU

Kullaanvuoren puhdistamolle suunniteltiin ferrisulfaatin ja polymeerin optimointikeinoja. Tarkoituksena oli saada veden puhdistuksesta taloudellisempaa ja tehokkaampaa. Työn suunnittelussa tuli ottaa huomioon laitoksen jäljellä oleva käyttöikä, joka suosisi pieniä ja helppoja muutoksia.

4.1 Ferrisulfaatin optimoinnin suunnittelu

Alkuperäisissä suunnitelmissa oli tarkoituksena vaihtaa Kemiran ferrisulfaatti PIX-105A johonkin vastaavaan tuotteeseen, kuten esimerkiksi Kemiran Ferrix kuivaan ferrisulfaattiin. PIX-105A:ta tulee nestemäisessä muodossa, mutta laitokselle kuiva jauhemainen muoto ei olisi tuottanut ongelmia, sillä laitoksella on ennenkin käytetty kuivia ferri- ja ferrosulfaatteja. Tästä syystä sekoittimet ja muut vaadittavat laitteistot löytyisivät laitoksesta jo valmiiksi.

Työssä oli tarkoituksena tilata puhdistamon pihalle noin 5000 kg:n erä nestemäistä PIX-105A:ta varastoon. Tämän jälkeen tyhjennettäisiin laitoksen alla sijaitseva kemikaaliallas, jossa uusi tuote, esimerkiksi Ferrix, sekoitettaisiin veteen, jonka jälkeen se syötettäisiin jätevesialtaisiin. Tarkoituksena oli syöttää vain toiselle linjalle uutta tuotetta ja toiselle vanhaa PIX-105A:ta. Näytteet otettaisiin, kun prosessi olisi tasaantunut uuden tuotteen myötä noin 1-3 päivän päästä. Tuloksia vertailtaisiin rinnalla toimivaan linjaan.

Tulosten tarkkailussa tulisi ottaa huomioon linjojen eri kokoluokat sekä muut ominaisuudet, kuten se, että kuinka liete laskeutuu. Pelkästään liuenneen fosforin tulokset eivät kertoisi koko kokonaisuutta.

Ferrisulfaatin osalta työtä ei otettu käytäntöön. Tämä johtui laitoksen lyhyestä käyttöiästä sekä pelättiin että puhdistustulokset kärsisivät.

4.2 Polymeerin optimoinnin suunnittelu

Polymeerin optimoinnin työ kohdistui heti alussa kuivauspolymeeriin. Kunnostuspolymeerin kohdalla todettiin tuotteen toimivan hyvin, ja sen vuotuisen kulutuksen olevan niin pientä verrattuna kuivaukseen, että hyöty olisi hyvin pientä.

4.2.1 Kuivauspolymeerin optimoinnin suunnittelu

Suunnittelussa painotettiin, että polymeerin koeajojen tulisi toteutua samankaltaisissa olosuhteissa. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että koeajot tulisi suorittaa samana vuodenaikana sekä samoina päivinä.

Tiivistämön lietepitoisuus on hyvin riippuvainen viikonpäivästä. Maanantain ja perjantain välillä on mitattu noin 3-8 g/l pitoisuuseroja. Erot johtuvat siitä, että lietettä ei kuivata tiivistämöistä viikonloppuisin, jolloin maanantaina tiivistämön pohjalla on huomattavasti paksumpi lietekerros.

Puhdistamon kannalta talvella olosuhteet ovat heikoimmat, sillä prosessin toiminta hidastuu. Matalampi lämpötila vaikuttaa bakteerien toimintaan hidastavasti, minkä takia puhdistamon lietepitoisuus ilmastuksessa tulee olemaan korkeampi kuin kesällä. Ilmastuksen korkeampi lietepitoisuus tarkoittaa myös korkeampaa lietepitoisuutta lingolle syötettäessä. Korkeampi lietepitoisuus lingolla käyttäytyy hieman epävakaammin kuin kesän pienet pitoisuudet. Tärkeintä oli saada koeajot tapahtumaan talviolosuhteissa, jotta olosuhteet olisivat huonommat kuin kesällä.

4.2.2 Mittausten suunnittelu

Ainoaksi laboratoriomittaukseksi päätettiin valita kuiva-ainepitoisuus. Muita tarkkailtavia tekijöitä, kuten lingon rejektivettä, mitattiin silmämääräisesti. Lingolle syötettävän lietteen pitoisuutta ei kustannussyistä haluttu mittaattaa laboratoriossa. Laboratoriotyöt suoritti Kokemäenjoen Vesistön Vesiensuojeluyhdistys Ry:n (KVVY) laboratorio.

Lingon käyttäytymistä koeajojen aikana mitattiin käyttötarkkailupöytäkirjalla. Pöytäkirjaan kirjattiin syötettävän lietteen määrä m^3/h , lingon väännön Nm, polymeerin määrä l/h sekä rummun ja ruuvien erokierrosluku rpm. Kaikki nämä edellä mainitut tiedot näkyisivät lingon ohjauskeskuksesta.

5 TYÖN SUORITUS

Työn suorittaminen aloitettiin heti, kun aloitin työskentelyn puhdistamonhoitajana vuoden 2014 lokakuussa. Sovimme Nokian Veden käyttöinsinöörin kanssa, että tekisin opinnäytetyöni samalla kuin hoitaisin puhdistamon muita tehtäviä.

5.1 Ensimmäinen vaihe

Aivan työn alussa aloitettiin kartoittamaan polymeerin maahantuojia sekä valmistajia. Verkkosivuilta saatuihin yhteyshenkilöihin oltiin yhteydessä puhelimitse. Näiden yhteydenottojen lisäksi toisilta puhdistuslaitoksilta tiedusteltiin heidän käyttämistään polymeereistä, sillä kaikilla polymeerien maahantuojilla ei ole omia verkkosivuja.

Työhön päätettiin ottaa vain neljä polymeerin maahantuojaa ja valmistajaa, sillä muuten työ paisuisi liian suureksi sekä kestäisi liian pitkään. Samalla päädyttiin valitsemaan maksimissaan 1-3 polymeerituotetta valmistajaa/maahantuojaa kohti.

