

**KIVEN REAALIAIKAISEN LASTAUS- JA KULJETUSTIE-
DON HYÖDYNTÄMINEN TUOTANNONOHJAUKSESSA
JA SEN SUUNNITTELUSSA**

Keloneva Eetu

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenteen ala
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinööri (AMK)

2019

Tekniikka ja liikenne
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Eetu Keloneva	Vuosi	2019
Ohjaajat	Ins. (YAMK) Arto Jäntti		
Toimeksiantaja	Outokumpu Chrome Oy Kemin kaivos, Tuotannosuunnittelija Atro Petäjäjärvi		
Työn nimi	Kiven reaaliaikaisen lastaus- ja kuljetustiedon hyödyntäminen tuotannonohjauksessa ja sen suunnittelussa		
Sivu- ja liitesivumäärä	30 + 2		

Tilajana opinnäytetyölle toimi Outokumpu Chrome Oy Kemin kaivos. Työn tarkoituksena oli selvittää, onko kiven reaaliaikaisesta lastaus- ja kuljetustiedosta hyötyä maanalaisen kaivoksen tuotannonohjaukselle ja sen suunnittelulle sekä koostaa näistä yhtenäinen materiaali, josta sitä voitaisiin hyödyntää tuotannonohjauksessa ja tulevassa Digital Mine -projektissa.

Tiedot työhön kerättiin pääasiassa kyselyllä tuotannonohjauksen henkilöstöltä, mutta myös Outokummun sisäisestä tietokannasta ja omasta käytännön kokemuksesta.

Työn tuloksena saatiin materiaali, jossa on paljon kiven reaaliaikaisen lastaus- ja kuljetustiedon tuotannonohjaukselle hyödyllisiä ja kannattavia käyttökohteita. Tätä materiaalia voidaan käyttää tuotannon tehokkuuden ja taloudellisuuden parantamiseen, kun kiven lastaus- ja kuljetustiedot välittyvät reaaliaikaisesti tuotannonohjaukseen sekä materiaalia voidaan käyttää myös hyödyksi Digital Mine-projektissa.

Technology, Communication and
Transport
Mechanical and Production Engi-
neering
Bachelor of Engineering

Author	Eetu Keloneva	Year	2019
Supervisors	Arto Jäntti, M. Eng.		
Commissioned by	Outokumpu Chrome Oy Kemi mine, Atro Petäjäjärvi, Production Planning Supervisor		
Subject of thesis	Utilize real-time data of rock loading and hauling in underground mine production control and production control planning		
Number of pages	30 + 2		

This Bachelor's Thesis was commissioned by Outokumpu Chrome Oy Kemi Mine. The purpose of the work was to sort out if there is any benefit from real-time data of rock loading and hauling for the underground mine production control and production control planning. Another purpose was to compile material of these benefits to be utilized in the production control planning and in the future in Digital Mine project.

Material for the work was collected mainly by a survey which was aimed to persons in the production control. Material was also collected from Outokumpu's internal database and the author's own practical experience.

The results of these material includes lots of useful and cost-effective applications from real-time information of rock loading and hauling to production control. This material can be used to increase productivity and cost-efficiency when the real-time information of rock loading and hauling transmits to the production control center. The benefits of this material can also be used in the Digital Mine project.

Key words

production controlling, mine, realtime

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	OUTOKUMPU OYJ	9
2.1	Historia	9
2.2	Kemin kaivoksen historia	10
2.3	Kaivos nykyään.....	10
3	TUOTANNONOHJAUS	11
4	TUOTANNONOHJAUS KEMIN KAIVOKSELLA	13
4.1	Historia	13
4.2	Tuotannonohjaajan työnkuva.....	13
4.3	Louhoslastaus ja -täyttö	15
4.4	Kaato- ja täyttönousut	15
4.5	Digital Mine -projekti	16
5	TUOTANNONOHJAUKSESSA KÄYTETTÄVIÄ TYÖVÄLINEITÄ	17
5.1	Kaivosvisualisointi.....	17
5.2	KUTI	17
5.3	SIMATIC WinCC.....	18
5.4	Surpac	19
5.5	KaTTi.....	20
5.6	Louhosblogi	21
6	KIVEN REAALIAIKAISEN LASTAUS- JA KULJETUSTIEDON TARVE	22
6.1	Tavoitteet.....	22
6.2	Tuotannossa.....	22
6.3	Tuotannonohjauksessa.....	22
6.4	Tiedon esille tuonti	23
6.5	Tuotannon suunnittelussa	23
6.6	Digital Mine -projektissa.....	23
7	KIVEN REAALIAIKAISEN LASTAUS- JA KULJETUSTIEDON KÄYTTÖ.....	24
7.1	Louhoslastaus	24
7.2	Louhosten täyttö	25
7.3	Kaikki siirretyt tonnit	25

7.4	Tuotannonohjauksen suunnittelevassa työssä.....	26
7.5	Muita hyödyllisiä käyttökohteita.....	27
7.5.1	Kaatonousujen kivipinta	27
7.5.2	Louhosten välitäyttö	27
7.5.3	Kotatut malmit	28
7.5.4	Puskutäytöt	28
8	POHDINTA.....	29
	LÄHTEET	30
	LIITTEET	31

ALKUSANAT

Haluan kiittää Outokumpu Chrome Oy Kemin kaivoksen tuotannonsuunnittelijaa Atro Petäjäjärveä hyvästä ja mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta, joka käsittelee hyvin minun suuntautumisalaani.

Suurkiitos tyttöystävälleni, joka on patistanut ja kannustanut minua opinnäytetyön tekemisessä.

Torniossa 14.5.2019

Eetu Keloneva

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

KaTTi	Kaivoksen tuotannon tietojärjestelmä
KN1	Kaatonousu 1
KN2	Kaatonousu 2
KN3	Kaatonousu 3
Kottaus	Malmin väliaikainen varastoiminen esim. tuotannolle tarpeettomassa tunnelissa
KUTI	Kunnossapidon tietojärjestelmä
Kuprikka	Lyhyt perän pätkä tai perässä oleva ulkonema
Louhos	Kahden päällekkäisen louhosperän välisen kiven louhintahinta
Malmi	Taloudellisesti hyödynnettävä mineraali
Puskutäyttö	Raakulla täytettävä tunneli, joka on poistunut käytöstä
Peränajo	Vaakasuoraan ajettava tunneli
Raakku	Sivukivi, joka ei sisällä tarpeeksi malmia, joka olisi kannattavaa hyödyntää
Rammerointi	Hydraulivasaralla kivien rikottamista
Slurry	Liete, jonka avulla saadaan kovettuva täyttö sekoitettaessa sivukiveen.
TN1	Täyttönousu 1
TN2	Täyttönousu 2
TN3	Täyttönousu 3
TOKE	Tuotannonohjauskeskus
WinCC	Windows Control Center

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana toimi Outokumpu Chrome Oy Kemin kaivos. Tarkoituksena tässä opinnäytetyössä on selvittää, onko kiven reaaliaikaisesta lastaus- ja kuljetustiedosta hyötyä tuotannonohjauksessa ja sen suunnittelussa.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää ja koota materiaali kiven reaaliaikaisen lastaus- ja kuljetustiedon hyödyistä tuotannonohjauksessa ja sen suunnittelussa, josta sitä voidaan hyödyntää esimerkiksi tulevassa Digital Mine -projektissa.

Opinnäytetyön aihe on rajattu käsittelemään vain kiven reaaliaikaisen lastaus- ja kuljetustiedon hyötyjä tuotannonohjauksessa ja sen suunnittelussa. Tietoa aiheeseen on kerätty tuotannonohjauksen henkilöstöltä, Outokummun sisäisestä tietokannasta sekä omasta käytännön kokemuksesta.

