

**MASUUNIN AUKAISUPORAN SEKÄ SULKUTYKIN
TOIMINTAHÄIRIÖIDEN VÄHENTÄMINEN
JA ENNAKOINTI**

SSAB Europe Oy, Masuunit

Inkala Samuli

Opinnäytetyö

Konetekniikka
Insinööri (AMK)

2020

Konetekniikka
Insinööri (AMK)

| | | | |
|--------------------------------|---|-------|------|
| Tekijä | Samuli Inkala | Vuosi | 2020 |
| Ohjaajat | Ins. AMK Aslak Siimes DI Jani Sipola | | |
| Toimeksiantaja | SSAB Europe Oy | | |
| Työn nimi | Masuunin aukaisuporan sekä sulkutykin toimintahäiriöiden vähentäminen ja ennakointi | | |
| Sivu- ja liitesivumäärä | 72 + 2 | | |

Tämä opinnäytetyö saatiin toimeksiantona SSAB Europe Oy:ltä. Opinnäytetyössä tutkittiin, kuinka Iba Analyzer PDA-ohjelma voisi toimia masuunin aukaisuporan ja sulkutykin toimintahäiriöiden ennakoinnin sekä vähentämisen työkaluna.

Työssä käsiteltiin aluksi masuuniprosessia, raudanvalmistusta, masuunin valuhallitoimintoja ja masuunin pesän toimintaa. Tutkimuksessa selvitettiin myös olemassa olevien laitteiden merkityksestä masuuniprosessiin, eli kuinka tärkeät laitteet ovat kyseessä. Lähteinä käytettiin kirjallisia lähteitä ja internetin tarjoamaa tietoa suomalaisilta ja ulkomaalaisilta tekijöiltä, jotka ovat perehtyneet masuuniprosessiin sekä raudanvalmistukseen. Työn tuloksiin ja analyysiin käytettiin itse tehtyä aineistoa, jota oli saatavilla Iba Analyzer-ohjelmistosta ja jotka tutkimuksen aikana löytyivät.

Haasteita opinnäytetyössä aiheuttivat työn laajuuden kasvaminen ja niiden rajaaminen sopivaan mittakaavaan. Opinnäytetyön tuloksina kuitenkin saatiin selvää dataa, jota voidaan käyttää masuuneilla aukaisuporan ja sulkutykin vikojen ennakointiin ja rautareiän kunnon arviointiin. Ohjelmasta saatavan datan pohjalta pystytään tutkimaan aukaisuporaa sekä sulkutykkiä todella tarkasti. Saatavilla olevan datan avulla voidaan arvioida rautareiän kuntoa, sekä nähdä myös vikoja, jotka ovat päällä. Tämän opinnäytetyön tutkimuksen valossa voidaan alustavasti sanoa, milloin on mahdollisesti tulossa ongelmia masuunin sulkutykissä ja aukaisuporassa sekä miten niissä näkyneet ongelmat tulevat vaikuttamaan rautareiän kuntoon. Opinnäytetyön aikana tehdyn tutkimuksen perusteella pystytään suosittelemaan jatkotutkimuksia ja kehityskohteita aiheeseen.

Avainsanat

masuuni, sulkutykki, aukaisupora, häiriöt, ennakointi, Iba PDA

Mechanical Engineering
Bachelor of Engineering

| | | | |
|--------------------------|---|------|------|
| Author | Samuli Inkala | Year | 2020 |
| Supervisors | Aslak Siimes, B.Eng. Jani Sipola, M.Sc. (Tech) | | |
| Commissioned by | SSAB Europe Oy | | |
| Subject of thesis | Reduction and anticipation of blast furnace taphole drill and clay gun malfunctions | | |
| Number of pages | 72 + 2 | | |

This thesis was commissioned by SSAB Europe Oy. The purpose of this thesis was to investigate how Iba Analyzer PDA program could work to investigate and serve as a tool for anticipate and reduce malfunctions of blast furnace taphole drill and clay gun.

In the beginning, this thesis covers the blast furnace process, iron fabrication, blast furnace heart functions, and blast furnace cast house operations. Also, this thesis covers the most important equipment that are used in a blast furnace process. The sources used in this thesis were books and internet sources from Finnish and foreign authors. These authors are experts on the blast furnace process and iron production. The results and analyses of the work were made using self-made data from the Iba Analyzer program, which were found during the study.

Challenges in the thesis were the growing scope of the work and limiting it to a suitable scale. However, the results of the thesis provided clear data that can be used in the blast furnace to predict the defects of the opening drill and clay gun. Based on the perspectives obtained in the study and the information obtained on the basis of the data the program acts accurately as a tool for monitoring the operation of the devices. On the basis of the data obtained from the program the opening drill and clay gun can be examined really accurately. The results and data show also the condition of the iron notch. This examination makes it possible to recommend further researches and development targets.

Key words blast furnace, taphole drill, clay gun, anticipate, Iba PDA

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO | 8 |
| 1.1 | Työn tavoite | 8 |
| 1.2 | Työn rajausta | 9 |
| 1.3 | Työn periaate | 9 |
| 2 | SSAB | 10 |
| 3 | RAAHEN TERÄSTEHDAS | 11 |
| 4 | MASUUNIPROSESSI | 12 |
| 4.1 | Raudan valmistus | 12 |
| 4.2 | Masuuni | 15 |
| 4.3 | Masuunin pesä | 16 |
| 4.4 | Raakaraudan ja kuonan lasku | 18 |
| 4.5 | Rautareiän toiminta laskun aikana..... | 19 |
| 4.6 | Raudanlaskun onnistumiseen vaikuttavat asiat..... | 19 |
| 5 | MASUUNIN VALUHALLITOIMINNOT | 21 |
| 5.1 | Valuhalli | 21 |
| 5.2 | Tykkiohjaamo..... | 22 |
| 5.3 | Masuunin sulkutykki..... | 22 |
| 5.3.1 | Masuunin sulkumassa | 28 |
| 5.3.2 | Sulkumassan materiaali | 29 |
| 5.4 | Sulkumassan käyttö..... | 31 |
| 5.5 | Masuunin aukaisupora..... | 32 |
| 5.5.1 | Masuunin aukaisuporassa käytetyt avausterät..... | 33 |
| 5.6 | Aukaisuporan ja sulkutykin hydraulikka | 34 |
| 6 | MASUUNIN AUKAISUPORAN JA SULKUTYKIN TUTKIMUSTYÖ..... | 38 |
| 6.1 | Häiriöt aukaisuporassa ja sulkutykissä | 38 |
| 6.2 | Iba Analyzer PDA - järjestelmä | 39 |
| 6.3 | Masuuni 1 | 39 |
| 6.3.1 | Case: Poran istukan hajoaminen avauksessa..... | 44 |
| 6.3.2 | Case: Rautareikä ei sulkeutunut kunnolla | 46 |
| 6.3.3 | Case: Rautareikä ei avautunut kunnolla | 47 |
| 6.3.4 | Case: Rautareiän mitan tarkastelu Iba:n avulla..... | 48 |

| | | |
|-------|--|----|
| 6.4 | Masuuni 2 | 52 |
| 6.4.1 | Case: Suuri hydraulikkavuoto sulkutykin kääntösylinterillä..... | 54 |
| 6.4.2 | Case: Sulkutykki hyvin jäähdyttynä & huonosti jäähdyttynä .. | 55 |
| 6.4.3 | Case: Sulkutykki juuttunut reiälle sulkutilanteessa | 62 |
| 6.4.4 | Case: Injektoidun sulkumassan syöttönopeuden vaikutus rautareikään..... | 64 |
| 7 | KEHITYSIDEAKOhteet | 66 |
| 8 | POHDINTA | 69 |
| | LÄHTEET | 70 |
| | LIITTEET | 72 |

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Lapin ammattikorkeakoululla ja SSAB Europe Oy:n masuuneilla 1.9.2020–31.10.2020.

Työn ohjaajina toimivat Lapin Ammattikorkeakoulusta tuntiopettaja Aslak Siimes sekä DI projektipäällikkö Jani Sipola. SSAB Europe Oy:n puolesta ohjaajina toimivat DI kehityspäällikkö Timo Paananen sekä Iba Analyzer PDA:n kanssa DI kehitysinsinööri Sami Vares.

Kiitos opinnäytetyön ohjaajilleni Aslakille ja Janille opastuksesta tämän opinnäytetyöprojektin aikana. Haluan kiittää työnantajaani SSAB Europe Oy:tä, erityisesti Timo Paanasta, koska sain mahdollisuuden tehdä opinnäytetyöni laitteista, joiden parissa olen työskennellyt jo 10 vuotta. Kiitos masuunin työkavereilleni avusta ja yhteistyöstä tämän opinnäytetyöprojektin aikana. Haluan erityisesti kiittää Sami Varesta loistavista vinkeistä opinnäytetyöprojektin aikana ja uusista näkökulmista Iba Analyzer PDA ohjelman parissa työskennellessäni.

Suuri kiitos vaimolleni Saralle jaksamisesta ja tuesta tämän opinnäytetyö projektin sekä koulunkäyntini aikana, että olen saanut panostaa kouluelämääni vuorotyön ohella täysipainoisesti. Kiitos tyttärelleni Innalle, että olet rikastanut elämäni ja tuonut tasapainoa vapaa-ajalle minun koulu- ja työelämäni ohelle.

Raahessa 30.10.2020

Samuli Inkala

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

| | |
|--------------------------------|---|
| MA1 | Masuuni 1 |
| MA2 | Masuuni 2 |
| SiO ₂ | Piikoksiidi |
| CaO | Kalsiumoksiidi |
| MgO | Magnesiumoksiidi |
| Al ₂ O ₃ | Alumiinioksiidi |
| PCI-hiili | Hiili-injektio, Pulvericed Coal Injection |
| AHHS-teräs | Kehittynyt korkealujuusteräs |
| Q&T | Nuorrutusteräs |
| PDA | Process Data Acquisition System |
| SiC | Piikarbidi |
| Si ₃ N ₄ | Piinitridi |

1 JOHDANTO

Masuunin raudanlaskulla on suuri merkitys masuuniprosessissa. Raudanlaskun onnistumiseksi masuunin on toimittava ilman turhia häiriöitä sekä käynnin on oltava tasaista.

Masuunin laskureikä avataan aukaisuporalla sekä suljetaan sulkutykillä sulkumassaa injektoimalla laskureikään. Masuunin aukaisuporan ja sulkutykin toiminnalla on suuri merkitys raudanlaskun kannalta. Mikäli aukaisupora tai sulkutykki on epäkunnossa, voivat niiden aiheuttamat ongelmat aiheuttaa ongelmia raudanlaskureiässä sekä vakavia ongelmia masuunin pesän toiminnassa ja masuunin sisäisissä virtauksissa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia masuunin aukaisuporan ja sulkutykin mahdollisia toimintahäiriöitä sekä tarkastella näkyvätkö viat mekaanisesti laitteissa jo etukäteen ja pystytäänkö niihin puuttumaan jo ennalta ennakkohuoltojen avulla. Opinnäytetyössä tutkittiin, pystytäänkö Iba Analyzer PDA:n datasta saadun informaation perusteella arvioimaan rautareiän kuntoa.

Tutkimuksessa apuna käytettiin Iba Analyzer PDA-järjestelmää (6.2), joka on asennettu tarkkailemaan kummankin masuunin sulkutykin ja aukaisuporan laitteistojen toimintaa.

1.1 Työn tavoite

Opinnäytetyön tavoite on selvittää masuunin aukaisuporan sekä sulkutykin Iba Analyzer PDA:n tallentamasta datasta mahdollisesti esille nousevia ongelmia, löytää datasta löytyviä poikkeamia mekaaniselta tai ulkoiselta puolelta. Tarkoituksena on löytää keinoja, joilla laitteiston häiriöherkkyyttä voitaisiin laskea Iba:n tallentaman datan avulla. Tavoitteena on myös selvittää voiko datan informaatiota hyödyntämään rautareiän kunnan arvioinnissa ja seuraamaan miten reikä toimii.

1.2 Työn rajaus

Opinnäytetyö rajataan käsittelemään Iba Analyzer PDA:sta saadun datan hyödyntämiseen laitteistojen käyttöön. Tavoitteena on myös selvittää voiko Iba Analyzer PDA:sta saaduista data-analyyseistä ilmenneet signaalien muutokset nähdä ennakkoon masuunin sulkutykissä ja aukaisuporassa mekaanisesti erilaisina ongelmina.

1.3 Työn periaate

Työssä tutkitaan, onko Iba Analyzer PDA:n datasta saatavilla sellaista informaatiotietoa, jonka avulla voitaisiin nähdä jo etukäteen tulevia vikoja masuunin sulkutykissä ja aukaisuporassa sekä pystytäänkö tällä datalla arvioimaan rautareian kuntoa. Analysoidaan sitä että, yhdistyvätkö datasta saadut informaatiopointeet signaaleissa kentällä tapahtuvana mekaanisena tai muuna ulkoisena ongelmana. Selvitetään lopuksi mahdollisia ongelma- ja kehityskohteita.

2 SSAB

SSAB (Svenskt Stål AB) on perustettu vuonna 1878 Ruotsissa. Yritys on johtava tuottaja AHHS-terästen valmistuksessa ja Q&T-teräksissä maailmanmarkkinoilla tuottaen nauha-, levy- ja putkituotteita sekä rakentamisen ratkaisuja asiakkailleen. (Ssab 2020a.)

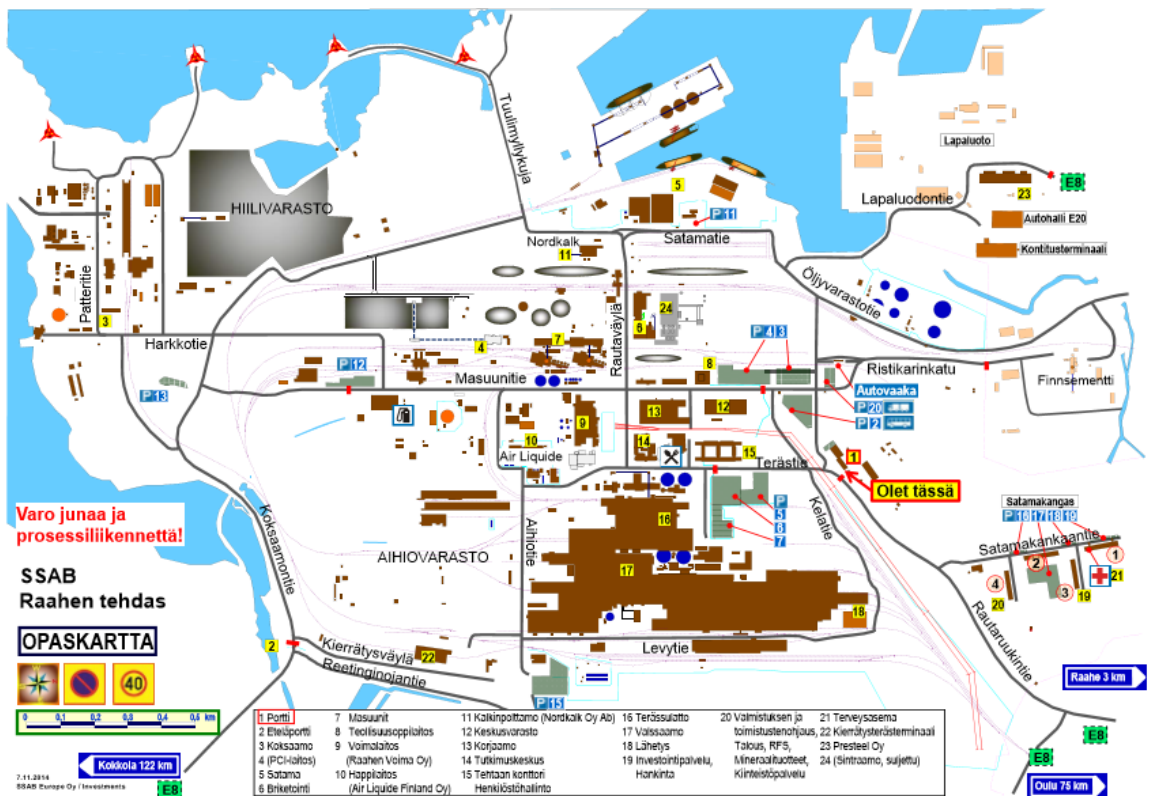
SSAB:n pääkonttori sijaitsee Tukholmassa ja yritys toimii maailmanlaajuisesti 45 eri maassa. Yrityksen toimitusjohtaja on Erik Martin Lindqvist. SSAB kuuluu terästeollisuuden toimialaan. (Ssab 2020a.)

Yritys on jaettu viiteen eri divisioonaan. Divisioonat ovat, SSAB Special Steels, jonka toimialaan kuuluu erikoistuminen pitkälle kehitettyyn lujaan teräkseen ja nuorrutusteräkseen. SSAB Europe divisioona, johon Raahen tehdas kuuluu. Raahessa on erikoistuttu nauha-, kvarttolevy- ja putkituotteisiin. SSAB Americans, jonka erikoistumisala on valmistaa kvarttolevytuotteita Yhdysvalloissa. Tibnor, joka jakaa ja myy terästä Pohjoismaissa, sekä Ruukki Construction, jonka erikoistuminen on tarjota energiatehokkaita rakentamisen ratkaisuja. (Ssab 2020b.) SSAB kapasiteetti on tuottaa terästä n. 8,8 miljoonaa tonnia vuodessa. (Ssab 2020a).

3 RAAHEN TERÄSTEHDAS

Entinen Rautaruukki, (Ruukki) on perustettu Raahen, Salosiin vuonna 1960 ja Masuuni 1 on otettu tuotantoon 3.10.1964. Masuuni 2 käynnistettiin tuotantoon vuonna 1975. (Yle 2020.)

Raahen terästehtaan alueella, joka on esitetty Kuvio 1, on käytössä molemmat masuunit eli Ma1, Ma2 sekä koksaamo, satama ja terässulatto, jossa konvertterit sekä jatkuvavalulaitokset 4,5 ja 6. Tehtaalla on myös valssaamo, jossa sijaitsevat nauha- sekä levyvalssaamo. (SSAB 2020.)



Kuvio 1. SSAB Raahen tehtaan pohjapiirros. (SSAB 2020.)

Ruukki fuusioitui ruotsalaisen SSAB:n kanssa tammikuussa vuonna 2014. (Sjöström 2014).

4 MASUUNIPROSESSI

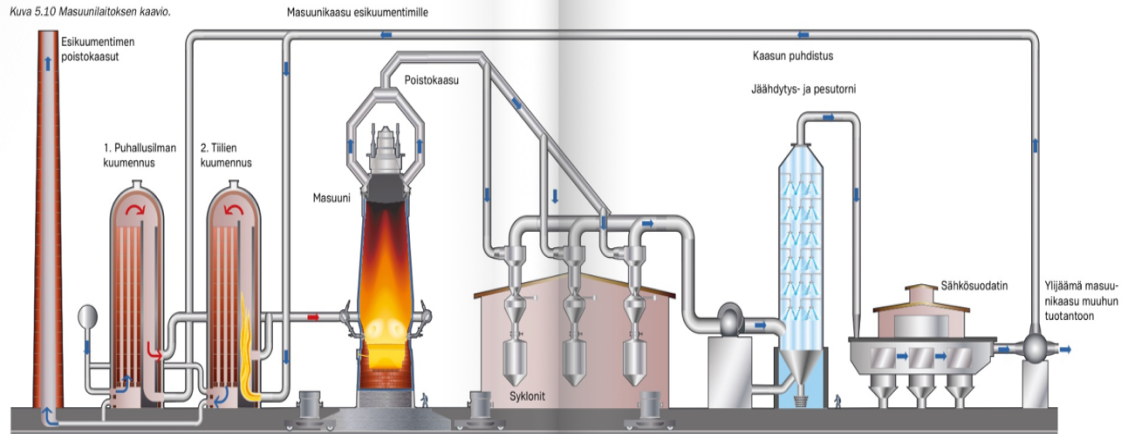
4.1 Raudan valmistus

Raahessa SSAB:n terästehtaalla rautaa tuotetaan kahdella masuunilla: masuuni 1 (Ma1) masuuni 2 (Ma2). Masuunialueeksi kutsutaan sitä aluetta tehtaasta, jossa raakarautaa valmistetaan. Apulaitteistoja raudan valmistamiseksi ovat puhallusilman esikuumentimet, kaasunpuhdistuslaitteistot, kuonan jatkokäsittelylaitos eli granulointilaitos ja prosessissa käytettävien raaka-aineiden käsittelyä varten olevat laitteet, joita ovat kuljettimet, siilot ja panostuslaitteet. (Metallinjalostajat Ry 2014, 24.)

Raakaraudan valmistaminen koksiuunimasuunissa tarkoittaa rautaoksidien pelkistämistä metalliseksi raudaksi ja epäpuhtaudet pyritään sitomaan masuunikuonaan. Tavallisimmat epäpuhtaudet, joita syntyvät prosessin aikana ovat SiO_2 , CaO , MgO ja Al_2O_3 . Epäpuhtaudet on saatava yhtymään sopivalla tavalla raudan kanssa syntyvän sulan kuonan kanssa ja erottumaan raakaraudasta. (Barth 1942, 50.)

