

Marko Kontio

## Kaivoksen tuotantokentän rakentaminen

Insinööri AMK

Rakennustekniikka

Kevät 2017

**Tekijä(t):** Kontio Marko

**Työn nimi:** Kaivoksen tuotantokentän rakentaminen

**Tutkintonimike:** : Insinööri (AMK), rakennustekniikka

**Asiasanat:** aliquam, dignissim, molestie, tortor, vitae

Terrafame Oy:ssä Sotkamon Talvivaarassa sijaitsevalla kaivoksella toimintaan kuuluvat avolouhos, energiatehokas bioliuotusprosessi sekä metallitehdas. Nikkelin ja sinkin esiintymät ovat Euroopan suurimpia tiedossa olevia esiintymiä. Tuotantoprosessissa louhittua ja murskattua malmia liuotetaan 8- 12 kuukautta. Biologinen liuotus suoritetaan bakteeritoiminnan avulla bioliuotuskasassa Primary heap, jonka jälkeen purettu malmi siirretään purkulaitteiston ja kuljettimien avulla sekundäärille toisen vaiheen liuotusalueelle Secondary heap kasaan.

Opinnäytetyön tavoitteena oli dokumentoida Terrafame Oy:n kaivokselle rakennetun Secondary heap, lohko 3 tuotantokentän rakentamisen vaiheet sekä niihin liittyvät määräykset. Työn vaiheet tallennettiin käytännön työnjohdon tehtävien yhteydessä. Keskeiset vaiheet on myös valokuvattu raporttia varten. Tämä tuotantokenttä toimii toisen vaiheen liuotuskenttänä ja loppusijoituspaikkana tuotantoprosessissa. Tuotantokenttä rakennetaan aiemmin rakennetun, maaston muotoja myötäilevän sivukivialueen pohjarakenteiden ja läjitetyn sivukivikerroksen päälle.

Hankkeen yleiset tekniset vaatimukset ja kelpoisuuden osoittaminen on esitetty Rakennustieto OY:n julkaisussa ”InfraRYL 2010 infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset”.

## ABSTRACT

**Author(s):** Kontio Marko

**Title of the Publication** The mine production of the field construction

**Degree Title:** e.g. Bachelor of Engineering, Construction Engineering

**Keywords:** aliquam, dignissim, molestie, tortor, vitae

At Terrafame Ltd Talvivaara, Sotkamo, crushed ore is dissolved for 8-12 months in the primary heap. The biological activity of bacterial leaching is carried out by means of the primary bio-leaching heap, after which the extracted ore is transferred by means of discharge and conveyor apparatus for the second step of leaching, the secondary heap pile.

The aim of the thesis was to document the construction phases of the secondary heap, block 3 production field and the related regulations. The work steps were recorded at the practical level, as part of the site management tasks. The key steps have also been photographed for the report. This production field is the second phase of the leaching field and the final disposal place of the production process. The production field was built on top of the basic structures of the already existing side stone layer blending with the surroundings, as well a heap of side stone.

The general technical requirements of the project and the demonstration of compliance are presented in the Building Information Ltd publication "InfraRYL 2010 for general quality standards of infrastructure construction".

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	1
2 TALVIVAARA, TERRAFAME OY, AB TALLQVIST OY.....	2
2.1 Talvivaara.....	2
2.2 Terrafame Oy.....	3
2.3 Ab Tallqvist Oy.....	3
3 TUOTANTOPROSESSI JA METALLIEN TALTEENOTTO.....	5
3.1 Tuotantomenetelmä ja biokasaliutus.....	5
3.2 Secondary heap ja toisen vaiheen liutus.....	6
4 SECONDARY HEAP 3, TUOTANTOKENTTÄ.....	8
5 GPS JA KONEAUTOMAATIO.....	11
6 TEHDYT RAKENNEKERROKSET.....	15
6.1 Louherakenteet ja kiilaus.....	15
6.2 Kalvon alapuolinen suojakerros.....	18
6.3 Hörppykaivot.....	20
6.4 Tuotantokentän kalvorakenteet.....	22
6.5 Kalvon yläpuolinen suojakerros.....	25
6.6 Louhesalaoja.....	27
6.7 Lohko 2 ja 3, liitoskohta.....	28
7 LAADUNVARMISTUS.....	32
7.1 Yhteistoiminta.....	32
7.2 Urakoitsijan laadunvarmistus.....	33
7.3 Tilaajan laadunvarmistus.....	34
8 YHTEENVETO.....	36
LÄHTEET.....	37



## TERMILUETTELO

Agglomerointi	Murskatun malmirakeen tasalaatuistamista rikkihapon avulla, jossa pienemmät rakeet kiinnittyvät suurempiin
Bentoniittimatto	Bentoniittimatto on geokomposiitti, joka on valmistettu geotekstiileistä ja bentoniittisavesta.
Dumpperi	Maansiirtoajoneuvo
HDPE kalvo	Tiivisrakenteessa käytettävä muovikalvo (high density polyethylene)
Jälkiliuotuskasa	Malmin jälkimmäinen liuotuskasa
Kiilaus	Karkeamman materiaalin välien täyttäminen hienommalla materiaalilla, jolla estetään painuminen
Kiilleliuske	Kivilaji, joka ei ole happoa muodostava
Mustaliuske	Louhittavan malmin ja sivukiven pääasiallinen kivilaji, joka on happoa muodostava

Primary heap	Primäärin englanninkielinen nimi
Purkumalmi	Taloudellisesti hyödynnettävissä oleva materiaali
Primääriliuotus	Ensimmäinen liuotus
Raffinaatti	Metallin talteenoton paluuliuos
Secondary heap	Sekundäärin englanninkielinen nimi
Sivukivi	Malmin louhinnassa syntyvää kiveä, jossa metallipitoisuus heikko taloudellisesta näkökannasta
Tarkemittaus	Suunnitelmien mukaisuuden todentaminen

## 1 JOHDANTO

Terrafame Oy on suomalainen kaivosyhtiö, joka tuottaa biokasaliuotusmenetelmällä ensisijassa nikkeliä ja sinkkiä Sotkamossa sijaitsevalla kaivoksellaan. Kaivosalueen koko on yli 60 km<sup>2</sup>. Malmi louhitaan ensin avolouhokselta, jonka jälkeen se murskataan rakeiksi, joka agglomeroidaan ja siirretään bioliuotuskaivoihin. Kaivoilla syntyneestä liuoksesta otetaan talteen metallit, jotka saostetaan vaiheittain sulfideiksi. Lopputuotteet myydään kuivana tuotteena jatkojalostettavaksi

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi AB Tallqvist Infra Oy:n urakoiman secondary heap lohko 3:n tuotantokentän rakentaminen rakennusvaiheittain. Työn vaiheet tallennettiin käytännön työnjohdon tehtävien yhteydessä. Keskeiset vaiheet on myös valokuvattu raporttia varten. Tuotantokenttä toimii toisen vaiheen liuotuskenttänä, jossa liuotusta jatketaan 3-4 vuotta. Se toimii myös loppusijoituspaikkana primääriltä purettavalle malmille. Tuotantokentän kokonaispinta-ala on 55 ha. Työssä käydään myös läpi koneautomaation hyödyntämistä rakennusprojekteissa. Tuotantokentän rakentaminen työvaiheineen on laaja ja massiivinen kokonaisuus, jossa käsitellään suuria maamassoja.

Tuotantokentän rakentamisessa toisena urakoitsijana toimii kalvotustyön osalta Kaitos OY, ja muun rakentamisen ja työn suorittaa AB Tallqvist infra oy.



