

Emmi Holsti

FLOTAATION OPTIMOINTI

Kemiantekniikan koulutusohjelma
Kemiantekniikan suuntautumisvaihtoehto
2012

FLOTAATION OPTIMOINTI

Holsti, Emmi
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kemiantekniikan koulutusohjelma
Tammikuu 2012
Valvoja: Hannelius, Timo; lehtori, SAMK
Ohjaaja: Jokinen, Timo; energia insinööri, Pori Energia Oy
Sivumäärä: 29
Liitteitä: 5

Asiasanat: voimalaitos, flotaatio, flokkaus, pH, johtokyky, humus

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä Pori Energia Oy:n Aittaluodon voimalaitoksen flotaatiolaitteistoon sekä löytää optimaaliset ajoasetukset ja kemikaaliannostelut humuksen poistamiseksi kattilaveden valmistuksessa.

Työn aikana säädettiin mekaanisesti suodatetun veden pH:ta ennen flotaatiota sekä PAC:n annostelua. pH:n oli pysyttävä alueella 5,5 - 6,2 korroosioriskin välttämiseksi ja PAC:n toiminnan varmistamiseksi. Koska PAC on huomattavan hapanta pH:ta säädettiin lipeän annostelulla. Toinen seurattava suure, PAC:n määrä, säädettiin muuttamalla PAC-pumpun iskunpituutta käyttämällä arvoja: 1,5, 2,0 tai 2,5 mm.

Koeajojen aikana pienimmällä PAC:n määrällä ei saavutettu alhaisimpia pH:n arvoja. Siitäkin huolimatta vaikka lipeän annostelu oli pysäytettynä, ei PAC:n happamuus riittänyt laskemaan pH:ta. Näin ollen kaksi koetulosta jäi saamatta.

Flotaation kautta kulkevasta vedestä otettiin näytteitä jokaisella pH:n ja PAC:n arvolla. Vesinäytteet analysoitiin Pori Energia Oy:n Aittaluodon voimalaitoksen laboratoriossa. Humuksen määrä näytteistä selvitettiin titraamalla. Saadut tulokset kerättiin kuvaajiin joista tulokset oli helppo lukea.

Parhaimpaan tulokseen päästiin PAC-pumpun iskunpituudella 2 mm, jolloin pH oli 6,2. Tällöin humusta oli vedessä enää 18,5 mg/l ja johtokyky oli 157 μ S/cm. Iskunpituudella 1,5 mm humuksen määrä oli 34,0 mg/l ja 2,5 mm 31,6 mg/l.

OPTIMIZATION OF FLOTATION

Emmi, Holsti

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Chemical Engineering

January 2012

Supervisor 1: Hannelius, Timo; Lecturer, SAMK

Supervisor 2: Jokinen, Timo; Energy Engineer, Pori Energia Oy

Number of pages: 29

Appendices: 5

Keywords: power plant, flotation, flocculation, pH, conductivity, humus

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to study flotation process in Pori Energia power plant located in Aittaluoto. Optimal process conditions and chemical dosages were found experimentally.

It is known that pH of water should stay within the range 5,5 up to 6,2 in order to get the best effect from PAC-chemical and to avoid corrosion. pH of water was adjusted with caustic soda (NaOH) because of acidity of PAC. Another adjustable parameter, PAC dosing, was regulated directly from the pump by changing pumps stroke length alternatively: 1,5 mm, 2,0 mm or 2,5 mm.

It was discovered that some test points were impossible to reach at the lowest level of PAC dosing. Eventhough the caustic soda dosage pump was stopped the pH of PAC-solution didn't decrease down to desired level.

Water samples were taken at every adjusted pH- and PAC-dosage level and they were analyzed in the power plant laboratory. Humus content of water was analyzed by titration.

The best result, i.e. maximum reduction of humus content, was received at pH-level 6,2 and PAC pump's stroke length 2 mm. In these conditions humus content of water was only 18,5 mg/l and correspondingly conductivity 157 μ S/cm. With pump stroke 1,5 mm there was 34,0 mg/l humus in water and with 2,5 mm 31,6 mg/l.

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 5 |
| 1.1 | Pori Energia Oy | 5 |
| 1.2 | Aittaluodon voimalaitos..... | 6 |
| 1.2.1 | Kattilat..... | 6 |
| 1.2.2 | Polttoaineet..... | 8 |
| 1.2.3 | Polttoaineiden analysointi | 9 |
| 2 | KATTILAVESI..... | 11 |
| 2.1 | Permanganaattiluku (KMnO ₄)..... | 12 |
| 2.2 | pH..... | 13 |
| 2.3 | Sameus | 13 |
| 2.4 | Kovuus | 13 |
| 2.5 | Johtokyky..... | 13 |
| 2.6 | Veden laatuvaatimukset..... | 13 |
| 3 | KOAGULAATIO JA FLOKKAUS..... | 15 |
| 3.1 | Koagulaation ja flokkauksen periaatteita..... | 15 |
| 3.2 | Selkeytys ja suodatus | 16 |
| 4 | FLOTAATIO..... | 17 |
| 4.1 | Yleistä | 17 |
| 4.2 | Teoria | 17 |
| 4.3 | Flotaatiotyypit..... | 18 |
| 4.3.1 | Luonnollinen flotaatio | 18 |
| 4.3.2 | Avustettu flotaatio | 18 |
| 4.3.3 | Aiheutettu flotaatio..... | 19 |
| 5 | MITTAUKSET | 20 |
| 5.1 | Yleistä | 20 |
| 5.2 | pH..... | 20 |
| 5.3 | Johtokyky..... | 22 |
| 6 | TULOKSET | 23 |
| 6.1 | KMnO ₄ -pitoisuudet kuvaajina | 24 |
| 6.2 | Johtokyky kuvaajina | 26 |
| 6.3 | Laskenta | 27 |
| 6.4 | Johtopäätökset..... | 28 |
| | LÄHTEET..... | 29 |
| | LIITTEET | |
| | 1. PAC-pumpun tuotto | |
| | 2. Analyysiohje: Kaliumpermanganaatti | |
| | 3. Automaatiokuva: Mekaaninen vedenkäsittely | |
| | 4. Automaatiokuva: Saostuslaitos | |
| | 5. Automaatiokuva: Kemikaalilaitteistot | |

1 JOHDANTO

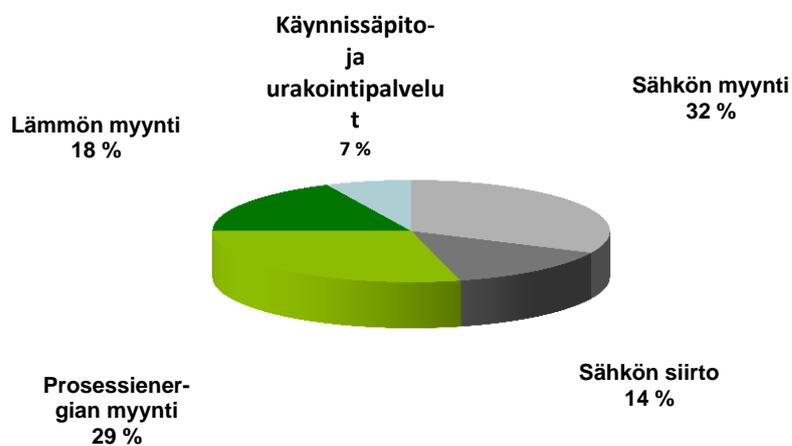
1.1 Pori Energia Oy

Pori Energia Oy on Porin kaupungin omistama yritys, joka on perustettu vuonna 2006. Pori Energia Oy syntyi, kun Porin Lämpövoima Oy osti Porin Kaupungin energialaitoksen osakekannan ja laitoksen nimeksi muutettiin Pori Energia Oy. Pori Energian merkittävimmät tuotteet ovat sähkö, kaukolämpö, teollisuuden energiapalvelut sekä urakointi- ja kunnossapitopalvelut. Tytäryhtiö Pori Energia Sähköverkot Oy vastaa sähkön siirrosta ja jakelusta Porin alueella Yhteisyritys Dalkia AB:n kanssa. Suomen Teollisuuden Energiapalvelut – STEP Oy vastaa energiapalveluiden tarjoamisesta teollisuusasiakkaille.

Pori Energia Oy:n voimalaitokset sijaitsevat Aittaluodossa ja Harjavallan suurteollisuuspuistossa. Lisäksi yritys hallinnoi Porin kaupungin tuotanto-osuutta Pohjolan Voiman omistamassa Porin Prosessivoima Oy:n voimalaitoksessa. Pori Energialla on lisäksi osakkuuksia ja tuotanto-osuuksia useista energia-alan yrityksistä. Lähes kaikki lämpöenergia ja suurin osa hankitusta sähköstä tulevatkin laitoksilta, joissa Pori Energia hallinnoi Porin kaupungin tuotanto-osuuksia. Porin kaupunki on uskonut näitä tuotanto-osuuksia omistamansa osakeyhtiön Porin Energian hallintaan muun muassa Pohjolan voimasta ja Länsi-Suomen voimasta. Energiantuotanto tapahtuu voimalaitoksissa pääosin sähkön ja lämmön yhteistuotantona, jossa polttoaineen sisältämä energia saadaan hyvällä hyötysuhteella muutettua energiaksi. /9/

Vuonna 2008 Pori Energia tuotti energiaa noin 1375 GWh:a ja se myytiin teollisuuden sekä yksityistalouksien käyttöön. Energia tuotettiin pääosin Pihlavan, Kaanaan ja Aittaluodon laitoksilla. Tuotanto koostuu kaukolämmöstä (726 GWh) ja vastapaine-tuotantona tuotetusta sähköstä (234 GWh). Lisäksi tuotettiin 474 GWh eri paineluokkaisia prosessihöyryjä teollisuudelle. /10/9