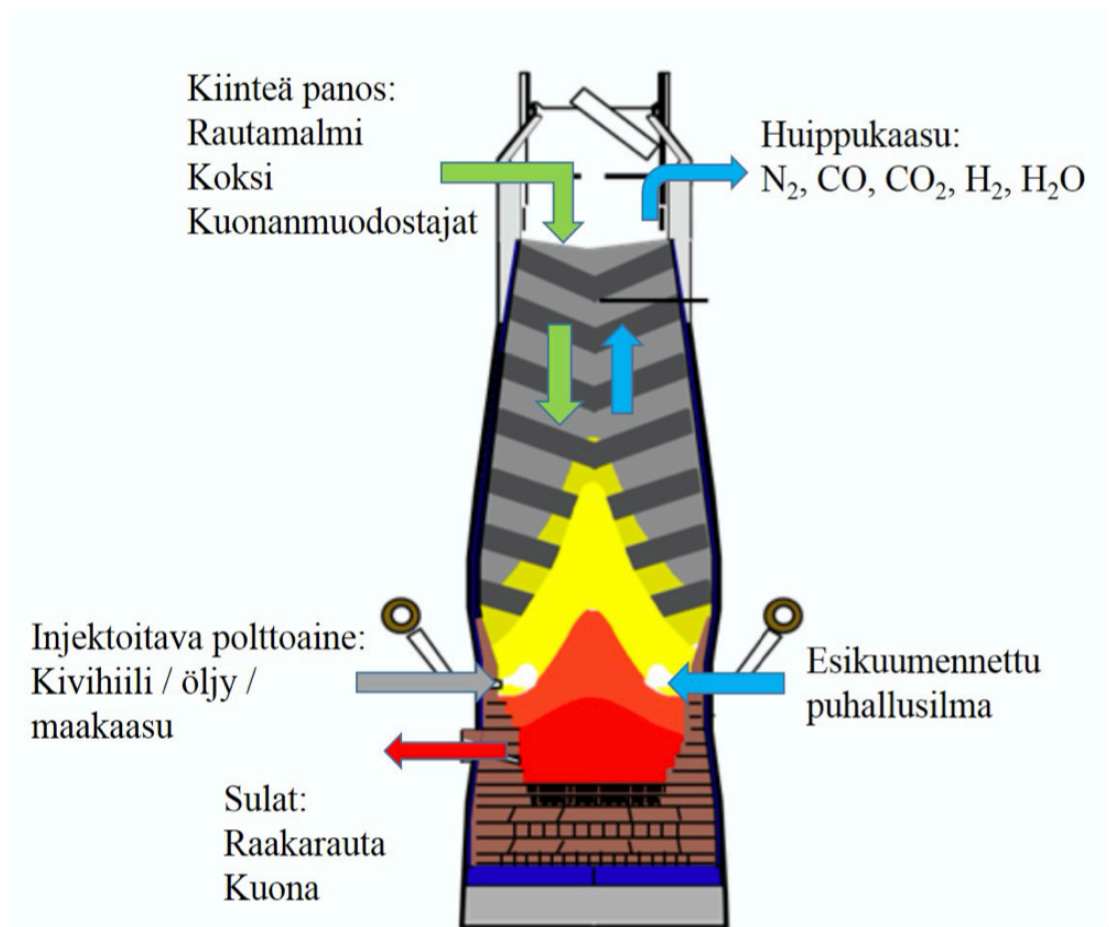
Raakarautaa tuottava masuuni on suuri vastavirtareaktori. Masuuneita on monen kokoisia. Raahen masuuneilla on korkeutta noin 30 metriä. Kuvio 3 on esitetty raudantuojamateriaaleina käytettävät metallurginen koksi, romumateriaalit, rautamalmi, rautapelletit sekä kuonan muodostajat panostetaan masuunin huipulta masuuniin panostuslaitteiston avulla ja raaka-aineet muuntuvat alhaalla sulan raudan ja kuonan muotoon. Raahen masuunissa käytetään raudantuojana pelkästään rautaoksidipellettejä. Prosessissa käytetään kuonan koostumuksen säätöön kalkkikiveä.

Polttoilma eli esilämmitetty cowpereissa kuumennettu hapella rikastettu ilma, injektoidaan masuuniin alaosaan asennettujen kuparihormien läpi puhaltamalla masuunin pesään, lämmittäen ylöspäin noustessaan alaspäin painuvaa panosta. Kuvio 2 on esitetty masuunilaitoksen kaavio. (Barth 1942, 51; Metallinjalostajat Ry 2014, 23–24.)



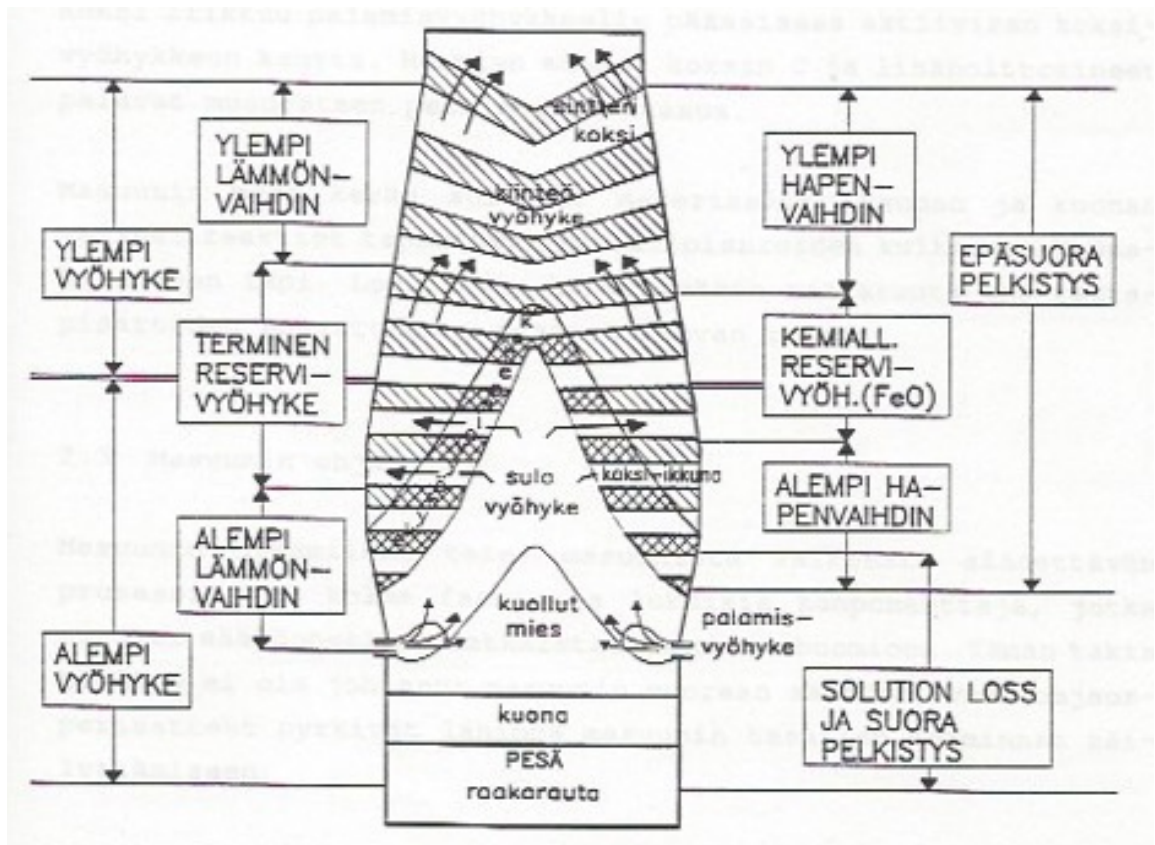
Kuvio 2. Masuunilaitoksen kaavio. (Teräskirja 2014, 23–24.)

Lisäpolttoaineena Raahen masuuneissa on käytetty vuodesta 2015 lähtien PCI-hiiltä, joka injektoidaan lanssien läpi palamisvyöhykkeelle. (Tekla Oy 2015.)



Kuvio 3. Masuuni. (Haapasaari 2016, 2.)

Toimivan masuunin rakenne sisältä on esitetty Kuvio 4. Pääperiaatteessa masuuniin kuuluvat viisi eri vyöhykettä: kiinteä vyöhyke, pehmenemis- ja sulavyöhyke, 1. koheesiovyöhyke, sulavyöhyke, 1-tippumisvyöhyke, palamisvyöhyke sekä masuunin pesä. Kiinteän vyöhykkeen alueella tapahtuu panostusmateriaalien sisältämä kosteuden haihtuminen sekä raudan oksidien pelkistyminen vaiheittain hiilimonoksidilla CO ja vedyllä H₂. (Inkala 1990, 5.)



Kuvio 4. Masuunin sisäinen rakenne. (Inkala 1990, 5.)

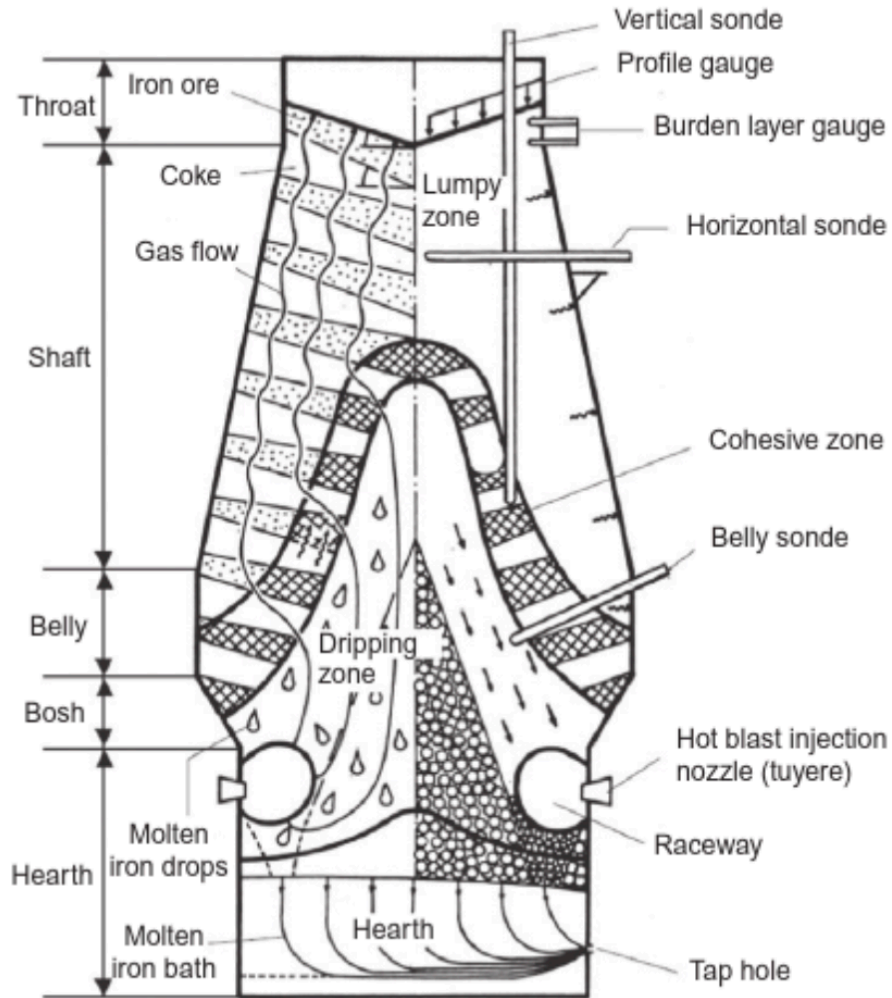
Masuuniprosessin aikana syntyvä päätuote on raakarauta, joka sisältää rautaa Fe, hiiltä C, piitä Si, Mangaania Mn, titaania Ti, vanadiinia V, kromia Cr, nikkeliä Ni, kuparia Cu, rikkiä S ja fosforia P. Muita syntyviä tuotteita prosessissa ovat masuunikaasu sekä kuona. (Barth 1942, 60–62.)

4.2 Masuuni

Masuuni on läpileikkaukseltaan teräsvaipalla ja tulenkestävillä hiilitiilillä sekä jäähdytyslaatoilla varustettu pyöreä kuilu-uuni. (Prinssi 2002, 8). Masuunin yläosaan on sijoitettu panostusaukko sekä panostuslaitteet. Panostuslaitteistoja voi olla kahta erilaista tyyppiä, kellollista tai kellotonta. (Metallinjalostajat Ry 2014, 23.)

Masuunin yläosa on muodoltaan silinterimäinen, ja se muistuttaa kaulaa, joka laajentuu alas noin 85°:n kulmassa muodostaen kuilualueen. Kuilualue päättyy silinterimuotoiseen kupuun, josta alkaa alaspäin noin 78°:n kulmassa supeneva rastialue. Masuunin panostuslaitteet on rakennettu kaasun- ja paineenkestäviksi, ettei masuunikaasu pääse panostuksen aikana vuotamaan ulos.

Masuunin alaosassa kuilu päättyy masuunin pesäalueelle, pesäalueella sijaitsevat kuparihormit ja rautareikä. Kummatkin sijaitsevat omalla tasollaan. (Barth 1942,51; Metallinjalostajat Ry 2014, 23.)



Kuvio 5. Masuunin pohjapiirros (Seetharaman, McLean & Guthrie 2014,10.)

4.3 Masuunin pesä

Masuunin pesäaluetta kutsutaan yleisesti myös masuunin sydämeksi. Masuunin pesästä löytyvät sula rauta ja kuona, kunnes sula aines valutetaan ulos masuunista. Pesän seinän ja hiiliblokit lävistää laskureikä, jota kutsutaan tavallisemmin rautareiäksi. Masuunin pesäaluetta ei voida kutsua pelkästään masuunin toimintaan kuuluvaksi passiiviseksi astiaksi, johon sula materiaali kerätään ja josta se määräajoin vain lasketaan ulos.

Pesäalueella tapahtuu jatkuvasti isoja joukkoja kemiallisia reaktioita, jotka vaikuttavat tuotetun raudan laatuun sekä masuunin käyntiin.

Masuunin pesäalueella kertyy kahdenlaatuista erilaista rautaa, näitä ovat kylmempi pohja- ja lämmin laskurauta. Pohjarauta sijaitsee rautareiältä katsottuna rautareiän alapuolella, minkä alueella raudan vaihtuvuus on hyvin hidasta. Pohjaraudan koostumus ei poikkea laskuraudasta laboratorioon otettujen näytteiden keskiarvosta. Laskurauta syntyy pesään kerroksittain, eikä sekoitu paljon. Raudan kerroksellisuus voidaan havaita raudanlaskun nopeuden ollessa normaalia korkeampi. (Inkala 1990, 22.)

Pesän hyvä tyhjentyminen sulasta materiaalista laskujen aikana on tärkeää masuunin häiriöttömän toiminnan kannalta. Masuunin prosessivalvomohoitajat tarkkailevat masuunin puhalluspaineen nousuja, jotka johtuvat epäsäännöllisestä panoksen laskeutumisesta. Puhalluspaineiden nousuja aiheuttaa myös kohonnut jäännössulamäärä masuunin pesässä. (Prinssi 2002, 15.)

Liika sulamäärän kertyminen pesäalueelle voi aiheuttaa masuunin sisäisillä vyöhykkeillä rojahduksia, joiden vuoksi pesäalue voi jäähtyä, minkä seurauksena on vakava masuunin toimintahäiriö. Liian korkeat jäännössulamäärät laskun lopussa masuunin pesässä on yksi pääsyy masuunin ajamisen vaikeuksiin. Jäännössulamäärien noustessa pesäalueella laskujen aikana pesän tukkeutumisen riski kasvaa, masuunin puhalluspaine nousee, panoksen hirttotaipumus lisääntyy ja kuparihormivaurioiden todennäköisyys kasvaa huomattavasti.

Pesäalueen huono toiminta muuntaa masuunin toiminnan niin kutsutusti pullonkaulaksi, joka häiritsee masuunissa sulamistapahtumaa koheesiovyöhykkeellä sekä masuunin sisäisiä virtausolosuhteita pesäalueella. Edellä mainitut toiminnot virtauksien muutoksissa aiheuttavat masuunin sisällä vuorauksen liiallista kulumista ja voivat aiheuttaa kulumisen vuoksi vakavan vaipan puhkeamisen. (Inkala 1990, 22–24.)

4.4 Raakaraudan ja kuonan lasku

Raakaraudan ja kuonan laskeminen tapahtuu 8-14 kertaa vuorokaudessa. Tavoitteelliset laskujen mitat Raahen masuuneilla pidetään 90 minuutissa, joka jaotellaan seuraavasti: noin 50 minuuttia vain rautaa, 40 minuuttia rautaa ja kuonaa samaan aikaan. (Konola 2020.)

Sulan materiaalin laskeminen ulos masuunista tehdään rautareiän kautta, joka on uunin seinämään muuraukseen tehty aukko, johon on sovitettu valuraudasta valmistettu kehys. Kehys on esitetty Kuva 1 jonka eteen lasketaan masuunin pääränni, päärännin ja kehyksen väliin valetaan massasta kotelokivi. Kotelokivi suojelee kehystä ulkoisilta tekijöiltä.

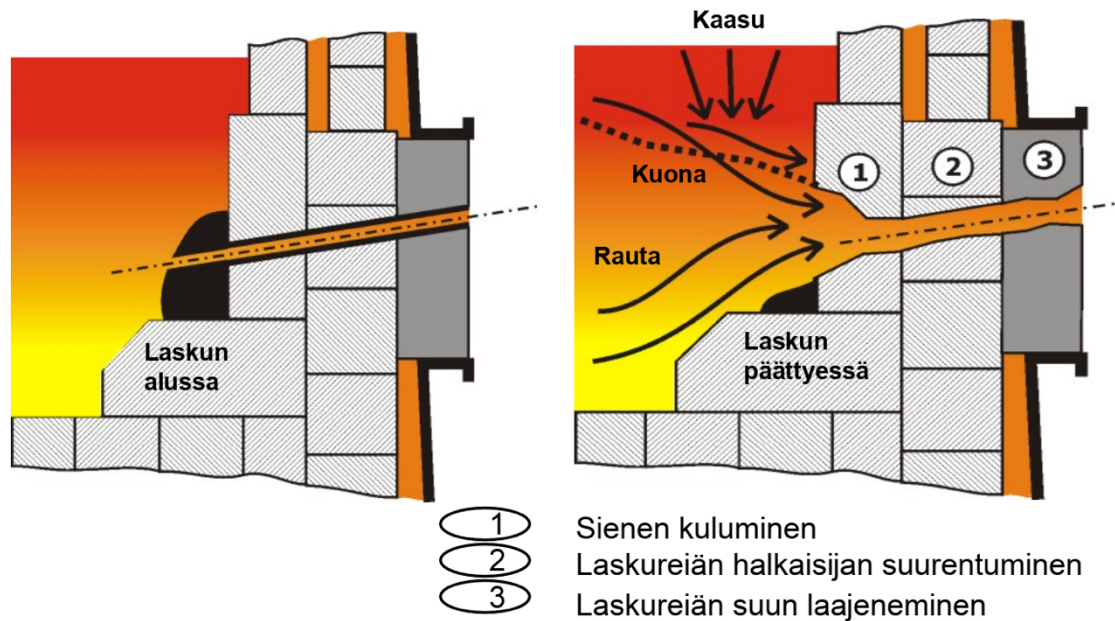


Kuva 1. Laskuaukon kehys

Rautareikä avataan käyttämällä aukaisuporaa, johon on asennettu noin 3 m pitkä teräskanki, jonka päässä on poranterä. Joskus joudutaan käyttämään reiän avaamisen avuksi puristettua happikaasua. Rautareikä suljetaan käyttämällä siihen tarkoitettua sulkutykkiä ja tulenkestävää tykkimassaa. (Barth 1942, 101; Wakelin 1999, 709–710.)

4.5 Rautareiän toiminta laskun aikana

Rautareikä kuluu aina laskun aikana, koska rauta, kuona, sekä kaasun kemialliset ja mekaaniset rasitukset kuormittavat pesän sientä sisäpuolelta sekä rasittavat tällöin rautareikää. Kuvio 6, on esitetty rautareiän rakenteen kulumista laskun aikana.

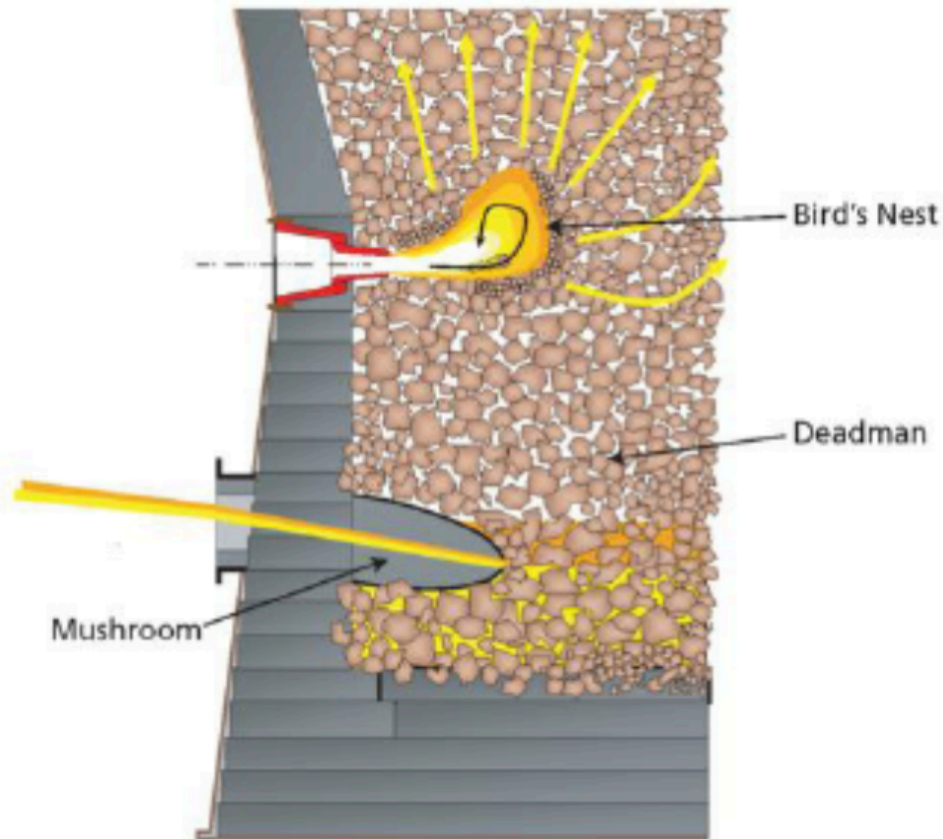


Kuvio 6. Rautareiän kulumisen laskun aikana. (TRB 2016.)

