

Ari Pekka Juntunen

**TERÄSSENKAVAUNUN VIRTAKISKON SUOJALATAN AIHEUTTAMIEN  
SUUNNITTELEMATTOMIEN SEISOKKIEN MINIMOINTI**

**TERÄSSENKAVAUNUN VIRTAKISKON SUOJALATAN AIHEUTTAMIEN  
SUUNNITTELEMATTOMIEN SEISOKKIEN MINIMOINTI**

Ari Pekka Juntunen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2014  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu, Raahen kampus  
Kone- ja tuotantotekniikka, tuotanto- ja metallitekniiikan suuntautumisvaihtoehto

---

Tekijä: Ari Pekka Juntunen

Opinnäytetyön nimi: Terässenkkaavanun virtakiskon suojalatan aiheuttamien suunnittelemtomien seisokkien minimointi

Työn ohjaajat: Esa Törmälä, Pekka Virsiheimo, Jani Orava

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014

Sivumäärä: 61+5 liitettä

---

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on toiminut Rautaruukki Oyj. Työ on tehty Raahen Rautaruukin terässulaton konvertterialueen terässenkkaradoille. Konvertterien terässenkkaradoilla syntyy huomattavia määriä odottamattomia seisokkeja terässenkkaavanun virtakiskon virranottimen suojalatan takia.

Työssä selvitettiin, millaisia ongelmia terässenkkaradalla vallitsee ja mistä syntyneet ongelmat johtuvat. Erilaisten tehtyjen tutkimusten perusteella pääteltiin terässenkkaradalla vallinneet ongelmat ja niiden pohjalta keksittiin erilaisia ratkaisukeinoja ongelmien poistamiseksi.

Juurisyytä etsittiin Arttu-kunnossapitotietojärjestelmään tallennetusta datasta ja sen perusteella saatu data jaoteltiin jatkotutkimuksia varten. Tutkimusmenetelminä käytettiin kunnossapidon työntekijöiden haastatteluja, suojalatan materiaali- ja kovuusmittaustutkimusten suorittamista, omia havainnoita terässenkkaradalla ja Mitta Oy:n tekemiä mittauksia konvertterialueella.

Työssä havaittiin, että eri konverttereilla vikatyypit poikkeavat toisistaan. Konvertteri 2:lla suojalatan katkeamisia, joka on haitallisin vikatyyppiä, tapahtuu huomattavasti enemmän kuin kahdella muulla konvertterilla. CAS-OB-aseman vieressä olevalla ylikulkupaikalla suojalatta repeää yleensä pitkittäin työkoneiden muovaamana. Kunnossapidon työntekijöiltä saatiin ensikäden tietoa ongelmien aiheuttajista ja niihin olevista mahdollisista ratkaisuista. Työntekijöiden haastatteluiden perusteella pystyttiin suunnittelemaan jatkotoimenpiteitä. Kovuusmittauksissa havaittiin pintakovuuden pienenemistä konvertterin alapuolella otetuista näytekappaleista.

Nykyisin suojalatan katkeamiset tai sen repeämiset, jotka etenevät ajan kuluessa, aiheutuvat tutkimustulosten perusteella pääosin kertyneiden roiskeiden puhdistamisessa. Suojalatan ympäristö tulisi pitää nykyistä puhtaampana, jotta suojalatta ei pääsisi nousemaan virranottimen aukon päältä pois. Puhdistamisella edistettäisiin suojalatan kunnossapysyvyyttä ja mahdolliset alkavat viat havaittaisiin ajoissa. Suojalatta tulisi vaihtaa kokonaan uuteen vuoden tai kahden välein. Nykyisin suojalatta vaihdetaan vain, kun suojalatassa on runsaasti huomattavia vikoja. Suojalatan kunnossapidämiseksi syntyi runsaasti jatkokehitysmahdollisuuksia, kuten virranottimen jatkaminen, suojaseinien siirtäminen, kaksoislatan käyttäminen ja ennakkohuoltojen muuttaminen erilaisiksi nykyisistä.

---

Asiasanat: konvertteri, terässenkkarata, suojalatta, kunnossapito, seisokkien minimointi

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

---

Authors: Ari Pekka Juntunen

Title of thesis: Minimizing Unexpected Interruptions Caused by Conductor Rail's Safety Bar in Steel Ladle Trailer

Supervisors: Esa Törmälä, Pekka Virsiheimo, Jani Orava

Term and year of completion: Spring 2014

Number of pages: 61+5 appendices

---

This Bachelor's thesis was commissioned by Rautaruukki Corporation, Raahe Works. The work was carried out for the steel ladle tracks in the converter area at the steel plant at Rautaruukki in Raahe. Significant amounts of unexpected downtimes are caused by the safety bar of the conductor rail's current collector in the steel ladle trailer.

