



Vesa Karjalainen

HINTAN VEDENPUHDISTAMON FLOTAATIOALTAAN PINNANKORKEUDEN SÄÄTÖLAITTEISTON SUUNNITTELU

HINTAN VEDENPUHDISTAMON FLOTAATIOALTAAN PINNANKORKEUDEN SÄÄTÖLAITTEISTON SUUNNITTELU

Vesa Karjalainen
Opinnäytetyö
Syksy 2012
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma, projektointi

Tekijä: Vesa Karjalainen

Opinnäytetyön nimi: Hintan vedenpuhdistamon flotaatioaltaan pinnankorkeuden säätölaitteiston suunnittelu

Työn tilaaja: Oulun Vesi

Työn ohjaaja(t): Timo Heikkinen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2012

Sivumäärä 34 + 4

Tässä insinööriyössä suunniteltiin Oulun Veden Hintan vedenpuhdistamolle flotaatioaltaan pinnankorkeuden säätölaitteisto. Suunnittelu sisälsi sähkö- ja automaatiosuunnittelua sekä instrumenttien valintaa. Työn alussa perehdyttiin vedenpuhdistuksen yksikköprosesseista selkeytykseen sekä Profibus DP -kenttäväylään.

Pinnankorkeuden säätölaitteistoon kuuluvat instrumentit ovat pinnankorkeuden mittaussanturi sekä säätöpadon nostimet. Flotaatioaltaan pinnankorkeuden säätölaitteiston tarkoituksena on pitää flotaatioaltaan pinta ylivuotoviemärin reunan korkeudella. Säätöpadon nostimet liitetään Profibus DP -kenttäväylään ja pinnankorkeuden mittaussanturit perinteiseen automaatiojärjestelmän toteutukseen.

Työssä tutkittiin myös flotaatioaltaan lietteenlaskuajan ja tiheyden vaikutusta selkeytetyn veden sameuteen. Selkeytetyn veden sameudesta huomasi, että veden laatu on parempaa, kun lietteenlaskuaika on oikea. Lietteenlaskuajan täytyy olla pidempi, kun valmistuva vesimäärä on pienempi, ja raakaveden UV-absorptioarvon kasvaessa lietteenlaskutiheyden täytyy pienentyä.

Pinnankorkeuden säätölaitteisto on tarkoitus ottaa käyttöön aluksi vain yhdessä flotaatioaltaassa. Mikäli laitteisto todetaan hyväksi, se on tarkoitus ottaa käyttöön myös muissa flotaatioaltaissa.

Asiasanat: automaatio, flotaatio, profibus, vedenpuhdistus

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| TIIVISTELMÄ..... | 3 |
| SISÄLLYS..... | 4 |
| 1 JOHDANTO..... | 6 |
| 2 HINTAN VEDENPUHDISTAMON PUHDISTUSPROSESSI..... | 7 |
| 2.1 Raakaveden välppäys ja pumppaus..... | 7 |
| 2.2 Alkukalkin ja ferrisulfaatin syöttö..... | 8 |
| 2.3 Hämmennys ja selkeytys..... | 9 |
| 2.4 Hiekkasuodatus ja välipumppaus..... | 9 |
| 2.5 Otsonointi ja aktiivihiilisuodatus..... | 10 |
| 2.6 Jälkikemikalointi..... | 11 |
| 2.7 Puhtaanveden pumppaus ja varastointi..... | 11 |
| 3 SELKEYTYS..... | 12 |
| 3.1 Flokkaus..... | 12 |
| 3.1.1 Saostuskemikaali..... | 13 |
| 3.1.2 Hämmennys..... | 13 |
| 3.2 Flotaatio..... | 14 |
| 3.2.1 Dispersiovesi..... | 15 |
| 3.2.2 Dispersiosuuttimet..... | 17 |
| 3.2.3 Lietteenlasku..... | 17 |
| 4 KENTTÄVÄYLÄ..... | 19 |
| 4.1 Kenttäväylästandardi..... | 19 |
| 4.2 Älykkäät kenttälaitteet..... | 20 |
| 4.3 Profibus DP..... | 20 |
| 5 HINTAN VEDENPUHDISTAMON FLOTAATIOALLAS..... | 22 |
| 5.1 Testiajot..... | 25 |
| 5.2 Toimilaitteiden valinta..... | 27 |
| 5.2.1 Pinnankorkeuden mittauslaitteiden valinta..... | 27 |
| 5.2.2 Säätopadon nostimien valinta..... | 29 |
| 5.3 Flotaatioaltaan automatisoinnin suunnittelu..... | 30 |
| 6 YHTEENVETO..... | 32 |
| LÄHTEET..... | 33 |

- Liite 1. Hintan vedenpuhdistamon flotaatioallas kakkosen trendi sameudesta
- Liite 2. Flotaatioaltaan pinnankorkeuden säädin
- Liite 3. Pinnankorkeusanturin sähkökaavio
- Liite 4. Säätopadon nostimen sähkökaavio

1 JOHDANTO

Oulun Vesi valmistaa talousvettä noin 144 000 ihmiselle. Oulun Veteen kuuluu kaksi puhtaanvedenpuhdistamo ja yksi jätevedenpuhdistamo. Puhtaanvedenpuhdistamot sijaitsevat Hintassa ja Kurkelanrannassa, jätevedenpuhdistamo sijaitsee Taskilassa. Puhtaanvedenpuhdistamoiden yhteistuotto on noin 1700 m³.

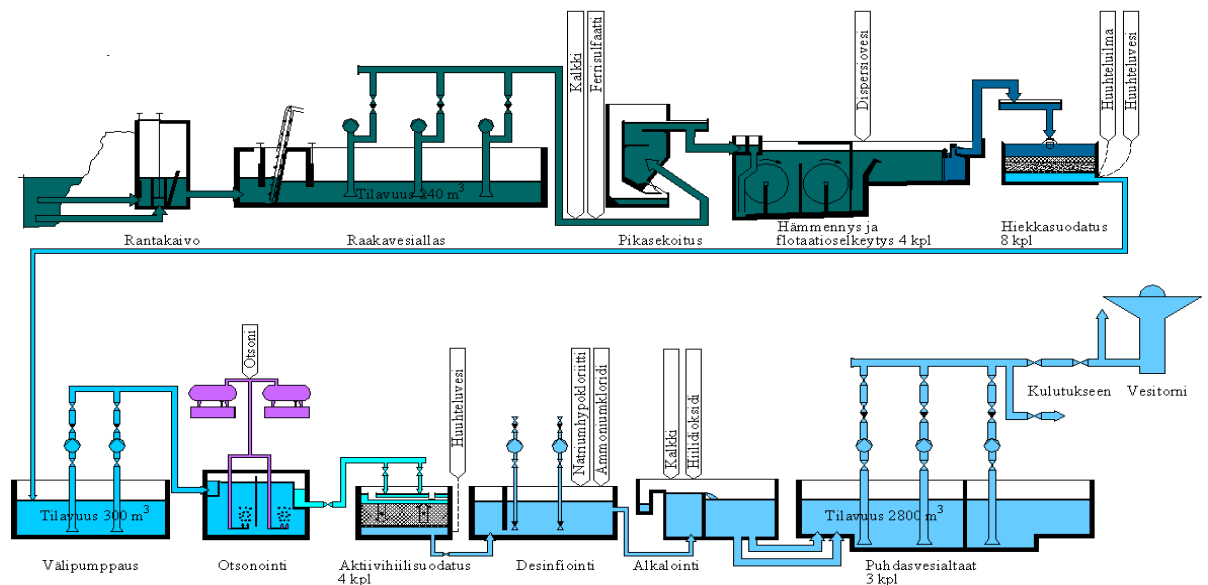
Puhtaanveden tärkein puhdistusvaihe on selkeytys. Selkeytyksessä vedestä poistuu noin 80 prosenttia epäpuhtauksista. Oulun Veden puhdistamoilla on käytössä flotaatiotyyppinen selkeytys, jossa veden epäpuhtaudet nostetaan altaan pinnalle paineistetun vesi-ilmaseoksen avulla. Epäpuhtaudet muodostavat flotaatioaltaan pinnalle lieterkerroksen, joka tulee poistaa määräajoin viemäriin altaan pintaa nostamalla. Selkeytetty vesi jatkaa matkaa altaan pohjasta hiekkasuodattimille.

Flotaatioaltaan pinta ei ole riittävän lähellä viemäriin reunaa, joten liete ei pääse valumaan suoraan viemäriin, vaan flokkihiukkasia vajoaa altaan pohjalle ja ne kuormittavat flotaation jälkeistä hiekkasuodatusta. Flotaatioaltaan pinnankorkeuden vaihtelu johtuu veden valmistusmäärän muutoksista. Kun valmistusmäärä pienenee, flotaatioaltaaseen tulee vähemmän vettä ja pinta jää tämän vaikutuksesta haluttua alemmas. Altaan pinnan ollessa liian alhaalla lietteen laskuun kuluu huomattavasti enemmän vettä.

Tässä työssä perehdytään vedenpuhdistuksen yksikköprosesseista selkeytykseen sekä Profibus DP -kenttäväylään. Työssä suunnitellaan Oulun Veden Hintan vedenpuhdistamolle pinnankorkeuden säätölaitteisto.

