

Olli Kiiskinen

Kaivannon vesienhallinta ja sen kustannukset

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (Amk)

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

9.11.2016

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Destia Oy:n toimeksiantona. Destia Oy:n puolelta ohjaajana työlle toimi Heidi Kekäläinen. Metropolia Ammattikorkeakoulun valvojaopettajana toimi lehtori Anu Ilander.

Haluaisin kiittää kaikkia projektissa mukana olleita, erityisesti haluaisin kiittää Heidiä ja Anua neuvoista ja avusta.

Tekijä(t) Otsikko	Olli Kiiskinen Kaivannon vesienhallinta ja sen kustannukset
Sivumäärä Aika	43 sivua + 4 liitettä 9.11.2016
Tutkinto	Rakennusalan Työnjohto
Koulutusohjelma	Rakennusmestari
Suuntautumisvaihtoehto	Infra-alan rakennusmestari
Ohjaaja(t)	Työmaainsinööri Heidi Kekäläinen Lehtori Anu Ilander
<p>Opinnäytetyö toteutettiin Destia Oy:n toimeksiantona Kalasataman REDI-työmaalla. Työn tarkoituksena oli selvittää, miten kaivannon vesienhallinta on toteutettu, selvittää vesienhallinnasta aiheutuneet kustannukset työmaalle, sekä selvittää erilaisia imeytysvaihtoehtoja työmaalle. Työssä käytettiin aineistona haastatteluita, työmaalta saatua tietoa sekä pohjavedestä kertovia julkaisuja.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä selvitys REDI:n vesienhallinnasta ja sen kustannuksista, jotta vastaavilla työmailla saataisiin säästöjä vesienhallinnassa. Työssä kerrotuilla tiedoilla saadaan vastaavilla työmaalla järjestettyä nopeasti oikeanlainen vesienhallinta järjestelmä sekä säästettyä oikeilla valinnoilla paljon rahaa. Työssä on kerrottu myös yleistä pohjavesistä, pohjavesiluokista, sekä pilaantuneen pohjaveden puhdistamisen vastuista.</p> <p>Työ suoritettiin osallistumalla työmaalla tapahtuvan vesienhallinnan järjestämiseen, haastatteleamalla alan asiantuntijoita sekä perehtymällä pohjavedestä kertoviin julkaisuihin. Opinnäytetyön tuloksena saatiin aikaan raportti, jossa kerrotaan vesienhallinnan keinoista ja sen kustannuksista.</p>	
Avainsanat	pohjavesi, orsivesi, virtaamamalli, vesienhallinta,

Author(s) Title	Olli Kiiskinen Excavation water management and its expenses
Number of Pages Date	43 pages + 4 appendices 9.11.2016
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction management
Specialisation option	Infrastructure
Instructor(s)	Site engineer, Heidi Kekäläinen Lecturer, Anu Ilander
<p>This thesesis was carried out by the order of Destia Oy for REDI building site. The meaning of thesesis was to clear up the ways that water management was done at REDI building site, clear up the expenses of the water management and clear up the different ways of groundwater recharging. This thesesis was made by using interviews, information received at REDI worksite and publications considering the groundwater.</p> <p>The meaning of this thesesis is to make report of water management and its expenses in REDI. The information of this thesesis helps to make savings and build a water management system in to a new site. Thesesis includes also general information about groundwater, groundwater classes and responsibilities of cleaning of the contaminated water.</p> <p>Report is based on the information received at site, interviewing the experts and read up the publications considering the groundwater. The result of this thesesis is a report that contains information of the methods of water management and its expenses.</p>	
Keywords	ground water, perched water, flow model, water management

Sisällys

1	Johdanto	3
2	Destia Oy	4
3	REDI	5
3.1	REDI	5
3.2	Destian osuus REDI:ssä	5
4	Yleistä pohjavesistä	7
4.1	Pohjavesi	7
4.2	Orsivesi	7
4.3	Paineenalainen pohjavesi	8
4.4	Pohjavesiluokitukset	9
4.5	Pohjaveden tasonmuutokset rakennushankkeessa	10
4.6	Pohjaveden pilaaminen	13
4.7	Pilaantuneen maan ja pohjaveden puhdistus	14
5	Vesienhallinta ja kustannukset	15
5.1	Vesienhallinta	15
5.2	Pohjavesien hallinnankustannuksien muodostuminen	17
6	Imeytysvaihtoehdot	18
6.1	Hulevesikasetit	18
6.2	Hulevesitunnelit	19
6.3	Porakaivo	20
6.4	Siiviläputkikaivo	20
6.5	Saattolämmitys	21
7	Kalasadaman työmaan vesienhallinta ja kustannukset	22
7.1	Vesienhallinta	22
7.2	Pohjavesien hallinnankustannukset	27
8	Johtopäätökset	30
	Lähteet	32

Liitteet

Liite 1. Geotek pohjavesien havaintopisteet (Liite vain työn tilaajan käyttöön)

Liite 2. Kaivantovesien tarkkailu- ja hallintasuunnitelma (Liite vain työn tilaajan käyttöön)

Liite 3. Kustannustaulukko (Liite vain työn tilaajan käyttöön)

Liite 4. Kaivantovesien tarkkailu- ja hallintasuunnitelma (Liite vain työn tilaajan käyttöön)

1 Johdanto

Helsingin Kalasatamassa sijaitsevan REDI-hankkeen kaivanto ulottuu 15 metriä merenpinnan alapuolella, mikä edellyttää kaivannon tekemistä täysin vesitiiviiksi. Kolmen jalkapallokentän kokoisesta kaivannosta tehtiin vesitiivis käyttäen teräsputkipaaluja, teräsponttiseinää, injektointeja sekä suihkuinjektointipaaluja. Lopullinen vesitiiviys kaivantoon johtavissa ajotunneleissa saavutetaan vesitiiviillä betonirakenteilla. Työnaikana rakennustyömaata pidettiin kuivana vesien poispumppauksella.

Vesienhallinta on ollut välttämätöntä työmaalla alusta lähtien. Ongelmana REDI:ssä oli keväällä 2016 alkanut pohjaveden aleneminen, mikä johti ympäröivällä alueella erilaisiin korjaustoimenpiteisiin. Toimenpiteitä tehtiin suunnitelmien mukaisin toimin pohjaveden pinnantason saattamiseksi normaaliin tasoon. Imeytysjärjestelmä rakennettiin kaupungin vaatimuksesta alkukesästä 2016.

Työn tarkoituksena on selvittää, miten kaivannon vesienhallinta on toteutettu, selvittää vesienhallinnasta aiheutuneet kustannukset työmaalle, sekä selvittää erilaisia imeytysvaihtoehtoja työmaalle. Työssä tuli esille asioita, jotka huomioimalla saataisiin vastavilla työmailla aikaan säästöjä.

Työ rajattiin koskemaan vesienhallintaa REDI-hankkeessa ja kustannusten kertyminen niistä rajattiin aikavälillä 2011 - 2016. Työssä ei ole huomioitu alueen muita työmaita eikä niiden vesienhallintajärjestelmiä tai vaikutuksia alueen ympäristöön.

Työ suoritettiin Destialle Kalasataman REDI työmaalla syksyn 2016 aikana.

2 Destia Oy

Destia on suomalainen infra- ja rakennusalan palveluyhtiö. Destia tarjoaa palveluita maanalaisesta rakentamisesta laajaan maanpäälliseen toimintaan sekä energia- ja insinöörirakentamiseen sekä suunnitteluun. Destia työllistää noin 1500 henkilöä ympäri Suomea. Liikevaihto vuonna 2015 oli 462,8 milj. euroa. Destialla on asiakkaita teollisuus- ja liikeyrityksissä, kaupungeissa ja kunnissa sekä valtion organisaatioissa. [1] ja [2.]

3 REDI

3.1 REDI

REDI on Helsingin Kalasataman vanhalla satama-alueella rakennettava kahdeksan tornitaloa ja ostoskeskuksen sisältävä kauppa- ja elämyskeskus. Tornitaloista kuusi on asuintorneja, yksi toimisto- ja yksi hotellitorni. Korkeimmillaan tornitalot yltävät 132 metrin korkeuteen ja tornien läheisyyteen rakennetaan ostoskeskuksen lisäksi puisto- ja ranta-alue. Tornitalojen on arvioitu valmistuvan Kalasatamaan kymmenen vuoden kuluessa ja valmistuessaan v. 2022 REDI sisältää 2000 asukkaalle asuntoja, 200 myymälää ja 60 000 m² kaupallista tilaa. Kauppakeskuksen on arvioitu valmistuvan vuonna 2018 ja samalla pääsevät ensimmäiset asukkaat muuttamaan tornitaloihin. REDI-hankkeessa SRV toimii tilaajana ja keskuksen rakennuttajana. Kuvassa 1 on havainnoitu, minkälaiselta Kalasatama näyttää rakennustöiden päätyttyä. [3], [4] ja [23.]