5.2 Kuppikokeet

Työn toisessa vaiheessa suoritettiin polymeeritoimittajien kanssa kuppikokeita Kullaanvuoren puhdistamolle. Esimerkki kuppikokeista ilmenee kuvassa 2.

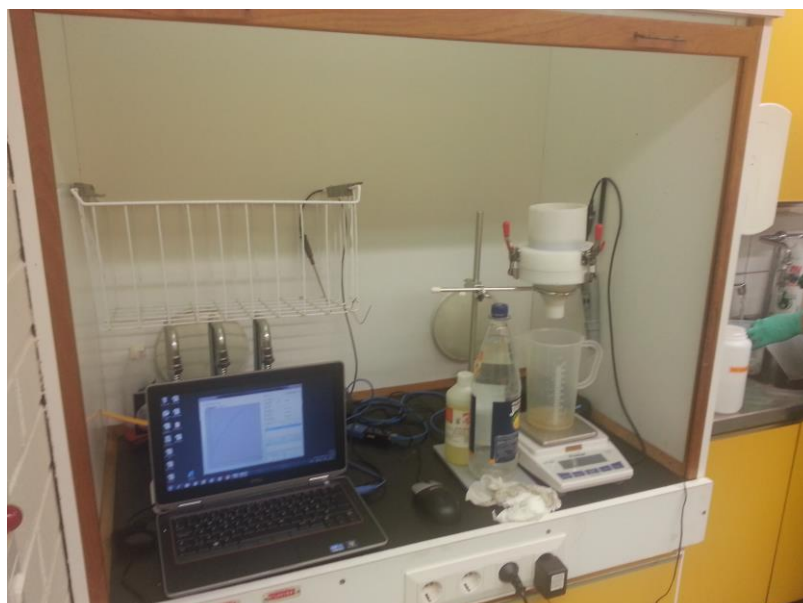


Kuva 2. Kuppikoe Kullaanvuori lokakuu 2014

Kuppikokeen periaate perustuu siihen, että sekoittimeen tuodaan tiivistämöstä pumpattavaa lietettä, johon sekoitetaan polymeeriliuos. Polymeeriliuos on valmiiksi mitattu saman pitoiseksi kuin laitoksella käytettävä polymeeri. Kullaanvuoren puhdistamalla polymeerin pitoisuus on 0,17 %. Pitoisuuden valmistamista on kuvattu kuvassa kolme. Sekoituksen jälkeen vesi suodatettiin erilleen lietteen muodostamasta kakusta. Vesien suodattamisesta esimerkki kuvassa neljä. Suodattamisen jälkeen katsottiin kuinka hyvin kakku kestäisi käsin ravistelua.



Kuva 3. Polymeeriliuoksen sekoitus kuppikokeita varten. Kullaanvuori lokakuu 2014



Kuva 4. Lietteen suodatus sekä suodatetun veden määrän mittaus. Kullaanvuori lokakuu 2014

Mikäli kakku hajosi heti tai muuttui juoksevaan muotoon, niin polymeeriä ei valittu lingolle koeajoon.

5.2.1 Kuppikokeiden tulokset

Kuppikokeiden perusteella lingolle valikoitui kuusi erilaista polymeeriä koeajoihin. Jokaista koeajopolymeeriä tilattiin 200 kiloa, jotta se riittäisi kolmen päivän koeajoihin.

Kuppikokeiden tuloksista ei tehty mitään virallisia pöytäkirjoja, sillä tarkkailu tapahtui silmämääräisesti eikä se varsinaisesti kertonut mitään muuta, kuin että polymeeri voisi sopia koeajoihin.

Kokeiden yhteydessä sovittiin myös, että tuotteiden ja/tai firmojen nimiä ei julkistettaisi kokeiden missään vaiheessa. Tästä syystä tuotteet nimettiin kirjaimin A, B, C, D, E ja F. Näillä toimenpiteillä haluttiin varmistaa, ettei tuloksia käytettäisi kilpailutilanteissa hyödyksi.

5.3 Koeajot

Koeajot aloitettiin marraskuussa 2014. Marraskuu valikoitui koeajojen ajankohdaksi, koska tuolloin laitos toimisi talviasetuksilla. Kuppikokeissa meni myös yllättävän pitkään, sillä aikataulujen sopimisessa ei oltu onnistua halutulla tavalla.

Koeajot suoritettiin niin, että viikossa ajettiin vain yksi polymeeri, jotta kaikilla polymeereillä olisi samat päivät viikosta testauspäivinä. Viikonpäiviksi valittiin maanantai, tiistai ja keskiviikko, jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia. Pelkästään ajamalla koeajot maanantaina, tiistaina ja keskiviikkona taattiin se, ettei tiivistämön lietepitoisuus olisi kovin erilainen eri polymeereille.

Koeajoissa pyrittiin myös luomaan jokaiselle polymeerille samanlaiset syöttösuhteet, mikäli ne olivat mahdolliset. Polymeeriä pyrittiin siis syöttämään saman verran yhteen kuutioon lietettä jokaisen kohdalla.

Kaikissa tapauksissa se ei kuitenkaan ollut mahdollista, sillä rejekti ja lietteen kuiva-ainepitoisuus eivät olleet kaikilla hyvät.

Niiden kohdalla missä tulokset näyttivät huonoilta, haettiin hyviä arvoja muuttamalla lietteen ja polymeerin suhdetta ja muutokset kirjattiin ylös erikseen tarkkailupöytäkirjaan.

Kaikilla polymeereillä tulokset otettiin vasta sitten, kun rejekti ja kuiva-aine oltiin saatu silmämääräisesti hyviin arvoihin, eli liete ei ollut hyvin vetistä eikä rejekti ollut lietepitoista. Hyvästä rejektistä esimerkki kuvassa viisi ja huonosta rejektistä esimerkki kuvassa kuusi.