## 2 TALVIVAARA, TERRAFAME OY, AB TALLQVIST OY

### 2.1 Talvivaara

Sotkamossa sijaitsevan Talvivaaran alueesta tehtiin vuosina 1977 -1983 tarkat tutkimukset Suomen Geologian tutkimuskeskuksen toimesta. Vuonna 1986 myönnettiin Outokumpu-konsernille kaivosoikeudet Talvivaaran esiintymiin, ja Outokumpu jatkoi projektia 1980-luvun lopulla ja 1990-luvun alussa. Esiintymät todettiin olevan suuret, mutta niiden malmipitoisuudet havaittiin suhteellisen alhaisiksi. Tämän johdosta pääteltiin tuolloin, että tavanomaisilla metallin rikastustekniikoilla ei saavutettaisi kaupallisesti kannattavaa toimintaa. Bioliuotus menetelmä oli uutta teknologiaa 1980- ja 1990-luvuilla, ja sitä pidettiin liian riskialttiina toimenpiteenä siihen aikaan suuren mittakaavan toiminnassa.[1.]

Esiintymät jäivät hyödyntämättä aina siihen asti, kunnes Outokumpu-konserni, osana sen strategista päätöstä vetäytyä kaivostoiminnasta, myi Talvivaaran esiintymien kaivosoikeudet Talvivaaralle helmikuussa 2004. Kaupan myötä Talvivaara sai käyttöoikeudet myös koe- ja tutkimustietoihin koskien bioliuotusta, jota Outokumpu oli kehittänyt vuodesta 1987 lähtien.[1.]

Saatuun helmikuussa 2004 oikeudet louhia Talvivaaran esiintymiä konserni on aktiivisesti kehittänyt Talvivaaran Kuusilampi ja Kolmisoppi esiintymiä. Maaliskuussa 2007 hyväksyttiin teknistaloudellinen kannattavuusselvitys, joka sisältää tarkat arviot kaikista oleellisista kaivoksen rakentamiseen ja kaivostoiminnan harjoittamiseen liittyvistä pääoma- ja käyttökustannuksista. Konserni on saanut myös ympäristöluvan ja muut kaivostoiminnan aloittamiseen tarvittavat merkittävät luvat. Konserni odottaa hyötyvänsä siitä, että kaivos sijaitsee lähellä olemassa olevaa energia- ja kuljetusinfrastruktuuria sekä potentiaalisia asiakkaita.[1.]

Bioliuotusta pilot-mittakaavassa testaavan koekasan rakentaminen suunnitellulla kaivosalueella aloitettiin kesäkuussa 2005, ja kasan liuotus aloitettiin saman vuo-

den elokuussa. Maalis-syyskuussa 2006 toteutettiin metallien talteenoton pilot-projekti, jossa todennettiin menetelmät metallien erottamiseksi biokasaliuotuksessa saatavasta liuoksesta.[1.]

## 2.2 Terrafame Oy

Terrafame Oy osti 2015 elokuussa Talvivaara Sotkamo oy:n omaisuuserät ja liiketoiminnan Talvivaara Sotkamo oy:n konkurssipesältä. Terrafame Oy jatkaa näin kaivostoimintaa Sotkamon Talvivaarassa. Samalla Terrafame luo kestävän ja kannattavan pohjan toiminnalle tulevaisuudessa. Kaivosyhtiö on asettanut mittavat tavoitteet alusta asti toiminnalleen. [2.]

Terraame aloitti louhinnan syyskuussa 2015 ja sai neljän tuotantokuukauden aikana vuonna 2015 primäärिकासoille 4,1 milj. tonnia malmia. Vuoden 2016 tammi-kesäkuussa kasattu malmimäärä oli 8,9 milj. tonnia. Vuodesta 2018 lähtien on tarkoitus kasata malmia 18 milj. tonnia vuodessa. Talvivaaran esiintymät ovat yksi Euroopan suurimmista sulfidisen nikkelin esiintymistä. [2.]

## 2.3 Ab Tallqvist Oy

Ab Tallqvist Oy on Kokkolalainen suuri infra-alan yritys, joka toimii laajalla rintamalla maanrakennusalalla. Vuonna 1965 perustettu Ab Tallqvist Oy on vuosien varrella muovautunut merkittäväksi infra-alan osaajaksi Suomessa. 2000-luvulla AB Tallqvist Oy perusti kolme toimialakohtaista tytäryhtiötä. Ab Tallqvist Infra Oy keskittyy maansiirtoon, Ab Tallqvist Rental Oy konevuokraukseen ja -korjaukseen sekä Ab Tallqvist Energy Oy kuljetuspalveluihin. Yhtenä suurena työkohteena ja yksikkönä AB Tallqvist infra Oy toimii Terrafamen kaivoksella Sotkamon talvivaarassa. AB Tallqvist Infra on toiminut Talvivaaran kaivoksella alusta alkaen, jossa se on rakentanut satoja hehtaareja pohjarakenteita ja erityyppisiä allasrakenteita.

AB Tallqvist infra toimii kaivoksella louhittavan malmin ja sivukiven ajossa omalla järeällä lastaus ja louheenajokalustollaan. Louhoksen tarvekiven murskauksesta vastaa Ab Tallqvist infra usealla murskausyksiköllä.

### 3 TUOTANTOPROSESSI JA METALLIEN TALTEENOTTO

Tässä luvussa käydään läpi Terrafame Oy Sotkamon kaivoksella suoritettavan malmin louhinnan sekä tuotantoprosessiin liittyvät yksityiskohdat.

#### 3.1 Tuotantomenetelmä ja biokasaliuotus

Terrafamen tuotantoprosessi koostuu neljästä vaiheesta: 1) avolouhinta, 2) malmin käsittely, 3) biokasaliuotus, 4) metallien talteenotto. Kaivoksella suoritetaan laajamittaista avolouhintaa. Porauksien ja rajäytysten jälkeen malmi lastataan suuriin ajoneuvoihin, jotka kuljettavat sen murskaukseen. Avolouhokselta louhitava malmi murskataan esimurskauksessa ja siitä se siirretään välivarastoon ja siitä hienomurskaus 1:een ja siitä hienomurskaus 2:een, jossa se murskataan pienikokoisiksi rakeiksi. Murskauksen jälkeen korkeintaan 80 % rakeista on 8 mm suuruisia. Tämän jälkeen malmi agglomeroidaan ja siirretään ensivaiheen liuotuskasaan. Keskeisin elementti biokasaliuotuksessa on primäärikasat. Primäärikasat koostuvat neljästä liuotuskasasta joiden koko on 8 x 400 x 1200. Kasoilla syntyneestä liuksesta otetaan talteen metallit, jotka saostetaan vaiheittain sulfideiksi. Lopputuotteet myydään kuivana tuotteena jatkojalostettavaksi. [2.]

Liuotusvaiheessa kaikkia kasoja kastellaan kiertoliuoksella, joka sisältää vettä, mikrobeja, liuennaita metalleja ja rikkihappoa. Kasoihin puhalletaan matalapainepuhaltimien avulla ilmaa. Kun kiertoliuokseen on muodostunut riittävä metallipitoisuus, johdetaan se metallien talteenottoon. [2.]

Bioliuotus on prosessi, jota Terrafamen kaivoksella nopeutetaan käsittelemällä kasa ilmaa ja happamalla liuoksella. Katalyytteinä toimivat luonnostaan alueella esiintyvät mikrobit. Malmin murskauksella edistetään myös liuotusprosessia. Biokasaliuotus on lämpöä vapauttava prosessi. [2.]

Metallien talteenotossa metallisulfidit erotellaan liuoksesta kemikaalien avulla. Reaktoreissa metallisulfidit erotellaan yksi kerrallaan. Talteen otettavia metalleja ovat kupari, sinkki, nikkeli ja koboltti. Tämän jälkeen liuos puhdistetaan ja neutraaloidaan ja liuoksesta poistetaan rauta. Tämän jälkeen liuos ohjataan raffinaattialtaan kautta takaisin tuotantoprosessiin ja kasojen kasteluun. [2.]