2 HINTAN VEDENPUHDISTAMON PUHDISTUSPROSESSI

Hintan vedenpuhdistamon puhdistuskapasiteetti on noin 1100 m³/h. Puhdistusprosessi on jaettu seuraaviin yksikköprosesseihin: välppäys, raakaveden pumppaus, pikasekoitus, selkeytys, hiekkasuodatus, välipumppaus, otsonointi, aktiivihiilisuodatus, jälkikemikalointi ja puhtaanveden pumppaus. Kuvassa 1 on esitetty Hintan vedenpuhdistamon prosessikaavio. (Hintan esittely 2011.)



KUVA 1. Hintan vedenpuhdistamon prosessikaavio (Hintan esittely 2011)

2.1 Raakaveden välppäys ja pumppaus

Hintan vedenpuhdistamolla puhdistettavan talousveden raakavesi otetaan Oulujoesta kahdella erillisellä muoviputkella. Raakavesi tulee ensimmäisenä rantakaivoon, jossa vesi välpätään ensimmäisen kerran. Väljän sauvaväli on 47 millimetriä. Raakavesi johdetaan rantakaivosta raakavesipumppaamoon betonista yhdysputkea pitkin. Raakaveden toinen välppäys tapahtuu

raakavedenpumppaamalla kahdella harjavälppällä, joiden sauvaväli on 5 millimetriä. Raakaveden UV-absorption mittaaminen tapahtuu välppäkaivossa jatkuvatoimisella mittarilla. UV-absorptiolla mitataan raakaveden liuenneen orgaaniseen aineeseen pitoisuutta. Raakaveden sameus mitataan myös välppäkaivosta. Sameuden mittaaminen antaa lisätietoa raakaveden laadusta. (Laadunhallintajärjestelmä 2010.)

Raakavesi johdetaan välpiltä vapaalla virtauksella raakavesialtaaseen, jonka tilavuus on 240 m³. Raakavesialtaassa on pinnankorkeuden mittausta, jonka perusteella voidaan huomata välppien tukkeutuminen rantakaivossa ja raakaveden pumppaamossa. Raakaveden pumppaamista varten on kolme keskipakopumppua, joista vain yhtä käytetään kerrallaan. Raakaveden virtausmäärä (m³/h) mitataan pumpun jälkeisestä putkesta. Raakaveden pH sekä sähkönjohtavuus mitataan myös pumpun jälkeisestä putkesta. Veden sähkönjohtavuus kuvaa veden liuenneiden mineraaliensuolojen kokonaismäärää. (Laadunhallintajärjestelmä 2010.)

2.2 Alkukalkin ja ferrisulfaatin syöttö

Veteen liuotettua kalkkia, Ca(OH)₂, lisätään raakaveden ennen ferrisulfaattia. Tällöin säädetään veden saostumis-pH, jota kutsutaan myös reaktio-pH:ksi. Tavoitteena on nostaa raakaveden pH tarpeeksi korkeaksi, pH 9–10, jotta ferrisulfaatin avulla seuraavaksi tehtävä saostusreaktio tapahtuu optimaalisella pH-alueella. Ferrisulfaattiliuos on voimakkaasti hapan eli sen pH on alle yksi. Kalkkivettä lisätään myös puhdistettuun veteen, jotta lähtevän veden pH nousee arvoon 8.3–8.4. Tällöin veden kovuus ja alkaliteetti nousevat eikä vesi syövytä verkostoa. (Laadunhallintajärjestelmä 2010.)

Ferrisulfaattia, Fe₂(SO₄)₃, lisätään raakaveden saostamaan vedestä epäpuhtauksia. Tavoitteena on saostaa mahdollisimman suuri osa raakaveden epäpuhtauksista, kuten humus, muu orgaaninen aines, rauta ja mangaani, sekä poistaa ne dispersioveden ja flotaatiotekniikan avulla. (Laadunhallintajärjestelmä 2010.)

2.3 Hämmennys ja selkeytys

Pikasekoitustornista vesi jaetaan neljään eri flokkausaltaaseen. Yhden flokkausaltaan tilavuus on 266 m³ ja kukin allas on jaettu kahteen osaan. Jokaisessa altaassa on kaksi hämmennintä. Flokkausaltaan tehtävänä on muodostaa pikasekoitusaltaassa muodostuneista mikroflokeista erottelukykyisiä flokkeja. (Laadunhallintajärjestelmä 2010.)

Flokkausaltaista vesi johdetaan neljään flotaatioaltaaseen, joista jokaisen altaan tilavuus on 120 m³. Flokkausaltaassa veteen muodostuneet epäpuhtausflokkit nostetaan pintaan dispersioveden avulla. Tätä kutsutaan veden selkeyttämiseksi. (Laadunhallintajärjestelmä 2010.)

Dispersiovesi on välipumppaamosta otettua vettä, johon on kyllästetty ilmaa. Dispersiovesi muodostetaan dispersiosäiliössä, josta vesi ohjataan suuttimien kautta flotaatioaltaan pohjaan, jolloin kyllästetty ilma vapautuu ilmakupliksi. Flokit tarttuvat ilmakupliin ja nousevat niiden avulla flotaatioaltaan pinnalle. Yhdessä altaassa suuttimia on 60 kappaletta. (Laadunhallintajärjestelmä 2010.)

Flokkien nousu muodostaa flotaatioaltaan pintaan liete kerroksen. Liette poistetaan ylijuoksuna, nostamalla selkeytysaltaiden pintaa. Kun raakaveden UV-absorptioarvo nousee, tarkoittaa se sitä, että vedessä on enemmän epäpuhtauksia ja lietteen lasku täytyy tehdä tiheämmin. Selkeytetyn veden sameutta mitataan jokaisesta altaasta, mikä kertoo vedenpuhdistustuloksesta. (Laadunhallintajärjestelmä 2010.)

2.4 Hiekkasuodatus ja välipumppaus

Selkeytysaltaista vesi johdetaan hiekkasuodattimelle. Hiekkasuodattimia on kahdeksan kappaletta, ja ne ovat keskenään samanlaisia. Hiekkasuodatin toimii mekaanisena puhdistimena, ja se täytyy puhdistaa säännöllisesti vastavirtahuuhteluna epäpuhtauksien poistamiseksi. Tavoitteena hiekkasuoda-

tuksella on suodattaa ne flokit, jotka puhdistettavassa vedessä on vielä floataation jälkeen. (Laadunhallintajärjestelmä 2010.)

Hiekkasuodattimilta vesi tulee välipumppaamon altaaseen, jonka tilavuus on 300 m³. Altaaseen tulevan veden pH nostetaan arvoon 6,5. Välipumppaamo toimii myös virtausmuutosten tasaajana sekä varastoaltaana. (Laadunhallintajärjestelmä 2010.)

2.5 Otsonointi ja aktiivihiihisiuodatus

Välipumppaamosta vesi pumpataan otsonointialtaaseen, jonka tilavuus on 170 m³. Otsonointialtaassa veteen johdetaan otsonikaasua (O₃). Otsoni valmistetaan ilman hapesta kahdella otsonaattorilla. Otsoni poistaa vedestä maku- ja hajuhaittoja sekä tuhoaa vedessä olevia bakteereita, mikrobeja ja leviä. Lisäksi otsoni hajottaa vedessä olevaa orgaanista ainesta pienempiin osiin. Otsonoinnin tavoitteena on tehostaa vedenpuhdistusta. (Laadunhallintajärjestelmä 2010.)

Otsonointialtaasta puhdistettava vesi jatkaa aktiivihiihisiuodattimille, joissa vesi suodatetaan aktiivihiihisiuodattimien läpi ylhäältä alaspäin. Aktiivihiihisiuodattimet toimivat kemiallisena, mekaanisena ja biologisena puhdistimena, ja ne täytyy puhdistaa säännöllisesti vastavirtahuuhteluna epäpuhtauksien poistamiseksi. Aktiivihiihisiuodattimet poistavat vedestä muun muassa orgaanista ainesta sekä hajua ja makua aiheuttavia ainesosia. (Laadunhallintajärjestelmä 2010.)

Aktiivihiihisiuodattimia on neljä kappaletta. Jokaisessa altaassa on 75 m³ aktiivihiihisiuodattimia ja altaan pinta-ala on 38 m². Jokaisen altaan pohjassa on 2265 kappaletta suuttimia, joiden läpi vesi virtaa putkistoa pitkin desinfiointialtaaseen. (Laadunhallintajärjestelmä 2010.)

2.6 Jälkikemikalointi

Aktiivihiihisuodattimilta puhdistettu vesi jatkaa desinfiointialtaaseen, jonka tilavuus on 200 m³. Desinfioinnilla estetään aktiivihiihisuodattimissa olevien bakteerien kulkeutuminen vedenjakeluverkostoon. Desinfiointikemikaalina käytetään nestemäistä natriumhypokloriittia ja kloorijäännöksen sitomiseen ammoniumkloridia. Desinfiointiaineena kloori vaikuttaa mikrobeihin joko hapettamalla ja rikkomalla solujen seinämät tai tuhoamalla niiden biologisen toiminnan. Veden vapaa kloorijäännös sidotaan ammoniakilla kloramiiniksi. (Laadunhallintajärjestelmä 2010.)