4.6 Raudanlaskun onnistumiseen vaikuttavat asiat

Masuunin kannalta ulkopuolisesti raudanlaskun onnistumiseen voidaan vaikuttaa vain kahdella tavalla, masuunin laskureiän halkaisijan ja laskureiän kiinnipitoajan valinnalla.

Pesässä tapahtuvan raudan ja kuonan virtauksiin vaikuttaa etenkin ”kuolleen miehen tila”. Kuolleen miehen tilalla tarkoitetaan sitä missä kiinteä koksipatja sijaitsee ja onko se huokoinen, kelluuko se vai makaako se täysin pesän pohjal- la. Pesän toiminnan kannalta on myös tärkeää, että pesän ”sieni” toimii. Pesän toimintaa on kuvattu Kuvio 7. (Seetharaman, McLean & Guthrie 2014, 50–51).



Kuvio 7. Masuunin pesä ja sieni. (Geerdes, Chaigneau & Kurunov 2015, 146.)

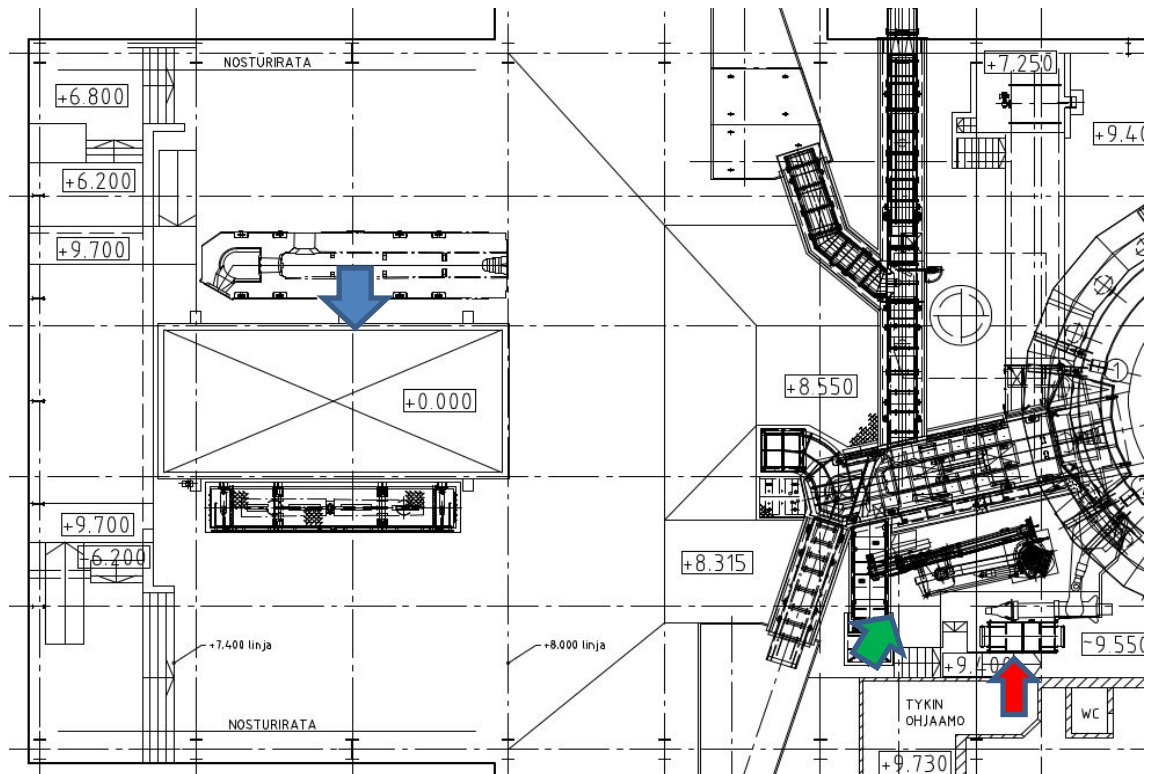
5 MASUUNIN VALUHALLITOIMINNOT

5.1 Valuhalli

Valuhalli on esitetty Kuvio 8. Valuhalli on masuuniin kuuluva työskentelyalue, johon on sijoitettu masuunin jatkuvan toiminnan kannalta tärkeät laitteet sulan materiaalin poistamiseksi turvallisesti masuunista ulos, erottelemaan rauta sekä kuona keskenään ja ohjaamaan sula materiaali niille kuuluville alueille ja laitoksiin säännöllisin väliajoin. (Wakelin 1999, 709.)

CAD- piirustuksesta näkee, että valuhallin laitteet ovat sijoitettu lähelle toisiaan, mikä mahdollistaa hydrauliiikan käytön kaikissa laitteissa kahdella hydrauliiikkayksiköllä. Valuhallin laitteiden hydrauliikkayksiköt on sijoitettu piirustuksesta löytyvän +0.000 tason kohdalla olevan nostoaukon alakertaan.

Kuvioon on havainnollistettu punaisella nuolella sulkutykin sijoituspaikka. Vihreällä nuolella kerrotaan aukaisuporan sijoituspaikka. Sinisellä nuolella on havainnollistettu hydrauliikkatilan sijoituspaikka, +8.550 tasolta katsoen.



Kuvio 8. CAD-piirustus masuunin valuhallista

5.2 Tykkiohjaamo

Tykkiohjaamo on sijoitettu valuhalliin. Tykkiohjaamolla on tärkeä merkitys koko masuuniprosessin onnistumiselle. (Wakelin 1999, 709.) Tykkiohjaamossa työskentelee Raahessa 3 henkilöä: 1.uunimies, joka ohjaa sulkutykkiä sekä poraa, huolehtii rautareiän aukaisusta ja sulkemisesta ajallaan ja mittaa vähintään kaksi kertaa laskun aikana raudan lämpötilan. 2. uunimies, joka hoitaa kuonan erittelyn raudasta ja kuonan granuloinnin masuunihiekaksi, tai vaihtoehtoisesti sulan kuonan laskemisen kuonapyttyihin. 3. uunimies, joka hoitaa raudanlaskun raakaraudan siirtovaunuihin, raudan näytteenoton ja toimii yhteistyössä raakauraveturin kanssa. (Wakelin 1999, 715; Geerdes, Chaigneau & Kurunov 2015, 145.)

Tykkiohjaamosta tarkastellaan raudanlaskua, automatiikka tallentaa jokaisen laskun aikana rautareiän sekä masuunin toiminnan suorituskyvyn analysoimiseksi tärkeitä tietoja. Tiedot, joita jokaisella laskulla tallennetaan, ovat laskun numero, rautareiän laskun avaus-, sekä sulkuaika, raudan kokonaismäärä laskulla. Lisäksi tallennetaan kuonan lähtöaika, kuonan kokonaismäärä laskun aikana, rautareiän avaukseen tarvittu poranterän halkaisija ja rautareiän mitta. Muita tietoja ovat reiän sulkemiseen käytetty aika, sulkumassan määrä sekä sulkumassan paine- ja nopeus laskureiän sulun aikana. (Geerdes, Chaigneau & Kurunov 2015, 145; 160.)

5.3 Masuunin sulkutykki

Sulkutykki esitetty Kuvio 9, on yksi kriittisimmistä laitteista masuunin ulkopuolelta ajateltuna.

Sulkutykkiä käyttäessä laitteen täytyy olla huippukunnossa jatkuvasti. Masuunin reiän sulkeminen ilman sulkulaitetta on todella haastavaa. (Geerdes, Chaigneau & Kurunov 2015, 150.)

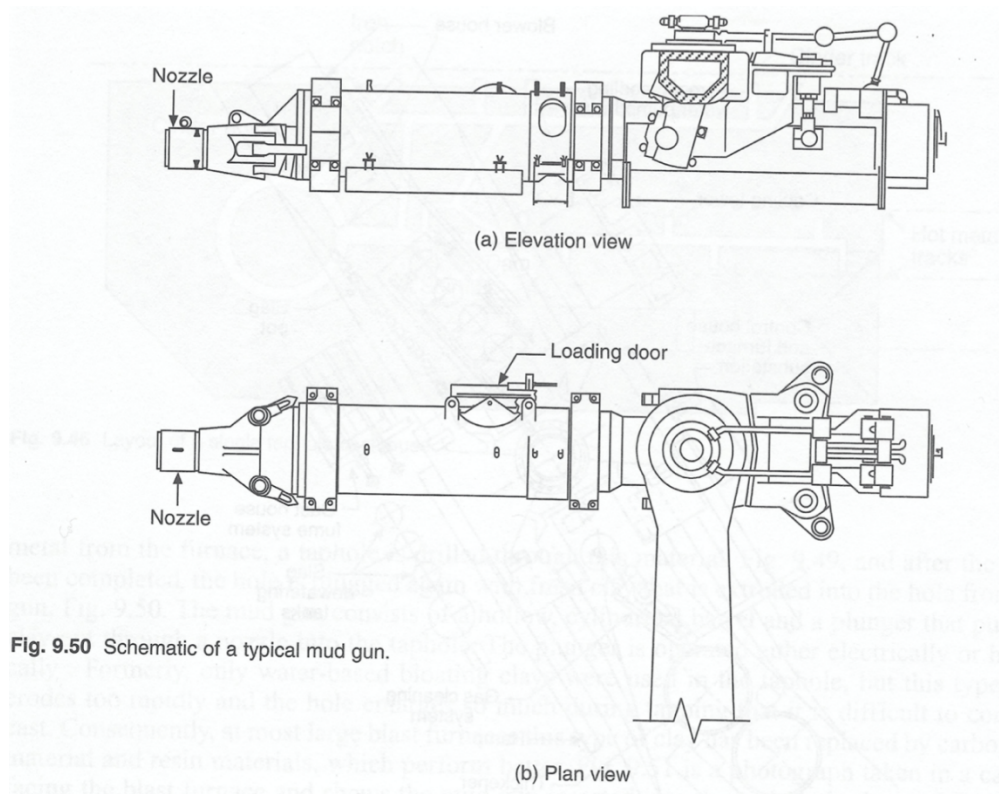


Fig. 9.50 Schematic of a typical mud gun.

Kuvio 9. Masuunin sulkutykki. (Wakelin 1999, 712.)

Sulkutykin runko on valmistettu hitsatusta teräsohutelevystä. Tykki koostuu nokkarenaasta, johon lyödään vasaralla puusta tehdyt ”päreet” suojaksi, joita voi olla tarpeen vaatiessa 1-7 kpl. Nokan kartio on valmistettu erikoisseostetusta ja taotusta kulutusta kestävästä teräksestä, massasäiliöstä sekä massan puristimesta. Tärkeimpänä seikkana sulkutykin kannalta on pitää tykin nokka aina puhtaana sintraantuneesta massasta sulkutapahtuman jälkeen.

Sulkutykin kuntoa on tarkkailtava jatkuvasti myös sisäpuolelta. Sulkumassa ei saa päästä vuotamaan ohi massasynterin. Tykin sisäiset vuodot lisäävät riskiä rautareiän itseaukeamiselle. Sisäiset vuodot nostavat materiaalikuluja, eli tykkimassaa kuluu enemmän. Rautareikä voi lyhentyä ja sulkutiiveys jäädä puutteelliseksi. (TRB 2016.)

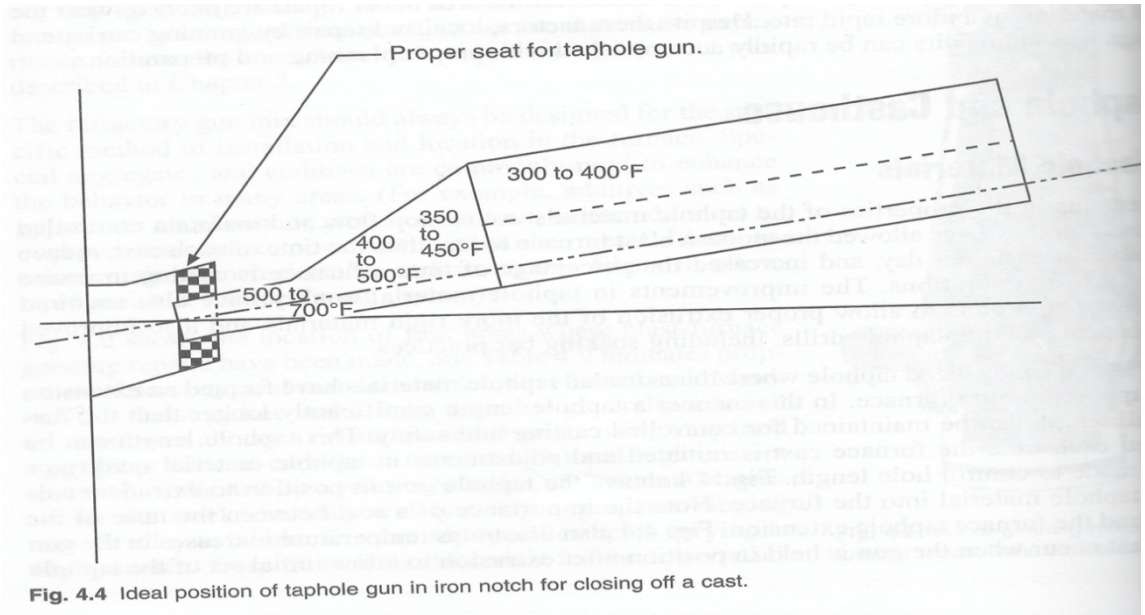
Sulkutykin nokan puhtaana pitäminen mahdollistaa tykkimassan sulavan injektioinnin reiän sulun yhteydessä laskureikään. Sulkutykin sulkeutuminen tiiviisti masuunin koteloa vasten on tärkeää varmistaa ennen jokaista sulkutapahtumaa. Tämä onnistuu pitämällä rautareiän naamataulu puhtaana.

Laskureiän sulkua on kuvattu Kuva 2. Sulun yhteydessä on tärkeää, että sulkua tapahtuu aina samalla tavalla, samassa asennossa ja massan injektioinnin yhteydessä tykkimassa ei pääse vuotamaan rautareiästä ohi. Tykin täytyy täten olla oikeassa kulmassa rautareikään nähden, jotta sulkua onnistuu oikein. (Wakelin 1999, 710.)



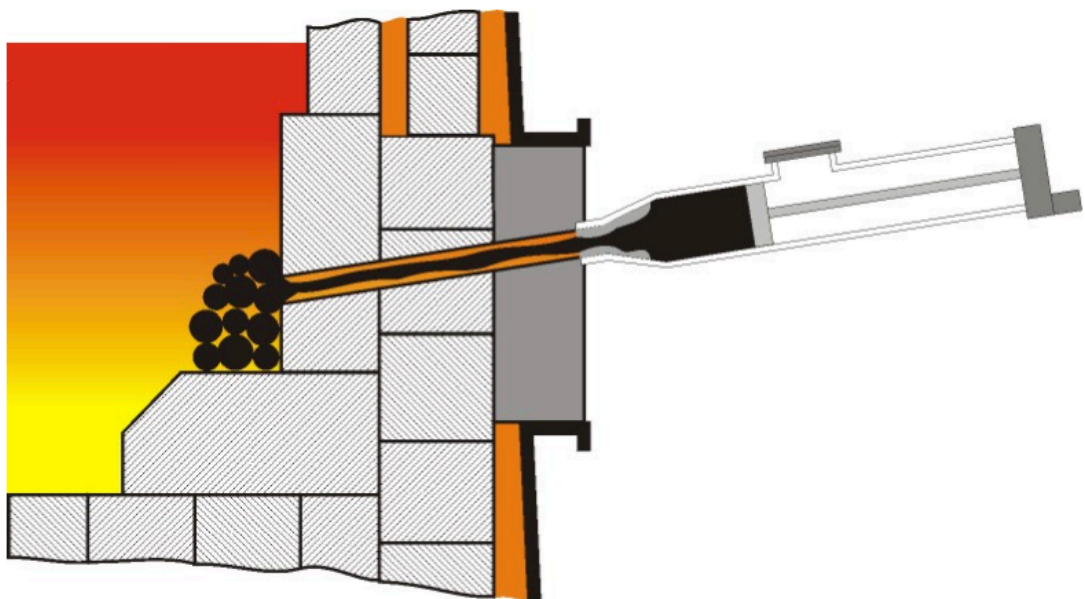
Kuva 2. Sulkutapahtuma Ma1:llä

Tykin oikeaa kulmaa on havainnollistettu Kuvio 10. Kuviossa käy ilmi Wakelinin tekemän tutkimuksen perusteella tykin lämpötiloja rautareiän injektioinnin aikana. Sulkutykin lämpötilat lähellä rautareikää voivat olla noin 260 °C- 370 °C, kartioalueella lämpöä noin 205 °C - 260 °C ja tykkimassasäiliössä 150 °C - 205 °C. (Wakelin 1999, 250.)



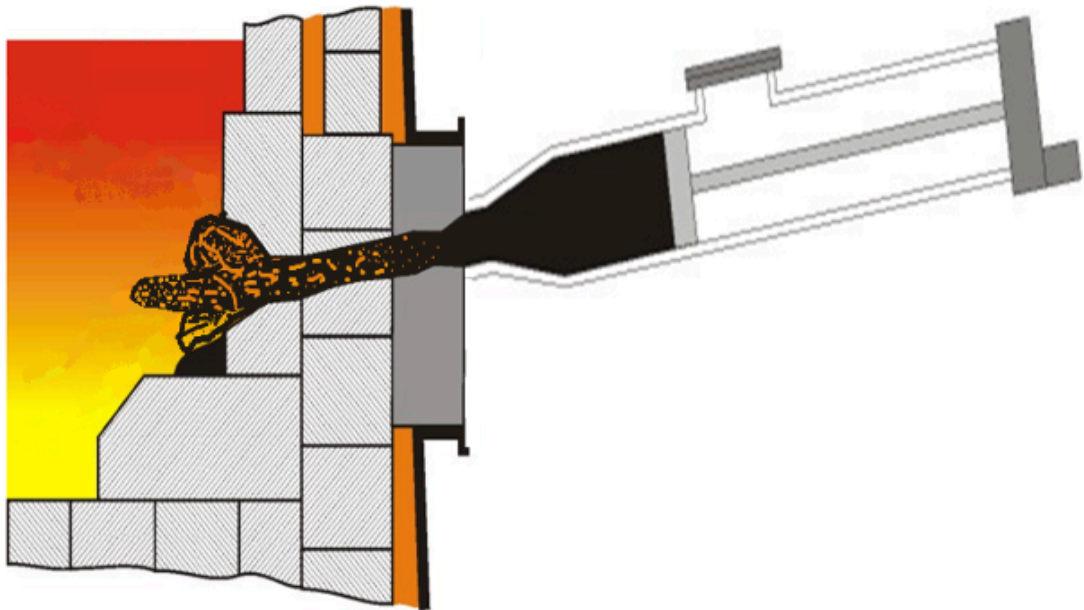
Kuvio 10. Masuunin sulkutykin kulma rautareikään nähden. (Wakelin 1999. 250.)

Onnistunutta sulkutapahtumaa on esitetty Kuvio 11. Mikäli sulussa tykkimassa pääsee vuotamaan, tämä johtaa rautareiän mitan lyhentymiseen ja huonoon massan tiivistymiseen, jolloin rautareiän itseaukeamisen riskit kasvavat. Massan tulee osua aina edellisellä aukaisulla tehdyn reiän keskelle. (Geerdes, Chaigneau & Kurunov 2015, 150; TRB 2016.)



Kuvio 11. Onnistunut rautareiän sulkutapahtuma. (TRB 2016.)

Sulkutykin oikeaoppisella käytöllä voidaan parantaa reiän toimivuutta. Näitä toimintoja ovat oikea männän nopeus ja paine, kun tykkimassaa puristetaan masuunin rautareikään. Liian nopea sulkku Kuvio 12, täyttää rautareiän vain osittain, joka aiheuttaa raudan ja sulan kuonan jäämisen reikään, jolloin seuraavasta rautareiän aukaisusta voi tulla normaalia haastavampi. (Geerdes, Chaigneau & Kurunov 2015, 150.)