2 OUTOKUMPU OYJ

Outokumpu OYJ on maailmanlaajuinen ruostumattoman teräksen valmistaja. Outokummun toimittamia ruostumattomia teräksiä vuonna 2017 oli 2,4 miljoonaa tonnia, ja liikevaihto oli samana vuonna 6,4 miljardia euroa. Outokummulla on työntekijöitä yli 30 maassa, yhteensä 10 000 henkilöä. Pääkonttori sijaitsee Helsingissä. (Outokumpu 2019c.) Outokummun tavoitteena on olla vuoteen 2020 mennessä ruostumattoman teräksen johtaja, joka luo alan parhaan arvon olemalla asiakassuuntautunut ja tehokas (Outokumpu 2019c).

2.1 Historia

Outokummun tarina alkaa, kun vuonna 1910 löytyi Itä-Suomen Kuusjärven kunnan kukkuloilta kupariesiintymä. Vuonna 1913 valmistui ensimmäinen kuparitehdas, jossa kupari sulatettiin sekä jalostettiin kaivoksen välittömässä läheisyydessä. Elokuussa 1928 valmistuivat uudet tuotantolaitokset ja päätuote oli yhä rikaste. Outokumpu suunnitteli yhtiön laajentamista rakentamalla oman kuparitehtaan ja kuparin jalostusta pidemmälle tuotantoketjussa. (Outokumpu 2019b.)

30-luvulla päätettiin, että yksityinen yhtiö olisi liiketoiminnan kannalta parempi kuin valtion omistama ja 1932 Outokumpu muuttui osakeyhtiöksi. Yhtiömuutoksen seurauksena 30-luvulla Outokumpu rakensi kuusi uutta tuotantolaitosta, muun muassa tuon ajan maailman suurimman kuparisulaton Imatralle. Kuparin tuotantoketju laajeni nopeasti esimerkiksi elektrolyyttikupariin, tankoihin ja muihin jatkojalostettuihin tuotteisiin. (Outokumpu 2019b.)

Toisen maailmansodan seurauksena Imatran kuparisulatto siirrettiin sodan alta pois Harjavaltaan, koska tämä oli Suomen ainoa kuparinlähde. Harjavallassa kun ei voitu hyödyntää vesivoimaa ja sähkön hinta oli huipussaan sodan takia. Outokumpu alkoi suunnittelemaan tuotantoprosessin muuttamista sähkön ja kivihiilen käytöltä välttyäkseen. 1948 vuonna otettiin käyttöön ympäri maailmaa huomiota herättänyt uusi sulatusmenetelmä, liekkisulatus, tällä keinolla säästettiin energian käytössä. (Outokumpu 2019b.)

50- ja 60-luvulla kaivostoimintaa laajennettiin nikkeli-, sinkki- ja kromikaivoksiin, sekä myös kobalttitehdas käynnistettiin. 50-luvulla myös myyty ensimmäinen Outokummun teknologialla toimiva liekkisulatto käynnistettiin Japanissa. Vuonna 1968 Tornion ferrokromisulaton tuotanto alkoi. 70-luvulla Torniossa saatiin ensimmäinen ruostumattoman teräksen sulatuserä. Vuosituotantokapasiteetti oli alussa 50 000 tonnia ruostumatonta terästä. 80-luvulla omien kaivoksien malmiesiintymät alkoivat ehtyä, joten Outokumpu hankki malmiesiintymiä ja kaivosyhtiöitä ulkomailta. Samalla vuosikymmenellä myös suuri osa maailman kupari- ja ferrokromisulatoista hyödynsi Outokummun myymää teknologiaa. (Outokumpu 2019b.)

2.2 Kemin kaivoksen historia

Kemin kaivos sai alkunsa, kun sukeltaja Martti Matilainen löysi kromilohkareen Kemissä sijaitsevasta makeavesikanavasta vuonna 1959. Kaivoksen valmistelevat työ alkoi jo vuonna 1964, koska Outokumpu sai esiintymän oikeudet vuonna 1960. Avolouhinnasta vastasivat pääosin ulkopuoliset urakoitsijat, ja vuonna 1977 saavutettiin ennätystulos louhinnassa, 837 000 tonnia. 70- ja 80-luvulla työntekijöitä oli vain 120 - 160 välillä, joista viidesosa oli toimihenkilöitä. Kaikki työntekijät olivat suurimmaksi osaksi lähiympäristöstä. (Outokumpu 2019b.)

2.3 Kaivos nykyään

Työntekijöitä kaivoksella on noin 500 henkilöä, joista 300 henkilöä on urakoitsijoita. Kemin kaivoksen vuosituotantokapasiteetti on 2,7 miljoonaa tonnia vuodessa. Kaivoksella tuli 50 vuotta täyteen vuonna 2018, ja samana vuonna oli malmia lastattu yhteensä 50 miljoonaa tonnia kaivoksesta. Malmion louhinta ulottuu tällä hetkellä 550-tasolle, mutta tulevien louhostuotantoalueiden ja uuden huoltotason louhintaa tapahtuu 1000-tasolla Deep Mine -projektin myötä. Uuden nostokuilun louhinta maanpinnalta 1000-tasolle on käynnissä. (Outokumpu 2019a.)

3 TUOTANNONOHJAUS

Yrityksen tuotantojärjestelmää pyritään ohjaamaan tuotannonohjauksella, siten että yrityksen tavoitteet ja päämäärä saavutetaan siltä osin kuin ne ovat riippuvaisia tuotannosta. Tuotantojärjestelmän osia ovat muun muassa markkinointi, myynti, tuotanto ja logistiikka, joita pyritään sopeuttamaan yhteen tuotannonohjauksella, jotta saavutetaan tuotantotavoitteet. Tuotannonohjaus toteutetaan ohjausjärjestelmällä, joka on yritykselle ominainen, useasti osana siihen kuuluu tietotekniikkaa. (Miettinen 1993, 23-25.)

Tuotannonohjauksen päätekijöitä ovat toimitusaika, toimitusvarmuus, valmistuskustannus, kapasiteetin toiminta-aste ja -suhde sekä sidottu pääoma. Toimitusaika kertoo, kuinka kauan kestää siitä, kun tilaus saapuu yritykselle siihen, että valmis tuote saapuu asiakkaalle. Tämä määräytyy yrityksen toimintaketjun läpimenoajan perusteella. Useat yritykset käyttävät tätä yksinkertaista, mutta tehokasta tapaa toiminnan tehokkuuden mittaamiseen. Mitä lyhyempänä läpäisy aika on, sitä paremmat edellytykset on parantaa toiminnan joustavuutta ja sitä pienemmillä varastoilla yritys voi toimia. (Miettinen 1993, 23-25.)

Yrityksen kokonaistavoitteiden mukaan määritellään yrityksen tuotannonohjaus yrityksen sisäisenä asiana. Tuotannonohjauksen kehittämistä pidetään yleensä yrityksen olennaisena osana yrityksen kilpailukyvyn ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi. Tuotannonohjaustietojärjestelmien tekijöiden pitäisi hallita koko yrityksen toimintaketju tuotteen tuotekehityksestä aina tuotteen asiakaspalveluun saakka, jotta järjestelmällä tuettaisiin tuotannonohjauksen tavoitteita. Tuotannonohjausjärjestelmien rakentamisen vaikeaksi tekee se, että ne ovat suunnittelujärjestelmiä, jotka eivät toteuta tapahtunutta. (Miettinen 1993, 94.)