Desinfiointialtaasta puhdistettu vesi jatkaa 31 m³ alkalointialtaaseen. Alkalointi tarkoittaa veden kalkki- ja hiilidioksidikäsittelyä. Alkalointialtaassa kalkkilla (Ca (OH)₂) ja hiilidioksidilla (CO₂) säädetään veden alkaliteetti ja kovuus. Liian alhainen veden kokonaiskovuus aiheuttaa korroosiota putkistossa ja liian korkea taas lisää kalkin saostumista putkistoon. (Laadunhallintajärjestelmä 2010.)

2.7 Puhtaanveden pumppaus ja varastointi

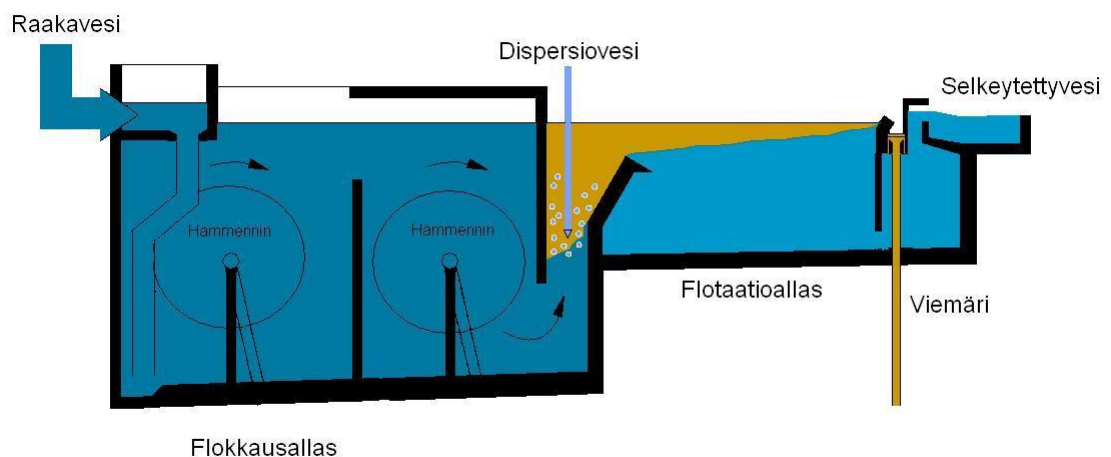
Alkalointialtaasta puhtasvesialtasiin tuleva vesi on käynyt läpi puhdistusprosessin ja se on valmista talousvettä pumpattavaksi verkostoon. Puhtasvesialtaita on kolme kappaletta. Ne toimivat varastoaltaina ja mahdollistavat puhdistusprosessin tasaisen läpivirtauksen. (Laadunhallintajärjestelmä 2010.)

Ensimmäisestä puhtasvesialtaasta (1400 m³) vesi jakaantuu putkistoja myöten altasiin 2 ja 3, joiden tilavuudet ovat 700 m³/allas. Altailla kaksi ja kolme on pinnankorkeuden mittaukset, jotka näkyvät valvomon näytöllä. Altaat ovat betonirakenteisia, ja ne voidaan erottaa toisistaan sulkuventtiileillä huoltotöiden ajaksi. (Laadunhallintajärjestelmä 2010.)

3 SELKEYTYYS

Selkeytyys tarkoittaa vedessä olevan kiintoaineksen tai nestemäisen partikkelin erottamista painovoimaa hyväksikäyttäen. Erotettavien hiukkasten koko vaihtelee silmin havaittavasta nanometrin kokoiseen hiukkaseen. (Karttunen 2004, 77.)

Selkeytyksen useimmin esiintyvä muoto on laskeutus, jolloin erotettavat hiukkaset ovat raskaampia kuin vesi ja painovoiman vaikutuksesta hiukkaset laskeutuvat altaan pohjaan. Selkeytyys on yleisin käsittelymenetelmä niin puhtaan veden kuin jäteveden puhdistuksessa. (Karttunen 2004, 77.)



KUVA 2. Selkeytysallaskokonaisuus

3.1 Flokkaus

Kemiallista vedenpuhdistusta käytetään kiintoaineen ja kolloidipartikkeleiden destabilointiin sekä flokkaukseen (Sekoitus ja flokkauksen käyttöopas 2012). Flokkauksen tarkoituksena on saada veden epäpuhtaudet selkaiseen muotoon, että ne on helppo poistaa joko laskeuttamalla tai flotaatiolla (Kemira, 86). Flokkauksen eli hiutaloittaminen on hyvin tärkeä prosessivaihe flotaatiossa ja laskeutuksessa. Flokkien koolla on suurempi merkitys laskeutuksessa kuin flotaatiossa. Laskeutuksessa flokkien on oltava mahdollisim-

man suuria, jotta laskeutuminen onnistuisi mahdollisimman hyvin, kun taas flotaatiolla pystytään erottelemaan hyvin pienetkin hiukkaset. (Heinänen 1990, 15.)

3.1.1 Saostuskemikaali

Saostusaineena käytetään useimmiten kolmiarvoisia rauta-, alumiini- tai polyalumiinisuoloja. Veden hiukkasille on yhteisenä ominaisuutena negatiivinen pintavaraus. Hiukkasten negatiivinen pintavaraus voidaan neutralisoida lisäämällä veteen saostuskemikaalia. Lisättäessä veteen saostuskemikaalia positiiviset ionit alkavat vetää puoleensa negatiivisia hiukkasia sekä vesimolekyylejä. (Sekoitus ja flokkaus käyttöopas 2012.)

Flokkauksessa parhaan puhdistustuloksen saavuttamiseksi on tärkeää löytää oikea saostusaine ja oikea annostus. Saostuskemikaalin lisääminen veteen alentaa tehokkaasti veden fosfaatti- ja humuspitoisuutta sekä myös muiden veteen liuenneiden aineiden pitoisuuksia. Lisäksi veden sisältämät hiukkaset saadaan flokkautumaan. Tämä on tärkeä prosessi, sillä hiukkaset muodostavat 60–75 prosenttia veden epäpuhtauksista. (Sekoitus ja flokkaus käyttöopas 2012.)

Hintaan vedenpuhdistamolla käytetään saostuskemikaalina ferrisulffaattia ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) (Oulun Vesi 2010). Ferrisulfaatti sopii juomavesien ja teollisuuden prosessivesien puhdistukseen, koska se vastaa juomavesien käsittelyssä käytettäville kemikaaleille asetettua standardia (Tuotteet PIX-322 2011).

3.1.2 Hämmennys

Yleisin ja helpoiten hallittava hämmennystapa on erilisellä sekoittimella varustettu flokkausallas. Useampia altaita sijoitetaan sarjaan ja tavoitteena on saada ihannesekoitus. Veden käsittelyaika yhdessä altaassa on jätevedellä 15–20 minuuttia ja juomavedellä pidempi, veden lämpötilan ja käytettävän kemikaalin mukaan. Flotaatiota käytettäessä on hyvä pitää sekoitusvoimakkuus tasaisena. Flotaatiossa voidaan käyttää pienempää flokkausaikaa ja

vähemmän altaita kuin muissa menetelmissä. (Sekoitus ja flokkaus käyttöopas 2012.)