The objective of this thesis was to find out what kind of problems steel ladle tracks have and what causes these problems. On the basis of a variety of investigations, the problems in the steel ladle track were charted, and, based on those, different solutions were found out to eliminate the problems.

The main reasons for the problems were searched in Arttu, the information processing system of the maintenance, and the data were divided for further investigation. The used research methods were interviews of the maintenance personnel, safety bar material and hardness measurements, the thesis writer's own observations in the steel ladle tracks as well as measurements made in the converter area by Mitta Ltd.

It was found out that the types of faults differed from each other in different converters. In converter 2, the number of safety bar breakages, which are the most harmful of the fault types, is significantly higher than in the other two converters. In the crossover area beside the CAS-OB station, a safety bar usually ruptures longitudinally shaped by the machines. Maintenance workers gave first-hand knowledge of the problem and their reasons as well as of the possible solutions for those problems. On the basis of the interviews with employees, it was possible to plan further actions. In the hardness measurements, decreased surface hardness was observed in the samples taken below the converter.

Nowadays, safety bar breakdowns or ruptures which proceed in the course of time are mainly caused by cleanings of spatters. The surroundings of the safety bar should be cleaner than it is today to prevent the rising of the safety bar from top of the opening of the current collector. Cleaning would contribute to the maintenance of the safety bar and make it possible to recognize the prospective beginning failures on time. A safety bar should be replaced with a completely new one once per year or two years. Currently, safety bars are changed only when they have many major defects. Several possibilities arose for further improvement of the maintenance of the safety bar.

---

Keywords: converter, steel ladle track, protection flat bar, maintenance, interruption minimizing

## ALKULAUSE

Opinnäytetyö on tehty Ruukki Metals Oy:n toimesta syksyn 2013 ja kevään 2014 aikana. Opinnäytetyön kirjallista osiota tehtiin pääosin Raahen terästehtaan tiloissa. Tutkimustyötä tehtiin sulaton konvertterien terässenkavaunujen virtakiskojen läheisyydessä. Materiaalitutkimuksia on tehty Ruukki Metalsin tutkimuskeskuksella Raahessa.

Valvojana toimi Ruukki Metals Oy:ssä terässulatolla työskentelevät kunnossapitopäällikkö Pekka Virsiheimo ja työsuunnittelija Jani Orava. Ohjaajana työssä on toiminut lehtori Esa Törmälä Oulun ammattikorkeakoulun Raahen kampukselta.

Haluan kiittää Pekka Virsiheimoa äärimmäisen mielenkiintoisen aiheen antamisesta ja opastamisesta opinnäytetyön tekemisen aikana. Jani Oravaa haluan kiittää hyvästä ohjaajan roolista. Janilta sain arvokasta tietoa hänen käytännön kokemuksensa kautta. Omat kiitokset ansaitsevat myös perheeni ja läheiseni, jotka ovat tukeneet minua opinnäytetyöprosessin aikana. Haluan kiittää myös kaikkia muita henkilöitä, jotka ovat olleet osallisena tässä työssä.

Opinnäytetyöni kautta pääsin tutustumaan Raahen Rautaruukin terässulaton toimintaan. Opinnäytetyö antoi myös käytännön kokemusta erilaisiin ongelmanratkaisutehtäviin, joita esimerkiksi kehitysinsinööri tarvitsee työssään.