Pori Energian liikevaihto vuonna 2008 oli 121,6 milj. euroa. Liikevaihto on kasvanut viimeisen 10 vuoden aikana yli 60 milj. euroa. Vuoden 2008 liikevoitto oli 7,3 milj. euroa ja tilikauden tulos 0,8 milj. euroa. Kuvassa 1 on kuvattu liikevaihdon jakaantuminen vuonna 2008. /1/2



Kuva 1. Liikevaihdon jakaantuminen vuonna 2008

1.2 Aittaluodon voimalaitos

Aittaluodon voimalaitos sijaitsee keskellä Porin kaupunkia Aittaluodon teollisuusalueella. Voimalaitos tuottaa noin 563 GWh energiaa vuodessa. Aittaluodon voimalaitoksella energiaa tuotetaan kahdella kiinteän polttoaineen leijupetikattilalla sekä öljykäyttöisellä apukattilalla. Aittaluodon voimalaitoksen merkittävimpiä asiakkaita ovat Corenson hylsykartonkitehdas Aittaluodossa, UPM:n Seikun saha sekä tietenkin porilaiset kaukolämmön kuluttajat. /2

1.2.1 Kattilat

RT-kattila on otettu käyttöön vuonna 1981 arinakattilaksi ja se on muutettu leijukerroskattilaksi vuonna 1996. RT-kattila on käytössä suuren lämpökuorman aikana, lähinnä talvisin. RT-kattilan tekniset tiedot on esitetty taulukossa 1. /3

Taulukko 1. RT-kattilan tekniset tiedot /12

| | |
|--------------------------|------------------------------|
| Valmistaja | OyW.Rosenlew AB, Pori |
| Leijukerrosmuutos | Kvaerner Pulping Oy, Tampere |
| Tuorehöyryn paine | 113 Bar |
| Höyryn kehitys | 44 kg/s |
| Tuorehöyryn lämpötila | 525 °C |
| Leijukerroksen lämpötila | 700-950 °C |
| Kattilateho | 116 MW |

R-kattila otettu käyttöön arinakattilaksi vuonna 1968, mutta se on muutettu leijukerroskattilaksi vuonna 1994. R-kattilan käyttö ajoittuu lähinnä kesäaikaan sen RT-kattilaa parempien osakuorma-ajo-ominaisuuksien vuoksi. R-kattilan tekniset tiedot on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. R-kattilan tekniset tiedot

| | |
|--------------------------|------------------------------|
| Valmistaja | OyW.Rosenlew AB, Pori |
| Leijukerrosmuutos | Kvaerner Pulping Oy, Tampere |
| Tuorehöyryn paine | 112 bar |
| Höyryn kehitys | 32 kg/s |
| Tuorehöyryn lämpötila | 525 °C |
| Leijukerroksen lämpötila | 700-950 °C |
| Kattilateho | 90 MW |

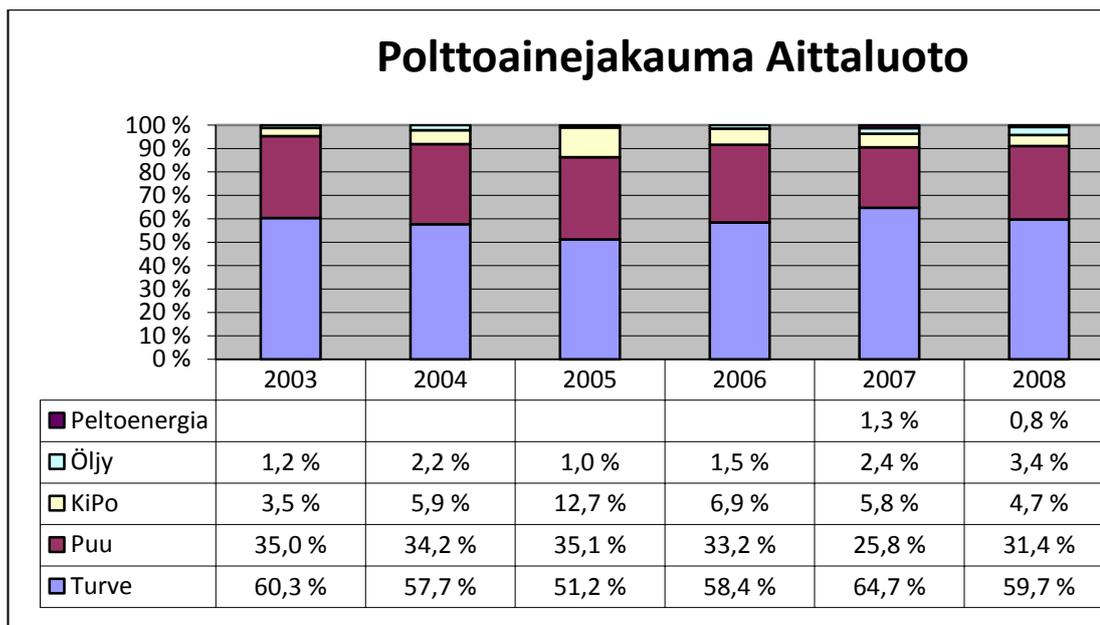
KPA Unicon Oy:n vuonna 2006 toimittama 46 MW öljykattilaa käytetään tilanteissa, joissa kiinteällä polttoaineella tuotettua energiaa ei ole saatavilla tai se ei riitä kattamaan kaikkea energiankulutusta. Apukattila hyödyntää suurimmalta osin laitoksen samoja apujärjestelmiä kuin kiinteän polttoaineen kattilatkin, esimerkiksi syöttövesi- ja lauhdejärjestelmiä. Apukattilan tekniset tiedot on esitetty taulukossa 3. /4

Taulukko 3. Apukattilan tekniset tiedot

| Polttoaine | |
|----------------------|-----------------------|
| Tyyppi | Teboil 420 /16/ |
| Tehollinen lämpöarvo | 41 MJ/kg |
| Tiheys (15 °C) | 987 kg/m ³ |
| Palamisilma | |
| Lämpötila | +25 °C |
| Suhteellinen kosteus | 50 % |
| Höyry | |
| Lämpötila | 220 °C |
| Paine | 16 bar |
| Kattila teho | 46MW |

1.2.2 Polttoaineet

Aittaluodon voimalaitoksen pääpolttoaineet ovat puu ja turve. Raskasta polttoöljyä käytetään vain kattilaa ylös ajettaessa tai jos kiinteän polttoaineen käyttö ei jostain häiriöstä johtuen ole mahdollista tai lämmön tarve ylittää kiinteällä polttoaineella tuotetun tehon. Polttoaineena käytettävä jyrshinturve toimitetaan Aittaluotoon pääosin Satakunnasta ja Etelä-Pohjanmaalta Vapo Oy:n toimesta. Suurin osa puupolttoaineesta tulee Seikun sahalta kuljetinta pitkin. Puupolttoaine on sahan purua sekä puunkuorta. Loppu osa puupolttoaineesta koostuu muun muassa kierrätyspuusta, kannoista, metsä-hakkeesta sekä erilaisista sahausjätteistä, jotka tuodaan autoilla eri toimittajien toimesta Aittaluotoon. Lisäksi pieni osa polttoaineesta on peltopolttoaineita kuten viljaa tai ruokohelpiä. Kuvassa 2 on esitetty Aittaluodon polttoainejakauma. /5/2/



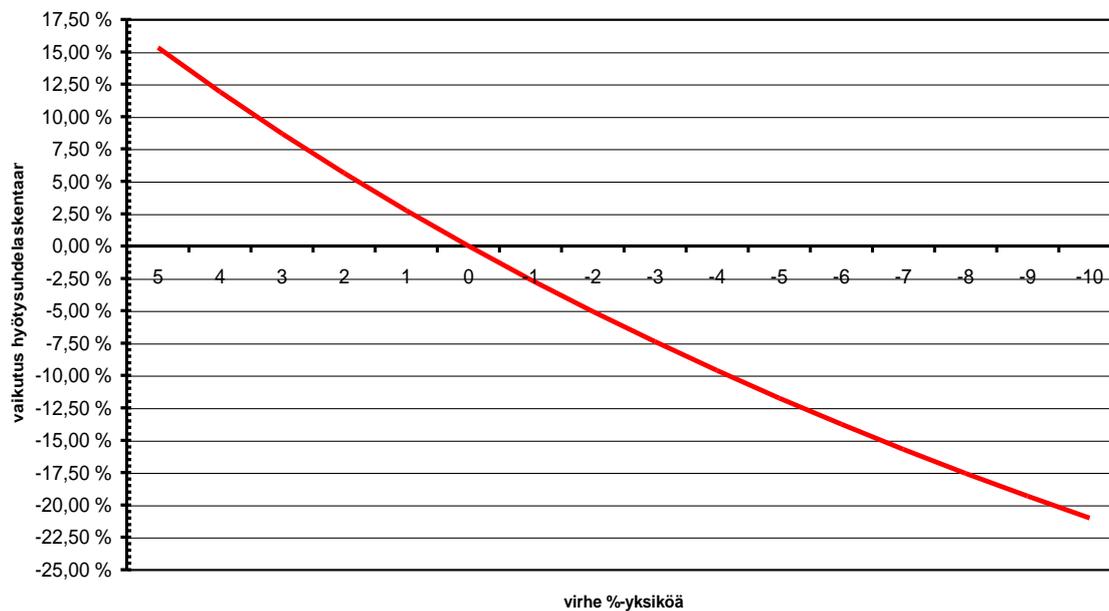
Kuva 2. Aittaluodon polttoainejakauma

1.2.3 Polttoaineiden analysointi

Polttoaineen energiasisältöön vaikuttavia tekijöitä ovat sen lämpöarvo, kosteus ja tuhkapitoisuus. Lämpöarvo ja kosteus ovat polttoaineesta yleisesti mitattavia suureita. Kosteusnäyte otetaan jokaisesta laitokselle tulevasta kuormasta. Polttoainenäyte punnitaan mittauslaitoksella, jonka jälkeen se laitetaan vuorokaudeksi 105 asteiseen uuniin. Uunista poisoton jälkeen näyte punnitaan uudestaan ja massan erotus on polttoaineen vesimäärä. Lämpöarvonäyte otetaan vain tietyistä polttoaineista ja se lähetetään noin kerran kuukaudessa Enas Oy:lle analysoitavaksi. Muille polttoaineille on määritetty kiinteä lämpöarvo. Lämpöarvo ilmoittaa polttoaineen täydellisessä palamisessa vapautuvan lämpöenergian.