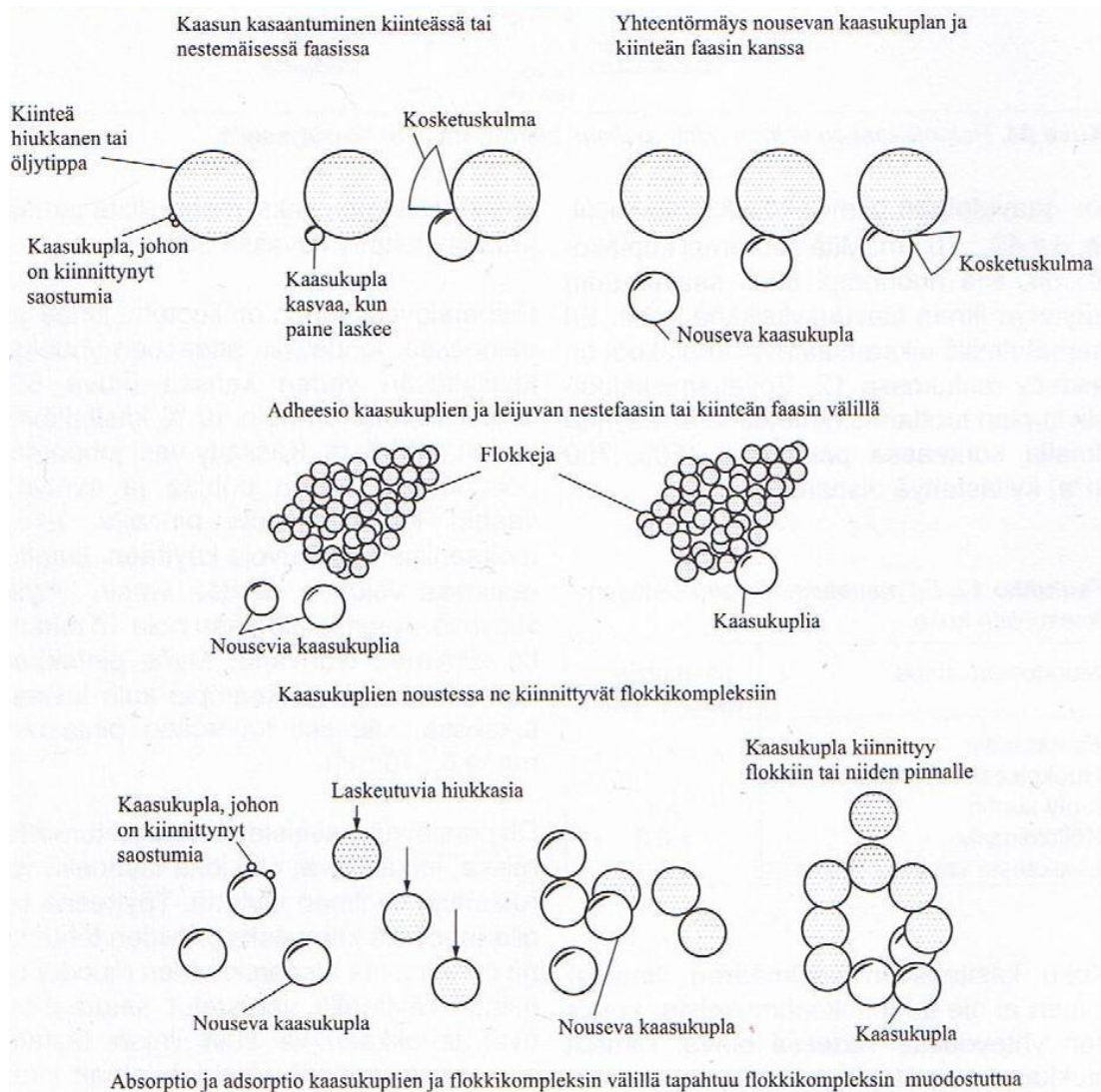
Monissa vedenpuhdistamoissa käytetään niin sanottuja porttisekoittimia. Porttisekoittimet ovat pinta-alaltaan suuria ja pyörimisnopeudeltaan hitaita. Sekoittimet voidaan sijoittaa pysty- tai vaaka-asentoon. Porttisekoittimen etuina ovat tasainen pyörteisyys sekä se, että virtauksien vaihtelut eivät aiheuta häiriöitä. Haittapuolena on, että flokkausaltaan pohjalle voi muodostua pohjasakkaa ja portteihin voi tarttua roskia ja lietettä. (Sekoitus ja flokkaus käyttöopas 2012.)

3.2 Flotaatio

Flotaatio on vedenpuhdistuksen yksikköprosessi, jossa aiemmin muodostuneet flokit nostetaan pintaan veteen johdettujen ilmakuplien avulla. Vedessä olevat hiukkaset kiinnittyvät ilmakupliin ja, koska kupla-hiukkanen yhdistelmän tiheys on pienempi kuin veden tiheys, se nousee vedessä ylöspäin. Flotaatiot voidaan jaotella ilmaflotaatioon ja luonnolliseen flotaatioon. (Heinänen 1990, 18.)

Ilmaflotaatiossa flotaatioaltaan pohjalle johdetaan ilmaa riittävän hienoina kuplina. Noustessaan ylöspäin kuplat tarttuvat vedestä poistettaviin hiukksiin, jolloin flokkikompleksit tulevat vettä kevyemmiksi ja nousevat pintaan. (Karttunen 2004, 98.)

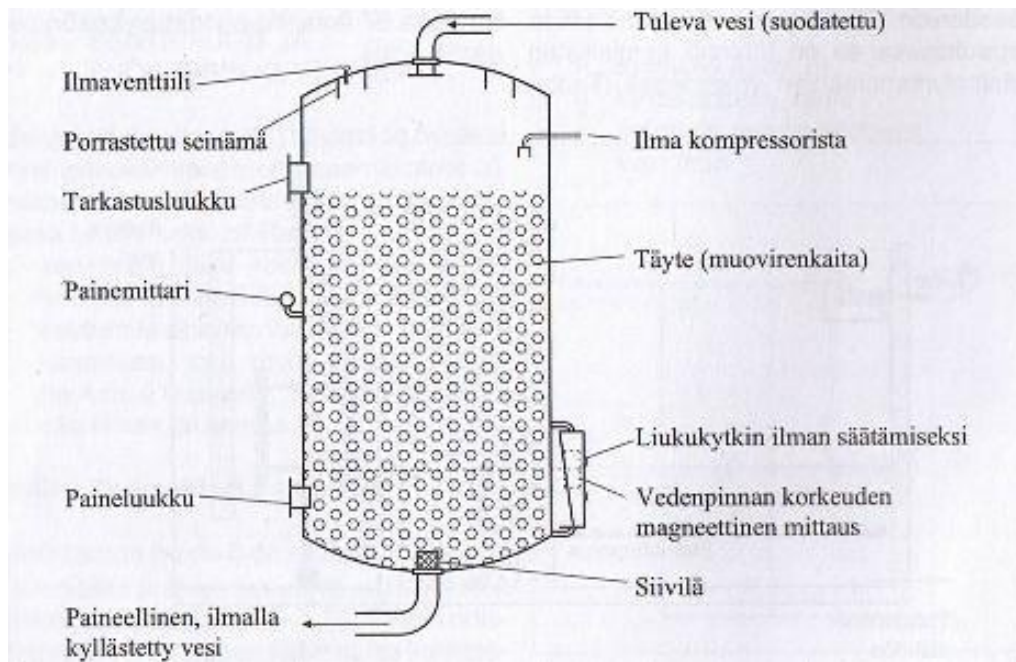
Flotaatiossa flokkien kokojakauma ja tiheys eivät merkitse niin paljon kun laskeutuksessa. Tärkeämpänä voidaan pitää flokkien rakennetta ja niiden pintaominaisuuksia. Ilmakuplien ja flokkien kokonaisuus voi muodostua kolmella eri tavalla, jotka on esitelty kuvassa 3. (Karttunen 2004, 98.)



KUVA 3. Flotaatioprosessin partikkeleiden muodostumisperiaate (Karttunen 2004, 98)

3.2.1 Dispersiovesi

Dispersiovesi valmistetaan satulaattoreissa (kuva 4), joiden sisässä on täytekappaleita. Täytekappaleet (kuva 5) voivat olla muovisia tai jotakin hyväksi todettua metallia. Täytekappaleiden tarkoituksena on tehostaa dispersioveden muodostumista. Vesi johdetaan satulaattoriin pumpulla ja ilmakompressorilla. Dispersioveettä on noin 10 prosenttia flotaatiossa käsiteltävän veden määrästä. (Karttunen 2004, 100–102.)



KUVA 4. Satulaattori (Karttunen 2004, 101)

Satulaattoreissa yleensä käytettävä paine on 400–500 kPa. Mitä korkeampi paine on, sitä vähemmän tarvitaan vettä. Paineen nostaminen lisää pienien kuplien määrää flotaatiossa. (Heinänen 1990, 24.)

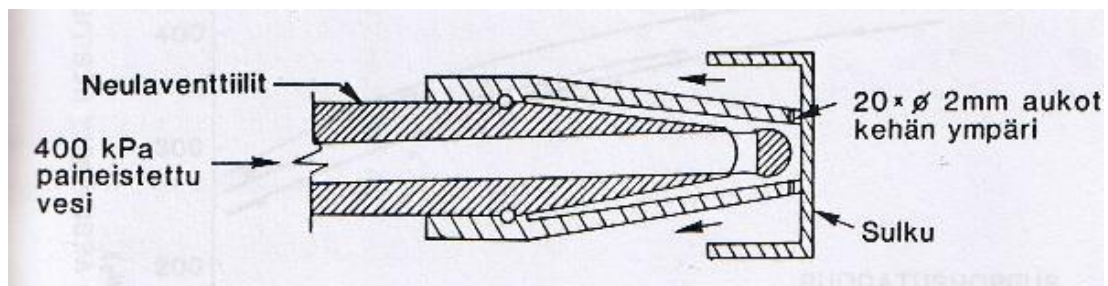


KUVA 5. Satulaattorin täytekappale Hintan vedenpuhdistamolla

Satulaattorin täytekappaleilla on suuri merkitys. Lähes sataprosenttinen kyl-
lästysaste saavutetaan noin 80 senttimetrillä täytekappalekerroksella. Vä-
hempikin kerrosvahvuus parantaa tehoa huomattavasti, kun vertailukohtee-
na on ilman täytekappaleita oleva satulaattori. Täytekappaleiden
materiaalilla ei ole ratkaisevaa merkitystä. (Heinänen 1990, 25.)

3.2.2 Dispersiosuuttimet

Dispersiosuuttimien (kuva 6) suunnittelussa ja valinnassa on tärkeää ottaa
huomioon, että paine laskee yhdessä kohdassa, dispersioveden purkautu-
miskohdassa. Suuttimet ovat alttiita eroosiolle ja kavitaatiolle, minkä vuoksi
materiaalin valinta on tärkeää. Lisäksi suuttimien tulee olla tukkeutumattomia
ja helposti säädettävissä tai mieluiten sellaisia, joita ei tarvitse säätää ollen-
kaan. (Heinänen 1990, 27.)



