

Miika Hämäläinen

Kalasadaman keskuksen vesienkäsittely

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Rakennustekniikka
Insinöörityö
12.4.2012

| | |
|--|---|
| Tekijä(t) Otsikko | Miika Harri Antero Hämäläinen Kalasataman keskuksen vesienkäsittely |
| Sivumäärä Aika | 38 sivua + 14 liitettä 12.4.2012 |
| Tutkinto | Insinööri (AMK) |
| Koulutusohjelma | Rakennustekniikka |
| Suuntautumisvaihtoehto | Infrarakentaminen |
| Ohjaajat | Projektijohtaja Sami Korhonen Työmaainsinööri Pentti Väyrynen Lehtori Hannu Elväs |
| <p>Insinööri työ tehtiin Destian pyynnöstä selkeyttämään Kalasataman keskuksen vesienkäsittelyprosessia. Kalasataman keskuksen päätoteuttajan SRV:n kumppanina toimiva Destia toimii hankkeessa infratöiden projektinjohtourakoitsijana vastaten Kalasataman keskuksen infran suunnittelun ohjauksesta ja rakentamisesta. Destian mielestä hallittu vesienkäsittely työmaalla on koko työmaan onnistumisen kannalta merkittävä työvaihe, joka kestää koko työmaan ajan. Hankkeen maanrakennus- ja louhintatyöt sekä metrosillan rakennustyöt kestävät vuoteen 2014 saakka. Kalasataman keskus muodostuu Itäväylän ja metrolinjan ympärille toteutettavasta kaupallisesta keskuksesta, jäteasemasta ja kuudesta asuintornista sekä hotelli- ja toimistotornista.</p> <p>Insinööri työssä keskityttiin Kalasataman keskuksen työmaan vaihtoehtoisin vesienkäsittelymenetelmiin, riskeihin ja työn toteutukseen. Työmaan kaivanto- ja tunnelivedet joudutaan käsittelemään ennen viemäriverkostoon johtamista suuren kiintoainemäärän ja alueen pohjaveteen sekoittuneiden haitta-aineiden takia. Insinööri työn tuloksena esitetään raportin lisäksi liitteenä olevat Kalasataman keskuksen vesienkäsittelyn yleiskuva ja asemapiirros sekä Destialle tehty yleisohje työmaan vesienkäsittelystä.</p> <p>Työn tuloksena selvisi, että vedenkäsittelyssä yleisesti käytettyjä laskeutusaltaita voidaan muokata huomattavasti tehokkaammiksi käyttämällä välipohjia. Välipohjaisia laskeutusaltaita kutsutaan lamellilaskeutusaltiksi. Merkittävimpänä insinööri työn tuloksena syntyi kuitenkin työmaan vesienkäsittely-yleisohje, joka selkeyttää koko työmaan vesienkäsittelyprosessia huomattavasti. Yleisohje alkaa osapuolten tehtävien jaolla, josta edetään lupa-prosessiin ja lopulta työmaan vesienkäsittelysuunnitteluun.</p> <p>Insinööri työ tehtiin tutustumalla työmaan vesienkäsittelyyn työmaavierailuilla ja alan kirjallisuutta hyväksi käyttäen.</p> | |
| Avainsanat | Vesienkäsittely, haitta-aineet, laskeutusallas, syanidi |

| | |
|--|---|
| Author(s) Title | Miika Harri Antero Hamalainen Water Treatment of the Center of Kalasatama |
| Number of Pages Date | 38 pages + 14 appendices 12 April 2012 |
| Degree | Engineer |
| Degree Programme | Civil engineering |
| Specialisation option | Infrastructural Engineering |
| Instructors | Sami Korhonen, Project manager Pentti Väyrynen, Site engineer Hannu Elväs, Lecturer |
| <p>This thesis was made on the commission of Destia to clarify the water treatment process of the center of Kalasatama. Destia works with SRV, the main contractor of the center of Kalasatama. Destia is the project leader contractor who is in charge of planning and execution of infrastructure. Destia emphasizes the importance of water treatment, because without proper water treatment, the building site could suffer from large time schedule delays. The Center of Kalasatama will consist of a shopping center, waste station, six residential towers, hotel tower and office tower, when it is finished.</p> <p>This thesis is concentrates on alternative water treatments solutions at the center of Kalasatama building site, as well as risks and execution of the water treatment. Barrow pit water and tunnel water have to be treated before water will be piped to the drain, because of large percentage of solids and detrimental elements mixed with the ground water. The study was conducted by familiarizing with the water treatment process on site and by studying related literature</p> <p>Results of the thesis are presented in a report and water treatment overview of the center of Kalasatama, ground plan and general directive of the process of water treatment in building site, which are attached to the report.</p> <p>Results of thesis demonstrate that settling tanks usually common in water treatment can be more effective by modifying their structure. Settling tanks are much more effective when intermediate floors are in use. Settling tanks with intermediate floors are called lamella sedimentation tanks. The most important result of study was the general directive of the process of water treatment in the building site which clarifies the whole water treatment process at the building site. The general directive deals with tasks of the process, permits and planning of the water treatment execution.</p> | |
| Keywords: | Water treatment, detrimental element, Settling tank, cyanide |

Sisällys

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Käsitteiden määrittely | 1 |
| 2 | Johdanto | 2 |
| 2.1 | Insinööriyön tausta | 2 |
| 2.2 | Destia | 2 |
| 2.3 | Kalasadaman keskuksen yleiskuva | 3 |
| 3 | Sörnäisten niemen historia | 4 |
| 4 | Kalasadaman pohjavedentila | 6 |
| | Kalasadaman geologia | 6 |
| 4.1.1 | Kallionpinta | 6 |
| 4.1.2 | Kalliopinnan kohoumat | 6 |
| 4.1.3 | Kalliopinnan painaumat | 7 |
| 4.2 | Kalasadaman pohjaveden virtaussuunta | 8 |
| 4.3 | Haitta-ainepitoisuudet pohjavedessä | 9 |
| 4.4 | Näytteidenotto ja analysointi | 12 |
| 4.5 | Pohjaveden haitta-ainepitoisuuksien arvioitu vaikutus Kalasadaman keskuksen rakennustöihin | 13 |
| 5 | Työmaan vesienhallintaan liittyvät riskit | 15 |
| 5.1 | Yleistä | 15 |
| 5.2 | Kalasadaman keskuksen vesienhallinta riskit | 15 |
| 5.2.1 | Meren aiheuttamat riskit | 15 |
| 5.2.2 | Työmaan toiminnasta aiheutuvat riskit | 16 |
| 5.2.3 | Yleiset riskit | 16 |
| 6 | Työmaan vesienkäsittelyyn liittyvät luvat | 17 |
| 6.1 | Lupaprosessi | 17 |
| 6.1.1 | Luvan hakemisen valmistelutyöt | 17 |
| 6.1.2 | Lupaa hakiessa huomioitavat asiat | 18 |
| 6.2 | Ympäristölupa | 19 |
| 7 | Kalasadaman keskuksen vedenkäsittelyprosessin yleiskuva | 20 |

| | | |
|-------|--|----|
| 8 | Työmaan vesienkäsittelymenetelmät | 21 |
| 8.1 | Selkeytysaltaiden yleinen toimintaperiaate | 21 |
| 8.1.1 | Laskeutus | 22 |
| 8.1.2 | Hiukkasten flokkautumisen hyödyntäminen laskeutuksessa | 24 |
| 8.1.3 | Laskeutuksen tehostamismenetelmät | 25 |
| 8.1.4 | Lamellilaskeutus | 26 |
| 8.2 | Laskeutuksen mitoitusparametrit | 28 |
| 8.2.1 | Pintakuorma | 28 |
| 8.3 | Öljynerotus vedestä | 29 |
| 8.3.1 | Öljynerotusmenetelmät | 29 |
| 8.4 | PAH-yhdisteiden, kloorattujen liuottimien ja syanidin poistaminen vedestä aktiivihillisuodattimen avulla | 31 |
| 8.4.1 | Wavin-Labko Oy:n Europek cf -aktiivihillisuodattimen rakenne ja toimintaperiaate | 31 |
| 8.5 | Strippaus | 33 |
| 8.5.1 | Ilmastimet | 33 |
| 8.6 | Syanidin erotus vedestä | 35 |
| 8.6.1 | Syanidin käsittelymenetelmät | 35 |
| 9 | Yhteenveto | 37 |
| | Lähteet: | 39 |
| | Liitteet: | 40 |
| | Liite 1. Vesienkäsittelysuunnitelma | |
| | Liite 2. Työmaan asemakuva | |
| | Liite 3. Työmaatunnelin pumppauskaavio | |
| | Liite 4. Laskeutusallasehdotus | |
| | Liite 5. Työmaan vesienkäsittely, yleisohje | |
| | Liite 6. Helsingin kaupungin määrittämät raja-arvot viemäriin pumpattaessa | |

1 Käsitteiden määrittely

Yleiset käsitteet:

Kolloidishiukkanen: on hiukkanen, joka on osa erittäin hienojakeista ainetta, joka on sekoittunut hiukkaskooltaan vielä pienikokoisemman aineen kanssa.

Viipymä: Kertoo ajan kuinka pitkään vesi virtaa laskeutusaltaan päästä päähän.

Flokkautuminen: Hiukkaset yhdistyvät suuremmiksi hiukkasiksi flokkautumalla eli liimautumalla toisiinsa.

Viskositeetti: Nesteen sisäinen kitka.

Konsentraatio: Ilmoittaa liuennon aineen pitoisuuden liuoksessa eli ainemäärän tilavuusyksikössä.

Koagulaatio: Flokkautumisvaihetta nimetään koagulaatioksi.

Haitta-aineet:

Öljyhiilivedyt: Ympäristömyrkyt, jotka liukenevat veteen huonosti ja ovat lähes ikuisia. Öljyhiilivedyissä on suoria, haaroittuneita, sykliisiä, alisykliisiä, polysykliisiä, aromaattisia sekä polyaromaattisia yhdisteitä, joiden suhteet vaihtelevat öljylaatujen mukaan.

Haihtuvat hiilivedyt: Altistuminen suurille haihtuville hiilivetyypitoisuuksille voi nopeasti johtaa tajuttomuuteen ja kuolemaan olosuhteissa, missä ilma ei vaihdu.

PAH-yhdisteet: Polysykliset aromaattiset hiilivedyt eli PAH-yhdisteet ovat ympäristölle vaarallisia, koska yhdisteiden elinikä on pitkä.

BTEX-yhdisteet: Veteen heikosti liukenevat bentseeni, tolueeni, etyylibentseeni ja ksyleeni ovat BTEX-yhdisteitä.

Klooratut liuottimet: Työmaan ympäristössä esiintyvät dikloorimetaani, trikloorietaani, kloroformi ja hiilitetrakloridi ovat terveydelle vaarallisia teollisuuden pesuaineina käytettyjä aineita.

Syanidi: Haitta-aine, joka pitkäaikaisemman altistumisen aikana aiheuttaa painon alenemista, kilpirauhasen vajaatoimintaa, hermostovaurioita ja pahimmassa tapauksessa kuoleman.

Fenolit: Fenolit ovat yhdisteryhmä, joissa bentseenirenkaaseen on liittynyt hydroksyyli-ryhmä. Yhdisteet ovat ympäristölle myrkyllisiä.

2 Johdanto

2.1 Insinööriyön tausta

Insinööriyö tehdään, koska hankkeen toteuttajat SRV ja Destia kokevat työmaan vesienkäsittelyn olevan oleellinen osa Kalasataman keskuksen työmaan toteutuksen onnistumista. Kalasataman keskuksen päätoteuttajan SRV:n kumppanina toimiva Destia toimii hankkeessa infratöiden projektinjohtourakoitsijana vastaten Kalasataman keskuksen infran suunnittelun ohjauksesta ja rakentamisesta. Destia haluaa, että aiheeseen paneudutaan erityisesti ja samalla pyritään kehittämään vesienkäsittelyprosessia yrityksen sisällä. Ongelmana Destialla nähdään, että heillä ei ole kattavaa työmaan aikaista vesienkäsittelysuunnitelmaa eikä heillä ole selvää ohjeistusta prosessista.

Insinööriyössä keskitytään Kalasataman keskuksen työmaan vesienkäsittelymenetelmiin, riskeihin ja työn toteutukseen. Insinööriyön tuloksena esitetään raportin lopussa Kalasataman keskuksen vesienkäsittelystä yleiskuva ja asemapiirros sekä Destia Oy:lle tehty yleisohje työmaan vesienkäsittelystä.

2.2 Destia

Insinööriyön ohjaajayrityksenä toimii Destia Oy. Kalasataman keskuksen päätoteuttajan SRV:n kumppanina toimiva Destia toimii hankkeessa infratöiden projektinjohtourakoitsijana vastaten Kalasataman keskuksen infran suunnittelun ohjauksesta ja rakentamisesta.

Destia on suomalainen infra- ja rakennusalan palveluyritys, joka rakentaa, ylläpitää ja suunnittelee liikenneväylien sekä liikenne- ja teollisuusympäristöjen lisäksi kokonaisia elinympäristöjä. Palvelut ulottuvat kattavasta maanpäällisestä toiminnasta myös maanalaiseen rakentamiseen. Destian asiakkaita ovat teollisuus- ja liikeyritykset, kunnat ja kaupungit sekä valtionhallinnon organisaatiot. Destia-konsernin liikevaihto vuonna 2010 oli noin 540 miljoonaa euroa. Destia-konserni koostuu emoyhtiö Destia Oy:stä ja tytäryhtiöistä. Henkilöstöä Destialla on noin 2 000 henkilöä.

2.3 Kalasataman keskuksen yleiskuva

Kalasataman keskus on alueena vanhaa satama- ja teollisuusaluetta. Hankkeen maanrakennus- ja louhintatyöt sekä metrosillan rakennustyöt kestävät vuoteen 2014 saakka. Tavoitteena on, että koko keskuksen ensimmäiset osat valmistuvat vuonna 2015 ja loput vaiheittain vuoteen 2021 mennessä.

Kalasataman keskus muodostuu Itäväylän ja metrolinjan ympärille toteutettavasta kaupallisesta keskuksesta, jäteasemasta ja kuudesta asuintornista sekä hotelli- ja toimistotornista. Helsingin kaupunki vuokraa julkiset tilat mm. terveysasemalle ja kauppoille. Kokonaisuudessaan keskus rakennetaan 2,8 hehtaarin alueelle. Työmaan infratöiden kokonaisarvo on reilu 100 miljoonaa euroa. Kalasataman keskus toimii valmistuttuaan uuden Kalasataman kaupunginosan keskuksena. Kaupunginosaan syntyy koko alueen valmistuttua 20 000 ihmiselle koti ja 8000 ihmiselle työpaikka.

Haastavaksi hankkeen toteutuksen tekee Kalasataman keskuksen sijainti Itäväylän ja metrolinjan välittömässä läheisyydessä sekä alueella toimineen sataman ja teollisuuden aiheuttamat maa-aineksen ja pohjaveden pilaantuminen. Maa-aineksen ja pohjaveden pitoisuudet ylittävät Helsingin kaupungin jätevedelle asettamat raja-arvot, eikä työmaan vesiä voida tämän takia suoraan johtaa kaupungin viemäriverkostoon. Raja-arvot ovat yksi merkittävimmistä syistä, miksi työmaalla panostetaan vesienkäsittelyyn, koska työmaan vesiä ei voida haitta-aineiden takia johtaa mereen tai imeyttää alueelle.(1)

3 Sörnäisten niemen historia

Sörnäisten niemen sataman ja teollisuusalueen historia alkoi vuonna 1825, jolloin kaupungin rakennusjärjestyssäännöissä määrättiin sijoittamaan tehtaat ja työpajat tulipalovaaran takia kaupungin laitamille. Teollisuusalueella sijaitsi alusta asti mm. saha ja tiilipolttimo. 1900-luvun alussa Sörnäisten niemeen avattiin Helsingin kaupungin ensimmäinen sähkö- ja kaasulaitos. Ennen satamaa ja teollisuusaluetta alue oli asuttamaton maaseutua.

Satamatoiminta aloitettiin virallisesti 1863, jolloin Sörnäisten satama yhdistettiin rautatieverkkoon. Sörnäinen oli aikansa modernein ulkosatama, jossa voitiin laivarahti purkaa suoraan junaan ja junarahti suoraan laivaan. Sörnäisten satama oli alkuaikoinaan erityisesti puutavaran vientisatama hyvien rautatieverkostojen ja sijaintinsa takia. Vuodesta 1889 alkaen satama toimi aina 1938 asti Helsingin öljysatamana, minkä jälkeen se siirrettiin kaupungin laajenemisen vuoksi Helsingin Herttoniemeeseen paloturvallisuussyistä.



Kuva 1. Sörnäisten satama, 1949 (2)

Sörnäisten satamaa on laajennettu kahteen kertaan saarien välisiä matalia merenlahtia täyttämällä. Ensimmäisen kerran 1930-luvulla, jolloin satama- ja teollisuusalueen pohjoisosissa otettiin käyttöön Kyläsaari sekä pieni- ja iso verkkosaari. Toisella kerralla 1960-luvulla Sörnäisten satamaa laajennettiin ja kehitettiin lautta- ja konttisatamaksi ottamalla käyttöön sataman eteläpuolella olevat pienet saaret. Sataman laajentaminen 1960-luvulla oli huomattavasti 1930-luvulla tehtyä laajennusta suurempi. 1970-luvulla Suomen kehittyneimpiin satamiin kuulunut Sörnäisten satama oli myös matkustaja-autolauttojen käytössä. Loppuaikoinaan, aina sataman sulkemiseen 2008 asti, satama toimi yhtenä Helsingin roro-satamana ja Suomen hedelmä- ja vihannestuonnin keskuksena (2;3.)