Yksinkertainen ja toimintavarma järjestelmä on todettu hyväksi järjestelmäksi, mutta vielä nykyisin monet järjestelmät ovat suuria integroituja tuotannonohjausjärjestelmiä, jotka eivät pysty huomioimaan eri yritysten erityispiirteitä. Tuotannonohjausjärjestelmiltä vaaditaan nopeaa muuntautumiskykyä, koska yritysten täytyy pystyä toimimaan koko ajan joustavammin ja lähtötiedot ovat monesti epä-

varmoja. On huomioitava, että tuotannonohjausjärjestelmä ei itsestään korjaa yrityksen tuotantoa vaan ennen järjestelmän hyödyntämistä pitää löytää ongelmat ja ratkoa ne. (Miettinen 1993, 94.)

4 TUOTANNONOHJAUS KEMIN KAIVOKSELLA

4.1 Historia

Kemin kaivokselle tuotannonohjaus on perustettu vuonna 2008 ja sitä vastustettiin ajoittain kovastikin. Syynä tähän oli, että luultiin tuotannonohjauksen hidastavan ja monimutkaistamaan käytäntöjä. Tuotannonohjaus aloitettiin aluksi vain kahdella henkilöllä ja muun tuotannon työskentely maan alla keskeytyvässä kahdessa vuorossa, tuotannonohjaajien työaikamuoto oli keskeytyvä kaksivuorojärjestelmä. Välikirjat olivat tuolloin Excel-pohjaisia KaTTi-tallennuksella, eikä Kaivosvisualisoinnissa ollut työvaihesymboleita eikä välikirjalla ja Kaivosvisualisoinnilla ollut yhteyttä. (Hooli 2017, 13.)

Vuonna 2009 välikirjoihin lisättiin alasvetovalikot vakiotekstein ja automatiikka. Vuonna 2010 peränajovälikirja siirrettiin Kaivosvisualisointiin, jolloin työkohteilla saatiin yhteys karttanäkymään, sekä luotiin luohintavälikirjasta ensimmäinen versio. Vuonna 2012 tuotannonohjaajat siirtyivät työaikamuodossa muun maan alaisen tuotannon mukaan, samalla määrä kasvoi yhdellä henkilöllä. Samana vuonna saatiin käyttöön myös louhosblogi. Vuonna 2014 siirryttiin työskentelemään jatkuvassa kolmessa vuorossa ja tuotannonohjaajien määrä kasvoi viiteen. (Hooli 2017, 13.)

Ennen kuin kaivokselle tuli tuotannonohjauskeskus, vuorotyönjohtaja vastasi kaikista tuotannollista tehtävistä maan alla, esimerkiksi seuraavan vuoron töiden suunnittelusta ja lastausurakoitsijan lastaus- sekä täyttökohteista. Tuotannonohjaus helpotti työnjohtajan työnkuvaa ja saavutettiin muutenkin positiivinen tulos. Näiden kahden osapuolen tulisikin toimia mahdollisimman tiiviinä parivaljakkona, jotta saataisiin tuotannosta kaikki mahdollinen hyöty irti. (Hooli 2017, 13.)

4.2 Tuotannonohjaajan työnkuva

Tuotannonohjaajien työpiste sijaitsee maan alla 500-tasolla tuotannonohjauskeskuksessa. Tuotannonohjaajat ja vuorotyönjohtajat siirtyivät työskentelemään vuoden 2019 alusta keskeytymättömään kaksivuorotyöhön. Tuotannonohjaajien

tärkeimpiä työvälineitä ovat muun muassa Kaivosvisualisointi, KUTI, WinCC, Surpac ja KaTTia

Tuotannonohjaajan toimenkuvaan kuuluu toimia tiedon välittäjänä kunnossapidon, käytön, turvallisuuden, suunnittelun ja urakoitsijoiden kanssa, joka päivä kaikkina vuorokauden aikoina. Tuotannonohjaaja ja vuorotyönjohtaja toimivat pareina ja heiltä edellytetään hyvää yhteistyötä. Vuorotyönjohtaja on tuotannonohjaajan silmät kentällä, minkä avulla tuotannonohjaaja tarkistuttaa tuotannossa olevia ja seuraavia työkohteita. Tällä tavoin pyritään varmistamaan, että työkohteen valmistuttua seuraava työkohde olisi valmis ja sitä seuraavassa on esimerkiksi mahdollinen jälkituenta käynnissä. (TkaKaiv 018 2016.)

Tuotannonohjaajan päätehtävinä on

- valvoa ja ohjata tuotantoa, siten että noudatetaan mahdollisimman tarkkaan edellisen vuoron laatimaa suunnitelmaa
- päivittää vuoron aikana tapahtuvien työkohteiden työvaiheiden päivittäminen välikirjoihin
- varmistaa kiireellisten työkohteiden työvaiheiden eteneminen ja ohjaaminen
- ilmoittaa kaikille kaivoksessa työskenteleville ja/tai rikastamon ohjaamoon maan pinnalle tarpeellisista tiedoista, esimerkiksi kaivoksen vinotunnelin töistä
- laatia seuraavalle vuorolle työjärjestys peränajon, louhinnan, lastauksen ja täytön osalta
- ohjata maanalaisen kaivoksen tulo- ja poistovesiä, tuuletuksia sekä valvoa maanalaista malmilinjastoa, mutta linjaston ajaminen kuuluu rikastamon ohjaamonhoitajalle. (TkaKaiv 018 2016.)

4.3 Louhoslastaus ja -täyttö

Louhoslastauksen ja -täytön hoitaa Kemin kaivoksella lastaus- ja kuljetusurakoitsija. Kummassakin työssä on päivätavoite, jonka tuotannosuunnittelija asettaa. Tavoitteiden saavuttamisesta vastaa tuotannonohjaaja, joka ohjaa urakoitsijan resurssit niin että tavoitteisiin päästää. Louhos on kahden päällekkäin olevan louhosperän välinen louhittu tila. Louhoksista kuljetetaan malmipitoinen kivi kaatonousuihin tai vaunusyöttimelle. Raakku eli sivukivi kuljetetaan täyttönousuihin tai puskutäyttöihin. Louhoksia täytetään joko pelkästään raakulla tai kovettuvalla täytöllä, joka koostuu slurryn ja raakun sekoituksesta.

4.4 Kaato- ja täyttönousut

Kaatonousut toimivat välivarastoina ennen maanalaista kiven murskausta. Kaatonousu on pystysuora avoin tila, johon voidaan kipata malmia 300-tasolta 475-tasolle saakka. Kaatonousuja on kolme kappaletta, KN1, KN2 ja KN3. Malmityypit jaotellaan näihin kolmeen kaatonousuun ennen esimurskausta. Kaatonousut ulottuvat aina 560-tason murskalle saakka. Kahden tason väliin (esimerkiksi 400 - 425) mahtuu malmia noin 750 tonnia. 500 – 560 väliselle tasolle mahtuu n. 5000 tonnia per kaatonousu eli yhteensä yhteen kaatonousuun mahtuu 11 000 tonnia. (Hooli 2017, 44-45.)

Täyttönousu on myös tasojen välinen pystysuora avoin tila. Täyttönousuja on kolme kappaletta, TN1, TN2 ja TN3, joihin kipataan raakut. Täyttönousujen raakku sekoitetaan slurryyn ennen kuin se ajetaan kovettuvalla täytettävään louhokseen. Jos louhosta ei täytetä kovettuvalla täytöllä, pyritään ajamaan raakku suoraan peristä louhokseen. Raakku ajetaan myös puskutäyttöihin. (Hooli 2017, 44-45.)