KUVA 6. Dispersiosuutin (Heinänen 1990, 27)

3.2.3 Lietteenlasku

Flotaatiossa lietteen poisto tapahtuu altaan pintaa nostamalla, jolloin liete
valuu ylivuotona viemäriin (kuva 7). Lietteen poistossa säätöpato nostetaan
yläasentoon, jolloin altaan pinta nousee tulevan veden avulla ylivuototasolle.
(Heinänen 1990, 54.)



KUVA 7. Liete poistuu viemäriin Hintan vedenpuhdistamolla

4 KENTTÄVÄYLÄ

Kenttäväylä on digitaalinen, kaksisuuntainen sarjaväyläinen viestiverkko. Kenttäväylään yhdistettynä yksittäinen laite, kuten säädin, lähetin, kytkin tai anturi, voi suorittaa ja ylläpitää yksinkertaisia toimintoja itsenäisesti. Kenttäväyläjärjestelmä vähentää huomattavasti kaapeloinnin määrää sekä kenttätason yläpuolista laskentakapasiteetin tarvetta verrattuna perinteiseen toteutukseen. (Johtokyvyn mittaus ja säätö, laboratoriotyöohje 2007.)

Kaapeloinnin määrän vähentäminen helpottaa ennen kaikkea järjestelmän hallintaa ja ylläpitoa, koska useita kenttälaitteita pystytään kytkemään samaan kenttäväylään. Myös kustannuksia pystytään pienentämään yksinkertaisemmalla asennus- ja liityntäelektronikalla. Järjestelmään jälkeinpäin tehtävät päivitykset ja laajennukset ovat helpompi suorittaa jo olemassa olevan järjestelmän myötä. Lisäksi digitaalinen signaali on varmempi ja tasalaa- tuisempi kuin analoginen signaali. (Ekoluoma 1999, 20–22.)

4.1 Kenttäväylästandardi

Kenttäväyläratkaisuihin on useita vaihtoehtoja eri valmistajilla. Valmistajien välinen kilpailu on tuonut mukanaan ongelmia järjestelmien yhteensopivuuk- sista ja luonut tilanteen, jossa tilaaja on usein ollut täysin riippuvainen val- mistajan kyvykkyydestä toimittaa heille sopiva järjestelmä. Ei ole itsestään selvää, että toisen valmistajan kenttälaitte toimisi jo valmiissa kenttäväylärat- kaisussa, mikä on vaikeuttanut valmiiden järjestelmien korjausta ja laajen- nusta. Tämän ongelman vuoksi on kehitetty kenttäväylästandardeja, joilla pystytään yhdistämään eri valmistajien määrityksiä sisällöllisiin ja rakenteelli- siin vaatimuksiin. (Pyyskänen 2007, 89–90.)

Yhtä johtavaa kenttäväylästandardia ei ole tähän mennessä saatu luotua. Isoin este tällaisen standardin luomiselle on, että siitä hyötyvät vain tilaajat, eivätkä valmistajat. Mikäli yhteisesti hyväksytty standardijärjestelmä olisi olemassa, kuluttajan kannalta olisi saman tekevää, minkä valmistajan ratkai-

sun hän valitsisi. Valmistajat haluavat kuitenkin esitellä tuotteensa standardeituuina, koska siitä on hyötyä kilpailussa toisia valmistajia vastaan. Tästä johtuen, yhä useammat järjestelmät ovat entistä paremmin keskenään yhteensopivia ja tämä mahdollistaa eri merkkisten kenttälaitteiden käytön osana kokonaisuutta. (Pyyskänen 2007, 90–91.)

4.2 Älykkäät kenttälaitteet

Kenttälaitetta voidaan kutsua älykkääksi, mikäli se voi itsessään toteuttaa tarvittavia tietoliikenteen ja automaation vaatimia toimintoja. Vaikka kenttälaitetta kutsutaan älykkääksi, ei se kuitenkaan tarkoita sitä, että se pystyisi toimimaan täysin itsenäisesti. Kenttäväylä on hajautettu järjestelmä, jonka eri osat pystyvät suorittamaan omatoimisia laskutoimituksia. Ne kaikki ovat kuitenkin valvomon alaisuudessa, ja laitteet saavat komentoja tätä kautta. Älykkäät kenttälaitteet pystyvät myös lähettämään laitteen diagnostiikkatietoja, toisin kuin perinteiset laitteet. Kenttälaitteiden ohjelmointi sekä konfigurointi voidaan suorittaa muualtakin kuin kentältä laitteen läheisyydessä. Kenttätason yläpuolisen laskentakapasiteetin tarve pienenee älykkäiden kenttälaitteiden myötä, sillä ne pystyvät hoitamaan suuren osan laskennasta jo kenttätasolla ja välittämään saadun datan valvomoon tai suoraan toiselle kenttälaitteelle. Laskentatarvetta pienentää myös kenttäväyläjärjestelmän PC-pohjaisuus, jossa kaikki kentältä tuleva data menee suoraan yhdelle valvomon päätteistä. (Ekoluoma 1999, 14.)

4.3 Profibus DP

Profibus-protokolla on toimittajasta riippumaton, avoin digitaalinen kenttäväylästandardi, joka soveltuu erityisesti teollisuus-, prosessi- ja rakennusautomaatioon. Profibus-protokollassa isäntälaitteita voidaan kutsua myös aktiiviasemiksi. Orjalaitteet ovat tyypillisiä kenttälaitteita, operointipaneeleja, venttiileitä ja mittauslähettäjiä. Orjalaitteet eivät omista väylänkäyttövaltuuksia ja ne voivat ainoastaan kuitata saapuneita viestejä tai lähettää isäntälaitteelle viestejä tämän niitä pyydettyä. (Alapere – Hietanen – Roppola 2009.)

Profibus DP on hajautettu järjestelmä, joka on tarkoitettu nopeaan tiedonsiirtoon sekä laitteiden helppoon ja halpaan yhteenkytkemiseen. Profibus DP on suunniteltu erityisesti kommunikointiin automaatiojärjestelmän ja hajautetun laitetason välillä. Profibus DP -kenttäväylällä voidaan korvata vanha rinnakkaiskaapelointi, jossa käytetään jännite- ja virtaviestejä. Profibus DP:ssä tiedon liikennöintiin käytetään pääasiassa kierrettyä parikaapelia tai optista kuitua. Profibus DP -kenttäväylä voi olla rakenteeltaan joko väylä, puu tai rengas. Profibus DP -protokollassa käytetään RS485-sarjaliikennöintiä. Tiedonsiirto on synkronoitua, eli isäntälaitte lukee syöttötiedot orjalaitteilta ja lähettää lähtötiedot takaisin orjille. (Alapere ym. 2009.)

Profibus DP voidaan jakaa kolmeen eri protokollaversioon: DP-V0, DP-V1 ja DP-V2. DP-V0:ssa kommunikointi on master-slave -muotoista. DP-V1 sisältää uudistuksia, jotka on suunniteltu erityisesti prosessiautomaatiota ajatellen. Tärkeimpinä uudistuksina voidaan pitää laitteiden parametointia ja kalibrointia väylän ollessa toiminnassa. DP-V2 on uusin versio Profibus DP – väylästä, ja sen ominaisuutena on slave-slave kommunikointi, jonka ansiosta orjalaitteet voivat kommunikoida suoraan toisilleen. Tämä siis vähentää väylän kuormitusta sekä nopeuttaa vasteaikaa. (Alapere ym. 2009.)

5 HINTAN VEDENPUHDISTAMON FLOTAATIOALLAS

Hintan vedenpuhdistamolla on neljä flotaatioallasta. Jokaisen altaan tilavuus on 120 m^3 . Yhdessä altaassa on 60 dispersiosuutinta. Dispersiovesi syötetään flotaatioaltaaseen suuttimien kautta 6.5 bar:in paineella. Veden selkeytysaika altaassa on noin 27 minuuttia. (Laadunhallintajärjestelmä 2010.) Kuvassa 8 on tyhjä flotaatioallas Hintan vedepuhdistamolla. Kuvan oikeassa reunassa olevasta kuilusta tulee raakavesi flotaatioaltaaseen. Dispersiosuuttimet sijaitsevat myös siellä. Ylivuotoviemäri näkyy kuvan vasemmassa reunassa.