Kuva 1. Näkymä Kalasataman REDI hankkeesta valmistumisen jälkeen.[23]

3.2 Destian osuus REDI:ssä

Destia toimii REDI hankkeessa infratöiden projektinjohtourakoitsijana. Destialle kuuluu kaikki urakkaan kuuluvat infratyöt mm. louhintaa 700 000 kuutiota, maankaivuuta 150 000 kuutiota, kaivannon tekeminen vesitiiviiksi teräsputkipaaluilla ja teräsponttisella, maanvaraisten laattojen pohjien teko, siltaurakoita ja Kalasataman katujen teke-

minen. Kokonaisuudessaan Destian osuuden tulisi olla valmiina vuoden 2019 alussa, mukaan lukien läheisyydessä olevat katu- ja siltarakenteet. Kuvassa 2 on näkymää REDI:stä vuodelta 2015. [5.]



Kuva 2. REDI:n maanrakennustöitä vuodelta 2015. [5]

4 Yleistä pohjavesistä

4.1 Pohjavesi

Pohjavesi on maa- ja kallioperän huokostiloihin varastoitunutta vettä. Pohjavesi varannot muodostuvat huonosti vettä läpäisevien kerrostumien päälle mm. sadevesistä, lumien sulamisvesistä ja jokien sekä järvien valumavesistä. Pohjavesivarannoksi luokitellaan vedellä täysin kyllästynyt maa- tai rikkonainen kalliokerrostuma, joka sijaitsee orsivesikerroksen alapuolella. Pohjavesi virtaa maaston muotojen mukaan, virraten aina alimpien maaston kohtien suuntaan. [6] ja [7.]

Pohjavettä voidaan käyttää ihmisten juoma- ja käyttövetenä, koska vedestä suodattuu epäpuhtaudet sen virratessa maakerrosten läpi. Maakerrokseen jää bakteereita ja epäpuhtauksia, samalla veteen liukenee maakerrostumista erilaisia mineraaleja. Tämän takia maaperän pohjavesi on usein hieman hapanta, mutta puhdasta. Suodattavia maakerrostumia ovat mm. hiekka- ja sorakerrostumat. Myös kallioperässä liikkunut vesi on usein puhdasta. Tämän takia Suomessa parhaita pohjavesialueita ovat hiekka- ja soraharjut, sekä kyseisten alueiden reunamuodostumat. Tästä hyvänä esimerkkinä ovat Salpausselät. Suomessa pääsääntöisesti pohjavesi otetaan näiltä alueilta niiden hyvän laadun ja riittoisuuden takia. Suomessa pohjavesi on niin puhdas, että se täyttää käyttövedelle asetetut määräykset. [6] ja [7.]

Pohjavesi on uusiutuva luonnonvara, mutta ihmisten liiallisen makean veden käytön vuoksi ovat varannot alkaneet pienentyä. Varantoja kasvatetaan erilaisilla imeytyksillä keinotekoisesti, koska sade- ja sulamisvedet eivät riitä varantojen ylläpitämisessä. Pohjavesivarannot muodostavat maailman toiseksi suurimman makean veden varannon jäätiköiden jälkeen. [6] ja [7.]

4.2 Orsivesi

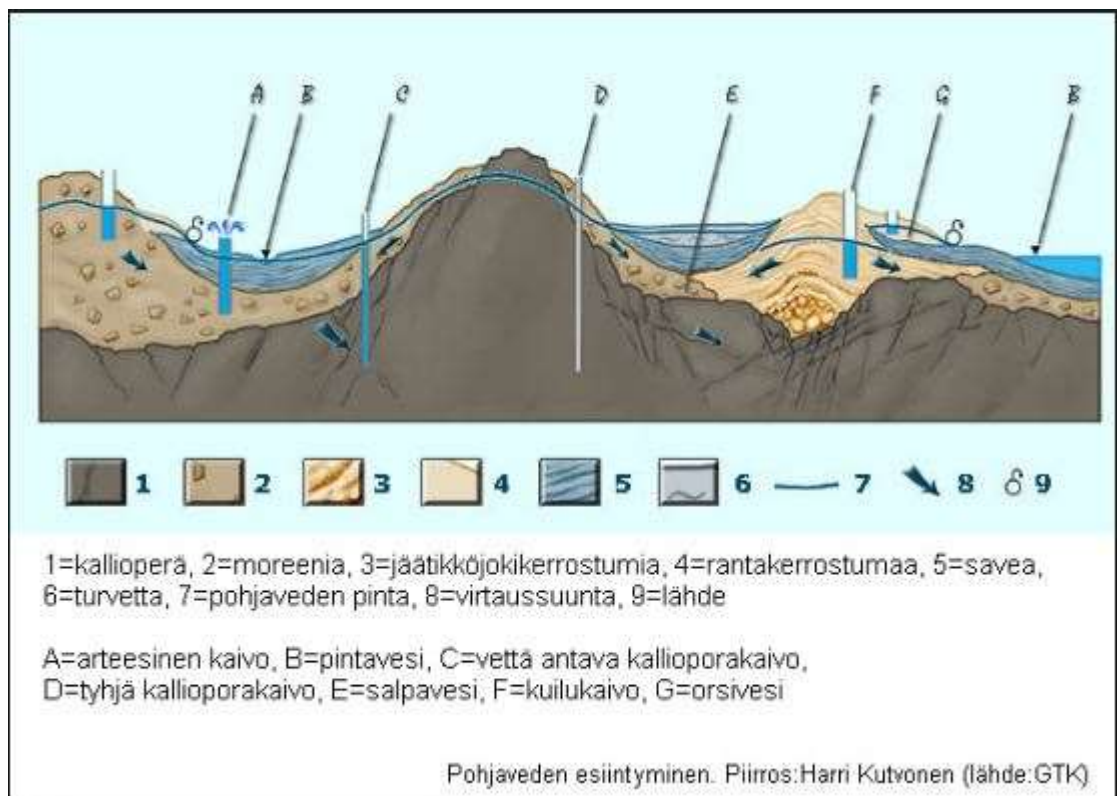
Orsivedeksi kutsutaan pohjaveden yläpuolelle huonosti vettä läpäisevien kerrosten päälle kerääntynyttä vesikerrosta. Orsivesi muodostuu yleensä savikerrostumien päälle, joissa vesi ei pääse imeytymään alempiin kerrostumiin vaan jää savipatjan päälle. Orsiveden vesi ei ole suodattunut maakerrosten läpi ja tämän takia se ei ole puhdistunut niin kuin pohjavesi. Tämän takia orsivettä ei voida ilman puhdistamista käyttää

juoma- ja käyttövetenä. Lähellä maanpintaa ollessaan orsivesi ilmenee suona, järvenä tai lampena. Tämmöisestä esimerkkinä on Papinjärvi. Orsivesivaranto on niin lähellä maan pintaa, että se saattaa kuivua, mutta orsivesi on uusiutuva luonnonvara ja palautuu sade- ja sulamisvesien myötä ennalleen. Orsivesi muodostuu samalla tavalla kuin pohjavesi. [7], [8] ja [9.]

4.3 Paineenalainen pohjavesi

Paineenalainen pohjavesi on savisille alueille savikerrostuman alla oleviin rakeisiin maakerroksiin muodostunutta vettä. Savikerroksen alapuolella olevien maakerrosten täytyttyä voi pohjavesi kerrostuma paineellistua. Tämmöisestä on esimerkkinä arteesinen kaivo ja lähde. Savi kerrostuman puhjetessa purkautuu pohjavesi painetasoonsa, jolloin vesi nousee jopa maanpinnan tasolle. Paineellinen pohjavesi havaitaan usein myös kairausten yhteydessä kairausreiän kautta purkautuvana vetenä. [7] ja [10.]

Kuvassa 3 on havainnoitu pohjavettä, orsivettä ja paineenalaista pohjavettä eli salpavettä [24].



Kuva 3. Pohjaveden eriesiintymis muodot ja veden virtaama. [24]

4.4 Pohjavesiluokitukset

Suomessa pohjavesialueet on luokiteltu kolmeen luokkaan tärkeytensä mukaan.

1. Veden hankintaan tärkeät pohjavesialueet
2. Vedenhankintaan soveltuvat pohjavesi alueet
3. Muut pohjavesialueet [11, s. 10].

Pohjavesiluokka 1 sisältää pohjavesialueet, jotka ovat vedenottoa varten tärkeitä alueita. Tällaisia alueita käytetään tai tullaan käyttämään pohjaveden ottoon 20-30 vuoden sisällä, tai alueen varantoa käytetään vesihuollon varavedenottamona. Luokan 1 alueen vettä otetaan vähintään 50 ihmisen tarpeisiin, tai vettä otetaan keskimäärin 10 m³ päivässä. Joskus katsotaan alueen varannon olevan tärkeä, vaikkei sen käyttö tarpeet ylittäisikään edellä mainittuja raja-arvoja, tällaisissa tapauksissa varanto luokitellaan erityisluvalla luokan yksi varannoksi. Alueen pohjavesivaranto voidaan luokitella kokonaan luokkaan yksi kuuluvaksi, tai tarpeellisuudesta riippuen voidaan tietty osa jättää luokittelematta luokkaan yksi. Luokan 1 pohjavesialueilla rakentaminen on joko kokonaan kielletty tai rajattu määräyksillä ja ohjeistuksilla. [12, s. 14] ja [13.]