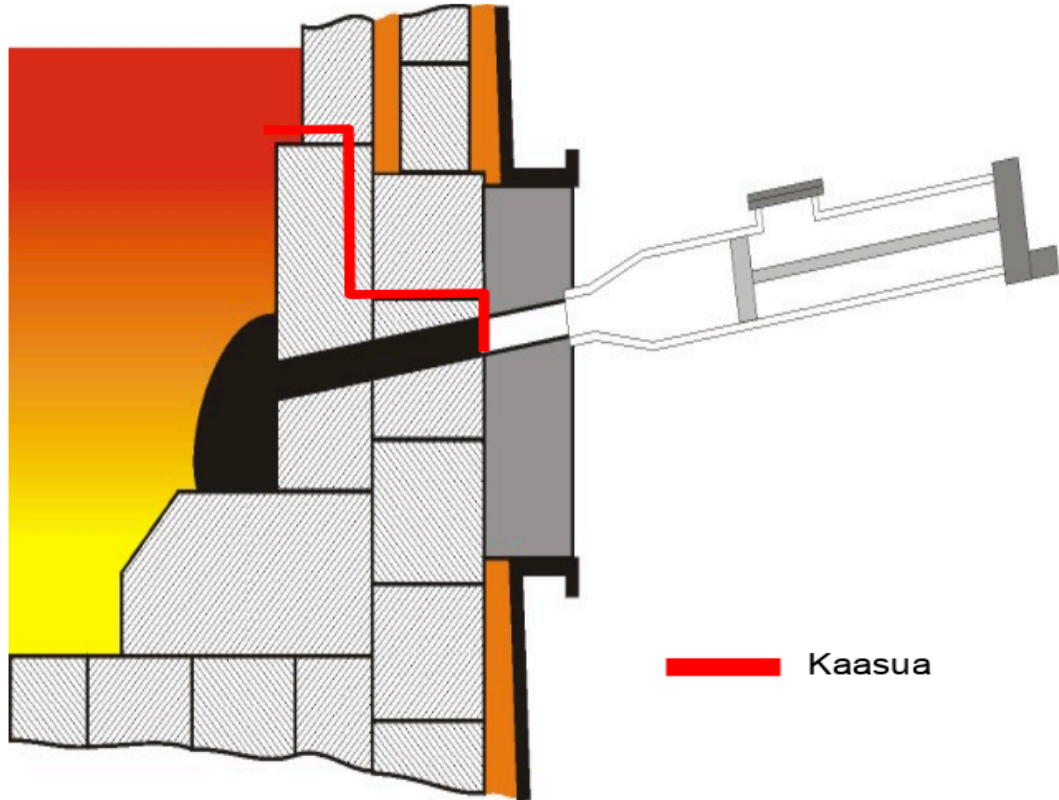


Kuvio 12. Liian nopea rautareiän sulkutapahtuma. (TRB 2016.)

Mikäli sintraantunut massa on rautareiällä liian kovaa porattavaksi ja se joudutaan porauksen yhteydessä niin sanotusti piikkaamaan auki. Piikkaaminen muodostaa rautareiän sisäpuolelle halkeamia, joihin laskun aikana valuu kuumaa rautaa ja sulaa kuonaa, jotka aiheuttavat seuraavan avauksen aikana ongelmia. (Prinssi 2002, 21.)

Kovan piikkaamisen aiheuttamat halkeamat lisäävät kaasuvuotojen riskiä rautareiässä, halkeamat voivat olla joko hiiliblokeissa asti, tai niiden väleissä. Kaasuvuodot rautareiässä aiheuttavat mahdollisesti tykkimassan irtoamista noin 1 m:n syvyydessä injektoitaessa sulkumassaa rautareikään ja voimakasta kaasuliek-

kiä rautareiän kotelon takana tai rautareiän itsestään aukeamisia. Kuvio 13, on esitetty kaasuvuotoa masuunin rautareiässä. (TRB 2016.)



Kuvio 13. Kaasuvuoto rautareiässä (TRB 2016.)

Tykkiohjaamossa 1. uunimies tietää alkaa sulkemaan reikää sulkutykillä, kun tietyt kriteerit, jotka kertovat pesän olevan tyhjä, täyttyvät. Kriteerejä ovat laskureiän voimakas ”puhallus”, kuten Kuva 3, jolloin kaasua tulee laskureiästä. Uunista on mittausten perusteella tullut riittävästi rautaa ja kuonaa, jolloin voidaan todeta uunin pesän olevan tyhjä. (Geerdes, Chaigneau & Kurunov 2015, 159.)



Kuva 3. Masuuni 2 rautareikä puhalttaa laskun loppumisen merkiksi.

5.3.1 Masuunin sulkumassa

Sulkumassalla on iso rooli onnistuneen sulkutapahtuman kannalta. Laskun aikana raakaraudan sekä kuonan virtausnopeudet kasvavat rautareiällä, mikä johtuu rautareiän kulumisesta, kuten oli esitetty Kuvio 6. (Prinssi 2002, 19.)

Sulkumassalla on tiettyjä kriteereitä hyvän raudanlaskun ja sulkutapahtuman varmistamiseksi. Kemiallisella muutoksella rautareiällä $\text{SiO}_2\text{-SiC-C}$ tapahtumasta $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiC-Si}_3\text{N}_4\text{-C}$ on yritetty saada sulkumassan kuonan syöpymiskestävyyttä, jonka avulla mahdollistettaisiin parempi masuunin tuotantokyky. Sulkumassalta vaaditaan korkeaa kykyä vastustaa ulosvirtaavaa puhallusta sekä korkeaa sulan eroosion kestoa. Tiheää rakennetta, hyvää plastisuutta, korkeaa viskositeettia ja hyviä tarttumisominaisuuksia, koska masuunin paine on korkea myös reiällä. Suurta lämpölaajenemiskykyä korkeassa lämpötilassa, jonka avulla saa-

vutetaan tiivis rautareiän sulkutapahtuma ja kontakti edellisen laskun tykkimassan kanssa masuunin sienessä. (Prinssi 2002, 34; Yuji & ym, 2010.)

5.3.2 Sulkumassan materiaali

Sulkumassa Ma1:lla Kuva 4 ja Ma2:lla Kuva 5, on materiaali, jota käytetään sulkemaan masuunin laskureikä. Tykkimassassa käytetyt aineet jaotellaan neljään eri pääasialliseen raaka-aineryhmään, raaka-aineryhmä esitetty Kuvio 14. Mineraalipohja määritellään aina masuuniin sopivaksi, masuunin kokoon, raudan- ja kuonanlämpöön, sulamateriaalien koostumukseen ja masuunin tuotantomäärään pohjautuen.



Kuva 4. Ma1 käytössä oleva sulkumassa TRB Ecotap 243M



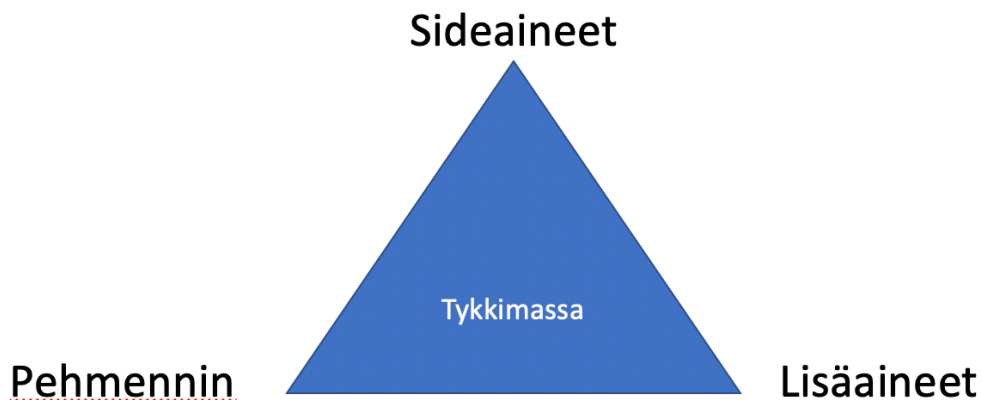
Kuva 5. Ma2:lla käytössä oleva sulkumassa Lungmuß HT 20/2 R V3

Mineraalipohjana käytetään hiekkaa, alumiinioksiidiin pohjautuvaa bauksiittia (Al_2O_3) tai ruskeaa alumiinioksidia. Bauksiitti ja ruskea alumiinioksidi tulenkestävien materiaalien kanssa toimii reiällä parantavana vaikutuksena ja sen tehtävä on parantaa massan murtumiskerrointia. Massan materiaali muuntuu vähemmän huokoisemmaksi ja massan tilavuuden pysyvyys paranee. Pehmentimien tarkoitus on antaa massalle pehmeyttä. Pehmentimet eivät sisällä lainkaan vettä. Veden käytön poistaminen pehmentimissä ovat auttaneet merkittävästi vähentämään sidosaineiden määrää säätelemällä massan partikkelikokojakaumaa.

Tykkimassaan lisätyt sideaineet saavat massan pysymään kasassa. Sideaineet muodostavat kuumalla rautareiällä hiiliketjuverkoston. Sideaineet valitaan aina masuunin ajotapaan pohjautuen, sekä ulkoisia olosuhteita ajatellen, joita ovat sulkutykin lämpötila, sulkutykin kiinnipitoaika reiällä, sekä rautareiän kiinnipitoajat.

Sideaineina käytettiin aikanaan tervaa, jonka ajoista ne ovat kehittyneet eri ter-
vajohdannaisiin bitumeihin, fenolihartsiin, sekä useisiin erilaisiin orgaanisiin si-
deaineisiin.

Lisäaineina käytettävä (SiC) piikarbidi, (Si₃N₄) piinitridi sekä erilaiset hiilipohjai-
set ja metallurgiset aineet antavat sulkumassalle kuonan ja kulutuksen kestä-
vyyden. Piikarbidin käyttö massassa parantaa massan syöpmisen vastustus-
kykyä ja se ehkäisee hiilipitoisten materiaalien hapettumista kuumalla rautarei-
ällä. Piikarbidin ja hiilimonoksidin reagoidessa keskenään niiden tilavuus kas-
vaa noin 3,7 kertaiseksi. Niiden reaktio tiivistää massaa ja auttaa hiilen hapet-
tumisen ja kuonan läpätunkeutumisen minimoimisessa. (Prinssi 2002, 33–34;
TRB 2016.)



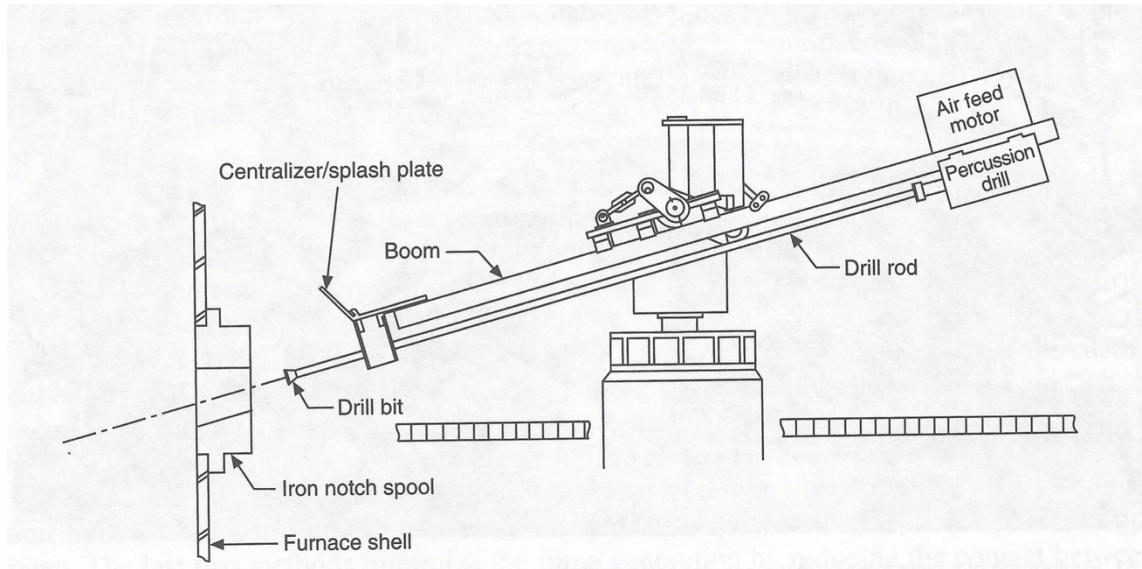
Kuvio 14. Tykkimassan mineraalipohjan raaka-aineryhmät

5.4 Sulkumassan käyttö

Sulkumassan käytössä toimintatapa on seuraava: 1. laskureikä alkaa puhaltaa
kaasua, jolloin sulkutykki ajetaan kotiasennosta 0° -> rautareiälle 110°, minkä
jälkeen rautareikään injektoidaan tykkimassaa 50–75 litraa, tilanteesta riippuen.
(Koskela 2020.)

5.5 Masuunin aukaisupora

Masuunin aukaisupora esitetty Kuvio 15, on toinen kriittisimmistä laitteista masuunin ulkopuolelta ajateltuna.



Kuvio 15. Masuunin aukaisupora (Wakelin 1999. 711.)

Mikäli aukaisupora ei ole täysin toimintakunnossa, laskureiän aukaisu on haastavaa, jolloin laskunväli voi kasvaa liian pitkäksi, mikä aiheuttaa lisää ongelmia masuunissa etenkin pesäntoiminnassa. Aukaisuporaan kiinnitetään noin 3,0 m teräskanki, sekä poranterä. Poranterän halkaisijan valinnalla voidaan vaikuttaa tuotantonopeuteen sekä laskun mittoihin. Avaustapahtumaa on esitetty Kuva 6.

Tärkeää on varmistaa jokaisella rautareiän avauksella, että pora on kohdistettu aina keskelle aiempaa massareikää. Mikäli poraus tehdään vinoon, reikä ei aukea riittävän hyvin. Vinoon tehty poraus voi johtaa siihen, että seuraavalla sulkukerralla rautareikään menee vähemmän sulkumassaa, tai massaa ei mene reikään ollenkaan, mikä voi mahdollisesti aiheuttaa sulkutykin palamisen. (Geerdes, Chaigneau & Kurunov 2015, 150–151.)



Kuva 6. Rautareiän poraus masuunin aukaisuporalla Ma2:lla

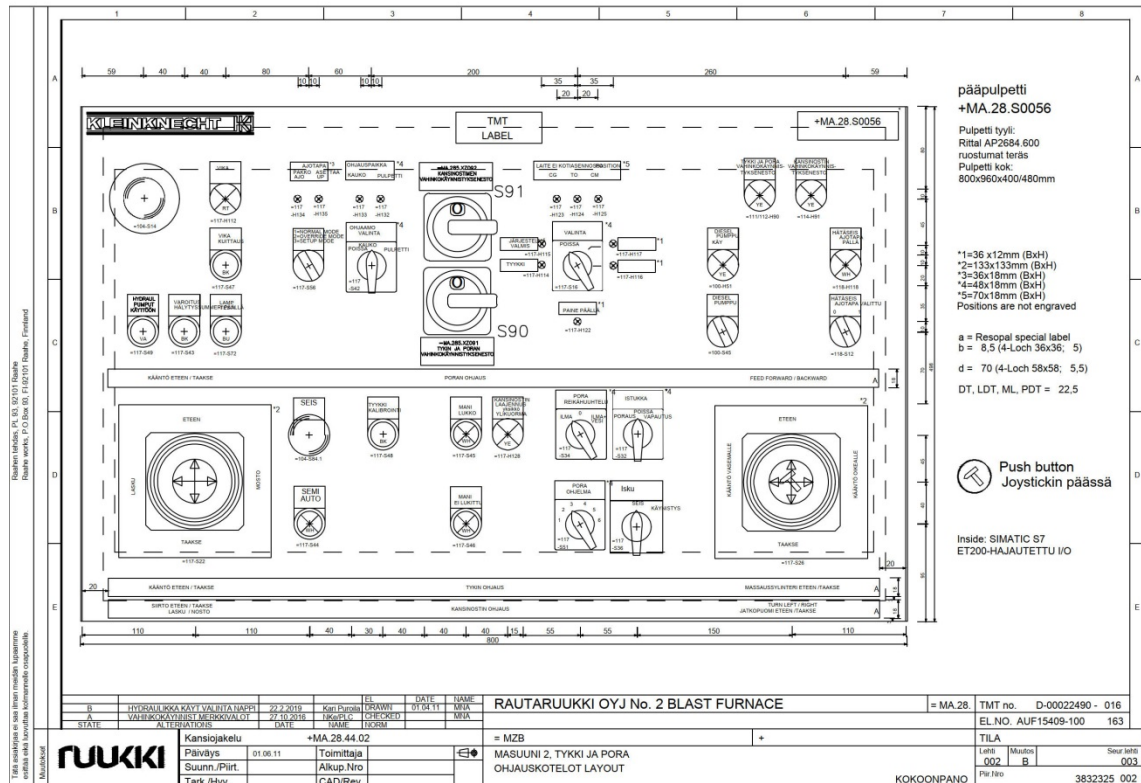
5.5.1 Masuunin aukaisuporassa käytetyt avausterät

Rautareiän aukaisussa käytettävä terä valitaan sen hetkiseen tuotantoon ja masuunin käyntiin sopivalla tavalla ennen jokaista avauskertaa. Raahen masuunilla terävaihtoehtoja on 38 – 60 mm asti muutaman millimetrin kasvuvarella.

Parhain tilanne olisi, että raudanlaskujen optimimitat olisivat 90 minuutin mittaisia käytettäessä terää 47 mm. Tällöin valinnanvaraa olisi kumpaankin suuntaan tarpeeksi, mikäli rautareiällä tai masuunin käynnissä on ongelmia.

5.6 Aukaisuporan ja sulkutykin hydraulikka

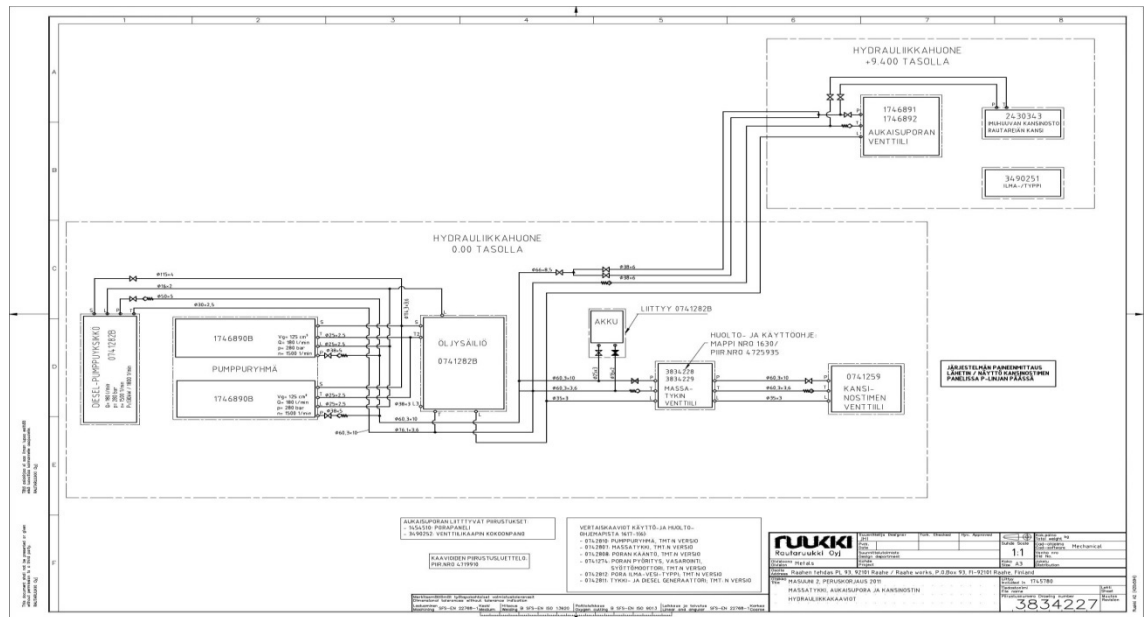
Laitteet valitaan käytettäväksi esivalintakytkimellä ohjauspulpetista tykkiohjaamosta käsin. Ohjauspulpetin esivalintakytkimet on esitetty Kuvio 16.



Kuvio 16. Ohjauspaneelin esivalintakytkimet tykkiohjaamosta laitteistolle.

Tykillä ja poralla on vain kaksi paikallista hydraulikkasyylinteriä. Muut hydrauliset ja sähköiset laitteet sekä varapumpuna käytettävä dieselpumppu on sijoitettu kauemmaksi raudanlaskutapahtumasta paloturvallisuuden sekä laitteiden turvaamisen vuoksi.

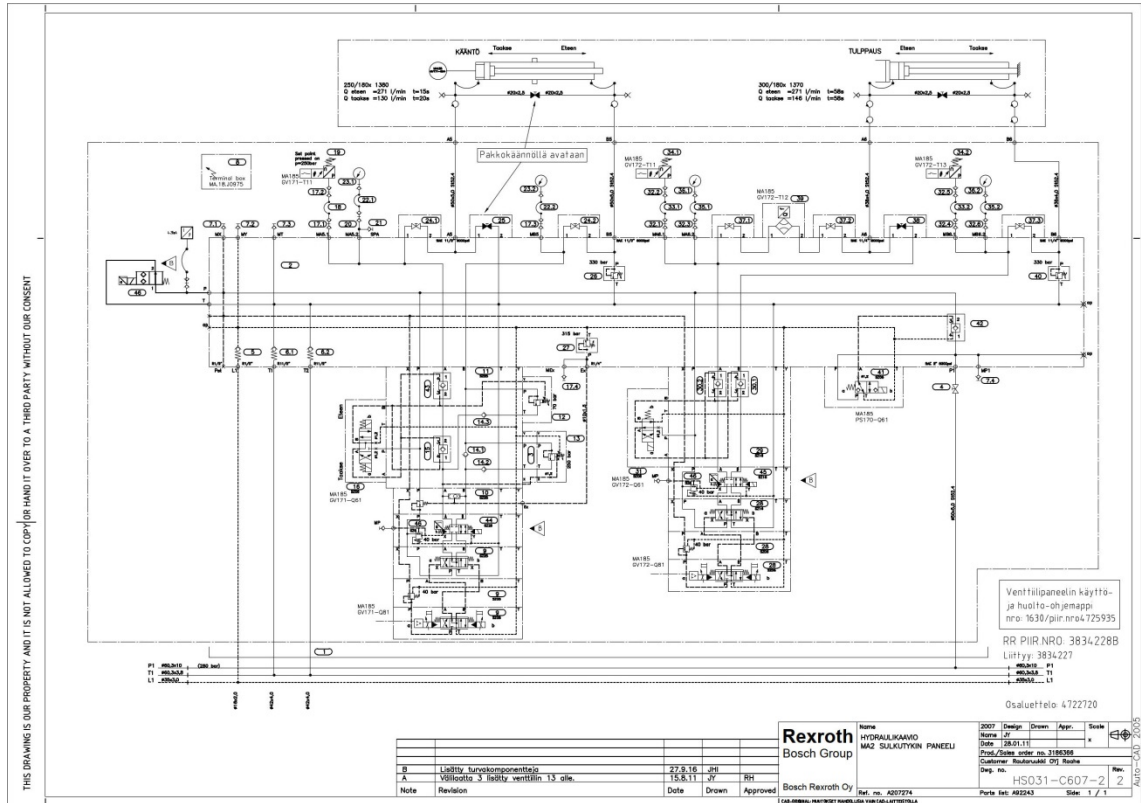
Etuna sijoituksen valinnalla on, että kunnossapitohenkilöstöllä on helppoa ja nopeaa käydä korjaamassa ilmenneitä hydraulikkavikoja. Raudanlaskun kannalta laitteita on sijoitettu mahdollisimman vähän valuhalliin. Sulkutykki ja pora on rakennettu tehtaalla hyvin yksinkertaisesti. Sulkutykin massaussylinterin sekä hydraulikkasyylinterin alle on sijoitettu lämpösuojus. (Riihijärvi 2020.)