Kuva 5. Esimerkki hyvä rejekti. Kullaanvuori tammikuu 2015



Kuva 6. Esimerkki huono rejekti. Kullaanvuori tammikuu 2015

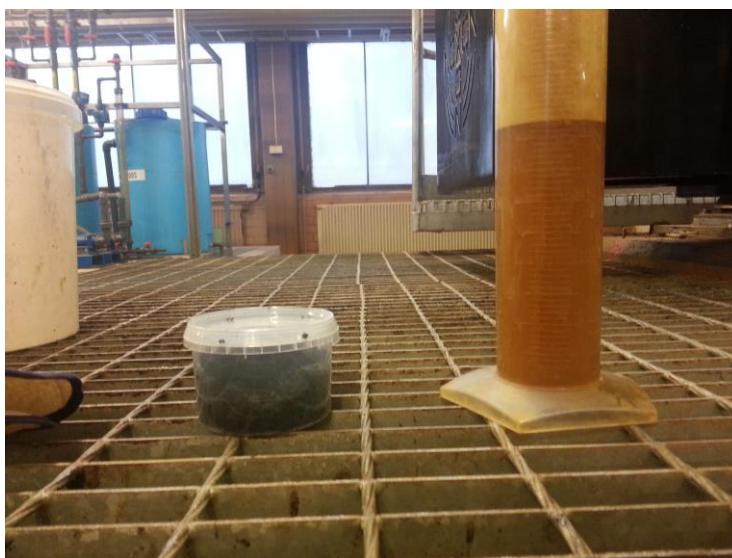
Polymeereistä otettiin jokaisesta kolme erilaista näytettä, minkä tarkoituksena oli hakea parhaita arvoja eri polymeereille. Ensimmäinen näyte otettiin suurin piirtein samoilla arvoilla kuin Kullaanvuorella käytössä olevan polymeerin optimoidut arvot olivat.

Toisessa näytteessä kokeiltiin sekoittaa polymeeri lietteeseen jo paljon ennen kuin se saapuisi lingolle. Tätä kokeilua ollaan suoritettu laitoksella ennenkin, ja joidenkin pitkäketjuisten polymeerien kohdalla on todettu, että kauempaa syöttäminen toimisi paremmin.

Kolmas näyte otettiin niin, että polymeerin määrä mitattiin käsin tarkkuusvaa'alla. Tarkkuusvaakaa käytettiin, koska polymeerin sekoituksessa käytettävä ruuvi saattaisi muuttaa sekoitussuhteen, mikäli polymeerien rakeiden koko vaihtelisi paljon. Edellisten päivien tulosten perusteella valittiin kolmannelle päivälle ajotavaksi polymeerin joko lähempää tai kauempaa syöttäminen.

Kaikki näytteet toimitettiin KVVY:n laboratoriolle iltapäivällä. Tulokset tulivat seuraavalla viikolla, ja tuloksista tehtiin aina jokaisen polymeerin kohdalta kolmen näytteen kokooma.

Jokaiselle näytteelle haettiin yhden päivän ajan hyviä arvoja, ja kun polymeerit toimivat halutulla tavalla, otettiin näytteet. Ensimmäisessä näytteessä pyrittiin kuitenkin pääsääntöisesti käyttämään lingon alkuperäisiä asetuksia. Kuiva-aine sekä rejektinäytteestä esimerkki kuvassa seitsemän.



Kuva 7. Rejektin silmämääräinen näyte sekä kuiva-ainepitoisuus näyte. Kullaanvuori tammikuu 2015

Kuiva-ainenäytteitä tuli yhteensä kuusitoista. Muutaman polymeerin kohdalla havaittiin, että olisi turhaa ottaa kolmannen päivän näytettä, sillä polymeeri ei toiminut pitkältä eikä läheltä syötettynä.

5.3.1 Polymeeri A

Maanantaina 17.11.2014 aloitettiin polymeerien koeajot. Vuorossa ensimmäisenä oli tuote, josta käytetään tässä työssä nimeä A. Polymeeri A oli hyvin samankaltainen, kuin Kullaanvuorella jo ennen koeajoja käytössä ollut polymeeri. Heti työn alussa polymeerisäiliö tyhjennettiin vanhasta polymeeristä ja täytettiin uudella. Tämän jälkeen valmistettiin polymeeriliuos kahteen 4 100 litran säiliöön. Liuos pumpattiin tämän jälkeen lingolle, ja aloitettiin seuraamaan, kuinka koeajot lähtivät käyntiin.

Polymeerillä oli aluksi hieman vaikeuksia saada liete pysymään kasassa, ja lisäksi lietettä karkasi rejektiveden seassa takaisin sisäiseen kiertoon. Polymeeri saatiin kuitenkin toimimaan, kun lietteen määrää vähennettiin 24 kuutiosta tunnissa 21 kuutioon tunnissa. Tämän jälkeen seurattiin lingon toimintaa ja haettiin hieman raja-arvoja.

Ensimmäisen päivän näyte otettiin kello 11.00, jolloin polymeeri oli toiminut tasaisesti lingolla noin 2-3 tuntia. Tämä näyte nimettiin A1.1. Näyte edusti niitä asetuksia, joilla linkoa ajetaan, kun sinne syötetään laitoksen omaa polymeeriä. Ensimmäinen näyte haluttiin ottaa jokaisesta polymeeristä samoilla asetuksilla sen takia, että tuloksia olisi helppo verrata toisiinsa.

Tiistaina 18.11.2014 lähdettiin testaamaan, miten polymeeri toimisi kaukaa syötettynä. Ensimmäisen päivän perusteella tiedettiin jo, että polymeeri toimii lingolla. Tulokset näytteistä saadaan aina noin 1-3 päivän sisällä näytteiden ottamisesta. Toisena päivänä kokeiltiin myös, että pystyttäisiinkö raja-arvoja, kuten lietteen syötön määrää, kasvattamaan tai polymeerin syötön määrää vähentämään. Heti kun syöttö siirrettiin kauemmaksi, näytti visuaalisesti siltä, että polymeeri toimisi paremmin kauempaa syötettynä. Lietettä pystyttiin myös ajamaan hieman enemmän lingolle niin, etteivät tulokset kärsineet. Näyte nimettiin A1.2.

