



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

LOUHINTAKENTTIEN TIETOKONEAVUSTEIS- SESSA SUUNNITTELUSSA KÄYTETTÄVIEN OHJELMIEN KÄYTTÖ JA YHTEENSOVITUS

Henri Mattila

Opinnäytetyö
Marraskuu 2018
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infrarakentaminen



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infrarakentaminen

MATTILA HENRI

Louhintakenttien tietokoneavusteisessa suunnittelussa käytettävien ohjelmien käyttö ja yhteensovitus

Opinnäytetyö 69 sivua, joista liitteitä 41 sivua

Lokakuu 2018

Digitalisaatiosta ja koneohjausjärjestelmistä on tullut arkipäivää infrarakennustyömailla, varsinkin kaivinkoneiden osalta. Koneohjausjärjestelmät toimivat GNSS-satelliittipaikannuksen ja työmaista tehtävien toteutusmallien avulla. YIT on alkanut kehittää järjestelmää, jolla avolouhintatyöt saataisiin digitalisoitua ja automatisoitua ja parannettua näin työn tehokkuutta. Tähän kehitettävään järjestelmään kuuluu Drone-kuvausjärjestelmä, Sandvikin TIM3D-koneohjausjärjestelmä ja Forcitin O-Pitblast panostusohjelma. Työn tavoitteena on perehtyä näihin ohjelmiin, joita käytetään louhintakenttien suunnittelussa ja toteutuksessa. Työn tarkoituksena on myös tehdä käyttöohje näiden ohjelmien käyttämisestä ja yhteensovittamisesta YIT:n käyttöön, jotta avolouhintaosasto saisi ohjelmistoista kaiken hyödyn irti ja tehostettua louhintatyötä ja parannettua kustannustehokkuutta.

Tutkimusmenetelmänä oli empiirinen tutkimus eli opinnäytetyöntekijä opetteli ohjelmien käytön sekä työskenteli niillä ja keräsi materiaalia ohjelmistoista työn tekemiseksi. Harjoittelun aikana hän pääsi tekemään yhteistyötä yrityksessä työskentelevien ammattilaisen kanssa ja hyödyntämään heidän ammattitaitoaan haastattelemalla heitä työn tekemisen aikana.

Työn teoriaosana käydään läpi louhintatyön perusteita sekä ohjelmistojen käyttötarkoituksia ja ominaisuuksia. Työn pääosa on yksityiskohtainen käyttöohje ohjelmien käyttämisestä ja yhteensovittamisesta YIT:n käyttöön. Näiden lisäksi työssä pohditaan, mitä hyötyä ja etuja näistä ohjelmista ja järjestelmistä on rakennustyömaalla.

Digitalisaation suurin haaste on tietokoneohjelmien käytön osaamisen puute. Tämä työ kohdistuu juuri siihen ongelmaan avolouhinnan ja vähän myös työmaan seurannan osalta. Työn osana tehtävä käyttöohje toimii yrityksessä auttamaan henkilöstöä näiden ohjelmien käytössä ja hallinnassa niin, että ohjelmista saadaan kaikki hyödyt käyttöön.

Asiasanat: digitalisaatio, koneohjaus, avolouhinta

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Civil Engineering

MATTILA HENRI

Use and Matching of Programs What Used in Computer Aided Design of Mining Fields

Bachelor's thesis 69 pages, appendices 41 pages
October 2015

Nowadays digitalization and the use of machine control systems are part of everyday life in infrastructure construction sites, especially with excavators. Machine control systems work by using satellite positioning and BIM-models made from the work sites. YIT has begun to develop a system that enables the digitalization and automation of open pit mining with the goal of improved work efficiency in mind. This system will include a Drone scan system, Sandvik's TIM3D- machine control system and ForcIt's O-Pitblast charging program. This thesis has two goals. The first one is to get familiar with the softwares used in the implementation and design of mining fields. The second one is to make an instruction manual for the employer company YIT about how to use and coordinate these softwares together. This manual will help the open pit mining department of the company to get all the use possible from the softwares, resulting in increased performance in mining work and improved cost efficiency.

The research method used in this thesis is an empirical study. During practical training period with YIT, Thesis worker learn to use these programs while using them at work. On the side, He also collect material for this thesis. He was able to work together with professionals during my training and used their experience and knowledge by interviewing them throughout the process of making this thesis.

In the theory part of this work, is go through the basics of mining work and the features and purposes of the programs used by YIT. Main focus of the thesis is on the instruction manual for the employer company, explained in the first paragraph. In addition to these parts, the work involves discussion about the real advantages of these programs in the construction sites.

The biggest challenge for digitalization is the lack of expertise in the field of computer softwares. This thesis targets this exact problem for open pit mining, covering some parts of working site monitoring on the side. The instruction manual done as part of this thesis will be used by the employer company to increase the amount of know-how needed for a proper use of these softwares among the personnel. This will ensure that YIT will benefit from the digitalization and the use of machine control systems as much as possible.

Key words: machine control system, digitalization, mining

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	PERUSTIETOA LOUHINTATYÖSTÄ.....	7
3	LOUHINTAKENTTIEN TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU... 10	
4	OHJELMIEN KÄYTTÖTARKOITUKSET JA OMINAISUUDET.....	12
4.1	Drone-kuvausohjelma	12
4.1.1	Pistepilven hyödyntäminen	13
4.1.2	Mittatyökalut massanhallintaan	14
4.1.3	Ilmakuvien hyödyntäminen.....	16
4.2	Sandvik Driller’s Office porausohjelma	16
4.2.1	TIM3D-koneohjausjärjestelmä	16
4.2.2	Porauskaaviot	17
4.2.3	Porauksista syntyvä data	18
4.3	Forcit O-Pitblast panostusohjelmisto.....	19
4.3.1	Räjähätyssuunnitelma ja panostuksen suunnittelu.....	19
4.3.2	Sytytysjärjestelmän laadinta.....	20
4.3.3	Keulan laserkeilaus	21
4.3.4	Kustannuslaskenta.....	22
4.3.5	Raportti.....	22
4.3.6	Pilvipalvelu	23
5	OHJELMIEN HYÖDYT TYÖMAALLA	24
5.1	Drone-kuvauksen hyödyt.....	24
5.2	Driller’s Officen hyödyt.....	24
5.3	O-Pitblastin hyödyt	25
6	POHDINTA.....	26
	LÄHTEET.....	28
	LIITTEET	29
	Liite 1. Käyttöohje.....	29

ERITYISSANASTO

GNSS	Usean eri kansakunnan hallinnoima satelliittipaikannusjärjestelmä (Global Navigation Satellite System)
Drone	Kauko-ohjattava miehittämätön lennokki
Pintamalli	Kolmiulotteinen tietokoneella luotava kolmiopintamalli olemassa olevasta maa- tai kalliopinnasta
Pohjamalli	Kolmiulotteinen tietokoneella luotava kolmiopintamalli suunnitellusta toteutuspinnasta
Hidasteaika	Aika, joka kuluu laukaisupainalluksesta räjähdysnallin räjähtämiseen
Nonel	Sähkötön impulssiletkejärjestelmä louhintakenttien sytytykseen
Fotogrammetria	Kohteiden kolmiulotteista mittausta kohteista otettuja valokuvia hyödyntäen
Laserkeilaus	Lasersäteiden lähettämiseen ja takasin kimpoamiseen perustuva mittaust
Pistepilvi	Fotogrammetrian tai laserkeilauksen kolmiulotteinen mittaus-tulos
Rikko	Louhintaräjähdyksestä jäävä yli suuri lohkar, joka pitää pie-nentää räjäyttämällä tai hydraulivasaralla

1 JOHDANTO

Tämän työn taustalla on digitalisaation ja automaation tuleminen maanrakennusalalle. Se näkyy työkoneiden koneohjausjärjestelminä ja erilaisina tietokonesovelluksina, jotka ovat tehty parantamaan ja tehostamaan työntekoa. Tämä ei kuitenkaan onnistu, jos työntekijät eivät osaa käyttää näitä laitteita ja ohjelmia. Tämän työn tarkoituksena perehtyä louhintakenttien tietokoneavusteisessa suunnittelussa käytettäviin ohjelmiin ja tehdä niistä käyttöohje työmaalle.