### 3.2 Secondary heap ja toisen vaiheen liuotus

Secondary heap koostuu jo kahdesta valmiista lohkoista 1 ja 2, sekä rakennettavista lohkoista 3 ja 4 (kuva 1). Lohkolla 3 ollaan rakentamisessa jo tuotantokentän tekovaiheessa. Lohkolla 4 tehdään ensimmäisen vaiheen pohjarakenteita, missä aikanaan siirrytään tuotantokentän rakentamiseen. Lohkoille 1 ja 2 otetaan primääriltä tulevaa liuennutta malmia toisen vaiheen liuotukseen. Primääriltä bioliuotuksesta purettu liuennut malmi siirretään kuljetinlinjoja pitkin sekundäärille loppusijoituskasoihin, joissa liuotusta jatketaan 3 -4 vuotta. Tällä varmistetaan, että varsinaisessa bioliuotuksessa huonosti liuenneetkin osat saadaan liuotetuksi ja malmit otettua talteen. Sekundäärillä kasat sijoitetaan jo rakennetuille valmiille tuotantokenttäpohjille, jotka toimivat loppusijoituspaikkana liuotetulle malmille. Kasat maisemoidaan liuotusprosessin jälkeen [2.]



Kuva 1. Ilmakuva TerraFamen Oy:n secondary heapi:stä [3.]

#### 4 SECONDARY HEAP 3, TUOTANTOKENTTÄ

Secondary heap, lohko 3 tuotantokentän rakentaminen tehdään aiemmin rakennetulle pohjarakenne ja sivukivikerroksien päälle. Aiemmin rakennettu pohjarakenne koostuu alueen maanpoistosta ja pohjan muotoja myötäilevistä rakennekerroksista sekä louhinnasta. Massan vaihdot on tehty pehmeiköille ja suon kohdille. Pehmeän maanpoiston jälkeen maanpinta on muotoiltu, tiivistetty ja rakennettu tarvittavat täytöt suunniteltuun tasoon. Terävät kallion nokat on louhittu matalimmiksi ja loivennettu. Tällä varmistetaan, että kalvoon ei tule heijastuvia piste-mäisiä rasituksia aiheuttavia epäjatkuvuuskohtia. Pohjarakenteen kalvokerrokset koostuvat bentoniittimatosta ja sen päälle hitsattavasta HDPE-kalvosta ja kalvon päälle asennettavasta geotekstiilistä. Tämän jälkeen tekstiilin päälle tulee 150 mm:n suojakerros Primary heapiltä seulottua malmimursketta 0...12 mm. Seuraavaksi tulee 500 mm:n vahvuinen kerros 0...200 mm sivukiveä ja sen päälle 2 metrin kerros louhetta 0...500 mm. Tämän jälkeen alueelle ajetaan sivukivestä louhetäyttö, jolla varmistetaan riittävä suojakerros pohjarakenteille ja kalvotukselle sekä saadaan oikea korko tuotantokentän rakentamiselle. Rakentamisvaiheessa tuotantokenttien Secondary heap lohko 3 ja lohko 2 kalvot liitetään toisiinsa.

Lohko 3 tuotantokentän pohjaprofiili on kahteen suuntaan kallistuva. Kentän kallistus on länsireunaa telatietä kohti  $\frac{3}{4}$  matkalla ja kentän pohjoispäässä  $\frac{1}{4}$  matkalla kallistus on joka suunnasta päädyssä keskellä sijaitsevaa hörppykaivoa ja purkupuutkea kohti (kuva 3).



Kuva 3. Tuotantokentän kallistukset, pohjoispäädystä kuvattuna.

Tuotantokentän rakentamisen aloittavat työvaiheet

Projekti aloitettiin siirtämällä kalusto rakennuspaikan läheisyyteen kuten murskaus (kuva 4).



Kuva 4. Tuotantokentällä oleva murskausyksikkö.

Näin saavutettiin kustannustehokkuutta kuljetuksien osalta. Tuotantokentällä murskattava louhe ajettiin Kuusilammen avolouhokselta kasoihin tuotantokentälle.



Tuotantokentän rakennusmateriaaleista 0..90 mm ja 0..200 mm osa murskattiin rakennettavan kentän alueella (kuva 5). Louhekasat sijoitettiin rakennettavalle kentälle pohjoispäädystä alkaen sitä mukaa kun kentän rakentaminen eteni. Materiaaleista loput murskattiin kiilleliuskeella, jossa sijaitsee materiaalien normaali murskauspaikka ja murskaussyksiköt.



Kuva 5. Tuotantokentän rakennusalue.

Kentän rakentamissuunnitelmat ja mittaustyö on tehty koordinaattijärjestelmässä KKJ ja korkeusjärjestelmässä N60. Mittaustyöt kuuluivat urakkaan, jossa mittamies hoiti mittaustyön ja koneohjausmallien teon.

## 5 GPS JA KONEAUTOMAATIO

### 1.1 GPS

GPS (global positioning system) on nykypäivänä useasti kuultu lyhenne, kun puhutaan paikantamisesta tai navigoinnista. GPS paikannusjärjestelmä on muuttanut perinteiset maanmittaukset helpompaan aikakauteen. Gps-järjestelmä on 24 h toimiva satelliitteihin perustuva järjestelmä. Käyttäjät voivat tätä hyödyntämällä määrittää paikan, nopeuden tai tarkan ajan. Järjestelmän on kehittänyt Yhdysvaltain puolustusministeriö (DoD, Department of defence). Sotilaskäyttöön aikoinaan kehitetyllä järjestelmällä pyrittiin saavuttamaan muutaman metrin tarkkuus, häiriösiETOisuus ja yksisuuntaisuus. GPS satelliitit kiertävät maata runsaan 20000 km:n korkeudessa. Näkyvissä on joka hetki 6 satelliittia 24:stä, ja 4 on minimimäärä kolmiulotteisen paikannukseen. GPS-vastaanotin havaitsee satelliittien lähettämät singaalit ja laskee näitten avulla tarkan sijainnin. Satelliitit lähettävät kahdenlaisista signaalia: vain sotilaskäyttöön tarkoitettua P-koodia ja C/A-koodia, joka on siviilien käyttöön tarkoitettu. [4.]

Nykyisin satelliittipaikannus ei ole yksin GPS järjestelmän varassa. Venäjän GLONAS järjestelmä on GPS-järjestelmän kaltainen. GLONAS-järjestelmä saavutti lopullisen laajuutensa 1996. Eurooppalaisten kehitelemä oma satelliittipaikannusjärjestelmä GALILEO on suunnittelu ja toteutusvaiheessa, jolla on luvattu GPS:ää ja GLONAS-järjestelmää tarkemmat paikannustiedot. [4.]