Raahessa 7.5.2014

Ari Pekka Juntunen

## SISÄLLYS

|  |    |
|--|----|
| TIIVISTELMÄ  | 2  |
| ABSTRACT   | 3  |
| ALKULAUSE  | 4  |
| 1 JOHDANTO   | 7  |
| 1.1 Kehitettävä kohde ja sen ongelma                         | 7  |
| 1.2 Tutkimuksen rajaus ja tavoitteet                         | 8  |
| 2 RAUTARUUKKI OYJ  | 9  |
| 2.1 Raahen tehdas  | 9  |
| 2.2 Terässulatto   | 10 |
| 2.3 Konvertteri  | 14 |
| 2.4 Mellotus ja eri konvertterityypit                        | 15 |
| 2.4.1 LD-menetelmä   | 15 |
| 2.4.2 Pohjapuhallus- eli OBM-menetelmä                       | 16 |
| 2.4.3 Yhdistelmäpuhallusmenetelmä                            | 16 |
| 3 KUNNOSSAPITO   | 19 |
| 3.1 Kunnossapito yleisesti                                   | 19 |
| 3.1.1 Ehkäisevä kunnossapito                                 | 19 |
| 3.1.2 Korjaava kunnossapito                                  | 20 |
| 3.2 Kunnossapidon kustannukset                               | 20 |
| 3.2.1 Välittömät kustannukset                                | 20 |
| 3.2.2 Välilliset kustannukset                                | 21 |
| 3.2.3 Aineettomat menetykset                                 | 21 |
| 3.2.4 Kunnossapidon aiheuttamat kustannukset konverttereilla | 21 |
| 4 SUOJALATAN ONGELMA   | 23 |
| 4.1 Ongelman juurisyyt                                       | 24 |
| 4.2 Ongelmakohteet   | 27 |
| 4.2.1 Konvertteri  | 27 |
| 4.2.2 CAS-OB   | 28 |
| 4.2.3 Kulkuväylä   | 28 |
| 5 TUTKIMUKSET JUURISYIDEN SELVITTÄMISEKSI                    | 30 |

|   |    |
|---|----|
| 5.1 Arttu-kunnossapitotietojärjestelmä                                    | 30 |
| 5.2 Arttu-kunnossapitotietojärjestelmästä löydetty tiedot                 | 30 |
| 5.2.1 Suojalatan kunnossapitoon liittyvät työmääräimet yhteensä           | 31 |
| 5.2.2 Työmääräinten jakaantuminen eri vuosille                            | 31 |
| 5.2.3 Konvertterien suojalattojen eri vikatyypit                          | 34 |
| 5.2.4 Suojalatan kunnossapidon suorat kustannukset                        | 36 |
| 5.2.5 Suojalatan kunnossapitoon kulunut aika                              | 37 |
| 5.2.6 Suojalatan vikapaikat   | 37 |
| 5.2.7 Ennakkohuollot suojalatalle   | 38 |
| 5.4 Materiaali- ja kovuustutkimukset sekä käytetyt menetelmät ja laitteet | 39 |
| 5.5 Työntekijöiden haastattelut   | 42 |
| 5.6 Mittaukset  | 43 |
| 6 TUTKIMUSTEN TULOKSET  | 44 |
| 6.1 Arttu-kunnossapitotietojärjestelmästä saadut tulokset                 | 44 |
| 6.2 Työntekijöiden haastatteluiden tulokset                               | 44 |
| 6.3 Materiaali- ja kovuustutkimusten tulokset                             | 45 |
| 7 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET  | 47 |
| 7.1 Virranottimen jatkaminen  | 47 |
| 7.2 Suojaseinän siirtäminen   | 48 |
| 7.3 Kaksoislatan käyttäminen  | 49 |
| 7.4 Ennakoiva kunnossapito  | 50 |
| 7.5 Työmääräinten huolellinen täyttäminen                                 | 50 |
| 7.6 Suojalatan upotus lattiarakenteeseen                                  | 51 |
| 7.7 Konvertterin huollon aikainen imurointi                               | 52 |
| 7.8 Vinoja suojalevyjä konvertterin seinään                               | 52 |
| 7.9 Suojalatan nostimen suojaus   | 54 |
| 7.10 Harjausmekanismin lisääminen   | 55 |
| 7.11 Kaatologiikoiden parantaminen  | 56 |
| 7.12 Virranottimen muutos   | 56 |
| 8 YHTEENVETO  | 58 |
| LÄHTEET   | 60 |
| LIITTEET  | 62 |

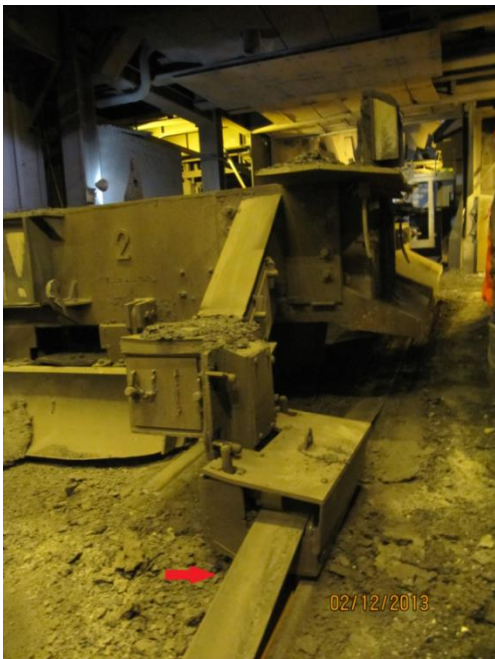
# 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on saatu Raahen Rautaruukilta. Tämän työn aiheena on parantaa konvertterien terässenkkaradan käyttövarmuutta tutkimalla, mitä ongelmia kohteessa on, sekä keksimällä kehitysideoita ongelmien poistamiseksi.

