

Kaivannon kuivanapito Kuopion Energian polttoainekentän työmaalla

Olli Männikkö

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Olli Männikkö	
Työn nimi Kaivannon kuivanapitoon liittyvät ongelmat	
Päiväys 16.12.2013	Sivumäärä/Liitteet 29
Ohjaaja(t) Raimo Lehtiniemi, lehtori; Juha Pakarinen pt. tuntiopettaja	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Lemminkäinen Infra Oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitena oli perehtyä kaivannon kuivanapitoon liittyviin haasteisiin Kuopion Energian polttoainekentän työmaalla. Erityisesti keskityttiin kiintoaineksen erotinaltaan kaivantoon. Tarkoituksena oli kertoa mitä ongelmia oli kaivantotyössä ja erotinaltaan rakentamisessa.</p> <p>Opinnäytetyö on koottu Kuopion Energian polttoainekentän työmaalla hankittujen kokemusten ja lähdekirjallisuuden perusteella. Lähdekirjallisuudesta on etsitty tietoa, miksi tiettyjä työtapoja on käytetty ja onko niille vaihtoehtoja. Opinnäytetyössä on arvioitu työmenetelmiä ja niiden toteutusta kohteessa.</p> <p>Tuotoksena saatiin raportti niistä virheistä, joita Kuopion Energian polttoainekentän työmaalla tehtiin. Raportissa tarkastellaan, miten virheet olisi voitu välttää ja mitä ongelmia ne työskentelyn edetessä aiheuttivat. Raportista selviää myös työmenetelmien sopimattomuus sellaisenaan suunniteltuna kyseiseen kohteeseen.</p>	
Avainsanat Kaivanto, kaivannon kuivanapito, maarakennus	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Civil Engineering			
Author(s) Olli Männikkö			
Title of Thesis Challenges of trench drainage			
Date	16 December 2013	Pages/Appendices	29
Supervisor(s) Mr. Raimo Lehtiniemi, Lecturer; Mr. Juha Pakarinen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Lemminkäinen Infrastructure Ltd			
<p>Abstract</p> <p>The aim of the thesis was to study challenges of trench drainage at the construction site of the fuel storage field of Kuopion Energia (Energy company of Kuopio), focusing on the trench for the separator of solid material. The aim was to bring up the problems faced in excavation and construction work of the various stages of the separator.</p> <p>Information for the thesis was gathered from experiences at the site and from the source literature. The source literature was searched for reasons to justify working methods used, as well as finding optional working methods. The used working methods and their implementation on the site were evaluated.</p> <p>The result of the thesis was a report that points out errors made at the construction site of the fuel storage field of Kuopion Energia. Suggestions were made on how these errors could be prevented. The report also revealed some problems in the working methods used at this site.</p>			
Keywords Excavation, trench drainage, civil engineering			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
2	KAIVANNOT JA NIIDEN KUIVANAPITO.....	7
2.1	Kaivannot	7
2.2	Tuettu kaivanto ja teräsponttiseinä	7
2.3	Kuivanapito.....	8
2.3.1	Kuivanapitomenetelmät	8
2.3.2	Suoraan kaivannosta pumppaaminen.....	8
2.3.3	Pumppukuopat.....	9
2.4	Injektointi	9
3	KUOPIOEN ENERGIAN POLTTOAINEVARASTOKENTTÄ JA KIINTOAINEKSEN EROTINALLAS.....	10
3.1	Työkohteen esittely.....	10
3.2	Erotinaltaan työsuunnitelma	11
3.2.1	Kaivuvaiheet	12
3.2.2	Teräsponttiseinä	12
3.2.3	Kaivannon kuivanapitojärjestelmä.....	12
4	KIINTOAINEKSEN EROTINALTAAN JA SEN KAIVANNON TYÖVAIHEET	13
4.1	Maansiirto ja ponttauksen valmistelu	13
4.2	Ponttaus	15
4.3	Kaivannon kaivu ja kuivanapito.....	17
4.4	Altaan muotti- ja valutyöt	18
5	KAIVANNON KUIVANAPITOON LIITTYNEET ONGELMAT	23
5.1	Suunnittelusta aiheutuneet ongelmat	23
5.2	Ponttiuran kaivu	23
5.3	Uppopumppujen hankinta	23
5.4	Pumppaus.....	23
5.4.1	Pumppujen sijoittelu.....	23
5.4.2	Pumppujen sähkötekniset ongelmat.....	24
5.4.3	Pumppujen tukkeutuminen	24
6	POHDINTA	25
6.1	Mitä olisi voitu tehdä toisin?.....	25
6.1.1	Pohjatutkimukset	25
6.1.2	Vaihtoehtoinen työtap.....	25
	LÄHTEET	27

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella Kuopion Energian polttoainekentän työmaalta kerättyä tietoa, liittyen työmaan haastavimmalta tuntuneeseen työvaiheeseen, kiintoaineksen erotintaaseen ja sen kaivannon kuivanapitoon. Työn tavoitteena on myös esittää syitä työkohteessa kohdattuihin ongelmiin ja auttaa välttymään vastaavilta ongelmilta tulevissa kohteissa. Työssä pyrin havainnoillistamaan työmenetelmien toimivuutta tai toimimattomuutta sekä tässä että vastaavan kaltaisissa kohteissa.