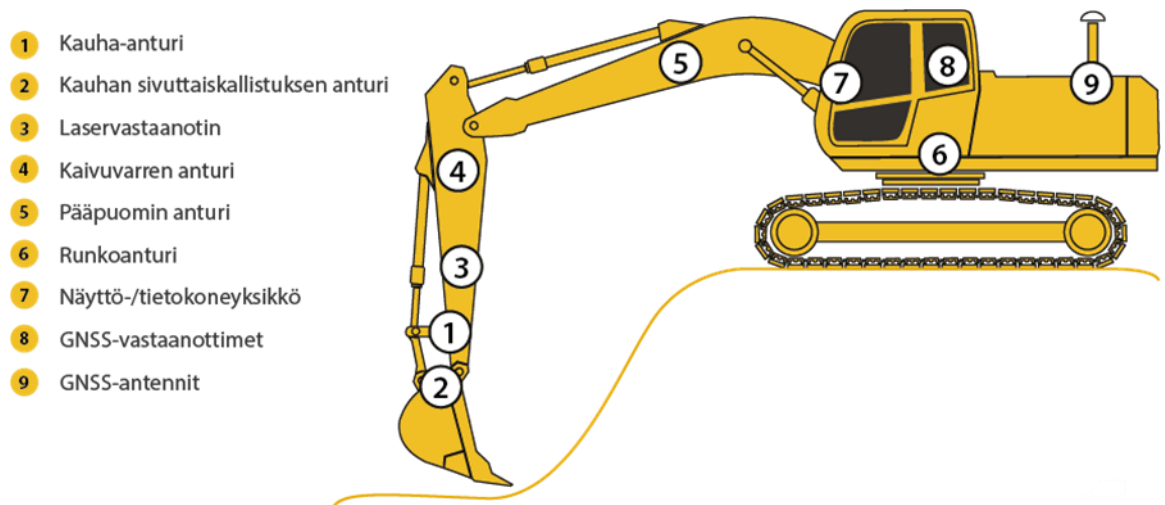
### 1.2 Koneohjaus

Maanrakennusalalla on nykypäivänä kova kilpailu, ja siksi maanrakennusurakoitsijoille on tärkeää tehdä työ laadukkaasti, tarkkaan ja aikataulussa. Nykypäivänä

maanrakennuksessa on yleistynyt koneohjauksen hyödyntäminen ja käyttö. Koneohjauksen käytöllä saadaan maanrakennuksesta tehokkaampaa. Koneohjausjärjestelmiä on 1D, 2D ja 3D koneohjaus. Yksinkertaisimmillaan koneohjausjärjestelmä sisältää laserin ja konevastaanottimen. Näillä kahdella laitteella voidaan suorittaa kaivuutyötä, koska selkeät osoittimet osoittavat ohjaajalle, mihin suuntaan kauhaa tai terää tulee liikuttaa. Tällaisessa koneohjauksessa kuljettajan pitää itse tehdä liikkeet käsin, koska automaattista koneen hallintaa ei järjestelmässä ole. [5.][6.]

### 1.3 3D-koneohjaus

3D-koneohjaus on sitä, että saatavilla oleva suunnittelijan digitaalinen malli ladataan työkoneen ohjausjärjestelmään. 3D-koneohjauksella voidaan työskennellä ilman maastomerkinä. Koneessa olevat sensorit ohjaavat työkoneen hytissä olevan näytön avulla koneen toimintoja (kuva 2), joko automaattisesti tai kuljettajan ohjeistuksen avulla oikeaan korkoon tai kallistukseen. Työmaan korko on tiedossa aina, ja näin vältetään sihtilappujen tai lasereiden pystytykseltä. Työn aikana kuljettajan on helppo suoriutua vaativastakin työstä, koska hänen on helppo seurata koneohjausjärjestelmän näytöltä kolmiulotteisia työsuunnitelmia. [5.][6.]



Kuva 2. Koneohjausjärjestelmän komponentit [6.]

3D-koneohjauksen paikannus perustuu RTK-GNSS – satelliittipaikannukseen. Tukiaseman tai verkkokorjauspalvelun tuottamaan korjaussignaalin avulla saavutetaan järjestelmällä senttimetriluokan tarkkuus. Työkoneesta saadaan 3D-koneohjauksella tarkka mittalaite. [5.] [6.]

#### 1.4 Koneohjauksen hyödyt

Saavutettuja hyötyjä koneohjauksella on työn tehokkaampi tekeminen ja nopeutuminen. Nopeammin valmistuvat urakat tuovat säästöjä yritykselle miestyön, polttoaine- ja konekustannuksissa. Koneohjauksen avulla saavutetaan tarkat toleranssit. Näin vältetään ylikaivettujen kaivantojen ja leikkauksien syntyminen ja ylimääräisten maa aineksien ja materiaalien kuljettaminen ja käsittely vähenevät. Koneohjausta hyödyntämällä voidaan myös laskea tarkat materiaalmäärät, koska koneohjauksella saavutetaan tarkat rakennekerrokset. Tarkkuuden parantumisella saavutetaan tasalaatuisempi työn jälki isoissakin urakoissa. Työturvallisuus paranee oleellisesti koneohjausta käytettäessä, koska mittaaminen ja tarve liikkua työkoneitten ympärillä ja kaivannoissa vähenee. Koneohjausjärjestelmän käyttö ja

tehokkuus tulee esille hyvin työskenneltäessä säällä kuin säällä, sateella tai pimeässä. Työskentely kuljettajalla helpottuu huonoissakin olosuhteissa koska koneohjausjärjestelmä opastaa kuljettajaa. Kuljettajan työstä tulee itsenäisempää ja koneen siirtämisestä helppoa, koska koneohjausjärjestelmä paikantaa työkoneen satelliittien avulla. 3D-koneohjauksella tehty kaivuutyö voidaan dokumentoida välittömästi työvaiheen valmistuttua, ennen kaivannon täyttämistä. Tällä saadaan säästöjä mittauskustannuksiin, koska työkoneesta saadaan tarkkaa toteutumatieta. [6.].

## 6 TEHDYT RAKENNEKERROKSET

### 6.1 Louherakenteet ja kiilaus

Varsinainen tuotanto kentänrakentaminen alkoi pinnan karkealla tasauksella ja painumien oikaisulla, joka tehtiin pienlouheella 0...200 mm, joka murskattiin paikan päällä suunnitelmissa osoitettuihin paikkoihin. Louherakenteet tehtiin päätypengerryksenä siten, että louhe kipataan penkereen päälle ja pusketaan puskukoneella pintaa pitkin alas. Penkereen kerralla tehtävä osa oli maksimissaan 1,5 m. Pinta jyrätään vähintään 4 kertaa 8 tonnin jyrällä. Louhepenger kiilattiin 0/90 raakumurskeella, joka levitettiin puskukoneella (kuva 6).



Kuva 6. Kiilauskerroksen levitys puskukoneella.

Kiilauskerroksen on oltava vähintään 150 mm vahvuinen. Kiilauskerros jyrätään tallentavalla GPS-jyrällä (kuva 7), jonka perusteella tehdään malli ylempien kerrosten koneohjaukseen.



Kuva 7. Tallentava GPS-jyry.

Alueen kantavuus mitattiin pudotuspainomittauksella, Kuab-50 pudotuspainolaitteella (kuva 8). Kantavuusmittauksessa pudotuspainomittauksessa saatavan tiiveyysuhteen on oltava  $\leq 2,4$  kiilatun louhepenkereen päältä. Mittauksia suoritettiin vähintään 1 mittausta/ha.



Kuva 8. Pudotuspainolaite.

#### Kantavuuden mittaus pudotuspainolaitteella

Kantavuudella tarkoitetaan rakenteen kokonaisjäykkyyttä, joka määritetään rakenteen pinnalta yleisimmin levykuormituskokeella tai pudotuspainolaitteella. Alun perin geotekniikassa kantavuutta on käytetty kuvaamaan perustuksen kantokykyä eli sitä kuormaa, minkä maanpohja kestää murtumatta. Pudotuspainolaitteessa on vapaasti putoava paino, jota pudotetaan tietyltä korkeudelta. Tehtävässä mittauksessa rakenteen pinnasta mitataan pinnan palautuvaa painumaa eli taipumaa geofoneilla tai kiihtyvyyssantureilla. Taipuman mittaus tehdään kuormituskeskeispisteen ohella myös useasta pisteestä kuormituslevyn sivuilta. Näiden mittausten avulla saadaan määritettyä ns. taipumasuppilo. Taipumasuppilon avulla voidaan laskea myös eri kerrosten jäykkyydet. Pudotuspainomittaus on nopea toteuttaa, eikä siihen tarvita erillistä vastapainoa. [7. s. 28 – 30.]