4 Kalasataman pohjavedentila

Kalasataman geologia

4.1.1 Kallionpinta

Kalasataman alueella kalliopinnan korkeuserot ovat huomattavia. Kallionpinta vaihtelee korkeudella -35...+15 m merenpinnasta. Geologian tutkimuskeskuksen GeoTIETO-palvelun havainnekuvasta erottuvilla vaaleanpunaisilla ja viininpunaisilla alueilla sijaitsee kalasataman kalliopinnan korkeimmat kohdat. Kalasataman keskuksen kaava-alue sijaitsee Verkkosaaren alueella itäväylän (oranssi, itä-länsi suuntainen tie) etelä- ja pohjoispuolella kartassa sijaitsevien kiinteistöjen kohdalla.

4.1.2 Kalliopinnan kohoumat

Verkkosaaren alueella sijaitseva Englantilaiskallion kohouma, joka on merkitty karttaan viininpunaisella, on Kalasataman korkein kohta. Toinen merkittävä kohouma sijaitsee Hanasaaren kohdalla. Kohoumat ovat yhteydessä toisiinsa Kalasataman keskuksen itä-osan kautta kulkevan etelä-pohjois-suuntaisen kalliokohouman sekä Kalasataman keskuksen eteläpuolella Hanasaaresta Sompasaaren kulkevan kalliokohouman kautta. Kaikki alueen kalliokohoumat sijaitsevat merenpinnan yläpuolella.



Kuva 2. Kalasataman kalliokohoumat ja heikkous vyöhyke. (Geotieto)

4.1.3 Kalliopinnan painaumat

Kalasadaman alueella on kaksi merkittävää kalliopainannetta, joiden kohdalla kallionpinta laskee 30 metriä merenpinnan alapuolelle. Alueet sijaitsevat Kalasadaman keskustasta 200 m itään lähellä merenrantaa ja 300 m lounaaseen. Lisäksi Kalasadaman keskustan koillispuolella aivan kaava-alueen vieressä sijaitsee pienempi painauma, joka ulottuu 25 metriä merenpinnan alapuolelle. Painaumien lisäksi alueen halkaisee kalliossa oleva heikkousvyöhyke, joka on merkitty GeoTIETO – palvelun kartassa sinisellä luode-kaakko suuntaisella viivalla.

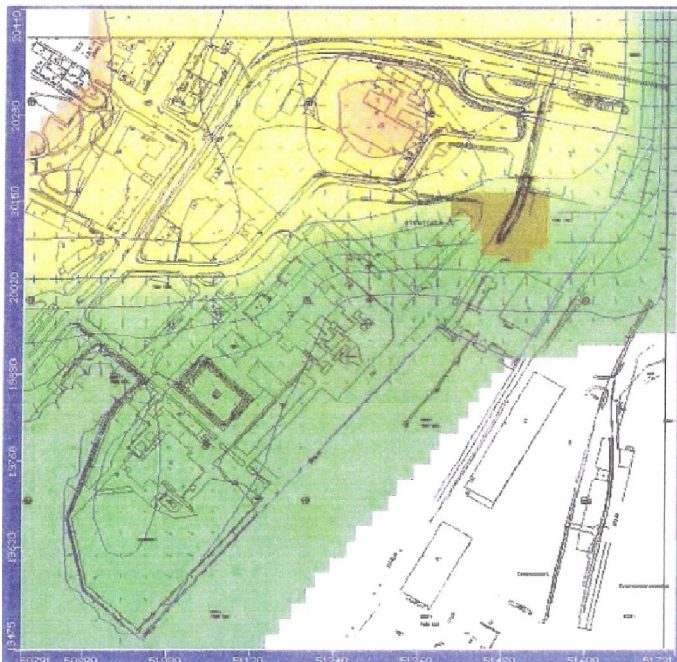
Kaava-alueen sisällä kallionpinta on alimmillaan Hermannin rantatiellä noin 150 m Itäväylän pohjoispuolella (tasolla -20...-15 m merenpinnasta) sekä kaava-alueen keskellä Itäväylän ja Hermannin rantatien välisen risteyksen lounaiskulmassa (tasolla -15...-10 m merenpinnasta), (4).

4.2 Kalasataman pohjaveden virtaussuunta

Pohjaveden virtaussuunnasta ei ole tehty kattavaa tutkimusta, minkä vuoksi Kalasataman alueesta ei ole julkaistu tutkimustuloksiin pohjautuvaa pohjaveden virtauskuvaa. Pohjaveden pinnan tasot on mitattu pohjaveden näytteenottoputkista kesäkuussa 2011. Mittaustuloksien perusteella ei voitu määrittää varmasti alueen pohjaveden virtaussuuntaa, koska kaikista putkista ei saatu otettua näytettä.

Yleisesti pohjaveden arvioidaan virtaavan luoteesta kaakkoon eli mantereelta merelle. Kalliopinnan vaihtelevat korkeuserot vaikuttavat kuitenkin virtaussuuntiin. Kalliopinnan kohoumat toimivat pohjaveden virtauksen jakajina Helsingin Energialle laaditun kuvan 3 mukaisesti. Kuvassa on esitetty arvio pohjaveden virtaussuunnista Suvilahden ja Hanasaaren alueella, joka on osa Kalasataman tulevaa asuinalueita.

Pohjavesi on koko alueella yleisesti hieman merenpinnan yläpuolella. On myös huomioitava, että merivesi voi vaikuttaa pohjaveden korkeuteen koko alueella tai vain rannan läheisyydessä. Esimerkiksi alueella saattaa olla maakerroksia tai rakenteita, joiden läpi merivesi suotautuu nopeasti, kuten Hanasaaren uutta lämpökeskusta kaivettaessa tapahtui. (4.)



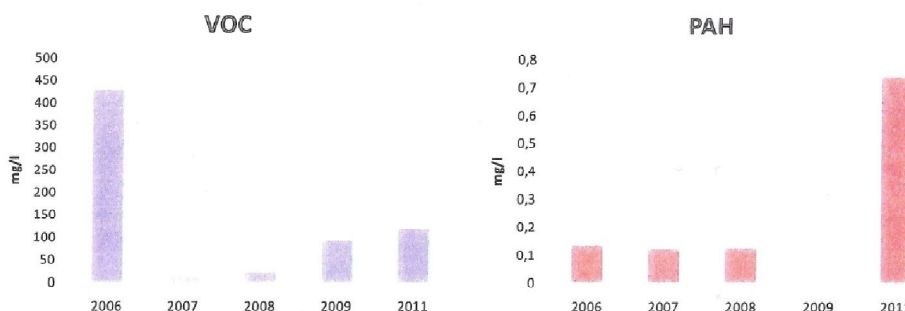
Kuva 3. Suvilahden alueen pohjaveden virtaus.(4)

4.3 Haitta-ainepitoisuudet pohjavedessä

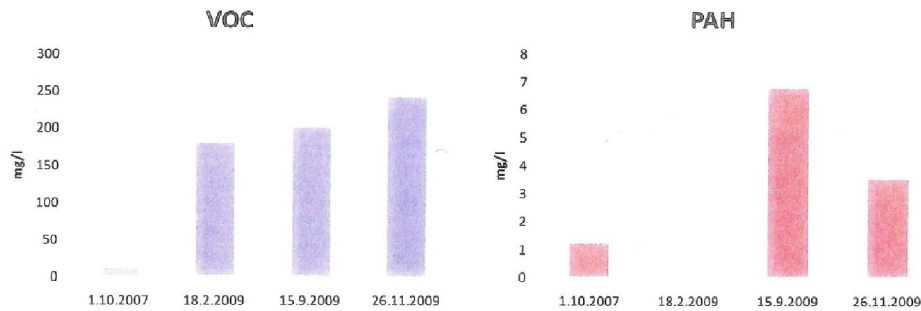
Haitta-aineet ovat päätyneet Kalasataman maaperään pitkään jatkuneen satama- ja teollisuustoiminnan takia. Suvilahden pohjoisella alueella kaava-alueen vieressä haitta-aineet ovat peräisin alueella sijainneesta kaasulaitostoiminnasta ja sen ohessa toimineista bentseenitehtaista. Kalasataman alueella on tehty Helsingin kaupungin toimesta maaperän kunnostusta ja pohjaveden pumpausta vuosituhanen alkupuolelta lähtien. Kalasataman keskuksen kaava-alue on esimerkiksi luovutettu pääurakoitsijoille puhdistettuna, mutta Golden Associates:n Pohjaveden tila -raportin 11.8.2011 mukaan on varmaa, että alueella on vielä huomattava määrä haitta-aineita.

Haitta-aineiden on todettu esiintyvän kaukanakin oletetusta lähteestä. Tämä tarkoittaa, että haitta-aineet voivat kulkeutua pohjavesivirtauksien mukaisesti maa-aineksessa, kalliopinnalla tai kalliosta olevissa ruhjevyyhykkeissä ja raoissa. Haitta-aineiden kulkeutumista maaperässä tukee myös vuosina 2006 ja 2007 aloitettujen tarkkailupisteiden mittaustulokset.

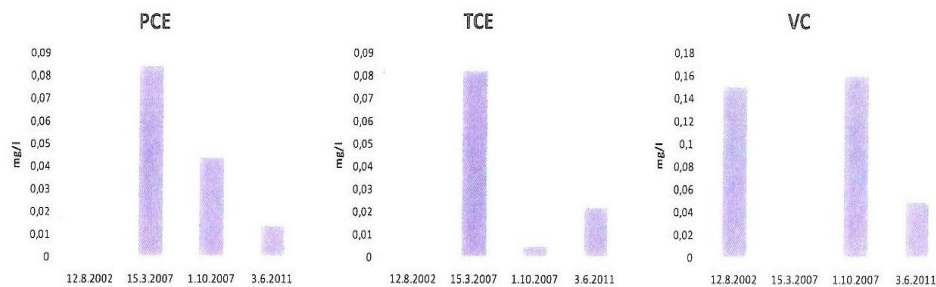
Vaikka haitta-aineiden pitoisuuksien muutosta ei tunneta pitkältä aikaväliltä, tarkkailupisteistä GA 1, GA 1112 ja P6 saaduista mittaustuloksista voidaan havaita selvä haitta-aineiden pitoisuuksien muutos mg/l. Esimerkiksi 2006 tarkkailupisteessä GA 1 VOC eli haihtuvan hiilivedyn pitoisuus on ollut moninkertainen vuotta myöhemmin saatuun mittaustulokseen. Tämän jälkeen VOC-pitoisuus on vuosittain kasvanut sykäyksittäin samassa tarkkailupisteessä.



Kuva 4. Tarkkailupisteen GA 1 mittaustulokset.(4)



Kuva 5. Tarkkailupisteen GA 1112 mittaustulokset.(4)



Kuva 6. Tarkkailupisteen P6 kloorattujen liuottimien mittaustulokset PCE = tetrakloorieteeni, TCE = trikloorieteeni ja VC = vinyylikloridi.(4)

Näytteitä pohjavedestä on kerätty hyvin lyhyen aikaa, minkä takia tulokset eivät välttämättä anna oikeaa kuvaa haitta-aineiden liikkumisesta alueen pohjavedessä. Toisaalta myös näytteenottohetkellä voidaan pilata koko näyte, jos näyte otetaan huolimattomasti eikä esimerkiksi näytteenottoputken vettä pumpata pois kolme kertaa putken vesitilavuuden verran ennen näytteenottoa. Huolimattomuus selittäisi esimerkiksi tarkkailupisteessä GA1 2006 otetun näytteen tuloksen huomattavan eroavaisuuden myöhempiin näytteenottoihin samasta tarkkailupisteestä. Luultavasti tarkkailupisteen näytteenottoputkea ei ole huuhdeltu tarpeeksi hyvin, jolloin putkeen on ajan kuluessa kerääntynyt haitta-ainetta normaalia enemmän. Myös muut tulokset vaihtelevat samalla tavalla, jolloin näytteenottoa ei ehkä ole suunniteltu tai ohjeistettu tarpeeksi hyvin. On myös mahdollista, että alueen täytemaassa on rakennekerroksia, jotka suovat pohjaveden poikkeuksellisen nopeasti.

Kalasadaman keskuksen kannalta merkittävimmät haitta-ainepitoisuudet sijaitsevat kaava-alueen länsi- ja lounaispuolella, Suvilahden pohjoisella alueella, entisellä kaasulaitos alueella. Alueelta on löydetty haihtuvia hiilivetyjä, BTEX-yhdisteitä, naftaliinia, kloorattuja liuottimia, öljyhiilivetyjä, PAH-yhdisteitä, syanidia ja fenoleita. Hiilivedyt,

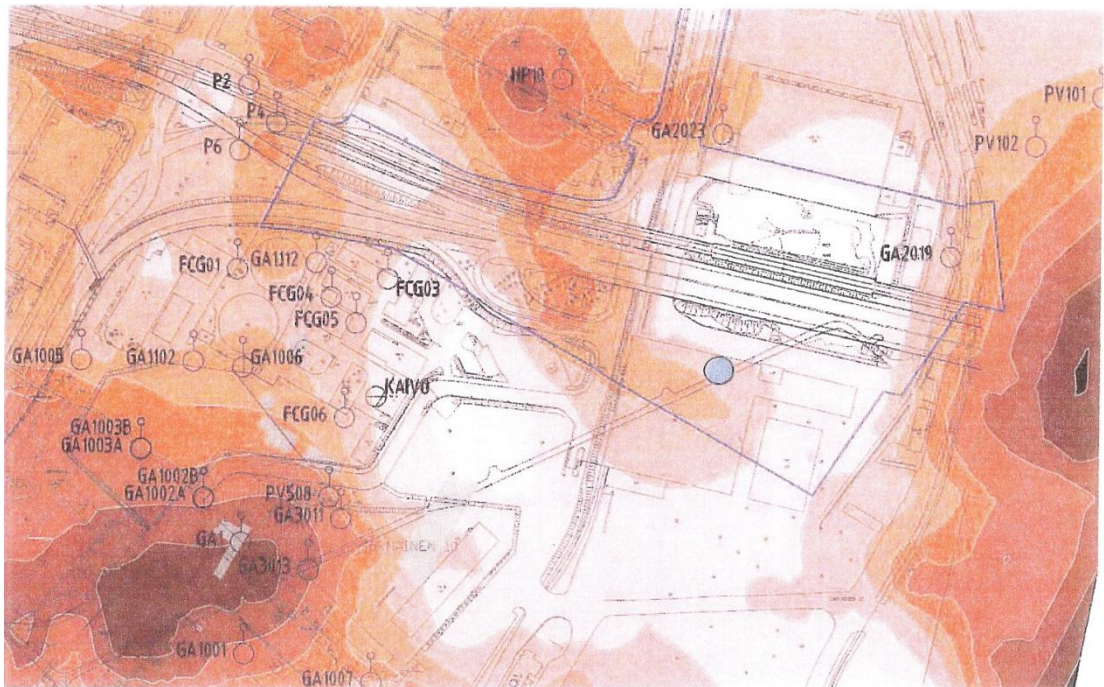
BTEX-yhdisteet, naftaliini ja PAH-yhdisteet ovat haitallisia, koska ne vettä kevyempinä kulkeutuvat helposti pohjaveden virtauksen mukana ja voivat haihtua esimerkiksi kaivannoissa hengitysilmaan, mikä on haitallista tai jopa vaarallista työntekijöille. Kloorattuja liuottimia taas voi esiintyä omina maataskuina tai kallioperän ruhjeissa.

Haitta-aineet vaikuttavat vaikeuttamalla rakennustöitä, koska työturvallisuus on ehdottoman tärkeää. Esimerkiksi maataskuun kerääntynyt kloorattu liuotusaine, joudutaan poistamaan maaperästä erityisen ohjeistuksen mukaisesti aineen myrkyllisyyden takia.

Maaperän syanidi on peräisin kaasulaitoksen suodatusvaiheesta, jossa kaasu suodatettiin rautahydroksidikerroksen läpi syaanivedyn poistamiseksi. Menetelmässä syaanivety sitoutui rautasyanidiksi, joka on veteen liukenemattomana ja alhaisen toksisuuden takia lähes haitaton oheistuote. Rautasyanidin syanidi muuttuu, kuitenkin vaaralliseksi joutuessaan UV-valon vaikutuksen alaiseksi. Rautasyanidista muodostuu vapaata syanidia, joka pohjaveteen sekoittuneena on merkittävä haitta-aine. Raportissa tullaan vielä erikseen keskittymään, kuinka syanidi voidaan poistaa työmaan pumppausvedestä (4.)

4.4 Näytteenotto ja analysointi

Kalasadaman, Suvilahden ja Hanasaaren alueella on tehty 2000–2011 erillisten riskiarvioiden yhteydessä pohjavesitutkimuksia, joissa on tutkittu pohjaveden haitta-ainepitoisuuksien terveysriskejä. Kattavimmat näytteenottokierrokset Suvilahden alueella on tehty 2006–2007 kiinteistöviraston ja 2009 Helsingin Energian toimesta. Kesäkuussa 2011 vesinäytteitä otettiin tarkoituksenmukaisesti Kalasadaman keskuksen läheisyydestä, jolloin saatiin arvioiden mukaan riittävä yleiskuva Kalasadaman keskuksen pohjaveden tilasta ja ympäröivistä alueista. Heinäkuussa 2011 tutkimuksia kuitenkin tarkennettiin vielä Suvilahden alueella kulkevasta kallioperään louhitusta yhteiskäyttö-tunnelista. Kuvaan 7 on merkitty pohjaveden tarkkailupisteet.



Kuva 7. Kalasadaman alueella sijaitsevat pohjaveden tarkkailupisteet.(4)

Kalasadaman keskusta varten tehdyissä tutkimuksissa näytteenottamisen yhteydessä kirjattiin ja mitattiin näytteenottoputkesta pohjaveden korkeus, putken kunto, antoisuus ja veden laatu (haju, väri, sameus ja hiekkaisuus). Putkesta poistettiin kaikki roskat ja muu näytteeseen kuulumaton analysointia häiritsevä aines poistamalla ennen näytteenottoa putkista noin kolme kertaa putken vesitilavuuden verran vettä. Putken sisältämästä vesimäärästä riippuen tyhjennys ja näytteenotto suoritettiin pumpulla tai kertakäyttöisellä bailer-näytteenottimella.