Pohjavesiluokka 2 sisältää pohjavesialueet, jotka soveltuvat käyttövedenottoalueiksi. Vaikka alueen varanto olisi luokiteltu käyttövedenotto alueeksi, ei alue ole välttämättä vedenottoalueena vielä, mutta sitä voidaan tulla käyttämään vedenottoalueena. Luokan 2 pohjavesialue on usein alueella, jossa muodostuu 250 m³ pohjavettä vuorokaudessa. Luokan 2 alueella on myös voitu tehdä pohjaveden mittaus, joka on osoittanut alueelle muodostuvan yli 100 m³ vettä vuorokaudessa, mutta alue sijaitsee liian kaukana veden käyttö kohteesta. Luokkien 2 pohjavedenottotarpeet voivat muuttua käyttötarpeiden muuttuessa. Luokan 2 pohjavesialueilla on rakentamista rajattu, mutta ei yhtä vahvasti kuin luokan 1 alueilla. [12, s.14.]

Pohjavesiluokka 3 sisältää alueet, joiden pohjavesi tarvitsee lisäarviointia ja tutkimuksia, jotta niiden pilaantumistaso ja laatu saadaan selville. Kartoituksessa luokkaan 3 on sisällytetty kaikki alueet, joilla voi olla hyödynnettävää pohjavettä. Hyödynnettäviksi pohjavesialueiksi luokitellaan kaikki alueet jotka ovat puhdistamiskelpoisia. Pohjavesialueet, jotka eivät ole puhdistamiskelpoisia tai muuten käyttöön soveltumattomia, jätetään luokittelematta. Luokan 3 pohjavesialueella rakentamista ei yleensä ole rajoitettu. [12, s. 16] ja [13.]

Kaupunkialueita ja muita alueita, jotka eivät ole pohjaveden ottoalueita, ei ole luokiteltu mihinkään pohjavesiluokkaan. Tällaisilla alueilla ei ole rajoituksia rakentamiselle pohjaveden takia.

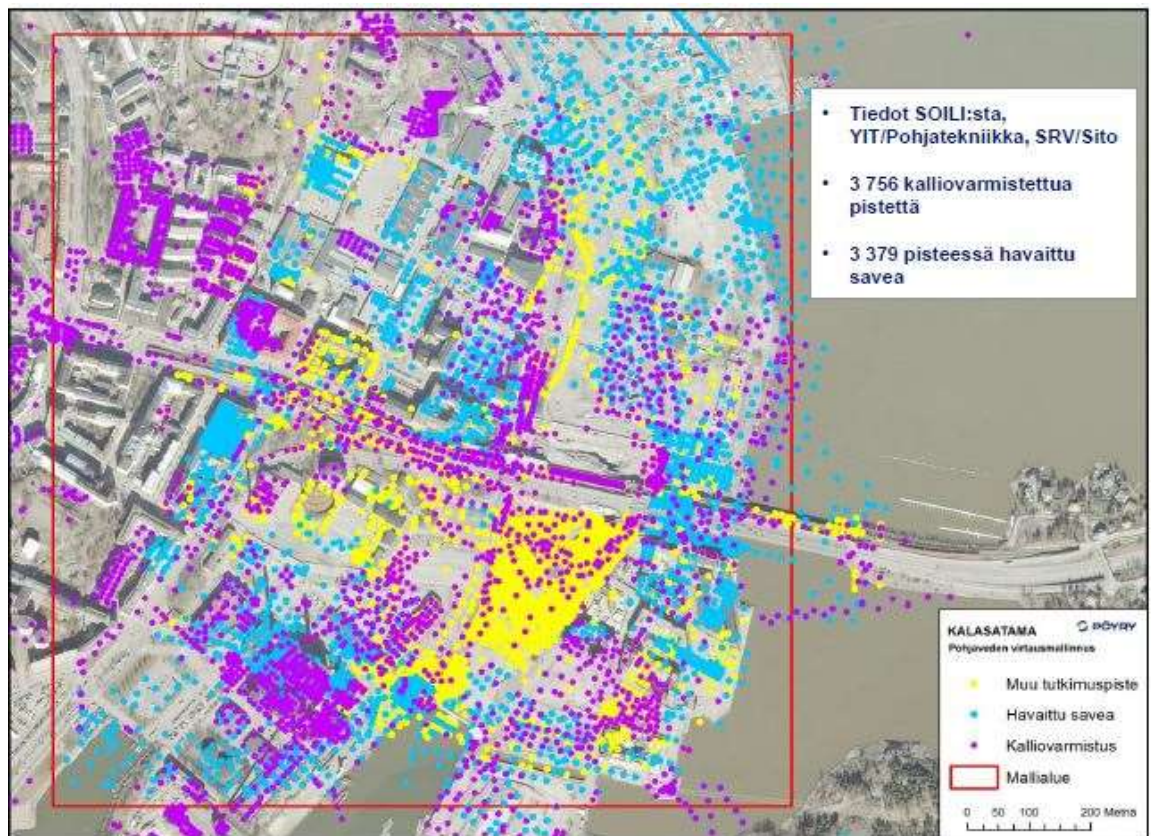
4.5 Pohjaveden tasonmuutokset rakennushankkeessa

Pysyvien ja työnaikaisten rakenteiden ulottuminen pohjaveden pintaa syvemmälle voi aiheuttaa ympäristöhaittoja työaikana ja sen jälkeen. Näissä tilanteissa pohjaveden pinta usein alenee rakennuskaivannon kuivana pidon takia. Tästä voi olla seurauksena ympäristössä maanvaraisten perustusten painuminen, kun hienorakeisista maakerroksista poistuva vesi aiheuttaa maaraakeiden kokoonpuristumista ja tiivistymistä. Jos perustukset pääsevät painumaan voi rakennuksiin ja rakenteisiin muodostua haitallisia halkeamia ja murtumia. Paaluperusteisissa rakenteissa voi maakerrosten painuminen aiheuttaa paaluille negatiivista vaippahankausta. Puupaalujen lahoamista voi aiheutua, jos pohjaveden pinta alenee pysyvästi paalujen yläpäiden alapuolelle. Myös ympäristö kärsii maan painumisesta, teihin tulee halkeamia, talojen vierustäytöt painuvat ja ympäristön kasvillisuus kärsii. [14.]

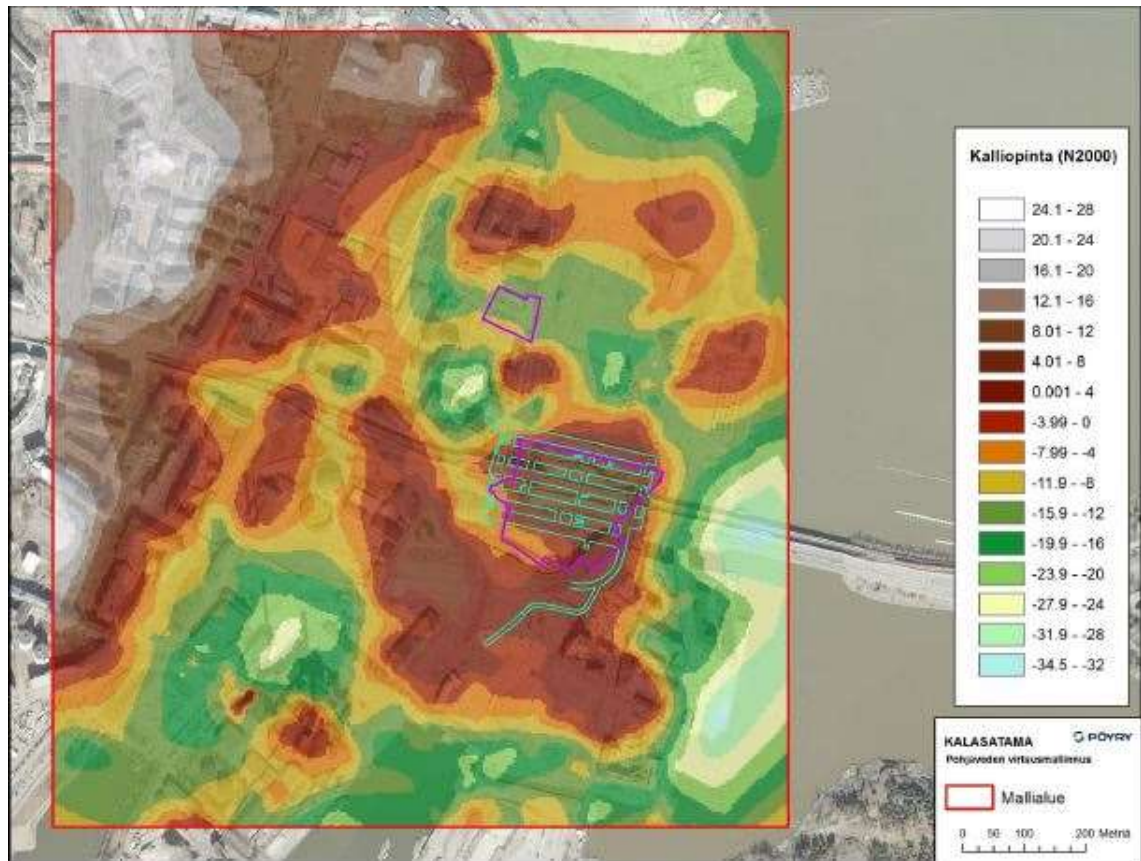
Jos kaivannon syvyys on merenpinnan tason alapuolella tai pohjavesikerroksessa, joudutaan kaivanto tekemään vesitiiviiksi, jottei rakenteisiin pääse vettä. Kaivannosta voidaan tehdä vesitiivis betonirakenteilla ja vesitiiviillä teräsrakenteilla. Virtaaminen saadaan estettyä edellä mainituilla toimenpiteillä. Työn aikana voidaan pohjavedenpinnan tasoa laskemaan hetkellisesti, jos työvaihe tätä vaatii. Pohjavedenpinnan lasku ei kuitenkaan saa olla pitkäaikaista. Jos kaivannon takia pohjavedenpinta alenee, joudutaan pohjavettä imeyttämään väliaikaisilla imeytyksillä ja tarvittaessa pitkäaikaisella imeytyksellä. Kaivannosta pumpataan pohja- ja sadevesiä pois kaivannon kuivana pitämiseksi.