Mittauksissa tapahtuvat epätarkkuudet vaikuttavat suoraan polttoaineen käsittelyyn ja koko laitoksen energiataseeseen. Säännölliset epätarkkuudet aiheuttavat suuria heit-toja energiataseessa, koska toimitetun polttoaineen määrä on suuri. Jo muutaman prosentoinen säännöllinen heitto polttoaineen kosteudessa tekee merkittävän muutoksen koko laitoksen hyötysuhteeseen, kuten kuvasta 3. käy ilmi. /1/6/

KOSTEUSMÄÄRITYKSESSÄ SYNTYVÄN VIRHEEN VAIKUTUKSET HYÖTYSUHDELASKENTAAN CASE-LAITOKSELLE



Kuva 3. Polttoaineen kosteuden vaikutus hyötysuhteeseen /6/

2 KATTILAVESI

Höyrykattiloiden suljetuissa järjestelmissä käytettävää vettä kutsutaan kattilavedeksi. Kattilavedelle asetetut laatuvaatimukset ovat jopa korkeampia kuin talousvedelle, johtuen saostumisen ja korroosion estämisestä. Saostumia voi syntyä aina kun kattilaveden tasapaino heilahtelee, eli kun vesi luovuttaa tai sitoo lämpöä. Yleisimpiä saostuvia aineita ovat alhaisen liukoisuuden omaavat: kalsium, magnesium, silikaatti, jne. Kattilakivi ja erityisesti turbiinin lapoihin muodostuvat saostumat ovat hankalasti poistettavissa.

Kattilavesi on useimmiten ionivaihdettua, neutraalia jahapetonta vettä, johon lisätään korroosion estämiseksi esimerkiksi trinatriumfosfaattia. Myös aminopolykarboksyylihapot kuten EDTA ja NTA ovat käytettyjä. Kattilaveden valmistus on kemiallisesti vaativimpia vedenkäsittelyn muotoja. /4/

Meristä ja järvistä ilmakehään haihtuva vesihöyry on puhdasta, mutta maahan sadepisaroina putoavat vesipisarot liuottavat ilmakehästä itseensä kaasumaisia epäpuhtauksia kuten happea, typpeä, hiilidioksidia sekä rikin ja typen oksideja. Edelleen vesi liuottaa maaperästä itseensä maaperän mineraaleja, kuten kalsiumkarbonaattia (kalkkikivi), magnesiumkarbonaattia (dolomiitti), piidioksidia (silikaatti), natriumkloridia (ruokasuola), metalleja (rauta, alumiini) ja orgaanisia eloperäisen luonnon hajoamistuotteita.

Kalsium, magnesium ja silikaatti ovat pahimmat kattilakiven muodostajat. Kalsium ja magnesium saostuvat kattilaveden lämpötilan kohotessa ja kovettuvat karbonaateina ja sulfaatteina suolapitoisuuden kasvaessa. Piidioksidi voi saostua suolojen mukana tai muodostaa silikaatteja alumiinin kanssa. Tuloksena on huonosti lämpöä johtava ja hankalasti poistettava kerrostuma. Höyrynpaineen kasvaessa silikaatti kulkeutuu höyryn mukana turbiinin siivistöön.

Silikaatti väkevöityy kuumien pintojen lähelle lämpökuormituksen jatkuessa. Kun lämpökuormitus lopetetaan, silikaatti siirtyy putken reunalle laimentaan SiO_2 -pitoisuutta virtausvyöhykkeessä (piiloutumisilmiö eli hide-out).

Alkalit, natrium ja kalium, saostuvat turbiinin siivistöön ja saattavat aiheuttaa alkali-korroosiota. Natrium voi olla peräisin kaukolämpölämpövaihtimen tai pumppujen

jäähdytysvesivuodoista, kationivaihtimen natriumvuodoista tai Na_3PO_4 -syötöstä (trinatriumfosfaatti).

Rauta ja kupari aiheuttavat kattilavedessä korroosiota yhdessä hapen kanssa. Kokonaisrauta ja -kupari tarkoittaa hiukkasmuotoisen ja ionisoituneen raudan ja kuparin yhteismäärää (mg/kg). Kattilaan kulkeutuva kiinteä rauta palaa kiinni höyrystyspintoihin mustaksi magnetiittikalvoksi (Fe_3O_4), joka on paras tunnettu korroosiosuoja. Jos kalvo kasvaa liiallisen raudan vuoksi liian paksuksi, siitä voi lämpökuorman heilahdellessa irtoilla kappaleita, jotka aiheuttavat eroosiota turbiinissa.

Myös kupari saattaa kerrostua höyrystimeen ja turbiiniin aiheuttaen eroosiota turbiinissa.

Happi, joka sekin luetaan kattilaveden epäpuhtaudeksi, kiihdyttää kovasti korroosiota. Jäännöshapella tarkoitetaan termisessä ja/tai kemiallisessa kaasunpoistossa syötöväeteeen jääneen ja ilmapuodoissa liuenneen hapen määrää (mg/kg).

Hiilidioksidi (CO_2) siirtyy höyryn mukana lauhduttimeen ja muodostaa lauhtuessaan hiilihappoa (H_2CO_3), jolloin lauhteen pH-arvo laskee. Seurauksena on veden happamuuden aiheuttama syöpyminen, joka voidaan estää neutraloimalla hiilihappohydratsiini (N_2H_4)- tai ammoniakkiannostelulla (NH_3). Hydratsiinia käytetään hapenpoistokemikaalina, mutta se reagoi osittain myös ammoniakiksi nostaten veden pH:ta.

Kiintoaineet aiheuttavat vesipinnoille kerrostumia ja virtausvyöhykkeisiin tukkeutumia. Orgaaninen aines saa aikaan kerrostumia ja kattilaveden kuohumista. Öljy synnyttää eristävän kalvon lämmönsiirtopinnoille. /11/

2.1 Permanganaattiluku (KMnO_4)

Kemikaaliannostusta määritettäessä permanganaattiluku on tärkein suure, sillä tarvittava kemikaalimäärä määräytyy sen mukaan. Kaliumpermanganaatin kulutus kuvaa vedessä olevan orgaanisen aineen, useimmiten maaperästä huuhtoutuneen humusaineen määrää. /4/

2.2 pH

Veden pH täytyy olla sopiva jotta flokin muodostuminen kemikaalien avulla on mahdollista. pH:n säätökemikaaleina käytetään useimmiten lipeää (NaOH), natrium-aluminaattia (NaAlO₂) ja kalkkia (Ca(OH)₂) jotka lisätään veteen ennen flokkauskemikaalia. /7/

2.3 Sameus

Veden sameus osoittaa kolloidimuodossa olevien, tai jopa sitä suurempien, hiukkasten pitoisuuden. Toisinaan sameus voi aiheutua myös vedestä vapautuvista kaasukuplista. Sameus on havaittavissa silmämääräisesti. Sameutta voidaan myös mitata eri menetelmillä jotka perustuvat joko ominaisuuksiltaan tunnetusta piimaasta tehtyyn vertailuliuokseen tai muuhun standardiin. Sameusmääritys perustuu veden sisältämien hiukkasten valon sirontaan. /8/

2.4 Kovuus

Kovuus ilmaisee veden sisältämien maa-alkali- ja maametallien määrää ja se määräytyy pääasiallisesti kalsium- ja magnesiumionipitoisuuksista. Myös rauta- ja mangaani-ionit aiheuttavat kovuutta. /8/

2.5 Johtokyky

Johtokyky osoittaa riittävällä tarkkuudella veteen liuenneiden suolojen kokonaismäärän. Johtokyvyn SI-yksikkö on S/m.

2.6 Veden laatuvaatimukset

Kattilavedenlaatuvaatimukset määräytyvät lähinnä köyrykattilan rakenteesta, käyttöpainesta ja käyttötavasta. Lisäksi kattilan paikallisella lämpökuormalla ja höyryn käyttötarkoituksella on vaikutusta. Seuraavassa taulukossa on esitelty kattilalaitoksen vedelle asetettuja laatuvaatimuksia. /11/

Taulukko 1.Syöttöveden laatuvaatimukset luonnonkierron ja avustetun kierron höyry- ja kuumavesikattiloissa /11/

| Muuttuja | Yksikkö | Syöttövesi (sisältää liuenneita kiintoaineita) | | | Syöttövesi ja ruiskutusvesi (suolaton) | Kuumavesi kattioiden lisävesi |
|--|---------|--|---------|-----------|--|-------------------------------|
| Käyttöpaine | bar | > 0,5-20 | >20-40 | >40-100 | koko alue | koko alue |
| Ulkonäkö | - | kirkas, ei liukenemattomia aineita | | | | |
| Suora sähköjohtavuus 25 °C:n lämpötilassa | µS/cm | ei määritelty | | | - | ei määritelty |
| Kationivaihdettu sähköjohtavuus 25 °C:n lämpötilassa | µS/cm | - | - | - | < 0,2 | - |
| pH-arvo 25 °C:n lämpötilassa | - | > 9,2 (c) | > 9,2 | > 9,2 | > 9,2 (d) | > 7,0 |
| Kokonaiskovuus (Ca+Mg) | - | < 0,02 (e) | < 0,01 | >0,005 | - | < 0,05 |
| Natrium ja kalium (Na+K) | mmol/l | - | - | - | < 0,01 | - |
| Rauta (Fe) | mg/l | < 0,05 | < 0,03 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,2 |
| Kupari (Cu) | mg/l | < 0,02 | < 0,01 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,1 |
| Silikaatti (SiO ₂) | mg/l | ei määritelty | | | < 0,02 | - |
| Happi (O ₂) | mg/l | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,1 | - |
| Öljy-rasva (EN 12952-7) | mg/l | < 1 | < 0,5 | 0,5 | 0,5 | < 1 |
| Orgaaniset aineet(permanganaattiluku) | mg/l | ks. viite (h) | | < 0,5 (g) | < 0,2 | ks. viite (h) |