Viimeinen näyte päivä oli 19.11.2014. Polymeeri mitattiin tarkkuusvaa'alla niin, että pitoisuus oli varmasti 0,17 %. Sekoitusaltaisiin syötettiin 4 100

litraa vettä, jolloin polymeerin määräksi laskettiin 6,97 kg. Tällä haluttiin varmistaa, että polymeerien vaihteleva raekoko ei muuttaisi pitoisuutta. Polymeerin sekoittaminen käsin on kuitenkin niin aikaa vievää, että testi tehtiin aina vain viimeisenä päivänä, kun polymeeri oltiin varmasti saatu toimimaan lingolla. Tämän polymeerin kohdalla ei kuitenkaan huomattu mitään silmämääräisiä eroja eikä lingostakaan saatu mitään uusia arvoja. Näyte otettiin niin, että polymeeri syötettiin kaukaa lingolle, koska se havaittiin tiistaina paremmaksi toimintatavaksi kyseiselle polymeerille. Näyte nimettiin A1.3 ja se oli tämän polymeerin viimeinen näyte.

5.3.2 Polymeeri B

Maanantaina 24.11.2014 aloitettiin toisen polymeerin koeajot. Nämä koeajot alkoivat aivan samalla tavalla kuin polymeeri A:n. Uusi liuos tehtiin ja vanhat polymeerit tyhjennettiin pois koneesta. Lingolle haettiin toimivat parametrit ja ensimmäisen näytteenoton valmistelut aloitettiin.

Ensimmäinen näyte otettiin taas samoilla arvoilla kuin Kullaanvuoren käytössä olevan polymeerin optimiasetukset ovat. Polymeeri näytti toimivan erittäin hyvin lingolla ja silmämääräisesti tutkittuna vaikutti paremmalta kuin käytössä oleva polymeeri. Näyte otettiin iltapäivällä ja nimettiin B1.1.

Tiistaina 25.11.2014 aloitettiin B polymeerin kohdalla toinen näytteenotto- ja koeajot. Tarkoituksena oli taas tarkkailla, toimisiko polymeeri paremmin kauempaa syötettynä. Polymeeri toimi taas todella hyvin. Lingolle ei tarvinnut tehdä juuri mitään muutoksia, sillä oli huomattavissa, ettei muuttamalla asetuksia saatu mitään muutosta parempaan. Toisen päivän ajot olivat suurimmaksi osaksi ääriarvojen hakemista sekä kolmannen päivän valmisteluja. Näytteelle annettiin nimeksi B1.2.

Kolmas koeajo B polymeerin kohdalla alkoi 26.11.2014. Koeajon tarkoituksena oli taas mitata käsin polymeerin määrä ja sekoittaa se veteen. Koeajon aikana tuli kuitenkin vaikeuksia saada rejektivesi

pysymään kirkkaana ja liete kuivana. Lingolle saatiin kuitenkin ajettua hyvät arvot, jolloin näytteenotto onnistui välttävän rejektin kanssa. Näytteelle annettiin nimeksi B1.3, ja huomioitiin että rejektivesi ei ollut parhaimmalla tasolla.

5.3.3 Polymeeri C

Joulukuussa 1.12.2014 alkoivat kolmannen polymeerin koeajot. Tässä vaiheessa koeajot menivät jo rutiinilla ja hyvien arvojen hakemisesta tuli nopeampaa. Polymeeri toimi todella hyvin ensimmäisen näytteenoton aikana ja lingolta saadut arvot olivat hyvät. Näyte otettiin aamupäivällä ja nimettiin C1.1.

Toisena päivänä aloitettiin polymeerin syöttäminen kauempaa ennen linkoa, mutta heti alusta alkaen oli huomattavissa, ettei rejekti tai liete ollut pysyä kasassa. Polymeeriä jouduttiin lisäämään ja lietettä pystyttiin ajamaan maksimissaan 21,5 kuutiota tunnissa lingolle. Näyte otettiin iltapäivällä, kun liete ja rejekti näyttivät silmämääräisesti hyviltä. Näyte nimettiin C1.2 ja huomioksi merkattiin hyvin epäsäännöllinen rejektiveden puhtaus.

Kolmas näyte aloitettiin punnitsemalla polymeeri valmiiksi ja sekoittamalla se veteen, jolloin liuoksen pitoisuus oli varmasti 0,17%. Ajotavaksi valittiin läheltä syötetty, sillä edellisen päivän tulokset näyttivät siltä, ettei polymeeri toimisi kauempaa syötettynä. Näyte nimettiin C1.3 ja tähän näytteeseen loppuivat kolmannen polymeerin koeajot.

5.3.4 Polymeeri D

Neljännän polymeerin koeajot alkoivat totuttuun tapaan maanantaina 8.12.2014. Heti alkuun kokeiltiin, alkaisiko polymeeri toimia ilman mitään toimenpiteitä, sillä lingolle oli asetettu normaalit toimivaksi todetut asetukset, joita käytetään Kullaanvuoren omalla polymeerillä. Polymeeri toimi juuri halutulla tavalla ja piti sekä rejektin että lietteen moitteettomana.

Linkoa ei tarvinnut lainkaan säätää, ja näytteet päästiin ottamaan jo aamupäivän aikana. Näytteiden jälkeen siirryttiin testaamaan hieman polymeerin raja-arvoja nostamalla lietteen syöttöä sekä laskemalla polymeerin syöttöä. Raja-arvojenkin kohdalla tulokset todettiin hyväksi. Näyte nimettiin D1.1 ja koeajot päättyivät maanantain osalta kello 15:00. Toinen koeajo jatkui tiistaina, jolloin haettiin uutta tapaa syöttää polymeeriä hieman kauempaa kuin mitä maanantain koeajoissa. Pidempi syöttö alkoi heti vaikuttaa paremmalta, ja polymeerin määrää pystyi laskemaan huomattavasti alemmaksi kuin muilla polymeereillä. Ongelmaksi oli kuitenkin muodostua polymeerin siirtäminen valmistusastiasta toiseen, sillä polymeeri oli huomattavasti pidempiketjuista kuin muut mitä laitoksella oli ollut käytössä, ja tästä syystä polymeeriliuos oli myös huomattavasti paksumpaa eli viskositeetiltaan korkeampaa. Koeajot jouduttiin keskeyttämään hetkeksi ja siirtopumppu vaihdettiin uuteen, ettei viskositeetti vaikuttaisi valmistukseen. Tulokset vaikuttivat erittäin hyviltä ja näytteelle annettiin nimeksi D1.2.