## 1.1 Kehitettävä kohde ja sen ongelma

Terässulatolla on kolme konvertteria, joissa jokaisessa on automatisoitu terässenkkavaunu. Terässenkkavaunussa on kaksi senkkaa, jotka ovat terässenikka ja kuonasenikka. Konvertterista kaadetaan sula teräs terässenikkaan ja sula kuona lopuksi kuonasenikkaan. Terässenkkavaunu siirtää terässenkan rataa pitkin seuraavalle jatkokäsittelypisteelle.

Vaunu saa käyttövoimansa virtakiskosta, joka on sijoitettu virtatunneliin. Virtatunneli on sijoitettu terässenkkaradan alapuolelle, ja se on noin 145 metriä pitkä. Terässenkkavaunun virranottimen varsi kulkee lattiassa olevan raon kautta koko radan pituudelta. Raon päällä on teräksestä valmistettu suojalatta, joka suojaa virtatunneliä, ettei sinne pääsisi likaa terässenkkaradan varrelta. Virranottimen varsi on kiinni laitteessa, joka nostaa suojalattaa terässenkkavaunun kulkiessa radalla. Suoialatta on merkitty kuvaan 1 punaisella nuolella.



KUVA 1. Terässenkkavaunun suoialatta



Teräsenkarakadalla on esiintynyt vuosien varrella lukuisia odottamattomia seisokkeja. Odottamattomat seisokit aiheuttavat tuotannon pysähtymisen useaksi tunniksi. Samalla seisokeista koituu ylimääräisiä ja turhia kustannuksia yritykselle. Seisokin aiheuttajana on ollut suojalatan ratkeaminen tai suojalatan katkeaminen. Suojalatan katkeamisen aiheuttamat tuotantohäiriöt ovat muuttuneet vuosina 2009 - 2013 seuraavasti: vuonna 2009 1 tunti, vuonna 2010 4 tuntia, vuonna 2011 14,5 tuntia, vuonna 2012 8,5 tuntia ja vuonna 2013 15,95 tuntia. Suojalatan aiheuttamien tuotantohäiriöiden määrä on siis suuressa nousussa.

## **1.2 Tutkimuksen rajaus ja tavoitteet**

Työssä tutkitaan teräsenkarakadalla vallinneita suojalatan aiheuttamia ongelmia. Kohteen juurisyitä selvitetään ja tutkitaan sekä pyritään kehittämään niitä siten, että suojalatasta aiheutuneet seisokit saataisiin minimoitua. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on löytää ratkaisu tai ratkaisuja ongelmakohteisiin, jotta saataisiin teräsenkarakadan suojalatan aiheuttamat odottamattomat seisokit mahdollisimman pieneksi tai poistettua jopa kokonaan.

## **2 RAUTARUUKKI OYJ**

Ruukki on erikoistunut erilaisien teräksien valmistamiseen sekä teräsrakentamiseen. Yhtiön virallinen nimi on Rautaruukki Oyj, mutta käyttää markkinointinimeä Ruukki. Yhtiön kotipaikka on Helsinki. Ruukki työllistää yli 9 000 työntekijää 30 maassa. Ruukin visiona on olla energiatehokkaiden teräsratkaisujen innovatiivisin ja arvostettu toimittaja. Ruukki konsernirakenne koostuu teräслиiketoiminnasta (Ruukki Metals), rakentamisen tuotteista (Ruukki Building Products) ja rakentamisen projekteista (Ruukki Building Systems). (1; 2.)

Ruukki Metals on kansainvälisesti toimiva erikoisterästuotteiden valmistaja. Ruukki Metals tarjoaa erilaisia tuotteita ja palveluita. Tuotteisiin kuuluvat kuumavalssatut teräkset, kylmävalssatut teräkset, metallipinnoitetut teräkset, maalipinnoitetut teräkset, putket, tangot, palkit, profiilit sekä ruostumattomat teräkset ja alumiini. Palveluihin kuuluvat esikäsittelypalvelut ja osavalmistus, logistiikka ja varastointipalvelut sekä tekninen tuki ja materiaalituntemus. Ruukki Metals työllistää noin 5 200 henkilöä. (1.)