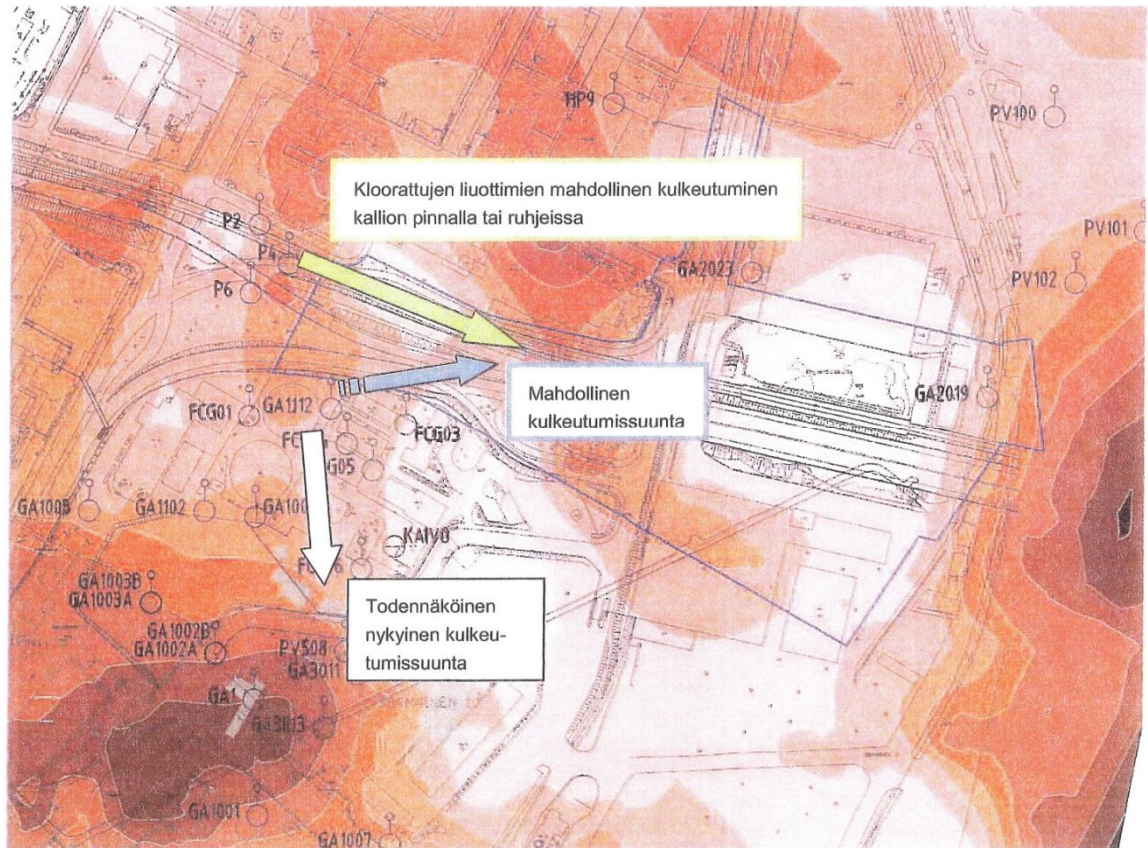
Kaikista vesinäytteistä analysoitiin SGS Inspection Services Oy:n laboratoriossa raskasmetallit, öljyhiilivedyt(C₁₀-C₄₀), PAH-yhdisteet, erittäin haihtuvat hiilivedyt (klooratut liuottimet), haihtuvien hiilivetyjen kokonaispitoisuus (TVOC), kokonaissyanidi, vapaa syanidi, pH sekä fenoli-indeksi. Fenoli-indeksi sisältää kaikki fenoliset-yhdisteet paitsi fenolin ja p-kresolin muodostaman yhdisteen. (4.)

4.5 Pohjaveden haitta-ainepitoisuuksien arvioitu vaikutus Kalasadaman keskuksen rakennustöihin

Edellä olevien taustatietojen perusteella Golder Associates on arvioinut Kalasadaman keskuksen lounais- ja länsipuolella esiintyneiden haitta-aineiden mahdollisen kulkeutumisen kaavoitetulle alueelle olevan todellinen riski. Arviossaan he kuitenkin toteavat analyysinsä olevan epävarma.

Tällä hetkellä olemassa olevan tiedon perusteella pohjavesi virtaa Suvi-
lahden pohjoiselta alueelta etelään ja kaakkoon. Pohjaveden gradientti on todennäköisesti pieni ja virtaussuunta voi muuttua luontaisesti tai kaivutöiden ja louhintatöiden aikaisen vedenhallinnan takia. Tämän takia maanrakennustöissä ja louhintatöissä sekä niihin liittyvässä pohjaveden hallinnassa suositellaan varautua haitta-aineiden esiintymiseen rakennusaikana.

Työn aikana on mahdollista, että maaperässä ja kallion ruhjeista todetaan arviota suurempia haitta-ainepitoisuuksia (4.)



Kuva 8. Haitta-aineiden mahdolliset kulkeutumissuunnat.(4)

Mahdollisen haitta-aineiden kulkeutumisen/esiintymisen takia kaivannossa töiden aikana ilman ja kaivantovesien laatua on seurattava silmämääräisesti sekä haitta-aineista varoittavalla mittarilla. Mittaukset otetaan päivittäin ja raportoidaan pääurakoitsijalle. Tämän lisäksi asiantuntijan on otettava näytteet kaivantovedestä viikoittain. Tarvittaessa vedet tulee puhdistaa ennen veden johtamista viemäriin. Työterveysriskin takia kaivannon ilmanvaihto ja henkilökohtaisten suojavarusteiden käyttö on pakollista, jos haitta-aineita on havaittu esiintyvän kaivannossa tai tunnelissa. Tämän takia on suositeltavaa liittää työsuojelusuunnitelmaan, missä haitta-ainepitoisuuksissa kukin haitta-aine edellyttää edellä mainittuja toimenpiteitä.(4.)

5 Työmaan vesienhallintaan liittyvät riskit

5.1 Yleistä

Vesienhallintaan liittyvät riskit on hyvä kartoittaa työmaan alussa. Riskien kartoittamisen lopputuloksena on hyvä tehdä riskianalyysi, jossa riskit tunnistetaan ja riskeille esitetään toimenpide-ehdotukset, joiden avulla riskit pystytään välttämään. Riskien hallintaa on päivitettävä työmaan edetessä, jotta riskien hallinta elää työmaan muuttuvien olosuhteiden mukaisesti. Työmaan riskien kartoitus on tehty hyvin, kun tulevat työvaiheet on jaettu pienemmiksi kokonaisuuksiksi ja riskien hallinnasta vastaava taho, esimerkiksi urakoitsija, on nimetty. Vastuut on hyvä kirjata riskianalyysiin, josta jokainen voi helposti tarkistaa vastuualueensa.

5.2 Kalasataman keskuksen vesienhallinta riskit

Kalasataman keskuksen riskit voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan: meren aiheuttamiin riskeihin, työmaalla tapahtuviin ja yleisiin riskeihin.

5.2.1 Meren aiheuttamat riskit

Meren läheisyys aiheuttaa työmaalle erikoisjärjestelyjä. Työmaa sijaitsee Ely-keskuksen 1.4.2011 ehdottamalla merkittävällä tulvariskialueella.(5.) Alueella kauan jatkuneiden suotuisien tuuliolosuhteiden ja rankkojen vesisateiden aiheuttamat merivesitulvat voivat aiheuttaa työmaan vesienkäsittelyyn suuria muutoksia vesimassojen kasvaessa suuriksi. Toinen suuri riskin aiheuttaja on alueen täyttömaa, minkä vedenläpäisevyyttä ei ole taloudellisten syiden takia tutkittu kattavasti. Tiedetään, että Suvilahden alueella oleviin kaivantoihin suotautui merivettä aluetta kunnostettaessa. Kyseinen ongelma on hyvin realistinen tunnelilouhinnan aikana, koska työmaan alusta asti Kulosaaren sillan pohjoispuoleiseen kaivantoon on suotautunut merivettä. Ongelma ratkaistiin kaivannon osalta porapaaluseinillä, jotka ulottuvat korkeuteen +2.6 m.

5.2.2 Työmaan toiminnasta aiheutuvat riskit

Työmaalla tapahtuvia riskejä ovat työnaikana sattuvat vahingot tai huolimattomuudesta/välinpitämättömyydestä johtuvat ympäristön ja viemäriinjojen saastuttaminen. Työmaalla voi tapahtua esimerkiksi öljy- ja polttoainevuotoja koneissa, mikä on ehdottomasti riski vedenkäsittelylle. Vesi joudutaan öljyn takia käsittelemään normaalista poikkeavalla tavalla, mikä pidentää vedenkäsittely aikaa ja vaikuttaa töiden aikatauluun negatiivisesti.

Suurin työmaan ympäristöön vaikuttava riskinä on, jos syystä tai toisesta vesi johdetaan hule- ja jätevesiviemäriin ilman käsittelyä. Kauan jatkunut käsittelemättömien vesien johtaminen viemäriin voi johtaa työmaan vesien pumppaamiskieltoon kunnalliseen viemäriverkostoon. Vesilaitos voi evätä luvan, jolloin vesienkäsittely vaikeutuu ja pahimmassa tapauksessa voi tulla lähes mahdottomaksi.

Kolmantena vakavana riskinä työmaalla ovat haitta-ainepitoisuudet, jotka voivat hidastaa merkittävästi vesienkäsittelyä ja koko työmaata. Alueelta saattaa löytyä louhinnan aikana kallion halkeamista ja ruhjevyyhyhykkeeltä suuria määriä haitta-aineita, jotka ovat vuosien saatossa kerääntyneet haitta-ainepesäkkeiksi kallioon.

5.2.3 Yleiset riskit

Yleisiä riskejä ovat työmaan vaikutus ympäristöön ja yrityksen toimintaan vaikuttava PR-riski. Suurin riski, koskien työmaan vaikutusta ympäristöön, on työmaan läheisyydessä olevat puupaalujen varaan rakennetut toimisto- ja teollisuusrakennukset. Työmaa voi vaikuttaa alueen pohjaveden korkeuteen, vaikka pohjavettä ei ole tarkoituksella alennettu. Pohjaveden laskeutuminen voi merkitä toimisto- ja teollisuusrakennuksien perustuksien vaurioitumiseen. Tämän takia pohjaveden korkeutta on tärkeä tutkia ja mitata koko työmaan olemassa olo ajan. Toisena merkittävänä yleisenä riskinä on yrityksen PR-riski. Yritykselle on hyvin tärkeää hoitaa vedenkäsittely hyvin, koska riskinä on yrityksen saama kielteinen maine vesienkäsittelyn hoitamisesta ja ympäristön huomioimisesta. Nykyään negatiivinen maine ympäristöasioihin liittyen voi olla hyvinkin merkittävä uusien urakoiden saamiseen ja lupien myöntämiseen.

6 Työmaan vesienkäsittelyyn liittyvät luvat

6.1 Lupaprosessi

Työmaalle pitää hakea kaksi lupaa vesienkäsittelyä varten vesilaitokselta haettava vesien johtamislupa viemäriin ja ympäristölupa. Ympäristölupa joudutaan hakemaan aina, kun vesistö on toiminnan takia vaarassa pilaantua. Luvan saaminen vesien johtamiseen kaupungin viemäriverkostoon on monivaiheinen lupaprosessi. Lupa joudutaan hakemaan kunnan jätevedenpuhdistamosta vastaavalta taholta. Esimerkiksi Helsingissä lupa joudutaan hakemaan Helsingin kaupungin kiinteistöviraston tonttiosastolta, joka pyytää lupaa HSY:ltä. HSY myöntää luvan vesien johtamiseen Helsingin kaupungin kiinteistöviraston tonttiosastolle, joka myöntää luvan lopulta lupaa hakeneelle.(6.)

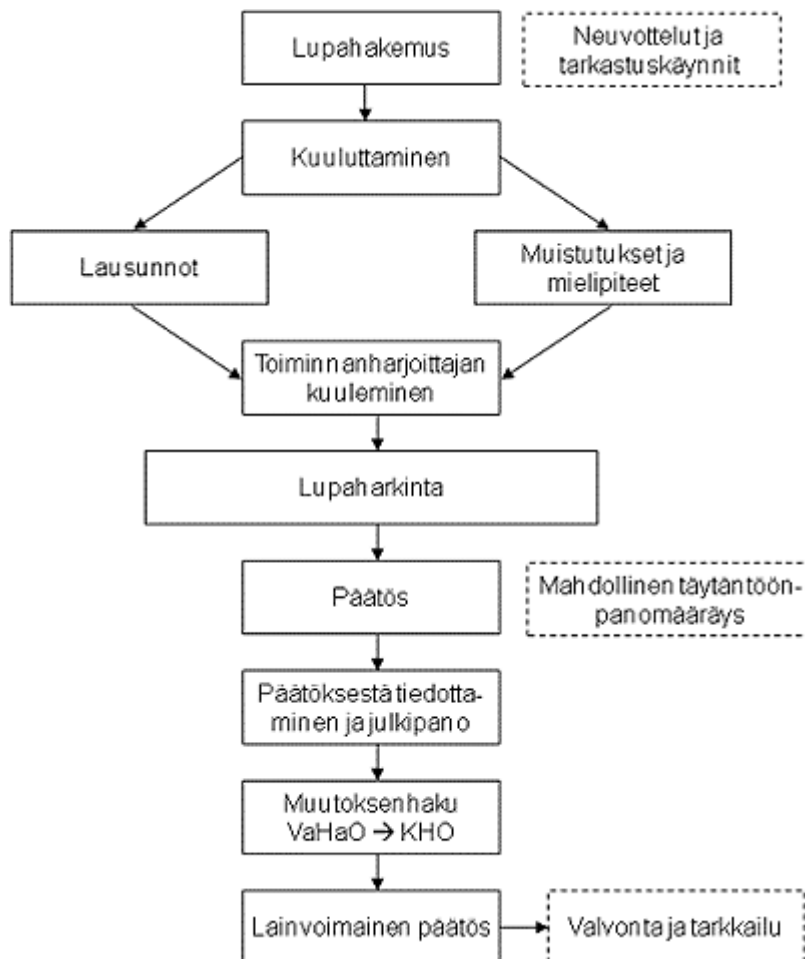
6.1.1 Luvan hakemisen valmistelutyöt

Vesien johtamisluvan hakemista ennen vesien johtamista on käsiteltävä ympäristöviranomaisen ympäristölupapäätöksessä tai tarkastuspöytäkirjassa, mitkä pitää erikseen hakea aluehallintovirastosta. Ympäristölupaa hakiessa aluehallintovirastolle on esitettävä asiantuntijan laatima suunnitelma, jossa on esitetty kuinka näytteenotto ja vesienkäsittely työmaalla tullaan järjestämään ja ehdotus haitta-ainepitoisuuksien raja-arvoista.

Ennen näytteenotto- ja vesienkäsittelysuunnitelman laatimista on selvitettävä johdettavan veden haitta-aine pitoisuudet, jotta voidaan valita sopiva vesienkäsittelymenetelmä. Menetelmän valintaan vaikuttaa myös kunnan esimerkiksi HSY:n jätevedenpuhdistamon asettamat haitta-aine raja-arvot, joiden mukaan vedet saadaan johtaa viemäriverkostoon. Raja-arvojen noudattaminen on otettava vakavasti, koska Helsingin kaupungin kiinteistöviraston tonttiosaston myöntämään lupaan on kirjattu, että vesilaitos voi keskeyttää vesien vastaanottamisen, mikäli vesien haitta-ainepitoisuudet kasvavat pumppauksen edetessä ja veden laatu ei täytä edellä mainittuja ehtoja. Helsingin kaupungin asettamat haitta-aineiden raja-arvot ovat raportin liitteenä.

6.1.2 Lupaa hakiessa huomioitavat asiat

Lupahakemuksen valmisteluun kannattaa uhrata aikaa, koska yleensä ennakoivat neuvottelut, hyvissä ajoin jätetty lupahakemus ja selkeä hakemus liitteineen edistävät luvan käsittelyä. Tyypillisiä virheitä ovat: hakemuksen jättäminen myöhässä, epäselkeä hakemus ja hakemuksesta puuttuvat liitteet. Tarpeelliset liitteet ja hakemuksessa vaadittavat asiat on säädetty ympäristösuojeluasetuksessa. Hakemuksen täyttämisen yleisohjeet on saatavilla ympäristöministeriön verkkosivuilla www.ymparisto.fi osiosta luvat. Vesien johtamisluvassa pätevät samat suositukset kuin ympäristöluvan hakemisessa mutta lupaa haetaan vasta, kun ympäristölupa on saatu. Lisätietoja vesien johtamisluvan hakemisesta saa työmaan sijaintikunnan ympäristöviranomaiselta.(7.)



Kuva 9. Ympäristöluvan hakuprosessikaavio.(8)

6.2 Ympäristölupa

Työmaan vesienkäsittelyssä on huolehdittava, ettei saastunut vesi pääse leviämään ympäristöön. Ympäristön saastuttaminen on Suomen lakien mukaan rikollista toimintaa, josta voidaan antaa vuosien ehdottomia tuomioita. Lakia valvovat aluehallintoviraston lupaviranomaiset ja työmaan sijaintikunnan ympäristöviranomainen. Lupaviranomainen myöntää ympäristöluvan lupaa hakevalle, jos se katsoo toiminnan olevan ympäristölle vaaratonta. Ympäristölupa tarvitaan toimintaan, josta saattaa aiheutua vesistön pilaantumista eikä kyse ole vesilain mukaan luvanvaraisesta hankkeesta.(8.)