Vain TN1:stä ja TN2:sta pystytään käyttämään kovettuvan täytön valmistamiseen, koska näihin tulee slurryputki, tasolle. Nämä täyttönousut ulottuvat maanpintaan asti sekä TN2 ulottuu maan alla 475-tasolle ja TN1 500-tasolle saakka. Jokaisella tasolla on slurrykuprikka, jossa slurry sekoitetaan pyöräkoneen kauhallalla täyttönoususta otettuun sivukiveen, joka sen jälkeen kuskataan kiviautoilla louhostäyttö kohteeseen. (Hooli 2017, 44-45.)

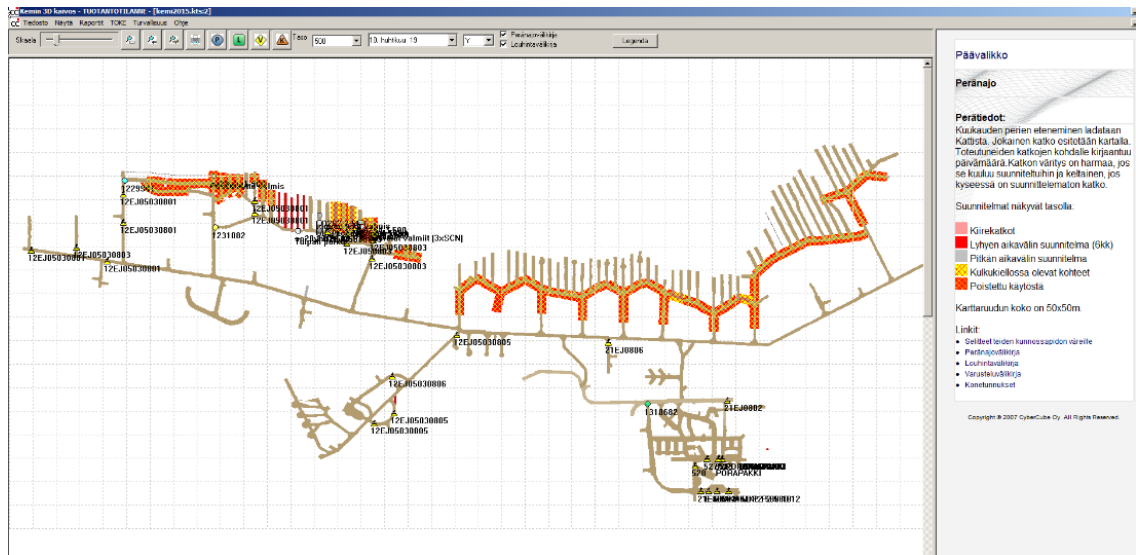
4.5 Digital Mine -projekti

Deep Mine -projektissa 1000-tasolle rakennetaan uusi tuotantotas, jonka osana on Digital Mine -projekti, jossa rakennetaan uusi tuotannonohjauskeskus. Tuotannonohjauskeskuksesta tehdään mahdollisimman digitalisoitu, joka mahdollistaa reaaliaikaisen tiedon käytön ja keruun kaikesta kaivoksessa tapahtuvasta toiminnasta. Tavoitteena Digital Mine -projektissa on lisätä prosessien automaatiota ja parantaa tilannekuvaa kaivoksen toiminnoista. Digitalisaation avulla saadaan tarkempaa tietoa kaivoksen toiminnoista, mikä mahdollistaa prosessien tarkemman ohjauksen ja ennustamisen. Tuloksena projektille tavoitellaan parannuksia kaivoksen kaikilla osa-alueilla: turvallisuus, tuottavuus, käyntivarmuus ja kestävä kehitys. (Digital Mine 2019.)

5 TUOTANNONOHJAUKSESSA KÄYTETTÄVIÄ TYÖVÄLINEITÄ

5.1 Kaivosvisualisointi

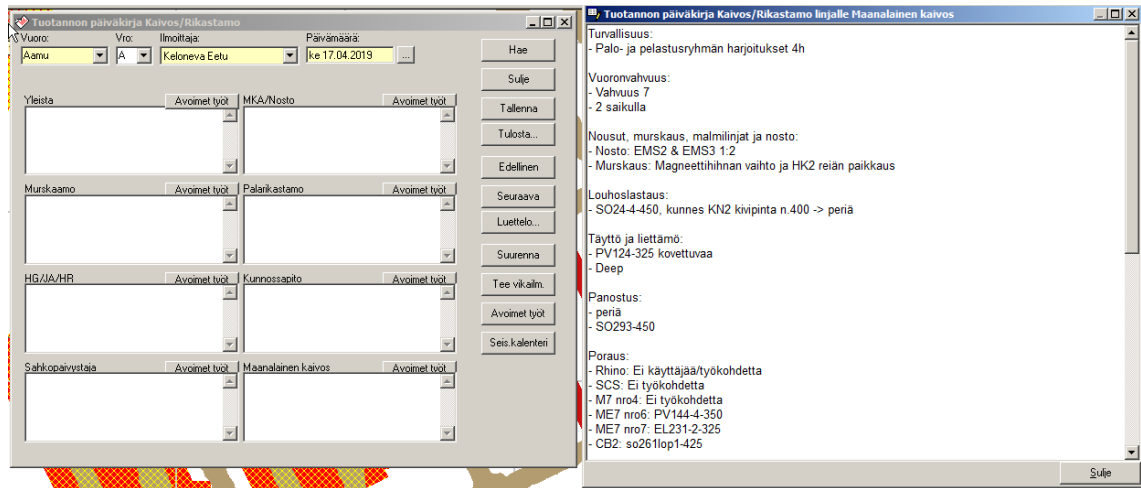
Kaivosvisualisointi-ohjelmasta (Kuva 1) löytyy karttatasot 200-tasolta aina 1000-tasolle saakka. Kaivosvisualisoinnista löytyy tuotannon välikirjat, sekä sieltä näkee koneet, kalliomekaniikan, rusnaukset, toteutuneet ja suunnitellut työkohteet, porapakit ja paljon muita kaivoksen varusteluita.



Kuva 1. Kaivosvisualisointiohjelma.

5.2 KUTI

Tuotannonohjaaja kirjaa KUTI-järjestelmään vuoron tapahtumat. Näitä ovat turvallisuus, miehitys, malmilinjasto, lastaus, täyttö, panostus, poraus, peränajo, kii-rekohteet, jälkituenta, seuraavan vuoron lastaus- ja täyttökohteet sekä panostus-kohteet. Vuoropäiväkirjan (Kuva 2) avulla pystytään selvittämään esimerkiksi, mistä on aiheutunut tuotantokatkoksia, ja tuotannon ulkopuolisen on helppo hah-mottaa, mitä vuoron aikana on tehty.