Kuvio 17. Tykin, poran sekä kansinostimen hydraulikkakaavio masuunin alakerrassa.

Laitteille tuleva hydraulikkaöljy pumpataan masuunin alakerrasta sijoitettua hydraulikkatilasta hydraulikkapumpulla ylös. Hydraulikkakaavio on esitetty Kuvio 17. Hydraulikkaöljyn avulla sulkutykkiä ja poraa ajetaan 0°:n asennosta kohti rautareikää. (Riihijärvi 2020.)

Hydrauliikkaöljy, joka pumpataan massantäyttösylinteriin, työntää tykkimassasyylinterin mäntää. Mäntä puristaa tykkimassasäiliön sisälle täytettyä sulkumassaa ulos tykin nokasta rautareikään sulkutapahtumassa. Sulkutykin hydrauliikka on esitetty Kuvio 18. (Koskela 2020.)



Kuvio 18. Masuunin sulkutykin hydrauliikka.

6 MASUUNIN AUKAISUPORAN JA SULKUTYKIN TUTKIMUSTYÖ

6.1 Häiriöt aukaisuporassa ja sulkutykissä

Sulkutykissä ja aukaisuporassa on aika ajoin ilmennyt ongelmia. Häiriökirjauksia sulkutykissä ja aukaisuporassa on tehty vuoden 2016 jälkeen Ma1:llä 9 kappaletta ja Ma2:lla 21 kpl.

Ongelmat, jotka eivät johda masuunin pysäytykseen, ovat rautareiän sulun jälkeen tapahtuvia itseaukeamisia ja sulkumassan injektoinnin aikana tapahtuvaa vuotamista. Aukaisuporassa tapahtuvia ongelmia ovat olleet rautareiän avauksessa tapahtuvaa runsasta piikkausta tai aukaisun epäonnistumisia. Nämä ongelmat ovat ilmenneet hitaalla raudanlaskunopeudella ja rautareiän ”pärskimisellä”. Näitä toimia on helpotettu esipuristetun hapen käytöllä rautareiän aukaisussa.

Masuunin pysäytykseen johtavia häiriöitä ovat poran hajoaminen, esimerkiksi vikaa kelkan liikkeissä ja energiaketjun hajoamisia. Tykissä olevia vikoja on ollut pääasiassa tykin nokan tai kartion palaminen sulkutilanteessa ja täyttösylinterin männästä sulkumassan vuotaminen läpi. Muita ongelmia näiden ohella ovat sulun yhteydessä kotelon hajoaminen totaalisesti tai laitteiston isot hydrauliiikka- vuodot. Kaikkia häiriöitä ei ole kuitenkaan kirjattu järjestelmään. (Paananen 2020).

Häiriöitä masuunin aukaisuporassa ja sulkutykissä kirjattiin käyttöhenkilöiden toimesta tutkimustyön aikana Liite 1 ma1:llä aikavälillä 25.9.2020–13.10.2020 yhteensä 11kpl. Häiriöitä kirjattiin Liite 2 ma2:lla aikavälillä 25.9.2020-19.10.20 yhteensä 4 kpl.

Sulkumassan lämpötilan mittauksessa käytettiin Vaisala Oy:n Humidity & Temperature Indicator HMI31- mittaria.

Sulkutykin lämpötilan mittauksessa käytettiin Trifitek IR Thermometer Trifitek TR-47 mittaria.

6.2 Iba Analyzer PDA - järjestelmä

Iba Analyzer PDA on Iba:n tuottama PDA-järjestelmä (Process Data Acquisition System) prosessidatan hankintaan ja analysointiin tarkoitettu ohjelma. Järjestelmä on kehitetty laitteisto- ja ohjelmistokomponenttien mittaustulosten hankkimiseen, tallentamiseen, analysointiin sekä niiden käsittelyyn. Järjestelmän modulaarisen rakenteen ja yksinkertaisen kokoonpanon ansiosta PDA-järjestelmää voidaan mukauttaa erilaisten laitteiden tehtävien tallennukseen. PDA:n dataa kyetään skaalaamaan milloin tahansa.

Mittaustulosten tavanomaista hankintaa varten skaalauksen aikaväli voidaan asettaa välille 1 ms – 1000 ms. Tätä suuremmille nopeuksille voidaan signaali-muutosten avulla toteuttaa lyhyempiä analysointiaikoja, jopa 10 µs asti käyttäen erikoismoduuleita. (Iba 2020).

6.3 Masuuni 1

Aluksi tutkittiin lähtötilannetta, kuinka masuuni 1 aukaisupora ja sulkutykki toimivat ennen tutkimustyön alkua ja näitä tietoja verrattiin tutkimuksen aikana saatuihin tietoihin. Tutkimusta jatkettiin käsittelemällä poran istukan hajoamista avauksen aikana sekä rautareiän sulk- ja avaustilanteen epäonnistumisia. Tarkasteltiin rautareiän mitan tarkempaa mittaamista Iba Analyzerin avulla.

Onnistunut poraus 10.10.2020 Ma1:lla on esitetty Kuvio 20. Iba Analyzerin tallentaman datan pohjalta poran käännön asento on esitetty sinisellä viivalla. Poran tuottama iskunpaine rautareikään on havainnollistettu bareina punaisella viivalla ja poran istukan tuottama momentti newton-metreinä vihreällä viivalla. Rautareiän pituutta havainnollistetaan keltaisella viivalla ja porausnopeutta kierrosta minuutissa violetilla värillä.

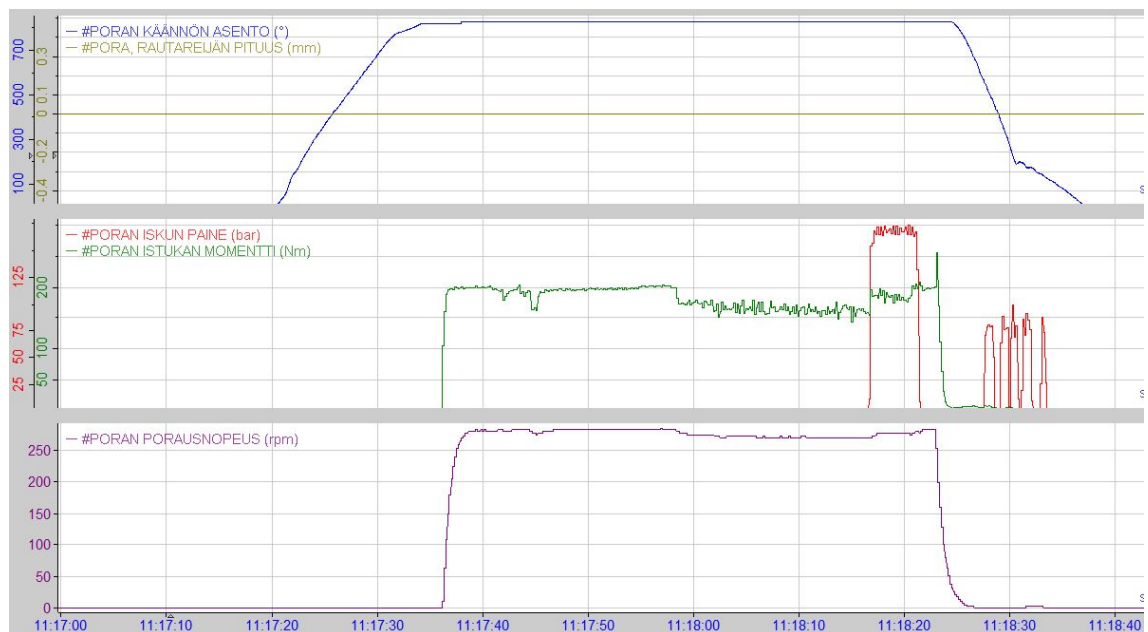
Sinisestä viivasta näkee että, pora tekee pienen notkahduksen, mikä johtuu siitä, ettei pora ole heti täysin omalla paikallaan vaan siirtyy tavoiteltuun poraus-asentoon vasta kuin poralla lähdetään työntämään avauskankea massareikään.

Porausnopeus nousee avauskangen painuessa massareikään alussa 280 rpm:ään, pysyen siinä, kunnes massa rautareiässä muuttuu kovaksi. Samalla

huomataan kuitenkin, että poran tuottama momentti istukalle muuttuu aaltoilevaksi ja seilaa 144 newton-metrinä 200 newton-metriin.

Tämä muutos johtuu todennäköisesti 1.uunimiehen kääntäessä poran kelkkaa pois reiältä puhdistukseen poran paineilmalla reikää. Tämän jälkeen punaisesta graafista nähdään, että massareian muuttuessa kovaksi joudutaan käyttämään iskuja, joka tuottaa reikään kohdistuvaa painetta aaltoilevasti 165 – 172 bar. Porausnopeus nousee 270 kierroksesta minuutissa 284 kierrokseen minuuttiin. Istukka ottaa momenttia rautareiästä löytyvästä ”perästä” hieman piikkiä nousten yli 255 bariin.

Data ei tallenna lainkaan rautareiän mittaa, mitä ei datan pohjalta voida päätellä, miksi näin tapahtuu. Todennäköinen syy voi olla Siemens - järjestelmän virheestä. Pora ei anna signaalidataa, kun reikä aukeaa tai poralla on alettu iskemään ennen varsinaista kovaa kohtaa reiässä.

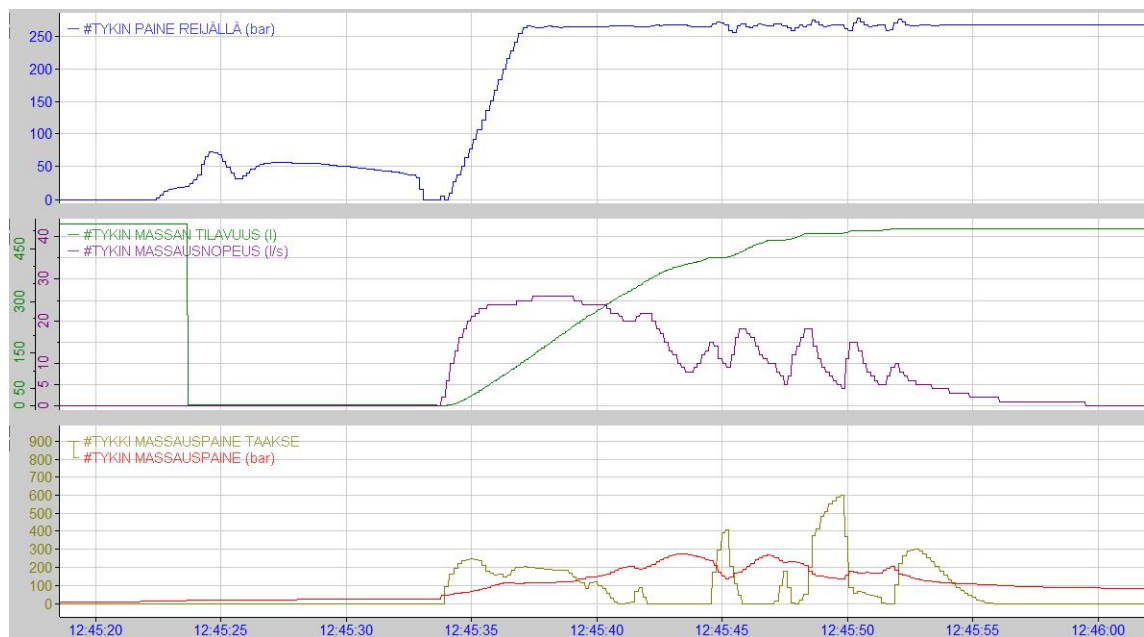


Kuvio 20. Onnistunut poraus 10.10.2020 klo 11.17 Ma1:lla

Onnistunut sulkuma 10.10.2020 klo 12.47 on esitetty Kuvio 21. Sininen viiva esittää tykin painetta koteloa vasten bareina, punainen massaustausta injektioitaessa sulkumassaa rautareikään. Vihreä viiva näyttää massan tilavuutta, keltainen sylinterin tuottamaa massaustausta reikään, sekä violetti viiva sulun massaustausta.

Tykki painettaessa koteloa vasten nostaa paineen 255 barin, jossa se tekee hieman seilailevaa liikettä ylös ja alas kunnes tasoittuu. Aaltoilevuus näkyy massauspaineen nousun aikana, kun injektoidaan tykkimassaa rautareikään. Massauspaine nousee 273 bar, mitkä ovat jo korkeat lukemat. Sulkumassan injektoinnin saavuttaessa tavoitteellisen 55 litraa massauspaine laskee tasaisesti 0 bar. Massan injektoinnin aikana huomattavaa on, että massauspaine heittelee, samalla myös massan injektoinnin massa nopeudessa on huomattavaa heittelyä. Samassa ajassa kentältä saatujen tietojen perusteella massatykin mäntä on vuotanut massaa läpi ja tämä voi aiheuttaa paineiden heittelyt. Kokonaisuutenaan reiän sulkun käyttö aika on ollut noin 4 minuuttia.

Ohje annettiin, että tykki pitää vaihtaa uuteen ja vanha viedä korjaukseen 14.10.2020. Uudella tykillä nähdään, muuttuuko massauspaine tasaisemmaksi.



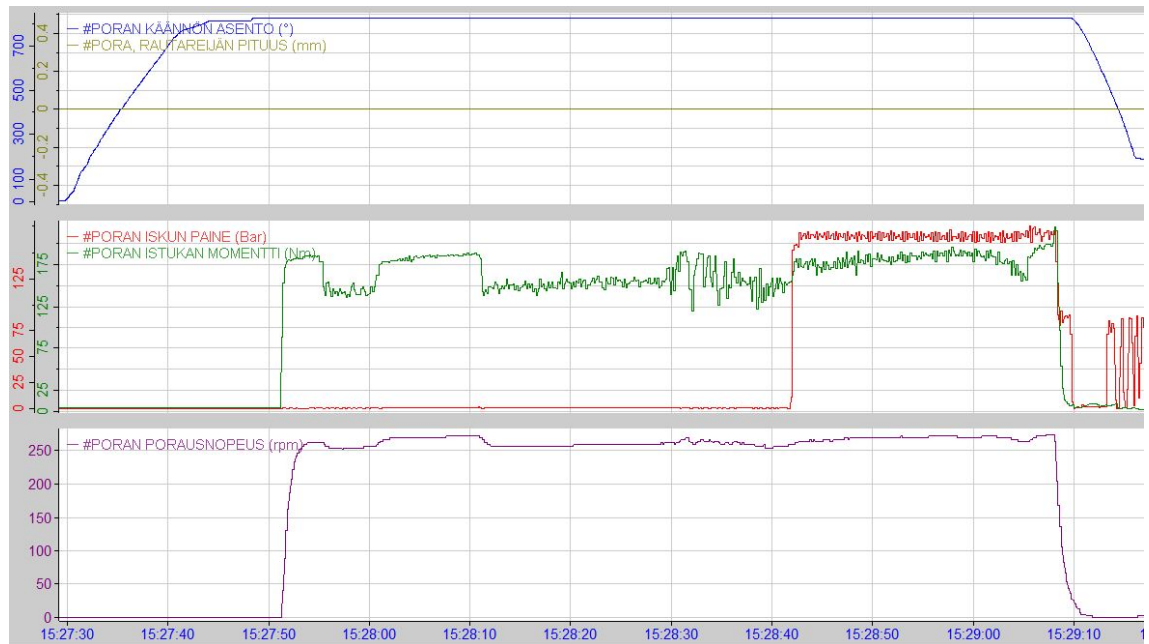
Kuvio 21. Onnistunut sulkuma1:llä 10.10.20. klo 12.45

Uusi tykki asennettiin paikalleen Ma1:lle 20.10.20. Datasta tutkittiin, näkyykö sulkutykin vaihto parametreissa ja vaikuttaako se oleellisesti rautareikänsä poraukseen ja sulkutilanteisiin.



Kuvio 22. Sulku uudella tykillä 21.10.20 klo 16.46

Verrattiin Kuvio 22 sulun tapahtumia uudella tykillä, Kuvio 21 tapahtuneeseen sulkuun vanhalla tykillä. Huomattavissa on massaussnopeudessa selkeä muutos. Vanhalla tykillä, jossa täyttösylinterin mäntä päästi sulkumassaa läpi, massaussnopeus on 2.5 litraa sekunnissa. Uudella tykillä suljettaessa sulkunopeus on 1.75 litraa sekunnissa. Massauksen aikana tapahtuvat liikkeet ovat huomattavasti terävämmät, kuitenkin massausspaineissa ei ole nähtävää suurta muutosta. Paineet pysyvät tasaisempina sulun aikana noin 260 bar.



Kuvio 23. Rautareiän avaus uudella tykillä sulkemisen jälkeen

Kuvio 23, reikää alettiin porata ja Iba:n datan pohjalta istukalle tuleva momentti on ollut 175 Nm, kun vanhalla tykillä sulkemisen jälkeen momentti on ollut 200 Nm. Poran tuottamaa iskunpainetta on kuitenkin jouduttu käyttämään enemmän tällä aukaisulla, mikä kertoo reiän olleen kova. Porausnopeus pysyy suhteellisen stabiilina verrattaessa Kuvio 20 ja Kuvio 23 arvoja keskenään.

Suoraan ei voida todeta, että onko tykin vaihdolla ollut suoraa merkitystä avaus-tilanteeseen. Kuitenkin iskunpaine on pysynyt suhteellisesti samana näiden reiän aukaisujen aikana, joka on ollut 170 bar. Valmet DNA, eikä Iba saa rautareiän mittaukseen tarvittavaa tietoa, jolloin mitaksi on jäänyt 0 mm.

6.3.1 Case: Poran istukan hajoaminen avauksessa

Laskulla 39525 klo 06.31 avauksen aikana oli poran istukka hajonnut. Tutkittiin aukaisuporan istukan hajoamista avauksen aikana.



Kuvio 24. Aukaisuporan istukka haljennut avauksessa 29.09.20 klo 06.31

Hajonnut istukka oli haljennut osittain läpi ja 1.uunimies huomasi istukan rikkoutumisen kangen vaihdon yhteydessä vain sattumalta. Iba:n tallentaman datan pohjalta istukan momentti ottaa selkeän piikin rautareiän avauksen lopussa. Istukkaan kohdistuva momentti pysyy porauksen aikana tasaisesti 200 Nm, kuitenkin tehden pienen laskun porauksen puolivälissä, jonka aikana momentti putoaa 150 newton-metriin.

Kuitenkin iskettäessä reikää, iskun paine nousee 152 bariin, jonka jälkeen tapahtuu momentin tuottama paineenisku, jonka aikana iskun momentti on jo 319 Nm. Tämän jälkeen reikä on saatu avattua ja pora ajetaan reiältä pois.

Poran pyöritysnopeuden virtauksessa litraa minuutissa ei tapahdu muutoksia avauksen aikana. Virtausnopeus pysyy koko avauksen ajan 113 litraa minuutti.

Iba:n dataa verrattiin aikaisempiin rautareiän avauksiin samalta yöltä, istukkaan kohdistuva momentti ei kasva samalla kaavalla edellä mainitun hajoamisen ta-
paan.

Paineiden ja momentin yhteydessä on havaittavissa piikkejä, mutta ei vastaa-
vanlaisia löydöksiä. Iskun tuottama momentti on jäänyt jokaisen avauksen yh-
teydessä alle 280 newton-metriä.

Saatujen tietojen perusteella Iba:sta pystytään tämän tiedon valossa näkemään,
kuinka istukka on pettänyt kyseisellä avauksella. Tämän tiedon pystyy peruste-
lemaan istukkaan kohdistuvan momentin äkkinäisenä nousuna, jonka aikana
istukka on mahdollisesti haljennut. Alla Kuva 7, haljenneesta istukasta vaihdon
jälkeen.



Kuva 7. Haljennut poran istukka

6.3.2 Case: Rautareikä ei sulkeutunut kunnolla

Laskulla 39551 Kuvio 25, 29.9.20 klo 21.31. Ongelmia oli ollut rautareiän sulkeamisen kanssa. Massa ei ollut injektoitunut kunnolla rautareikään ja sulkutilanteet olivat olleet haastavat. Vastaavasti sulun jälkeinen rautareiän avaus oli ollut haastava. Reikä oli ollut kova porata, joka oli ilmennyt puolet reiän mitan mittaisella iskun käytöllä.