## 6.2 Kalvon alapuolinen suojakerros

Jyrästä saadun tiedon pohjalta tehdään koneohjausmalli tiehöylään seuraavaa rakennekerrosta varten. Työvaiheena seuraavana oli kalvon alapuolinen suojakerrosrakenne. Suojakerrosrakenne tehtiin malmimurskeesta, joka levitettiin kiilatulle alueelle. Kiviautoilla ajettu malmimurske (0/12 mm) levitettiin puskukoneella karkeasti 250 mm vahvaan kerrokseen. Murske jyrättiin kiinni, jonka jälkeen tiehöylällä höylättiin se muotoon koneohjausmallin mukaan. Tämän jälkeen alue jyrättiin ja tarkemmitattiin. Alue harattiin tasaiseksi, jolla saatiin pienimmätkin epätasaisuudet poistettua. Kerrosvahvuuden tuli olla 150 mm tiivistettynä. Ensimmäisen luovutetun alueen pinta-ala oli 3,7 hehtaaria pohjoispäädystä (kuva 9).



Kuva 9. Tuotantokentän alapuoliset rakennekerrokset.

Kerroksen tiiveys varmistettiin tiiveysmittauksella, vähintään 2 mittaus/ha. Kerros oli tiivistettävä siten, että sen kuivatilavuuspaino on kaikissa kokeissa vähintään

92 % laboratoriossa standardi proctor-kokeissa määritellystä maksimitilavuuspainoista. Tiiveys mitattiin TROXLER-laitteella (kuva 10). Tiiveystarkkailukokeiden keskiarvon tuli ylittää 95 % suhteellinen tiiveys.



Kuva 10. TROXLER mittalaite tiiveyden mittaukseen.

### TROXLER laite ja tiiveyden mittaaminen

Maanrakentamisessa tiiveys on käsite, jonka avulla voidaan arvioida etenkin karkeitten maakerrosten lujuutta ja kantavuusominaisuuksia. Luonnossa olevassa materiaalissa on kiviaineksen lisäksi vettä ja ilmaa. Tiiveys määräytyy materiaalille näiden kolmen osakomponentin suhteesta. Materiaalin sisältämä kiviaineksen määrä kokonaistilavuudesta määrää materiaalin tiiveyden. Mitä suurempi kiviainespitoisuus, sitä suurempi tiiveys ja rakenne ovat [7, s. 15.]

Rakenteessa olevan maamateriaalin tiheys määritetään yleensä kuivana, jolloin tiheydestä käytetään nimitystä kuivairtotiheys ( $t/m^3$ ) tai kuivatilavuuspaino ( $kN/m^3$ ). Sen mukaan, käytetäänkö yksikkönä tietyn tilavuuden vai siihen kohdistuvaa painovoimaa. Kuivairtotiheys sellaisenaan ilmaisee huonosti materiaalin tiiviystilan,

sillä kiviaineksen raekokojakautuma vaikuttaa merkittävästi tietyllä työmäärällä saavutettavaan kuivairtoteiheyteen ja tämän lisäksi maa-aineksen kiintoteiheyden vaihtelee. Kiintoteiheydellä tarkoitetaan ehjän huokosettoman kiven tiheyttä [7, s. 15.]

Tiiveyden mittaamiseen on käytetty Troxler - säteilymittalaitetta. Mittalaitteella mitataan säteilylähteen lähettämän radioaktiivisen säteilyn kulkeutumista mitattavan kerroksen läpi laitteessa olevaan vastaanottimeen. Säteilyn voimakkuus on suoraan verrannollinen väliaineen tiheyteen. Mittaus voidaan tehdä sekä suoramittauksena että pinta – eli heijastusmittauksena. Suoramittauksessa laite asetetaan tasatulle maapohjalle ja sauvan päässä sijaitseva säteilylähte työnnetään rakenteen sisään. Karkearakenteisissa rakennekerroksissa sauvan tarvitseman reiän tekeminen kerrokseen on monesti kuitenkin hankalaa. Kalliomurskerakenteissa voidaan käyttää apuna kerrokseen ennen tiivistämistä asennettua teleskooppirakenteista mittaputkea, jolloin mittaus voidaan toistaa täsmälleen samasta kohdasta tiivistystyön edetessä. Pintamittauksessa säteilylähdettä ei työnnetä rakenteeseen ja määritetty tilavuuspaino edustaa lähinnä mitattavan rakenteen pinnan tiheyttä. Rakenteen pinnan tasaisuus saattaa vaikuttaa pintamittauksen tarkkuuteen, sillä pinnan epätasaisuudet tulkitaan tyhjätilaksi. Laitteella voidaan mitata 50 - 300 mm syvyydeltä. Laboratoriossa selvitettyllä Proctor-kokeella saadaan selville materiaalin maksimitilavuuspaino, josta saatuun arvoon mittaus-tulosta verrataan [7, s. 15 - 16.]

### 6.3 Hörppykaivot

Hörppykaivon kohta tehtiin sen jälkeen, kun ensimmäisen luovutetun osan yläpuoliset suojakerros ja salaojakerros rakenteet olivat tehty. Kaivon kohta tehtiin jälkeenpäin, koska kaivoa ei ollut vielä rakennettu kentän alapuolisia kerroksia tehtäessä pohjoispäässä. Hörppykaivon pohjarakenteet tehtiin pienlouheella, jolla



muotoiltiin pyöreään muotoon allas, johon kaivot asennettiin. Louhepinta tasattiin malmimurskeella 0..12 mm ja 0..32 murskeella (kuva 11).



Kuva 11. Hörppykaivot.

Hörppykaivojen ympäristö ja keruualtaan kohta täytettiin kerroksittain 0..32 murskeella ja jyrättiin kiinni. Pintaan muotoiltiin murskeella kallistukset kaivon suuntaan. Tämän jälkeen pohjoispään penger kaivojen kohdalla täytettiin pienlouheella 0/200 ja muotoiltiin oikeaan muotoon (kuva 12). Tämän jälkeen pohjoispään penger rakennettiin valmiiksi kalvojen asentamista varten

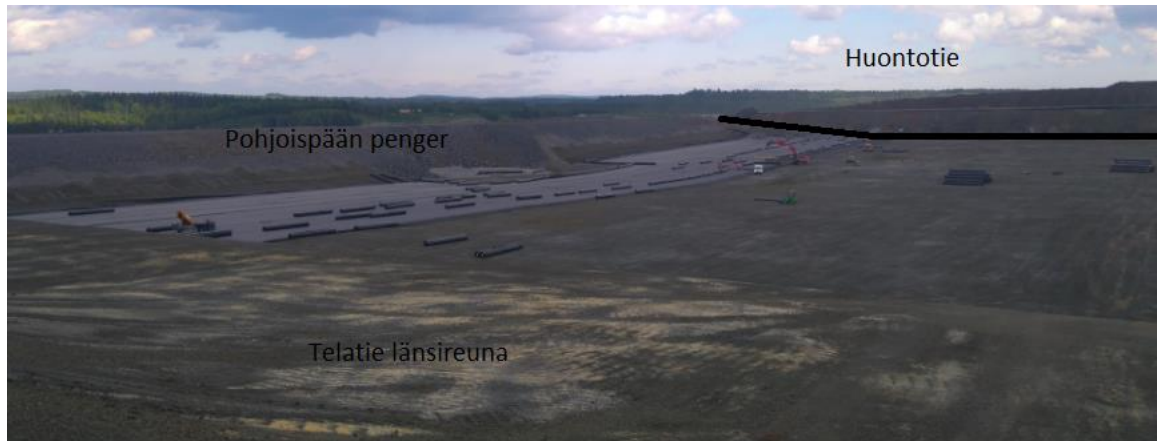


Kuva 12. Hörppykaivot.