Pohjaveden seurannalla saadaan selville rakennustöitä edeltänyt pohjaveden pinnan korkeus sekä työnaikainen pohjaveden pinnankorkeus. Pohjavedenpinnan seuranta vaaditaan geoteknisen luokan 3 kaivannoissa, ja kaivannoissa joissa rakenteet jäävät pysyvästi pohjavedenpinnan alapuolelle. Pohjaveden pinnankorkeuden muutoksien vertailua tarvitaan virtaamamallin tekemisessä. Virtaamamallilla havainnoidaan pohjaveden liikettä ja suuntaa, sekä mahdollisten imeytyskaivojen paikkoja. Virtaamamallilla voidaan havainnoida miten imeytys vaikuttaa alueen pohjavesiin sekä miten imeytyksestä syötetty vesi liikkuu maanperän muotojen mukaan. Virtaamamallista on hyötyä

tarkasteltaessa pohjaveden liikettä ja pohjaveden pinnan korkeuksien muutosten korjaustoimenpiteitä. Virtaamamalliin syötetään kaikki alueen maanpinnan korot, pohjavesien tarkkailupisteet, kallioiden muodot ja maaperätiedot. Näitä informaatioita hyödyntämällä saadaan tarkka kuva alueen pohjavesivarannoista ja maan muodoista, jotka vaikuttavat pohjaveden liikkeeseen. Kallion pinnan korot vaikuttavat pohjaveden virtaamaan, jos kallionpinta on pohjaveden syvyydessä. Pohjavesi virtaa aina matalimman koron suuntaan. Kuvissa 4, 5 ja 6 on tietoja Kalasataman alueen virtaamamallissa käytetyistä tiedoista. Kuvassa 4 on kuva alueen kairauksista, kuvassa 5 kallion muodoista ja kuvassa 6 on maanpinnan tiedot. Siniset havainto pisteet ovat saveen päätyneitä kairauksia ja liilat ovat kallioon päätyneitä kairauksia. Kuvassa 5 tummemmissa pisteissä kallionpinta on korkealla ja vaaleammissa kallionpinta on syvemällä. Kuvan kalliopintojen korot ovat ennen louhintoja. Kuvassa 6 maanpinta on korkealla punaisilla alueilla ja sinisillä maanpinta on matalammalla. [11.]



Kuva 4. Kalasataman REDI työmaan läheisyydestä porattuja kairauksia.



Kuva 5. Kalasataman REDI työmaan kalliopinnan korot.



Kuva 6. Kalasataman REDI työmaan maanpinnan tasojen korkeudet.

4.6 Pohjaveden pilaaminen

Pohjaveden pilaaminen on kielletty ympäristönsuojelulain pykälässä 17 §. Pykälässä 17 § on kerrottu seuraavasti pohjaveden pilaaminen:

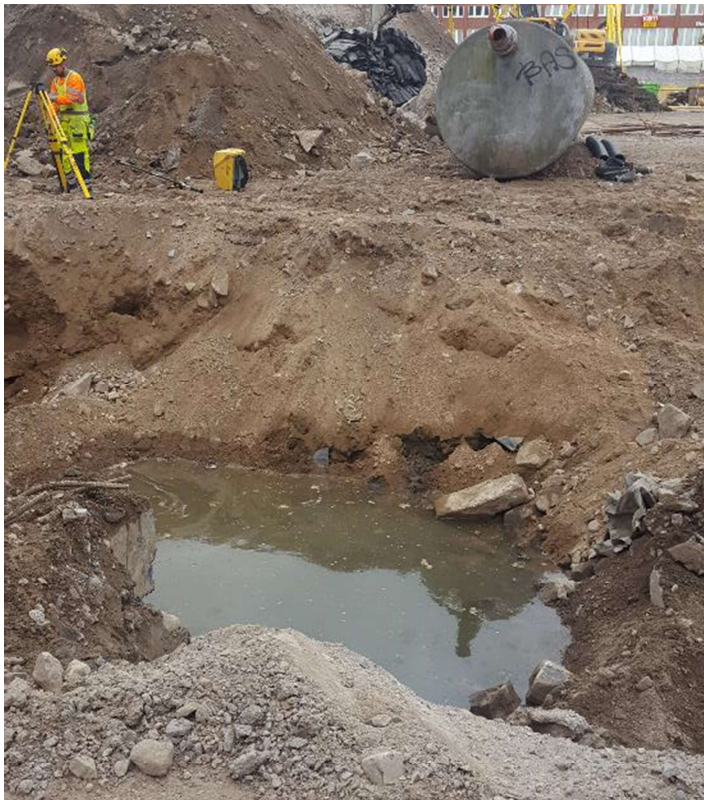
Mitään aineita, pieneliöitä ja energiaa ei saa päästää / laittaa tai käsitellä niin, että

- Luokan 1 tai 2 pohjavesialueelle, jossa pohjaveden muutos voi vaarantaa terveyden, ympäristön tai pohjaveden laadun.
- Toisen alueella sijaitsevan pohjavesivarannon laatu vaarantuu, tai haittaa terveyttä tai ympäristöä.
- Tehty toimenpide vaikuttaa pohjaveden laatuun tai loukkaa toisen yksityisiä etuja.

Valtioneuvosto voi tarkentaa määräyksiä aineista, jotka ovat terveydelle ja ympäristölle vaarallisia ja joiden päästäminen pohjaveden on kielletty [15].

4.7 Pilaantuneen maan ja pohjaveden puhdistus

Pilaantuneen maan ja pohjaveden puhdistuksesta päättää valtio, mikäli § 133 mukaan puhdistuksesta vastuussa oleva taho ei ryhdy tarvittaviin toimiin. Päätös annetaan luvun 18 säädöksiä noudattaen. Viranomaisen määrää kaikki tarpeelliset toimet pilaantuneen maan ja pohjaveden puhdistamiseksi momentissa 1 päätettyjen toimien lisäksi, jotta ympäristö saadaan palautettua ennalleen tai aiheutuneet vahingot saadaan poistettua tai vähennettyä. Mikäli pohjavesialue on pilaantunut merkittävästi, määrää viranomaisen pilaamisesta vastuussa olevan tahon korjaamaan vahingot lain 383/2009 mukaisesti. Kuvassa 7 on öljyn erotteluallas, jota käytetään erottamaan kaivannosta pumppattavien vesien öljypitoisuutta. [15.]



Kuva 7. Öljynerotteluallas

5 Vesienhallinta ja kustannukset

5.1 Vesienhallinta

Helsingin kaupungin rakennusjärjestyksessä 54§ määrätään tärkeille pohjavesialueille rakennettaessa ja purettaessa tekemään pohjaveden hallinta suunnitelman ja tähän liittyvät tarkkailuohjelmat ennen luvan hakua. Pohjaveden hallintasuunnitelma sisältää mm.