Kolmantena päivänä polymeeri mitattiin käsin. Myös ruuvilta tulevan polymeerin määrä tarkistettiin ja ensimmäistä kertaa huomattiin, että polymeerissä oli niin vaihteleva raekoko, että pitoisuus oli hieman suurempi kuin muilla polymeereillä. Pitoisuus oli 0,194 %. Tämä myös varmasti vaikutti viskositeettiin, mutta käsin mittaamalla ohitettiin ruuvilla muodostunut ongelma. Ruuvien ikä tekee ruuvien säätämisestä hyvin vaikeaa, eikä laitoksella haluta enää sijoittaa uuteen polymeerilaitteistoon. Käsin mitattuna ja -sekoitettuna polymeeriliuos toimi kuitenkin yhtä hyvin kuin suuremmalla pitoisuudella ja tulokset vaikuttivat erittäin hyviltä. Polymeeri D:n viimeinen näyte otettiin keskiviikkona 10.12.2014. Kolmas näyte otettiin pitkältä syötettynä, sillä se vaikutti huomattavasti paremmalta, ja näytteelle annettiin nimeksi D1.3. Tuloksiin jälkikäteen lisättiin, että polymeerin pitoisuus oli hieman suurempi kahdessa ensimmäisessä näytteessä muihin polymeereihin verrattuna.

5.3.5 Polymeeri E

Polymeeri E:n koeajot aloitettiin maanantaina 15.12.2014. Linkoa piti säätää heti aluksi aivan eri asetuksille, kuin mitkä olivat olleet edellisten polymeerien sekä Kullaanvuoren oman polymeerin asetukset. Polymeeriä oli vaikea saada mitenkään pitämään rejektivesi puhtaana ja täten myös lietettä karkasi takaisin ilmastukseen. Muista poiketen näyte jouduttiin ottamaan huomattavasti isommalla polymeerimäärällä ja lietteen syöttöä hieman laskemalla. Näytteenotosta todettiin, ettei sitä olisi järkevää ottaa alkuperäisillä asetuksilla, sillä polymeeri ei toiminut ollenkaan luotettavalla tavalla eivätkä tulokset olisi vertailukelpoisia. Polymeeristä saatiin kuitenkin näyte iltapäivällä ja se nimettiin E1.1.

Toisen päivän koeajot tehtiin seuraavana päivänä, eikä tuloksia saatu yhtään paremmaksi kauempaa syötettynä. Polymeeri käyttäytyi lingolla hyvin epätasaisesti ja näytettä oli hyvin vaikea saada niin, että se olisi vertailukelpoinen. Linkoa yritettiin vielä säätää niin, että polymeeristä tulisi tasaisempi muuttamalla erokierroksia sekä lisäämällä polymeerin syöttöä, mutta vaikutukset olivat kuitenkin mitättömät. Näyte kuitenkin otettiin iltapäivällä.

Kolmatta päivää ei aloitettu, sillä ruuvi teki hyvin lähelle 0,17 % pitoisuuden eikä täten tarkalla mittaamisella olisi ollut tulosten kannalta mitään vaikutusta. Polymeeristä kirjattiin ylös sen hyvin vaihteleva toimintavarmuus sekä se, ettei kolmatta näytettä tulla ottamaan.

5.3.6 Polymeeri F

Polymeeri F:n kohdalla koeajot venyivät hieman pidemmälle, sillä joululomat sekä uusivuosi tulivat koeajojen väliin. Koeajot aloitettiin 5.1.2015. Polymeerin kanssa huomattiin taas samankaltaisia ongelmia heti alkuun kuin polymeeri E:n kanssa, eli lingon alkuperäisillä asetuksilla ei saatu polymeeriä toimimaan ollenkaan. Polymeerin ongelmat olivat niin suuret, että heti maanantaina pyrittiin myös kokeilemaan tiistain koeajo tyylillä eli syöttämään polymeeriä hieman kauempaa lingolle. Linkoa oli todella vaikea saada tuottamaan hyviä näytteitä rejektin sekä lietteen kannalta. Liete oli välillä niin juoksevaa, että se myös oli vaikeata saada lavoille. Polymeeristä otettiin maanantaina molemmista syöttötavoista näyte niin kauempaa syötettynä kuin lingon päästä syötettynä.

Näytteiden kohdalla mietittiin, että tehdäänkö niistä ollenkaan laboratoriotutkimuksia vai jätetäänkö ne tekemättä. Tässä vaiheessa näytteet kuitenkin pääsivät hieman kondensoimaan vettä purkin kanteen, mikä nosti niiden kuiva-ainepitoisuutta. Näytteiden kondensoituminen johtui pakastuksen katkeamisesta, sillä näytteitä ei heti iltapäivällä toimitettu laboratorioon vaan ne jäivät yön yli Kullaanvuoren puhdistamolle. Tämä ei ollut normaali tapa toimia näytteiden kanssa, mutta koska ei ollut varmuutta näytteiden tutkimisen kannattavuudesta, jätettiin näytteet yöksi laitokselle. Vääristymä kirjattiin ylös ja näytteet lähetettiin laboratorioon seuraavana päivänä.

5.4 Näytteiden kirjaaminen

Näytteistä kirjattiin seuraavat tiedot ylös taulukkoon 1.