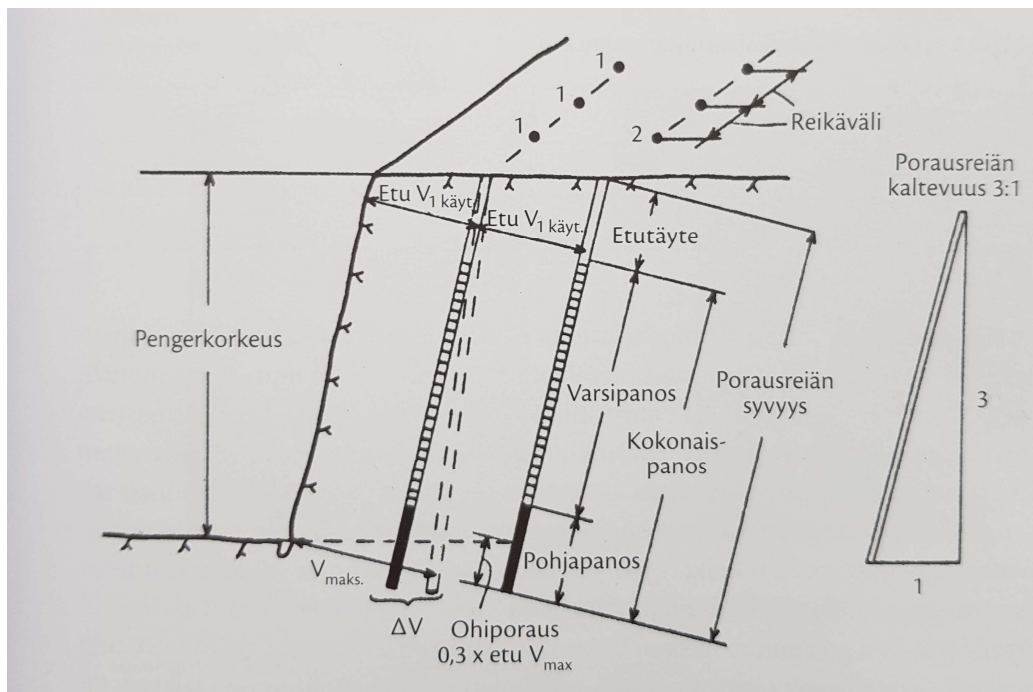
Työn tavoitteena on saada Drone-kuvausohjelma, O-Pitblast panostusohjelma ja Driller's Office porauksen koneohjausohjelma toimimaan yhdessä louhintakenttien tietokoneavusteisessa suunnittelussa. Työssä kerrotaan lyhyesti perusteita louhintatyöstä ja käsitellään näiden ohjelmien käyttötarkoituksia ja ominaisuuksia. Työn liitteenä olevassa käyttöohjeessa esitetään millaisia ominaisuuksia ohjelmissa on ja miten niitä käytetään louhintakenttien tietokoneavusteisessa suunnittelussa sekä miten eri ohjelmien ominaisuudet saadaan toimimaan yhdessä. Käyttöohjeen tarkoituksena on, että sen avulla koko YIT:n avolouhinta osasto hallitsisi ohjelmien käytön ja ohjelmia hyödynnettäisiin louhintatyön tehokkuuden parantamisessa. Ohjelmien käytön osuus rajataan ominaisuuksiin, joita YIT käyttää louhintakenttien tietokoneavusteisessa suunnittelussa.

Tutkimusmenetelmänä käytetään empiiristä tutkimusta eli havainnointia ammattiharjoittelun yhteydessä työskentelystä YIT:n käytössä olevilla ohjelmistoilla. Ohjelmistojen käyttö harjoittelun aikana mahdollisesti materiaalin keräämisen tämän työn tekemiseksi.

2 PERUSTIETOA LOUHINTATYÖSTÄ

Louhintatyöllä tarkoitetaan kallion irrotusta joko räjäyttämällä, kiilaamalla tai mekaanisesti rouhimalla tai iskemällä. Louhintatyöt jaetaan maanpäällisiin avolouhintoihin, maanalaisiin tunnelilouhintoihin ja vedenalaisiin louhintoihin. Avolouhintaräjätysten pääryhmät ovat tavanomainen pengerialouhinta, tasaulouhinta ja kanaalinlouhinta (Halonen & Vuolio 2012, 141). Tämä työ keskittyy maanpäälliseen louhintaan poraus-räjätysmenetelmällä.

Avolouhintaan liittyy paljon omia käsitteitä ja termejä. Kuvassa 1. on esitelty niistä tärkeimmät.



KUVA 1. Avolouhintaan liittyvät tärkeimmät käsitteet (Halonen & Vuolio 2017, 107).

Räjätysmenetelmässä ensiksi puhdistetaan kallio kaikesta maa-aineksesta. Sitten kallio-pinta mitataan sekä kartoitetaan massalaskentaa ja louhintakenttien suunnittelua varten. Mittauksen ja kartoituksen voi tehdä, joko takymetri- tai GPS-mittauksella tai fotogrammetrialla perustuvalla Drone-kuvauksella. Sen jälkeen kallioon porataan reiät kentän suunnittelussa ja panoslaskennassa määritetyllä reikäkoolla ja -tiheydellä. Ominaisporaus pyritään pitämään mahdollisimman pienenä kustannusten minimoiseksi. Reikien oikeaoppisella kallistuksella, suuntauksella ja syvyydellä on suuri merkitys lopputulokseen. Käytettävä porakone määräytyy reikäkoon ja pengerialouhinta- ja tasaulouhinta-työn mukaan. Porakoneet jaetaan kevyisiin, keskiraskaisiin ja raskaisiin poravaunuihin.

TAULUKKO 1. Ohjeellinen kallistus eri reikäläpimitoille (Halonen & Vuolio 2012, 143)

Reikäläpimita	Kallistus
$d < 51 \text{ mm}$	3:1, noin 18°
$d > 51 \text{ mm}$	5:1 – 10:1 $11^\circ - 6^\circ$

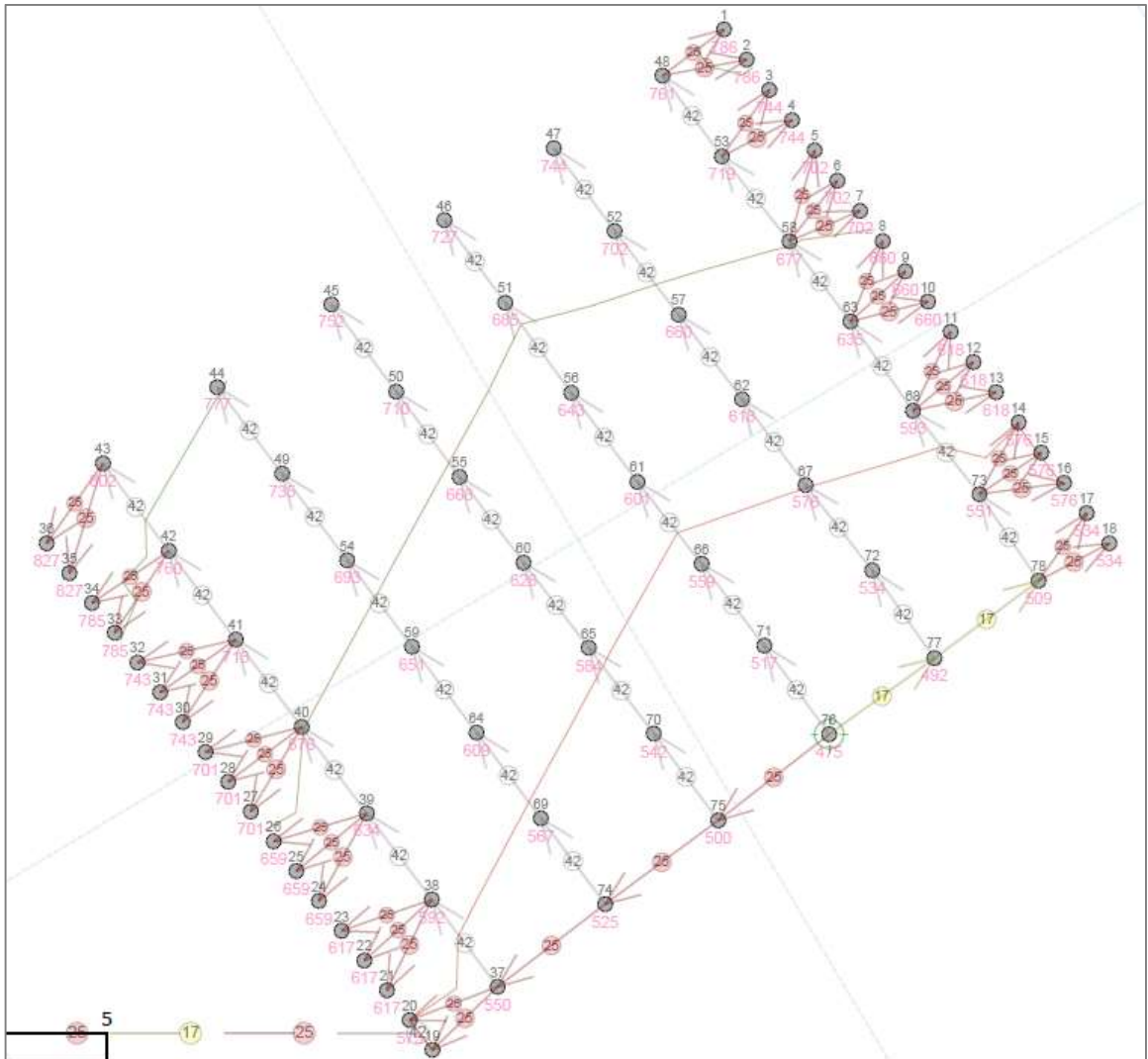
Reikien porauksen jälkeen reikiin laitetaan panoslaskennassa määritelty määrä räjähdysainetta siten, että ominaispanostuksesta tulee halutun suuruinen. Käytettävän ominaispanostuksen suuruuteen vaikuttaa onko louhinta pengerialouhintaa, tasauslouhintaa vai kanaalilouhintaa ja mitä räjähdysainetta käytetään. Ominaispanostuksen arvo ei kuitenkaan voi olla aina vakio esimerkiksi pengerialouhinnassa dynamiitilla, koska kallionlaatu ja sen sisältämien kivilajien laatu on vaihtelevaa (Halonen & Vuolio 2017, 107).