7 Kalasataman keskuksen vedenkäsittelyprosessin yleiskuva

Vedenkäsittelyprosessi alkaa veden poistamiselta kaivannosta liitteessä esitetyin pumppuin. Vesi johdetaan pumppulinjoja pitkin laskeutusaltaisiin, jossa kiintoaines laskeutuu altaan pohjalle veden virtausnopeuden laskiessa. Öljyinen vesi poistetaan imeytyskanakaalla tai öljynkeräyskourulla laskeutuksen yhteydessä, jos öljyä esiintyy käsiteltävässä vedessä. Öljyn erotus on tärkeää suorittaa ennen muita veden käsittelymenetelmiä. Laskeutusaltaan jälkeen vesi johdetaan:

- Sadevesiviemäriin, jos haitta-ainepitoisuudet eivät ylitä Golder Associatesin esittämän taulukon 1, 1 A sarakkeen raja-pitoisuuksia.
- Jätevesiviemäriin, jos haitta-ainepitoisuudet eivät ylitä Golder Associatesin esittämän taulukon 1, 1 B sarakkeen raja-pitoisuuksia.
- Jos haitta-aine pitoisuudet ylittävät 1 B raja-pitoisuudet, vesi käsitellään aktiivihiilisuodattimella tai stripperillä. Syanidi poistetaan ionivaihtohartsin avulla.(4)

Taulukko 1. Haitta-aineiden raja-pitoisuudet (4)

| Haitta-aine | A: Sadevesiviemäriin johtamisen raja-arvo (5* pintavesien laatunormi, MAC-EQS) mg/l, suluissa laatunormi | B: Jätevesiviemäriin johtamisen raja-arvo, mg/l | Korkeimmat pohjavedessä todetut pitoisuudet (mg/l) 100 m etäisyydellä rakennettavasta alueesta |
|---|--|---|--|
| kiintoaines | - | 500 | |
| arseeni | - | 0,1 | 0,031 |
| elohopea | 0,00035 (0,00007) | 0,01 | - |
| kadmium | 0,0001 (0,00002) | 0,01 | 0,005 |
| kokonaiskromi | - | 1,0 | - |
| kupari | - | 2,0 | 0,135 |
| lyijy | 0,036 (0,0072a) | 0,5 | 0,008 |
| nikkeli | 0,1 (0,020a) | 0,5 | 0,11 |
| sinkki | - | 3,0 | 0,488 |
| kokonaissyaniidi | - | 0,5 | 23 |
| öljyhilivedyt (C ₁₀ -C ₂₀) | 0,75 (0,15e) | 100 | 18,7 |
| PAH-yhdisteet | - | 0,05 | 6,7 |
| naftaleeni | 0,0060 (0,0012a) | - | 4 |
| BTEX-yhdisteet | - | 3 | 900 |
| bentseeni | 0,25 (0,05) | - | 19 |
| tolueeni | 3,8 (0,77d) | - | 163 |
| etylibentseeni | 1,55 (0,31d) | - | 1,34 |
| ksyleenit | 0,043 (0,0086d) | - | 16 |
| 1,2-dikloorietaani | 0,05 (0,01b) | - | - |
| dikloorieteeni (summa) | 0,37 (0,074d) | - | - |
| tetrakloorieteeni | 0,05 (0,01b) | - | 1,3 |
| trikloorieteeni | 0,05 (0,01b) | - | 0,082 |
| vinyylikloridi* | 0,05 (0,01c) | - | 1,6 |

MAC: Sallittu enimmäispitoisuus

EQS: Ympäristölaatunormit

AA: Vuosikeskiarvo

*) Vinyylikloridi on pintavedessä kohtalaisen pysymätön yhdiste (erittäin helposti haihtuva)

a) raja-arvona käytetty AA-EQS-arvoa (MAC-EQS-arvoa ei ole annettu)

b) Kloorattuja hiilivetyjä ei saa johtaa HSY:n jätevesiviemäriin eikä pitoisuuksille ole annettu raja-arvoja.

c) Screening Quick Reference Tables (National Oceanic and Atmospheric Administration, US, 2011.) US EPA Region V Ecological Screening Level: 930 µg/l, vesiliöillä syntyy useimmiten suhteellisen suurilla pitoisuuksilla (>100 µg/l).

d) HCS_{5q} = pitoisuus joka on haitallinen 5 % eliöstä (vastaa suurinta vaikutusetonta pitoisuutta)

e) MPC-arvo = maximum permissible concentration (Verbruggen 2004), suurin ekologisesti hyväksyttävä pitoisuus

8 Työmaan vesienkäsittelymenetelmät

8.1 Selkeytysaltaiden yleinen toimintaperiaate

Kiintoaine ja nestemäiset partikkelihiukkaset voivat esiintyä vedessä luonnollisesti tai ne ovat sekoittuneet veteen ihmisen toiminnan johdosta. Selkeytysaltaiden käytön tavoitteena on poistaa suurin osa vedessä olevasta kiintoaineksestä ja nestemäisistä partikkeleista, jotta vesi voidaan hyötykäyttää, imeyttää maahan tai laskea kaupungin tai kunnan viemäriin luvallisten raja-arvojen mukaisesti.

Veden selkeyttämiseen tarvitaan altaita joihin vesimassat kerätään, jolloin vesienkäsittely on huomattavasti kontrolloidumpaa. Vedestä voidaan mm. mitata haitta-ainepitoisuuksia ja veden virtausnopeutta voidaan säädellä. Veden selkeytyminen selkeytysaltaissa perustuu painovoiman tai keskipakovoiman hyödyntämiseen. Selkeyttämällä pystytään vedestä erottamaan suurin osa hiukkasista aina silmin havaittavista hiukkasista kolloidihukkasiin asti. Selkeytys- tai laskeutusaltaana voidaan käyttää esimerkiksi maahan kaivettua muusta maa-aineksestä eristettyä kuoppaa, louhittua kuoppaa, kuorma-auton lavasta tehtyä siirreltävää allasta tai vedenpuhdistamoissa käytettäviä laskeutusaltaita. Altaan käsittelymenetelmä kertoo, kutsutaanko allasta selkeytysaltaaksi vai laskeutusaltaaksi.

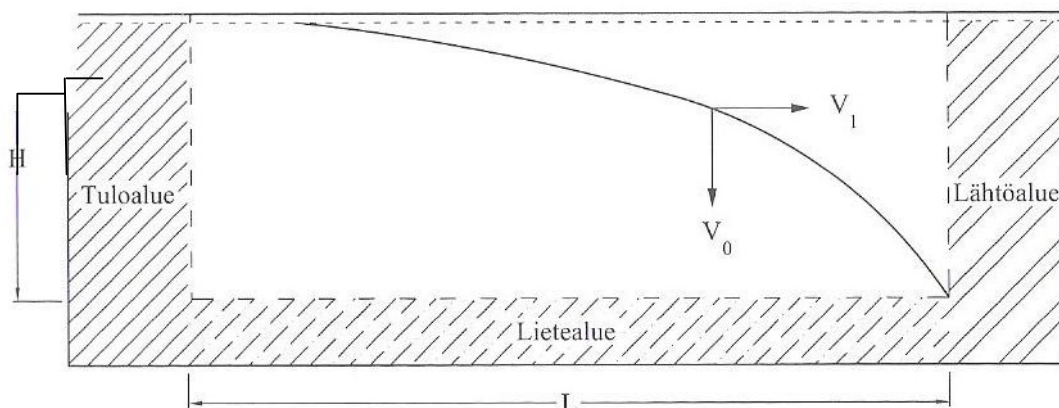
Yleisin vesien selkeyttämässä käytetty käsittelymenetelmä on laskeuttaminen. Muita selkeytysmenetelmiä ovat flotaatio, sentrifugit ja pyörreselkeyttimet. Laskeutuksessa veden virtausnopeus hidastuu merkittävästi, jolloin kiintoaines ja flokkautuneet hiukkaset painuvat painovoiman avulla selkeytysaltaan pohjaan. Flotaatiossa veteen synnytettyjen ilmakuplien avulla hiukkaset kohoavat vettä kevyempinä veden pinnalle, josta ne kerätään kourun avulla pois vedestä. Flotaatiossa ja laskeutuksessa käytetään puhtaasti hyväksi pelkästään painovoimaa, joka saa aikaiseksi hiukkasissa vakio kiihtyvyyden.

Sentrifugissa ja pyörreselkeyttimissä käytetään hyväksi painovoimaa ja keskipakovoimaa, jotka saavat aikaan muuttuvan kiihtyvyyden hiukkasissa. Sentrifugeja käytetään etupäässä kiintoaineen sisältämän veden vähentämiseen. Vesi poistuu lietteestä samalla tavalla kuin vaatepesukoneessa vesi poistetaan vaatteista linkoamalla pesun lopuksi. Pyörreselkeyttimen toimintatapa on samankaltainen kuin sentrifugin, mutta pyörreselkeyttimessä kiintoaines poistetaan vedestä. Pyörreselkeyttimien etuna on laskeutukseen verrattuna lyhyt viipymä ja pieni tilan tarve. (9, s.77.)

8.1.1 Laskeutus

Laskeutuksessa hiukkanen laskeutuu aluksi kiihtyvällä nopeudella, kunnes hiukkasen nopeus saavuttaa rajanopeuden, jolloin hiukkasen oma paino on yhtä suuri kuin veden synnyttämä vastavoima. Saavutettuaan laskeutumisrajanopeuden hiukkasen laskeutumisnopeus muuttuu tasaiseksi.

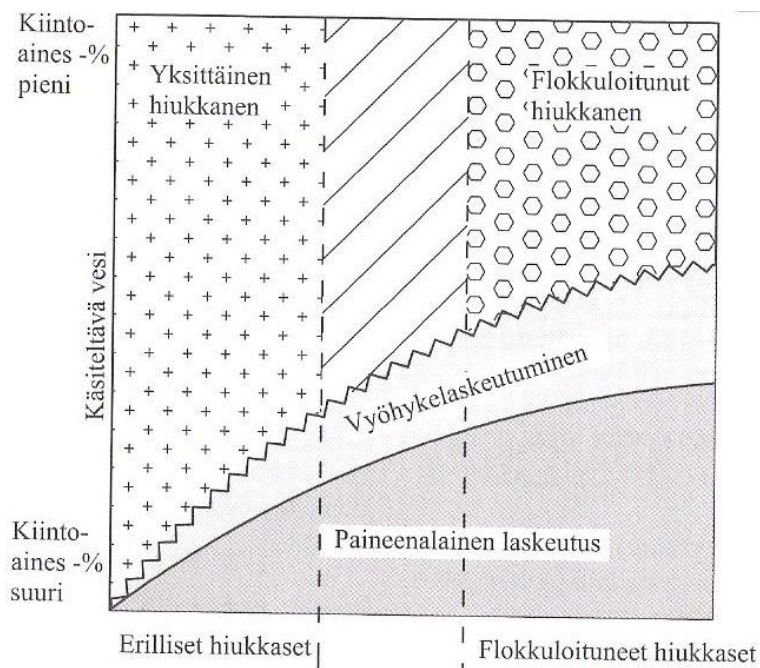
Laskeutuksen nopeus eli tehokkuus on riippuvainen hiukkasen muodosta, veden viskositeetista ja veden lämpötilasta. Yksittäisen hiukkasen laskeutumisen nopeuteen vaikuttaa hiukkasen pyöreys, tiheys ja koko. Ideaalihiukkasen muoto on tiheydeltään suurikokoinen pallo. Lämpötilan on kokeellisesti huomattu vaikuttavan laskeutusnopeuteen positiivisesti nopeuttamalla laskeutumista. Lämpötilan vaikutus johtuu lämmön aiheuttamasta veden ja hiukkasten välisen tiheyseron kasvusta. Tiheysero kasvaa lämpötilan noustessa ja samanaikaisesti veden viskositeetti pienenee, millä on myös positiivinen vaikutus laskeutumisajan vähenemiseen.



Kuva 10. Hiukkasen periaatteellinen laskeutuminen selkeytysaltaassa. (9, s.82)

Laskeutus voi tapahtua seuraavilla tavoilla (9, s.78)

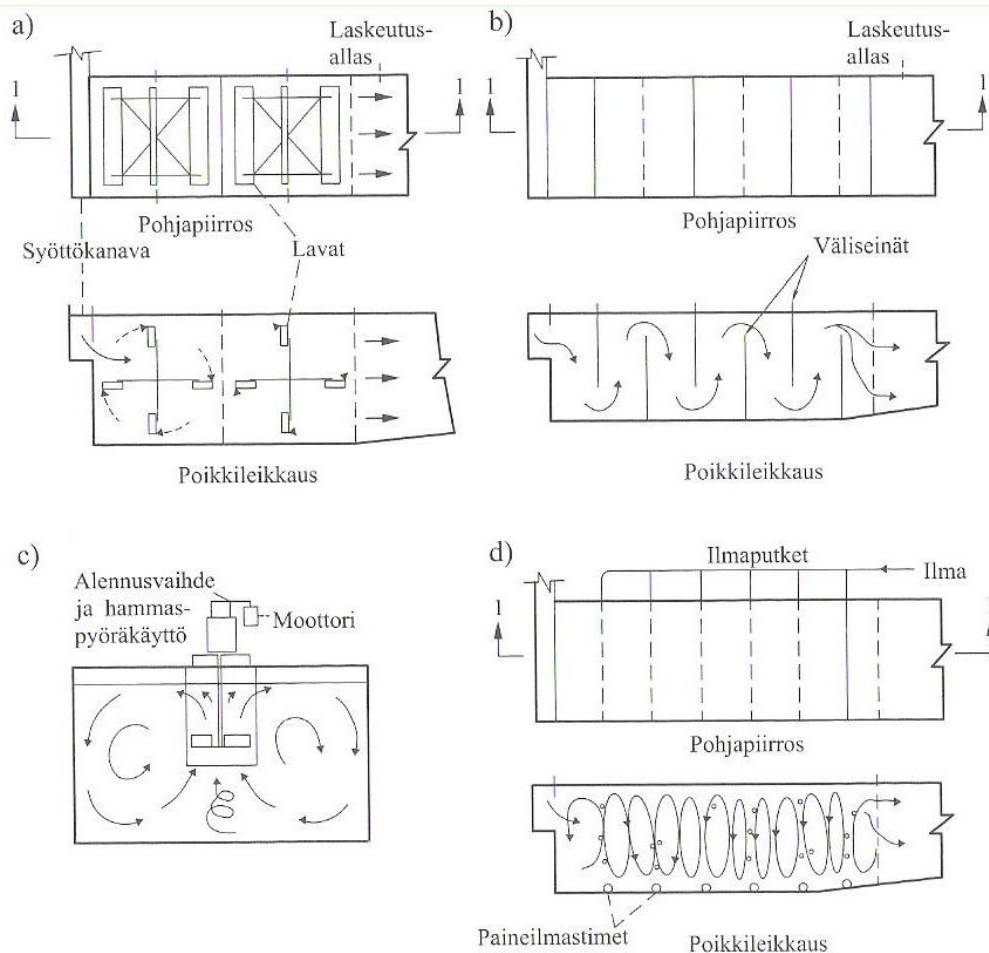
- Yksittäinen hiukkanen putoaa vapaasti toisista riippumatta vakionopeudella
- Flokkuloiva laskeutuminen, jossa flokin koko ja laskeutumisnopeus vaihtelee. Kun konsentraatio on pieni, laskeutumisnopeus kasvaa, kun flokin koko koagulaation tuloksena kasvaa.
- Vyöhykelaskeutuminen tapahtuu silloin, kun lietekonsentraatio on suuri ja laskeutuvat flokit törmäilevät muihin flokkeihin. Flokkien vertikaalinen laskeutumisnopeus hidastuu sitä enemmän mitä enemmän konsentraatio kasvaa.
- Paineenalainen laskeutus. Konsentraatio on niin suuri, ettei laskeutumista tapahdu ilman painetta. Näin tapahtuu joskus paksun lietekerroksen alimmissa osissa.



Kuva 11. Laskeutumisvyöhykkeet kaaviona (9, s.78)

8.1.2 Hiukkasten flokkautumisen hyödyntäminen laskeutuksessa

Hiukkasten flokkautumisella tarkoitetaan kahden tai useamman hiukkasen kiinnittymistä toisiinsa, jolloin hiukkasista muodostuu yksi suuri flokkautunut hiukkanen. Suuren flokkautuneen hiukkasen etuna on hiukkasen suurempi massa, jonka avulla hiukkasen laskeutuminen on tehokkaampaa. Flokkautumisen onnistumiseen vaikuttavat useat eri asiat, kuten poistettavan epäpuhtauden laatu, koagulaatiokemikaalit, selkeytsaltaan muoto, altaiden lukumäärä ja virtausolosuhteet. Hiukkasten flokkautumista toisiinsa voidaan nopeuttaa avustavilla kemikaaleilla ja törmäyttämällä hiukkasia laskeutusaltaassa tahallisesti toisiinsa. Avustavat kemikaalit voivat olla esimerkiksi rautapohjaisia saostuskemikaaleja. Kuvassa 12 on kuvattu neljä yleisintä flokkauksessa käytettyä allastyypiä. (9, s.66.)



Kuva 12. Yleisimmät flokkauksessa käytetyt allastyypit. (9, s.66)

Altaassa A) hiukkasia pyritään virtausolosuhteita muuttamalla törmäyttämään toisiinsa pyörivien lapojen avulla. Altaassa B) Hiukkasien virtausolosuhteita pyritään väliseinillä muuttamaan, jotta hiukkaset törmäisivät toisiinsa ja vesimassa kiertäisi mahdollisimman pitkän matkan altaassa. Väliseinien toinen tarkoitus on pakottaa hiukkaset laskeutumaan altaan pohjalle. Altaassa C) Virtausolosuhteita muutetaan pyöriväksi hammaspyörän ja potkurin avulla. Tarkoituksena on sama kuin altaissa A ja B. Altaassa D) Virtausolosuhteita muutetaan ilmakuplien aiheuttamilla pyörteillä. Ilmakuplat syntyvät altaaseen altaan pohjaan sijoitettujen ilmaputkien avulla.