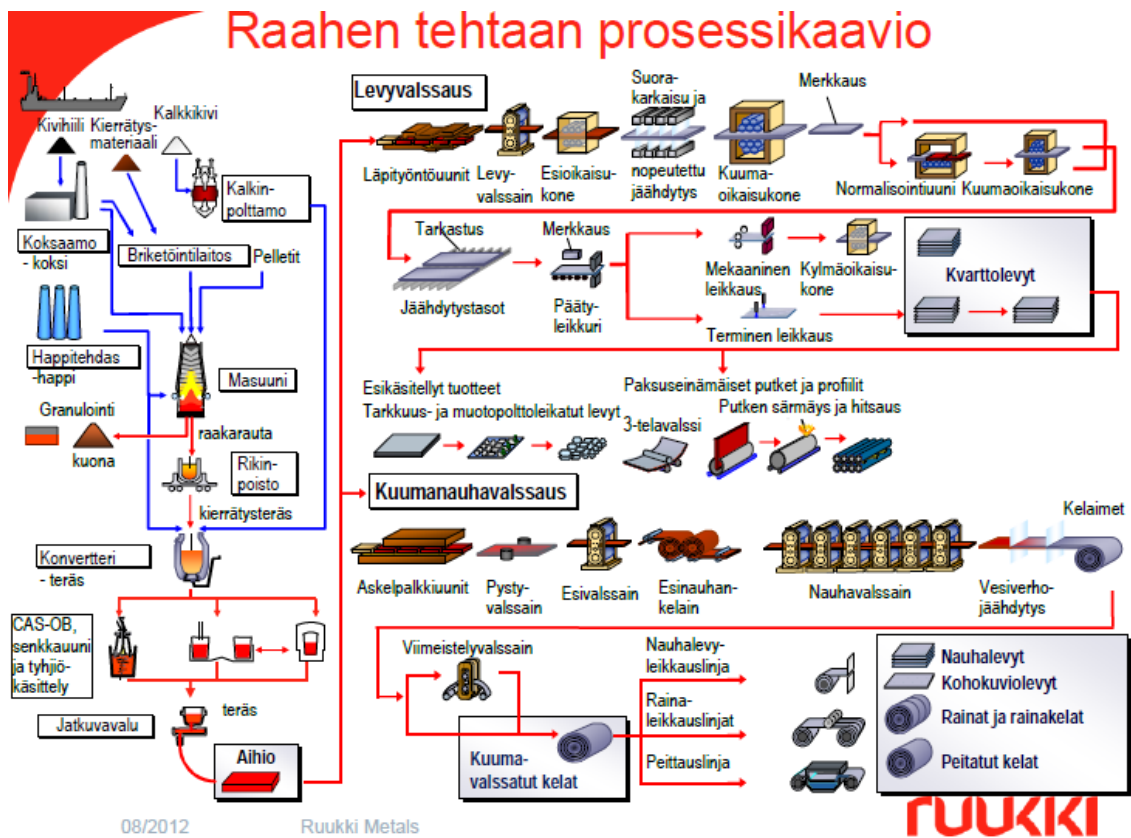
Ruukki Building Products valmistaa energiatehokkaita sekä elinkaareltaan pitkiä kuori-, katto- ja pohjarakentamisen komponentteja teollisuudelle, sekä yksityisille henkilöille sisältäen niiden asennuksen. Päätuotteisiin kuuluvat teräskatot, sadevesijärjestelmät, energiapaneelit sekä perustusten teko. Ruukki Building Products työllistää noin 1 200 henkilöä. (1.)

Ruukki Building Systems tarjoaa kokonaisvaltaista projektien toteutusta. Building Systems sisältää Ruukin omavalmisteisten tuotteiden valmistamisen, niiden suunnittelun sekä niiden asentamisen. Building Systemsin avulla saadaan toteutettua yksi- ja monikerroksiset liike-, toimitila- ja teollisuuden rakennukset. Building Products työllistää noin 2 000 henkilöä. (1.)