Pääsin vuonna 2012 kesätöihin yritykseen Lemminkäinen Infra Oy ja minulle tarjoutui mahdollisuus tehdä heille opinnäytetyöni. Lemminkäinen Infra Oy on osa Lemminkäinen Oyj:tä ja se on Suomen suurin ja kansainvälinen infra-alan yritys ja merkittävä toimija päämarkkina-alueellaan Itämeren ympäristössä. Lemminkäinen Infra Oy toimi 2012 kesän alussa alkaneen Kuopion Energian polttoainekentän työmaan pääurakoitsijana ja työskentelin kyseisellä työmaalla opinnäytetyön teon ohessa. Rakennushankkeeseen kuului kenttärakenteet, kiintoaineksen erotinallas, hulevesiviemärointi, valaistus sekä aidat portteineen ja se sijaitsi Haapaniemen Kumpusalmessa vesistötäyttöalueella. Hankkeen rakennuttajan, Kuopion Energian, lisäksi yhteistyökumppaneita olivat aliurakoitsija Maanrakennuspalvelu Mikko Lyytinen Oy ja Rakennuttajakonsultoinnista ja suunnittelusta vastannut SITO Oy. Opinnäytetyön tavoitteista sovimme yhdessä Lemminkäinen Infra Oy:n Kuopion aluepäällikön Seppo Meriläisen kanssa.

Tieto tätä opinnäytetyötä varten hankittiin käytännön kokemuksina ja havaintoina työmaalta. Työssä tarkastelen tietoa, joka kerättiin pitämällä työmaapäiväkirjaa sekä kirjoittamalla omia muistiinpanoja. Työmaan tapahtumia ja ongelmia havainnoillistan työmaalta ottamillani valokuvilla. Ratkaisuja ja syitä ongelmiin työssä pohditaan työmaalla yhdessä työntekijöiden ja työnjohdon kanssa käydyissä keskusteluissa heränneiden ajatusten pohjalta. Työssä tarkastellaan myös alan oppikirjoista ja oppaista hankittua täydentävää tietoa.

2 KAIVANNOT JA NIIDEN KUIVANAPITO

2.1 Kaivannot

Rakennukset ja rakenteet perustetaan lähes poikkeuksetta rakennuspaikan alkuperäistä maanpintaa syvemmälle. Tämän vuoksi perustusten rakentamista varten joudutaan kaivamaan maahan peruskaivanto. Jos peruskaivanto voidaan kaivaa pelkästään pohjaveden yläpuolella oleviin ja luonnostaan hyvin koossapysyviin maakerroksiin ja lisäksi vielä suotuisissa sää- ja vuodenaikaolosuhteissa, on peruskaivannon kaivu usein varsin yksinkertainen ja rutiininomainen rakennustyön vaihe. Monista epäedullisista olosuhdetekijöistä riipuen peruskaivannosta voi kuitenkin muodostua kallis, vaikeasti toteutettava ja erityistä asiantuntemusta vaativa rakennusvaihe. Tällaisia peruskaivannon toteuttamista vaikeuttavia tekijöitä ovat mm.:

- peruskaivannon suuri syvyys
- kaivettavien maamassojen epäedulliset ominaisuudet
- kaivannon sijainti avovedessä
- kaivannon ulottuminen syvälle pohjaveden alapuolelle
- epäedullinen sää ja vuodenaika. (Rantamäki–Tammirinne 1979, 104.)

Epäedulliset maaperäolosuhteet hankaloittavat merkittävästi peruskaivannon tekemistä, joten peruskaivantojen suunnittelun ja toteuttamisen tulee perustua huolellisesti tehtyihin pohjatutkimuksiin (Rantamäki–Tammirinne 1979, 104).

Peruskaivanto voidaan tehdä luiskattuna tai tuettuna kaivantona. Peruskaivannon toteutustapa valitaan ensisijaisesti taloudellisten näkökohtien perusteella, ottaen huomioon myös kaivantomaaperän geotekniset ominaisuudet ja pohjavesiolosuhteet. (Rantamäki–Tammirinne 1979, 104.)

Karkearakeisessa maapohjassa pohjavedenpinnan alapuolelle ulottuvat kaivannot on tehtävä tuettuina eroosioriskin vuoksi, ellei pohjavettä alenneta keinotekoisesti (Rantamäki–Tammirinne 1979, 105). Tämän vuoksi käsiteltävässä työkohteessa kaivanto tuettiin teräspontein.

2.2 Tuettu kaivanto ja teräsponttiseinä

Tilanteissa, joissa luiskatun kaivannon käyttö ei ole mahdollista tai järkevää esimerkiksi maaperä- ja pohjavesiolosuhteiden vuoksi, tehdään kaivanto tuettuna (Jääskeläinen 2005, 127). Tavallisin kaivannon tukemistapa on teräsponttiseinä. Teräspontteja käytetään syvien

kaivantojen tukemiseen sekä väliaikaisesti että pysyvästi. Teräspontit lyödään maahan ennen kaivutöiden aloittamista. Lyöntikalustona voidaan käyttää paalutuskonetta tai esimerkiksi kaivinkoneeseen asennettua täryvasaraa. Teräsponttien vesitiiveys on ponttiin lyötynä yleensä hyvä, jonka takia teräsponttiseiniä käytetään myös pohjavedenpinnan alaisissa tukiseinissä.(Putkikaivanto-ohje RIL 194, 1992, 30.) On kuitenkin otettava huomioon, että teräsponttien alapäätt tulee ulottua vesitiiviseen maaperään ponttiseinän vesitiiveyden saavuttamiseksi.