#### 6.4 Tuotantokentän kalvorakenteet

Kalvorakenteet tuotantokentän osalle rakensi Kaitos oy. HDPE (High density polyethen) kalvo on eniten käytetty materiaali geomembraaneista, sen erittäin hyvän kestävyuden takia kemikaalisia aineita vastaan. Kalvoitustyö aloitettiin pohjoispäästä luovutetulle alueelle. Alueesta kalvotettiin kentän osa ja länsireunalla sijaitsevan telatien kohta. Pohjoispään päätypengeri ja sekä itäreunalla sijaitseva huoltotie jätettiin tässä vaiheessa vielä kalvottomaksi. (kuva 13), koska huoltotien kautta pidettiin kulkuyhteys rakennettavan tuotantokentän pohjoispäähän. Sekä sekundäärin tuotantokentän lohko 2 että rakennettavan lohko 3 kalvon toisiinsa liittäminen jätettiin tekemättä tässä vaiheessa.





Kuva 13. Tuotantokentän pohjoispäää.

Hörppykaivon ympäristö oli myös kalvoitustyössä oma kokonaisuus, koska kaivon ympäröivässä maastossa oli moneen suuntaan kallistuksia pienellä matkalla. Hörppykaivon putkien ympäristät myös hitsattiin usealla saumalla, jolla saavutettiin pitävät ja lujat liitokset (kuva14). Tämän johdosta kalvon liittämisesssä toisiinsa oli haasteita.



Kuva 14. Hörppykaivot ja ympäröivät kalvorakenteet.

Luovutetun alapuolisen malmikerroksen päälle tulevat tekstiili ja kalvokerrokset koostuvat alapuolisesta geotekstiilistä 400 g/m<sup>2</sup>B24, väliin tulevasta HDPE-kalvosta 2,0 mm ja pintapuolisesta geotekstiilistä 500 g/m<sup>2</sup> B27. HDPE-kalvokerros tulee 7,5 metriä levyisistä kalvojonoista, jotka liitetään toisiinsa kuumakiilahitsaamalla (kuva 15).



Kuva 15. Kuumakiilahitsaus [1.]

Kuumakiilahitsauksessa kalvot hitsataan toisiinsa kahdella hitsausliitoksella, joiden väliin jää parin sentin tyhjä ilmatila (kuva 16). Ilmatila jätetään hitsausliitosten väliin tiiveyden tarkastusta varten, joka tehdään paineistuksella. Kalvon hitsaaminen vaatii kuivan ja lämpimän ilman.



Kuva 16. Kuumakiilahitsaus saumat.

HDPE- kalvon asennuksessa tasaisilla kentillä ja loivilla maastoilla käytetään sileää kalvoa. Jyrkillä rinteillä käytetään pinnalta karhennettua kalvoa. Karhennuksella saadaan kalvon ja geotekstiilin väliin hyvä kitkavaikutus. Tämän johdosta suojakerrosmateriaalin levitys onnistuu hyvin jyrkissäkin työkohteissa, koska geotekstiili pysyy paikoillaan kalvoa vasten.

### 6.5 Kalvon yläpuolinen suojakerros

Yläpuolisen suojakerroksen rakentaminen aloitettiin pohjoispäästä kalvotetulle alueelle. Pohjoispään pengeri ja hörppykaivojen kohta tehtiin jälkeinpäin, koska hörppykaivoja ei ollut asennettu tässä vaiheessa. Suojakerroksen levityksessä edettiin kalvotustyön perässä noin 50 m:n etäisyydellä toisistaan. Malmimurske



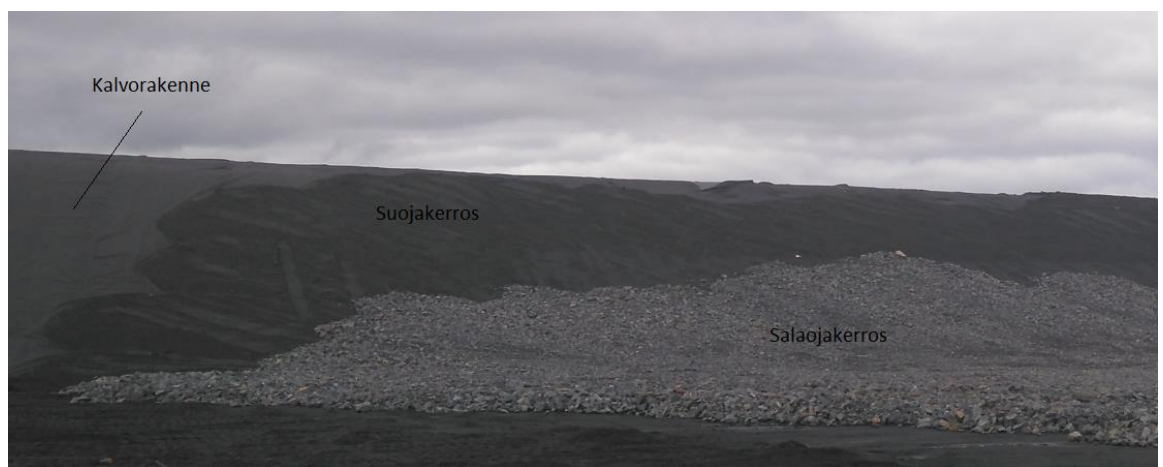
ajettiin dumppereilla huoltotietä pitkin kentän pohjoispäähän, jossa D6 puskukone levitti malmimurskeen koneohjausmallin mukaisesti 450 mm vahvaan kerrokseen. Levitetty malmikerros ajettiin jyrällä kiinni ilman täryä ja tarkemitattiin. Mittauksella varmistettiin suojakerroksen minimivahvuudeksi 300 mm. Malmimurskeen levitykskalvon päälle aloitettiin huoltotien reunasta, josta tehtiin noin 10 m levyinen tie kalvotetun kentän halki. Näin saatiin koko matkalle painokerros ja työn sujuvuuden kannalta leveämpi rintama suojakerroksen levitykseen. Painotustiet tehtiin kalvonpäällä 500...1000 mm vahvaisina. Kerrosvahvuus riippui käytettävästä ajokalustosta. Painotustiet tehtiin 100 m välein kentän halki sitä mukaa, kun kalvotus urakoitsija eteni kalvotustyössään. Kalvotusurakoitsijalla oli 50m:n painotus vastuu suojakerroksesta, jonka jälkeen se siirtyi rakennusurakoitsijalle. Tässä vaiheessa suojakerrokseen kalvoa vasten asennettiin salaojaputki. Salaojaputki asennettiin hörppykaivoilta kentän laskuprofiilin mukaan kentän poikki, putken tehtävänä oli pitää kenttä kuivana asennustyön aikana. Tuotantokentän suuren pinta-alan vuoksi vesisateiden aikaan vesimäärät olivat suuria ja näin varmistettiin veden virtaus pois tuotantokentältä.

Telatien luiska tehtiin alhaalta ylöspäin, noin 10 m levyisinä kaistaleina. Luiskissa malmimurske levitettiin koneohjatulla kaivinkoneella. Jyräys ja tarkemittaukset suoritettiin samoin menetelmin kuin kentällä.

Ongelmaksi ilmeni yläpuolista suojakerrosta tehtäessä muutamina viikkoina päi väsaikaan korkea lämpötila. Lämpötilan noustessa lähelle 20 °C:sta astetta ja sen ylitse jouduttiin suojakerroksen levitys lopettamaan ja siirtämään se yöaikaan tehtäväksi. Yöaikaan saavutettiin optimaalinen lämpötila levityksen toteuttamiseen. Ongelmaksi muodostui lämpötilan noustessa kalvomateriaalin pehmeneminen ja venyminen levitettäessä suojakerrosta kalvorakenteen päälle. Tästä johtuen oli suuri vaara, että kalvorakenteeseen tulee heikkoja kohtia ja pahimmassa tapauksessa reikiä, jotka jäävät havaitsematta. Työn toteutuksen kannalta ei tullut ongelmia yöaikaan siirretyksi tehtävässä työssä.