Taulukko 1. Polymeerin arvot lingolla näytteenoton aikana

Näyte	Päivämäärä	Liete lingolle m ³ /h	Polymeeri lingolle l/h	Rejektiveden selkeys	Vääntö Nm
Laitoksessa käytössä oleva polymeeri	10.11.2014	21	3300	Hyvä	17,5
A1.1	17.11.2014	21	3300	Hyvä	17,3
A1.2	18.11.2014	21	3310	Hyvä	17,5
A1.3	19.11.2014	23	3310	Hyvä	14,8
B1.1	24.11.2014	21	3300	Hyvä	18,5
B1.2	25.11.2014	22,5	3300	Hyvä	17
B1.3	26.11.2014	23	3300	Välttävä	15,3
C1.1	1.12.2014	21,5	3310	Hyvä	17
C1.2	2.12.2014	21,5	3300	Välttävä	16,3
C1.3	3.12.2014	23	3300	Hyvä	17,3
D1.1	8.12.2014	21	3300	Hyvä	17,2
D1.2	9.12.2014	21,5	3300	Hyvä	18,5
D1.3	10.12.2014	21,5	3300	Hyvä	17
E1.1	15.12.2014	20	3800	Huono	15,8
E1.2	16.12.2014	22,5	3500	Huono	16,5
F1.1	5.1.2015	20	3700	Huono	15,5
F1.2	5.1.2015	21	3600	Huono	14,2

Kuten taulukosta huomataan, näytteet otettiin niin, että ne olisivat vertailukelpoiset toisiinsa nähden. Lietteen ja polymeerin syöttösuhdetta pyrittiin pitämään kaikille samanlaisena. Mikäli rejektivesi tai syöttösuhteen ero oli liian suuri, niin tuli se kirjata näytteen tuloksiin.

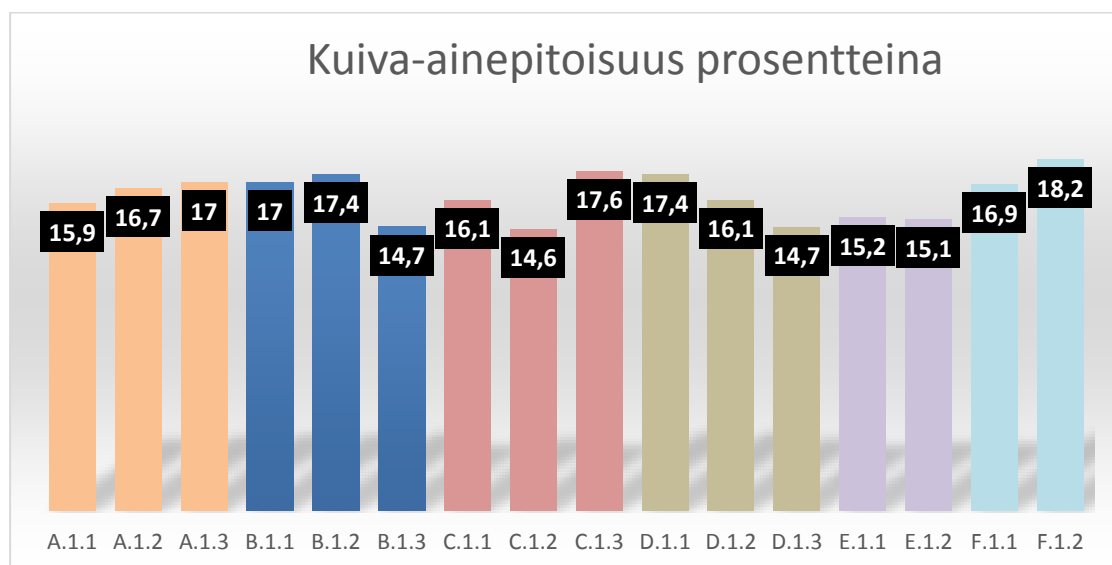
6 TULOKSET

Koeajojen jälkeen aloitettiin tulosten tarkastelu sekä niiden arviointi. Tuloksissa tuli ottaa huomioon lietteen kuiva-ainepitoisuus, rejektiveden selkeys, ääriarvot sekä se, kuinka stabiilina polymeeri oli pysynyt ajojen aikana. Stabiilisuudella tarkoitetaan sitä, että oliko ajojen aikana suuria heittoja rejektivedessä tai lietteessä. Tulosten perusteella valittiin Kullaanvuoren puhdistamolle pari polymeeriä pidempään koeajoon, joka kestäisi noin 2-3 viikkoa, eli polymeerin määrät olisivat 625 kilon luokkaa.

Työn pituudeksi valittiin pienemmät koeajot. Pidemmät koeajot jäivät henkilökunnan suoritettavaksi pienempien tulosten perusteella. Koeajojen lisäksi jäi polymeerien hintavertailu sekä pidemmän koeajon tuloksien vertailu jäi henkilökunnan suoritettavaksi.

6.1 Kuiva-ainepitoisuudet

Kuiva-ainepitoisuuksista ei voida liittää alkuperäisiä PDF-dokumentointeja liitteeksi, sillä niissä on nähtävillä tuotteiden nimet. Kuiva-ainetulokset ovat koottuna kuviossa 1.



Diagrammi 1. Kuiva-ainepitoisuudet

Kullaanvuorella käytössä olevan polymeerin kuiva-ainepitoisuus vaihteli 14,5 ja 16 % välillä. Tuloksista huomataan se, että muilla polymeereillä päästään parempiin tuloksiin, ja että pidemmille koeajoille olisi tarvetta A-D-polymeerien kohdalla. Polymeerit E ja F poistettiin, vaikka tulokset olivat suhteellisen hyvät, sillä niiden ongelmat lingolla olivat liian suuret. Varsinkin suuren vaihtelevuuden vuoksi E- ja F-polymeerien tuloksia ei haluttu tarkistella tarkemmin.

Mikäli vuonna 2015 Kullaanvuoresta ajettaisiin samoja määriä lietettä kuin 2014, olisi lietteen määrä noin 5 724 tkg. Paras tulos, joka on kelpuutettu pidempään koeajoon, oli C1.3. Tämän tuloksen kuiva-ainepitoisuudella 17,6 % saadaan vuotuiseksi lietteen säästö määräksi seuraavalla tavalla $5724 \text{ tkg} \times (0,176 - 0,16) = \sim 91,6 \text{ tkg/v}$. Tämä 91,6 tuhatta kiloa vuodessa tarkoittaa vähennettyä veden määrää lietteestä. Kullaanvuoren lietteen käsittely maksaa 57€/t. Tästä on helppoa laskea, että vuotuisesti säästökäsi pelkällä kuiva-ainepitoisuudella saataisiin $91,6 \text{ tkg/v} \times 57\text{€} = 5221\text{€/a}$. Tämä säästö tulisi pelkästään kaatopaikan käsittelymaksuista. Kuiva-ainepitoisuuteen liittyviä muita säästöjä tulisi lavojen kuljetuksesta, sillä 91,6t kiloa mahtuu noin seitsemään lavaan. Lavan kuljetuskustannukset ovat 65 euroa lavaa kohti. Tästä muodostuu noin 520 euron vuotuinen säästö.