- (a) Lisäksi tulisi ottaa huomioon orgaanisten lisäaineiden vaikutus
- (b) Jos laitteistossa on kupariseoksia, pH-arvon tulee olla alueella 8,7-9,2
- (c) Pehmennetyllä vedellä pH-arvo < 7,0 tulisi taulukon xx mukaista kattilaveden pH-arvoa harkita
- (d) ruiskutusvedelle vain haihtuvat alkalointiaineet sallittuja
- (e) käyttöpaineen ollessa < 1 bar hyväksytään kokonaiskovuuden suurin arvo 0,05 ml/l
- (f) Jaksottaisessa käytössä tai kun ei käytetä kaasunpoistinta, seurataan tämän arvon seuraamisen sijasta filminmuodostavia lisäaineta tai happoa sitovia yhdisteitä.
- (g) Käyttöpaineen ollessa > 60 bar, suositellaan TOC > 0,2 mg/l.
- (h) Orgaaniset aineet ovat tavallisia yhdisteitä useissa eri aineissa. Yhdisteiden koostumusta ja niiden yksittäisten aineosasten käyttäytymistä kattilan toimintaolosuhteissa on vaikea ennakoita. Orgaaniset aineet voivat hajota muodostaen hiilihappoa tai muita happamia hajoamistuotteita, jotka kasvattavat kationivaihdettua sähköjohtavuutta ja aiheuttavat korroosiota ja kerrostumien muodostumista. Ne voivat myös aikaansaada vaahtoamista ja kuplimista, joiden määrä on pidettävä niin vähäisenä kuin mahdollista.

3 KOAGULAATIO JA FLOKKAUS

3.1 Koagulaation ja flokkauksen periaatteita

Epäpuhtaudet, jotka ovat kolloidisessa tai liuenneessa muodossa, eivät pysty yhdistymään ilman apukeinoja jolloin tarvitaan koagulointia ja flokkaamista. Vedenkäsittelyssä koagulaatioksi kutsutaan prosessia, jossa yleensä negatiivisesti varautuneet kolloidit, jotka useimmiten ovat humus- ja savikolloideja, neutraloidaan jonkin kemikaalin avulla. Koagulaatio luo pohjan suspendoituneiden ja kolloidikoossa olevien epäpuhtauksien poistamiselle vedestä. Kolloidimuotoisen hiukkasen eli misellin koko on noin 0,1-0,01 μm . Koagulaatiossa syntyneet suuremmat hiukkaset (mikroflokit) kasvatetaan edelleen suuremmiksi hiukkasiksi (makroflokit) hämmennyksen eli flokkauksen avulla.

Kun hiukkaset on saatettu riittävän suuriksi, suoritetaan lopullinen poisto joko suodatuksen, laskeuttamisen tai flotaation avulla. Voidaan myös käyttää kaikkia edellä mainittuja menetelmiä. Humuspartikkelien lisäksi monien liuenneiden aineiden onnistunut poistaminen edellyttää koagulaatio-flokkaus-prosessia. /10/

Flotaatio perustuu nostevoimaan F_N , joka on gravitaatiovoimaa F_G suurempi. Näiden voimien erotuksesta saadaan laminaariolosuhteissa pätevä Stokesin kaava, josta voidaan laskea flokattavan partikkelin nousunopeus:

$$v_p = \frac{g(\rho_L - \rho_G)d_B^2}{18\eta} \quad (4.1)$$

, jossa

- v_p = kuplan nousunopeus nesteessä
- ρ_L = nesteen tiheys
- ρ_G = kaasun tiheys
- d_B = kuplan halkaisija
- η = nesteen viskositeetti

Siis mitä suurempi on tiheusero ($\rho_L - \rho_G$) ja partikkelin halkaisija d_B , sitä paremmin partikkeli nousee pinnalle. Ilmiötä voidaan tuntuvasti nopeuttaa käyttämällä flokkaukemikaaleja ja paineilmaa.

3.2 Selkeytys ja suodatus

Selkeytyksen tarkoituksena on poistaa koagulaatiossa syntyneet hiutaleet. Selkeytyksen ajavana voimana voi olla keskipakovoima, painovoima, elektrostaattinen voimavaikutus tai magneettinen voimavaikutus. Yleisimmin käytössä on painovoimaan perustuva selkeytys.

Painovoimaan perustuva selkeytys perustuu joko flotaatioon, jossa hiutaleet nostetaan ilmakuplien avulla pintaan tai laskeutukseen, jossa hiukkaset laskeutuvat pohjaan.

Pori Energia Oy:n Aittaluodon voimalaitoksella käytössä on painovoimaan perustuva flotaatio jossa hiukkaset nostetaan ilmakuplien avulla pintaan. Flotaatioaltaaseen johdetaan hienoja ilmakuplia altaan pohjasta päin, jotka nostavat flokit pintaan. Flotaatioaltaan pinnalle muodostunut liete poistetaan ylivuotona. Tämän jälkeen vesi johdetaan vielä hiekkasuodinten läpi jotta viimeisetkin epäpuhtaudet saadaan pois.

/9/

4 FLOTAATIO

Flotaatio tai vaahtoflotaatio on fysikaaliskemiallinen erotusmenetelmä. Se on laajasti käytössä mineraaliprosesseissa. Kaivos- ja metalliteollisuuden lisäksi flotaation sovelluksia käytetään myös likavesien käsittelyyn, veden puhdistukseen, bitumin elvyttämiseen tervahiekasta sekä rikinpoistoon hiilestä. Lähes miljardi tonnia malmia käsitellään tällä tavoin joka vuosi. Fosfaattikivi, arvokkaat metallit, lyijy, sinkki, kupari, molybdeeni, tinapitoiset malmit sekä hiili käsitellään yleisesti flotaation avulla. /10/

4.1 Yleistä

Flotaatio on kiintoaine-neste- tai neste-neste –erotusmenetelmä, jota käytetään kiintoainehiukkasiin, joiden tiheys on pienempi kuin nesteen, jossa hiukkaset ovat. Flotaatio voidaan jakaa kolmeen eri alueeseen toimintansa perusteella: luonnollinen, avustettu ja aiheutettu flotaatio. Sanalla flotaatio on vedenkäsittelyssä perinteisesti tarkoitettu aiheutettua flotaatiota. /10/

4.2 Teoria

Flotaatio on fysikaalinen prosessi, joka perustuu kolmen eri faasin vuorovaikutukseen: kiinteä, neste ja kaasu. Flotaatiota tutkiessa on hyvä ymmärtää kiinteän pinnan ja fysikaalisen pinnan kostuvuus ja flotaatioreagenssien aiheuttaman kemiallisen reaktion sekä kupla-partikkelikäyttäytymisen vaikutus flotaatioon.

Flotaatioprosessissa hydrofiiliset eli vettä puoleensa vetävät partikkelit kostuvat vedestä, kun taas hydrofobiset eli vesimolekyylejä hylkivät partikkelit kostuvat öljyistä tai ilmakuplista. Tämän perusteella ilmakuplia käytettäessä hydrofobiset partikkelit nousevat kuplien avulla pinnalle ja voidaan kerätä näin pois. Lisäämällä tarvittavat flotaatioreagenssit voidaan hydrofiiliset partikkelit muuttaa näiden reagenssien avulla kemiallisesti hydrofobisiksi. /10/

4.3 Flotaatiotyypit

Flotaatioprosessit voidaan jakaa kolmeen eri kategoriaan niiden toimintaperiaatteen mukaan: luonnollinen flotaatio, avustettu flotaatio ja aiheutettu flotaatio. Luonnollinen flotaatio perustuu pelkästään flotaatioon tiheyseron avulla. Avustetussa flotaatiossa käytetään ulkopuolisia keinoja edistämään luonnostaan hyvin kelluvia partikkeleita. Aiheutettu flotaatio tapahtuu, kun partikkelin tiheys on alun perin suurempi kuin liuoksen ja tiheyttä lasketaan keinotekoisesti. Teollisuudessa esiintyy yhdistelmiä näistä prosesseista./10/

4.3.1 Luonnollinen flotaatio

Luonnollista flotaatiota käytetään yleisesti kaikkiin alustaviin öljynerotusprosesseihin. Tätä flotaatioprosessia voi edeltää nesteyttävä prosessi, jotta saavutettaisiin parempi erotustehokkuus pienille partikkeleille. Luonnollinen flotaatio voi tapahtua myös käymisestä vapautuvien kaasujen avulla. /10/

4.3.2 Avustettu flotaatio

Avustetussa flotaatiossa parannetaan luonnollista flotaatiota puhaltamalla kuplia liuokseen. Tätä prosessia käytetään esimerkiksi erottamaan rasvoja, jotka ovat dispergoituneena likavedessä. Prosessissa on yleensä kaksi erillistä aluetta, joista toinen on sekoitusta ja emulsiota varten ja toinen osa on flotaatiolle.