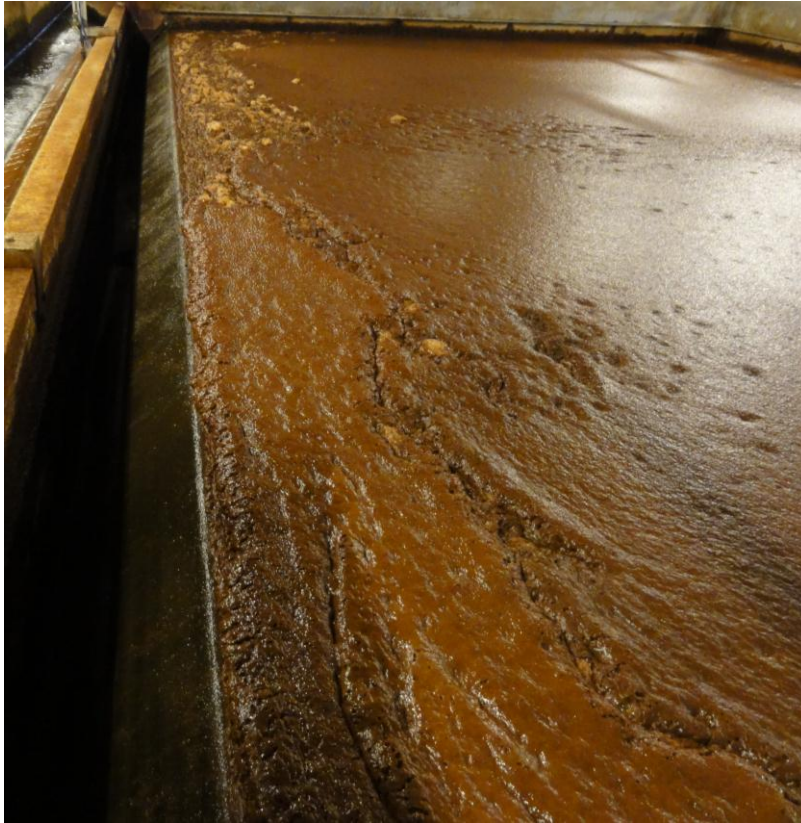


KUVA 8. Tyhjä flotaatioallas Hintan vedenpuhdistamolla

Hintan vedenpuhdistamon ongelma on ollut flotaatiosta karkaavan humuksen määrä, joka kuormittaa hiekkasuodattimia. Tällöin hiekkasuodattimia joudutaan pesemään tiheämmin, mistä aiheutuu lisäkustannuksia, sillä jokaisen hiekkasuodattimen pesemiseen kuluu huuhteluvettä noin 150 m^3 . Kun hiekkasuodattimet ovat kuormittuneet liikaa, niiden suodatusteho las-

kee, jolloin humusta pääsee karkaamaan hiekkasuodattimilta eteenpäin. Hiekkasuodattimilta karkaava humus kuormittaa taas hiilisuodattimia, mikä lisää niiden huuhteluvesimäärää.

Ongelmana on, että flotaatioaltaan veden pinta on liian alhaalla. Flokkihiukkaset vajoavat siten altaan pohjalle ja sieltä eteenpäin hiekkasuodattimille. Flotaatioaltaan pinnan tulisi olla täsmälleen samalla korkeudella kuin ylivuotoviemäriin reuna, jotta flokkihiukkaset valuisivat viemäriin. Flotaatioaltaan pinnan vaihtelu riippuu valmistuvasta vesimäärästä. Jos valmistuva vesimäärä on pieni, tulee altaaseen vähemmän vettä ja pinta jää alhaiseksi. Flotaatioaltaan pinnan korkeutta ei voi nykyisin säätää, koska säätöpatoa nostavien vanhojen paineilmasyntereiden liike on nykivää. Flotaatioaltaan säätöpadon tarkoitus on nostaa altaan pintaa lietteenlaskun alkaessa, jotta flokkihiukkaset valuvat ylivuotoviemäriin. Paineilmasyntereiden liike ei ole kovin lineaarista eikä tarpeeksi hidasta, mikä vaikuttaa myös flokkihiukkasten vajoamiseen. Kuvassa 9 näkyy, että liete ei pääse valumaan ylivuotoviemäriin, vaan se vajoaa flotaatioaltaan pohjalle juuri ennen ylivuotoviemäriin reunaa.



KUVA 9. Flotaatioallas Hintan vedenpuhdistamolla

Parannusehdotuksena on, että flotaatioaltaan nykyiset paineilmasylinterit korvataan säädettävillä moottoreilla, joiden avulla säätöpato voidaan säätää juuri oikealla tasolle. Nykyinen paineilmasylinteri näkyy kuvassa 10. Flotaatioaltaaseen tarvitaan myös pinnankorkeusanturi, jolla voidaan mitata flotaatioaltaan pinnan korkeutta.



KUVA 10. Flotaatioaltaan säätöpadon paineilmasylinteri

5.1 Testiajot

Testiajoissa tutkittiin flotaatioaltaan jälkeisen veden sameuden muutoksia lietteenlaskuun tehtävien vaihteluiden avulla. Lietteenlaskussa vaihteluita voi tehdä lietteenlaskun ajassa sekä tiheydessä. Lietteenlaskun aika täytyy olla pidempi, jos valmistuva vesimäärä on pienempi, jotta liete valuu kokonaan viemäriin. Lietteenlaskun tiheys täytyy olla suurempi, jos vedessä on enemmän humusta. Näin ollen lietettä kertyy enemmän.

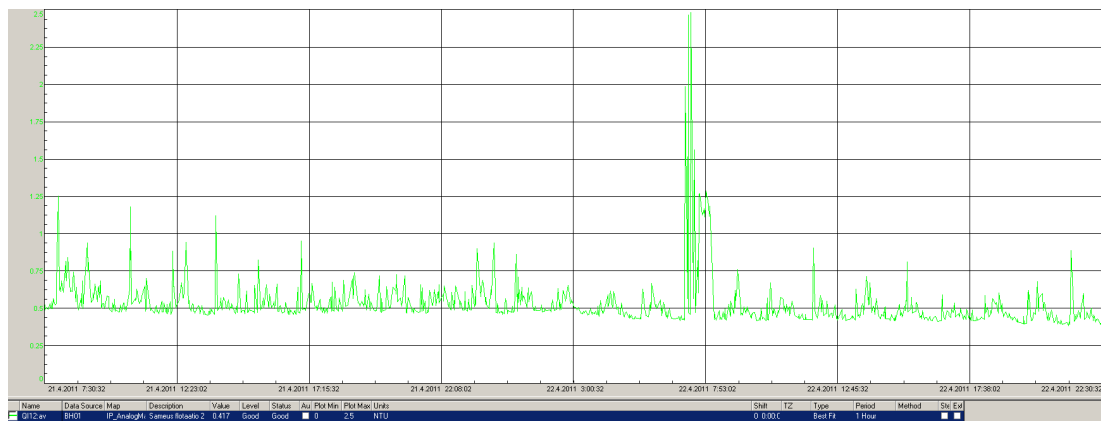
Testiajot suoritettiin yleisimmillä raakaveden valmistusmäärillä (taulukko 1). Tulokset ovat suuntaa antavia, koska flotaatioaltaan veden pinta on eri korkeudella eri valmistusmäärillä ja aikaa kuluu siihen, että flotaatioaltaassa olevan veden pinta nousee viemäriin tasolle. Tuloksista huomataan, että

raakaveden valmistusmäärän ollessa pienempi lietteenlaskuun menee enemmän aikaa. Lietteenlaskun tiheyttä on vaikea määrittää ilman toimivaa pinnankorkeuden säätölaitteistoa, koska flotaatioaltaassa olevan veden pinta täyttyy lietteestä nopeasti. Jos flotaatioaltaan pinnankorkeuden säätölaitteisto olisi toiminnassa, ylimääräinen liete valuisi suoraan ylivuotoviemäriin.

TAULUKKO 1. Flotaatioaltaan testiajojen tulokset

| Valmistusmäärä | Lietteenlasku aika | Seuraukset |
|-----------------------|--------------------|--------------------------------|
| 650 m ³ /h | 4 min 30s | Liete poistui melkein kokonaan |
| 700 m ³ /h | 4min 30s | Liete poistui kokonaan |
| 750 m ³ /h | 4min | Liete poistui melkein kokonaan |
| 800 m ³ /h | 3min 30s | Liete poistui kokonaan |

Testiajot suoritettiin Oulujoen tulva-aikana. Tällöin lietteenlaskun tiheyden pitää olla suurempi, koska vedessä on enemmän humusta, jolloin lietettä kertyy normaalia enemmän vedenpuhdistuksessa. Kuvassa 11 nähdään trendi flotaatioallas kakkosen veden sameudesta, kun lietteenlaskuun tehdään muutoksia. Trendi on otettu keväällä 2011 tulvan aikana, jolloin raakaveden UV-absorptio arvo oli 60 ja valmistuva vesimäärä 700 m³/h. Kuvan alkutilanteessa lietteenlaskun aika oli neljä minuuttia ja lietteenlaskun tiheys kaksi tuntia. Trendi on esitetty suurempana liitteenä (liite 1). Lietteenlaskun aikana huomattiin, ettei kaikki liete ehdi poistua tuona aikana flotaatioaltaan pinnalta. Lietteenlaskun aikaa pidennettiin neljään minuuttiin 30 sekuntiin ja lietteenlaskun tiheyttä pienennettiin tuntiin ja 30 minuuttiin. Tämän seurauksena liete poistui kokonaan flotaatioaltaan pinnalta. Trendiä tarkkailtaessa huomattiin, että flotaatioaltaan veden sameus laskee muutosten myötä. Trendissä näkyvät piikit aiheutuvat lietteen laskusta. Korkein piikki on aiheutunut sameusmittarissa tapahtuneesta häiriöstä.



KUVA 11. Hintan vedenpuhdistamon floataatioallas kakkosen sameus

5.2 Toimilaitteiden valinta

Toimilaitteet valittiin syksyn 2011 aikana. Tarjouksia toimilaitteista pyydettiin kahdeksalta eri valmistajilta, mistä neljä kohdistui pinnankorkeuden antureihin ja neljä säätöpadon nostimiin. Valintaperusteena pinnankorkeuden anturille oli laitteen mittaustarkkuus. Säätöpadon nostimille valintaperusteeksi määriteltiin laitteen tarkka säädettävyyys sekä laitteen toiminnan luotettavuus. Tarjousten perusteella valittiin käyttöön soveltuvimmat laitteet.