- Kuvauksen rakennettavan alueen maaperä- ja pohjaolosuhteista ja suojaus tarpeista.
- Selostuksen tarvittavista pohjaveden suojausrakenteista.
- Ehdotuksen puhtaiden sade- ja hulevesien imeytysrakenteista sekä imeytyksessä.
- Rakentamistapa ohjeet pohjaveden suojelusta.
- Kuvaus pohjaveden suojaus toimenpiteistä.
- Suunnitelman jossa kerrotaan äkillisten pohjavettä uhkaavien tapahtumien toiminnasta.
- Selvitys kaikkien maaperän kanssa kosketuksissa joutuvien kemikaalien vaarattomuudesta pohjavedelle.
- Pohjavesialueen tarkkailuohjelma. [21, s. 4; 5.]

Rakennustyömaalla pohjavedenhallinta alkaa pohjavesien hallintasuunnitelmalla. Hallintasuunnitelmassa on otettu huomioon pohjaveden tason aleneminen lyhyellä ja pitkällä aikavälillä, sekä selvitetty korjaustoimenpiteet pohjaveden saattamiseksi normaaliin tasoon.

Hallintasuunnitelman valmistuttua aletaan asentamaan tarvittavalle alueelle pohjavesien havaintoputkia, jotta pohjaveden pinnankorkeutta voidaan seurata ennen työn alkua, työn aikana sekä sen päätyttyä. Putket asennetaan porauskalustoa käyttäen, poraamalla se suunnitelmissa määrättyyn syvyyteen. Putket ovat 5-15cm halkaisijaltaan olevia teräsputkia. Putkia asennetaan tarvittava määrä, jotta pohjavesialueen pinnankorkeudet tiedetään laajasti kaivannon ympäristössä. Putket tehdään usein teräksistä poraputkista. Putkien asennusten jälkeen alkaa pohjaveden pinnankorkeuden seuranta, saatujen tulosten analysointi ja raportointi. Pohjaveden pinnankorkeuden seuranta tapahtuu suunnitelmissa määrättyin aikaväleihin ja pohjaveden pinnankorkeudet

luetaan paikan päällä. Kaikkien putkien tulokset dokumentoidaan asianmukaisin toimin. Pohjaveden pinnankorkeudet tarkastetaan ja kaikki mittaus tulokset analysoidaan. Saatujen mittaustulosten pohjalta luodaan taulukko, jossa on jokaisessa putkessa oleva pohjaveden pinnan taso. Pohjaveden pinnan seurannan avulla voidaan ryhtyä tarvittaviin toimenpiteisiin pinnan tason alentuessa. Havainne putkista saatujen tietojen avulla seurataan pohjaveden palautumista normaalille tasolle, sekä informoidaan määrättyjä tahoja alueen pohjaveden tilanteesta.

Rakennustyön aikana kaivantoa pidetään yleensä kuivana pumpaamalla vettä pois kaivannosta. Kaivannosta pumpattavasta vedestä erotetaan isoimmat kiintoaineet pumpuissa olevien välppien avulla, jotta letkujen tukkeutuminen ja kiintoaineksen pääsy käsittelylaitteisiin estetään. Kuvassa 8 on esimerkki uppopumpussa olevasta välppästä.



Kuva 8. Työmaalla käytössä oleva voimavirralla toimiva pumppu.

Pumpattu vesi tutkitaan ja saatujen tulosten perusteella määrätään pumpattu vesi puhdistettavaksi oikealla menetelmällä. Veden puhdistamiseen työmaalla on olemassa erilaisia altaita, joilla vesi saadaan puhdistettua ennen sen johtamista pois työmaalta. Hienoainesta sisältävä vesi ohjataan selkeytysaltaaseen, jossa hienoaines erotetaan vedestä painovoiman avulla. Hienoaines kerääntyy altaan pohjalle ja selkeytynyt vesi ohjataan viettoputkien tai pumppujen avulla pois altaasta vesimittareiden läpi. Pumpattujen vesien sisältäessä myrkyjä johdetaan pumpattu vesi aktiivihilisuodattimin varustettuun altaaseen, sekä tarvittaessa öljyä erottavaan altaaseen. Edellä mainituissa altaissa selkeytetty ja puhdistettu vesi ohjataan jatkosijoitus kohteeseen vesimittarien läpi. Vesimittarit dokumentoivat kaivannosta pumpatun veden määrän, jonka jälkeen mittarit luetaan päivittäin, viikoittain tai kuukausittain riippuen tarpeista. Saadut lukemat syötetään vesienhallintataulukon, josta saadaan selville helposti kaivannosta pois-pumpattu vesimäärä ja imeytyksellä maaperään pumpattu vesimäärä haluttuna ajankohtana.

Pohjavesien hallintaa on myös kaivannon tekeminen vesitiiviiksi. Kaivanto saadaan vesitiiviiksi esimerkiksi porapaaluseinien, teräsponsseihin, injektioinneilla ja suihkuinjektointipaalujen avulla. Vesitiiviiden seinien käyttö on välttämätöntä, jos pohjavedenpinta ei saa alentua kaivannon ulkopuolella. [22.]

5.2 Pohjavesien hallinnankustannuksien muodostuminen

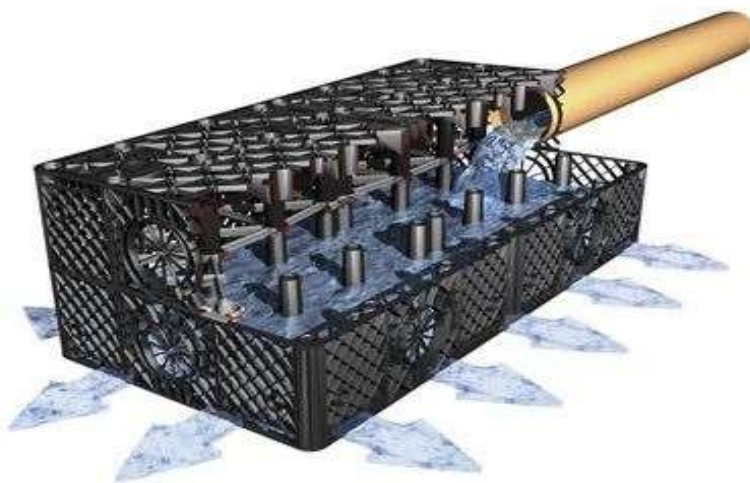
Kaikki edellä mainitut pohjavedenhallintaan liittyvät toimenpiteet muodostavat kustannuksia. Pohjavesien hallinnankustannuksia syntyy suunniteltaessa pohjavesistöjen käyttäytymistä rakennuskaivannon takia, vesien pumppauksista, oikeanlaisesta vesien käsittelystä, mahdollisista imeytyksistä ja pohjavesien tarkkailusta.

6 Imeytysvaihtoehdot

Imeytyksellä tarkoitetaan erilaisia toimenpiteitä, jolla pohjavedenpintaa pyritään nostamaan keinotekoisesti. Työmaalla imeytyksiä järjestetään pohjavedenpinnan alennuttua kaivannon takia. Imeytyksellä nostetaan pohjavedenpinnan taso normaalille tasolle väliaikaisella imeytyksellä ja tarvittaessa pitkäaikaisella imeytyksellä.

6.1 Hulevesikasetit

Hulevesien imeytysjärjestelmä on tehokas ratkaisu sadevesien synty paikalla tapahtuvassa imeytyksessä. Isoissa kohteissa voidaan käyttää hulevesikasetteja, jotka koostaan työkohteessa pohjalevyistä, kasettirungosta ja sivulevyistä. Kasettijärjestelmä voidaan tarkastaa ja huoltaa alimpaan kerrokseen asennetun tarkastuskapselin kautta. Hulevesiä viivyttäessä käytetään kasetteja, jotka on päällystetty hitsatulla muovikalvolla. Tarpeen vaatiessa voidaan viivytyssäiliönä käyttää erillistä viivytyssäiliötä, joka on suunniteltu erikseen käyttö kohteen tarpeisiin ja on varustettu tyhjennyspumppulla. Tällä ratkaisulla voidaan kasetteja asentaa 14:sta kerrokseen, maksimissaan 5 metrin asennus-syvyyteen. Hulevesikasetit suunnitellaan aina kohteittain, mahdollistaen kaikkien kohteessa tarvittavien hulevesiputkien yhteensopivuuden. Kuvassa 9 on havainne kuva minkälaiselta hulevesikaseteista koottu järjestelmä näyttää. [16.]



Kuva 9. Esimerkki hulevesikasetti järjestelmästä. [25]

6.2 Hulevesitunnelit

Hulevesitunnelit on suunniteltu ja kehitetty hulevesien kierrättämistä varten. Alueen hule- ja sadevedet kerätään ja ohjataan hulevesitunneliin, jossa vesi viivytetään ja imeytetään halutulle alueelle. Hulevesitunneli on rakennettu tunnelimoduuleista ja päätylevyistä. Järjestelmän kokoa voidaan muokata liittämällä yksi tai useampi tunnelipala peräkkäin, näin saadaan järjestelmästä juuri oikean kokoinen halutulle alueelle. Hulevesitunneleita löytyy 110, 160, 200 ja 315 mm kokoisina. Kuvassa 10 on esimerkki meltexin hulevesitunnelista.