2.3 Kuivanapito

Pohjavedenpinta on Suomessa keskimäärin 1,5... 3 m syvyydessä maanpinnasta. Tämän vuoksi peruskaivanto joudutaan usein ulottamaan pohjavesipinnan alapuolelle, jolloin pohjavesi pyrkii virtaamaan kaivantoon ja syntyy kaivannon kuivanapitotarve. Vedentuloon ja sen vaatimaan kuivanapitoon vaikuttavat erityisesti kaivantoa ympäröivän maan vedenläpäisevyys, alkuperäinen pohjaveden korkeus sekä mahdollisten tukiseinien laatu. (Rantamäki–Tammirinne 1979, 143.)

2.3.1 Kuivanapitomenetelmät

Kaivanto tulee yleensä pitää kuivana kaivantotyön aikana. Kaivantojen kuivanapidosta saattaa aiheutua pohjavedenpinnan alenemista kaivannon ympäristössä. Rakennusalueen pohjavedenpinnan taso ja maakerrosten vedenläpäisevyys tulee selvittää ympäristön vaurioiden estämiseksi tarpeellisten toimenpiteiden suunnittelua varten (Putkikaivanto-ohje RIL 194, 1992, 78.)

Tavallisimmin käytettyjä kuivanapitomenetelmiä ovat (Putkikaivanto-ohje RIL 194, 1992, 78.)

- suoraan kaivannosta pumppaaminen
- suodatinkaivoista pumppaaminen
- tyhjiömenetelmä.

2.3.2 Suoraan kaivannosta pumppaaminen

Tavallisin kaivannon kuivanapitomenetelmä on pumppaus suoraan kaivannosta. Tämä menetelmä sopii parhaiten hyvin läpäiseviin karkearakeisiin maalajeihin. Pohjavedenpinnan alentamiseen tätä menetelmää ei voida käyttää luiskan sortumisvaaran ja pohjan hydraulisen sortumisvaaran takia. (Putkikaivanto-ohje RIL 194, 1992, 79.) Käsiteltävässä työkohteessa kaivannon kuivanapito suoritettiin suoraan kaivannosta pumppaamalla.

Hyvin vettä läpäisevässä maaperässä, suuri vedentulo ja sisäinen eroosio saattavat olla ongelmallisia. Kun kaivussyvyys on alle 3 metriä ja vedentulo kohtuullinen, voidaan kaivanto rakentaa tukemattomana ja kuivanapito tehdä suoraan kaivannosta tai matalista pumppukuopista. (Putkikaivanto-ohje RIL 194, 1992, 79.)

2.3.3 Pumppukuopat

Suoraan kaivannosta pumppaaminen tulisi tapahtua peruskaivannon pohjalle, kaivannon nurkkiin tehdyistä puu-, betoni- tai teräslevyrakenteisista pumppukuopista, joihin vesi kerääntyy kaivannon pohjaa ympäröivistä avo- ja salaojista. Näitä kuivatusrakenteita varten kaivannossa tulisi olla riittävästi tilaa varsinaisten perustusrakenteiden ulkopuolella. Hienorakeisessa maassa pumppukuopan pohjalla ja tarvittaessa myös sivuilla tulisi olla suodatinkerrokset, jotka estävät kuoppaan virtaavan veden eroosiovaikutuksen ja siitä seuraavan ympäröivän maan löyhtymisen. (Rantamäki-Tammirinne 1979, 145.)

2.4 Injektointi

Injektoinnilla tarkoitetaan työmenetelmää, jossa maan huokostila tai raot täytetään injektioaineella tiivistämis- ja vahvistamistarkoituksessa. Käytetystä injektioaineesta riippuen injektioaineen kovettua maan vedenläpäisevyys pienentyy ja/tai puristus- ja leikkauslujuus suurentuu. Bentoniittilaasti on halpa, vain maan vesitiiveyttä parantava injektioaine, jonka tiivistämisominaisuuksia voidaan vielä parantaa lisäkemikaaleilla. Bentoniitti injektioaastian lisä- tai runkoaineena aiheuttaa laastille paisumisominaisuuden. Maan vesitiiveyttä voidaan parantaa myös bitumiemulsioinjektioinnilla. (Rantamäki-Tammirinne 1979, 200–202.) Injektointi olisi ollut käsiteltävässä työkohteessa erittäin suositeltavaa maan vedeläpäisevyyden pienentämiseksi. Erityisesti injektioinnit bentoniittilaastilla tai bitumiemulsiolla olisivat soveltuneet työkohteeseen.

Injektointi tapahtuu injektioputkien kautta, jotka painetaan, tärytetään tai huuhdellaan injektoitavaan maaperään. Injektioaasti pumpataan injektio pumpulla putkiin ja sitä kautta maaperään haluttuun syvyyteen. (Rantamäki-Tammirinne 1979, 200–202.)