Alustavassa öljynerotusvaiheessa liuokseen puhalletaan keskikokoisia kuplia (2-4 mm), jotta saadaan aikaan turbulenssia, jonka avulla erotellaan raskaat partikkelit. Tehokkaammassa öljynerotuksessa ilma hajotetaan hienojakoisiksi kupliksi (0,5-1 mm) vedenalaisella mekaanisella ilmastimella. Liikkuva elementti pitää huolen, että rasvat sekoittuvat ja erottuvat samalla kun ilmakuplien aiheuttama noste nostaa partikkelit pinnalle. /10/

4.3.3 Aiheutettu flotaatio

Aiheutetussa flotaatiossa partikkelit ovat tiheydeltään suurempia kuin liuos jossa ne ovat, joten partikkeleiden tiheyttä joudutaan keinotekoisesti laskemaan. Tämä perustuu tiettyjen partikkeleiden kykyyn liittyä kaasukupliin (yleensä käytetään ilmakuplia), ja muodostaa partikkeli-kaasuyhdistelmiä joiden tiheys on pienempi kuin ympäröivän liuoksen jossa ne muodostavat dispergoituneen vaiheen. Tapahtuva ilmiö on kolmivaiheinen ja riippuvainen kolmen vaiheen fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista ja etenkin niiden rajapinnoista. /10/

5 MITTAUKSET

5.1 Yleistä

Työn tarkoituksena oli säätää flokkauskemikaalin määrää ja löytää laadullisesti paras annostelu. Pori Energian Aittaluodon voimalaitoksella käytetään flokkauskemikaalinapolyalumiinikloridia $Al_x(OH)_yCl_z$, joita yhdisteitä kutsutaan PAC:eiksi. Polyalumiinikloridi on yleisnimi alumiinipohjaisille epäorgaanisille saostusaineille. Niillä on positiivinen sähkövaraus ja ne ovat happamia. Polyalumiinikloridi valmistetaan alumiinihydraatista ja suolahaposta. Polyalumiinikloridia käytetään juomaveden ja jäteveden käsittelyssä epäpuhtauksien poistamiseen.

PACin määrää säädettiin muuttamalla pumpun iskunpituutta, pumpun taajuusmuuntaja säätyy automaatiossa veden määrän mukaan.

PAC-pumpun tuotto:

- Maksimi tuotto 15 l/h (100 Hz)
- Maksimi iskutiheys 144 1/min (100 Hz)
- Maksimi iskunpituus 3 mm

- PAC:in annosmäärä n. 45 – 70 g/m³ vettä
- PAC:in ominaispaino 1,32 kg/l

Pumpun tuottoa mitattiin mittalasin avulla päästämällä pumpun jälkeen asennetusta hanasta minuutin ajan PACia ja vertaamalla sitä energiainsinööri Timo Jokisen tekemään taulukkoon (liite 1) pumpun tuotosta. Tulokset vastasivat toisiaan.

5.2 pH

Koska PAC on hapanta, nostetaan veden pH:ta lipeällä (NaOH). Tavoitetaso pH:lle oli 5,5 – 6,2. Pienimmillä PAC-pumpun iskunpituuksilla ei ollut mahdollista saada pH:ta tavoitealueelle yrityksistä huolimatta.

Työn aikana valvottiin kattilaveden pH:ta, johtokykyä sekä $KMnO_4$ -pitoisuutta. pH mitattiin flotaatioaltaasta kalibroidulla käsimittarilla ja tulosta verrattiin automaation mittaukseen. Vastaavuus oli hyvä.



Kuva 1. Flotaatioallas, jonka pinnalla näkyy vaaleanruskeaa humuslietettä.

5.3 Johtokyky

Johtokykyä seurattiin automaatiosta. Tulokset otettiin ylös kaikilta pH:n ja iskunpituuden arvoilta.



Kuva 2. Prosessikaavio

6 TULOKSET

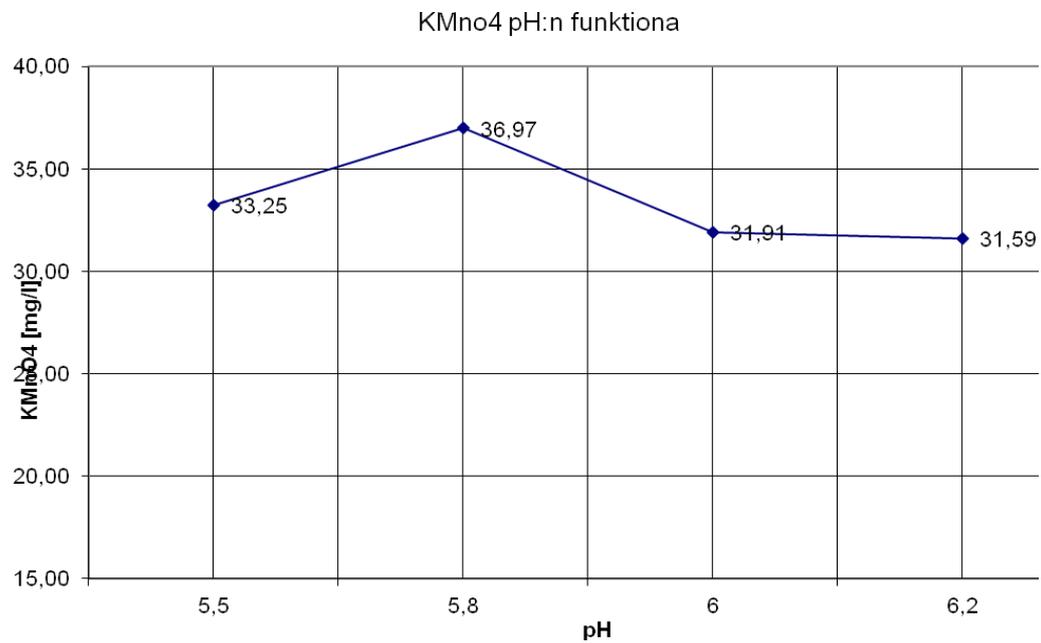
Mittauspöytäkirjaan on koottu kaikki mitatut tulokset sekä muut valvotut suuret. Titraustulokset ovat taulukossa vasemmalla lihavoidulla tekstillä. Vasen sarake on laskettu lausekkeella 1. ja oikea sarake lausekkeella 2.. Keltaisella täytevärillä on valittu sopivalla tarkkuudella arvot kuvaajiin.

| PAC-pumppu | | | VESI | | | ANALYYSIT | | | |
|---------------------|---------------|-----------------|--------------------------|-----|----------------------|---------------|----------------------|-----------------|--------------|
| iskunpituus [mm] | taajuus Hz | tuotto [l/h] | veden määrä [kg/s] | pH | johtokyky [µS/cm] | KMnO4 [ml] | KMnO4 /tark. [ml] | KMnO4 [mg/l] | |
| 2,5 | 47 | 4,5 | 29 | 5,5 | 142 | 11,88 | 20,89 | 37,54 | 33,25 |
| 2,5 | 29,7 | 3,8 | 18 | 5,8 | 139 | 11,7 | 20,44 | 36,97 | 34,82 |
| 2,5 | 15,7 | 1,5 | 8 | 6 | 142 | 10,91 | 20,54 | 34,48 | 31,91 |
| 2,5 | 15,7 | 1,5 | 8 | 6,2 | 146 | 11,75 | 21,17 | 37,13 | 31,59 |
| 2 | 15,8 | 1,6 | 8 | 5,5 | 130 | 11 | 20,98 | 34,76 | 30,18 |
| 2 | 16,1 | 1,6 | 8 | 5,8 | 140 | 8,84 | 20,14 | 27,93 | 27,30 |
| 2 | 15,5 | 1,5 | 8 | 6 | 147 | 6,41 | 20,09 | 20,26 | 19,88 |
| 2 | 46,2 | 4,5 | 28 | 6,2 | 157 | 5,86 | 20,22 | 18,52 | 17,63 |
| 1,5 | | | | 5,5 | | | | 0,00 | |
| 1,5 | | | | 5,8 | | | | 0,00 | |
| 1,5 | 15,7 | 1,1 | 8 | 6 | 124 | 11,82 | 21,21 | 37,35 | 31,61 |
| 1,5 | 15,7 | 1,1 | 8 | 6,2 | 130 | 12,42 | 21,08 | 39,25 | 34,00 |