Kuva 10. Esimerkki Meltexin hulevesitunnelista. [26]

Tunneleiden mitoituksessa tulee huomioida alueen maaperänlaatu ja pinta-ala, jolta hulevesi imeytetään. Tunnelien määrä lasketaan tarkasti suunnitteluvaiheessa, ja tämän takia tuleekin ennen asennusta varmistaa tarvittava tunnelien määrä ja asennussyvyys. Tunneleita ei saa asentaa alle 6 metrin päähän rakennuksista, eikä läheisyydessä saa olla puiden juuria. Pohjaveden pinnan korkeuden tulee olla vähintään yksi metri alaspäin ylimmästä imeytys kohdasta. Imeytettävän veden tulee täyttää pohjavedenpilaamiskiellon edellytykset, parkkialueen vedet eivät näitä aina täytä, joten parkkialueiden vesiä ei saa johtaa hulevesijärjestelmään. [17.]

Hulevesi tunneleita asennettaessa aluksi kaivetaan kaivanto haluttuun syvyyteen ja tämän jälkeen laitetaan pohjalle 10 cm kerros sepeliä (raekoko 8-16 mm). Sepelikerroksen päälle laitetaan hulevesitunneleita tarvittava määrä päällekkäin ja rinnakkain,

jonka jälkeen nämä liitetään yhteen tunneleissa olevien liittimien avulla. Hulevesiputket asennetaan vähintään 20 cm tunnelin sisään ja tuuletusputkia laitetaan tarvittava määrä, esim. 50:stä tunnelissa tarvitaan yksi 100 mm tuuletusputki ja 200 mm tarkistusputki jokaista linjaa kohti. Tunneleiden asennuksen jälkeen asennetaan tunneleiden ympärille käyttöluokan 2 vaatimat suodatinkankaat, 30 cm limittäin toistensa päälle. Lopuksi kaivanto täytetään suunnitelmien mukaisella materiaalilla. [17.]

6.3 Porakaivo

Porakaivoa suunnitellessa tulee porakaivon paikka käydä tarkastamassa ennen porauksen aloittamista. Porakaivon paikka ei saa olla notkossa, jätevesien käsittely paikan lähellä eikä liian lähellä taloja. Notkoissa vaarana on vesien kertyminen notkon pohjalle, ja sitä kautta poratun kaivon sisälle, jätevesien käsittelypaikan läheisyydessä on myös vaarana jäteveden pääsy kaivoon. Kaivon paikka ei saa myöskään olla alle 30 m päässä pohjaveden imeytys alueesta.

Porakaivo porataan ns. maaporauksella. Maaporauksessa asennetaan maaputki, joka estää veden pääsemisen porareikään, ja maansortumisen porareikään. Maaputki on noin 200 mm varsinaista putkea leveämpi. Teräsputkella porattaessa pitää teräsputken osua kallioon asti. Jos porakaivoa tehtäessä ei saada haluttua määrää vettä kaivosta, tehdään kaivolle paine halkaisu. Painehalkaisussa kaivo tukitaan 30 metrin syvyydeltä ja paineistetaan pumpun avulla. Paine suurentaa kalliossa olevat halkeamat joissa vesivirtaa, kasvattaen kaivoon tulevan veden määrän.

Porakaivon hintaan vaikuttavat maaperä ja porauksen syvyys. Painehalkaisuun päädyttäessä nousee porakaivon hinta noin 700 euroa. [18.]

6.4 Siiviläputkikaivo

Siiviläputkikaivoja rakennettaessa asennetaan aluksi teräksinen suojaputki. Tämän jälkeen suojaputki kaivetaan tyhjäksi maa-aineksista. Suojaputken sisälle asennetaan siiviläputki, jossa on rakoja vedenotto- ja imeytyssyvyyydessä. Yksittäisiä siiviläputkia tehdessä käytetään normaalia porakalustoa poraamisessa. Siiviläputkikaivoja käytetään yleensä alueilla, missä on paksuja hiekka- tai sorakerroksia mihin normaalin rengaskaivon asentaminen ei ole mahdollista tai asennus on liian kallista. Kaivot rakenne-

taan samalla kalustolla kuin kalliokaivot, tällä tavalla päästään 20 – 40 metrin asennussyvyyteen.

Siiviläputken halkaisija on yleensä 50 – 500 mm, ja putkessa on vaaka, sekä pysty suuntaisia rakoja, joista vesi virtaa vapaasti putken sisälle ja imeytettäessä putken ulkopuolelle. Raot on muotoiltu v:n muotoisiksi, jotta irtomaa ei pääse kaivon sisään. Siiviläosuus on määritelty oikean kokoiseksi laskenta ohjelman avulla parhaan imeytys / vedenoton saamiseksi. Siiviläputkikaivo valitaan usein yksityiskiinteistöjä varten, joissa pohjaveden syvyys on 10 metrissä ja maaperä on hiekka- tai sorakerrostumaa. [19] ja [20.]

6.5 Saattolämmitys

Talvisin on vaarana vedenotto- ja vedensyöttöputken jäätyminen. Tämän kaltaisissa tapauksissa laitetaan putken sisä- tai ulkopuolelle lämmityskaapeli, jolla vesiputki pidetään sulana pakkasen aikana. Vastuslangan lisäksi putken ympärille asennetaan eristekerros.

7 Kalasataman työmaan vesienhallinta ja kustannukset

7.1 Vesienhallinta

Kalasatamassa REDI-työmaalla on toteutettu vesienhallinta suunnitelmien ja määräysten mukaisesti vuodesta 2011. Ympäristöön asennettiin lukuisia pohjaveden tarkkailu-putkia olemassa olevien putkien lisäksi ennen kaivutyön aloittamista alueen pohjaveden pinnankorkeuden keräämiseksi. Töiden alettua kaivannosta tehtiin vesitiivis ponttien, uraan lyötyjen teräsputkipaalujen, injektointien sekä suihkuinjektointipaalujen avulla. Lopullinen vesitiiviyys työmaalle vieviin ajotunneleihin tehdään vedenpitävillä betonirakenteilla. Kuvassa 11 on yleiskuvaa työmaan vesitiiviistä rakenteista, ja kuvassa 12 on tarkemmin kuvattuna paaluseinää.



Kuva 11. Kalasatamassa sijaitsevan REDI työmaan vesitiiviitä teräsrakenteita.



Kuva 12. Ajotunnelin avo-osuuden patoseinää.

Tarkkailuputkien lukemisen ja analysoinnin tekee Geotek Oy, joka raportoi kuukausittain havaintoputkien lukemat liitteen 1 mukaisella tavalla. Geotek on asentanut parikymmentä havaintoputkea, joita he käyvät lukemassa. Kalasataman alueella pohjavesien havaintoputkia on asentanut myös FCG, joka on vastannut Kalasataman pilaantuneiden maiden, sekä pilaantuneiden vesien oikeanlaisesta käsittelystä. Liitteessä 4 on FCG:n Kalasataman alueen tekemä kaivantovesien käsittely- ja tarkkailusuunnitelma. Suunnitelmassa on ohjeistettu kaivannon vesienkäsittelyä. Kuvassa 13 on esimerkki työmaan havaintoputkista.



Kuva 13. REDI työmaalle asennettuja pohjaveden tarkkailu putkia.

Työmaalla on kuusi selkeytysallasta ja yksi aktiivihiihiallas pilaantuneen veden käsitte-lyä varten, työmaan vesistä on löytynyt mm. öljyä Kalasataman sataman toiminnan jäljiltä. Aktiivihiihialtaan käytöstä luovuttiin loppukesästä 2016, koska FCG:n tutkimusten perusteella pilaantuneiden vesien kulkeutuminen kaivantoon on loppunut. Selkeytysal-
taat toimivat työmaalla painovoiman avulla, hienoaines painuu altaiden pohjalle ja sel-
keytynyt vesi ohjataan seuraavaan selkeytysaltaaseen tai vesimittariin. Selkeytysaltai-
den täytyttyä hienoaineesta tyhjennettiin altaat kaivamalla hienoaines pois, jotta altai-
siin pumpattavan veden sisältämä uusi hienoaines pääsee painumaan altaan pohjalle.
Kaivettu hienoaines kuljetettiin määrättyyn jatkosijoituskohteeseen hävitettäväksi. Ku-
vassa 14 on työmaalla käytössä olevia selkeytysaltaita, jotka on eristetty talvea varten.



Kuva 14. Eristettyjä selkeytsaltaita, jotka selkeyttävät työmaalta pumpattavaa vettä.