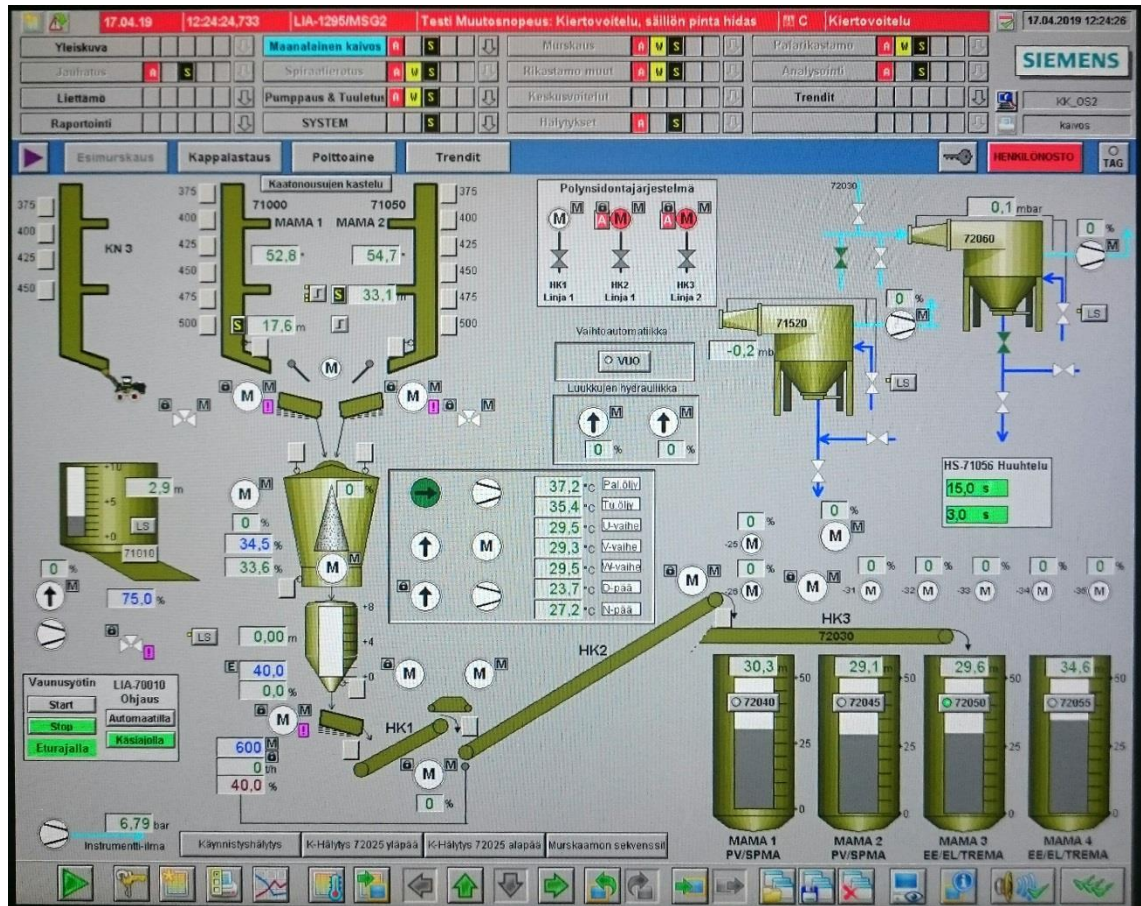


Kuva 2. KUTI-vuoropäiväkirja

5.3 SIMATIC WinCC

SIMATIC WinCC on Siemens AG:n valmistama valvomo-ohjelmisto, joka soveltuu kaikille teollisuudensektoreille ja teknologialle. WinCC:n avulla pystytään yhdistämään tuotanto- ja prosessiautomaatio. (Siemens AG 1996 – 2019)

Tuotannonohjaaja valvoo maanalaista prosessia WinCC:n (Kuva 3) ja valvontakameroiden avulla. Esimerkiksi, jos murska menee tukkoon ilmoittaa tuotannonohjaaja siitä rikastamon valvomonohjaajalle, joka sammuttaa laitteiston. Tämän jälkeen tuotannonohjaaja ilmoittaa tästä kunnossapidolle, joka lähtee poistamaan tukosta murskalta rammeroimalla. WinCC:llä tuotannonohjaaja ohjaa kaivoksen poistovedenpumppausta sekä kaivokseen tulevaa porausvettä ja poistoilma- ja tuloilmatuuletuksia.

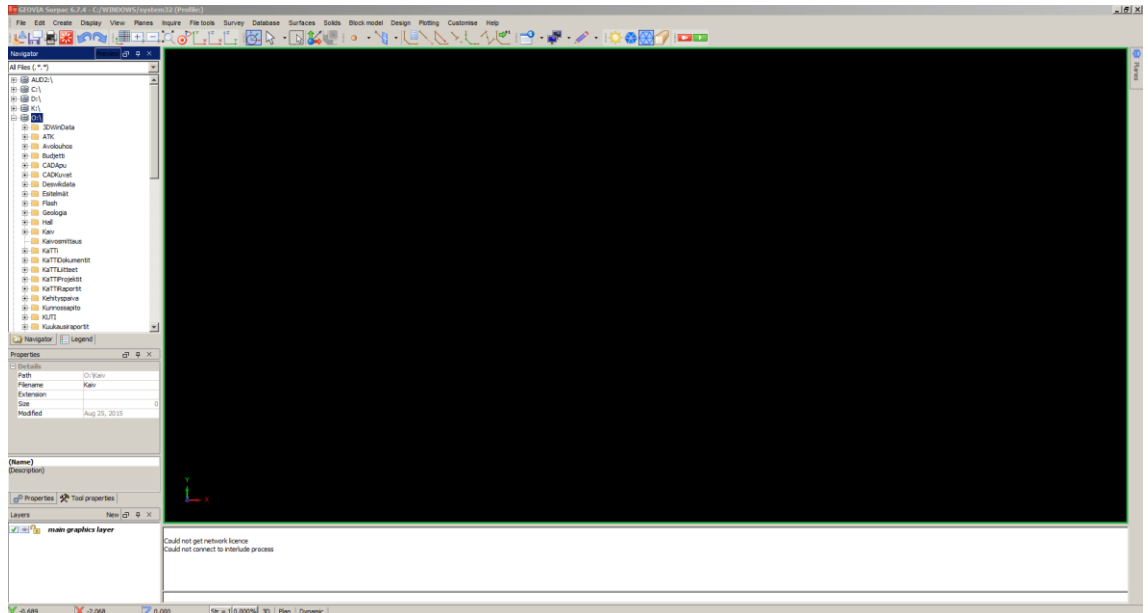


Kuva 3. WinCC esimurskaus.

5.4 Surpac

Geovia Surpac (Kuva 4) on maailman käytetyin geologia- ja kaivossuunnitteluohjelma. Ohjelmalla pystytään 3D-mallintamaan avolouhoksia ja maan alaisia kaivoksia. (Geovia 2019)

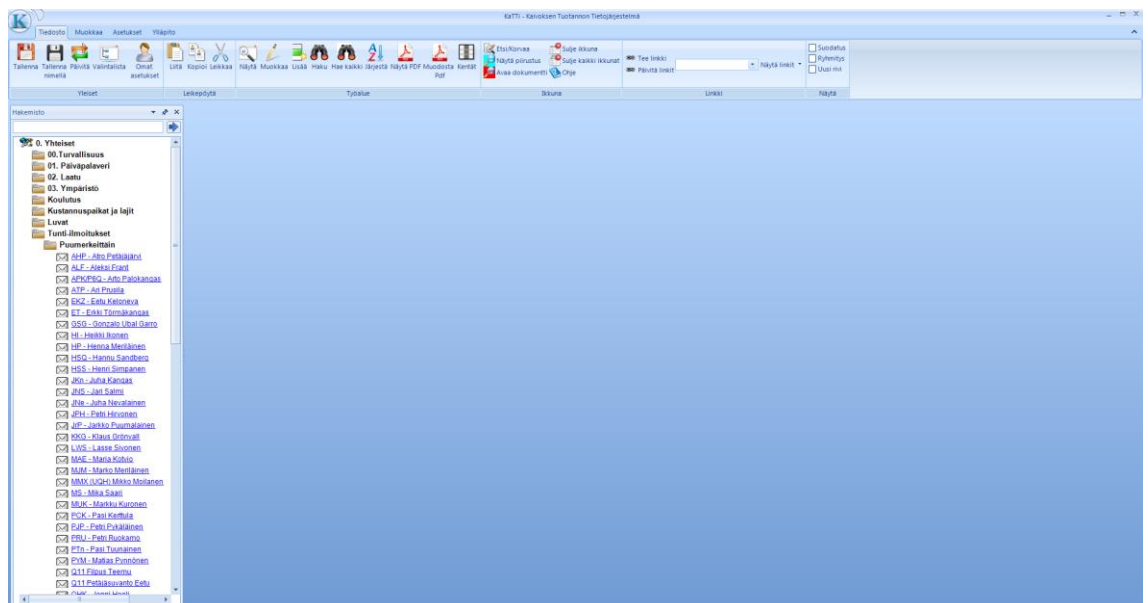
Kaivossuunnittelijat tallentavat suunnitelmat Surpaciin esimerkiksi louhokset ja perät, josta mittahenkilö saa tarvittavat tiedot merkattaville työkohteille kuten vaijerileikkaukset.