Suojakerroksen edetessä alettiin jyrätyn ja tarkemitatun malmikerroksen päälle tehdä salaojakerrosta pienlouheella (0/200 mm). Salaojakerroksen materiaali

murskattiin kiilleliuskeella, josta se ajettiin kiviautoilla ja dumppereilla tuotantokentälle. Puskukone otti vastaan pienlouheen 500 mm kerrokseen koneohjauksen mukaan. Louhe ei saanut sisältää rapautuvaa kiviainesta. Pienlouherakenne tehtiin päätypengerryksenä siten että louhe kipattiin penkereen päälle ja puskettiin pintaa pitkin alas. Telatien luiska tehtiin koneohjatulla puskukoneella alhaalta ylöspäin, mikä tukee alhaaltapäin kalvorakenteita ja estää niiden valumisen (kuva 17).



Kuva17. Kalvon yläpuoliset rakenteet.

## 6.6 Louhesalaoja

Tuotantokentän salaojakerroksen valmistuttua tehtiin kentän koko matkalle louhesalaoja. Louhesalaoja on 1,5 metriä ja 10...15 metriä leveä, ja se kulkee tuotantokentän lasku profiilin mukaan hörppykaivolta kentän länsireunaan ja siitä kentän läpi eteläreunaan. Louhesalaoja on 200...600 mm pienlouhetta, joka ei saa sisältää rapautuvaa kiviainesta (kuva 18).



Kuva 18. Louhesalaojan kohta ja kentän laskuprofiili.

#### 6.7 Lohko 2 ja 3, liitoskohta

Tuotantokentän kalvorakenne liitetään aikaisemmin rakennetun lohko 2:n kalvoon. Näin lohkoista saadaan yhtenäinen ja tiivis rakenne. Lohko 2:n kalvo kaivettiin esiin kaivurilla koneohjausta hyödyntämällä, jotta välttyttiin rikkomasta vanhaa kalvoa. Mittamies merkkasi lohko 2:n tulevan kalvon reunan tiedossa olevien pisteiden avulla ja teki koneohjauksen tämän perusteella. Vanhan kalvon esille saannissa käytettiin kaivinkoneessa apulaitteena harjalaitetta, jolla saatiin kalvopuhdistettua liittämistä varten. Lohko 2:n puoleinen luiska tehtiin kallistukseen 1/3 (kuva19).



Kuva 19. Lohkojen 2 ja 3 välinen luiska ja kalvon liitoskohta.

Luiska tehtiin kaivinkoneella, jolla muotoilu oli helppoin tehdä koneohjausta hyödyntämällä. Luiskan rakennekerrokset tehtiin samoin kuin muualla tuotantokentällä. Kalvon esille kaivaminen oli hidasta, koska kalvo sijaitsee paikoin usean metrin syvyydessä malmi ja louherakenteitten alla.

Luiskan teko oli myös hidasta, koska luiskattavaa oli toista kilometriä. Luiskaus tehtiin parinsadan metrin osissa, koska välillä jouduttiin tekemään alas menotie puoliväliin luiskaa, josta kaivinkone suoritti kalvon esille kaivuun ja luiskauksen (kuva 20). Lohko 2:n ja 3:n välinen luiska jyrättiin kaivinkoneen lisävarusteena olevalla jyrällä sekä 8 tonnin jyrällä. Luiskan jyrkkyys aiheutti oman hankaluuden työvaiheen toteutuksessa.



Kuva 20. Lohko 2:n ja 3:n välinen luiska ja alapuolinen suojakerros jyrättynä.

Kalvon asennuksen jälkeen yläpuoliset suojakerros ja salaojakerros tehtiin pitkäpuomikoneella. Koneella ei saanut ajaa luiskan kaltevuuden johdosta kalvorakenteen päällä, koska oli vaarana, että kone lähtee luistamaan malmikerroksen päällä ja repii kalvorakenteen rikki. Suojakerros ja salaojakerros levitettiin työmaatie penkereeltä koneohjauksella ja jyrättiin kaivurin lisälaitteella.

Lohkojen 2 ja 3 pohjoispäähän tehtiin pienlouhe ja malmimursketäyttö pelssiojan päälle ja ojaan asennettiin virtausputket noin 100 metrin matkalle. Täyttö tehtiin, koska sekundäärin purkukuljettimelle tuleva lohkojen välinen siirtotie tullaan rakentamaan tälle kohdalle. Ojaan asennettujen virtausputkien ympärille tehtiin salaojakerros 8..16 mm murskeesta ja sen päälle tehtiin täyttö purkumalmista 0..12 mm, jonka päälle tuli täyttö pienlouheella 0..200 mm. Tämän päälle tehtiin louhesalaoja 100 metrin matkalle 200..600 mm louheesta, varmistamaan virtausojan toiminta mahdollisen putkitukkeuman varalle. Salaoja varmistaa virtauksen oikean kulkusuunnan sekä estää ojan tulvimisen ja sen mukanaan tuomat ongelmat (kuva 21).



Kuva 21. Pohjoispää 2 ja 3 lohkon liitos sekä virtausoja.

## 7 LAADUNVARMISTUS

Tuotantokentän rakennusprojektin laadunvarmistus toteutettiin urakoitsijan omalla, sekä tilaajan omalla laadunvarmistuksella. Työmaasta laadittiin toteutus-suunnitelma aikatauluineen. Työmaa-alueella urakoitsija vastasi kulkuyhteyksistä ja niiden hoidosta sekä läjitysalueiden ja työalueensa tarvitsemasta kuivatuksesta. Kulkuyhteyksistä ja muusta alueen käytöstä laadittiin suunnitelma, joka hyväksyttiin tilaajalla. Suunnitelmissa tuli huomioida muut urakoitsijat alueella ja heidän yhteystarpeensa.

Työstä laadittiin myös tarkka aikataulu toteutuksesta kone ja henkilöstöresursseineen. Työmaalla oli ammattitaitoinen työn johto sekä mittaushenkilökunta, jonka tilaaja hyväksyi. Työn toteutuksesta luotiin yhteinen aikataulu gs-urakoitsijan kanssa. Urakka täytyi edetä vähintään 1,2 h:n viikkovauhdilla. Alueet piti olla kalvotettavissa pohjoisesta etelään.

### 7.1 Yhteistoiminta

Työmaan toteutuksessa oli tuotantokentän urakoitsijalla YSE 1998:n 7. §:n mukaisesti varmistettava tilaajan ja toisten urakoitsijoiden kanssa, että rakennustyö suoritetaan sujuvasti ja turvallisesti, sekä järjestettävä ja suoritettava työnsä siten, että ne eivät tarpeettomasti häiritse tilaajan tai muiden urakoitsijoiden töitä samalla rakennustyömaalla. Ellei näistä muista töistä ole ilmoitettu kaupallisissa asiakirjoissa, niistä tulee sopia urakoitsijan kanssa erikseen.[8.]

Viikoittain järjestettiin yhteistoimintapalaveri. Palaverissa olivat mukana AB Tallqvist Infran ja Kaitos oy:n henkilökuntaa.

## 7.2 Urakoitsijan laadunvarmistus

Työmaan toteutuksessa urakoitsijan on toimittava laatuvastuurakentamisen periaatteen mukaisesti. Työmaasta luotiin urakkakohtainen laatusuunnitelma. Laatusuunnitelmassa piti esitellä seuraavat asiat.

- laadunvarmistusorganisaatio
- tiedonkulun varmistaminen
- laadunvarmistuskalusto
- aliurakoitsijoiden toiminnan varmistaminen
- kelpoisuuden osoittaminen ja laatudokumentointi.