3 KUOPION ENERGIAN POLTTOAINEVARASTOKENTTÄ JA KIINTOAINEKSEN EROTINALLAS

3.1 Työkohteen esittely

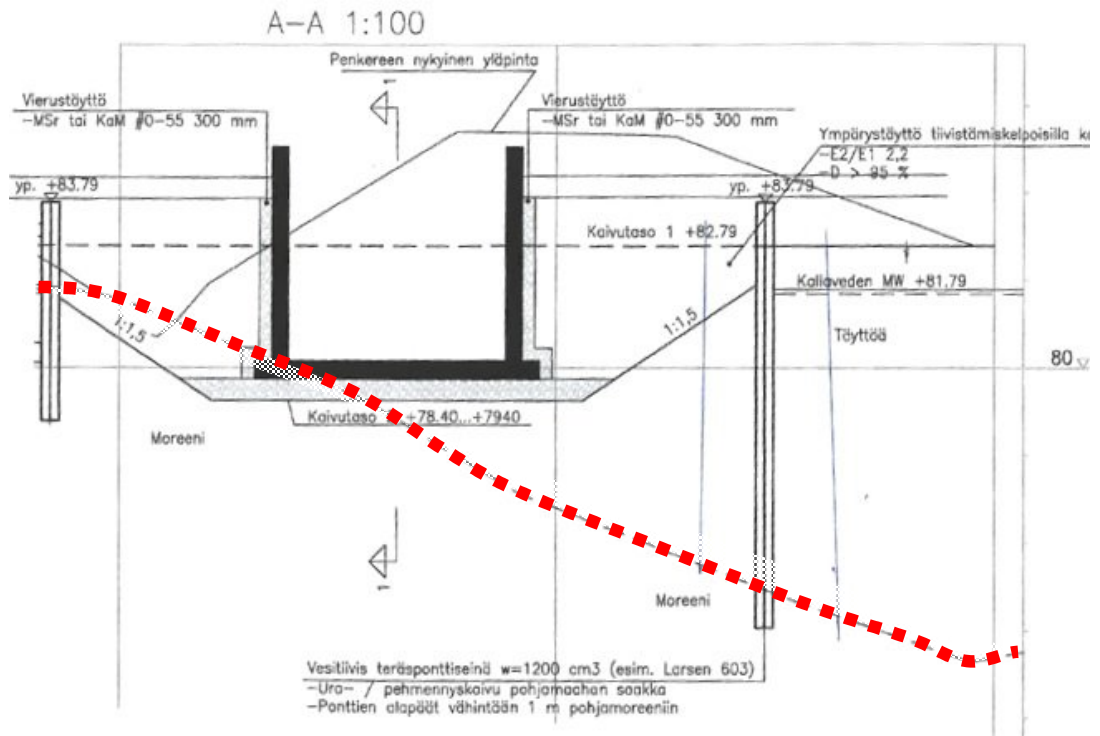
Tässä opinnäytetyössä käsiteltävä työkohte sijaitsee Kuopiossa, Haapaniemen Kumpusalmessa. Rakennushanke on Kuopion Energia Oy:n polttoainevarastokenttä Haapaniemen voimalaitokselle.

Hankkeen tarkoitus on rakentaa Kuopion Energialle Biopolttoaineiden varastokenttä. Kenttä on tarkoitus rakentaa Kumpusalmeen osittain nykyisten varastokenttien päälle ja osittain talvella 2011–2012 louheella tehdyille vesistötäyttöalueelle. Varastokentän rakenteet sisältävät kenttärakenteiden lisäksi mm. hulevesiviemäroinnin ja kiintoaineksen erotinaltaan, tihkukastelulinjaston, pumppukaivo- ja laitilarakennuksen, aidat liukuportteineen sekä valaistuksen. Kiintoaineksen erotinallas on teräsbetoninen rakenne ja rakennetaan paikallavaluna kentän Kallaveden puoleiseen pätyyn louhetäytölle, noin viiden metrin päähän rantaviivasta (kuva 1). Erotinaltaan kaivannon kuivanapidon on arvioitu olevan yksi työmaan haastavimmista töistä johtuen kaivannon ulottumisesta syvälle pohjavedenpinnan alapuolelle sekä maaperän vedenläpäisevyydestä.



KUVA 1. Kentän Kallaveden puoleinen pääty ja erotinaltaan sijoituspaikka (Männikkö 2012–07–03.)

Alueella on tehty pohjatutkimuksia ainoastaan vesistötäyttöalueella, vesistötäyttöurakan yhteydessä. Pohjatutkimuksissa on kartoitettu vesistötäyttöalueen kova pohja pliktaamalla (kuva 2). Pohjatutkimuksissa on käytetty hyväksi myös Kuopion kaupungilta saatuja mittauksia.



KUVA 2. Pliktaamalla havaittu kova pohja punaisella(Suunnitelma kuva, SITO Oy)

Maanpinnan korkeudet suunnittelualueella vaihtelevat välillä + 83,00 – 85,00. Vedenkorkeudet Kallavedellä ovat: keskivesi + 81,79, keskiylivesi + 82,31 ja keskialivesi +81,46. Kumpusalmen pohjan syvyys keskiveden aikaan on n. 4,0 – 8,0 metriä.