TAULUKKO 2.

Avolouhintaräjätysten ominaispanostus ja -poraus (Halonen & Vuolio 2012, 141)

Avolouhintaräjätysryhmittely	Ominaispanostus kg/m^3	Ominaisporaus pm/m^3
Tavanomainen pengerialouhinta	0,3 – 0,6	0,1 – 0,7
Tasauslouhinta	0,5 – 0,8	0,7 – 5,0
Kanaalinlouhinta	0,7 – 2,0	0,7 – 4,0

Sytytysjärjestelmän laatiminen on tärkeä osa räjäytyssuunnittelua. Se vaikuttaa muun muassa kentän irtoamiseen, lohkokokoon, kuormaukseen, heittoihin, tärinäihin, ilma-aallon paineiskuun ja jäljelle jäävän kalliopinnan eheyteen. (Halonen & Vuolio 2012, 141) Panostettujen reikien syttymisjärjestys laaditaan sellaiseksi, että lähimpänä vapaata tilaa olevat reiät räjähtävät ensin ja kauimpana olevat viimeisinä.



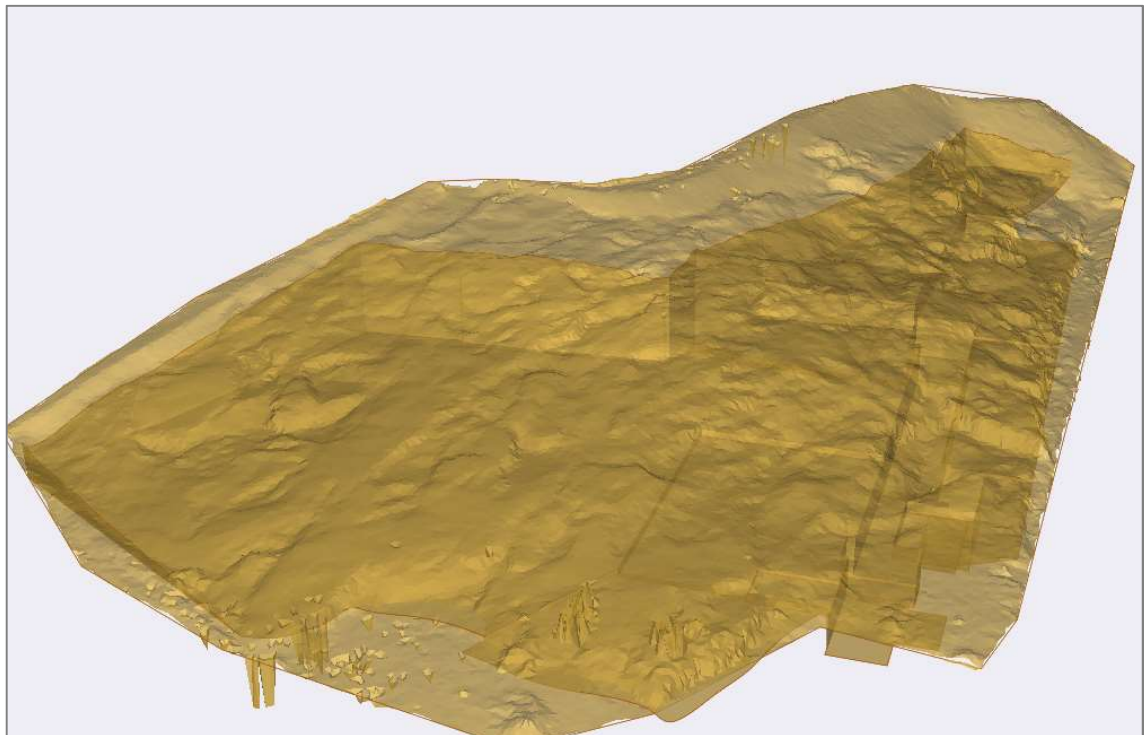
KUVA 2. Louhintakentän sytytysjärjestelmä Nonel-nalleilla. Kuvassa näkyy vaaleanpu-
naisella reikien hidasteajat.

Sytytysjärjestelmiin on käytössä kolmenlaisia eri tyyppisiä nalleja: perinteiset sähkönal-
lit, sähköttömät nonel-nallit ja elektroniset nallit. Nonel-nallit ovat nykyään yleisimpiä ja
elektronisia nalleja käytetään vain erikoiskohteissa niiden kalliin hinnan vuoksi.

3 LOUHINTAKENTTIEN TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU

Työn perimmäisenä tarkoituksena on kehittää yrityksen tietokoneavusteista suunnittelua louhintakenttien osalta. Tässä luvussa käsitellään sen vaiheita ja tarpeita sekä miten eri ohjelmia käytetään yhdessä.

Louhintakenttien tietokoneavusteinen suunnittelu alkaa lähtötietojen keräämisellä ja mallintamisella. Tavoiteltavat louhintatasot saadaan suunnitelmista ja niistä luodaan toteutusmalli. Valmiin toimivan toteutusmallin voi saada suunnittelijalta. Jos valmista ei saa, se pitää luoda/muokata annetusta suunnitteluaineistosta. Louhintakenttien suunnittelussa tarvittava kalliopinnan pintamalli luodaan Drone-kuvausaineistosta tai, jos on sellainen työmaa, missä Dronea ei saa lennättää tai on jokin muu este Drone-kuvaukselle, pintamallin voi luoda myös mittamiehen kartoituspisteistä. Luodusta toteutusmallista ja pintamallista työmaasta saadaan 3D-malli, joka toimii perustana louhintakenttien tietokoneavusteiselle suunnittelulle.



KUVA 3. Työmaasta luotu 3D-malli

Mallinnuksen jälkeen suunnitellaan louhintakenttien poraukset 3D-malliin. Ensin määritellään ja optimoidaan porauksessa käytettävä reikäkoko ja reikätiheys. Niiden määrittely ja optimointi voidaan tehdä panostusohjelmassa tai perinteisellä panoslaskennalla. Reikäkoon ja reikätiheyden määrittelyn jälkeen porauskaaviot suunnitellaan porausohjelmalla GPS-koordinaatistoon. Suunnitellut porauskaaviot viedään koneohjattuun poravaunuun, joka poraa reiät suunniteltuihin paikkoihin. Poravaunu tallentaa poraukset porausdataksi, jotka tuodaan tietokoneelle ja porausdataa hyödynnetään louhintakenttien panostusten suunnittelussa.

Louhintakenttien panostukset suunnitellaan panostusohjelmassa. Ohjelmaan saa tuotua porauksesta syntyneen datan, jolloin panostuksen saa suunniteltua todellisiin reikiin. Jos käytössä ei ole koneohjattua poravaunua, reiät voi myös kartoittaa GPS-mittalaitteella ja kartoitusdatan saa myös tuotua panostusohjelmaan. Ohjelmassa määritetään rei'ille pohja- ja varsipanokset ja etutäytteen määrä sekä käytettävä sytytys. Näistä tiedoista ohjelma laskee kentän tilavuuden, ominaisporauksen ja -panostuksen sekä tekee niistä panostusraportin. Raportit toimivat lakisääteisinä räjäytyssuunnitelmina sekä työn seuranta ja laadunvarmistuksena.