Jokaisesta työkokonaisuudesta laadittiin tekninen työsuunnitelma, jossa esitetään seuraavat asiat: käytettävät resurssit, kapasiteetti ja kalusto, varautuminen häiriöihin ja aikatauluseuranta, työtavat, järjestys ja vaiheet yksityiskohtaisesti kuvattuna noudatettavat työkohtaiset ja yleiset työselitykset sekä ohjeet turvallisuusasioiden varmistamisesta ja tarvittavat turvallisuusohjeet ja ympäristöasiat.

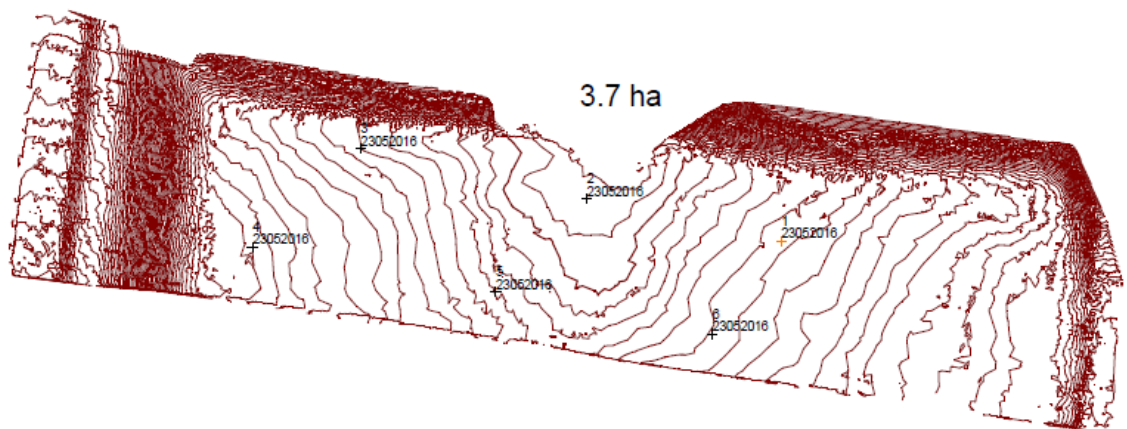
Työstä laadittiin myös mittausuunnitelma. Mittausuunnitelmassa tulee ilmetä seuraavat asiat.

- mittausorganisaatio, henkilöstö ja kokemus
- mittauksessakäytettävä kalusto
- mittautietojen dokumentointi
- toiminta poikkeamatilanteissa
- työmäärien raportointi tilaajalle



Urakoitsijan oli koottava kaikki dokumentit siten, että ne ovat tilaajan edustajien nähtävillä urakoitsijan tiloissa. Laadun perusdokumenteista on koottu laatusuunnitelma johon on säännöllisesti koottu laaturaportit, jotka toimitetaan tilaajalle työn edetessä.

Tuotantokentän jokaisesta luovutetusta alueesta ja kerroksesta on tarkemittatut kartat. Kentän jokaisesta tiiveyden mittauspisteestä ja kantavuusmittauspisteestä on dokumentoinnit ja mittatiedot. Mittatiedot on tallennettu ja esitetty tuotantokentän korkeusprofiilin mukaiselle karttapohjalle (kuva 22).



Kuva 22. Luovutetun alueen kantavuuskoepisteet, kiilauskerros.

Urakoitsijan oli laadittava työmaasta laatukansio, jossa käyvät ilmi työvaiheet, pe-rehdytys, laadunseuranta ja työturvallisuus. Laatukansiosta laaditaan kolme kap-paletta tilaajalle, elykeskukselle ja urakoitsijalle.

### 7.3 Tilaajan laadunvarmistus

Tilaajan hyväksymänä riippumattomana valvojana työkohteessa oli Infrasuunnit-telu Oy, joka raportoi työn etenemisestä ja havaituista puutteista tilaajalle ja edel-

leen valvovalle ympäristöviranomaiselle. Tilaaja keskittyi urakoitsijan laatujärjestelmän toimivuuteen ja tarkastuksiin tilaajan valvoja suoritti pistoluonteisia laadunvarmistustoimenpiteitä.

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä perehdyttiin Terrafame Oy Sotkamon kaivoksella toteutettuun maanrakennusurakkaan ja sen työvaiheisiin. Opinnäytetyön aihe selvisi minulle käytyäni koululla keskustelua työharjoittelusta ja työtehtävistä. Tuotantokentän rakennusprojekti nousi puheenaiheeksi ja siitä opinnäytetyön aiheeksi. Näin osasin heti dokumentoida ja tehdä havaintoja opinnäytetyötäni ajatellen. Urakkana oli Secondary Heap lohko 3:n tuotantokentän rakentaminen. Urakoitsijana toimi Tallqvist infra Oy, jossa toimin vuorotyönjohtajan tehtävässä. Tuotantokentän rakennusurakka on yksi Terrafamen kaivoksella tehtävän malminkäsittelyn pääkohtia tuotantoprosessissa ja loppusijoituksessa.

Tuotantokentän rakentaminen ja sen poikkeuksellinen koko tekivät työstä mielenkiintoisen ja opettavan. Näin suuressa rakennusprojektissa on todella suuri taloudellinen merkitys hyvästä suunnitelmasta. Hyvällä suunnitelmalla saadaan minimoitua turhat työvaiheet sekä saadaan taloudellista säästöä ja työtehokkuus paranee. Tuotantokentän rakentamisen aikana esimerkiksi suunniteltiin tarkoin mihin murskattavat louhekasat sijoitetaan, joista ne tultaisiin murskaamaan tuotantokentän rakennusmateriaaleiksi. Näin saatiin minimoitua murskatun materiaalin jatkokäsittelykulut minimiin.

Pääsin perehtymään työssäni laajasti maanrakentamiseen kaivosympäristössä, joka eroaa muusta maanrakentamisesta yleensä suuruudessaan ja urakoitten laajuudessaan. Rakennusprojektissa pääsin tutustumaan ja perehtymään koneautomaatioon. Koneautomaatio on nykypäivänä merkittävässä osassa maanrakennusurakoita, ja sen avulla saadaan kustannustehokkuutta.

Laajan alueen ja monivaiheisen rakennusprojektin ansiosta sain hyvän kosketuksen monen yhtäaikaisen työvaiheen toteuttamisesta ja organisoinnista. Sain tulevaisuutta ajatellen hyvän kosketuksen tämän tyyliin rakentamiseen ja toivon tämän auttavan jatkossa minua työelämässä.

## LÄHTEET

- 1 Talvivaaran historia. Viitattu 12.11.2016. <http://www.talvivaara.com/yhtiö/historia>
- 2 Terrafane Oy:n toiminta. Viitattu 6.9.2016. [www.terrafame.fi/](http://www.terrafame.fi/)
- 3 Maanmittauslaitos karttapaikka. Viitattu 21.9.2016. <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>
- 4 Poutanen M. 1998. GPS-paikanmääritys. tähtitieteellinen yhdistys Ursa. Karisto OY:n kirjapaino Hämeenlinna
- 5 Topgeo Oy kotisivut. Viitattu 15.9.2016. <http://www.topgeo.fi/tuotteet/koneohjausjarjestelmat-ja-konevastaanottimet/mita-koneohjaus-on>
- 6 Novatron OY kotisivut. Viitattu 30.9.2016. <http://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/>
- 7 Radan eristys- ja välikerrosten tiiveys- ja kantavuustutkimus, Liikennevirasto. Viitattu 21.9.2016. [http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf3/lts\\_2011-10\\_radan\\_eristys\\_web.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2011-10_radan_eristys_web.pdf)
- 8 Rakennustieto OY. Rakennusurakan yleiset sopimus ehdot YSE 1998. Kortisto: RT- 16-10660. Viitattu 21.10.2016. Saatavissa [https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/RT\\_6745.html.stx](https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/RT_6745.html.stx)