3.2 Erotinaltaan työsuunnitelma

Erotinallas on suunniteltu rakennettavaksi teräsbetonista paikallavaluna vesistötäyttöalueelle. Erotinallas on 5,85 metriä syvä, 6,5 metriä leveä ja 20,4 metriä pitkä. Altaan kaivanto on suunniteltu ponteilla tuettavaksi ja ponteilla hillitään myös veden pääsyä kaivantoon. Kaivannon alin kaivutaso on + 78,40 ja maanpinnan taso alueella on n. + 83,50. Kaivannon kuivana pitäminen on suunniteltu tehtäväksi pumppaamalla.

3.2.1 Kaivuvaiheet

Ensin selvitetään kaivannon alueella olevat putket ja kaapelit, jonka jälkeen suoritetaan kaivu tasolle + 82,79 koko kaivannon alueelta. Tämän jälkeen tehdään pehmenyskaivu ponttiseinien kohdalle ja pehmenysuran täyttö hiekalla. Pontit asennetaan koko kaivannon ympärille. Seuraavaksi suoritetaan kaivu ponttien sisäpuolelta alimpaan kaivutasoon vettä samalla pumpaten eroosiosuojatuista pumppukuopista. Kaivanto pidetään kuivana koko rakennustöiden ajan eroosiosuojatuista pumppukuopista. Kaivanto on pidettävä kuivana niin kauan, että nostemitoitusta vastaavat rakenteet on rakennettu ja ympäristäytty tehty kuivatyönä vesipinnan yläpuolelle.

3.2.2 Teräsponttiseinä

Kaivantoa ympäröimään on suunniteltu teräsponttiseinä kaivannon tukemiseksi ja kaivantoon tulevan veden määrän hillitsemiseksi. Ponttiseinä tehdään käyttäen vesitiivistä teräsponttia, ponttiprofiilit $w \geq 1200$ m³/m (esim. Larsen 603). Ponttiseinän kohdalle tehdään ura- /pehmenyskaivu, joka ulottuu pohjamaahan saakka ja urat täytetään hiekalla. Pontit tulee lyödä riittävän syvään, vähintään yhden metrin pohjamoreeniin.

3.2.3 Kaivannon kuivanapitojärjestelmä

Kaivanto on suunniteltu kuivatettavaksi pumppaamalla kaivannon sisäpuolelta eroosiosuojatuista pumppauskuopista. Pumppujen ja pumppukuoppien määrä valitaan sellaiseksi, että kaivu-, rakennus- ja täyttötöet voidaan tehdä kuivatyönä.

4 KIINTOAINEKSEN EROTINALTAAN JA SEN KAIVANNON TYÖVAIHEET

4.1 Maansiirto ja ponttauksen valmistelu

Kuopion Energian polttoainekentän kiintoaineksen erotinaltaan rakennustyöt alkoivat kesäkuun puolessa välissä louheen siirtotöillä, koska vesistötytön Kallaveden puoleinen pengeri oli jäänyt hieman vajaaksi. Vesistötyttö oli tehty muilta osin ylitäytönä, joten louhetta saatiin ajettua penkereeseen ylitäytöstä. Siirtotöiden aikana alueella tehtiin myös koekuoppia, joiden avulla saatiin selvyyttä veden virtaamasta louhepenkan läpi ja arvioitua pumppauskaluston tarvetta. Tässä vaiheessa huomattiin, että kaivannon kuivanapito tulisi olemaan ongelma, koska paikallisten konevuokraamoiden tehokkaimmat oppopumput eivät riittäneet kuivattamaan pientäkään koekuoppaa.

Kun penkereen reuna oli saatu täytettyä suunniteltuun kohtaansa, aloitettiin ponttiuran pehmenyskaivu (kuva 3). Pehmenyskaivun tarkoituksena on poistaa ponttiuralta isot kivet, jotka saattaisivat estää pontin uppoamista maahan, mutta tässä tapauksessa tarkoitus oli myös varmistaa louhetäytön alapuolisen kovan moreenin pinnan taso. Pehmenyskaivussa käytössä oli 22 tonnin tela-alustainen kaivinkone. Kaivinkoneen rajallisen ulottuman takia kaivu eteni vain noin 2,5 metriä Kallaveden pinnan alapuolelle, joka oli sillä hetkellä n. +82,00. Työmaalle jouduttiin hankkimaan isompi kaivinkone, jotta yletyttäisiin kovaan moreeniin ja saataisiin kaikki isot kivet poistettua. Isommalla kaivinkoneella, joka oli 38 tonnin, päästiinkin syvemmälle, noin 4 metriä Kallaveden pinnan alapuolelle, mutta vedenalainen kaivu oli hidasta, eikä moreenia tullut kuin paikoitellen vastaan. Tämän jälkeen ponttiura täytettiin murskeella ja työmaalle tilattiin poravaunu, jolla tutkittiin ponttilinjaa (kuva 4). Porauksissa havaittiin kovan moreenin pinnan olevan syvemmällä, kuin pohjatutkimukset antoivat ymmärtää. Poraamalla tehty tutkimus, oli kuitenkin epävarma ja ainoastaan suuntaa antava. Ponttaus päätettiin kuitenkin aloittaa.