Kuva 4. Geovia Surpac.

5.5 KaTTi

KaTTi (Kuva 5) on kaivoksen tuotannon tietojärjestelmä, joka on Oracle-pohjainen tietokantakäyttöliittymä. Tietokannassa pidetään muun muassa yllä seuraavia tietoja: perien ja louhosten, malmien ja suoritte. Tuotannonohjaaja hyväksyy urakoitsijoilta tilaamiaan tuntitöitä päivittäin KaTTi-tietojärjestelmästä.



Kuva 5. KaTTi-ohjelma.

5.6 Louhosblogi

Louhosblogissa (Kuva 6) on kaivoksen jokaisen louhoksen kaikki tiedot. Suunnitteluosasto lisää louhosblogiin aina kyseisen louhoksen vaijerointi-, poraus- ja räjäytyssuunnitelmat sekä louhoksen täyttötyyppin. Tuotannonohjaaja saa louhosblogista poraus- ja räjäytyssuunnitelmat, vaijerointitiedot, täyttötyyppin, kommentteja ja huomautuksia louhoskohtaisesti, sekä tuotannonohjaaja voi laittaa huomautuksen tiettyyn louhokseen esim. louhosleikkaus kuusi jätettiin räjäyttämättä, koska se oli sortunut jo osittain.

The screenshot shows a web application window titled "SO302-2-475". The status is "PA". The interface has a navigation bar with tabs: Kuvat, Panostus, Riskiluokitus, Vaiheet, Kaivoskierrös, and Asetukset. Below this is a sub-navigation bar with: Kommentit (11), Tiedot, Liittyvät kommentit, Louhosmalli, and Dokumentit (6). The main content area is titled "Suunnittelu" and contains a list of entries:

Päivä	Tunti	Käyttäjä	Tiedot
14.01.2019	13:25	MPX	Vaijerikeskilinja siirretty mittamiesten kansioon Surpacissa 1-24 sapluuna 1 25-42 sapluuna 2 Louhintaperän arvioidut vaijeripultitusmetrit 3496m 14.01.2019 MPX
23.01.2019	13:26	MPX	Perän so30yhp1-450 lisätuenta: 27-42 väleihin sapluuna 2 29-42 väleihin sapluuna 6 34-42 väleihin sapluuna 8a Huomioitava lisäksi: V27-42 sapluuna 2 alimmat lisävaijerit (reiät 1 ja 12) Lisätuentametrit yhteensä: 1078 Louhintaperään tulevat arvioidut vaijeripultitusmetrit: 4574 23.01.2019 MPX
22.03.2019	13:47	MINX	Louhintapalaveri pidetty, pöytäkirja löytyy blogin dokumentit välilehdeltä 21.03.2019 MINX
27.03.2019	12:47	JMN	Nousupaikka laitettu jakoon (siirretty mittamiesten kansioon surpacissa), avausnousun korkeus on 20.4 metriä Valittu nousu: Rhino 2 reikää 27.03.2019 JMN
27.03.2019	12:49	JMN	Louhintaporaussuunnitelma valmis ja keskilinja on siirretty mittamiesten kansioon surpacissa 27.03.2019 JMN
27.03.2019	13:46	JMN	Louhoksen räjäytyssuunnitelma on valmis ja löytyy blogista. Louhokseen tulee tuplasegmentit Räjäytys 2: Qtot on 4186.24 kg ja Qmom on 137 kg (Nallinnumero: 3050) 27.03.2019 JMN
05.04.2019	07:37	pethir	Louhoksen malmihavainnot löytyy blogista

Below the list are sections for "Käyttö" and "Panostus":

- Käyttö**: 29.03.2019 00:28 s_mikmoi Porataan avausreitit Simballa.
- Panostus**: 04.04.2019 23:05 Forcit Jaäskeläinen Nousun nostoa n.4 metriä,johtuen avausreikien poraustavasta.

At the bottom, there is a "Lisää kommentti" section with fields for "Käyttäjä" (eetkel), "Luokka", and "Liittyy louhoksiin". Below this is a large text input area. At the very bottom are buttons for "Tulosta", "Esikatselu", "Tiedostolinkki", "Tallenna", and "Peru".

Kuva 6. Louhosblogi SO302-2-475 louhoksesta.

6 KIVEN REAALIAIKAISEN LASTAUS- JA KULJETUSTIEDON TARVE

Tässä luvussa käsitellään kyselyn (Liite 1) tuloksia. Tällä kyselyllä kartoitettiin kiven reaaliaikaisen lastaus- ja kuljetustiedon tarpeellisuutta ja hyötyjä Outokumpu Chrome Oy Kemin kaivoksen tuotannonohjaukselle. Kyselyyn vastasi vähän henkilöitä, mutta kyselykin oli suunnattu vain alla kymmenelle henkilölle, koska asia koskee vain tuotannonohjauksen henkilöstöä. Vastaukset sisälsivät kuitenkin paljon tietoa ja kattavasti jokaiseen kysymykseen.

6.1 Tavoitteet

Tavoitteena reaaliaikaisella tiedolla on saavuttaa kustannustehokkaampaa ja tuotannollisesti tehokkaampaa lastaus- ja kuljetusurakoitsijan toimintaa. Tuotannonohjaamisesta tulisi reaaliaikaisempaa ja sen myötä olisi mahdollista reagoida lyhyellä viiveellä virheelliseen toimintaan. Päiväkohtaisten tavoitteiden saavuttamisen seuraaminen tulisi mahdolliseksi.

6.2 Tuotannossa

Reaaliaikaisen tiedon keruu olisi hyödyllistä muun muassa perien ja louhoksien lastauksesta, louhoksien täytöstä ja maanpintaan ajosta. Toisin sanoen kaikki reaaliaikainen tieto lastaus- ja kuljetusurakoitsijan suorittamasta materiaalin siirrostä maan alla, maan pinnalle ja maan alle olisi hyödyllistä tuotannonohjauksessa ja sen suunnittelussa.

6.3 Tuotannonohjauksessa

Reaaliaikaisen tiedon avulla pystyttäisiin seuraamaan ja ohjaamaan reaaliaikaisesti lastaus- ja kuljetusurakoitsijan töitä. Tämän avulla resursseja voitaisiin kohdentaa tarpeellisiin työkohteisiin ja vähentää työkohteista, joissa on saavutettu päiväkohtainen tavoite tai jotka eivät ole niin tärkeitä sen hetkisen tuotannon kannalta. Päivittäinen raportointi lastaus- ja kuljetusurakoitsijan töistä olisi ajantasaisempaa sekä kustannuksien seuranta töistä olisi tarkempaa.

6.4 Tiedon esille tuonti

Tiedosta olisi tarpeellista tulla esille kivilaji, lastauskohde ja purkupaikka, sekä jokainen kuorma eriteltynä erikseen ja tämän hetkinen tonnia tunnissa -arvo. Tiedoista olisi hyödyllistä kertyä kumulatiivinen lukema kohteittain sekä kivilajeittain joka tunnille, työvuorolle, vuorokaudelle, viikolle, kuukaudelle ja vuodelle.