Selkeytsaltaista pumpattu vesi kulkee vesimittarin läpi, joka tallentaa mittarin läpi kulkeeneen veden määrän. Kuvassa 15 on vesimittari, jonka kautta vesi johdetaan viemäri-verkostoon. Mittarit luettiin kesällä pohjaveden pinnan alennuttua joka päivä ja dokumentoitiin vesienhallintaa varten tehtyyn kaavakkeeseen. Taulukosta selviää kunkin mittarin läpi kulkeeneen veden määrän päivässä sekä kumulatiivisen jakauman, joka osoittaa kuinka paljon kunkin mittarin läpi on kulkenut vettä mittarin käyttöönotto hetkestä lähtien. Ongelmana on mittareiden jumiutuminen, mutta tämä pystytään estämään puhdistamalla mittari tasaisin väliajoin. Loppukesästä pohjavedenpinnan tasaannuttua mittareiden lukeminen harvennettiin päiväisestä viikoittain luettavaksi.



Kuva 15. Työmaalla käytössä oleva pumpattavanveden mittari.

Työmaan vesienhallinnan dokumentti sisältää tiedon pois pumpatusta vedestä, kaivantoon pumpatun veden määrän, kaivantoon sataneen veden määrän sekä imeytyksellä maaperään imeytetyn veden määrän. Taulukko lähetetään viikoittain määrätuille tahoille ja tarvittaessa raportoidaan mahdollisista poikkeamista ja näiden syistä kaupungille. Liitteessä 3 on työmaalla käytetty vesienhallintakaavake, johon mitatut vesimäärät on dokumentoitu.

Pohjaveden pinta aleni alueen työmaiden vaikutuksesta keväällä 2016. Kaupunki määräsi alueen työmaat järjestämään työmailleen omat väliaikaiset imeytykset. Imeytyspaikaksi valittiin Lauttatarhankatu, mikä oli aiemmin vuonna 2012 tehdyn suunnitelman mukainen. Kaivo tehtiin kaivonrenkaista. Aluksi kaivanto kaivettiin noin kuuteen metriin, jonka jälkeen jokaisen kaivonrenkaan alareuna hakattiin viistetysti rikki, jotta vesi pääsi kaivosta maaperään. Kaivorenkaita laitettiin useampia, jotta saavutettiin maaperässä oleva karkeampi maakerros. Kaivon ympärystä täytettiin karkealla kiviaineksella tehostaen kaivosta imeytettävän vesimäärän pääseminen pohjavesivarantoon. Kaivantoon imeytettävä vesi otettiin palopostista, mihin kiinnitettiin palopostiin tarkoitettu hana, jossa oli mittari otetulle vedelle. Kaivon asennettiin laite, joka mittaa pinnan korkoa. Laitteen avulla veden syöttö katkeaa automaattisesti vedenpinnan noustessa kaivossa liian ylös. Tämä mahdollisti ympärivuorokautisen imeytyksen. Ilman kyseistä laitetta ei imeytystä voida jatkaa ympärivuorokautisesti, kaivon tulvimisvaaran takia. Talvea varten

imeytysjärjestelmä eristettiin ja kytkettiin saattolämmitykseen jäätymisen estämiseksi. Kuvassa 16 on väliaikainen v.2016 asennettu imeytyspiste eristettynä.



Kuva 16. Työmaan väliaikainen imeytysjärjestelmä eristettynä.

Keväällä 2016 kaupunki vaati Kalasataman alueella toimivat työmaat tilaamaan yhteiskustanteisesti pohjavesien virtaamamallin Kalasataman alueelta, koska alueen pohjaveden pinta on laskenut ja tämän vaikutusta pohjavesien virtaamiin ei tunneta. Virtaamamallin avulla havainnoidaan, kuinka alueen pohjavesitilanne on muuttunut ja miten kaivantojen vesitiiviisyys vaikuttaa alueen pohjaveden virtaamaan. Virtaamamallin avulla havainnoidaan myös erilaisten imeytyspaikkojen tehokkuutta ja mallin avulla päätettiin pitkäaikainen imeytyspaikka ja imeytyspaikassa tarvittava imeytettävä veden määrä, jotta pohjavedenpinta saadaan palautettua normaalille tasolle. Imeytyspaikaksi valittiin metroaseman vieressä olevan Tilastokeskuksen tontti. Virtaamamalli tilattiin Pöyryltä ja se valmistui elokuussa 2016. Työmaalla ei ollut ennestään virtaamamallia, jota olisi voitu käyttää hyödyksi.

7.2 Pohjavesien hallinnankustannukset

Pohjavesien hallinnan kustannukset koostuvat suunnittelusta, seurannasta, käsittelystä ja imeyttämisestä. Suunnittelukustannuksia on syntynyt Sito:n suunnitellessa pohjave-

sien hallintasuunnitelmaa ja imeytysjärjestelmää pohjaveden pinnan nostamiseksi. Pilaantuneiden vesienkäsittelyn suunnittelun ja seurannan on hoitanut FCG. Suunnittelukustannukset ovat kymmenen prosentin luokkaa kokonaiskustannuksista ja suunnitellulla on saatu säästettyä imeytys kustannuksia, koska oikealla paikalla välttyttiin usean imeytys pisteen rakentamiselta ja imeytettävä vedenmäärä on pienempi. Liitteessä 4 on työmaan vesienhallinnan kustannustaulukko vuosilta 2011 – 2016.

Geotek Oy on suunnitelmien perusteella asentanut Kalasataman alueelle pohjaveden tarkkailuputkia. Putkien asentamisen lisäksi Geotek Oy lukee putkista pohjaveden pinnan korkeuden viikoittain. Pohjaveden tarkkailun kustannukset muodostuvat suunnittelusta, asennuksesta, tarkkailusta ja tulosten analysoinnista. Vesienhallinnan kokonaiskustannuksista pohjaveden tarkkailu muodostaa noin kymmenen prosenttia.

Pilaantuneista vesistä on aiheutunut suunnittelukustannusten lisäksi myös käsittelykustannuksia. Käsittely hoidetaan aktiivihiihialtailla ja selkeytysaltailla, mitkä ovat muodostaneet työmaan vesienhallinnan kokonaiskustannuksista melkein puolet. Kaikki kaivannosta pois pumpattu vesi on jouduttu käsittelemään kyseisissä altaissa. Altaita työmaalla on ollut samanaikaisesti enimmillään kuusi.

Vesienpumppaus ja pumppauskaluston vuokra on iso menoerä vesienhallinnassa. Työmaalla on käytetty vuokrakalustoa ja pumppuja on ollut useita kymmeniä samanaikaisesti. Vuokrauksista ja rikkoutuneiden pumppujen lunastamisista on aiheutunut kaksikymmentä prosenttia vesienhallinnan kokonaiskustannuksista. Myös letkuja oli vuokrattu työmaan alussa, mutta nopeasti poistettiin vuokratut letkut työmaalta ja tilalle tuotiin omia.

Pöyryltä tilattiin kesällä 2016 virtaamamalli pohjaveden havainnointiin ja korjaustoimenpiteiden tehostamiseen. Virtaamamallin avulla saatiin selvitettyä tehokkain imeytyspaikka. Virtaamamallin kustannukset ovat noin prosentti vesienhallinnan kustannuksista.

Väliaikainen imeytys aloitettiin työmaalla 2016 ja vettä on imeytetty useita tuhansia kuutioita. Väliaikainen imeytys on aiheuttanut arviolta kymmenen prosenttia kokonaiskustannuksista. Imeytyksen kustannukset ovat pääasiassa käyttökustannuksia ja pieni osuus koostuu rakentamiskustannuksista.

Työmaan vesienhallinta on maksanut aikavälillä 2011 – 2016 noin puoli miljoonaa euroa

8 Johtopäätökset

Vesienhallinta työmaalla on ollut järjestelmällistä ja hyvin suunniteltua. FCG on toiminut konsulttiyrityksenä pilaantuneiden vesien käsittelyssä, ja Sitolta on saatu työmaan alussa pohjavesien hallintasuunnitelmat. Järjestelmällisellä suunnittelulla on saatu karstittua turhia töitä ja työvaiheita, mikä on alentanut kokonaiskustannuksia. Suunnittelun lisäksi kustannuksia muodostui virtaamamallista, pumppujen vuokrista, imeytyksestä, vesien käsittelystä ja puhdistamisesta sekä pohjaveden tarkkailusta.

Pöyryltä tilatulla virtaamamallilla saatiin selvitettyä nopeasti paikka imeytykselle, joten ylimääräisiä imeytyspaikkoja ei tarvinnut rakentaa pohjaveden tasaisen pinnan nostamiseksi. Pöyryn virtaamamallin kustannukset olivat prosentti kokonaiskustannuksista ja samalla säästettiin rahaa, joka olisi kulunut ylimääräisten imeytyspaikkojen tekemisessä. Virtaamamallin maksoi kaksi alueen työmaista.