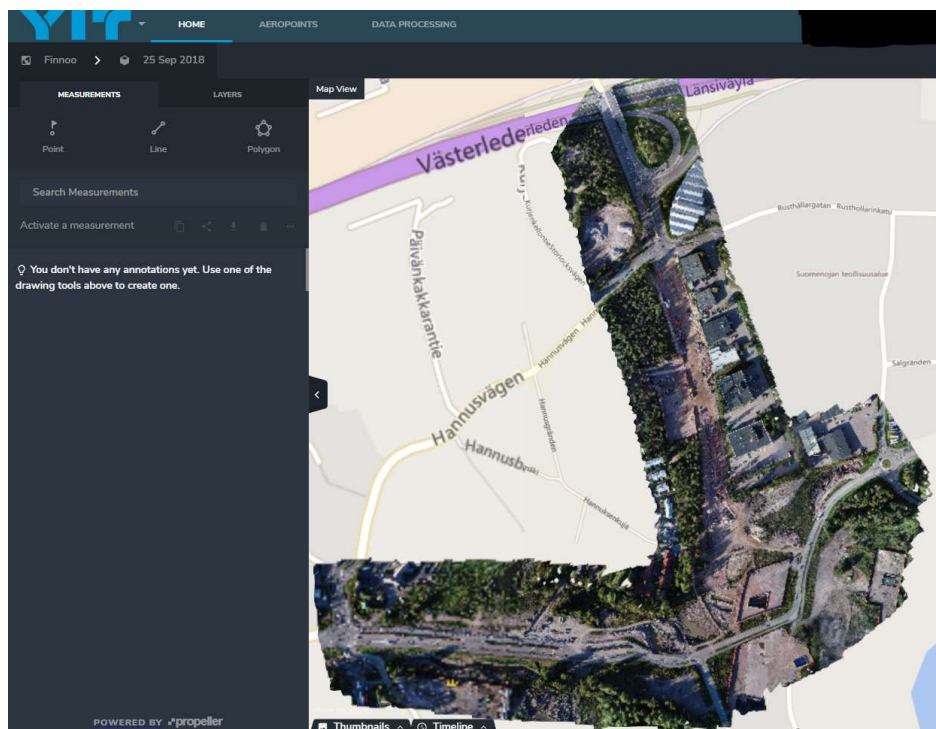
4 OHJELMIEN KÄYTTÖTARKOITUKSET JA OMINAISUUDET

Tässä työssä perehdytään kolmeen ohjelmaan, joita YIT Rakennus Oy käyttää. Nämä ohjelmat ovat Drone-kuvauksen hyödyntämishohjelma, Sandvik Driller's Office ja Forcitr O-Pitblast. Seuraavissa kappaleissa perehdytään tarkemmin näiden ohjelmien ominaisuuksiin.

4.1 Drone-kuvausohjelma

Drone-kuvausta käytetään rakennustyömaan seurantaan ja toteuman tarkasteluun. Ohjelmistoa käytetään visuaalisena työnjohdon ja suunnittelun työkaluna. Ohjelman tärkeimmät ominaisuudet ovat pistepilven lataus, erilaiset mittatyökalut massanhallintaan ja ilmakuvien käyttö työnseurantaan ja suunnitteluun. Drone-kuvaus perustuu fotogrammetria tekniikkaan. (Illikainen 2018, 15–16)

Fotogrammetria on kohteiden kolmiulotteista mittausta kohteesta otetuilla ilmakuvilla. Kohde alueesta otetaan riittävästi ilmakuvia, jotta jokainen maastonkohta on löydettävissä vähintään kahdelta eri kuvalta. Kun kuvien suhteet toisiinsa ja maastoon on selvitetty, voidaan kohteen sijainti määrittää kuvista kolmiulotteisesti. Ilmakuvia käytetään maaston topografiseen kartoitukseen ja maastomallimittauksiin. (Wikipedia 2018)



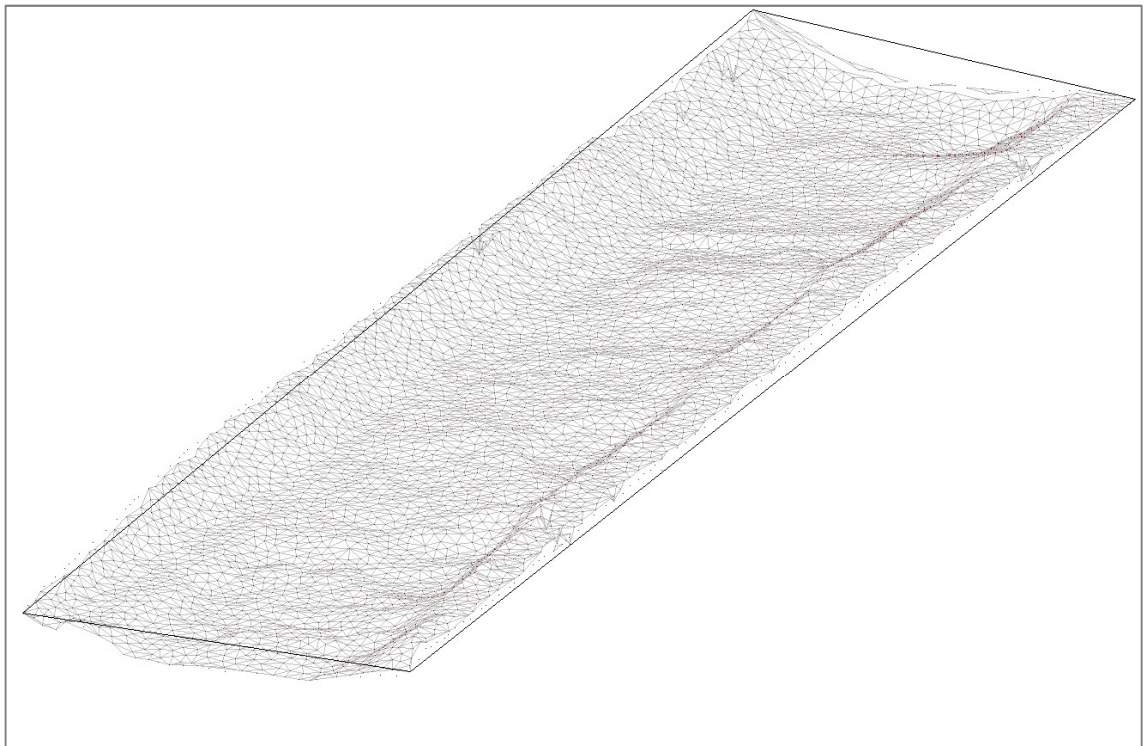
KUVA 4. Koko työmaanäkymä Drone-kuvausohjelmassa

Työmaa käydään kuvaamassa Dronella sen alkaessa ja sovitun ajan välein työmaan luonteesta riippuen. Ohjelmassa pystyy tarkastelemaan ja vertailemaan jokaista kuvauskertaa erikseen. Tämä toiminto tekee ohjelmasta hyvän työnseurantatyökalun.

Hyvin tehdyn ilmakuvamallin tarkkuus on ± 30 mm vaakasuunnassa ja ± 70 mm pystysuunnassa. Tämä tarkkuus ei riitä kaikkeen tilaajan lopulliseen laatudokumentointiin, mutta riittää pääosaan työnaikaisista rakenteista ja antaa hyvän kuvan työmaan rakennusvaiheesta. (Viitikko 2018)

4.1.1 Pistepilven hyödyntäminen

Louhintakenttien suunnittelussa Drone-kuvausohjelman tärkein ominaisuus on, että siitä saa ladattua ulos pistepilven. Pistepilven voi ladata itse määrittelemältä alueelta, mistä kohtaa työmaata haluaa. Ohjelmassa pistepilven tiheys on noin yksi piste kymmenen sentin ruutuun. Tämä tiheys on raskas monelle ohjelmistolle ja turhan tarkka moneen käyttötarkoitukseen, joten ohjelmassa on ominaisuus, jolla voi itse määrittellä ladattavan pistepilven pistetiheyden.



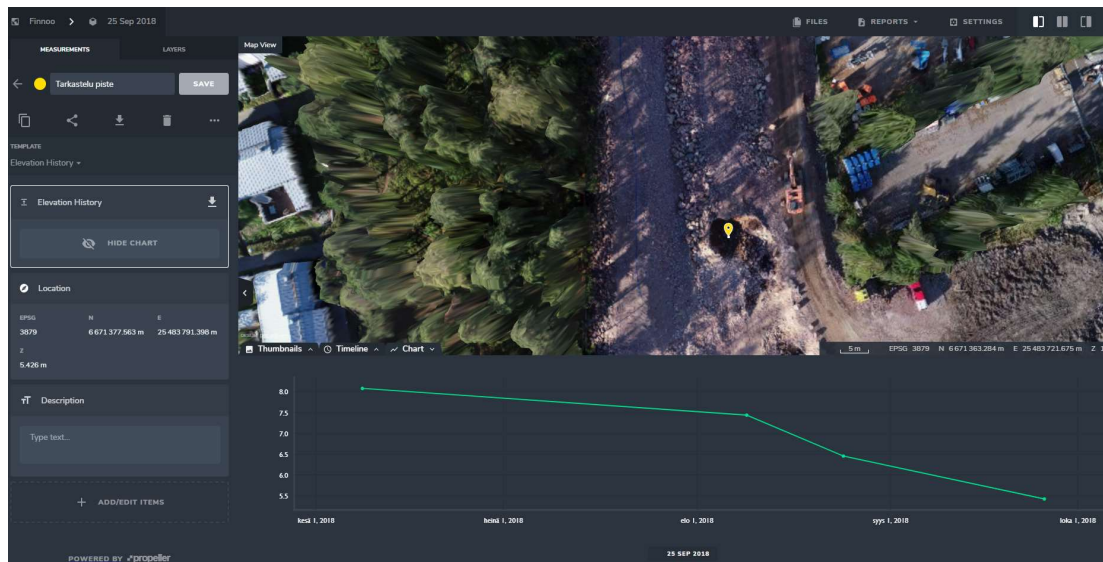
KUVA 5. Ladatusta pistepilvestä luotu pintamalli.