6.5 Tuotannon suunnittelussa

Seuraavan vuoron töitä suunniteltaessa voidaan arvioida, kuinka kauan menee tietyn louhoksen lastauksessa, kun on tonnimääräinen arvio kyseisen louhoksen jäljellä olevasta kivimäärästä ja tieto kuluneelta vuorolta reaaliaikaisesta tiedosta, kuinka monta tonnia tunnissa voidaan sitä lastata. Tämän arvion avulla voidaan aikatauluttaa lastauskohteet ja priorisoida ne paremmin. Samaa periaatetta voidaan käyttää myös louhostäytössä, perien lastauksessa, puskutäytöissä ja monessa muussa.

Reaaliaikaisesta tiedosta saadaan selville, jos jokin työ on jäänyt jälkeen kuluvan vuoron päiväkohtaisesta tavoitteesta. Esimerkiksi jos louhostäytön tavoitteesta on jääty, voidaan tähän lisätä resursseja tulevalle vuorolle. Myös voidaan vähentää jostain työstä resursseja, jos on saavutettu päiväkohtainen tavoite tai ollaan lähellä tavoitetta.

Vuoden 2019 lopulla tulee uusi tuotannonohjaustyökalu, jolla aikataulutuksen tekeminen helpottuu ja tarkentuu huomattavan paljon. Tämän avulla voidaan reagoida ja aikatauluttaa paremmin työkohteita, joissa on nopea työkierto ja tapahtuu muutoksia esimerkiksi. kalliomekaaniset muutokset.

6.6 Digital Mine -projektissa

Kaivoksen digitalisoimisessa on erittäin tärkeää, että tieto kulkee reaaliaikaisesti. Reaaliaikaisella tiedolla pystytään parantamaan tuotannon tehokkuutta ja reagointia muutoksiin.

7 KIVEN REAALIAIKAISEN LASTAUS- JA KULJETUSTIEDON KÄYTTÖ

Reaaliaikaisen tiedon käsittelyyn voisi olla esimerkiksi Excel-pohja, jonne lastaus- ja kuljetusurakoitsijan siirtämien malmi- sekä raakkutonniin tiedot kertyisivät eriteltyinä. Karkea jaottelu voisi olla louhosvälilehti, täyttövälilehti ja tilannevälilehti, joissa kussakin välilehdessä lastaustiedot olisivat eriteltyinä taulukoihin.

7.1 Louhoslastaus

Alla olevasta Excel-tilukosta (Tilukko 1) näkyy yhden louhoksen lastatut malmi- ja raakkutonnit sekä kuormat eriteltyinä. Tästä tilukosta, johon lastaustiedot päivityvät reaaliaikaisesti, voitaisiin seurata, että oikea louhos on lastauksessa ja kuinka paljon siitä tulee malmi tonneja. Jos kyseessä olisi väärä louhos tai erittäin raakkuinen tai louhoksessa olisi paljon rikotettavaa, jonka vuoksi päivitystä malmitonni tavoitetta ei saavutettaisi, voitaisiin lastaustietojen perusteella ohjata lastaus- ja kuljetusurakoitsija toiselle louhokselle.

Tilukko 1. Reaaliaikainen louhoslastaustieto.

Louhos	SO283-450	Malmi tn	Raakku tn
	vuoro	1563,4	532
	Edel. vuoro	4860	682
	Edel. vrk.	7562	1103
	yht. lastattu	10321	1351
	Tavoite	12000	
	Kuormat klo.	tn ja M/R	M/R
	Viimeisin	22	M
	16:15	20,6	M
	15:52	18	M
	15:31	15,5	R
	15:09	13	R
	14:48	24,3	M
	14:25	21,9	M
	jne.	jne.	jne.

7.2 Louhosten täyttö

Täyttövälilehden taulukkoon (Taulukko 2) kertyisi tiedot reaaliaikaisesti täytössä olevasta louhoksesta ja täyttönousuihin ajetuista raakuista. Tältä välilehdeltä voitaisiin seurata, kuinka paljon täytössä olevaan louhokseen on ajettu täyttömateriaalia ja verrata sitä louhoksen suunniteltuun täyttömäärään. Tämän avulla voitaisiin arvioida, koska viimeistään seuraavan täytettävän louhoksen pitäisi olla valmiina täyttöön, että louhostäyttö ei keskeytyisi.

Taulukon avulla pystyttäisiin vertaamaan täyttönousuun kipattuja tonneja lastattuihin tonneihin, jonka perusteella voitaisiin joko lisätä tai vähentää täyttönousuun kippaamista tarpeen mukaan varmistaakseen, että louhostäytölle on tarpeeksi raakua täyttönousussa.

Taulukko 2. Louhostäyttö.

SO256-4-475	tn.		Täyttönousu	TN1	TN2
vuoro	2341		vuoro	1249	564
Edel. vuoro	2135		vrk.	2658	1534
Edel. vrk.	5134		Kuormat klo.		
yht.	7476		16:09	15,4	
Tavoite	9500		15:49	18,9	
			15:25	16,7	
Kuormat klo.	tn.		15:03		16,5
Viimeisin	17		14:48		13,8
16:15	20,6		14:19	18,1	
15:52	18		jne.	jne.	jne.
15:31	15,5				
15:09	13				
14:48	18,5				
14:25	16,5				
jne.	jne.				

7.3 Kaikki siirretyt tonnit

Tilannevälilehden taulukon (Taulukko 3) tiedot koostuisivat kaikista lastatuista malmi- ja raakkutonneista. Taulukkoon päivittyisi reaaliaikaisesti lastatut tonnit, joita verrattaisiin tavoitteisiin aina vuorokausitasolta vuositasolle. Välilehdellä olisi myös eriteltyinä malmit malmityypeittäin. Tältä välilehdeltä voisi seurata, ollaanko

tavoitteessa tietyllä aikajanalla esim. viikkotasolla. Jos jostain tavoitteesta oltai-
siin jäljessä, voitaisiin siihen lisätä lastaus- ja kuljetusurakoitsijan resursseja, jotta
tavoitteet saavutettaisiin.

Taulukko 3. Kaikki lastatut malmi- ja raakkutonnit.

vrk. tavoite tn.		Täm. tilanne	Jälj. tavoitteesta			
Louhos malmi	7000	7268	268			
Täyttö	5000	4241	759			
Perä malmit		1532				
Raakku		3516				
Malmi tn.	edel. vrk.	kuluva vk.	edel. vk.	kuluva. kk.	edel. kk.	kuluva v.
Tavoite	7000	49000	49000	196000	196000	2352000
Tilanne	7689	26435	52341	123056	195324	1862204
Täyttö tn.	edel. vrk.	kuluva vk.	edel. vk.	kuluva. kk.	edel. kk.	kuluva v.
Tavoite	5000	35000	35000	140000	140000	1680000
Tilanne	5312	16540	36420	110365	151034	1342005
Malmityyppi	SP tn.	PR tn.	HR tn.			
vuoro	1563,4	0	0			
vrk.	5113	568	354			
vk.	30678	12643	2864			
kk.	92034	37929	32564			
v.	1012374	417219	81520			

7.4 Tuotannonohjauksen suunnitteleavassa työssä

Seuraavan vuoron lastaus- ja kuljetusurakoitsijan töitä suunniteltaessa voitaisiin
vuoron aikana saaduista tiedoista arvioida, paljonko kohteissa on vielä lastatta-
vaa tai täytettävää sekä kauanko näihin töihin menee vielä aikaa, minkä perus-
teella voitaisiin työkohteet priorisoida tärkeysjärjestykseen. Jos jostain vuoro-
kautisesta tavoitteesta olla jäljessä tai edellä, voidaan tämä huomioida seuraav-
an vuoron lastaus- ja kuljetusurakoitsijan eri työkohteiden resursseissa.