Kuvio 25. Vaikea sulku 29.9.20 klo 21.31

Tykin paine reiällä noudattaa samaa kaavaa kuin onnistuneella sululla. Hydraulikan paine heilahtaa hieman ennen osumaa koteloa vasten, pysyen kuitenkin 252 bar. Suurimman muutoksen tekee massan tilavuuden hidas nousu kohti 50 litran asetusannosta, jonka aikana massauksen nopeus oli hyvin hidas, alle litran sekunti, kun asetettu syöttöannos on 5,0 litraa sekunnissa. Välillä pieniä nousuja on max arvolla 4,6 litraa sekunnissa.

Massauspaineessa näkee suurimman muutoksen normaaliin tilanteeseen massauspaineen ollessa miltei koko sulkemisen ajan 280 bar, joka kertoo hydraulikan tekevän koko ajan täydellä teholla töitä, injektoimisen onnistumiseksi.

6.3.3 Case: Rautareikä ei avautunut kunnolla

Seuraavalla rautareiän avauksella laskulla 39552 Kuvio 26, 29.9.2020 klo 22.04. Rautareikää alettiin avata ja Iba:n saatujen tietojen pohjalta voi aluksi todeta, että reikä olisi toiminut täysin normaalisti mutta reikää oli jouduttu po-raamaan kahteen kertaan auki.



Kuvio 26. Vaikea avaus 27.09.20 klo 22.04

Huomattavaa on ensimmäisessä yrityksessä, ettei iskua ole jouduttu käyttämään ollenkaan, joten edellisen sulun vaikeudet eivät olisi suoraan verrannolliset. Istukka tuottaa momenttia iskun aikana 216 Nm, iskun paine taas on nollassa, kun iskua ei ole käytetty. Reiän avauksessa kuitenkin on ollut normaalia, että iskua käytetään melkein jokaisen avauksen yhteydessä. Mutta ei se ole täysin poissuljettua, ettei reikää saataisi avattua ilman iskua.

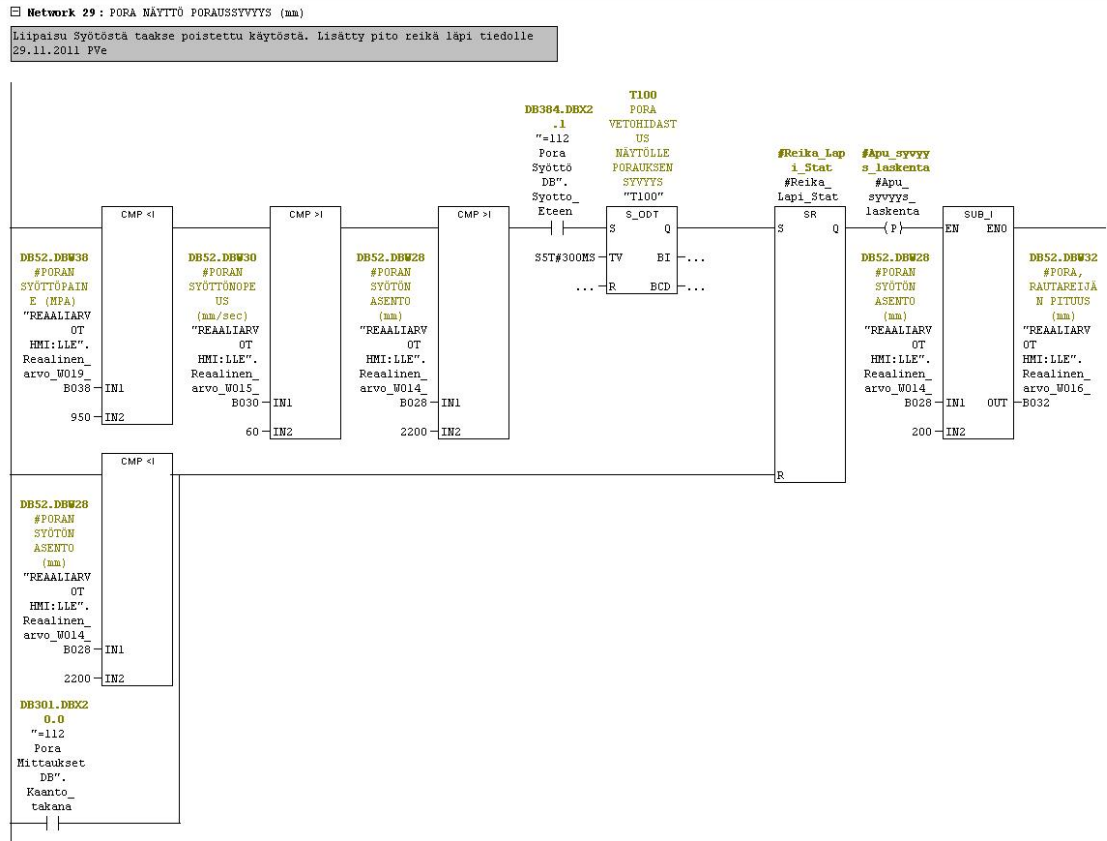
Casen tapauksessa joko reikä on auennut ja mennyt välittömästi tukkoon uudelleen tai reikä ei ole lainkaan auennut. Viivettä seuraavan reiän avauksen yritykseen kuluu noin reilun viisi minuuttia, kunnes uusintayrityksessä iskua käytetään huomattavasti enemmän, suoraan alusta miltei loppuun saakka. Rautareiän mitaksi Iba tallentaa mitan 2681 mm.

Lopputuloksena reikä kyllä oli saatu avattua raskaan iskun käyttämisen jälkeen. Iba:n signaalin pohjalta ei kuitenkaan voida täysin ilmaista sitä, että reikä olisi ollut jotenkin erilainen verrattuna muihin rautareiän avauksiin nähden.

Edellisen rautareiän sulkemisen vaikeudet eivät ole suoraan verrannolliset, koska muuttujia on kuitenkin paljon. Näitä muuttujia ovat uunin tuottama vastapaine, massan lämpötila, massan laatu, tykin lämpötila jne. Epäilyksenä on kuitenkin, ettei tykkiä ollut jäähdytetty tarpeeksi hyvin tai piikattu sintraantuneesta massasta, mikä on vaikeuttanut sulkutilannetta selkeästi, joka on myös vaikuttanut seuraavaan avaukseen oleellisesti. Kuitenkaan tätä ei pystytä suoraan Iba:n signaaleista toteamaan.

6.3.4 Case: Rautareiän mitan tarkastelu Iba:n avulla

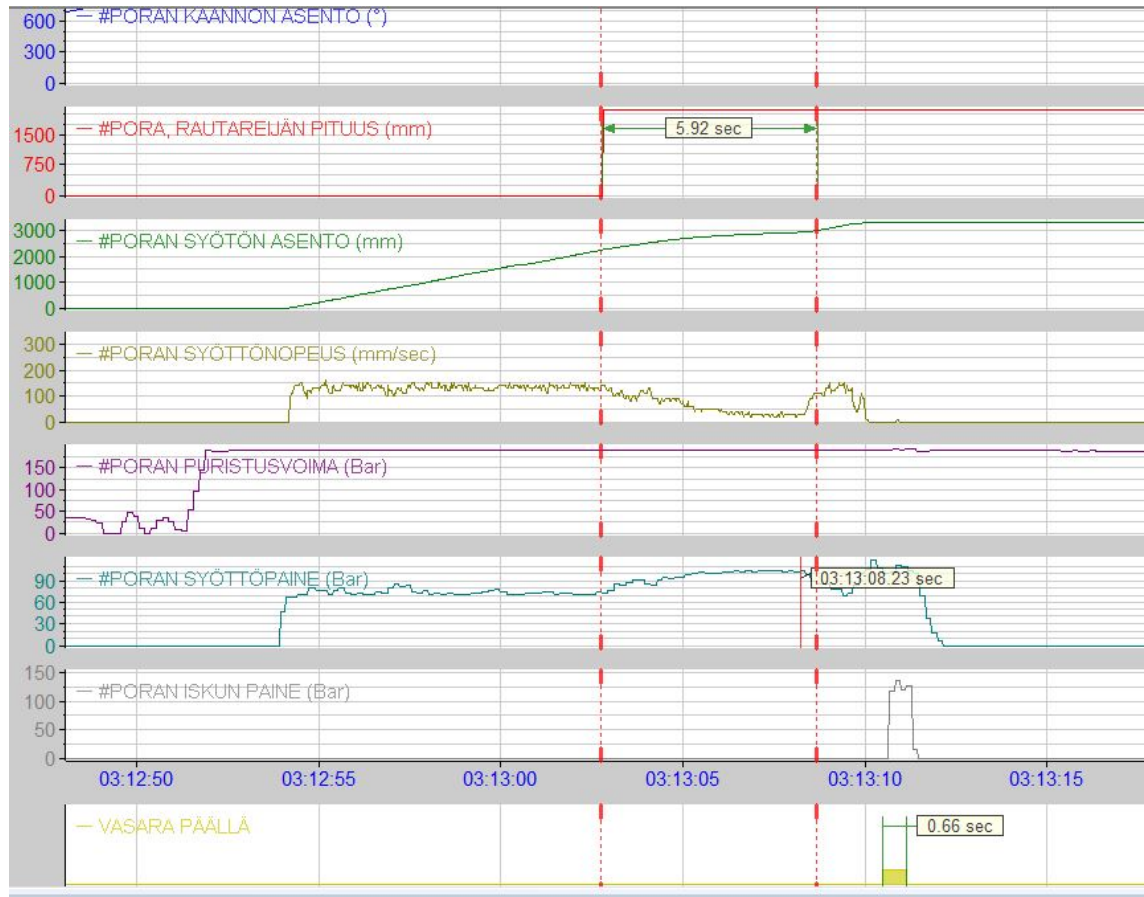
Valmet DNA antaa tällä hetkellä väärää tietoa rautareiän mitasta avauksen yhteydessä. Iba:n ja näköhavaintojen perusteella tutkittiin, onko mitan tarkastelua mahdollista toteuttaa käyttäen Iba:sta saatavaa dataa syöttönopeuden tai poran kelkan asentosityötön pohjalta, tai voidaanko logiikalle muuttaa arvoja, jotka kertovat reiän olevan auki.



Kuvio 27. Rautareiän mitan logiikka

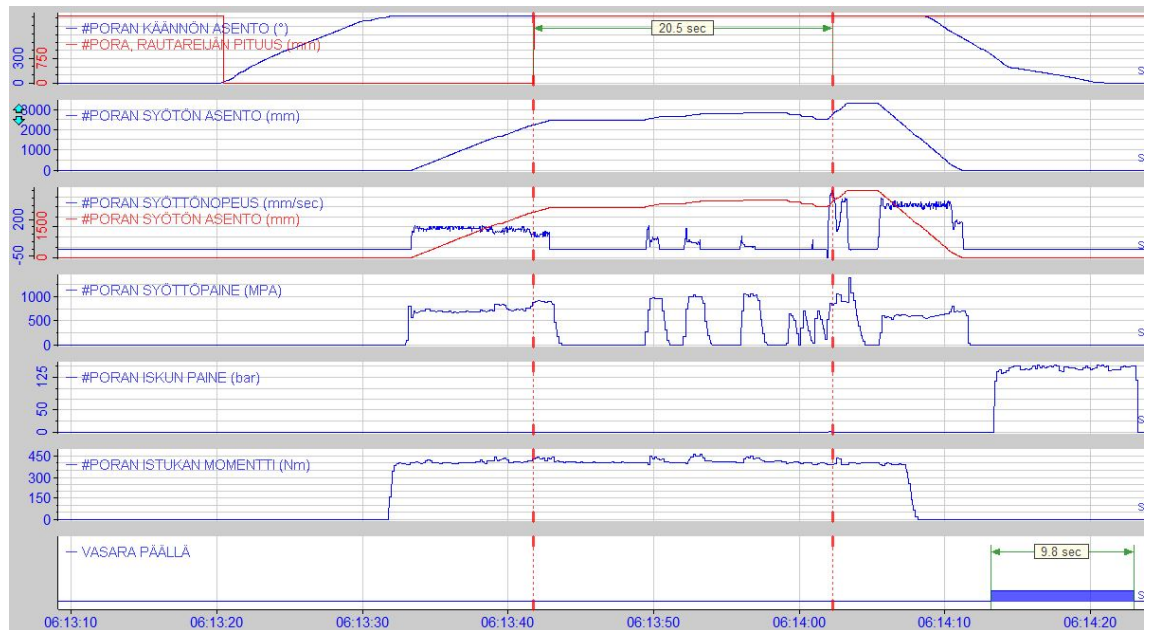
Poraussyvyyden ja reiän avauksen mitassa logiikka Kuvio 27, seuraa kelkan asentotietoa ja se tarkastelee kohtaa, jossa paine tipahtaa ja nopeus nousee hetkellisesti. Suurimmat ongelmat tässä tarkastelussa, on kuitenkin ollut reiän kovuus ajoittain tai pehmeys. Nykyinen ohjelma ei täysin selviä tällaisista vaihteluista.

Iba:sta olisi saatavilla tietoa mikä kertoisi todellisuudessa oikean mitan lähemmäksi totuutta mitä tällä hetkellä. Alla olevaan Kuvio 28 on otettu esimerkkinä 21.10.20–22.10.20 väliseltä yöltä reiän avaus.



Kuvio 28. Rautareiän mitan tarkempi mittaus Iba:n avulla

Tutkimuksessa käy ilmi, että rautareiän mitta ilmoitetaan Valmetin DNA-järjestelmään 5.92 sekuntia liian aikaisin ja poraus on silti ollut vielä menossa. Punaisten markkereiden välissä ilmenee nopeuden ja painekäyrien muutos. Alussa on jakso, jossa pora etenee hitaammin massausta vasten, jonka jälkeen vastus reiällä katoaa ja terä painuu nopeammin sisään kelkan syöttönopeuden muuttuessa pienemmäksi. Rautareiän mitaksi ilmoitettiin prosessitieto järjestelmään 2007 mm, mikä ei vastaa todellisuutta laisinkaan. Todellinen mitta on lähempänä ± 2600 mm.



Kuvio 29. Rautareiän mitan tarkastelua 23.10.20 klo 06.13

Toisessa mitan tutkimuksessa Kuvio 29, järjestelmä antaa rautareiän mitan 20.5 sekuntia liian aikaisin ja ilmoitettu rautareiän mitta järjestelmään oli 2058 mm. 1. uunimies on käyttänyt poraa edestakaisin puhdistukseen reikää porauksen aikana reikään jääneistä massan kappaleista, tämä näkyy syöttöpaineen ja syöttönopeuden muutoksina. Kuitenkin varsinainen reiän aukaisu on tapahtunut poran syötön asennon, syöttönopeuden putoamisen ja syöttöpaineen nousun aikana, jotka näkyvät kuviossa punaisten markkereiden välissä. Todellinen mitta oli silmämääräisesti lähempänä ± 2700 mm.

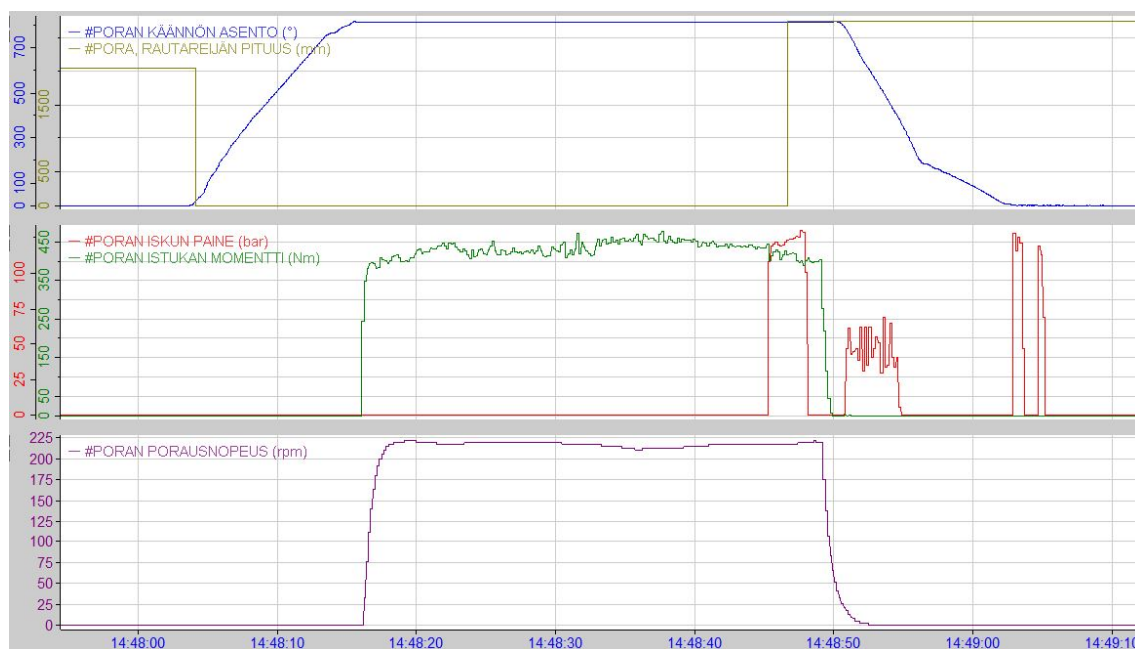
Tätä tarkastelua voitaisiin käyttää kummallakin masuunilla rautareiän mitan tarkempaan mittaukseen. Iba:n saatavilla olevasta datasta on mahdollista nähdä reiän tarkempi mitta, kuitenkin automatiikalle muutoksen tekeminen voi olla haasteellista.

6.4 Masuuni 2

Tutkittiin aluksi lähtötilannetta, kuinka masuuni 2 aukaisupora ja sulkutykki toimivat ennen tutkimustyön alkua ja näitä tietoja verrattiin tutkimuksen aikana saatuihin tietoihin. Tutkimustyön aikana käsiteltiin sulkutykin hydraulikassa olutta hydraulikkavuotoa ja sulkutykin toimintaa hyvin jäähdytettynä ja huonosti jäähdytettynä. Tarkasteltiin sulkutykin juuttumista rautareikään Iba:n avulla ja analysoitiin injektoidun sulkumassan syöttönopeuden vaikutusta rautareiän toimintaan.

Onnistuneessa porauksessa 12.10.20 klo 16.43 Iba Analyzerin näyttämässä datassa sininen väri näyttää poran asentoa. Keltainen väri ilmaisee rautareiän mittaa millimetreinä ja vihreä väri poran istukan momenttia porattaessa reikää newton-metreinä. Punainen väri esittää poran iskun painetta bareina sekä violetti väri poran kelkan nopeutta kierrosta minuutissa. Reiän avauksessa Kuvio 30, porausnopeus nousee alussa 222 kierrokseen minuutissa, jolloin istukkaan kohdistuva momentti on korkeimmillaan 477 Nm. Massareikä on toiminut pehmeästi ja porauksessa reikää on jouduttu iskemään vasta lopussa, jolloin poran tuottama paineisku reikään on 130 bar. Kokonaisuutenaan reiän avaukseen käytetty aika on noin 35 sekuntia.

Lopussa nähtävä iskun paineen nousu on merkinä avauskangen puhdistamisesta, sekä istukkaan mahdollisesti jääneen raudan poistamisesta täryn avulla. Rautareiän pituudeksi saatiin Iba:n tallennuksen pohjalta 2735 mm.

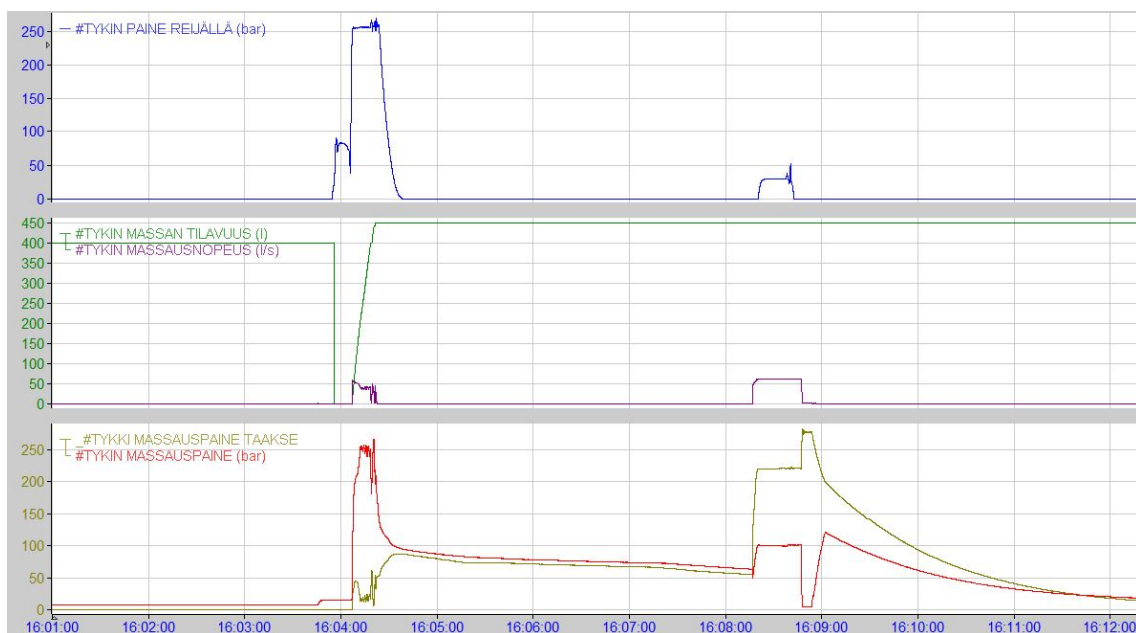


Kuvio 30. Reiän onnistunut avaus Ma2:lla 12.10.20 klo 14.48.