Pistepilveä hyödynnetään tekemällä siitä pintamalli. Sitä käytetään poraus- ja panostusohjelmissa louhintakenttien suunnittelussa ja sitä voi käyttää myös massalaskennassa. Massalaskennassa se saattaa antaa tarkemman tuloksen kuin takymetrillä kartoitettu kal-liopinta, koska sen mittaamat pistevälit ovat paljon tarkempia.

4.1.2 Mittatyökalut massanhallintaan

Drone-kuvausohjelmassa pystyy tarkastelemaan pinnan muutoksia kolmella eri työkalulla piste-, viiva- ja alue-työkalulla.

Piste-työkalun avulla ohjelmaan voi määrittää yhden pisteen, jota tarkastella. Ohjelma näyttää pisteelle korkeuden ja pisteen korkeuden vaihtelua pääsee tarkastelemaan eri mit-tausajankohtina.



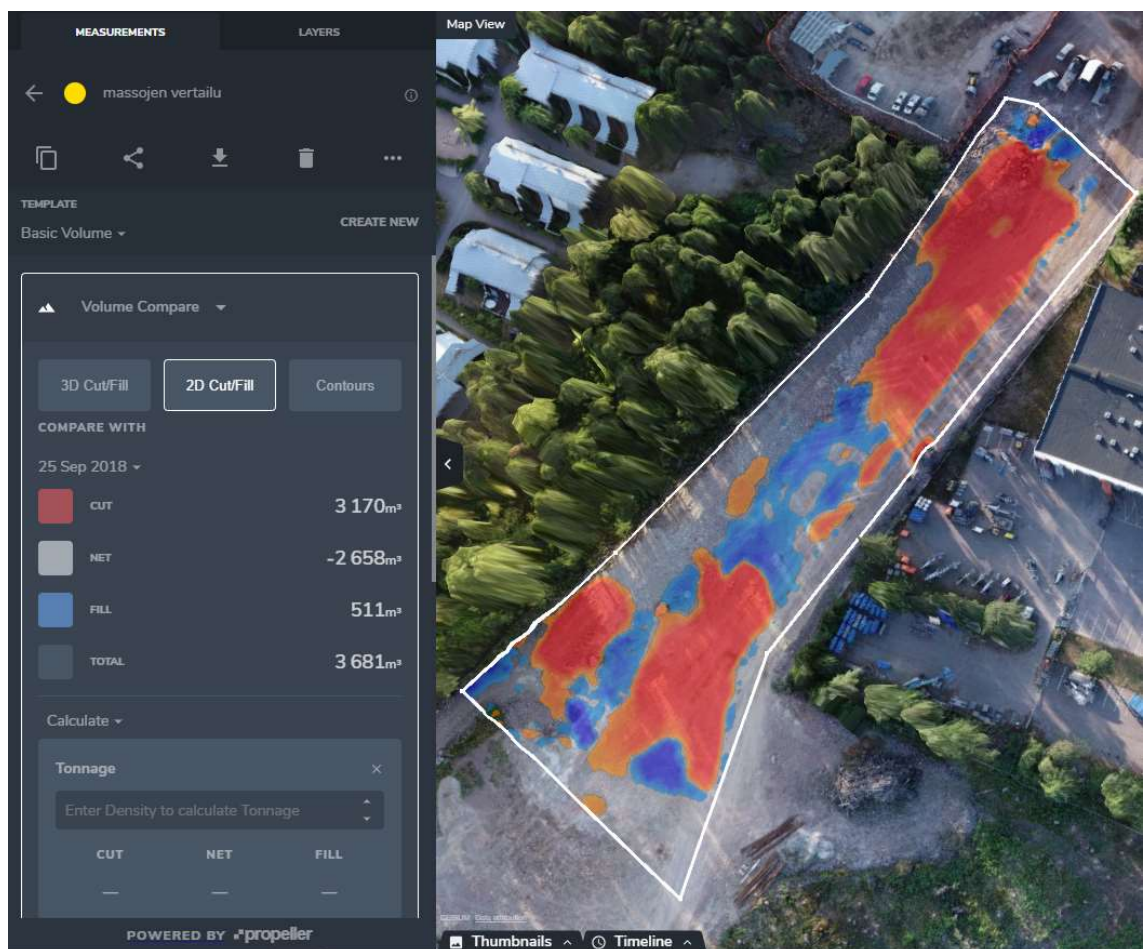
KUVA 6. Piste-mittaustyökalu.

Viiva-työkalulla ohjelmaan voi piirtää viivan haluttuun kohtaan, jota haluaa tarkastella. Ohjelmalla viivasta voi selvittää sen pituuden, korkeuden valitussa pisteessä, kallistus-kulman ja näitä asioita pystyy vertailemaan eri mittausajankohtien välillä.



KUVA 7. Viiva-työkalu ja siinä korkeuden vertailu eri ajankohtien välillä.

Alue-työkalulla voi piirtää ohjelmaan vapaavalintaisen alueen ja tarkastella sitä. Sillä pääsee mittaamaan alueen pinta-alan ja massamäärän muutokset eri mittauskerroilla. Ohjelma antaa suoraan massojen muutosmäärät ja värittää eri värein ne kohdat, josta on leikattu ja mitä kohtaa on täytetty.



KUVA 8. Alue-työkalu, jossa päällä massamäärän vertailu. Punainen väri kuvaa aluetta, jolta on leikattu maata ja sininen aluetta, mihin on täytetty maata.

4.1.3 Ilmakuvien hyödyntäminen

Ohjelman ilmakuvia voi hyödyntää työvaiheiden suunnitteluun, perehdytykseen ja ne toimivat myös kuvapankkina. Työvaihesuunnittelussa on apua koko työmaan kattavista ilmakuvista, koska niistä työnjohtaja saa monipuolisemman käsityksen työmaasta. Ohjelmassa pystyy mittaamaan välimatkoja esimerkiksi massansiirroissa kaivuupaikan ja läjitysalueen välillä. Ajankohtaiset ilmakuvat toimivat hyvänä apuna työmaaperehdytyksissä. Ohjelma toimii myös hyvänä kuvapankkina: esimerkiksi, jos tulee kiistatilanteita, urakoitsija pystyy todistamaan kuvista, kuinka asiat ovat olleet minäkin ajankohtina. (Illikainen 2018, 21–24)

4.2 Sandvik Driller's Office porausohjelma

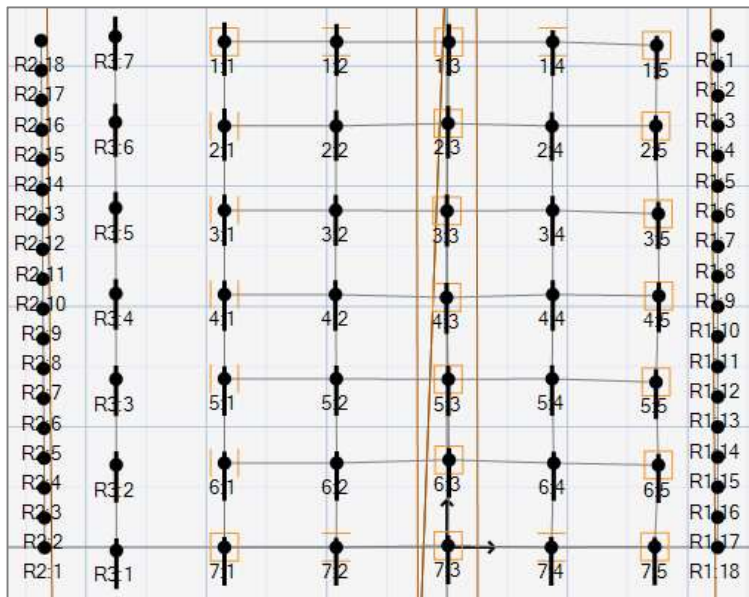
Sandvik Driller's Office on ohjelma, jossa suunnitellaan ja luodaan porauskaaviot poravaunuun sekä tarkastellaan poravaunun porauksista luomaa dataa. Ohjelma on kehitetty automatisoimaan ja helpottamaan poraustyötä sekä parantamaan työstä syntyvää dokumentaatiota. Ohjelma on osa Sandvikin kehittämää GNSS-satelliittipaikannusta ja tietotekniikkaa yhdistävää TIM3D-koneohjausjärjestelmää. Sandvikin koneohjausjärjestelmä soveltuu niin avolouhintatyömälle kuin suurille avolouhintakaivoksille ja sitä käytetään ympäri maailmaa. Muun muassa australialainen Xcel Drill And Blast ja norjalainen Inge Hjelle Entreprenør Forretning AS käyttävät Sandvikin TIM3D-koneohjausjärjestelmää. (Aggregates Business Europe 2016; Xcel Drilling and Blasting 2018)