6.2 Raja-arvot ja niiden painotukset

Työssä myös haettiin polymeereille raja-arvoja, koska haluttiin nähdä, kuinka paljon pystyttäisiin ajamaan lietettä suhteutettuna polymeeriin.

Tämä tarkkailu tehtiin pelkästään silmämääräisesti tarkkailemalla lietteen koostumusta sekä rejektiveden puhtautta. Maksimi- ja minimiarvot ovat aina hyvällä rejektillä sekä hyvällä lietteen koostumuksella. Raja-arvot on kirjattu taulukkoon 2.

Taulukko 2. Raja-arvot

Poly- meeri	Maksimi lietettä lingolle m ³ /h	Maksimi lietteelle syötetty polymeeri l/h	Mini- mi poly- mee- rin mää- rä l/h	Minimi polymeerin lietteen määrä m ³ /h	Maksimi suhde polymeeriä l/lietettä m ³	Minimi suhde polymeeriä l/lietettä m ³
A.1.1	24,5	3500	2900	21	143	138
A.1.2	23	3300	3100	21	143	148
A.1.3	23	3300	2900	21	143	138
B.1.1	25	3300	3000	20	132	150
B.1.2	24	3400	3000	20	142	150
B.1.3	23	3300	2900	20	143	145
C.1.1	23	3100	2900	20	135	145
C.1.2	24	3400	2950	21	142	140
C.1.3	23	3300	3000	21	143	143
D.1.1	26	2900	2400	23	112	104
D.1.2	26	3000	2400	24	115	100
D.1.3	26	3000	2400	24	115	100
E.1.1	Työtä ei pystytty suorittamaan	Liete ja rejekti liian epätasainen				
E.1.2	Työtä ei pystytty suorittamaan	Liete ja rejekti liian epätasainen				
F.1.1	Työtä ei pystytty suorittamaan	Liete ja rejekti liian epätasainen				
F.1.2	Työtä ei pystytty suorittamaan	Liete ja rejekti liian epätasainen				

Raja-arvojen tuloksia tutkittaessa huomataan, että D-polymeerin suhde on kaikkein paras. Suhteessa tuli kuitenkin huomioida se, että polymeerin pitoisuus oli hieman korkeampi 0,194 % tulosten D1.1 ja D1.2 kohdalla. Tästä syystä polymeerin kulutus on 0,024 % suurempi kuin muilla, joka tekee $1000 \times 0,00024 = 0,24 \text{ kg}$ kohti kuutio polymeeriliuosta. Kulutus on siis 240 grammaa polymeeriä enemmän yhtä kuutiota polymeeriliuosta kohti. Tämä tulos ei kuitenkaan vaikuta vertailuun suuresti, sillä käsin mitatulla tuloksella D1.3 saatiin yhtä hyviä raja-arvoja.

Polymeeri D:n suhde kauempaa syötettynä oli 100 litraa polymeeriä per kuutio lietettä kohti, joka oli paras suhde mitä näissä raja-arvoissa saatiin tulokseksi. Kullaanvuoren käytössä olevan polymeerin suhde on 132 litraa polymeeriliuosta per kuutio lietettä. Tästä laskettuna säästöä kertyisi 32 litraa per kuutio lietettä, joka muutettuna grammoiksi olisi 54,4 grammaa per kuutio lietettä. Mikäli vuonna 2015 ajetun lietteen määrä lingolle pysyy suurin piirtein samana, olisi tuolloin sen määrä $170 \text{ m}^3 \times 5 \text{ pv} \times 53 \text{ viikkoa} = 45\,050 \text{ m}^3/\text{v}$. Tuolloin säästöä kertyisi $45\,050 \text{ m}^3/\text{v} \times 0,0544 \text{ kg} = 2450 \text{ kg}/\text{v}$ polymeeriä. Säästön määrä riippuu kuitenkin polymeerien hinnoista, jotka ovat eri hintaiset kuin koe-erät. Koe-erien perusteella voidaan kuitenkin todeta se, että D-polymeerin hinta oli noin 50 snt/kg halvempi kuin Kullaanvuorella käytössä olevan polymeerin hinta. Hinta tuskin on lopullinen, sillä yleensä isommissa määrissä tilatut polymeerierät ovat halvempia jo pelkästään logistisista syistä. Koe-erän hinnalla tulisi säästöä $2450 \text{ kg}/\text{v} \times 0,50 \text{ snt}/\text{kg} = 1225 \text{ €/v}$.

6.3 Tulosten yhteenveto

Kullaanvuoressa tulisi suorittaa suuremmat koeajot polymeereillä A-D. Jatkotutkimuksista pystyi ainoastaan sulkemaan pois polymeerit E ja F. Pidemmällä koeajoilla saataisiin tarkempaa tietoa polymeerien käyttäytymisestä, sekä mahdollisista säästöistä. Lyhyiden koeajojen perusteella voidaan todeta, että mahdollista säästöä vuodessa voidaan saada 5000-13000 euroa. Summat ovat hyvin riippuvaisia polymeerien hinnoista sekä polymeeriliuoksen parhaimman hyötysuhteen lietteen kuiva-ainepitoisuudesta. Säästö on puhdistamon toiminnan kannalta suhteellisen pieni, sillä puhdistamon oletetaan toimivan enää vuoteen 2019 asti, jolloin Nokialle on rakennettu uusi puhdistamo.

7 POHDINTA

Kullaanvuoren puhdistamolla optimoinnin suurimmaksi esteeksi muodostui puhdistamon lyhyt käyttöikä sekä suhteellisen hyvin kartoitettu käytössä oleva polymeeri. Työssä ei haluttu riskeerata puhdistustuloksia, ja täten jouduin hylkäämään ferrisulfaatin vaihtamisen vastaavanlaisiin saostuskemikaaleihin.