8.1.3 Laskeutuksen tehostamismenetelmät

Laskeutuksessa ilmenevät ongelmat liittyvät yleensä riittämättömään veden selkeytymiseen. Vedessä olevat kiintoainekset ja flokit eivät jostakin syystä laskeudu tarpeeksi tehokkaasti. Ongelmat johtuvat yleisesti altaan liian suuresta virtausnopeudesta, liian pienestä altaan pintakuormasta tai altaan liian suuresta turbulenssista. Laskeutuksen tehostamismenetelmillä ei voida vaikuttaa itse laskeutumislmiöön. Tämän takia yksinkertaisen laskeutuksen heikkoa tehokkuutta rakenteen tilavuusyksikköä kohti on pyritty parantamaan.

Rakenteen tehokkuus paranee lisäämällä laskeutusaltaan teoreettista pinta-alaa, jolloin samalla pintakuormalla saadaan suurempi tehokkuus tilavuusyksikköä kohti. Toinen tapa parantaa tehokkuutta on muokata virtaustila mahdollisimman stabiiliksi, jolloin laskeutusprosessi toimii varmemmin. Ongelmana teorian ja käytännön yhdistämisessä on käytännön tilanteen jatkuva muuttuminen, jonka takia teoriaa on jouduttu yksinkertaistamaan. Tämän takia teoria ja käytäntö eivät koskaan täysin kohtaa muuta kuin laboratorio-olosuhteissa. Työmaalla virtausolosuhteet voidaan pyrkiä rakentamaan mahdollisimman vakaiksi, jolloin pyritään välttämään ylimääräinen turbulenssi virtauksessa. Turbulenssia voidaan arvioida Reynoldsin luvulla.

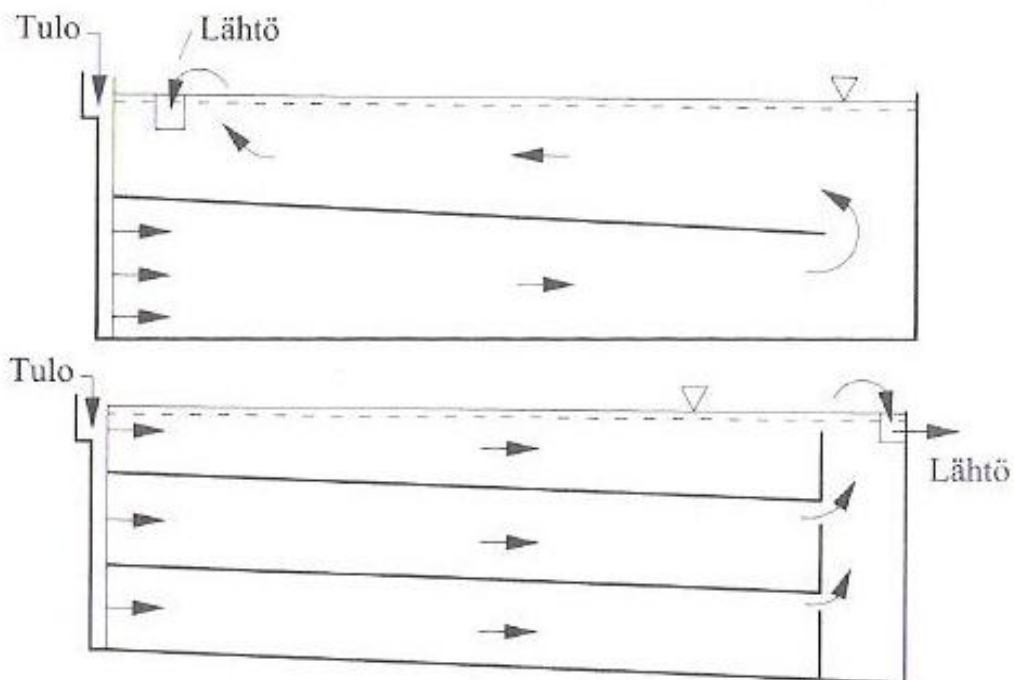
$$Re = \frac{v * R}{\nu}$$

v = keskimääräinen virtausnopeus (m/s), R = Hydraulinen säde (m), ν = veden viskositeetti (m²/s). Re on oltava <1000, kun halutaan turbulenssin pysyvän hyväksyttävissä rajoissa selkeytysaltaassa.

Viipymän pidentäminen on myös yksi vaihtoehto parantaa laskeutuksen lopputulosta. Viipymän pidentäminen vaatii kuitenkin altaan tilavuuden suurentamista, mikä aiheuttaa suuremmat kustannukset. Yksinkertaistettuna taloudellisesti viipymän pidentäminen ei ole kannattavaa, koska selkeytyksen tehokkuus ei parane yhtä merkittävästi kuin kustannukset kasvavat. Harvoin on myöskään tilaa rakentaa tilavuudeltaan suuria selkeytysaltaita. (9, s.84–92.)

8.1.4 Lamellilaskeutus

Suomessa on vedenkäsittelylaitoksissa käytössä lamellilaskeutusaltaita. Lamellilaskeutusaltat ovat normaalin laskeutusaltaan muotoisia, mutta niihin on lisätty yksi tai useampi välipohja.

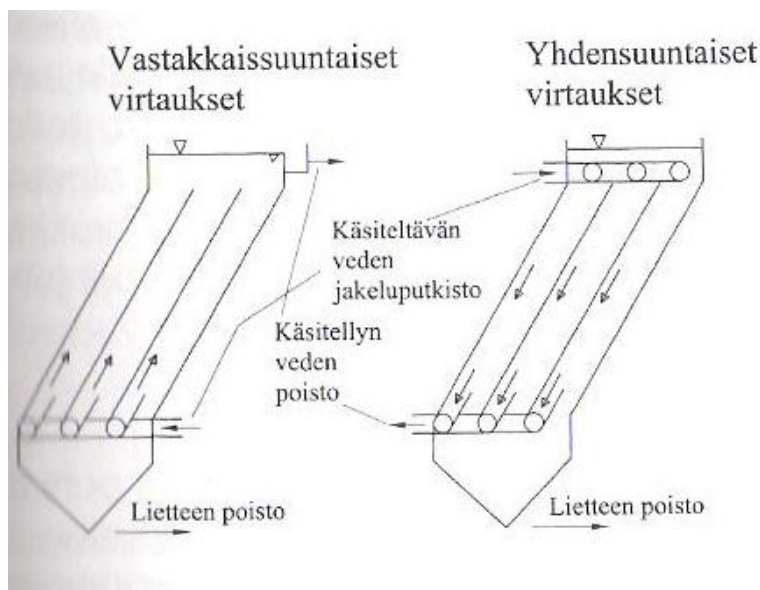


Kuva 13. Kaksi laskeutusallastyyppeä, joihin on lisätty välipohjia teoreettisen pintakuorman lisäämiseksi. (9, s.84)

Lamellilaskeutuksessa käytetään hyödyksi laskeutuksen mitoituksessa yleisesti käytettyä pintakuormateoriaa. Pintakuormateorian mukaisesti lamellilaskeutuksessa otetaan huomioon altaanpinta sekä altaan välipohjat. Pintakuorma teorian mukaisesti altaan pinta-alalla on suuri merkitys laskeutumisen tehokkuuteen.

Välipohjaisien laskeutusaltaiden suunnittelussa on kiinnitettävä erityisesti huomiota veden jakautumiseen tasaisesti jokaiseen laskeutumistilaan sekä virtaushäiriötilanteisiin vastakkaisuuntaisissa virtaustilanteissa. Lamellit voidaan esimerkiksi sijoittaa altaaseen vinottain altaan pohjaan nähden niin, että ne muodostavat kuvan 13 mukaisia kapeita tiloja, jolloin virtaus pysyy mahdollisimman stabiilina. Lamellien vinottain sijoittamisella pystytään myös suurentamaan entisestään pintakuormaa suhteessa vakaatasossa oleviin lamelleihin. Riittävän suurella kaltevuudella lamellien pinnalle laskeutunut kiintoaine ja flokit liukuvat jatkuvana virtana alaspäin kasaantuen lopulta pohjalle, josta ne voidaan esimerkiksi pumppuautolla poistaa. (9, s.84.)

Lamelliselkeytysaltaassa veden virtaussuunta voi olla laskeva tai nouseva lamellien kaltevuuteen nähden. Laskevan virtaussuunnan etuna on veden ja kiintoaineksen sekä flokkien rajapintojen suhteellisen pieni virtausero verrattuna nousevaan virtaussuuntaan. Laboratorio-olosuhteissa lamelliselkeytysaltaan tehokkuus on ollut kymmenen kertaa tehokkaampi kuin yksinkertaisen laskeutusaltaan. Kuvassa 14, on kuvattu kaksi erityyppistä lamellilaskeutusallasvirtaustyyppiä. (9, s.85)



Kuva 14. Lamellilaskeutuksen kaksi virtaussuuntavaihtoehtoa; vasemmalla vastakkaisuuntaiset ja oikealla yhdensuuntaiset virtaukset (9, s.85.)

8.2 Laskeutuksen mitoitusparametrit

Pintakuorma on merkittävin laskeutuksen mitoittamisessa käytetty parametri. Muita tärkeitä laskeutuksen mitoituksessa huomioitavia parametrejä ovat tehokas vesisyvyys, keskimääräinen vaakasuora nopeus, viipymä, reunakuorma, turbulenssi, oikovirtaukset ja lietetilavuuskuorma. Seuraavaksi käsitellään erikseen merkittävin mitoitusparametri eli pintakuorma muita mitoitusparametrejä käsitellään raportin muun tekstin yhteydessä. (9, s.89)

8.2.1 Pintakuorma

Pintakuorman laskenta perustuu yksittäisen hiukkasen laskeutumisteoriaan. Pintakuormasta on tullut laskeutusaltaan mitoituksessa käytetyin mitoitusparametri. Heikkoutena pintakuorman avulla mitoittamisessa on oletuksen tuoma riski, joka joudutaan ottamaan teorian avulla mitoittaessa. Yksinkertaistettuna pintakuorma on vesikerros, joka laskeutuu dimensiolla m/h. Pintakuorman hyväksikäyttö laskeutusaltaan mitoituksessa perustuu esimerkin mukaiseen teoriaan.

Esimerkki.

”Suorakulmaisen altaan pituus on L , leveys B ja syvyys H . Hiukkasia sisältävä vesi jakautuu tasaisesti altaan koko poikkileikkaukselle tuloalueella, josta alkaen virtausnopeus on altaan kaikissa osissa tasainen lähtöalueelle asti. Otaksutaan, että kaikki hiukkaset, jotka vielä ovat vedessä lähtöalueen alussa, jäävät veteen. Vastaavasti kaikki hiukkaset, jotka ehtivät laskeutua altaan pohjalle ennen tätä rajakohtaa, erottuvat vedestä pysyvästi

Teorian mukaan veden pinnalla oleva hiukkanen, joka viimeisenä kerkeää erottua vedestä ennen lähtöalueen rajapintaa laskeutuu alla olevan kaavan mukaisesti.

$$t = \frac{L}{v_h} = \frac{H}{v_v}$$

t = laskeutumiseen tarvittava aika, h

L = altaan tehokas pituus, m

v_h = partikkelin vaakasuora nopeus, m/h

v_v = partikkelin nopeus alaspäin, m/h

Kun muistetaan, että $v_h = \frac{Q}{(H*B)}$ ja $A = B * L$ niin $v_v = \frac{H*v_h}{L} = \frac{Q*L}{H*B*L} = \frac{Q}{A}$ saadaan

lopputulokseksi

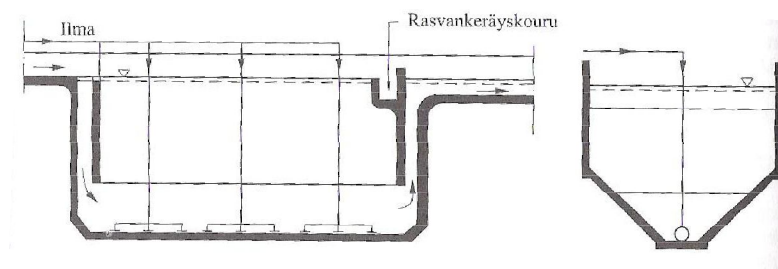
$$v_v = \text{pintakuorma} = v_p$$

Eli hiukkaset joiden nopeus on suurempi kuin v_p , laskeutuvat altaan pohjalle. Ne partikkelit, joiden nopeus on pienempi kuin v_p , poistuvat nopeuksien suhteessa $\frac{v}{v_p}$, missä v on laskeutuvan partikkelin nopeus.” (9, s.86)

Teorian mukaan pintakuorma ei siis ole riippuvainen altaan muodosta. Teoria on hyvin yksinkertaistettu, koska todellisuudessa oletukset eivät vastaa todellisuutta kuin likimäärin. Suurimpana syynä on virtausolosuhteiden poikkeavuus ja jatkuva muuttuminen oletettavista olosuhteista. Silti pintakuorman avulla mitoittaminen on tällä hetkellä paras ja yksinkertaisin tapa mitoittaa laskeutusallas. Yleisesti pintakuorman suuruus vaihtelee mitoituksissa alueella 0.8-1.5 m/h. Pintakuormateorian mukaan, mitä pienempi pintakuorman arvo on, sitä tehokkaammin hiukkanen laskeutuu altaan pohjalle. (9, s.85-88)

8.3 Öljynerotus vedestä

Öljyvuodot ovat melko yleisiä työmaalla. Yleensä vuodot ovat pieniä, ja eivät aiheuta toimenpiteitä. Suurempia öljyvuotoja varten tai saastamaan kanssa ollessa tekemisissä öljynerotus hule- ja pohjavesistä on oleellisen tärkeää, koska öljyistä vettä ei saa imeyttää ympäröivään maahan eikä johtaa hule- tai jätevesiviemäriin. Vedet on käsiteltävä työmaalla mahdollisimman käytännöllisesti, koska vastuu vesien käsittelystä on rakentajalla. Rakentaja ei kuitenkaan ole taloudellisesti vastuussa vesien käsittelystä, jos kaupunki on luovuttanut kaavoitetun alueen puhtaana ja kaavoitusalueella ilmenee öljyistä maata, joka ei ole peräisin työmaakoneista.



Kuva 15. Öljynerotusallas (9, s.98)

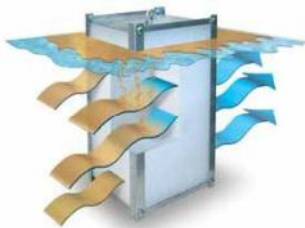
8.3.1 Öljynerotusmenetelmät

Työmaaolosuhteissa öljynerotus on kannattavinta järjestää laskeutusaltaassa, jossa minimiviipymä on viisi minuuttia. Öljy erottuu vedestä luonnollisen tai avustetun flotaation avulla. Avustetussa flotaatiossa öljypisaroiden nousunopeutta veden pinnalle nopeutetaan pienillä ilmakuplilla, jotka synnytetään altaan pohjaan johdetuilla ilmaputkil-

la. Mistään ilmaflotaatiosta ei kuitenkaan ole kysymys vaan optimaalinen virtaaman ja ilman suhde on 5:1.(9.)

Öljypisaroiden nousunopeutta voidaan myös tehostaa samanaikaisesti Wavin-Labko Oy:llä markkinoilla olevalla EuropekRoo-öljynerottimen tavoin. Öljynerotin on suunniteltu ja testattu Suomen rakentamismääräyskokoelma osan D1 sekä EN 858 – standardin mukaisesti. Erotin täyttää myös EN 476 – standardin huolto- ja vesitiiveysvaatimukset. Tämän takia erotin soveltuu kaikkien öljyisten jäte- ja sadevesien puhdistamiseen.

EuropekRoo-erottimet on varustettu koalisattorikennoilla, joiden ansiosta erottimien 1 m³ koalisattorimateriaalin erotuspinta-ala vastaa 443 m² pinta-alaa luonnollisessa floataatiossa. Koalisattorin toimintaperiaate perustuu öljyn tarttumiseen materiaalin ja rakenteen pinnalle, kun vesi virtaa koalisattorin läpi. Koalisattorin avulla öljy varastoituu veden pinnalle, josta se voidaan kerätä pois samalla menetelmällä kuin luonnollisessa floataatiossa keräyskourulla tai öljyn imeytykseen tarkoitetulla kankaalla, joka on asennettu veden pinnalle. Koalisattorin hyötynä on myös sen huollettavuus. Koalisattorin voi pestä öljystä ja muusta orgaanisesta aineesta painepesurilla, minkä jälkeen se toimii taas täydellä teholla. Huoltoa myös helpottaa koalisattorin helppo nostettavuus.(10.)



Kuva 16. Koalisattorin toimintaperiaate (10)



Kuva 17. Koalisattorin nostettavuus (10)

8.4 PAH-yhdisteiden, kloorattujen liuottimien ja syanidin poistaminen vedestä aktiivihiihisiuodattimen avulla

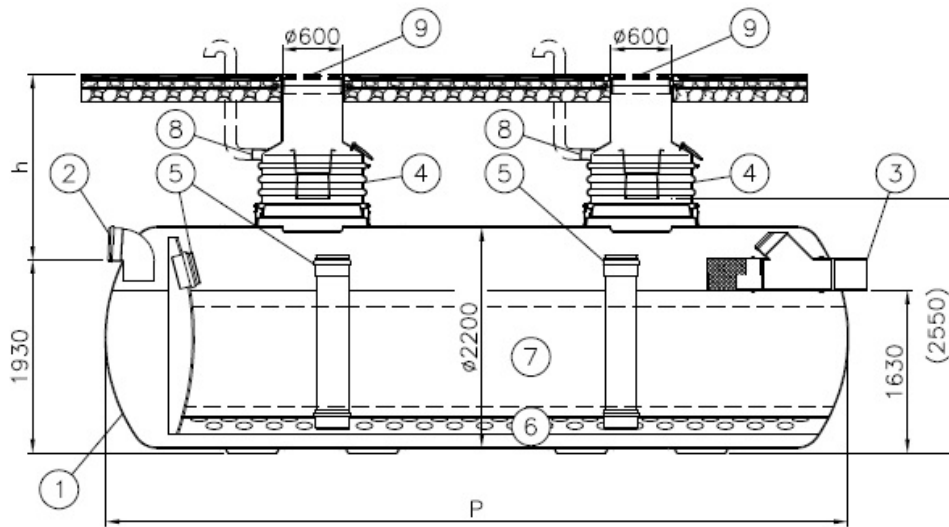
Aktiivihiihisiuodatinta käytetään PAH-yhdisteiden, kloorattujen liuottimien, syanidin ja hiiliyhdisteiden (TOC) poistamiseen vedestä. Hiiliyhdisteiden poistaminen toisaalta lyhentää huomattavasti aktiivihiihien käyttöikä. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden ja hajun poistaminen aktiivihiihisiuodattimella on myös mahdollista. Aktiivihiihisiuodattimen puhdistava vaikutustekijä on aktivoitu hiili, joka adsorboi tehokkaasti orgaanisia yhdisteitä. Aktivoitua hiiltä valmistetaan polttamalla puuta, hiiltä tai turvetta valvotuissa olosuhteissa. Aktivoitunut hiili on materiaalina erittäin huokoista. Sen adsorboiva pinta-ala on 500...1500 m²/g. Aktiivihiihien tehokkuuteen vaikuttaa neljä päätekijää: aktiivihiihien kapasiteetti poistettavan aineen suhteen, viipymä, aktiivihiihien pitoisuus ja muut orgaaniset häiriötekijät.