4.2.1 TIM3D-koneohjausjärjestelmä

Sandvik on kehittänyt avolouhintaporavaunuihin GNSS-paikannuksen ja tietotekniikan yhdistävän TIM3D-koneohjausjärjestelmän. Driller's Office ohjelma luo ja käsittelee dataa tietokonepuolella. Poravaunun tietokonejärjestelmä lukee Driller's Officella luodun datan ja on yhteydessä satelliittipaikannukseen, jolloin poravaunulla saa tarkasti porattua louhintareivät ohjelmassa luotujen koordinaattien mukaan. Vaunun järjestelmä myös tallentaa poratut reiät toteutuneeksi porausdataksi ja antaa niille X-, Y- ja Z-koordinaatit sekä tekee niistä porausraportin. (Suursalmi 2017, 28–30)

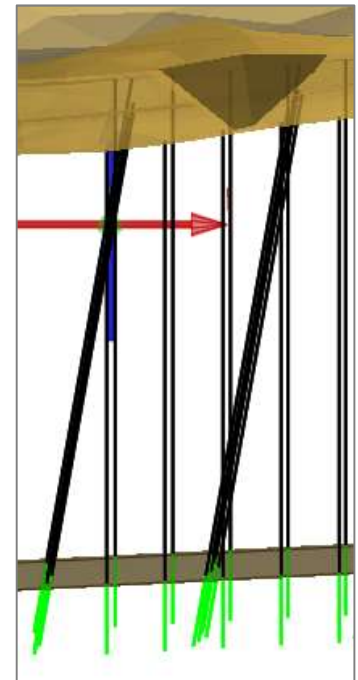
4.2.2 Porauskaaviot

Ohjelmassa luodaan porauskaaviot koordinaatistoon ja kaaviot liittyvät ohjelmaan liitettyihin samassa koordinaatistossa oleviin pohja- ja pintamalleihin. Edut ja reikävälit pystytään säätämään tasavälisiksi, kun porauskaaviot sovitetaan yhteen pohjamallin kanssa (kuva 9). Kuvassa 10 on esitetty, kuinka reikien korkeus liittyy malleihin. Ohjelmassa on myös ominaisuus, jolla kaavion reunaan saa lisättyä rakolinjan halutulle kohdalle ja ha-



lutulla reikävälillä.

KUVA 9. Porauskaavio 2D-kuvana



KUVA 10. Porauskaavio 3D- kuvana vaakasuunnasta.

Näiden ominaisuuksien avulla päästään tarkkaan poraustulokseen, kun ohjelmassa pystyy määrittämään porareille tarkat ja optimaaliset paikat. Se takaa tarkan ja kustannustehokkaan lopputuloksen, kun tarkalla porauksella päästään eroon ali- ja yلیلouhinnoista.

Ohjelmasta saa tiedot suunnitelluista porareikien määristä, parametreistä ja kentän tilavuudesta (kuva 11). Näitä tietoja käytetään työn suunnittelussa ja seurannassa sekä kustannusten arvioinnissa. Kustannusten arviointiin näistä tiedoista saa laskettua ominaisporauksen (pm/m^3), joka on yksi merkittävimmistä kustannustekijöistä louhinnassa.

Planned/Drilled	
Holes	52 / 35
Meters	250,84 / 161,13
Blast Volume (m ³)	348,89 <input type="button" value="Calc"/>

KUVA 11. Porakaavion suunnitellut ja toteutuneet poraustiedot

4.2.3 Porauksista syntyvä data

Poravaunun tietokonejärjestelmä tallentaa porauksesta syntyvät tiedot ja tekee niistä porausraportin. Raportti avautuu ohjelmaan ja ohjelma lukee raportin datasta reikien sijainnit, alku- ja loppupisteet, kallistukset ja suuntaukset, lisäksi ohjelma piirtää reiät 2D ja 3D tarkastelua varten. Reiät, jotka on porattu suunnitellusti näkyvät ohjelmassa vihreinä ja ei suunnitellut näkyvät punaisella (kuva 12).

Porausraporttia voi hyödyntää myös panostusohjelmassa. Kun raportin avaa panostusohjelmassa, silloin saa tehtyä räjäytyssuunnitelman todellisiin reikiin. Ohjelma näyttää raportista myös toteutuneet porausmäärät ja vertaa niitä suunniteltuihin määriin (kuva 11).



KUVA 12. Porausdata toteutuneesta porauksesta (Suursalmi 2017, 51)

4.3 Forcit O-Pitblast panostusohjelmisto

O-Pitblast on suomalaisen räjähdysainevalmistaja Forcit Oy:n ja portugalilaisen tietotekniikka-alan yrityksen yhdessä kehittänyt panostusohjelma. Ohjelmassa suunnitellaan ja optimoidaan louhintakenttien panostusta ja ohjelmassa saa luotua valtioneuvoston asetuksen 644/2011 mukaisia räjäytyssuunnitelmia sähköiseen ja kirjalliseen muotoon. Ohjelmasta löytyy hyviä ominaisuuksia louhinnan turvallisuuden ja tärinöiden hallintaan, lisäksi ohjelmasta saa ulos kattavan panostusraportin. Ohjelma toimii myös erityisen hyvänä työkaluna louhinnan kustannuslaskennassa niin tarjouslaskenta vaiheessa kuin toteutuneiden kustannuksien seurannassa.

4.3.1 Räjäytyssuunnitelma ja panostuksen suunnittelu

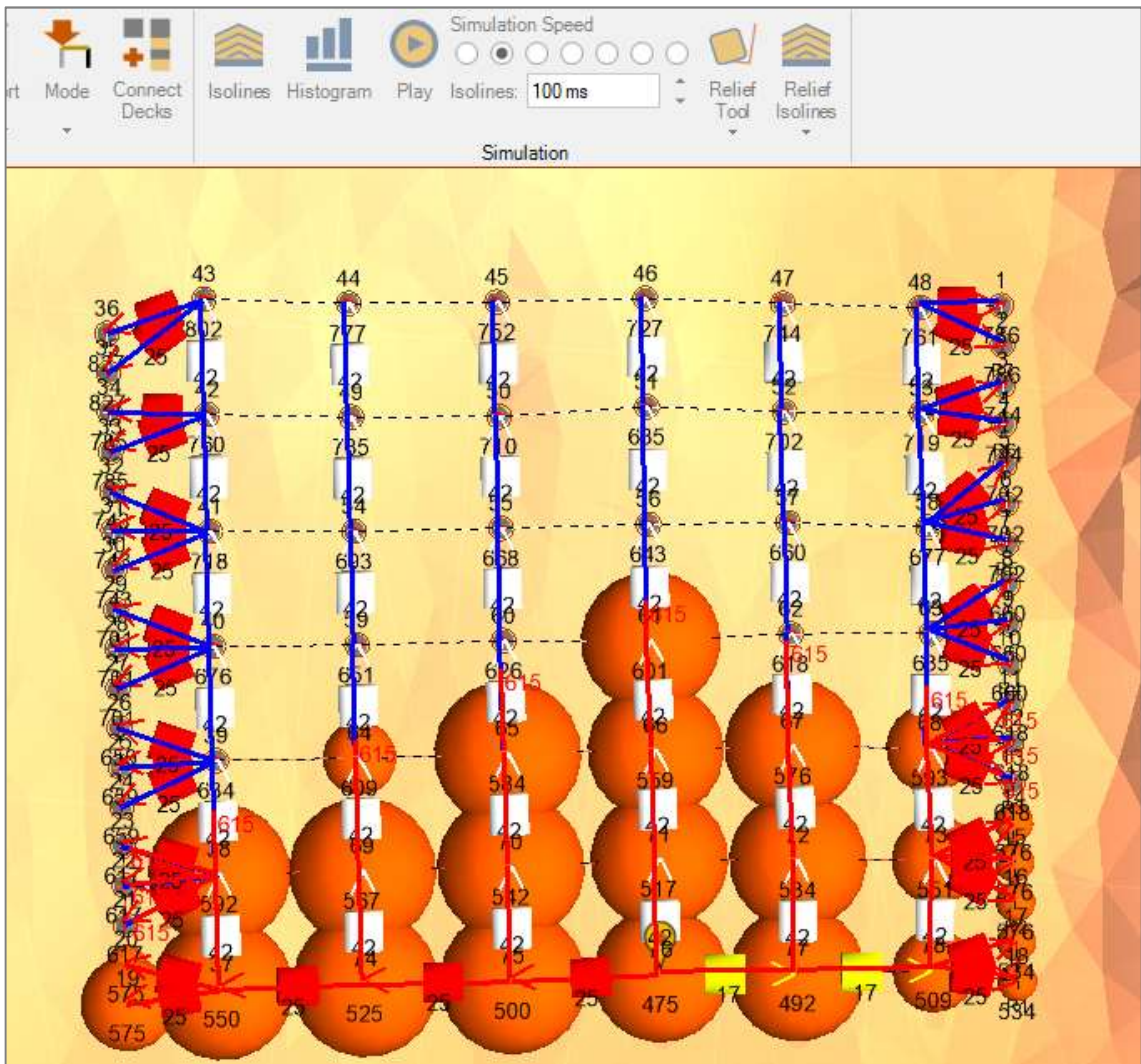
Valtioneuvoston asetus räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta 644/2011 5 § mukaan: ”Panostajan on tehtävä räjäytettävästä kentästä tai muusta räjäytyskohteesta kirjallinen räjäytyssuunnitelma, joka sisältää tiedot porauksesta, räjähteestä ja sen määrästä, panostamisesta, sytytyksestä ja sytytysjärjestyksestä, peittämisestä, räjäytysajankohdasta, vaarallisesta alueesta ja varmistustoimenpiteistä sekä muista räjäyttämisen turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä.” O-Pitblastissa luodut räjäytyssuunnitelmat räjäytettävistä kentistä sisältävät valtioneuvoston asetuksen määräämät tiedot.