Kuva 3. Ponttiuran kaivua. (Männikkö 2012-07-20)



Kuva 4. Poravaunu työssään. (Männikkö 2012-08-06)

4.2 Ponttaus

Ponttaus aloitettiin elokuun puolivälin tienoilla (kuva 5). Kalustona oli tela-alustainen kaivinkone sivutartuntaponttausvasaralla ja pontit olivat 10–metrisiä teräspontteja. Ponttiseinää tuli kokonaisuudessaan noin 100 metriä. Ponttauksessa osa ponteista upposi yhdeksään metriin, kuten oli tarkoitus, mutta osa upposi vain vähän yli viiteen metriin ja pysähtyi isoon kiveen (kuvat 6 ja 7). Koska kaikki pontit eivät uponneet toivottuun syvyyteen, aiheutti se epäilyjä ponttiseinän vedenpitävyydestä ja pelkoa siitä että vesi tulisi pääsemään kaivantoon ponttien ali.



Kuva 5. Ponttaus aloitettu. (Männikkö 2012–08–09)



Kuva 6. Pontit upposivat aluksi hyvin. (Männikkö 2012-08-09)



Kuva 7. Osa ponteista pysähtyi isoihin kiviin. (Männikkö 2012-08-10)

4.3 Kaivannon kaivu ja kuivanapito

Erotintinaltaan kaivannon kaivu tuli suorittaa ponttiseinien sisäpuolelta, koska osa pönteistä jäi monta metriä maanpinnan yläpuolelle, eikä ulkopuolelta olisi ylettynyt kaivamaan riittävän syväälle. Kaivu aloitettiin kaivamalla pumppauskuopat ja niihin asennettiin suuritehoiset oppopumput (kuva 8). Kaivua voitiin jatkaa sitä myöten syvemmälle, kun veden pintaa saatiin pumpattua alemmaksi (kuva 9). Kaivannon alin suunniteltu kaivutaso oli +78,40, mutta kaivua jatkettiin vielä hieman sen jälkeenkin ja kaivannosta tehtiin ylisyyvä. Kaivinkonetta varten jätetty luiska kaivettiin lopuksi ponttiseinän ulkopuolelta.



Kuva 8. Pumppaukset aloitettu. (Männikkö 2012-08-20)



Kuva 9. Pumppuja hankittu lisää. (Männikkö 2012–08–24)

Kun kaivu oli saatu suoritettua, huomattiin kaivantoon virtaavan veden määrän olevan todella suurta. Kaivantoon virtaavan veden määrää yritettiin vähentää kaivamalla ponttiseinän ulkopuolelta suurimpien vuotokohtien kohdalta ja täyttämällä kivituhkalla. Kivituhkalla täyttö auttoi vuotoihin hetkellisesti, mutta hiljalleen veden virtaus söi kivituhkan ja vuodot olivat ennallaan. Kaivantoon tuli vettä ponttien väleistä, mutta suurin vuoto tuli niiden ponttien ali, jotka olivat ponttauksessa pysähtyneet kiviin. Töitä päästiin jatkamaan, kun kaivantoon oli hankittu riittävästi uppopumppuja, niin että veden pinta saatiin kaivannossa pysymään altaan alustäytön alapuolella. Tämä vaati kaivantoon yhteensä 8 uppopumppua joiden tuotot vaihtelivat välillä 230–60 litraa/sekunnissa ja yhteistuotto noin 1 000 litraa/sekunnissa. Kaivannossa veden pinta nousi heti, jos yksikin pumppu tukkeutui tai pumppuun tuli toimitahäiriö, joten jouduimme hankkimaan muutaman varapumpun.

4.4 Altaan muotti- ja valutyöt

Kaivannossa veden pinta oli saatu riittävän alas, mutta kaivannon pohjasta virtasi vettä kaivantoon. Päätimmekin valaa kaivannon pohjalle ensin maanvaraisen betonilaatan, jolla virtaukset altaan pohjalaatan kohdalta saataisiin loppumaan. Betonilaatan alle laitoimme suodatinkankaan, joka osaltaan hillitsi virtauksia ja valussa käytettiin mahdollisimman

karkeaa ja nopeasti kovettuvaa betonia (kuvat 10). Kaivannon syvempään päähän ei betonilaatan valaminen suoraan kaivantoon ollut kovien virtauksien takia mahdollista, joten sinne nostimme kuivalla maalla valetut laatat. Betonilaattojen avulla saatiin virtaukset erotinaltaan pohjalaatan kohdalta loppumaan ja päästiin tekemään muottitöitä (kuva 11).



Kuva 10. Maanvaraisen betonilaatan valu (Männikkö 2012–08–24)



Kuva 11. Altaan muottityöt käynnissä (Männikkö 2012–08–27)

Valutyöt oli suunniteltu tehtäväksi kolmessa osassa. Ensin pohjalaatta ja seinää metrin verran ja lopuksi väliseinät ja seinät lopulliseen korkeuteen. Pohjalaatan ja seinän alaosan muotti tehtiin ponttilaudasta (kuva 12). Pohjalaatan muotti ja raudoitukset saatiin valmiiksi nopeasti, mutta ongelmia oli pumppujen sähkönsyötön kanssa. Työmaalle tulleen syöttövirran jännitevaihtelut aiheuttivat pumpuissa toimintahäiriöitä ja usein aamulla työmaalle tultaessa suurin osa pumpuista oli sammunut ja kaivanto oli täynnä vettä (kuva 13). Tämän tilanteen toistuttua muutaman kerran, pyysimme Kuopio Energialta korjausta tilanteeseen. Syöttövirran jännitevaihtelut hävisivät, mutta meille ei koskaan selvinnyt mikä ne aiheutti. Työmaalle tilattiin myös agregaatikontti vastaavien tilanteiden välttämiseksi. Kaivannon tyhjentäminen vedestä kesti aina useita tunteja ja tämä aiheutti viivästyksiä työntekoon. Pohjalaatan ja seinien alaosan valu sujui ongelmitta, kun virransaanti ja pumput oli saatu kuntoon.