Aktiivihiihisiuodattimen käytännöllisyydestä työmaaolosuhteissa on vain vähän kokemusta. Vielä on epäselvää esimerkiksi aktiivihiihien vaihtotiheys suodattimessa, jotta suodatin toimisi suunnitellusti. Vaihtotiheyden saattaessa olla liian tiheä taloudelliset kustannukset ja käytännöllisyys eivät vastaa työmaalla vaadittuja kriteereitä. Aktiivihiihisiuodattimen esimerkkinä voidaan kuitenkin esitellä suomalaisen Wavin-Labko Oy:n Europek cf aktiivihiihisiuodatin. Aktiivihiihisiuodatin on suunniteltu piha-alueiden tai muiden vastaavien laajojen alueiden jätevesien käsittelyyn. Aktiivihiihisiuodatin on ns. jälkiselkeytykseen tarkoitettu vaihtoehto haitta-aineiden poistamiseen vedestä. Ennen aktiivihiihisiuodatinta saastunut vesi pitää käsitellä laskeutusaltaassa ja öljynerotusaltaassa. Näin saavutetaan myös mahdollisimman suuri aktiivihiihien vaihtoväli.(11;13.)

8.4.1 Wavin-Labko Oy:n Europek cf -aktiivihiihisiuodattimen rakenne ja toimintaperiaate

Aktiivihiihisiuodattimen välipohjan päälle on levitetty jakokerrokseksi karkearakeista Labko AF-materiaalia (6), jonka tarkoituksena on jakaa veden virtaus tasaisesti aktiivihiihikerrokseen (7). Vesi johdetaan suodattimeen tuloyhteen (2) kautta suodatinyksikön pohjalle. Pohjalta vesi virtaa aktiivihiihikerroksen läpi ja poistuu suodattimesta lähtöyhteen (3) kautta viemäriin.

Alla olevissa kuvassa 18 ja taulukossa 2 on erikseen nimetty suodattimen eri osat ja niiden arvot.



Kuva 18. Wavin-Labko Oy:n Europek cf aktiivihillisuodatin.(11)

Taulukko 2. Wavin-Labko Oy:n Europek cf aktiivihillisuodattimen osat.(11)

| EuroPEK CFR aktiivihillisuodatin | NS | 20 | 30 | 40 | 50 | 65 | 80 |
|--|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| CFR sadevesille, max. virtaama | l/s | 20 | 30 | 40 | 50 | 65 | 80 |
| P Erottimen pituus | mm | 4150 | 5550 | 7000 | 8750 | 11150 | 12400 |
| 9 LISAVARUSTE: Kelluva säädettävä valurautakansisto Ø600 | | 1 kpl | 2 kpl | 2 kpl | 2 kpl | 2 kpl | 2 kpl |
| 8 Tuuletusyhde (D110) | kpl | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 7 Aktiivihillitä | m ³ /kg | 6,2/2800 | 9,5/4300 | 13/5700 | 16/7300 | 21/9500 | 24/10700 |
| 6 Labko AF | m ³ /kg | 0,8/600 | 1,2/880 | 1,6/1200 | 2,1/1500 | 2,7/2000 | 3,0/2200 |
| 5 Huoltoyhde + PVC-tulppa | PVC | D315 (2 kpl) | D315 (3 kpl) | D315 (3 kpl) | D315 (3 kpl) | D315 (3 kpl) | D315 (3 kpl) |
| 4 LISAVARUSTE: EuroHUK huoltokaivo (kts. alla oleva taulukko) | | | | | | | |
| 3 Lähtöyhde + Rst-verkkosihti | PVC | D250 | D250 | D315 | D315 | D400 | D400 |
| 2 Tuloyhde | PVC | D250 | D250 | D315 | D315 | D400 | D400 |
| 1 Lujitemuovirunko "Lasa Composit", pH 3-10/lämpötilankesto 50°C | | | | | | | |

| | | |
|----|------------------------------------|---------------------------------------|
| 10 | h = Suodattimen asennussyvyys (mm) | EuroHUK 600 h9-13...21-25 huoltokaivo |
| | h= 900...1300 mm | 9-13 |
| | h=1300...1700 mm | 13-17 |
| | h=1700...2100 mm | 17-21 |
| | h=2100...2500 mm | 21-25 |

8.5 Strippaus

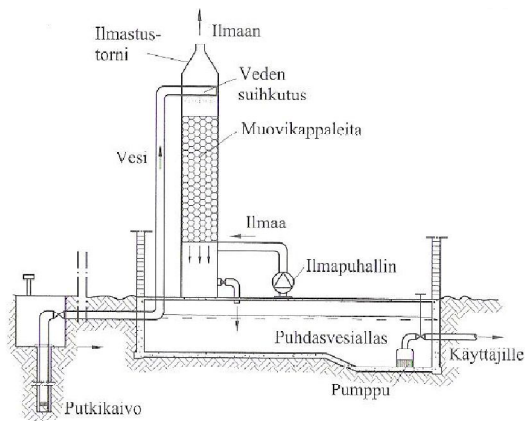
Strippaus on osa veden fysikaalis-kemiallista ilmastusprosessia. Ilmastusprosessi jaetaan kahteen osaan kaasun lisäykseen eli absorptioon ja kaasunpoistoon eli desorptioon, jota kutsut yleisemmin strippaukseksi. Strippauksen avulla pohjavedestä voidaan poistaa fenolit ja haihtuvat orgaaniset aineet eli VOC-yhdisteet ja TCE- ja PCE-yhdisteet, joita esiintyy Kalasataman alueella.(4.)

8.5.1 Ilmastimet

Ilmastin on yleensä sylinterin muotoinen kapseli, jonka avulla strippaus pystytään toteuttamaan. Ilmastimien rakenne riippuu hyvin paljon ilmastusmenetelmästä. Menetelmät jaetaan yleisesti viiteen pääluokkaan ja niitä vastaaviin alaluokkiin:

1. Painovoiman hyväksikäyttöön perustuvat ilmastimet
 - täyteaineella varustetut ilmastustornit
 - valutusilmastimet
 - kartiotyyppiset valuttimet
 - monitasovaluttimet
 - suihkuilmastimet
2. Diffuusioilmastimet
3. Mekaaniset ilmastimet eli pintailmastimet
4. Paineilmastimet
5. Muut ilmastimet, missä käsitellään joitakin viimeaikaisia ratkaisumalleja.

Viidestä pääluokasta painovoimaisesti toimivat ilmastimet ovat viime vuosina yleistyneet pohjavesien puhdistamisessa. Ilmastustornit ovat yleensä sylinterinmuotoisia, ja niiden sisällä on täyteaine. Menetelmä sopii parhaiten työmaaolosuhteisiin verrattuna muihin neljään pääluokkaan.(9, s.69–71.)



Kuva 19. Ilmastustorni (9, s.71)

Ilmastustorni-strippausmenetelmässä vesi pumpataan ensin kaivannosta vedenkeräysaltaaseen. Altaasta vesi pumpataan ilmastustornin yläosaan, jossa se suihkutetaan tornin sisään. Kuvassa 19 vesi pumpataan kaivosta, mutta periaate on sama. Suihkuksen tarkoituksena on kasvattaa veden haihtumispinnan pinta-alaa muodostamalla vedestä vesihöyryä. Vesihöyryn muodostaminen ei tarvitse olla täydellistä, koska pinta-ala kasvaa myös veden törmätessä täyteaineeseen. Täyteaine on yleensä ainetta, joka on hyvin huokoista esimerkiksi pieniä muovikappaleita. Vesihöyry painuu painovoiman avulla tornissa alaspäin. Tornin täyteaineessa höyrystynyt vesi törmää tornin alaosassa pumpattuun ilmaan, joka virtaa ylöspäin. Törmäyksen aikana vedestä erottuu ilmavirran mukana myrkylliset kaasut, jotka poistuvat kuvan mukaisesti tornin yläosassa olevasta aukosta. Puhdistunut vesi kerääntyy tornin alaosaan, josta se valutetaan puhdasvesialtaaseen. Altaasta vesi voidaan pumpata hulevesiviemäriin

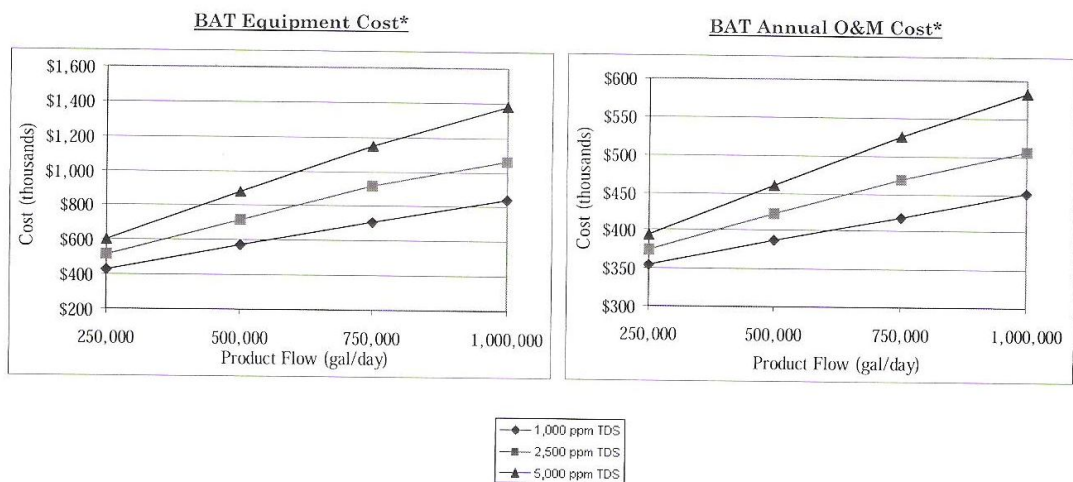
Menetelmän tehokkuutta parantaa ennen prosessia kiintoaineen poistaminen Laskeutusaltaassa, lämpötila ja valmiiksi optimaaliseksi säädetty veden pH. Lämpötila vaikutus korostuu, kun olosuhteet ovat kylmät. Esimerkiksi $+0\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa menetelmää ei voida käyttää, koska veden haihtumisominaisuudet ovat hyvin heikot.(9, s.72.)

8.6 Syanidin erotus vedestä

Syanidin hallittu erottaminen vedestä on työturvallisuuden kannalta erittäin tärkeää. Lyhytaikainen altistuminen syanidille aiheuttaa kiivasta hengittämistä, vapinaa ja muita neurologisia haittavaikutuksia. Pitkäaikaisempi altistuminen aiheuttaa painon alenemista, kilpirauhasen vajaatoimintaa, hermostovaurioita ja pahimmassa tapauksessa kuoleman. (12.)

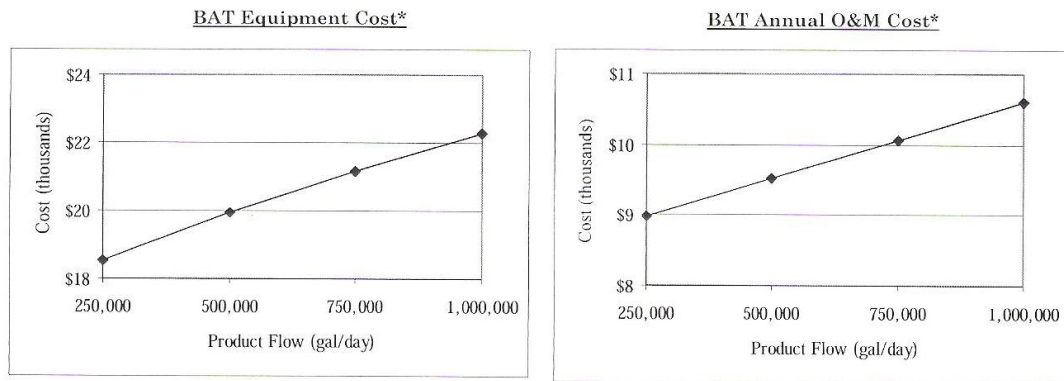
8.6.1 Syanidin käsittelymenetelmät

Syanidin poistamiseen on kolme yleistä käsittelymenetelmää: ionivaihtohartsit, käänteinen osmoosi ja kloorikäsittely. Kolmesta vaihtoehdosta käänteinen osmoosi ja kloorikäsittely sopivat työmaaolosuhteisiin parhaiten. Ionivaihtohartsikäsittelyssä vesi johdetaan varautuneen hartsikerroksen läpi. Ionivaihtohartsikäsittely on työläs ja epäluotettava käsittelymenetelmä. Veden pitää olla sähköisesti neutraalia, jotta menetelmä toimisi. Käänteisessä osmoosissa syanidipitoinen vesi johdetaan puoliläpäisevän kalvon läpi, jonka avulla syanidi poistetaan kalvon läpäisevästä vedestä. Käänteisen osmoosin käyttäminen on tehokas, mutta kallis menetelmä poistaa syanidi vedestä.



Kuva 20. Käänteisen osmoosin kustannukset (12)

Kloorikäsittely on käännteistä osmoosia huomattavasti halvempi, mutta yhtä tehokas menetelmä. Kloorikäsittelyssä virtaavaan veteen sekoitetaan klooria, joka reagoi syanidin kanssa. Reaktiossa kloori syövyttää syanidin helpommin hallittavaan liukenemattomaan muotoon, jonka jälkeen kloori reagoi orgaanisten aineiden kanssa ja hajoaa. Liukenemattomassa muodossa syanidi voidaan erottaa vedestä laskeutusaltaassa samalla tavalla kuin muut flokkautuneet haitta-aineet. (12.)



Kuva 21. Kloorikäsittelyn kustannukset (12)

9 Yhteenveto

Insinööriyön aiheena on työmaan vesienkäsittely. Insinööriyössä aihetta lähestytään Kalasataman keskuksen esimerkkityömaan avulla. Insinööriyö tehtiin, koska hankkeen toteuttajat SRV ja Destia kokivat työmaan vesienkäsittelyn olevan oleellinen osa Kalasataman keskuksen työmaan lopullista onnistumista. Hankkeen toteuttaja Destia halusi, että aiheeseen paneudutaan erityisesti ja samalla pyrittäisiin kehittämään vesienkäsittelyprosessia yrityksen sisällä. Ongelmana Destialla koettiin, että heillä ei ollut kattavaa työmaan aikaista vesienkäsittelysuunnitelmaa eikä heillä ollut selvää yleisohjetta vesienkäsittelyprosessista.

Insinööriyön aikana tutustuin vesienkäsittelyyn työmaavierailuilla ja lukemalla aiheesta julkaistua kirjallisuutta. Raportissa esitellään lyhyesti Sörnäisten niemen historia, työmaan lähtökohtia ja nykytilaa sekä työmaan riskejä vesienkäsittelyn osalta. Lisäksi raportissa esitellään vesienkäsittelymenetelmät, jotka voisivat olla hyödyllisiä Kalasataman keskuksen vesienkäsittelyssä, jos työmaan kaivantovedessä ilmenee tulevaisuudessa työmaan ympäristössä esiintyviä haitta-aineita. Insinööriyön liitteeksi on lisätty Destialle tekemäni vesienkäsittely yleisohje ja Kalasataman keskuksen vesienkäsittelysuunnitelman tarkennusehdotus.

Insinööriyön tuloksena minulle ja Destia Oy:lle on muodostunut työmaan vesienkäsittelyprosessista ohjeistettu ja hallittu kokonaisuus. Työn tuloksena selvisi, että väliseinäisistä laskeutusaltaista ei ole suurta hyötyä ellei tarkoituksena ole flokkaus. Flokkauksen aikana kiintoaineshiukkaset yhdistyvät suuremmiksi hiukkasiksi törmäämällä toisiinsa. Aikaisemmin työmaalla on kuviteltu väliseinien tehostavan laskeutumista kun vesi kiertää altaassa pidemmän matkan. Veden kiertämän matkan pituudella ei kuitenkaan ole suurta merkitystä pienissä matkan muutoksissa, koska viipymä ei merkittävästi kasva. Merkittävimpänä mitoitusparametrina käytetään yleisesti vesilaitoksissa pintakuormateoriaa, jota voidaan hyödyntää myös työmaalla laskeutusaltaiden mitoituksessa. Toisena merkittävänä työn tuloksena selvisi pintakuormateorian avulla, kuinka laskeutusaltaan rakennetta muuttamalla voidaan päästä jopa kymmenen kertaa tehokkaampaan laskeutukseen käyttämällä yksinkertaisen laskeutusaltaan sijasta lamellilaskeutusallasta.

Insinööriyön tulokset ovat luotettavista lähteistä sovellettua tietoa. Tuloksien ongelmana on kuitenkin niiden puhdas teoreettisuus. Tulokset olisi ollut hyvä varmistaa ja optimoida työmaalla tapahtuvin kokein. Kokeelliseen vesienkäsittelyyn ei kuitenkaan ollut mahdollisuutta Kalasataman keskuksen työmaan aikataulun ja kiireen takia. Tutkimusta pystyisi myös jatkamaan keskittymällä esimerkiksi haitta-aineiden kemiallisiin reaktioihin avustavien kemikaalien kanssa.