Saman laskun sulku oli onnistunut. Kuvio 31 nähdään tykin paine bareina puristaessa tykkiä koteloa vasten sinisellä. Punainen väri näyttää tykkimassan syöttöpaineen bareina punaisella viivalla, vihreällä viivalla rautareikään injektoidun tykkimassan tilavuus litroina. Violetilla viivalla esitetään tykkimassan syöttönopeus litraa sekunnissa.

Tykki ajettaessa koteloa vasten, koteloon kohdistuva puristusaine nousee hetkessä lähelle 270 bar. Huomattavaa on injektoinnin aikana tapahtuva tykin puristusaineen notkahdus alaspäin, kun tykki on jo reiällä. Massan syöttönopeus nousee alussa hetkellisesti 5,5 litraan sekunnissa, mutta massan fysikaalisista ja sen ominaisuuksista sekä uunin vastapaineesta johtuen syöttönopeus putoaa alle 4,0 litraan sekunnissa, välillä vaihdellen. Massauspaine massasynteroin injektoidessa sulkumassaa rautareikään nousee tasaisesti 0 – 250 bar. Saavutettaessa 40 litran asetusannoksen uunimies on lisännyt massaa vielä reikään ylimääräisen 5 litraa, jolloin sulussa käytettiin tilavuudeltaan 45 litraa sulkumassaa.

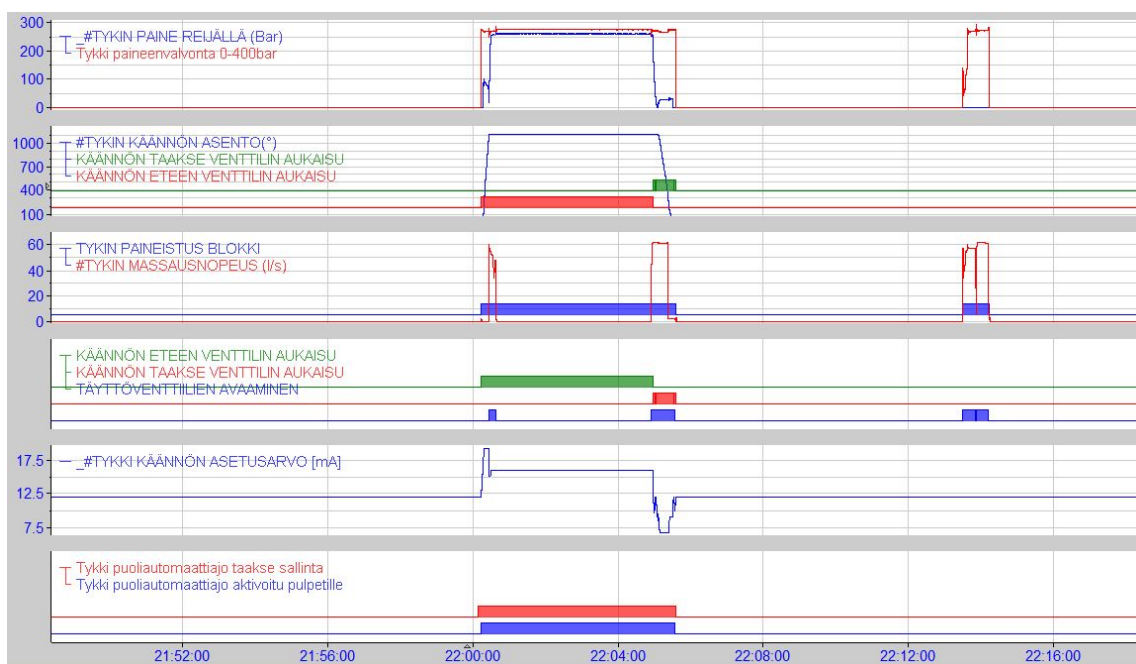
Kokonaisuutenaan sulkuun käytettiin aikaa 3.5 min.



Kuvio 31. Onnistunut sulkut 12.10.20. klo 16.04

6.4.1 Case: Suuri hydraulikkavuoto sulkutykin kääntösyylinterillä

Tykin kääntösyylinterillä ilmeni suurta hydraulikkavuotoa tykin juuresta laskulla 31910, 28.09.20 klo 22.45 sulun jälkeen. Dataa tutkittiin Iba:n signaaleista Kuvio 32.



Kuvio 32. Hydraulikkavuoto tykin kääntösyylinterissä.

Saadusta datasta nähtiin tykin toimivan sulkutilanteessa täysin normaalisti, eikä löydöksiä ole Iba:n datanpohjalta. Paineet ovat täysin normaalit käännessä sekä paineenvalvonnan puolesta 260 bar. Sulku onnistuu, eikä vuotamistakaan ollut ilmennyt rautareiän injektioinnin aikana. Hydraulikassa venttiilit toimivat normaalisti, eikä niissäkään tapahdu poikkeavaa. Voidaan todeta, mikäli tykin liikkeisiin vaikuttavia asioita olisi, ne näkyisivät venttiilien antamassa datassa.

Laskentaan otettiin tykin käynnön käytettävä sähkö, joka ilmoitetaan neljännessä graaffissa milliampeereina. Normaaliasetus on 12.5 mA, sulun aikana graafi osoittaa ampeerimäärän nousevan 17.5 mA, joka todettiin olevan täysin normaali. Huomattavaa on kuitenkin, klo 22.14 tykin paineenvalvonta nousee 280 bar ja samanaikaisesti tykin hydraulikan lohkon blokkitieto antaa käyntirajaa auki ja samalla täyttöventtiili on auennut. Kuitenkaan tykkiohjaamon pulpetista ei ole sulkutykkiä valittu käytettäväksi.

Näiden tietojen valossa voisi nähdä hydraulikassa tapahtuneen vuodon. Mutta tarkkaa kellonaikaa ei tämän hetkisen tiedon valossa tiedetä, moneltako vuoto on alkanut. Iba:n signaaleista oletamus on, että hydraulikassa on tapahtunut vuotamista juuri klo 22.14. Korjaus johti masuunin pysäytykseen, jonka kestoksi mitattiin 2h 30min.

6.4.2 Case: Sulkutykki hyvin jäähdytettynä & huonosti jäähdytettynä

Käsiteltiin sulkutykin jäähtytyksen vaikutusta sulku- ja avaustilanteisiin, kun tykkiä jäähdytettiin normaalia enemmän ja selkeästi vähemmän. Mitattiin lämpötila-arvoja Ma2 sulkutykistä rautareiän sulun jälkeen 15.10.20.

Kuva 8, Kuva 9 ja Kuva 10, otettuja mittauksia verrattiin Iba:n keräämään dataan ja katsottiin, muuttuuko seuraavan sulun käytöksessä mikään, kun tykki jäähdytettiin todella hyvin.



Kuva 8. Sulkutykin lämpötila nokalla sulun jälkeen 394.0° C

Nokan lämpötilat mitattiin korkeammaksi Kuva 8, kuin Wakelinin tekemässä tutkimuksessa 1999. Sulkutykin nokan lämpötilaan vaikuttavia seikkoja ovat raudan lämpötila ja sulun kiinnipitoaika rautareiällä. Tykki jäähdytettiin hyvin mittauksen jälkeen.



Kuva 9. Sulkutykin kartion lämpötila sulun jälkeen 205.6° C

Kartion lämpötila Kuva 9, on tärkeä pitää hyvin jäähdytettynä, koska kartioalue toimii massan puristimena rautareiän muotoon kohti sulkutykin nokkaa. Mikäli kartioalue toimii esilämmittimenä massalle, massan laatu voi muuttua sulkutykin nokan alueella ja massasta voi tulla röpelöistä tai sintrautua.

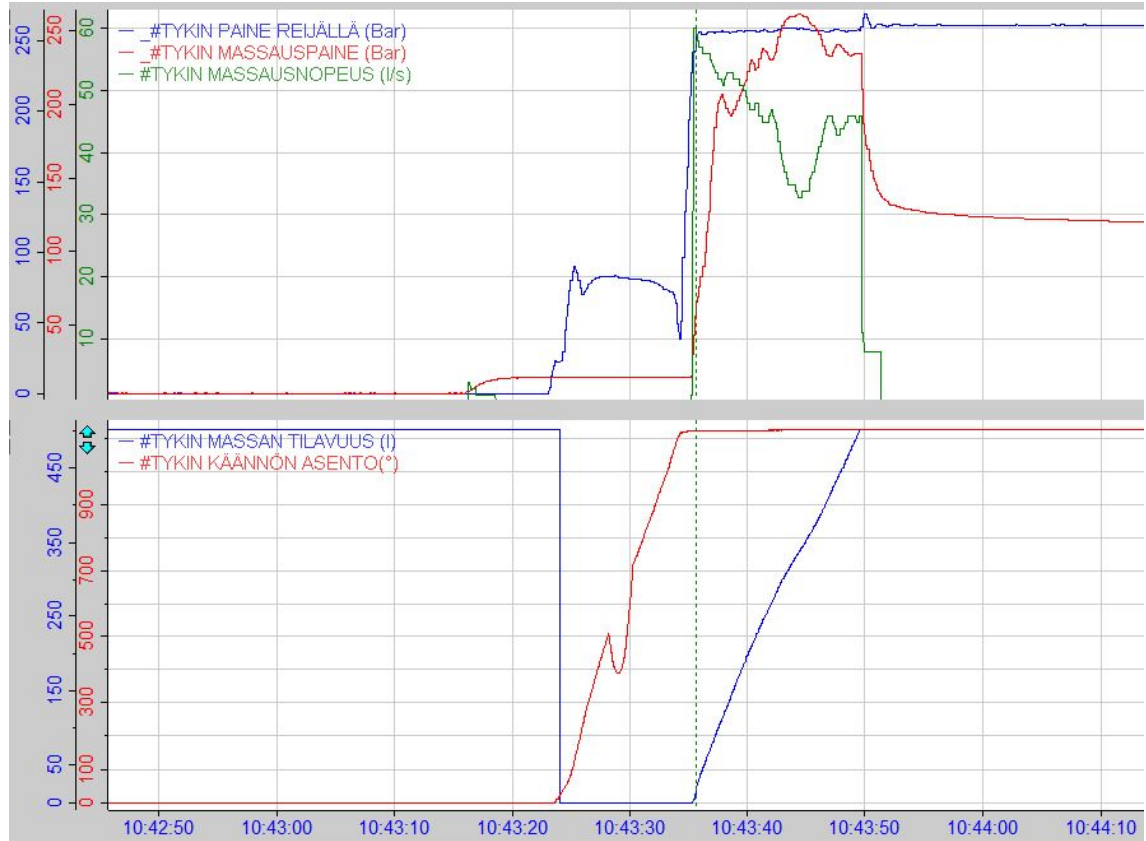
Täyttösylinterin lämpötila Kuva 10, missä massa säilytetään tykissä, oli 127 °C mitattaessa.

Sylinterialue olisi hyvä myös jäädyttää hyvin. Tämä siksi, ettei massa pääsisi sintrautumaan tai kovettumaan turhaan, koska massa, jota pidetään tykin sisällä ei vaihdu kuitenkaan vielä seuraavallekaan sululle. Sylinterialueella oleva massa injektoidaan vasta noin kahden sulun jälkeen rautareikään.



Kuva 10. Sulikutykin täyttösylinterin lämpötila sulun jälkeen 127.5° C

Tykin lämpötilat jäähdytettiin tykin nokalta alle 30 °C, kartion lämpötila 50 °C ja sylinterialueen lämpötila 80 °C käyttäen vettä. Sulkumassan lämpötilaksi mitattiin massapaalista mitattaessa anturimittauksella 22,6 °C.



Kuvio 33. Hyvin jäähdytetyllä tykillä rautareian sulku 15.10.20 klo 10.43.

Tykin paine on ilmoitettu ylemmässä Kuvio 33, sinisellä viivalla. Massauspaine punaisella viivalla on ilmoitettu bareina. Vihreällä tykin injektoiman sulkumassan massausnopeus litraa sekunnissa. Alemmassa kuvassa näkyy sinisellä viivalla rautareikään injektoidun massan tilavuus litroina ja punaisella viivalla tykin käännön asento.

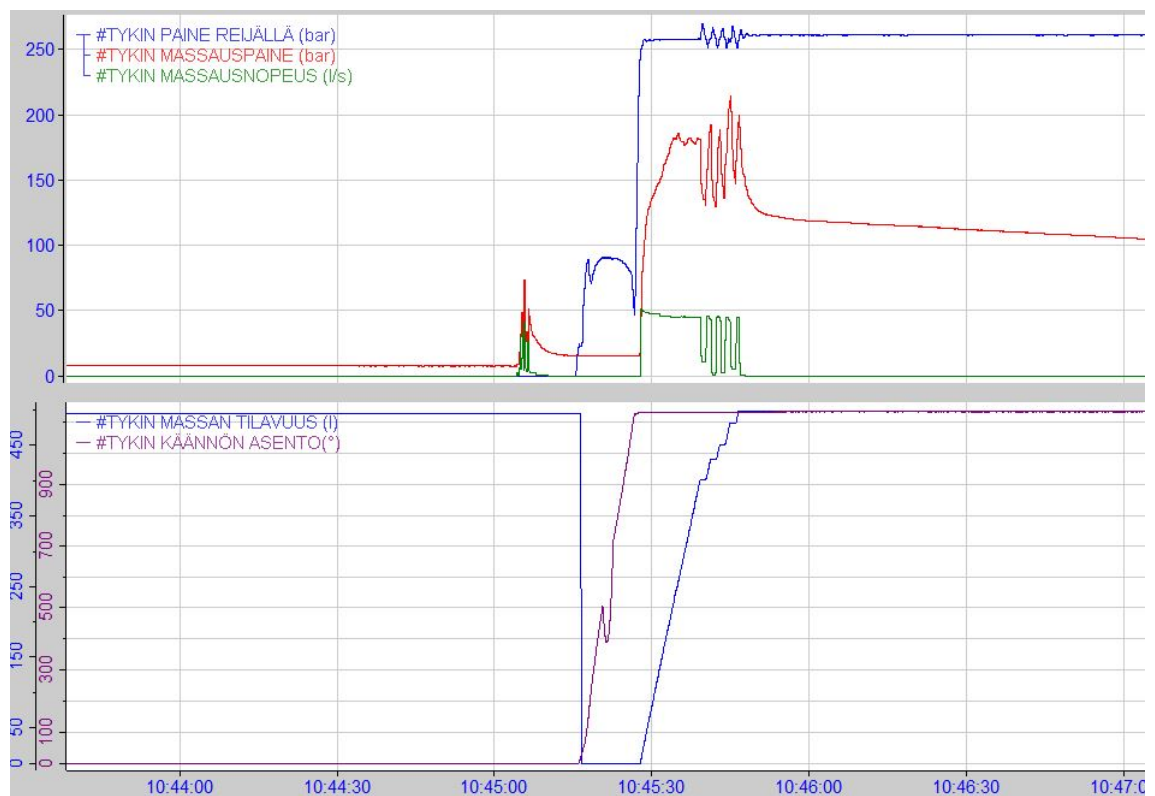
Datasta pystyy päättämään, kun tykki on jäähdytetty edellisen sulun jälkeen riittävän hyvin. Sulkumassa etenee huomattavasti stabiilimmin rautareikään. Massausnopeus nousee tasaisesti koko ajan ylöspäin ja tekee pienen laskun, samalla massauspaine nousee. Alemmasta kuvasta voi päätellä massan tilavuuden kasvavan normaalilla tasolla eikä sulun aikana tapahdu vuotamista tykin ja kotelon välistä ollenkaan.

Huomattavaa on, että sulkutykin asento tekee pienen takaisin liikkeen ajettaessa tykkiä kohti rautareikää. Masuunin kunnossapitoinsinööriltä saatujen tietojen perusteella, kyse on positiivisen kuorman muutoksesta negatiiviseksi kuormaksi, kun sulkutykki lähtee kotiasennosta ylämäkeen ja pyrkii sen jälkeen menemään rautareiälle alamäkeen. Tämä aiheuttaa käynnön hydraulikassa pienen notkahduksen. Pääteltiin, että sulku onnistuu tavallista paremmin hyvin jäähdytetyllä tykillä saadun signaalidatan perusteella.

Jatkettiin tutkimusta jäähdyttämällä tykkiä selkeästi vähemmän, nokan lämpötila jätettiin 60 °C, kartion lämpötila 80 °C ja sylinterialueen lämpötila 110 °C. Tykkimassasäiliön lämpötila mitattaessa oli 90 °C.

Sulkumassan lämpötilaksi tykkimassapaalista mitattiin anturimittauksella 25.9 °C.

Seuraavalla sululla mitattiin seuraavia tuloksia Iba:n pohjalta, jotka ovat esitetty Kuvio 34. Kysyttiin 1.uunimieheltä mielipiteitä miten rautareiän sulku onnistui.



Kuvio 34. Vähemmän jäähdytetyllä sulkutykillä sulku 16.10.20 klo 10.45

Tykin paine seilaa ennen sulkumassan injektointia ja tippuu 90 barista 70 bariin, kunnes nousee parempiin lukemiin 251 bariin. Samanaikaisesti tykin käynnön asento muuttuu negatiiviseen suuntaan, mikä tarkoittaisi tykin liikkumista takaisinpäin. Tätä kuitenkin ilmenee jokaisessa sulkutilanteessa.

Massauspaineessa nähtävissä selvää heiluntaa samalla kun massausnopeus liikkuu 4,9 litrasta – 0,0 litraan per sekunti. Massan syötetty tilavuus kuitenkin reiässä kasvaa normaaliin tapaan paitsi sulkutilanteen loppupuolella, jossa tulee pientä viivettä, minkä voi yhdistää samaan aikaan tapahtuvana massauspaineen- ja nopeuden muuttuessa.

Sulussa ei huomattu mainittavia poikkeamia sulun yhteydessä kentältä käsin. 1.uunimiehen kertomuksen mukaan massa oli kuitenkin enemmän pinnaltaan röpelöistä, eikä samanlainen plastinen kappale kuin jäähdytetyllä tykillä. Näiden tapahtumien perusteella mitä kentällä näkyi sekä mitä Iba on tallentanut signaalien muutoksina, voidaan todeta, että tykin hydrauliiikan täytyy tehdä enemmän töitä injektoinnin aikana. Verrattaessa siihen, kun sulkutykki on jätetty kuumemmaksi.

Seuraavassa rautareiän avauksessa Kuvio 35 kuitenkin 1.uunimiehen kertomuksen mukaan reikä oli huomattavasti kovempi porata auki kuin hyvin jäähdytetyllä tykillä sulkemisen jälkeen. Reiästä löytyi selvästi kovempi perä. Iskua joutui käyttämään enemmän, että rautareikä saatiin avattua. Samassa Siemens-järjestelmä ilmoitti rautareiän pituuden olleen 2,1 metriä. Todellisuudessa rautareiän mitta oli ± 2600 mm 1.uunimiehen kertomuksen mukaan.



Kuvio 35. Vähemmän jäädytetyllä sulkutykillä sulun jälkeinen avaus 16.10.20 klo 11.15

Yllä olevasta graafista voi huomata, että avauksessa avauskanki painuu aluksi täysin normaaliin tapaan rautareikään. Kovemman kohdan tullessa reiällä vastaan, istukkaan kohdistuva momentti nousee 383 newton-metristä 428 newton-metriin iskun paineen kuitenkin aaltoilla välillä 132 bar – 153 bar. Kuvaajasta pystyy toteamaan reiän olleen selkeästi kovempi, koska iskua on jouduttu käyttämään pidempään. Porausnopeudessa ei huomattu muutoksia rautareiän kovuuden muutoksissa.

6.4.3 Case: Sulkutykki juuttunut reiälle sulkutilanteessa

Laskulla 32124, Kuvio 36 18.10.20 klo 19.42. Sulkutykki oli juuttunut rautareiälle kiinni eikä irronnut, vaikka ohjausta oli käännetty kotiasentoon kohti. Tapahtumahetkellä rautareiän kotelo oli ollut todella syvä, tykin nokkarenkaaseen oli asennettu 5 puupärettä.

Iba:n datasta voidaan päätellä, että hydraulikka on tehnyt kovasti töitä tykin ajamiseksi pois reiältä. Venttiileiltä ei ole saatavissa sellaista tietoa, joka kertoisi tykin juuttumisen olleen kiinni hydraulikasta. Alhaalla nähtävä tykin käynnön asetusarvon mA aaltoilevuus kertoo tykin takaisin vetoliikkeestä, eli tykkiä on

yritytty saada irti käyttämällä kääntöä edestakaisin. Tämän saman aaltoilevuuden voi todeta tykin paineenvalvonnasta, joka näkyy graafista punaisella viivalla kolmannessa kaaviossa.

Kuitenkin huomattavaa on turvakortin laukeaminen, kun hätäajo esivalitaan toisen kerran käyttöön. Turvakortin laukeaminen kertoo järjestelmän laittaneen laitteet turvalliseen tilaan, kuitenkin turvakorttien ei tarvitsisi mennä vikatilaan liian herkästi. Turvakortin ollessa lukitussa tilassa niiden kuittaamiseen kuluu turhan paljon ylimääräistä aikaa. Turhan ajan kuluttaminen sulkutykin juuttuessa reiälle nostaa sulkutykin palamisen riskiä merkittävästi.