Pumppujen ja letkujen vuokra- / lunastuskustannukset ovat melko korkeat, vesienhallinnan kokonaiskustannuksista noin kaksikymmentä prosenttia. Työmaa on ollut käynnissä vuodesta 2013 ilman keskeytyksiä, joten pumppuja on vuokrattu yhtäjaksoisesti kolmen vuoden ajan. Vuokratkustannuksia on kertynyt huomattavan suuri määrä vuosien varrella, mikä on saanut pohtimaan olisiko uppopumput kannattanut ostaa heti töiden alettua. Yhden tehokkaan valovirta pumpun (230 v) hinta on noin 1050 € ja isomman voimavirta (400 v) pumpun hinta on noin 1700 €. Vuokrattuna pumpun kustannus on noin 2 € vuorokaudessa ja tähän lisätään palautus hetkellä korjaus-, pesu- ja lunastuskulut.

Työmaa olisi saanut pitkällä aikajaksolla säästettyä merkittävän määrän rahaa, jos kaikki uppopumput olisi ostettu, koska työmaalla on ollut samanaikaisesti useita kymmeniä pumppuja. Karkeasti arvioituna työmaa olisi säästänyt pumpun hinnan puolessatoista vuodessa, mikäli pumppu olisi vuokraamisen sijaan ostettu. Lopullisia säästöjä on vaikea arvioida, koska jokaista pumppua olisi pitänyt huoltaa tasaisin väliajoin, seurata pumppujen sijaintia ja käsitellä pumppuja, etteivät ne rikkoutuisi. Työvaiheiden aikana kaivannon täyttöihin on jäänyt pumppujen letkuja. Jokainen letku pitäisi kerätä käytön loputtua talteen, ettei letkuja olisi kadonnut matkan varrella.

Virtaamamallin mukainen lopullinen imeytys tehdään vuoden 2016 aikana. Väliaikainen imeytys, joka tehtiin kaivonrenkaista, on ollut käytössä kesän. Loppusyksystä tähän

rakennettiin lämmöneristys ja saattolämmitys jäätyminen estämiseksi. Väliaikainen imeytys järjestettiin suunnitelmien mukaisesti ja rakentamiskustannukset olivat pienet. Kalleinta on ollut imeytettävä vesi. Veden hintaan on vaikea vaikuttaa, joten imeytyksen kustannuksia on vaikea pienentää siitä mitä ne ovat tällä työmaalla. Vettä ei kannattanut myöskään kierrättää imeytyksessä, koska imeytys paikka sijaitsee liian kaukana pumppauksesta.

Vesien käsittely on ollut työmaan kallein menoerä vesienhallinnan kokonaiskustannuksista. Noin puolet vesienhallinnan kustannuksista on muodostunut aktiivihiihi- ja selkeytysaltaista. Työmaalla on tehty selvitys altaiden hinnoista ennen näiden ottamista työmaalle. Työmaan altaat ovat kuitenkin olleet liian pienet niihin ohjattuun vesimäärän nähden, koska hienoaineksesta on aiheutunut turhia puhdistus- ja korjauskuluja. Altaat ovat suodattaneet myrkyt FCG:n valvonnassa hyväksytysti, joten tähän altaiden koko ei ole vaikuttanut. Jatkossa vastaavilla työmailla kannattaakin kilpailuttaa tarkasti selkeytysaltaiden tarjoajat, sekä mitoittaa altaiden koko käsiteltävän veden määrään. Altaiden kustannuksia on vaikea pienentää, mutta työmaalla olisi voitu kilpailuttaa useampaa altaan tarjoajaa.

Tällä työmaalla ongelmaksi muodostui mittarien tukkeutuminen ja tähän ei pystytty reagoimaan nopeasti, koska vesientarkkailu ei ollut aluksi tarpeeksi säännöllistä. Vastaavanlaisessa työmaassa pitäisi nimetä henkilö, joka vastaisi vesienkäsittelystä, niiden tarkkailusta ja raportoinneista. Tällöin tiedettäisiin koko ajan, miten paljon vettä työmaalle pumpataan ja kuinka paljon sitä poistetaan. Tällöin saataisiin reagoitua nopeasti mahdollisiin pohjavedenpinnan muutoksiin. Säännöllisellä tarkkailulla ja raportoinnilla saadaan säästettyä rahaa ja tarvittavat korjaustoimenpiteet voisivat olla pienempiä.

Lähteet

- 1 Tietoa Destiasta. <<http://www.destia.fi/yritys.html>>. luettu 20.9.2016
- 2 Tietoa Destiasta. <<http://www.destia.fi/>>. luettu 20.9.2016
- 3 Tietoa REDI työmaasta. <<http://www.redi.fi/mika-redi/>>. luettu. 20.9.2016
- 4 Tietoa REDI työmaasta. <<http://www.redi.fi/>>. luettu. 20.9.2016
- 5 Tietoa Kalasataman REDI työmaasta. verkkolehti. <<http://via.destia.fi/uutinen/uutta-kaupunkia.html?p7150=4>>. Luettu 10.
- 6 Tietoa pohjavesistä. Geologian tutkimuskeskus. <<http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/pohjavesi/>>. Luettu 27.9.2016
- 7 Tietoa pohjavesistä. Geologian tutkimuskeskus. <http://weppi.gtk.fi/aineistot/mp-opas/pohjav_esiintyminen.htm>. luettu 27.9.2016
- 8 Tietoa orsivedestä. <<http://cc oulu.fi/~ejeronen/research/herodot/tyot/Papinj/orsivesi.htm>>. luettu 20.9.2016
- 9 Orsivesi. tieteen termipankki. <<http://www.tieteentermipankki.fi/wiki/Ymp%C3%A4rist%C3%B6tieteet:orsivesi>>. Luettu 5.10.2016
- 10 Tietoa pohjavedestä. Espoon kaupunki. <http://www.espoo.fi/fi-FI/Asuminen_ ja_ ymparisto/Rakentaminen/Maaperatiedot/Pohjavesi>. Luettu 29.9.2016
- 11 Pohjavesitutkimusopas. Suomen vesiyhdistys. verkkodokumentti. <<http://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Pohjavesiopas.pdf>>. luettu 10.10.2016
- 12 Kinnunen. 2009. Pohjavesialueiden kartoitus ja luokitus. Suomen vesiyhdistys. Pdf aineisto yo 2009 pohjavesi, Sivulta 14
- 13 Tietoa pohjavesialueista. <http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Pohjaveden_suojelu/Pohjavesialueet>. luettu 29.9
- 14 Rantamäki. Tammirinne. Pohjarakennus 465 2006. Otatieto. Luettu 17.10.2016

- 15 Ympäristönsuojelulaki. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140527>>. Luettu 20.9
- 16 Hulevesien imeytys. Uponor. <<https://www.uponor.fi/tuotejarjestelmat/hulevesiputkistot/hulevesien-imeyttaminen.aspx>>. Luettu 25.9
- 17 Hulevesitunnelit. Meltex. <http://www.meltex.fi/media/dokumentit/esitteet/meltex_hulevesitunnelit.pdf>. Luettu 25.9
- 18 Tietoa porakaivoista. Suomen porakaivo. <<http://www.suomenporakaivo.fi/porakaivot/>>. Luettu 21.9.16
- 19 Kaivonpaikka. Ympäristöopas. 2008. verkkodokumentti. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38823/YO2008_Kaivon_paikka_sivut_66_94_luvut_6_8_ja_lahteet.pdf?sequence=5>. Luettu 21.9.2016
- 20 Tietoa putkikaivoista. Suomen pohjavesitekniikka oy. <<http://www.pohjavesi.fi/toteutus/putkikaivot>>. Luettu 21.9.2016
- 21 Pohjaveden alueellinen hallintasuunnitelma. Helsingin Kaupunki. Verkkodokumentti. 2004. <<http://dev.hel.fi/paatokset/media/att/c4/c44f6ba91049692bb4c0ee118d9909a87af2bc60.pdf>>. Luettu 27.9.2016 ([sivu 4 ja 5](#))
- 22 MaaRYL 2010. Rakennustieto. Luettu 9.9.2016
- 23 Kuva. 1 <<http://www.redi.fi/redihackissa-ideoidaan-digiratkaisuja-sujuvampaan-arkeen/>>. Luettu 1.11.2016
- 24 Kuva. 3 Lempäälän Kunta. <<http://www.lempaala.fi/palvelut/asuminen-rakentaminen-ja-ymparisto/ymparistonsuojelu/pohjavesi/>>. Luettu 1.11.2016
- 25 Kuva. 9 <<http://news.cision.com/fi/viisikko-communicas-communications-vca-oy/i/hulevesikasetti,c58894>>. Luettu 8.11.2016
- 26 Kuva. 10 <<http://www.meltex.fi/tuotteet/infra-maa-ja-vesirakentaminen/hulevesijarjestelmat/meltex-hulevesitunneli.html>>. Luettu 8.11.2016

Geotek pohjavesien havaintopisteet

Kaivantovesien tarkkailu- ja hallintasuunnitelma

Vesienhallinta kaavake

Kustannustaulukko

Kaivantovesien tarkkailu- ja hallintasuunnitelma