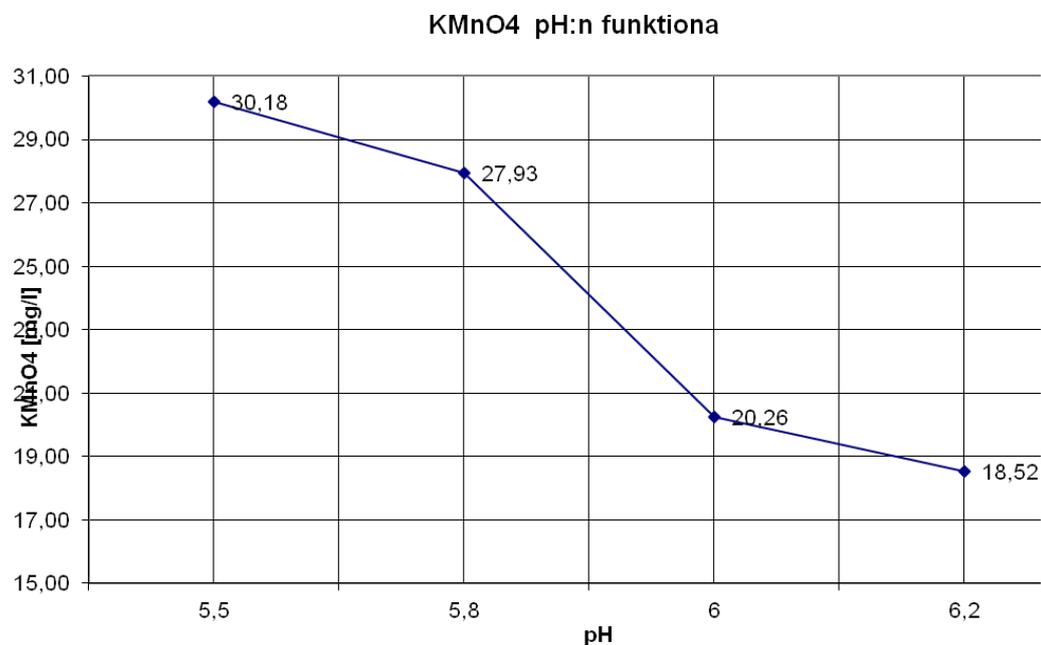
Taulukko 2. Mittauspöytäkirja

6.1 KMnO_4 -pitoisuudet kuvaajina

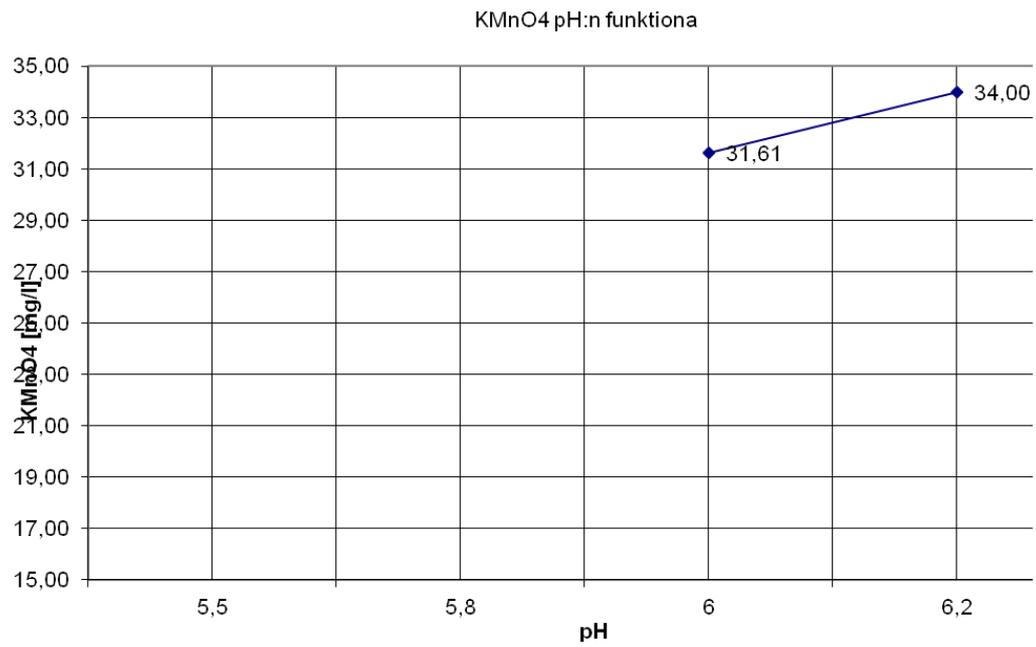
Taulukoissa on KMnO_4 -pitoisuudet pH:n funktiona.



Kuva 3. KMnO_4 -pitoisuus iskunpituudella 2,5 mm



Kuva 4. KMnO_4 -pitoisuus iskunpituudella 2,0 mm



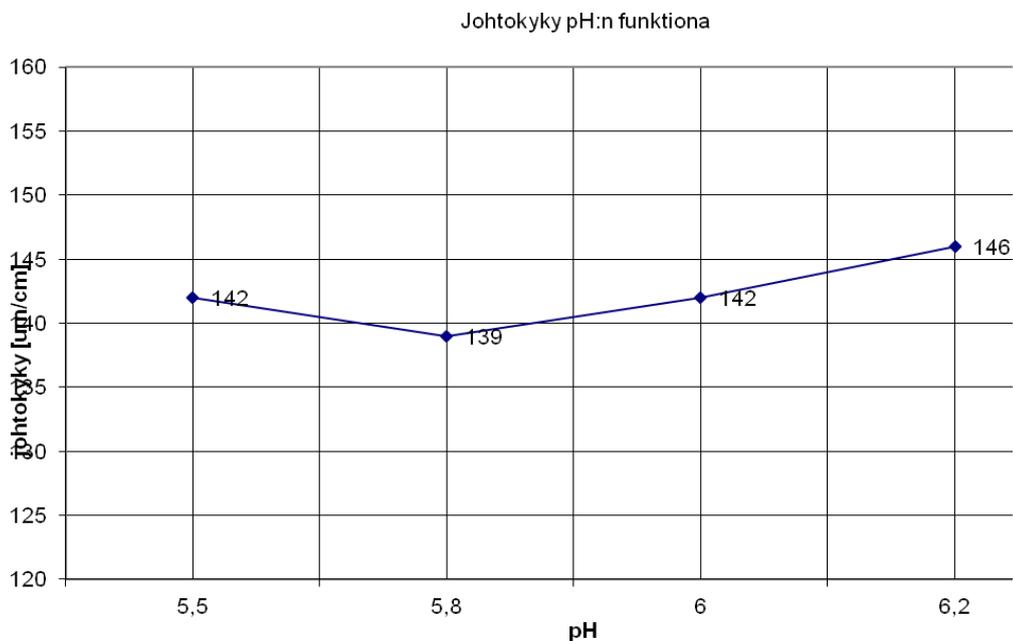
Kuva 5. KMnO₄-pitoisuus iskunpituudella 1,5 mm



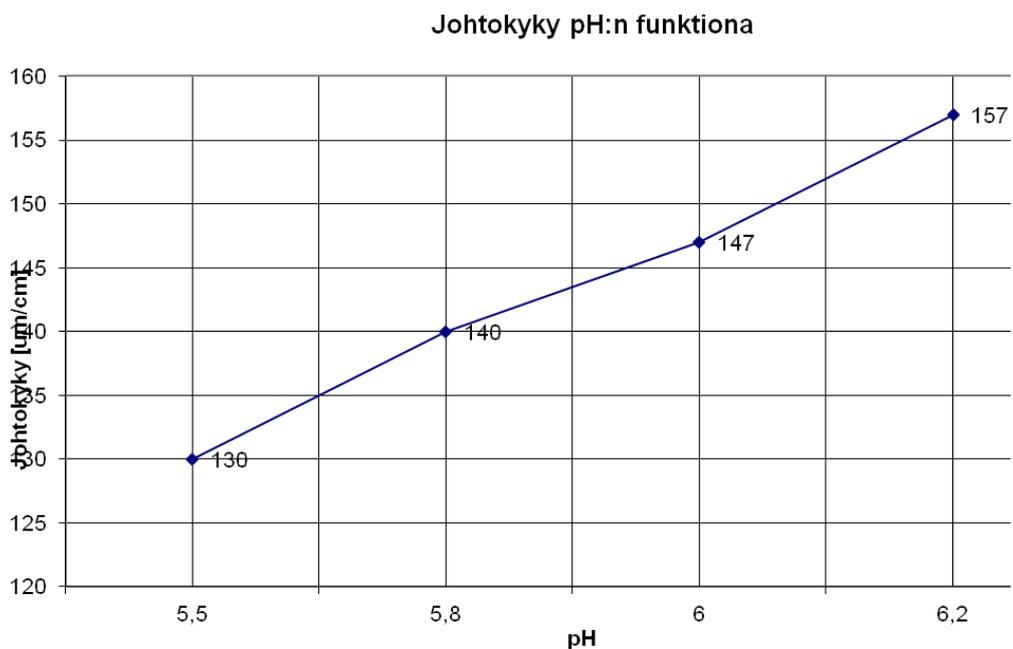
Kuva 6. Hiekkasuotimet

6.2 Johtokyky kuvaajina

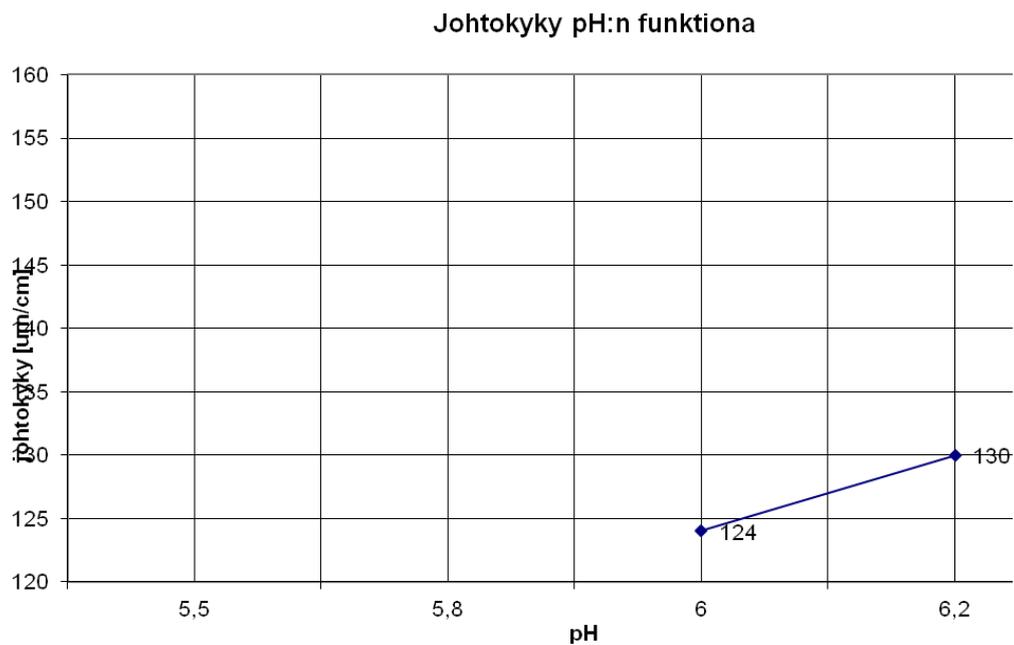
Seuraaviin kuvaajiin on kerätty mitatut johtokyvyn arvot pH:n funktiona.