Selvittyämme sähköteknisistä ongelmista alkoi seinien yläosan ja väliseinien rauditus- ja muottityöt kasettimuotteja käyttäen. Muotit koottiin mahdollisimman valmiiksi ja nostettiin nosturiautolla kaivantoon. Valussa altaan syvemmän pään ponttilaudoista tehty muotti antoi periksi ja betonia pääsi valumaan pumppukuoppiin. Uppopumpuista osa tukkeutui betonin vaikutuksesta ja veden pinta kaivannossa pääsi nousemaan hieman. Pumput saatiin kuitenkin toimimaan, kun niitä nosteltiin ja huljuteltiin vedessä kaivinkoneen avulla. Kun muotit saatiin paikattua ja tuettua kunnolla valu saatiin onnistumaan. Betonin kovetuttua

riittävään lujuteen tehtiin altaan ympärystäyttö ja pumppaminen voitiin lopettaa. Pumppujen poistaminen oli ongelmallista, koska useita pumppuja oli sijoitettu pieneen tilaan (kuva 14) ja pumppujen poistoletkut nostoköydet olivat menneet sekaisin. Pumppujen poiston jälkeen ympärystäyttö saatiin valmiiksi ja pontit voitiin poistaa.



Kuva 12. Muottien ja raudoitusten tekoa. (Männikkö 2012-09-05)



Kuva 13. Pumput sammuneet. (Männikkö 2012–09–05)



Kuva 14. Pumppukaos (Männikkö 2012–09–13)

5 KAIVANNON KUIVANAPITOON LIITTYNEET ONGELMAT

5.1 Suunnittelusta aiheutuneet ongelmat

Työsuunnitelmat oli tehty käyttäen pohjatutkimuksia, jotka oli tehty ennen louhetäyttöä. Kovan moreenin pinta ei kuitenkaan kaivuvaiheessa tullut vastaan siinä tasossa kuin olisi pitänyt, joten voidaan olettaa että louhetäyttö on aiheuttanut muutoksia järven pohjassa.

5.2 Ponttiuran kaivu

Ponttiuran kaivussa oli tarkoitus päästä kovan moreenin pinnan tasolle ja saada kaikki isot kivet poistettua uralta. Tähän ei kuitenkaan ollut mahdollisuutta nopeasti saatavilla olevalla kaivukalustolla. Aikaa olisi kuitenkin säästynyt niin paljon myöhemmissä rakennusvaiheissa, että olisi kannattanut hankkia työmaalle riittävän pitkäpuominen kaivinkone, vaikka sitä olisi muutaman viikon joutunut odottamaankin. Näin olisi voitu varmistaa, että pontit uppoavat kovaan moreeniin ja ovat vesitiiviimpiä.

5.3 Uppopumppujen hankinta

Vesitiiveysongelmat kaivannossa aiheuttivat, odotettua moninkertaisesti suuremman pumppauskaluston tarpeen. Tarvitsemamme uppopumput olivat tehoiltaan sen kokoluokan pumppuja, että niiden saatavuus oli heikkoa. Pumppuja saatiin vuokrattua yksitellen muun muassa kaivoksilta. Riittävän pumppauskaluston kokoon haalimiseen aikaa meni reilu kuukausi. Riittävä pumppauskalusto olisi ollut järkevää hankkia kerralla, niin vuokra-aika ja kustannukset eivät olisi kasvaneet niin suuriksi, mutta tässä tapauksessa se ei ollut mahdollista.

5.4 Pumppaus

Kohteessa tarvittavien uppopumppujen määrä yllätti. Pumput olivat suuritehoisia ja painavia, joten niiden liikutteluun tarvittiin kaivinkonetta.

5.4.1 Pumppujen sijoittelu

Kaivanto pyrittiin pitämään alaltaan mahdollisimman pienenä, joten pumppauskuopille ja pumpuille jäi vähän tilaa. Suurimmalle pumpulle teimme muoviputkesta kiinteän pumppauslinjan, joka osoittautui hyväksi ratkaisuksi. Muiden pumppujen kanssa ongelmana oli poistoletkujen sotkeutumiset ja rikkoutumiset. Myös pumppujen nostoköydet ja ohjauslaatikot olivat usein sekaisin, kun enimmillään kaivannossa oli 11 pumppua pienessä

tilassa. Pumput olisi pitänyt laittaa selkeään järjestykseen, niiden nostoköydet ja ohjauslaatikot olisi kannattanut merkata kunnolla, niin turhilta poistoletkujen ja johtojen katkeamiselta olisi välttytty.