Kuvio 36. Sulkutykki juuttunut rautareialle sulun jälkeen

Turvakorttien olemassaolo on tärkeää laiteturvallisuuden kannalta. Järjestelmään voisi tehdä muutoksen, etteivät turvakortit laukeaisi jokaisella kerralla, kun hätäajo valitaan käyttöön. Uunimiehet joutuvat tässä tilanteessa käyttämään pelkästään pakko- sekä asetusajoa.

Uunimiehet pelkäävät, jos hätäajo valitaan käytettäväksi, se laukaisee turvakortit ja pysäyttää kaikki liikkeet laitteistosta kuittaamisen ajaksi.

Mikäli näillä toimilla sulkutykkiä ei saada irrotettua turvallisempaan ympäristöön, täytyy sulkutykin nokka polttaa hapella halki tai yrittää saataisiinko kunnossapi-

tomiesten avustuksella tykki irti käyttäen ajoa suoraan hydrauliiikan venttiileiltä käsin. Casen tilanteessa sulkutykin nokkaa oli jo lähdetty hapella halkaisemaan, kunnes tykki oli irronnut omia aikojaan kotelosta. Kokonaisuutena tykin irrottamiseen kului aikaa noin 15 minuuttia.

6.4.4 Case: Injektoidun sulkumassan syöttönopeuden vaikutus rautareikään

Analysoitiin sulkutilanteessa injektoidun massan syöttönopeuden muutoksen vaikutusta rautareiän kuntoon ja poraukseen nähden. Häiriökirjauksia oli tullut kummaltakin masuunilta Liite 1 ja Liite 2 reiän kovuudesta.

Massansyötön asetusarvo on ollut 4,5 – 5,0 litraa sekunnissa ja se pudotettiin testauksen vuoksi 3,0 litraan sekunnissa. Iba:n dataa analysoitiin ja kentältä saadun näköhavaintojen perusteella voidaan selkeästi todeta, että rautareikä toimii avauksessa ja sulkutilanteessa paremmin hitaammalla sulkumassan syöttönopeudella.



Kuvio 37. 20.10.20 klo 08.41 sulkumassan syöttönopeuden muutos avaukseen.

Asetusarvo pudotettiin 3.0 litraan 20.10.2020 aamuvuoron alussa klo 06.00. Jo heti seuraavan sulkutilanteen jälkeen poraus oli huomattavasti helpompi ja isku ei tarvinnut käyttää paljon. Massan vaikutus rautareikään näkyi eritoten reiän toiminnan kannalta pärskimisen vähentymisenä sekä silminnähden kotelon

takaa tulleen kaasuvuodon vähenemisenä. Yllä olevasta Kuvio 37, voidaan nähdä, ettei iskua ole tarvinnut käyttää kuin 2,1 sekuntia klo 08.41 avauksella. Kyseinen tieto on otettu suoraan ohjauspulpetin iskuvasaran ohjausnapista.

Poran tuottama istukalle tuleva momentti on kuitenkin yli 400 Nm, mutta huomattavasti avaukseen tarvittava poran iskun paine on lyhytaikaisempi. Tällä voisi olla suora yhteys poran pidempiaikaiseen toimintaan ilman toimintahäiriöitä, koska pora ei joudu kovalle isketykselle jokaisella avauskerralla.



Kuvio 38. 20.10.20 klo 10.48 rautareiän avaus

Kuvio 38 20.10.20 klo 10.48 avauksella iskua oli jouduttu käyttämään enää vain 1,1 sekuntia ja avaus oli tapahtunut mutkattomasti. Istukka on antanut iskulle painetta 152 bar, avauskangen syöttöpaineiden pysyessä stabiilina, eikä siinä ole nähtävissä suuria muutoksia. Tykkiohjaamosta saatujen kommenttien perusteella reikä toimii avaustilanteessa ja laskun aikana paremmin.

Vastaavaa sulkumassan syöttönopeuden säätöä ei tehty Ma1:lle sulkumassan vaihtumisen vuoksi. Kuitenkin, kun sulkumassan toiminta tulee tutummaksi ja sitä on käytetty enemmän ja nähdään sen toiminta rautareiässä, voidaan tehdä muutoksia syöttönopeuden säätämiseksi ja seurata sitä, kuinka se vaikuttaa rautareiän toimintaan.

7 KEHITYSIDEAKOhteet

Tykin sisäpuolelle olisi hyvä saada lämpötilan mittaus. Samalla tätä dataa pysyttäisiin seuraamaan myös Iba:n avulla, kunhan sulkumassan lämpötila-anturin mittaus laitetaan ohjelmistoon seurattavaksi signaaliksi. Lämpötilan mittauksen menetelmällä saataisiin aina selville käytettävän tykkimassan lämpötila ennen kuin massa injektoidaan sulkutapahtumassa rautareikään. Sulkutapahtumassa oikea massan lämpötila on tärkeää. Sulkutapahtumassa sulkunopeuksien muuttuessa liian hitaaksi, hydraulikka joutuu puristamaan massaa isommalla teholla. Liian kylmä sulkumassa ei reagoi tarpeeksi nopeasti ja hyvin rautareiässä, jonka seurauksena rautareiällä voi tapahtua itseaukeamisia tai injektoinnin yhteydessä ilmenevää vuotamista.

Tänä päivänä tykkiohjaamoiden näytöllä on yksi lämpötilamittaus tietue, mutta todettakoon, ettei se ole paikkaansa pitävä mittaus. Tarkkaan ei uunimiehilläkään ole tietoa, mistä tämä lämpötilamittaus mittaa näytettävän arvon.

King Tap EV1 massan käyttö olisi suositeltavaa jokaisen happiavauksen jälkeen. Hapella reiän avaaminen syö rautareiästä edellisten laskujen massaa reiän sisäpuolelta, mikä taas jättää sulalle materiaalille mahdollisuuden työntyä rautareiän sisäpuolella oleviin halkeamiin, mikä aiheuttaa jatkossa rautareiän ongelmia. King Tap EV1 massa on hiukan pehmeämpää ja sitä käytetään rautareiän huoltotilanteissa, kun rautareiässä on todettu olevan halkeamia. Halkeamat esiintyvät runsaana kaasunpurkauksena laskujen aikana. Huoltomassan säännöllisestä käytöstä voisi olla hyötyä parantamaan rautareiän toimintaa pitkällä aikajänteellä.

Rautareiän kotelo kuluu kaasun kemiallisen ja mekaanisen rasituksen toimesta laskujen aikana, mikä näkyy kotelon ”syventymisenä”. Tämä syventyminen aiheuttaa sulkutykillä massaa injektoidessa sulkumassan vuotamista. Vuotamista paikataan asentamalla tykin nokkaan pidempi nokkarengas sekä useampi puupäre. Jokaisen puupäreen asentamisen jälkeen tykki olisi hyvä kalibroida uudelleen, koska sulkutykin asentotunnistimen asteet muuttuvat. Tämä johtaa siihen, että tykin hidastusrajat muuttuvat ja tykki alkaa hidastaa vauhtiaan sulkutapahtumassa liian aikaisin ennen osumaa rautareikään.

Hydrauliikkatiloihin olisi hyvä saada toimintaohjeet molemmille masuuneille selkeästi esille kunnossapitohenkilöä varten, mikäli tapahtuu sähkökatkos, hydrauliikka pumput ei toimi, tai jotain muuta odottamatonta tapahtuu. Tämä siksi, jos esimerkiksi tykki on jäänyt reiälle, eikä se lähde ohjauspulpetista ajettaessa pois käytettäessä asetus-, pakko- tai hätäajoa. Mikäli hydrauliikkatilasta joudutaan ajamaan tykki pois reiältä, joutuu kunnossapitohenkilö olemaan yhteydessä radion tai puhelimen välityksellä tykkiohjaamon uunimiesten kanssa, samalla etsimään oikeat venttiilit sekä ohjaimet ja ajamaan niitä oikeassa järjestyksessä laitteen ajamiseksi turvalliseen paikkaan.

Iba Analyzer järjestelmään olisi hienoa saada IbaHD Server-ohjelmisto. Ohjelmiston avulla data tallentuisi reaaliaikaisesti järjestelmään ja sen avulla pystyttäisiin tuottamaan ajastettuja raportteja sekä erilaisia hälytyksiä paremmin kuin nykyisessä käytetyssä olevassa versiossa. Myös kriittisimpien laitteiden jatkuvaan tarkasteluun olisi myös mahdollista laittaa kameraohjaus, jonka avulla voisi katsella suoraa videokuvaa ja nähdä datasiignaaleja menossa olevasta tapahtumasta.

Tykin nokan ja kartion alueelle voisi kehitellä langatonta pyrometri pistemittauksen tai asentaa lämpökameran, jonka avulla saataisiin selville tykin nokan ja kartioalueen oikea lämpötila. Lämpötilaseurannan avulla tiedettäisiin sillä hetkellä, tarvitseeko tykkiä jäähdyttää enemmän tai vähemmän.

Tämän opinnäytetyön aikana selvinneessä tutkimuksessa kävi ilmi, että tykin paremmalla jäähdyttämisellä on selkeä vaikutus parempaan sulkutilanteeseen. Rautareiän sulkeminen hyvin jäähdytetyllä sulkutykillä helpottaa seuraavaa rautareiän avausporausta merkittävästi.

Tykkimassan säilytyslaatikkoon olisi hyvä saada parannus. Talvikuukausina lämpöä on pidetty sisällä raskaiden peittojen asentamisella. Peitot ovat hyvin epäkäytännölliset, ne repeilevät ja ne lopulta palavat kipinöinnin vuoksi. Massalaatikkoon olisi hyvä saada asennettua jonkinlaiset ovet, jotka saisi tarpeen vaatiessa siirrettyä edestä pois. Ovien tarkoituksena olisi pitää sulkumassa talvikuukausina lämpimämpänä, koska kylmä massa on paljon haasteellisempaa injektoida masuunin rautareikään. Valmiiksi oikein säilytetty massa, joka vastaa lämmöltään valmistajan ilmoittamia raja-arvoja, reagoi paremmin rautareiässä.

Tulevaisuudessa kun Iba:n käyttöä saadaan jalostettua pidemmälle Raahen masuuneilla, kehityskelpoinen idea olisi saada raudanlaskutietoihin lisättyä raportti osio, johon tulisi esille PDF-tiedostona sen laskunumeron Iba-data. Eli tiedostossa olisi selvästi esitetty mitä on tapahtunut laskun avauksen aikana, sekä sulkemisen aikana tykillä ja poralla. Raportista kävisi ilmi signaalipohjalta hydraulikassa tapahtuneet asiat, onko massa injektioitunut reikään kunnolla, onko tapahtunut aaltomaista liikehdintää ja onko porauksessa ollut jotain erilaista. Tämän raportin avulla pystyttäisiin herkemmin reagoimaan ongelmiin ja nähtäisiin, mistä jokin ongelma on voinut johtua ja ongelmiin voitaisiin reagoida hyvissä ajoin.

Iba:sta saatua dataa olisi mahdollista käyttää rautareiän mitan tarkemmassa mittauksessa. Datasta on saatavilla sellaista tietoa reiän käytöksestä avaustapahtuman yhteydessä, josta voitaisiin jalostaa varteenotettavaa tietoa, joka kertoisi rautareiän mitan tarkemmin mitä nykyinen mittaus parametri. Apuna voisi käyttää poran syöttöpaineen notkahdusta huomioiden samalla syöttönopeuden, sekä kelkan asentotunnistimen muutosta signaaleissa. Näiden tietueiden perusteella pystytään näkemään, koska avauskanki on mennyt reiän massauksesta lopullisesti läpi, vaikka reikä olisi kova tai pehmeä.

8 POHDINTA

Iba Analyzer PDA - järjestelmä on pääsääntöisesti suunniteltu enemmän valsaamon maailmaan, mutta tämän tutkimuksen valossa ja siten, miten järjestelmää nykyään käytetään Raahen masuuneilla, on suuri hyöty laitteistojen tarkemmassa tarkastelussa erityisesti ongelmien jo ollessa päällä.

Iba:n saatavilla olevista signaaleista kyllä pystytään selvittämään seikkaperäisiä asioita, joita laitteistoissa tapahtuu ongelmien sattuessa hyvinkin tarkasti. Rautareiän kunnon seurantaan Iba on myös oiva työkalu. Iba:n antamasta datasta nähdään, kuinka hyvin sulkumassa injektoituu rautareikään ja tämä pystytään todentamaan sulkunopeuden ja paineiden perusteella. Datasta pystytään seuraamaan, kuinka kovasti reikää joudutaan avaustilanteissa poraamaan iskulla läpi. Saatavilla olevan tiedon perusteella pystytään tekemään muutoksia laitteistoihin ennalta ehkäisevästi tai tehdä muutoksia toimintatapoihin. Tulevaisuudessa, jos käytössä on saatavilla raportit avaustilanteista ja sulkutilanteista, voidaan herkällä kädellä reagoida reiän kovuuteen tai liian pehmeään toimintaan.

Datan pohjalta voidaan myös päätellä, koska sulkutykkiä on jäähdytetty liian vähän, koska tämänkin näkyy rautareiän kovuuden muutoksina avaustilanteissa.

Oman kokemukseni valossa sulkutykistä ja aukaisuporasta saatavilla olevasta Iba:n datasta olisi käyttöhenkilöille apua, kun halutaan tarkastella omaa tekemistä ja kuinka oma työnjälki näkyy rautareiän kunnossa. Pienillä muutoksilla saadaan isoa parannusta aikaan mutta nykypäivänä kaikki työ tehdään sen hetken tunteen ja oman ammattitaidon perusteella ilman tarvittavaa lisäinformaatiota. Näitä tietoja olisi saatavilla Iba Analyzer:n tarjoamasta ohjelmasta.

Näkisin tulevaisuudessa Iba Analyzer-ohjelmistosta saadun raportin olevan yksi uusi työkalu masuuneiden 1- ja 2- tykkiohjaamon uunimiehille. Raportin avulla he pystyisivät tekemään työnsä paremmin, turvaamaan paremman laiteturvallisuuden, parantamaan laitteiden käyttöikä ja vähentää toimintahäiriöitä sulkutykissä, aukaisuporassa ja etenkin masuunin rautareiässä.

LÄHTEET

Barth, O. 1942. Metallurgian oppikirja II. 1. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava

Geerdes, M. Chaigneau, R. & Kurunov, I. 2015. Modern blast furnace ironmaking: an introduction. 3. painos. Amsterdam: IOS Press.

Haapasaari, J. 2016. Koksen ominaisuudet masuunin olosuhteissa. Selvitys koksen kuumalujuudesta, reaktiivisuudesta ja reaktiomekanismista. CASR vuosiseminaari 2016. Oulun Yliopisto. Viitattu 3.9.2020. http://cc oulu.fi/~kamahei/y/casr/seminar2016_2/Haapakangas.pdf

Iba-Ag.com 2020. Iba System. Viitattu: 3.9.2020. <https://www.iba-ag.com/en/iba-system>

Inkala, P. 1990. Masuunin pesän sulamäärien laskenta. Oulun Yliopisto. Prosessitekniikan osasto. Diplomityö.

Konola, M. 2020. SSAB Europe Oy. Masuuni 2 ohjaamomiehen haastattelu 5.9.2020

Koskela, S. 2020. SSAB Europe Oy. Masuuni 2 1.uunimiehen haastattelu 7.9.2020

Metallinjalostajat Ry. 2014. Teräskirja. 9.painos. Helsinki: Metallinjalostajat Ry.

Paananen, T. 2020. Häiriöt sulkutykissä ja aukaisuporassa 2015-2020. Email samuli.inkala@edu.lapinamk.fi. 30.9.2020. Tulostettu 5.10.2020.

Prinssi, H. 2002. Masuunin raudanlaskureikään injektoitavan massamäärän mittauksen kehittäminen. Oulun Yliopisto. Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto. Diplomityö.

Riihijärvi, T. 2020. SSAB Europe Oy. Masuunin vuorohuoltomiehen haastattelu. 10.9.2020.

Seetharaman, S. McLean, A. & Guthrie, R. 2014. Treatise on process metallurgy: Part A and B. 3. painos. Oxford: Elsevier.

Ssab 2020a. SSAB lyhyesti. Viitattu 1.9.2020. <https://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti>

Ssab 2020b. Liiketoimintamme. Viitattu 5.9.2020. <https://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/liiketoiminta>

Sjöström, M. 2014. SSAB ja Rautaruukki fuusioituvat. Viitattu 1.9.2020. <https://www.arvopaperi.fi/uutiset/ssab-ja-rautaruukki-fuusioituvat/96683077-9aed-362f-b7df-8643e80272cf>

Säilynoja, J. 2014. Rautaruukki pantiin pelastamaan autoituvaa Raahen seutua. Videonauhoite. Yle Elävä arkisto. Viitattu 1.9.2020 <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2014/01/24/rautaruukki-pantiin-pelastamaan-autoituvaa-raahen-seutua>.

Tekla Oy 2015. Uusi hiili-injektio parantaa terästehtaan kustannustehokkuutta Viitattu: 1.9.2020 <https://www.tekla.com/fi/bim-awards-2015/bim-pci-fi.html>

TRB 2016. Tykkimassan kehitys ja käyttöpraktiikka. SSAB sisäinen koulutusmateriaali.

Wakelin, H. 1999. The making, shaping and treating of steel. 11. painos. Pittsburgh. AISE Steel Foundation: United States of America.

Yuji, O. Atsushi, Y. Yasukuni, T. Takashi, M. Samanta, A. Anindya, R. & Adak, S. Chattopadhyay, A. 2010. Krosaki Harima Corporation. High performance taphole clay for blast furnace. Kitakyusyu City. Japan. Viitattu 2.9.2020 [https://www.trlkrosaki.com/UploadFile/_IREFCON_2014\(Taphole_Clay_for_Blast_Furnace\)_dc55f353a0.pdf](https://www.trlkrosaki.com/UploadFile/_IREFCON_2014(Taphole_Clay_for_Blast_Furnace)_dc55f353a0.pdf)

LIITTEET

Liite 1. Opinnäytetyöprojektin tutkimusmateriaalikeräyslista Ma1:lta aikavälillä 25.9.2020–13.10.2020

Liite 2. Opinnäytetyöprojektin tutkimusmateriaalikeräyslista Ma2:lta aikaväliltä 25.9.2020–19.10.2020.

Liite 1.

OPINNÄYTETYÖPROJEKTI 2020

Kirjotan opinnäytetyötä tykin ja poran vikojen ennakoinnista ja käytöstä. Käytän apuna tykkiin ja poraan asennettua ibaPDA järjestelmää, tarvin sen hetkellisiä tietoja kentältä aina kun ongelmia syntyy. Listaan kirjattaisiin mikä laite, kellon ja laskun numeron kanssa, millainen ongelma (sulku epäonnistuu, vuotaa, reiän avaus epäonnistuu, joutuu iskettään reikää paljon, itseaukeamiset jne. Avusta olisi suuri hyöty.

Samuli Inkala

| LAITE | LASKUN NRO/KELLONAIKA | MILLAINEN ONGELMA |
|-----------|---------------------------|---|
| Tyky/pora | 39535/7.33 39536/10.31 | Kova reikä, sululle lisätty massaa to litraa |
| Tyky | 39551/21.31 | MASSA EI MENNYT REIKÄÄN KUNNOLLA |
| PORA | 39552/22.13 | KOVA REIKÄ KANKI PÖLS KESKI KÄÄNTÄKSE 15KULLA KOKO AUKASU |
| Tyky | 39555/7.15 | Massa ei mennyt reikään kunnolla |
| Tyky | 39556/9.17 | — — |
| Tyky | 39557/16.40 | — — TUOREET MASSAT PYSYKIN JÄLKEEN |
| Tyky | 39558/18.51 | — — |
| - - | 39559/20.40 | ~ - |
| PORA | 39575/8.12 | ISTUKKA HAJOSI ONNEKSI OLI REIKÄ AUKI |
| Tyky | 39603/00.00 | MASSA EI MENNYT KUNNOLLA REIKÄÄN |
| PORA | 39663 | Reiän pituusmittaus ei toimi |

Liite 1. Käyttöhenkilöiden ilmoittamia häiriöitä sulkutykin, sekä aukaisuporan käytössä Ma1 tehtiin aikavälillä 25.9.2020–13.10.2020 yhteensä 11kpl.

Liite 2.

OPINNÄYTETYÖPROJEKTI 2020

Kirjotan oppinäytetyötä tykin ja poran vikojen ennakoinnista ja käytöstä. Käytän apuna tykkiin ja poraan asennettua ibaPDA järjestelmää, tarvin sen hetkellisiä tietoja kentältä aina kun ongelmia syntyy. Listaan kirjattaisiin mikä laite, kellon ja laskun numeron kanssa, millainen ongelma (sulku epäonnistuu, vuotaa, reiän avaus epäonnistuu, joutuu iskettään reikää paljon, itseaukeamiset jne. Avusta olisi suuri hyöty.

Samuli Inkala

| LAITE | LASKUN NRO/KELLONAIKA | MILLAINEN ONGELMA |
|-------|--------------------------|--|
| pora | 31886 10/26 | REIKÄ AUKEA, HUONOSTI |
| Tyke6 | 31911 00.40 | tykin hydr. kääntö sylinteri vuoto |
| REIKÄ | 31926 12.05 | Reikä kova ja pitkä, vaikka tykki ei vuotanut Normaali kauki ei yltänyt |
| REIKÄ | 32112 15.21 | REIKÄ KOVA JOUTU ISKETTÄÄN KOVASTI |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Liite 2. Käyttöhenkilöiden ilmoittamia häiriöitä sulkutykin, sekä aukaisuporan käytössä Ma2 tehtiin aikavälillä 25.9.2020–19.10.2020 yhteensä 4 kpl.