Kuva 7. Johtokyky iskunpituudella 2,5 mm



Kuva 8. Johtokyky iskunpituudella 2,0 mm



Kuva 9. Johtokyky iskunpituudella 1,5 mm

6.3 Laskenta

KMnO₄-pitoisuudet on laskettu seuraavasti:

Tarkistustitrauksessa KMnO₄-liuoksen kulutus = 20 ml

$$\text{KMnO}_4 \text{ (mg/l)} = a \times 3,16 \quad (1.)$$

Tarkistustitrauksessa KMnO₄-liuoksen kulutus \neq 20 ml

$$\text{KMnO}_4 \text{ (mg/l)} = 3,16 \times (20+a-b) \times 20/b \quad (2.)$$

Jossa:

a = tutkittavan näytteen kuluttama KMnO₄-liuosmäärä (ml)

b = tarkistustitrauksessa kulunut KMnO₄-liuosmäärä (ml) /12/

6.4 Johtopäätökset

Alimpaan KMnO_4 -lukuun päästiin PAC-pumpun iskunpituudella 2mm ja pH:lla 6,2. Tällöin humusta oli vedessä 18,5 mg/l. Samassa tilanteessa johtokyky on 157 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Verrattaessa tulosta muihin kokeellisen osan analyysihin oli saatu humuksen määrä jopa puolet pienempi.

Verrattaessa tuloksia laboratorion omiin analyysituloksiin oli selvästi huomattavissa että analysoinnissa oli käynyt jokin virhe: normaalitaso humukselle on noin 10-15 mg/l. Voimalaitokselle tuleva vesi ei muutu niin paljon että se voisi aiheuttaa näin suuren virheen.

Tuloksia vääristävä virhe on todennäköisesti tapahtunut titrauksen aikana. Titraukset suoritettiin laboratorion henkilökunnan lyhyehkön opastuksen sekä kirjallisen ohjeen mukaisesti. Jossain kohtaa on kuitenkin systemaattisesti saatettu toimia väärin ja se on jäänyt huomaamatta.

Tämän työn aikana ei optimaalisia olosuhteita flokkaukselle varmuudella löydetty johtuen vääristyneistä titraustuloksista. Mutta jos näin olisi käynyt, olisi Pori Energian Aittaluodon voimalaitos voinut saada säästöjä mahdollisista kemikaalimäärien vähentymisestä. Myös laitteistojen pesemisen tarve voisi vähentyä optimaalisen tason löydyttyä. Tästä syystä aloitettua työtä olisi ehdottoman kannattavaa jatkaa.

Jatkon kannalta olisi erityisen tärkeää keskittyä näytteen ottoon sekä näytteiden laboriokokeisiin. Näytteet olisi hyvä ottaa pienen ajanjakson aikana veden laadun vaihtelun minimoimiseksi ja titraus tulisi suorittaa oikein. Tässä kannattaa hyödyntää laboratorion henkilökunnan ammattitaitoa.

LÄHTEET

- /1/ Pori Energia Oy intranet <URL:<http://www.porienergiaintra.sofis.fi>>
- /2/ Pori Energia Oy 2010. Kotisivut <URL:<http://www.porienergia.fi>>
- /3/ RT-kattilan leiju muutos kaavio
- /4/ Isoaho, S., Vesikemian perusteet. Toinen painos. Helsinki 1988, Ota-kustantamo, s. 158-167
- /5/ Vuorinen Tiia, Pori Energia Oy vuoden 2009 tuotantotilastot. Pori Energian verkkoasema H.
- /6/ Keskustelut Aittaluodon käyttöhenkilökunnan kanssa.
- /7/ Kandityö: Kaasalainen J., Voimalaitoksen vedenkäsittelyn uudet menetelmät, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2007, s. 4
- /8/ Voimalaitostekniikka-opintojakson kurssimateriaali (Zenger)
- /9/ Opinnäytetyö: Varpela, T., Flotaatiolaitos ja sen toiminnan optimointi, Satakunnan ammattikorkeakoulu, 2001
- /10/ Opinnäytetyö: Autio, A., Prosessijätevesien puhdistaminen flotaation avulla, Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu, 2010
- /11/ Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T., Urpalainen, S., Voimalaitostekniikka, Opetushallitus, s. 26-27
- /12/ Pori Energia, Aittaluodon voimalaitos, Työohje: Kaliumpermanganaattikulutuksen määrittäminen (Liite 2)



Timo Jokinen

26.11.2004

PAC-pumpun tuotto

| | | | |
|---------------------|---------|-------------------------------|--|
| - pumpun tuotto | maksimi | 15 l/h | 100 Hz |
| - pumpun iskutiheys | maksimi | 144 1/min | 100 Hz |
| - iskunpituus | maksimi | 3 mm | |
| -PAC:n annosmäärä | | 45 - 70 g/m ³ vett | raakaveden KMnO ₄ -pitoisuudesta riippuen |
| -PAC-ominaispaino | | 1,32 kg/l | |

Pumpun tuottotaulukko

| isku mm | iskutiheys 1/min | taajuus Hz | tuotto l/h | tuotto kg/h |
|---------|---------------------|---------------|---------------|----------------|
| 3,0 | 144,0 | 100 | 15,0 | 19,80 |
| 3,0 | 129,6 | 90 | 13,5 | 17,82 |
| 3,0 | 115,2 | 80 | 12,0 | 15,84 |
| 3,0 | 100,8 | 70 | 10,5 | 13,86 |
| 3,0 | 86,4 | 60 | 9,0 | 11,88 |
| 3,0 | 79,2 | 55 | 8,3 | 10,89 |
| 3,0 | 72,0 | 50 | 7,5 | 9,90 |
| 3,0 | 64,8 | 45 | 6,8 | 8,91 |
| 3,0 | 57,6 | 40 | 6,0 | 7,92 |
| 3,0 | 50,4 | 35 | 5,3 | 6,93 |
| 3,0 | 43,2 | 30 | 4,5 | 5,94 |
| 3,0 | 36,0 | 25 | 3,8 | 4,95 |
| 3,0 | 28,8 | 20 | 3,0 | 3,96 |
| 3,0 | 21,6 | 15 | 2,3 | 2,97 |
| 3,0 | 14,4 | 10 | 1,5 | 1,98 |

| | |
|--------------------|----------------------------|
| Pac-määrä | 70 g/m ³ |
| Pumpun iskunpituus | 3,0 mm |

1. Pumpun tuotanto

| isku mm | iskutiheys 1/min | taajuus Hz | tuotto l/h | tuotto kg/h |
|---------|------------------|------------|------------|--------------|
| 3,0 | 144,0 | 100 | 15,0 | 19,80 |
| 3,0 | 129,6 | 90 | 13,5 | 17,82 |
| 3,0 | 115,2 | 80 | 12,0 | 15,84 |
| 3,0 | 100,8 | 70 | 10,5 | 13,86 |
| 3,0 | 86,4 | 60 | 9,0 | 11,88 |
| 3,0 | 79,2 | 55 | 8,3 | 10,89 |
| 3,0 | 72,0 | 50 | 7,5 | 9,90 |
| 3,0 | 64,8 | 45 | 6,8 | 8,91 |
| 3,0 | 57,6 | 40 | 6,0 | 7,92 |
| 3,0 | 50,4 | 35 | 5,3 | 6,93 |
| 3,0 | 43,2 | 30 | 4,5 | 5,94 |
| 3,0 | 36,0 | 25 | 3,8 | 4,95 |
| 3,0 | 28,8 | 20 | 3,0 | 3,96 |
| 3,0 | 21,6 | 15 | 2,3 | 2,97 |
| 3,0 | 14,4 | 10 | 1,5 | 1,98 |

2. Veden tuotanto

| määrä kg/s | määrä m ³ /h | PAC g/m ³ | PAC tarve kg/h | PAC tarve l/h |
|------------|-------------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 30,2 | 108,7 | 70 | 7,61 | 5,77 |
| 28,0 | 100,8 | 70 | 7,06 | 5,35 |
| 23,6 | 85,0 | 70 | 5,95 | 4,51 |
| 21,4 | 77,0 | 70 | 5,39 | 4,09 |
| 19,2 | 69,1 | 70 | 4,84 | 3,67 |
| 17,0 | 61,2 | 70 | 4,28 | 3,25 |
| 14,8 | 53,3 | 70 | 3,73 | 2,83 |
| 12,6 | 45,4 | 70 | 3,18 | 2,41 |
| 10,4 | 37,4 | 70 | 2,62 | 1,99 |
| 8,2 | 29,5 | 70 | 2,07 | 1,57 |
| 5,5 | 19,8 | 70 | 1,39 | 1,05 |

Veden maksimituotto 30 kg/s maksimituotolla taajuus asetetaan 60 Hz
 Valitaan iskunpituudeksi 3,0 mm minimituotolla taajuus asetetaan 10 Hz
 Samat arvot molemmille taajuusmuutajille/pumpuille

| | | | |
|---|--|------------|---------------|
|  | Toimintakäsikirja | Sivu | Tunnus |
| | Kaliumpermanganaattikulutuksen määrittäminen | 1 (2) | |
| Laatija | Hyväksyjä | Pvm | |
| E. Wahrman | Timo Jokinen | 11.3.2009 | |

KALIUMPERMANGANAATTI

Tarkoitus ja soveltamisalue

Kaliumpermanganaatin kulutuksen määrittäminen laboratoriossa.

Toiminnan sisältö

Analyysit tehdään seuraavista näytteistä:

raakavesi
 flotaatio
 hiekkasuodatettu
 A-suodin
 MB-suodin
 R-kattilavesi
 RT-kattilavesi
 kattilavesi hajukaasu
 kaukolämmön kiertovesi
 Outokummun kattilavedet

Reagenssit:

0,01 N Kaliumpermanganaattiliuos
 KMnO_4 0,02 mol/l (0,1 N) Merck 100ml/1 l vettä

0,01 N Oksaalihappoliuos
 $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ 0,05 mol/l (0,1 N) Titrisol amp. Merck/500ml vettä,
 josta laimennetaan 50 ml/ 1 l vettä.

H_2SO_4 1:3
 Lisätään 1 tilavuusosa väkevää rikkihappoa (om.paino 1.84) 3 tilavuusosaa tislattua vettä.