5.4.2 Pumppujen sähkötekniset ongelmat

Suuri määrä suuritehoisia pumppuja aiheutti ongelmia virransaannin kanssa. Pumppujen yhtäaikainen käynnistys aiheutti aina virtapiikin, poltti sulakkeen sähkökeskuksesta. Osassa pumpuista oli viivellinen käynnistys, jolla on tarkoitus estää virtapiikit, mutta kun jo kahden pumpun yhtäaikainen käynnistyminen saattoi polttaa sulakkeen ei viiveestä ollut hyötyä, koska pumppuja oli niin paljon. Katko virransaannissa aiheutti aina pumppujen sammumisen ja yhtäaikaisen käynnistymisen ja samalla sulakkeen palamisen. Sähkömiehen tulisi olla työmaalla koko ajan, kun pumppuja on käytössä näin monta, koska pumpuissa ilmenee aina erinäköisiä ongelmia, jotka aiheuttavat katkon muulle työskentelylle.

5.4.3 Pumppujen tukkeutuminen

Pumppujen tukkeutuminen aiheutti hankkeen aikana välillä ongelmia. Pumppuja joutui välillä nostelemaan ja huljuttelemaan vedessä tukosten poistamiseksi. Pumpauskuoppien huolellisella rakentamisella tukosten määrää voidaan huomattavasti vähentää.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kerätä tietoa Kuopion Energian polttoainekentän kiintoaineksen erotinaltaan rakentamisen työvaiheista sekä rakentamiseen liittyneistä ongelmistä. Ongelmia työmaalla aikana oli turhankin paljon, mutta niistä kuitenkin selvittiin. Vaikka urakka lopulta valmistui ajallaan jätti se taloudellisesti, työtavoiltaan sekä työn turvallisuuden puolesta paljon parantamisen varaa. Opinnäytetyön tuotokseksi saatiinkin raportti, jossa opitaan virheistä, jotta kenenkään muun ei niitä virheitä tarvitsisi tehdä oppiakseen.

6.1 Mitä olisi voitu tehdä toisin?

Urakan aikana kaivannon kuivanapidossa ja erotinaltaan rakentamisessa oli useita erilaisia ongelmia. Lähes kaikki ongelmat kuitenkin liittyivät jollain tavalla siihen, että kaivantoon pääsi virtaamaan liikaa vettä. Syy siihen että näin kävi on monen osatekijän summa. Kiireellä tehdyt pohjatutkimukset, huolimaton työskentely ja suunnitelmista poikkeminen olivat pahimmat urakkaa vaikeuttaneet tekijät. Työntekoa jatkettiin paikkaamalla edellisen työvaiheen virheitä väliaikaisilla ratkaisulla, vaikka olisi pitänyt pysähtyä miettimään pysyvämpiä ratkaisuja. Vaikka erotinallas lopulta saatiin valmiiksi ajallaan niin tapa, jolla se tehtiin ei varmasti ollut taloudellisin.

6.1.1 Pohjatutkimukset

Pohjatutkimuksissa oli selvitetty erotinaltaan kaivannon alueelta kovan moreenipohjan taso, johon ponttiseinän syvyysuunnassa oli tarkoitus ulottua. Myöhemmin kuitenkin selvisi, että pohjatutkimukset oli tehty ennen vesistötäyttöä ja pohja oli hieman elänyt vesistötäytön aikana, kuten ennen ponttausta tehdyt koeporauksetkin osoittivat. Tästä aiheutui se, että käytössämme olleella kaivukalustolla emme ylettäneet kaivamaan kaikki isoja kiviä ponttiuralta ja pontit eivät uponneet niin syväälle että olisivat olleet vesitiiveitä. Näin haastava kohde vaatisi onnistuakseen kunnolliset pohjatutkimukset.

6.1.2 Vaihtoehtoinen työtapa

Ponttiseinien teon ja kaivannon kaivun jäkeen kävi selväksi, että ponttien ali pääsi kaivantoon virtaamaan paljon vettä. Tässä vaiheessa olisi pitänyt miettiä keinoja kaivannon vesitiiveyden parantamiseksi siinä määrin, että kaivanto olisi saatu pidettyä kuivana kohtuullisella määrällä pumppuja. Tähän varmasti paras ja yksinkertaisin keino olisi ollut injektointi. Injektoimalla maaperä ponttien alapäästä olisi vesitiiveyttä pystytty huomattavasti parantamaan. Kun lisäksi olisi tehty ylisyvään kaivantoon maanvarainen betonilaatta

vedenalaisena valuna koko kaivannon pohjalle olisi vedetulo luultavasti saatu loppumaan lähes kokonaan. Ainoastaan ponttien saumoista olisi hieman saattanut vettä tihkua ja tämä vesimäärä olisi saatu helposti kuriin pumppaamalla. Injektointi ja vedenalainen valu eivät olisi varmasti kustannuksiltaan ylittäneet pumppuvuokria ja pumppujen ylläpitoon liittyneitä kustannuksia.

Monia muita ratkaisuja ja vaihtoehtoisia työtapoja mietittiin, mutta ne olisivat vaatineet perusteellisempaa suunnittelua.

LÄHTEET

Jääskeläinen, Raimo 2005. Pohjarakennuksen perusteet. Tampere: Tammertekniikka.

Putkikaivanto-ohje. 1992. RIL 194. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL.

Rantamäki, Markku – Tamminne, Markku 1979. Pohjarakennus. Helsinki: Otatieto.