5.2.1 Pinnankorkeuden mittauslaitteiden valinta

Flotaatioaltaan pinnankorkeutta mittaava anturi oli vaikea valita, sillä flotaatioaltaan veden pintaa ei voi mitata lieterkerroksen kohdalta. Yhtenä pinnankorkeuden mittausvaihtoehtona olisi ollut paineeseen perustuva mittausanturi, mutta Oulun Veden henkilökunta toivoi sellaista anturia, joka ei olisi kosketuksissa veden kanssa koska sen puhtaanapito on vaikeaa. Anturin sijoituspaikaksi jäi näin ollen yksi vaihtoehto flotaatioaltaan reunalla, jossa selkeytetty vesi nousee flotaatioaltaan pohjalta ylös. Anturin sijoituspaikka on haasteellinen, koska flotaatioaltaan betoniseinän ja säätöpadon väli on vain 15 senttimetriä.

Taulukossa 2 on vertailtu tarjousten jättäneiden valmistajien pinnankorkeusantureita sekä niiden ominaisuuksia. Oulun Veden Hintan vedenpuhdistus-

mon flotaatioaltaaseen valittiin anturi 4 (kuva 12). Valinnan perusteina olivat laitteen tarkkuus sekä hinta. Anturi 1 olisi ollut tarkin, mutta hinta on huomattavasti korkeampi kuin anturi 4:n, joten anturi 1:tä ei valittu.

TAULUKKO 2. Pinnankorkeusantureiden vertailu

| | Anturi 1 | Anturi 2 | Anturi 3 | Anturi 4 |
|-------------|------------|-----------|------------|---------------|
| Mittaustapa | Mikroaalto | Ultraääni | Mikroaalto | Ultraääni |
| Tarkkuus | 0,1% | ±10mm | ±2mm | ±2mm tai 0,2% |
| Hinta | 1905,00€ | 890,00€ | 1376,00€ | 698,00€ |
| Näyttö | | 132,00€ | 132,00€ | 100,00€ |



KUVA 12. Valittu pinnankorkeusanturi asennettuna Hintan vedenpuhdistamolla

5.2.2 Säätopadon nostimien valinta

Jotta flotaatioaltaan säätopato toimisi halutulla tavalla, tarvitaan säätopadon nostimiksi varmatoimisia sekä tarkasti säädettäviä moottoreita. Aikaisempien Oulun Vedelle tehtyjen suunnitelmien mukaan säätopadon nostimiksi oli määriteltä karamoottorit. Sopivia vaihtoehtoja ei kuitenkaan tarjouspyynnön perusteella löytynyt, sillä laitteiden kestävyys vedenpuhdistusprosessissa ei vakuuttanut Oulun Veden aikaisempien kokemusten perusteella. Näin päätettiin etsimään servomoottoreita karamoottoreiden sijasta. Jotta säätopato nousee tasaisesti, tarvitaan kaksi moottoria. Moottoreita päätettiin hankkia

tässä vaiheessa vain yhteen flotaatioaltaaseen, jotta niiden toimivuus pystytään varmistamaan.

Annetuista tarjouksista vain yksi koski servomoottoreita, ja näin moottoriksi valikoitui SEW eurodriven servomoottori CMS50M (kuva 13.).



KUVA 13. Flotaatioaltaan säätöpadon uusi nostin

5.3 Flotaatioaltaan automatisoinnin suunnittelu

Flotaatioaltaan pinnankorkeuden säätölaitteisto on tarkoitus toteuttaa aluksi yhteen flotaatioaltaaseen. Altaaksi valittiin flotaatioallas 4. Altaan pinnankorkeusanturin positioksi valittiin LIC24, koska aikaisemmat flotaatioaltaan positiot alkavat numerolla kaksi. Muiden flotaatioaltaiden pinnankorkeusanturien positioksi valittiin LIC21, LIC22 ja LIC23. Jälkimmäinen numero muodostuu altaan numeron mukaan. Flotaatioallas nelosen säätöpadon moottoreita on kaksi ja niiden positioksi valittiin MX24.1 ja MX24.2. Hintaan vedenpuhdistamolla muiden moottoreiden positiot ovat aikaisemmin olleet MX-alkuisia ja Oulun Veden henkilökunta halusi pitää yhtenäisen positiokannan.

Pinnankorkeusanturi LIC24 mittaa flotaatioallas 4:n pintaa. Pinnankorkeuspiirin tavoitteena on toimia säätimenä flotaatioaltaan säätöpadon moottoreille. Liitteenä (liite 2) on kuva Metso DNA -automaatiojärjestelmällä suunnitellusta säätimestä. Pinnankorkeuspiiriin syötetään asetusarvo, joka säätelee säätöpadon moottoreita MX24.1 ja MX24.2 haluttuun kohtaan. Moottorit liik-

kuvat samanaikaisesti. Lietteenlaskussa liete poistuu ylijouksuna flotaatioaltaasta. Lietteenlasku ei voi olla käynnissä yhtä aikaa useammassa flotaatioaltaassa. Lietteenlaskun käynnistyttyä aukeaa lietteen irrotusventtiili MG28, jolloin vettä valuu flotaatioaltaan reunoilta ja irrottaa lietteen flotaatioaltaan reunoilta. Lietteenlaskun käynnistyttyä flotaatioaltaan patoluukku nousee moottoreiden MX24.1 ja MX24.2 avulla 10 senttimetriä ylivuotoviemärin reunan yläpuolelle, jolloin liete alkaa valua viemäriin.

Liitteessä 3 on sähkökaavio flotaatioaltaan pinnankorkeuden anturista. Pinnankorkeusanturille on suunniteltu instrumentointikaapeli JAMAK 2x(2+1)x0,5, joka sopii automaatioinstrumentointiin. Pinnankorkeusanturi on kytketty automaatiokaappiin, jonka tunnus on AK3.

Flotaatioaltaan säätöpadon moottoreiden taajuusmuuttajat eivät ole roiskeveden kestäviä, joten ne täytyy sijoittaa alkusuunnitelmista poiketen sähkökeskukseen. Liitteenä 4 on flotaatioaltaan säätöpadon sähkökaavio. Taajuusmuuttajalle tulee sähkö moottorikeskuksesta, jonka tunnus on MK4. Taajuusmuuttajan ja säätöpadon moottoreiden välille asennetaan Sew euro-driven hybridikaapelit.

6 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin flotaatioaltaan pinnankorkeuden säätölaitteisto Oulun Veden Hintan vedenpuhdistamolle. Aloituspalaverissa päätettiin, että tässä työssä suunniteltaisiin myös lietteenlaskun toiminnan optimointi. Työn edetessä kuitenkin huomattiin, että optimoinnin suorittamiseksi tarvittaisiin toimiva flotaatioaltaan pinnankorkeuden säätölaitteisto. Tämän lisäksi lietteenlaskun tiheys olisi muuttunut jokiveden UV-absorption mukaan. Testiajoja lietteenlaskuun kuitenkin tehtiin ja niiden perusteella selkeytetyn veden sameus laski, kun lietteenlaskuun käytettävä aika oli sopiva.

Työ aloitettiin perehtymällä flotaatioaltaan toimintaan sekä pyydettiin tarjouksia laitevalmistajilta. Laitevalintojen jälkeen aloitettiin sähkösuunnittelu. Sähkösuunnitteluun sisältyivät laitteiden piirikaavioiden piirtäminen CADS-ohjelmistolla sekä laitteiden sijoituspaikkojen valitseminen. Aluksi työssä oli tarkoituksena suorittaa myös laitteiston käyttöönotto, mutta se viivästyi aikataulusta. Lopulta päätettiin yhdessä Oulun Veden henkilökunnan kanssa, että työssä suoritetaan vain flotaatioaltaan pinnankorkeuden säätölaitteiston suunnittelun. Tavoitteena on, että olisin mukana laitteiston käyttöönotossa.

Hintan vedenpuhdistamolle hankittiin keväällä 2012 uusi otsonaattori. Tämän myötä automaatiojärjestelmään tuli uudistuksena Profibus DP – kenttäväylä, johon päätettiin liittää myös säätöpadon nostimet.

Hintan vedenpuhdistamolla ei ole aikaisemmin ollut flotaatioaltaan pinnankorkeuden säätölaitteistoa. Oulun Veden toisella puhtaanvedenpuhdistamolla Kurkelanrannassa on olemassa flotaatioaltaan pinnankorkeuden säätölaitteisto. Lietteenlaskua on siellä nopeutettu kaavinvaunulla. Ainoa kehitysehdotus Hintan vedenpuhdistamon vedenpuhdistusprosessiin on lietteenlaskun nopeuttaminen. Lietteenlaskun ajan pienentäminen vähentäisi huomattavasti lietteenlaskussa kuluvaa vesimäärää. Samalla selkeytetyn veden virtaus hiekkasuodattimille pysyisi tasaisempuna.

LÄHTEET

Alapere, Ari – Hietanen, Tero – Roppola, Jonne 2009. Profibus väyläanalyysi. www.tekniikka.oamk.fi/~terohi/Labrat/C_analyysi.doc. Hakupäivä 13.4.2012.