Ohjelmassa pystyy optimoimaan louhintakentät mahdollisimman kustannustehokkaiksi. Siinä on helppo säätää reikäkokoa ja -tiheyttä. Räjäytyssuunnitelmaa tehdessä ja panostusta suunniteltaessa kentästä voi määrittää eri reikätyypit: mitkä reiät ovat kenttäreikiä, ”putsarireikiä” ja tarkkuuslouhintareikiä. Putsarireikä on reikä kenttäreian ja tarkkuuslouhintareian välissä, joka auttaa kiveä irtoamaan paremmin ja sen panostus eri kuin kenttä- ja tarkkuuslouhintareioissa. Eri reikätyypeille saa luotua omat panostussäännöt ja niitä muokkaamalla saadaan tavoiteltu ominaispanostus (kg/m^3). Käytettävät räjähdysaineet lisätään ohjelman valikkoon, mistä niitä voi valita ja vaihdella louhintakenttien suunnittelussa. Oikealla räjähdysaine valinnalla saadaan pienennettyä kustannuksia. Ohjelmassa voi määrittää panostuksen myös ominaispanostuksen mukaan. Silloin ohjelma itse määrittää reioissa käytettävän panoksen niin, että ominaispanostuksesta tulee haluttu. Kaikki ohjelmaan tehtävät kentät sitoutuvat X-, Y- ja Z-koordinaatistoon.

Ohjelmasta löytyy myös ominaisuus, joka arvioi louheen räjäytyksen jälkeisen lohkokoon. Tällä ominaisuudella saadaan vähennettyä rikkojen määrää. Se on erityisen hyvä ominaisuus tuotantolouhinnassa, jossa murskataan myytäviä kivilajikkeita.

4.3.2 Sytytysjärjestelmän laadinta

Sytytysjärjestelmän voi ohjelmassa laatia kolmella eri tyyppisillä nalleilla: sähkönalleilla, sähköttömällä Nonel-nalleilla ja elektronisilla sähkönalleilla. Sytytysjärjestelmän laatimisen jälkeen sytytyksen ajastusta voi tarkastella räjäytyssimulaattorissa. Se näyttää kentän räjäytyksen ja reikien hidasteajat animaationa. Simulaattorissa pääsee myös tarkastelemaan räjähtäkö jotkin reiät yhtä aikaa ja mitkä reiät ne ovat. Tällä toiminnolla saa tarkistettua kentän todellisen momentaanisen räjähdysainemäärän. Momentaanisen räjähdysainemäärän lisäksi simulaattorissa saa tarkistettua, että reiät räjähtävät oikeaoppisessa järjestyksessä. Tämä on erityisen hyvä ominaisuus suurten murskakenttien sytytyksen suunnittelussa.



KUVA 13. Räjäytyssimulaattori

4.3.4 Kustannuslaskenta

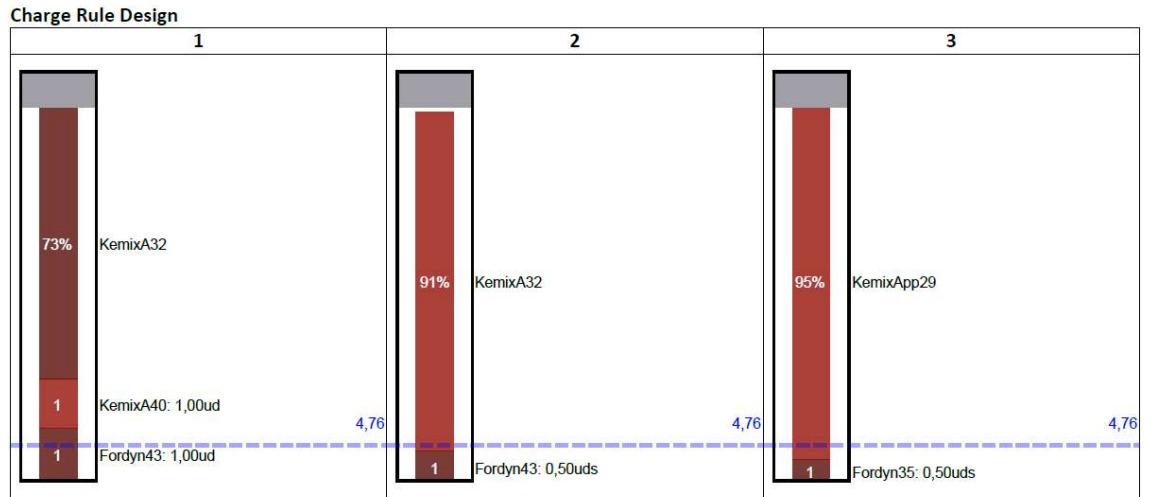
O-Pitblast on myös käyttökelpoinen työkalu avolouhinnan kustannuslaskentaan. Siihen saa syötettyä Forcitin räjähdysaineiden ja sytytystarvikkeiden hinnaston ja lisättyä niihin yrityskohtaisen alennusprosentin. Ohjelmaan voi myös luoda muitakin räjähdysaineita ja sytytystarvikkeita käytettäväksi kuin Forcitin aineet ja määrittää niille hinnan. Räjähdysaineiden hinnan lisäksi ohjelmaan pitää määrittää porauksen hinta. Se määritetään parametriä kohden jokaiselle tarpeelliselle reikäkoolle.

Sen jälkeen, kun on määritelty hinta räjähdysaineille, sytytystarvikkeille ja porauksille, suunnitellaan työmaasta keskimääräinen louhintakenttä tai useita erilaisia kenttiä, joihin määritetään porareivät, käytettävät räjähdysaineet ja sytytysjärjestelmä. Näiden lisäksi ohjelmaan saa määriteltyä ja lisättyä työn yleiskustannuksia, kuten työnjohdosta, panostajista ja apumiehistä sekä räjäytystarvikkeista ja konetöistä aiheutuvat kustannukset. (Sahanen 2018)

Kun ohjelmaan on määritelty kaikki kustannukset, ne pääsee näkemään ohjelmasta saatavasta raportista. Raportissa ohjelma erittelee kustannukset räjähdysaineiden, sytytysjärjestelmän ja porauksen kustannuksiin. Näiden lisäksi ohjelma antaa kustannukset keskimääräistä reikää, kuutiota ja tonnia kohden. Näistä tärkein on louhinnan kuutiohintana (€/m³). Sitä käytetään louhinnan yksikköhintana.

4.3.5 Raportti

Ohjelmasta saa ulos kattavan kenttäkohtaisen raportin louhinnan dokumentointia varten. Tärkeimmät raportissa olevat tiedot ovat käytettyjen räjähdysaineiden ja sytytystarvikkeiden määrät, kentän tilavuus, ominaisporaous ja -panostus, kuvat eri panostussäännöistä/reikätyypeistä (kuva 15), poraus- ja sytytyskaaviot sekä kentän kustannukset. Näiden tietojen lisäksi raportista löytyy muun muassa listaukset jokaisen reiän panostuksista, porauksista ja hidasteajoista. Raporttiin pystyy kuitenkin itse määrittämään sen sisältämät tiedot. Tämän ominaisuuden avulla raportista saa karsittua pois ne ylimääräiset tiedot, joita ei käsiteltävän työmaan raportoinnissa ja dokumentoinnissa tarvita.



KUVA 15. Eri reikätyyppien panostussäännöt

4.3.6 Pilvipalvelu

O-Pitblastissa on myös pilvipalvelu, jossa voi hallinnoida kätevästi valmiita räjäytys suunnitelmia. Siinä pystyy jakamaan omia suunnitelmia toisille O-Pitblastin käyttäjille ja lataamaan muiden käyttäjien suunnitelmia omalle koneelle. Tietokoneohjelman lisäksi O-Pitblastista on iOS-mobiilisovellus, jolla pääsee tarkastelemaan räjäytys suunnitelmia älypuhelimella ja sillä voi helposti tehdä muutoksia reikäkohtaisiin panostuksiin kentällä panostusta tehdessä. (Forcit 2018)

5 OHJELMIEN HYÖDYT TYÖMAALLA

5.1 Drone-kuvauksen hyödyt

Kokonaisuudessaan Drone-kuvauksen hyödyt rakennustyömaalla liittyvät massanhallintaan ja työn suunnitteluun ja ohjaukseen. Louhintatöiden kannalta Drone-kuvauksen suurimmat hyödyt ovat mallinnuksessa ja massanlaskennassa. Drone-ohjelmasta saatava pistepilvi helpottaa ja nopeuttaa mallinnustyötä sekä pienentää mallin tekemisen kustannuksia, jos työmaa muutenkin kuvattaisiin Dronella. Silloin ei tarvitse erikseen pyytää työmaalle mittamiestä kartoittamaan kalliopintaa eikä tarvitse sen jälkeen odotella, että hän lähettää kartoitustiedot. Ladattavasta pistepilvestä tehty pintamalli on myös todennäköisesti tarkempi kuin mittamiehen mittauksen, koska siinä mittauksen pisteväli on vakio. Jotkut tilaajat hyväksyvät Drone-kuvauksella tehdyn pinta kartoituksen massalaskentaan.