7.5 Muita hyödyllisiä käyttökohteita

Reaaliaikaisella tiedolla on myös muita hyödyllisiä käyttökohteita malmin lastauksen ja louhostäytön lisäksi. Reaaliaikaisen tiedon avulla pystytään esim. arvioimaan kaatonousujen kivipinnan sijaintia, nykyisen mittalaitteiston tulosten varmentamiseksi.

7.5.1 Kaatonousujen kivipinta

Kaatonousujen kivipinnan seuraaminen on mahdollista reaaliaikaisen tiedon, murskattujen tonniin ja kaatonousujen tilavuuden perusteella. Kivipinnan mittaaminen nykyisellä laitteistolla on hyvin haasteellista kosteuden ja pölyn takia.

Kivipinnan sijainnin arvioiminen laskemalla olisi mahdollista, kun on tieto murskatuista tonneista, kipatuista tonneista ja tiedetään missä kivi pinta on ollut. Alla olevan Excel-taulukon (Taulukko 4) avulla voitaisiin seurata vuorokausikohtaisesti, missä kivipinta sijaitsee. Murskatut ja kipatut tonnit haettaisiin automaattisesti tietokannasta ja vuorokauden alussa kivipinnan sijainti syötettäisiin taulukoon, josta Excel laskisi kivipinnan sijainnin ja päivittäisi sitä päivän aikana esim. puolen tunnin välein.

Taulukko 4. Kaatonousujen kivipinta.

	Kaatonousu	KN1	KN2
Murskatut tn. Klo 07:00 jlk.			
Kipatut tn. Klo 07:00 jlk.			
Kivipinnan sijainti klo 07:00			
Kivipinnan sijainti			

7.5.2 Louhosten välitäyttö

Jotkin louhokset vaativat kalliomekaniikan vuoksi välitäytön ennen tyhjiin lastausta ja lopullista täyttöä. Tallaisiin louhoksiin määritellään tonnimääräisesti, kuinka paljon saa lastata ennen välitäyttöä ja sen jälkeen, kuinka paljon täytetään. Näitä tonnimääriä voitaisiin seurata reaaliaikaisen tiedon avulla.

7.5.3 Kotatut malmit

Louhoksia pitää joskus tyhjentää, vaikka ei pystyttäisi esim. murskamaan tai kaatonousuihin ei mahdu enempää malmia. Syy tälle voi olla, että kyseisen louhoksen "takana" on seuraava tuotannolle tärkeä louhos, jota pitää päässä työstämään. Tällöin louhoksen malmit kotataan jonnekin, missä siitä ei ole muulle tuotannolle haittaa. Näitä kotattujen malmien tonnimäärää ei pidetä tällä hetkellä yllä missään. Tässäkin tapauksessa voisi louhoksen malmien kottauksen reaaliaikainen tieto kertyä kohteittain esim. Excel-pohjalle talteen, jossa se olisi nähtävissä.

7.5.4 Puskutäytöt

Puskutäyttöjen tonnimäärää ja kohteita pystyttäisiin seuraamaan reaaliaikaisesta tiedosta keräämälle tiedot, vaikka Excel-pohjalle. Kohteiden arvioitua puskutäytömäärää voitaisiin verrata jo puskutäytettyyn määrään, minkä avulla voitaisiin arvioida, onko kohde täytetty kokonaan jo.

8 POHDINTA

Työn tekemisen teki mielenkiintoiseksi sekä avusti saavuttamaan työn tavoitteita se, että olen työskennellyt tuotannonohjauksessa viime keväästä lähtien. Oppimiskokemuksena merkittävimpänä pidän oppimani ajankäytön ja sen suunnittelun harrastusten, vapaa-ajan, töiden ja opiskelun suhteen.

Opinnäytetyön tavoite oli etsiä hyödyllisiä käyttökohteita kiven reaaliaikaisen lastaus- ja kuljetustiedolle, joiden avulla tuotannonohjauksesta saadaan tehokkaampaa sekä lastaus- ja kuljetusurakoitsijan toiminnasta kustannus tehokkaampaa. Työhön saatiin kerättyä paljon tuotannonohjaukselle hyödyllisiä reaaliaikaisen tiedon käyttökohteita. Opinnäytetyön hyödynnettävyys muualla on hyvin suppeaa, koska työ tehtiin vain maanalaisen kaivoksen tuotannonohjaukselta ajatellen ja työ oli rajattu vain kiven reaaliaikaisen lastaus- ja kuljetustiedon hyödyntämiseen tuotannonohjauksessa.

LÄHTEET

Dassault Systemes 2019. Geovia Surpac™ Integrated Geology, Resource Modeling, Mine Planning And Production. Viitattu 11.4.2019 <https://www.3ds.com/products-services/geovia/products/surpac/>

Hooli, J. 2017. Tuotannonohjaus Kemin kaivoksella. Lapin ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikka. Opinnäytetyö

Miettinen, P. 1993. Tuotannonohjaus ja logistiikka. Helsinki: Painatuskeskus

Outokumpu 2018. Deep Mine. Viitattu 10.2.2019 Intranet

Outokumpu 2019a. Digital Mine. Viitattu 10.4.2019 Intranet

Outokumpu 2019b. Outokummun historiaa. Viitattu 30.1.2019 <https://www.outokumpu.com/fi-fi/about-outokumpu/history-of-outokumpu>

Outokumpu 2019c. Tietoa Outokummusta. Viitattu 29.1.2019 <https://www.outokumpu.com/fi-fi/about-outokumpu>

Siemens AG 1996-2019. SIMATIC WinCC. Internet-sivut. Viitattu 11.4.2019 http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/kayttoliittymat/ohjelmistot/valvomo_ohjelmisto_wincc.php

TKaKaiv 018 2016. Tuotannonohjauskeskuksen (TOKE) toiminta. Outokumpu Chrome Kemin kaivos.

LIITTEET

Liite 1. Reaaliaikaisen tiedon kysely, Outokumpu Chrome Oy Kemin kaivos

Liite 1

Reaaliaikaisen lastaustiedon käyttö tuotannonohjauksessa ja sen suunnittelussa

1. Minkälainen käsitys sinulla on reaaliaikaisesta lastaustiedosta?
2. Miten hyötyisit työssäsi siitä?
3. Mitä haittapuolia tästä voisi olla?

Käytön puolella

1. Mistä töistä tieto olisi tarpeellista kerätä?
2. Minkälaisena tieto olisi hyvä tuoda esille?
 - a. Missä muodossa?
 - b. Kuinka tarkasti? esim. tonnia tunnissa.
3. Missä asioissa tietoa voisi hyödyntää?
4. Muuta?

Suunnittelussa

1. Mitä hyötyä tiedolla olisi seuraavan vuoron suunnittelussa?
2. Mitä vaikutuksia reaaliaikaisella lastaustiedon käytöllä olisi tuotannonohjauksen aikataulutukseen?
3. Muuta?

DigiMine

1. Onko sinulla ajatuksia, kuinka tieto kannattaisi ottaa huomioon DigiMine projektissa?
2. Onko jotain asioita reaaliaikaista lastaustiedosta mitä ei voida nyt hyödyntää, mutta voitaisiin hyödyntää DigiMine-projektin myötä?
3. Muuta?

Muuta ajatuksia reaaliaikaisesta lastaustiedosta?