Mikäli työstä olisi halunnut tehdä kattavamman, olisi lingolle tulevasta lietteestä pitänyt ottaa noin 2-3 tunnin välein näytteitä, ja niistä olisi pitänyt tutkia lietepitoisuus g/l. Lietteen kuiva-ainepitoisuudesta olisi pitänyt ottaa myös useammin näytteitä, jotta olisi päästy tarkempiin tuloksiin kuin mihin tällä optimoinnilla päästiin. Kustannussyistä näistä vaihtoehdoista kuitenkin luovuttiin heti alussa.

Polymeerien monipuolisuutta olisi voinut lisätä, mutta tämä olisi tarkoittanut hyvin pitkää koeajoperiodia, mikä olisi häirinnyt työskentelyä puhdistamolla.

Jokaisen polymeerin kohdalla pyrittiin luomaan mahdollisimman tasapuoliset olosuhteet ja tästä syystä polymeeriä pystyttiin ajamaan vain yksi viikossa.

Laitoksen vanha polymeerinvalmistuskone tuotti ongelmia polymeerin mittauksessa sekä polymeeriliuoksen pumppaamisessa. Polymeerin toimittajista muutama halusi, ettei heidän firman tai tuotteen nimiä julkistettaisi, mikä puolestaan häiritsi tarkempien tarkasteluiden kanssa.

Kaiken kaikkiaan työssä huomasi, että polymeerille oli tehty useita kartoituksia jo ennen tätä työtä, ja että tilanne oli hyvin lähellä optimia.

LÄHTEET

Lähteitä ei käytetty tässä työssä, sillä työ pohjautuu työssä opittuun tietoon. Työtä kirjoittaessa olin työskennellyt Nokian Vesi Oy:llä 2,5 vuotta puhdistamonhoitajana.

LIITE 1. ESIMERKKI LABORATORIOTULOKSISTA



TESTAUSSELOSTE
*Liete
8.12.2014

14-14776 1 (2)
#1

Nokian Vesi Oy
Timo Järvinen
Kullaanvuori 24
37140 NOKIA



Tilausno 217977 (4KULLAALiete), saapunut 26.11.2014

NÄYTTEET

Lab.nro	Näytteen kuvaus
42045	Liete; 496 Opt
42046	Liete; 496 Pitkä
42047	Liete; 496 Käsipitkä

MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET

Määrittäminen	Yksikkö	42045	42046	42047
*Kuiva-aine g/kg		170	174	147
*Kuiva-aine %		17,0	17,4	14,7

Merkintöjen selityksiä: P = määrittäminen kesken, E = ei tehty, ~ = noin, < = pienempi kuin, < = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, » = suurempi tai yhtäsuuri kuin.
*-merkitty on akkreditoitu menetelmä.

Heli Orakangas

Heli Orakangas
Ymp.asiantuntija(FM)

TIEDOKSI

Nokian Vesi Oy, 0 kpl.

Tässä tutkimuslosteessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Liitteenä menetelmä-, mittausepävarmuus- ja määrittämissäätiedot. Tutkimustodistuksen saa kopioida vain kokonaan.

Katuosoite
Hatanpäänkatu 3 B
33900 TAMPERE

Postiosoite
PL 265
33101 TAMPERE

Puhelin
(03) 246 1200
*(03) 246 1111

Telekopio/Sähköposti
(03) 246 1200
heli.orakangas@kvvy.fi

Alv rek./enn.pid.rek.
Y 0214391-0

LIITE 1. ESIMERKKI LABORATORIO TULOKSISTA



TESTAUSSELOSTE
*Liete
8.12.2014

14-14776 2 (2)
#1

MENETELMÄTIEDOT

Määrittäminen	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluissa)
*Kuiva-aine	SFS 3008, 1990 (TL25)

TUTKIMUSLAITOSTIEDOT

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL25	Kokemäenjoen vesistön vsy/Tre

MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämisajankohta
*Kuiva-aine	2014/42045	±10 %	27.11.2014
	2014/42046	±10 %	27.11.2014
	2014/42047	±10 %	27.11.2014

Tässä tutkimusselosteessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Liitteenä menetelmä-, mittausepävarmuus- ja määrittämisajankohdat. Tutkimustodistuksen saa kopioida vain kokonaan.

LIITE 2. KULLAANVUOREN KÄYTTÖTARKKAILUYHTEENVETO

KÄYTTÖTARKKAILUN YHTEENVETOLOMAKE												
Kunta: Nokia		Puhdistamo:		Kullaanvuori				Vuosi: 2014				
KK	Käsitelty	m ³ /d		m ³ /kk	Sähkön kulutus	Jätteen käytyt kemikaalit PIX 105 A	g/m ³	kg/kk	g/kk	kg/kk	Poiskuljetettu liete kaatopaikka	Sakoliete m ³ /kk
		min.	kesk.									
tammni	8350	11322	15883	351004	99809	97258	277				547160	330
helmni	7996	9198	12268	257548	80210	88948	345				506820	367
maalis	9002	10507	12011	325726	87806	99883	307				547880	500
huhti	8064	9108	10073	273225	85874	96755	354				564800	464
touko	6744	8437	9358	253121	87815	99466	393				507060	590
kesä	6981	8539	11012	256162	76360	93767	366				474820	623
heinä	6392	7467	8862	231491	84481	100713	435				506140	700
elo	6439	8356	12686	259044	98131	98928	382				461300	625
syys	6593	7707	8821	227581	98607	96914	426				497220	608
loka	7048	7971	9536	247108	104049	101089	409				538020	631
marras	7700	9387	11913	281597	98279	99150	352				445330	545
joulu	7344	9232	10966	286178	94583	103172	361				549760	627
Yhteensä koko vuonna				3249785	1096004	1176043	4406,73				6146310	6610
keskimäärin vuorokautta kohti				8904	3003	3222	12				16839	18
Koko												
Polymeeri (jätteen)				3125	kg/a							
Neutraalointikemikaalit					kg/a							
Kalkki (lietteeseen)					kg/a							
Polymeeri (lietteeseen)				8650	kg/a							
Virtausmittarin kalibrointipäivä ja												