Ekoluoma, Marko 1999. Profibus DP/PA Implementation. Oulu: Oulun yliopisto. Prosessitekniiikan osasto. Diplomityö.

Heinänen, Juhani 1990. Flotaatio juomaveden valmistuksessa. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu. Rakennustekniikan osasto. Vesi- ja ympäristötekniikan laitos. Lisensiaatintyö.

Hintan esittely. 2011. Sisäinen dokumentti. Oulun Vesi.

Johtokyvyn mittaus ja säätö, laboratoriutyöohje. 2007. Oulun yliopisto. <http://cc oulu.fi/~posyswww/opiskelu/sytelabrat/tyo6.pdf>. Hakupäivä 19.4.2012.

Karttunen, E. 2004. Vesihuolto II. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto.

Kemira. Vedenkäsittelyn käsikirja. Ei julkaisutietoja.

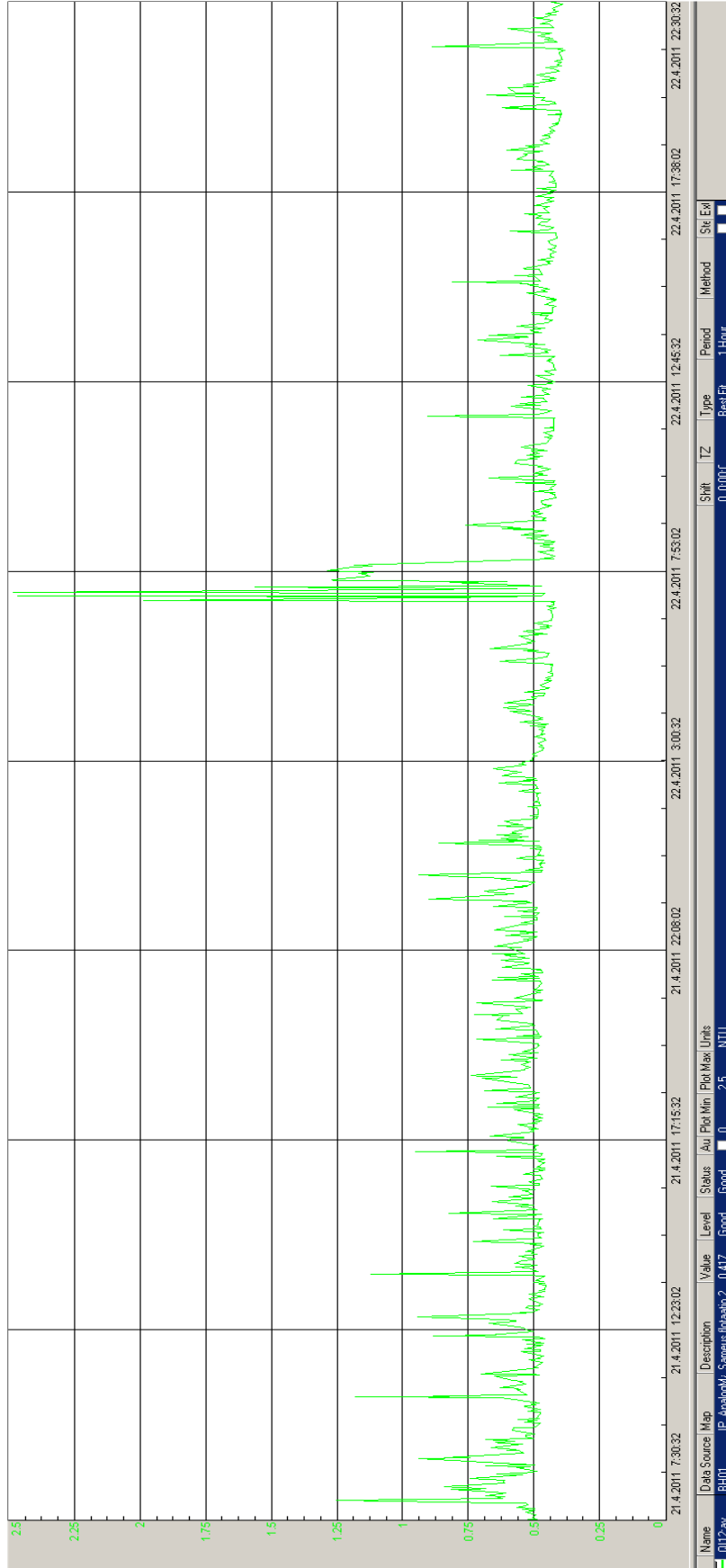
Laadunhallintajärjestelmä. 2010 Sisäinen dokumentti. Oulun Vesi.

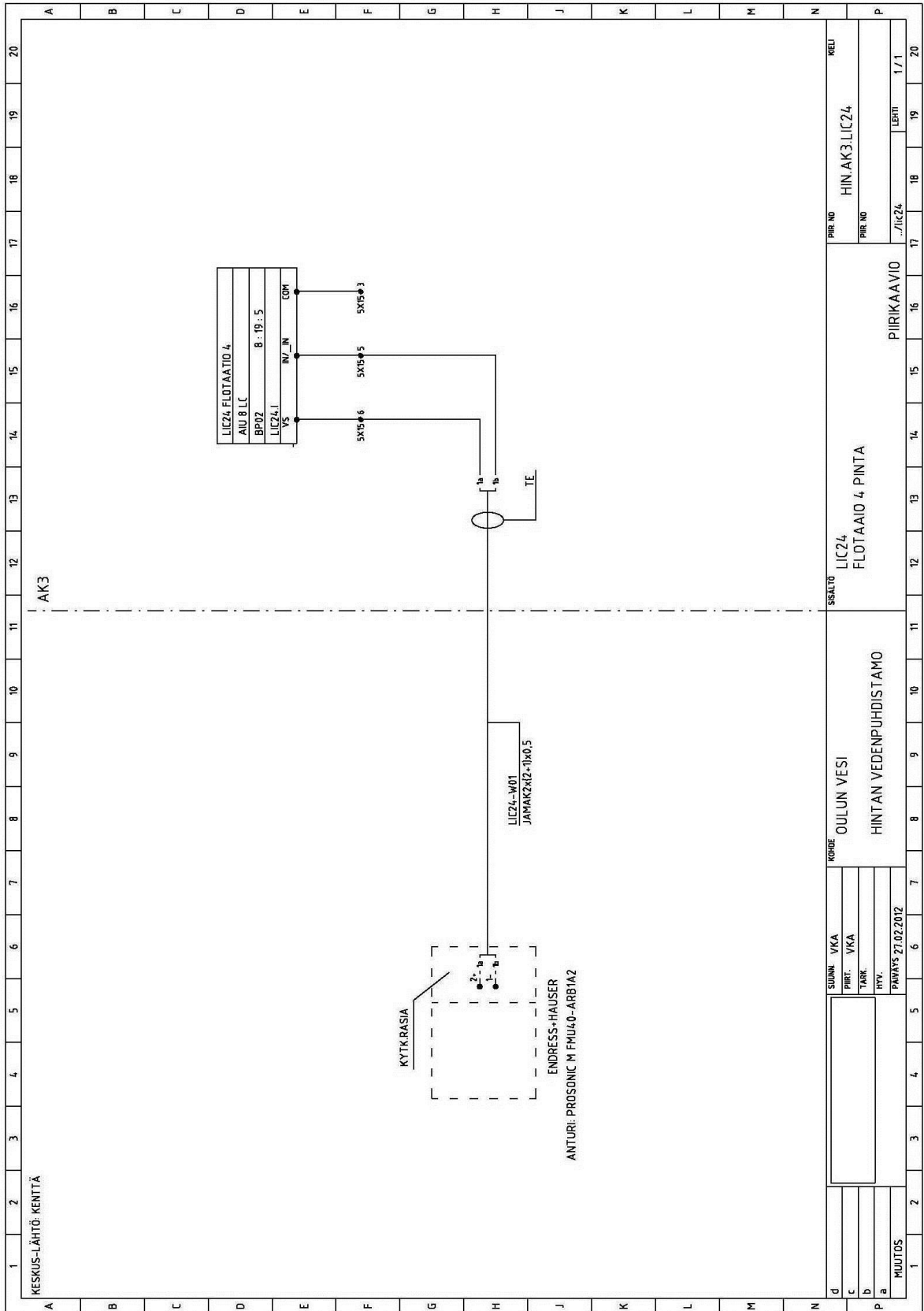
Pyyskänen, Seppo. 2007. Teollisuuden laiteverkot – Johdatus väylätekniikkaan. Helsinki: Suomen automaatioseura ry.

Sekoitus ja flokkaus käyttöopas. 2012. Kemira. http://www.kemira.com/SiteCollectionDocuments/Media/Publications/Water/Sekoitus_ ja_flokkaus_kayttoopas.pdf. Hakupäivä 1.2.2012.

| | | | |
|--|----------|-----------|-----------|
| Tuotteet | PIX-322. | 2011. | Kemira. |
| http://www.kemira.com/SiteCollectionDocuments/Solutions_Products/KW%20tuotteet/PIX-322.pdf. | | | |
| | | Hakupäivä | 3.2.2012. |

Hintan vedenpuhdistamon flotaatioallas kakkosen trendi sameudesta





Säätöpadon nostimen sähkökaavio