Analysointi:

Mitataan 100ml tutkittavaa vettä 250 ml:n erlenmayeriin. Lisätään 5 ml H_2SO_4 , neste kuumennetaan kiehuvaan ja lisätään 20 ml KMnO_4 -liuosta. Liuos pidetään kiehuvana tasan 10 minuuttia. Lisätään välittömästi 20 ml $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$. Liuos titrataan KMnO_4 -liuoksella heikkoon vaaleanpunaiseen väriin. Liuoksen tulee olla titrattaessa yli 70°C.

Tarkistustitrauksessa loppupisteeseen titrattuun liuokseen lisätään 20 ml $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$. Liuos kuumennetaan kiehuvaan ja titrataan KMnO_4 -liuoksella heikkoon vaaleanpunaiseen väriin.

| | | | |
|---|---|----------------------------------|------------------|
|  | Toimintakäsikirja Kaliumpermanganaattikulutuksen määrittäminen | Sivu 2(2) | Tunnus |
| | Laatija E. Wahrman | Hyväksyjä Timo Jokinen | Pvm 11.3.2009 |

Määrittysten välillä pidetään pulloissa titrauksesta jäänyt liuos. Pulloissa käytetään muutamaa lasihelmää ylikuumentamisen estämiseksi.

Tulosten laskeminen:

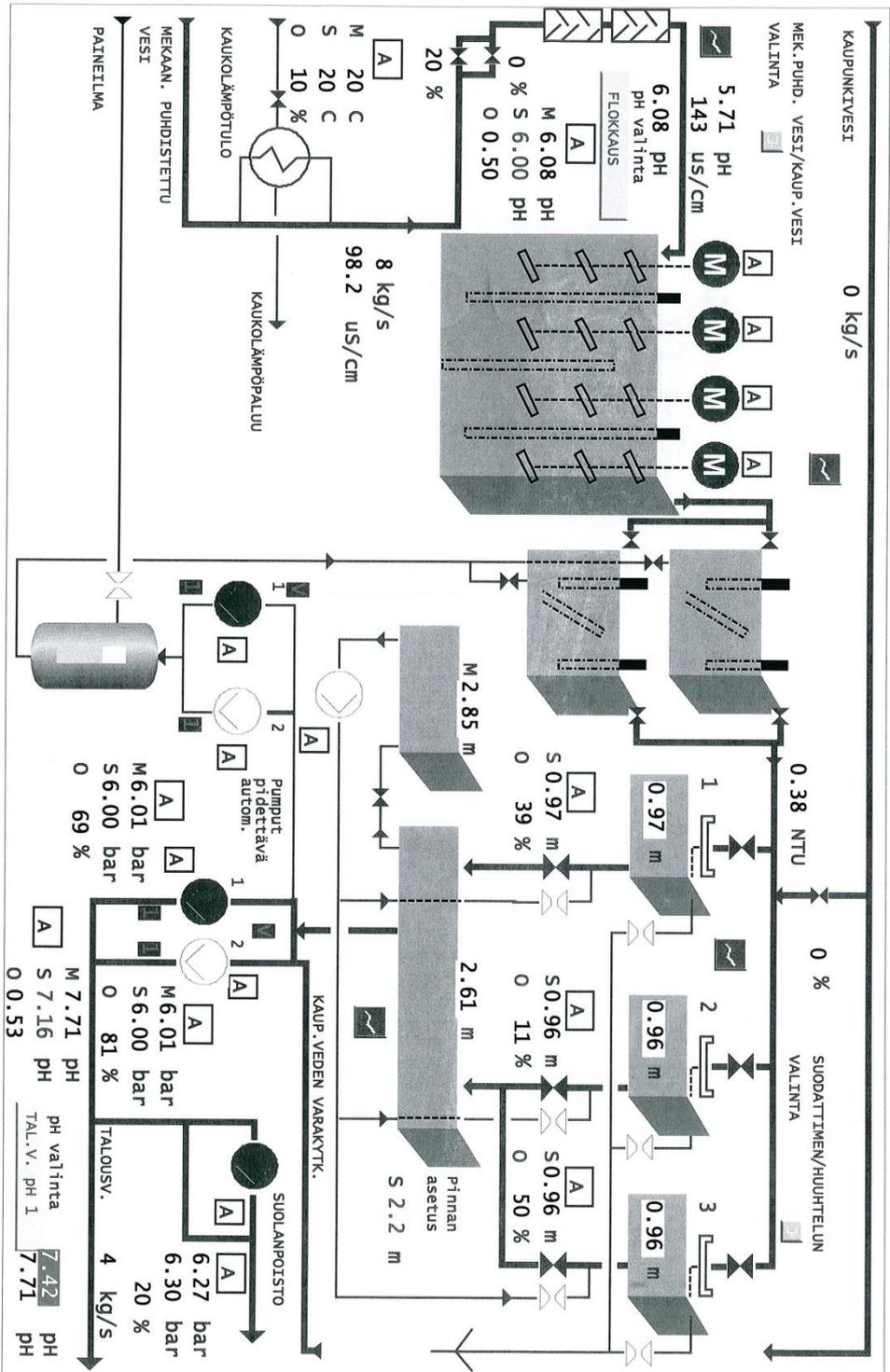
Tarkistustitrauksessa KMnO_4 -liuoksen kulutus=20ml:
 $\text{KMnO}_4 \text{ (mg/l)} = a \times 3,16$

Tarkistustitrauksessa KMnO_4 -liuoksen kulutus \neq 20,0 ml:
 $\text{KMnO}_4 \text{ (mg/l)} = 3,16 \times (20+a-b) \times 20/b$, jossa

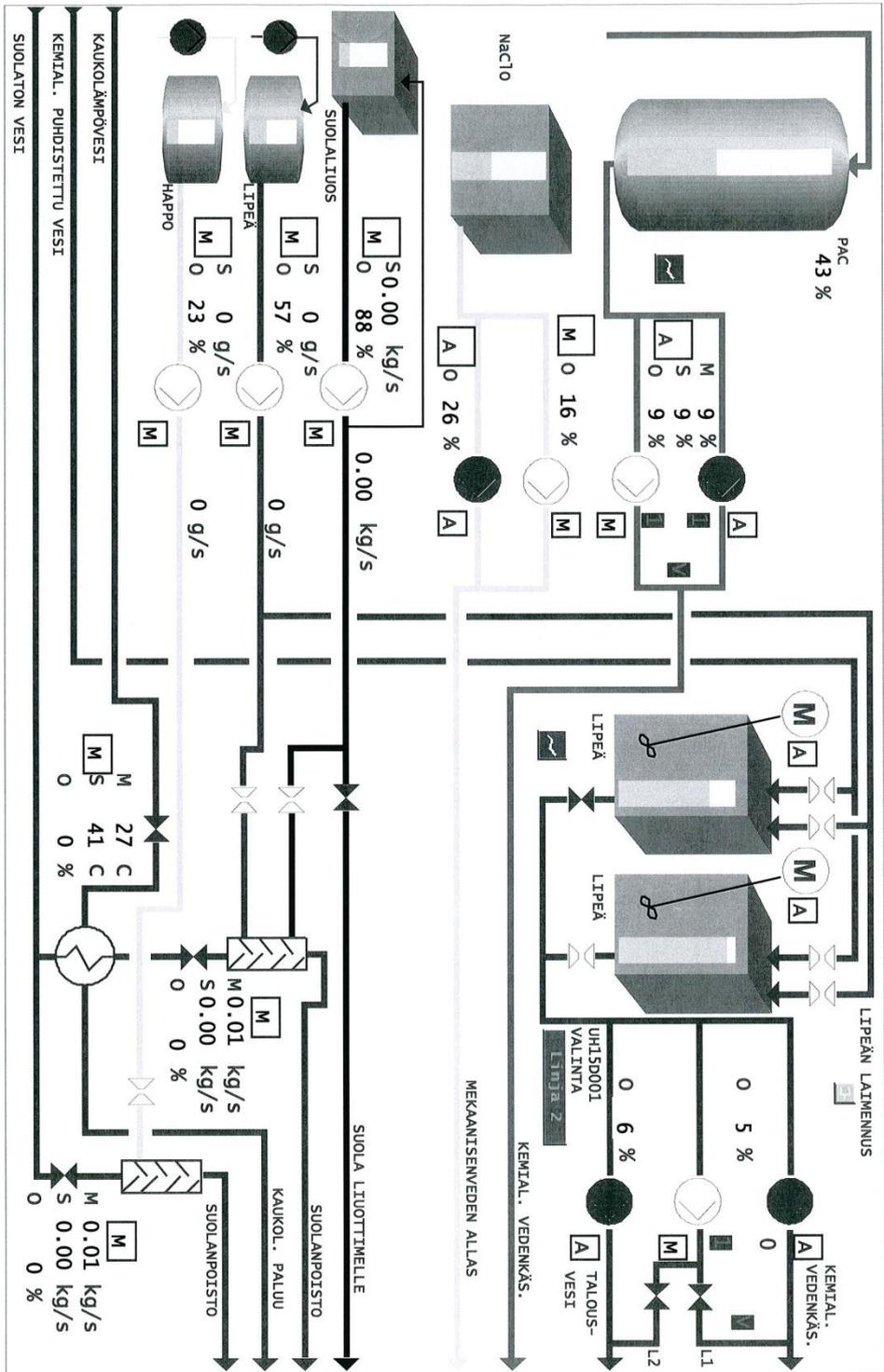
a = tutkittavan näytteen kuluttama KMnO_4 -liuosmäärä ml
 b = tarkistustitrauksessa kulunut KMnO_4 -liuosmäärä ml.

Tiedostot

Tulokset kirjataan tietokoneelle laboratorion kansioon.



gd A2.12



7.3

KEMIKAALILAITTEISTOT

2011-03-31 18:23:56

gdA2:7.3