Työstä tulee olemaan hyötyä Kalasataman keskuksen ja tulevien työmaiden toteutuksessa, koska työssä käsiteltiin yleisesti eri vedenkäsittelymenetelmiä. Insinööriyön avulla vedenkäsittelymenetelmät saatiin kerättyä helposti lähestyttävään kokonaisuuteen, johon työssään vaihtoehtoista vesienkäsittelymenetelmää etsivä voi tutustua.

Raportin liitteenä oleva vesienkäsittely yleisohje selkeytti huomattavasti työmaan vesienkäsittelyprosessia ja olenkin saanut positiivista palautetta Destia Oy:n insinööriyön ohjaajalta. Lisäksi Kalasataman keskuksen vesienkäsittelysuunnitelman tarkennusehdotus, joka on lisätty raportin liitteeksi, herätti uusia ajatuksia työmaan vesienkäsittelyssä. Esimerkiksi ehdottamaani laskeutusallasratkaisua on harkittu otettavaksi koekäyttöön tulevaisuudessa.

Lähteet:

1. Destian verkkosivuillaan julkaisema tiedote Kalasataman Keskuksen urakasta (<http://www.destia.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2009/destian-rakennustyot-kalasataman-keskuksessa-alkoivat.html>), 17.1.2012
2. Helsingin kaupungin verkkosivuilta
www.uuttahelsinki.fi/kalasatama/perustiedot/historia, 18.12.2011
3. Helsingin kaupunginmuseon Taakan kantajat näyttely, 17.1.2012
4. Golden Associates, pohjaveden tila raportti 11.8.2011
5. Valtion ympäristöhallinnon verkkosivuilta
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=639&lan=fi>, 20.1.2012
6. Helsingin kaupungin verkkosivuilta Hel.fi, Ympäristökeskus>Ympäristön tila>Maaperä>Kaivantovesien käsittely >) 23.12.2012
7. Valtion ympäristöhallinnon verkkosivuilta
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1446&lan=fi>, 7.2.2012
8. Finlex, ympäristönsuojelulaki
9. Suomen rakennusinsinööriliiton julkaisema; RIL 123-2-2004 Vesihuolto II
10. Wavin-Labko Oy:n Labko-öljynerotinjärjestemät, maaliskuu 2010
11. Wavin-Labko Oy:n Europek cf aktiivihiihluodattimen Asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet, marraskuu 2008
12. Cyanide fact sheet, Bureau of Reclamation, technical service center, Water treatment engineering and research group D-8230, 21.9.2001
13. Tuomainen Teppo Ekokem, 15.3.2012 klo.9 41

Liitteet:

1. Vesienkäsittelysuunnitelma
2. Työmaan asemakuva
3. Työmaatunnelin pumppauskaavio
4. Laskeutusallasehdotus
5. Työmaan vesienkäsittely, yleisohje
6. Helsingin kaupungin määrittämät raja-arvot viemäriin pumpattaessa

Vesienkäsittelysuunnitelma

1. Yleistä

Vesienkäsittelysuunnitelmassa esitetään, kuinka työmaan vedet poistetaan kaivannosta ja tunnelista. Samalla esitetään yleisesti käsittelymenetelmät työmaalla mahdollisesti esiintyville haitta-aineille. Suunnitelman liitteenä on asemakuva työmaasta, pohjapiirros tunnelista ja laskeutusaltaan profiili. Asemakuvassa on esitetty laskeutusaltaiden, pumppauslinjojen ja vesimittareiden sijainnit. Tunnelin pohjapiirroksessa on esitetty pumppujen ja pumppauslinjojen sijainnit sekä tarkemmat tiedot pumpuista.

2. Vedenkäsittelyprosessin yleiskuva

Vedenkäsittelyprosessi alkaa veden poistamiselta kaivannosta liitteessä esitettyin pumpuin. Vesi johdetaan pumppulinjoja pitkin laskeutusaltaisiin, missä kiintoaines laskeutuu altaan pohjalle veden virtausnopeuden laskiessa. Öljyinen vesi poistetaan imeytyskankaalla tai öljynerotuslipalla laskeutuksen yhteydessä, jos öljyä esiintyy käsiteltävässä vedessä. Öljyn erotus on tärkeää suorittaa ennen muita veden käsittelymenetelmiä. Laskeutusaltaan jälkeen vesi johdetaan:

- Sadevesiviemäriin, jos haitta-ainepitoisuudet eivät ylitä Golder Associatesin tekemän taulukon 1, 1 A sarakkeen raja-pitoisuuksia.
- Jätevesiviemäriin, jos haitta-ainepitoisuudet eivät ylitä Golder Associatesin tekemän taulukon 1, 1 B sarakkeen raja-pitoisuuksia.
- Jos haitta-ainepitoisuudet ylittävät 1 B raja-pitoisuudet vesi käsitellään aktiivihiihliuodattimella tai stripperillä. Syanidi poistetaan ionivaihtohartsin avulla.

Taulukko 1. Haitta-aineiden raja-pitoisuudet

| Haitta-aine | A: Sadevesiviemäriin johtamisen raja-arvo (5* pintavesien laatu-normi, MAC-EQS) mg/l, suluisa laatu-normi | B: Jätevesiviemäriin johtamisen raja-arvo, mg/l | Korkeimmat pohjavedessä todetut pitoisuudet (mg/l) 100 m etäisyydellä rakennettavasta alueesta |
|---|---|---|--|
| kiintoaine | - | 500 | |
| arseeni | - | 0,1 | 0,031 |
| elohopea | 0,00035 (0,00007) | 0,01 | - |
| kadmium | 0,0001 (0,00002) | 0,01 | 0,005 |
| kokonaiskromi | - | 1,0 | - |
| kupari | - | 2,0 | 0,135 |
| lyijy | 0,036 (0,0072a) | 0,5 | 0,008 |
| nikkeli | 0,1 (0,020a) | 0,5 | 0,11 |
| sinkki | - | 3,0 | 0,488 |
| kokonaisytanidi | - | 0,5 | 23 |
| öljyhilivedyt (C ₁₀ -C ₂₆) | 0,75 (0,15e) | 100 | 18,7 |
| PAH-yhdisteet | - | 0,05 | 6,7 |
| naftaleeni | 0,0060 (0,0012a) | - | 4 |
| BTEX-yhdisteet | - | 3 | 900 |
| bentseeni | 0,25 (0,05) | - | 19 |
| tolueeni | 3,8 (0,77d) | - | 163 |
| etyylibentseeni | 1,55 (0,31d) | - | 1,34 |
| ksyteenit | 0,043 (0,0086d) | - | 16 |
| 1,2-dikloorietaani | 0,05 (0,01b) | - | - |
| dikloorieteeni (summa) | 0,37 (0,074d) | - | - |
| tetrakloorieteeni | 0,05 (0,01b) | - | 1,3 |
| trikloorieteeni | 0,05 (0,01b) | - | 0,082 |
| vinyylikloridi* | 0,05 (0,01c) | - | 1,6 |

MAC: Sallittu enimmäispitoisuus

EQS: Ympäristölaatu-normit

AA: Vuosikeskiarvo

*) Vinyylikloridi on pintavedessä kohtalaisen pysymätön yhdiste (erittäin helposti haihtuva)

a) raja-arvona käytetty AA-EQS-arvoa (MAC-EQS-arvoa ei ole annettu)

b) Kloorattuja hiilivetyjä ei saa johtaa HSY:n jätevesiviemäriin eikä pitoisuuksille ole annettu raja-arvoja.

c) Screening Quick Reference Tables (National Oceanic and Atmospheric Administration, US, 2011.) US EPA Region V Ecological Screening Level: 930 µg/l, vesieläöllä syntyy useimmiten suhteellisen suurilla pitoisuuksilla (>100 µg/l).

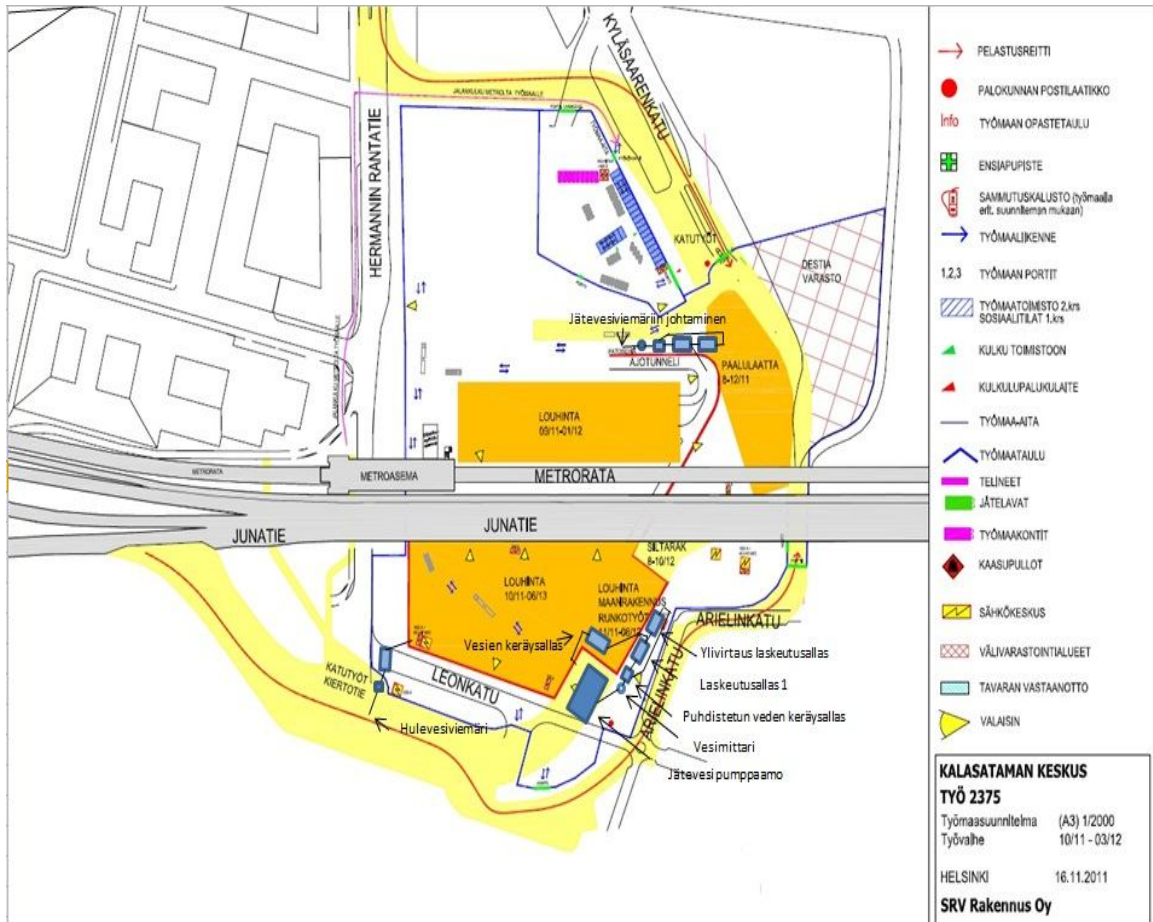
d) HC5aq = pitoisuus joka on haitallinen 5 % eläöstä (vastaa suurinta vaikutuksetonta pitoisuutta)

e) MPC-arvo = maximum permissible concentration (Verbruggen 2004), suurin ekologisesti hyväksyttävä pitoisuus

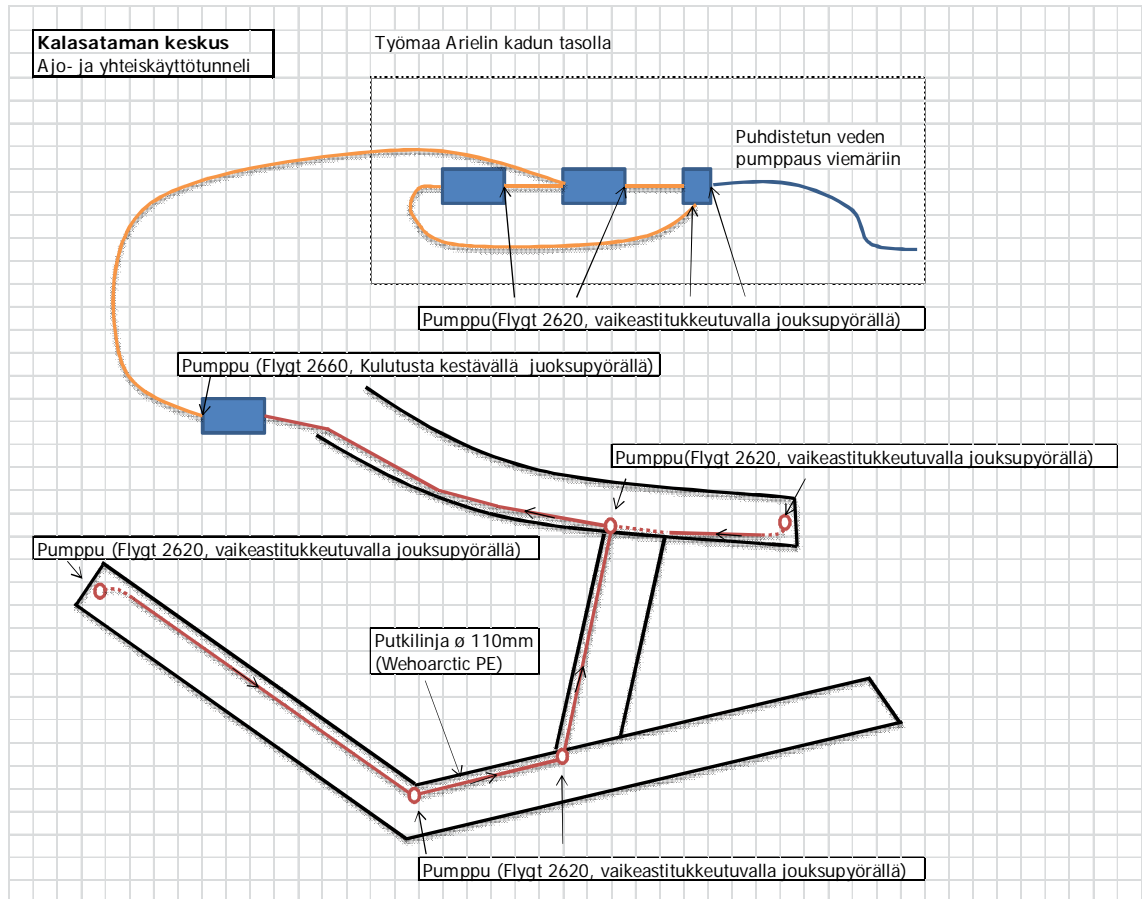
3. Kaivantoveden näytteenotto

Näytteenotto kaivantovedestä laboratoriomäärityksiin suoritetaan työmaan ensimmäisen kuukauden aikana kerran viikossa. Tämän jälkeen tarkkailu tiheys valitaan veden pitoisuuksien, pumpattavien määrien sekä käsittelymenetelmän mukaan siten, että pitoisuuksien vaihtelua voidaan seurata riittävällä tarkkuudella. Näytteenoton suorittaa ulkopuolinen asiantuntija.

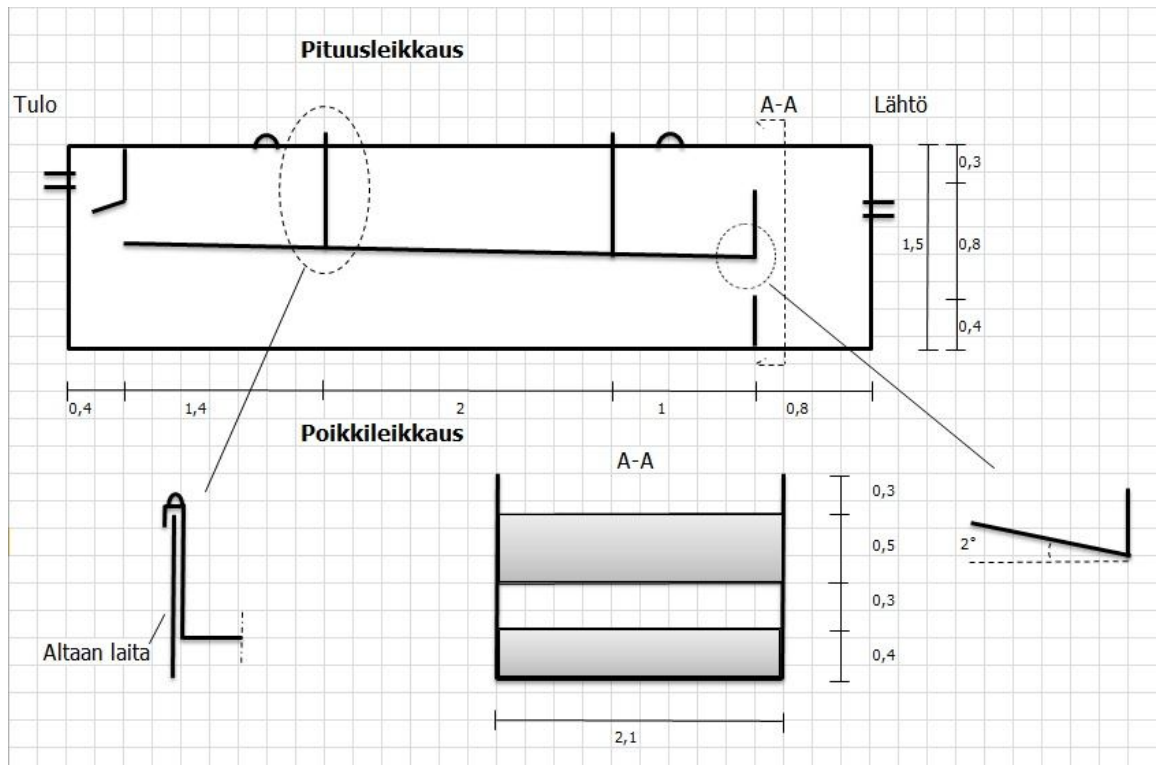
Työmaan asemakuva



Työmaatunnelin pumppauskaavio



Laskeutusallasehdotus



Työmaan vesienkäsittely, yleisohje

1 Yleistä

Yleisohje on tehty helpottamaan työmaan vesienkäsittely prosessia. Ohjeesta löydetään prosessiin osallistuvat osapuolet, osapuolten vastuualueet, tarvittavat luvat, prosessin aikaisen valvonnan ja raportointiin liittyvät ohjeet sekä esimerkin prosessiin vaadittavasta kalustosta.