5.2 Driller's Officen hyödyt

Porausohjelma helpottaa ja tarkentaa louhintakenttien porauskaavioiden suunnittelua. Osana Sandvikin TIM3D-koneohjausjärjestelmää ohjelma tehostaa poraamista ja lisää työn mielekkyyttä, kun porari voi keskittyä poraamiseen poravaunun hytissä eikä hänen tarvitse käydä pihalla mittaamassa ja merkitsemässä reikien paikkoja.

Tarkkuuden parantaminen on ohjelman suurin hyöty, koska etukäteen huolella suunnitellut kentät varmistavat, että porareivät ovat varmasti optimaalisissa paikoissa; varsinkin, kun tehdään InfraRYL:in Luokka 1 tarkkuutta vaativia rakenteita (taulukko 3 & 4).

TAULUKKO 3.

Kallioleikkausten seinäpintojen tarkkuusvaatimukset. (InfraRyl 17110.4)

Laatuluokka	Tarkkuusvaatimus, mm
Luokka 1	0...200
Luokka 2	0...400
Luokka 3	0...600
Luokka 4	luokittelematon

TAULUKKO 4.

Kalliroleikkausten pohjapintojen tarkkuusvaatimukset. (InfraRyl 17110.4)

Laatuluokka	Tarkkuusvaatimus, mm
Luokka 1	0...400
Luokka 2	0...600
Luokka 3	luokittelematon

Tehokkuuden ja tarkkuuden parantuminen tekevät porauksesta kustannustehokkaampaa, kun käytetään porausohjelmaa. Kustannustehokkaampi poraus tuo yritykselle merkittäviä kustannussäästöjä ja kilpailuetuja. Tämän vuoksi porausohjelman ja koneohjausjärjestelmän käyttö louhintatyössä on kannattavaa.

5.3 O-Pitblastin hyödyt

O-Pitblastin käyttö helpottaa louhintakenttien suunnittelua ja sen avulla louhintakenttien porausta ja panostusta pystyy optimoimaan. Porauskaavion optimointi ja oikeanlaisen räjähdysaineen käyttö lisäävät työn tehokkuutta ja rikkojen määrä pienenee. Parhaiten ohjelman hyödyt tulee kumminkin esille suuria louhintakenttiä tehtäessä.

Ohjelman kustannuslaskentaominaisuus on todella hyvä työkalu louhinnan yksikköhinnanlaskennassa, kun ohjelmaan saa suunniteltua jo urakan laskentavaiheessa tarkkoja kenttiä, joissa on räjähdysaine-, sytytystarvike- ja porametrimäärät ja ohjelma laskee niille oikeat hinnat.

Louhinnasta tehtävä dokumentaatio parantuu ohjelman avulla, kun kaikki suunnitelmat ja raportit tulee sähköisinä ja ne saa kerättyä kansioihin kaikkien tarkasteltaviksi pilvipalveluihin. Viranomaisten vaatiman räjäytyssuunnitelman luotettavuus paranee, kun kaikki kentät ovat koordinaatistoon sidottuja.

6 POHDINTA

Tälle opinnäytetyölle on tarvetta ja käyttöä yrityksessä, koska nämä ohjelmat ovat olleet vasta vähän aikaa käytössä eivätkä ne ole vielä vakiintuneet osaksi toimintatapoja. Yksittäisten ohjelmien käyttö on henkilöstöllä hallussa, mutta suurin haaste on se, että kaikki osaisivat käyttää kaikkia ohjelmia ja yhteensovittaa niiden käyttämistä niin, että ohjelmista saadaan kaikki hyöty käyttöön. Yhteensovittamisessa ongelma on se, että tiedostomuotojen pitää olla oikeita, jotta ohjelmat lukevat tiedostot keskenään. Tämä työ ja varsinkin työn liitteenä oleva ohjelmien käyttöohje on apu ohjelmien käyttämiseen ja varsinkin yhteensovittamiseen, kun se kertoo mitä tiedostomuotoja ohjelmissa pitää käyttää ja missä muodoissa tiedostot pitää tallentaa.

Drone-kuvausohjelman käytön ja hyödyntämisen osalta esiteltiin pääosin vain, mitä louhintatyössä käytetään. Drone-kuvauksen hyödyntämisestä riittäisi vielä paljon esiteltävää, mutta tämän työn aihe on louhintakenttien suunnittelu, joten tässä työssä esiteltiin kaikki olennainen, miten siinä hyödynnetään Drone-kuvausta.

Sandvikin Driller's Office ohjelman ominaisuudet ovat varsin yksinkertaiset, vaikkakin ohjelma on vähän vaikea käyttöinen johtuen siitä, että ohjelma toimii erilaisella logiikalla kuin esimerkiksi AutoCAD. Ohjelmassa saa kuitenkin tehtyä juuri sellaiset porauskaaviot poravaunuille kuin on suunniteltu. TIM3D-järjestelmä on ollut jo vuosia markkinoilla ja näin ollen sen kehittäminen on luultavasti valmis. Enkä usko, että sen käyttämisen perustoinnot tulevat enää muuttumaan, joten tämän työn käyttöohje pysyy relevanttina porausohjelman osalta.

Forcitin O-Pitblast ohjelmassa on paljon ominaisuuksia ja ohjelma on ollut vasta vähän aikaa markkinoilla ja lisäksi sitä kehitellään koko ajan paremmaksi. Ominaisuuksien määrän vuoksi kaikkia ominaisuuksia ei ole vielä tarvittu YIT:n käytössä. Työn käyttöohje on kattava niiltä osin, joita on YIT:llä käytetty. Koska ohjelma on vielä kehityksessä ja käyttöohje ei ole kaikkien ominaisuuksien osalta kattava, tämän työn liitteenä olevaa käyttöohjetta tullaan päivittämään tulevaisuudessa.

Työn tekemisen aikana ilmeni Forcitolle kehitysehdotuksiksi seuraavat asiat: Momentaarinen räjähdysainemäärä pitäisi näkyä raportissa. Raportin kuvassa, missä on eri reikätyyppien panostussäännöt, pitäisi lukea mikä panostussääntö/reikätyyppi on kyseessä (kuva 15). Kentän suunnittelua helpottaisi se, että ohjelmaan saisi tuotua pohjamallin.

LÄHTEET

Aggregates Business Europe. 2016. Sandvik's Driller Office a must for Inge Hjelle Entreprenør Forretning, Norway. Luettu 14.11.2018.

<http://www.aggbusiness.com/categories/breaking-drilling-blasting/features/sandviks-driller-office-a-must-for-inge-hjelle-entreprenr-forretning-norway/>

Forcit Oy. 2018. O-Pitblast. Luettu 10.10.2018.

<https://forcit.fi/fi/explosives/o-pitblast/>

Forcit Oy. 2017. O-Pitblast käyttöohje. 1. versio. Hanko

Halonen, T., Vuolio, R. 2012. Räjätystyöt. 2. painos. Helsinki. Suomen Rakennusmedia Oy.

Halonen, T., Vuolio, R. 2017. Räjätysopas. 4. painos. Helsinki. Rakennustieto Oy.

Illikainen, M. 2018. Fotogrammetrian Hyödyntäminen Infrahankkeen laadunvarmistuksessa ja tuotannonohjauksessa. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Metropolia ammattikorkeakoulu. Insinööri.

Rakennustieto Oy. 2018. InfraRYL, 17110.4 Valmis kallioavoleikkaus

Sahanen, J. Ylipanostaja. Haastattelut syksyllä 2018. Haastattelija Mattila, H., Tampere

Suursalmi, M. 2017. Vaunuporakoneen koneohjausjärjestelmän hyödyntäminen työmaalla. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Metropolia ammattikorkeakoulu. Insinööri.

Valtioneuvoston asetus räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta 644/2011

Viitikko, S. Propeller käyttöopas. YIT Infra Oy.

Viitikko, S. Insinööri. Haastattelu 26.9.2018. Haastattelija Mattila, H., Tampere

Wikipedia. 2018. Fotogrammetria. Luettu 23.10.2018

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Fotogrammetria>

Xcel Drilling and Blasting. 2018. Equipment. Luettu 14.11.2018

<http://xceldrillingandblasting.com/equipment>

LIITTEET

Liite 1. Käyttöohje

Liitteen sivut 1-41 ovat luottamuksellisia.