2 Prosessin osapuolet ja tehtävät

| Osapuolet: | Vastuu: |
|-------------------------------------|---|
| Tilaaaja | <ul style="list-style-type: none"> • Lähtötiedot |
| Pääurakoitsija | <ul style="list-style-type: none"> • Suunnitelman laatiminen • Valvonnan järjestäminen • Lupien hakeminen (Ympäristölupa ja Vesien johtaminen viemäriverkostoon lupa) • Raportointi kunnan ympäristöviranomaiselle, vesilaitokselle ja ELY-keskukselle, jonka alaisuudessa aluehallintovirasto toimii • Laskeutusaltaiden tyhjennyksen järjestäminen |
| Urakoitsija | <ul style="list-style-type: none"> • Toimiminen rakentajan laatiman suunnitelman mukaan • Raportointi pääurakoitsijalle (laatu ja määrät) |
| Aluehallintovirasto | <ul style="list-style-type: none"> • Ympäristöluvan myöntäminen hakijalle |
| Kunnan Vesilaitos | <ul style="list-style-type: none"> • Luvan myöntäminen vesien johtamiseen viemäriin |
| Kunnan ympäristöviranomaisen | <ul style="list-style-type: none"> • Valvonta • Helsingissä vesien johtamislupa viemäriin haetaan kiinteistöviraston tonttiosastolta, joka pyytää luvan HSY:ltä |
| Ulkopuolinen asiantuntija/konsultti | <ul style="list-style-type: none"> • Mittaukset/näytteenotto ja valvonta • Raportointi rakentajalle |

3 Prosessissa tarvittavat luvat

Pääurakoitsijan pitää hakea vesienkäsittelyyn kaksi lupaa: Ympäristölupa (vaaditaan aina, kun ympäristö tai vesistö voi rakentamisen takia saastua) ja erillinen lupa vesien johtamiseen viemäriin. Ympäristölupa haetaan aluehallintovirastolta ja lupa vesien johtamisesta viemäriin työmaansijaintikunnan ympäristöviranomaiselta tai vesilaitokselta riippuen kunnan määräyksistä.

Lupaa hakiessa on tärkeää huolehtia hakulomakkeen ohjeiden mukaisesta täyttämisestä ja kaikista hakulomakkeen liitteeksi vaadittavista selvityksistä. Lupahakemusta jätettäessä on erittäin tärkeää ennakkoneuvotella lupaviranomaisen kanssa ja jättää hakemus useaa kuukautta toiminnan aloittamista aikaisemmin. Näin lupaprosessi etenee ilman yllättäviä viivästyksiä. Yleisohjeet ympäristölupahakemuksen täyttämiseen löytyvät valtion ympäristöhallinnon ylläpitämiltä www.ymparisto.fi-sivuilta. Vesien johtamisluvassa pätevät samat suositukset kuin ympäristöluvan hakemisessa, mutta lupaa haetaan vasta, kun ympäristölupa on saatu. Lisätietoja vesien johtamisluvan hakemisesta saa työmaansijaintikunnan ympäristöviranomaiselta.

4 Valvonta ja näytteenotto

Valvonnalla ja näytteidenotolla tarkoitetaan vesienkäsittely prosessiin liittyvää valvontaa ja näytteenottoa suunnitelman mukaisesti. Valvonta on hyvä ulkoistaa ulkopuoliselle osapuolelle, jotta näytteidenotto ja luvan alainen toiminta on mahdollisimman puolueetonta. Pääurakoitsija ja urakoitsijat ovat silti velvollisia suorittamaan itse päivittäistä valvontaa työn ohessa. Työmaan valvontaan ja näytteenottoon on hyvä tehdä oma suunnitelma, jonka avulla toiminnasta tulee hallittua. Suunnitelman voi tehdä pääurakoitsija ja ulkopuolinen asiantuntija yhdessä tai pääurakoitsija voi ulkoistaa suunnittelun asiantuntijalle kokonaan. Asiantuntija osapuoli on usein infra-alan suunnittelutoimisto, jolta valvonta- ja näytteenottopalvelu ostetaan.

Näytteenotto kaivantovedestä laboratoriomäärittelyksiin suoritetaan yleensä työmaan ensimmäisen kuukauden aikana kerran viikossa. Tämän jälkeen tarkkailutiheys valitaan veden pitoisuuksien, pumpattavien määrien sekä käsittelymenetelmän mukaan siten, että pitoisuuksien vaihtelua voidaan seurata riittävällä tarkkuudella.

5 Raportointi

Asiantuntija/suunnittelutoimisto pitää kirjaa pumpattavan veden määrästä ja laadusta työn aikana. Tuloksista ja viemäroidyn veden määrästä raportoidaan pääura-koitsijalle, joka raportoi tiedot ELY-keskukselle, kunnan ympäristöviranomaiselle ja kunnan vesilaitokselle sovittavan aikataulun mukaisesti.

Urakoitsijat ovat velvollisia raportoimaan välittömästi suullisesti ja kahden päivän sisällä kirjallisesti havaitsemastaan epäkohdasta vesienkäsittelyprosessissa. Raportointi tulee tehdä pääurakoitsijan työmaainsinöörille tai ylemmälle toimihenkilölle. Raportoinnin laiminlyömisestä voidaan määrätä kohtuulliseksi katsottu sakko. Raportoinnin lisäksi on suositeltavaa aloituskokouksen yhteydessä järjestää osapuolten välillä yhteinen katselmointi. Osapuolten välisiä katselmoituksia on syytä järjestää kuukauden välein, jotta osapuolet ovat selvillä työmaan vesienkäsittelytilanteesta.

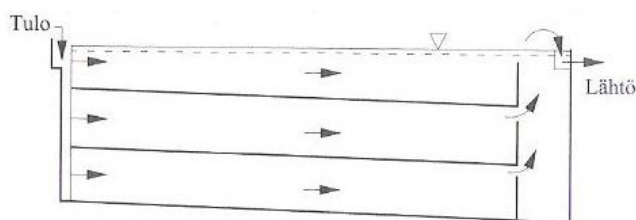
6 Tarvittava kalusto

Vesienkäsittelyyn tarvitaan:

- Selkeytysallas
- Useampi pumppu
- Kiinteä pumppauslinja ja vesimittari
- Sähkö pumpuille

7 Selkeytysallas

Vesienkäsittelyyn tarvitaan työmaan koosta ja arvioidusta vesimäärästä riippuen 2-3 selkeytysallasta. Altaiksi soveltuvat erinomaisesti kuorma-auton lavat, jotka ovat mitoiltaan $L=5.6\text{m}$; $B=2.1$; $H=1.5$. Lavat soveltuvat kohtalaisen hyvin veden koaamiseen ilman erityisiä lisärakenteita mutta veden selkeytyminen ei ole tehokasta. Lisärakenteilla pyritään parantamaan selkeytyksen tehokkuutta. Selkeytysaltaaseen voidaan lisätä esimerkiksi kaksi välipohjaa, jotka nostetaan altaasta nostoon tarkoitetuilla lenkeillä.



Kuva 1.

Välipohjien avulla altaan selkeytymisen tehokkuus paranee parhaimmillaan kymmenkertaiseksi. Välipohjien lisäksi veden tulon kontrollointi on tärkeää. Tulevan veden pitää levitä koko altaan poikkileikkauksen alalle, jotta turbulenssi selkeytyksen aikana olisi mahdollisimman pieni. Vesi voidaan jakaa tasaisesti koko altaan poikkipinta-alalle tulolipan avulla, joka näkyy kuvassa 1. Toisena vaihtoehtona vesienkäsittelyaltaiksi soveltuvat kallioon louhitut altaat tai maavalleista rakennetut altaat. Maastoon sijoitettavien altaiden huonona puolena on huomioitava altaiden vaatima huomattavasti suurempi tilantarve.

8 Altaan mitoitus

Selkeytysallas mitoitetaan työmaan arvioidun käsittelyveden mukaan, joka ilmoitetaan yleisesti esim. $20 \text{ m}^3/\text{vrk}/\text{ha}$. Mitoitukseen käytetään yleisesti pintakuormateoriaa. Selkeytyksen tehokkuus paranee, mitä pienempi pintakuorman arvo selkeytysaltaassa on. Yleisesti pintakuorman arvo vaihtelee vesilaitoksissa $0.8 \dots 1.5 \text{ m/h}$ välillä, mutta työmaa-olosuhteissa altaiden koko ja käsiteltävät vesimäärät ovat huomattavasti pienempiä, jolloin selkeytyksessä päästään pienempiin pintakuormarvoihin. Pintakuorma lasketaan $v_p = \frac{Q}{A}$.

Q on työmaan vesien virtaama selkeytysaltaassa tunnin aikana.

A on selkeytysaltaan pinta-ala

Esim. Selkeytysaltaan pintakuorma lasketaan kun: arvioitu keskimääräinen vesien pumppaus tarve on $20 \text{ m}^3/\text{vrk}/\text{ha}$ ja pumppaus on käynnissä vuorokauden ympäri. Oletetaan selkeytysaltaan mitoiksi realistiset $L=5.6\text{m}$; $B=2.1\text{m}$; $H=1.5\text{m}$

$$Q = \frac{20\text{m}^3/\text{h}/\text{ha}}{24\text{h}} = 0,833\text{m}^3/\text{h}/\text{ha}$$

$$A = 5,6\text{m} * 2,1\text{m} = 11,76\text{m}^2$$

$$v_p = \frac{Q}{A} = \frac{0,833\text{m}^3/\text{h}/\text{ha}}{11,76\text{m}^2} = 0,07\text{m}/\text{h}/\text{ha}$$

Esimerkissä pintakuorman tulos on hyvä pienen vuorokautisen vesimäärän vuoksi, mutta jos vesimäärä kasvaa suuresti, voidaan altaan pintakuormaa laskea lisäämällä altaaseen kuvassa 1. olevat välipohjat, jolloin pinta-ala pintakuorma teorian mukaan kolminkertaistuu. Vesimäärät voivat kasvaa merkittävästi esimerkiksi rankkasateiden tai pumppausajan merkittävän lyhenemisen takia.

9 Pumput

Pumput ovat olennainen osa vesienkäsittely prosessia. Pumppujen avulla vedenkäsittely altaissa, altaiden välillä ja johtaminen viemäriin tai imeyttäminen ympäristöön helpottuu huomattavasti.

10 Pumppujen mitoitus työmaan tarpeisiin

Työmaan pumput on järkevää mitoittaa työmaan tarpeiden mukaisesti, jolloin sähkön kulutus ja vuokra/huoltokustannukset pysyvät hallinnassa. Pumppujen mitoituksessa käytetään yleisesti Q-arvoa eli l/h tai m³/h, joka kertoo pumpun kapasiteetin. Kapasiteettia voidaan verrata työmaan selkeytysaltaiden tilavuuteen ja vesimääriin, jolloin löydetään työmaan tarpeita vastaava pumppu. Pumppujen maksimi kapasiteetit ovat yleensä huomattavasti suurempia kuin työmaan vesimäärät tai selkeytysaltaat, mutta on huomioitavaa, että pumput eivät yleensä ole jatkuvasti päällä. Pumppuja käytetään usein vedenpinnan pitämiseen tietyssä tasossa. Taulukkoon 1 on kerätty Flygt-pumppuja valmistavan yrityksen antamat flygt bibo ja bs pumppujen -kapasiteetit. Lisätietoa pumpuista saa valmistajan sivuilta www.flygt.fi. Myös muut valmistajat ilmoittavat valmistamiensa pumppujen kapasiteetit verkkosivuillaan.

Taulukko 1. Pumppujen kapasiteetit pumppauskorkeuksilla 5,10 ja 15 metriä

| Pumppujen Q (m ³ /h) pumppauskorkeuksilla 5,10 ja 15 m | | | |
|---|------------------|-------------------|---------|
| | A=1~ (valovirta) | A=3~ (voimavirta) | |
| Flygt BS 2610 | (2") | (2") | |
| 5 | 21,600 | 32,400 | |
| 10 | 7,200 | 18,000 | |
| 15 | - | 5,400 | |
| Flygt BS 2620 | C (3") | C (3") | W (3") |
| 5 | 45,000 | 57,600 | 45,000 |
| 10 | 28,800 | 40,320 | 38,880 |
| 15 | 10,800 | 21,600 | 28,800 |
| Flygt BS 2630 | | 3" | 4" |
| 5 | - | 108,000 | 108,000 |
| 10 | - | 72,000 | 72,000 |
| 15 | - | 43,200 | 43,200 |
| Flygt BS 2660 | | 4" | 6" |
| 5 | | | |
| 10 | | | |
| 15 | > | 72,000 | 72,000 |
| Flygt Bibo 2066 | (3") | (3") | |
| 5 | 43,200 | 57,600 | |
| 10 | 30,600 | 46,800 | |
| 15 | 18,000 | 25,200 | |
| Flygt Bibo 2102 | | K (3") | M (4") |
| 5 | | 61,200 | 135,000 |
| 10 | | 59,400 | 108,000 |
| 15 | | 54,000 | 81,000 |

Flygt BS 2620 ja Flygt BS 2630 -pumppuihin on saatavilla kahdentyyppisiä juoksupyöriä: W tarkoittaa kulutusta kestäväää juoksupyörää ja C vaikeasti tukkeutuvaa juoksupyörää. Flygt BS 2620 -pumppussa juoksupyörällä on merkitystä pumpun kapasiteettiin toisin kuin Flygt BS 2630 pumppussa.

11 Pumppujen pumppauslinjat ja sähköistys

Riippuen työmaan kestosta pumppulinjat voidaan rakentaa väliaikaisista tai kiinteistä pumppauslinjoista. Kiinteä pumppauslinja on suositeltavaa rakentaa, jos työmaa on pidempiaikainen. Kiinteälinja on kestävämpi ja tiiviimpi kuin väliaikaisesti tehdyt letkupumppauslinjat. Kiinteä pumppauslinja on myös helpompi eristää kylmältä, kuin väliaikainen linja vuotavine liitoskohtineen. Markkinoilla on myös valmiiksi eristettyjä putkia. Esimerkiksi KWH pipen Wehoarctic -putkijärjestelmä, mihin putkien lisäksi sisältyvät kulmat, haarat, supistukset, kaivot, venttiilit ja liitostarvikkeet. Putkiin voidaan myös asentaa kaapeliprofiili, jolloin elementit voidaan varustaa saattolämmityksellä. Lisätietoa Putkijärjestelmästä saa KWH-pipen verkkosivuilta www.kwhpipe.fi.

Pumppauslinjaan on ehdottomasti asennettava vesimittari, jonka avulla työmaan käsiteltävien vesien määrä saadaan selville. Työmaan kaivantovesien määrä on tärkeä selkeytyksen mitoittamisessa käytetty mitoitusparametri. Ilman tietoa kaivantovesien määrästä on selkeytysprosessia mahdotonta muokata työmaan muuttuvia olosuhteiden mukaisesti.

Pumppujen pumppauslinjoja suunniteltaessa ja rakentaessa on huomioitava pumppujen tuuma koossa ilmoitetut lähdöt. Lähdöt vaihtelevat taulukon 1. mukaisesti 2"...6". Toinen huomioon otettava asia on pumppujen vaatima virta. Pumput toimivat taulukossa 1. eritellysti valovirralla tai voimavirralla. Pumpun vaatima virta on otettava huomioon työmaan sähköistystä ja pumppujen sijaintia suunniteltaessa.

Helsingin kaupungin määrittämät raja-arvot viemäriin pumpattaessa



Lupa

23.09.2011

686/10/107/1072/2011

Helsingin kaupunki
Kiinteistöviraston tonttiosasto
Satu Järvinen
PL 2214
00099 HELSINGIN KAUPUNKI

Viite: Lupahakemus 9.9.2011

KALASATAMAN KESKUKSEN MAAPERÄN KUNNOSTUKSESTA TULEVIEN VESIEN JOHTAMINEN VIEMÄRIVERKKOON

Helsingin kaupungin kiinteistöviraston tonttiosasto on pyytänyt Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymältä (HSY) lupaa johtaa pilaantuneen maaperän kunnostuksesta (Kalasataman keskus, Helsinki, kortteli/tontit 10593, 10595-10598) tulevat vedet viemäriverkkoon.

Maaperän kunnostuksesta tulevat vedet voidaan johtaa kiintoaine- ja öljynerotuksen kautta viemäriin seuraavin ehdoin:

| Aine | enimmäispitoisuus mg/l |
|---|---------------------------|
| mineraaliöllyt C ₁₀ -C ₄₀ | 100 |
| kiintoaine | 500 |
| PAH-yhdisteet | 0,05 |
| kloorivapaat | |
| VOC-yhdisteet | 3,0 |
| MTBE | 50 |
| TAME | 50 |
| lyijy | 0,5 |
| kupari | 2,0 |
| sinkki | 3,0 |
| nikkeli | 0,5 |
| kokonaiskromi | 1,0 |
| kadmium | 0,01 |

Viemäriin johtamisessa noudatetaan HSY:n vesihuollon yleisiä toimitusehtoja ja veden laadun tulee täyttää viemäriin johdettavalle jätevedelle asetetut raja-arvot. Viemäriin johtamisessa tulee huomioida valtioneuvoston asetukset vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006, 868/2010) sekä ympäristönsuojeluasetuksen (889/2006, 36 §) liitteiden 1 ja 2 aineet.