### **2.1 Raahen tehdas**

Rautaruukki on perustettu vuonna 1960. Ensimmäinen masuuni saatiin rautatuotantoon vuonna 1964. Kuumavalssaamo on valmistunut vuonna 1971. Raahen tehdas koostuu satamasta, koksaamosta, masuuneista, terässulatosta ja valssaamosta. Raahen terästehtaalla työskentelee nykypäivänä noin 2 400 henkilöä. Raahen tehdas on konserninemeltään Ruukki Metals, eli tehtaan rakenne koostuu teräслиiketoiminnasta. (3.)

Raahen tehtaalla valmistetaan mm. erikoislujia, kulutusta kestäviä sekä erikoispinnoitettuja tuotteita. Tehtaan pääpainona on kehittää erikoisterästuotteita. Raahen tehtaalla tuotetaan 2,8 miljoonaa tonnia terästä malmista ja kierrätysteräksestä. Suurin osa eli 1,2 miljoonaa tonnia kuumavalssatuista teräslevyistä ja teräskeloista toimitetaan erilaisiin prosessointiyksiköihin, joita ovat palvelukeskukset, putkitehtaat ja erilaiset varastot. Noin 0,7 miljoonaa tonnia metalli- ja maalipinnoitettuja teräslevyjä toimitetaan Hämeenlinnaan, Kankaanpähän, Anderslövhön ja Antrasitiin. Kylmävalssattuja teräslevyjä ja -keloja toimitetaan Hämeenlinnaan noin 0,1 miljoonaa tonnia. Vientiin Raahen tehtaan tuotteista menee noin 36 %. Raahen tehtaan prosessikaavioita voidaan tarkastella kuvasta 2. (3.)



KUVA 2. Raahen tehtaan prosessikaavio (3)

## 2.2 Terässulatto

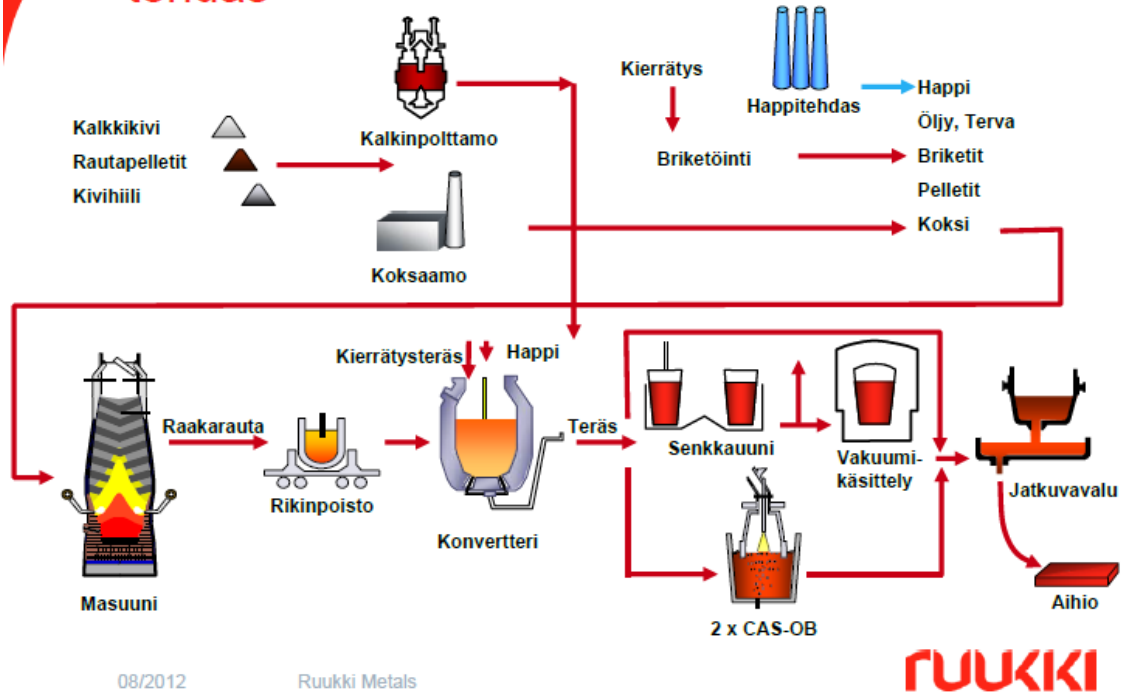
Terässulatto on osasto, jossa masuunilta toimitettu raakarauta muutetaan teräksiksi, seostetaan halutunlaiseksi ja valetaan ahioksi. Ahiot siirretään aihiohalliin, josta ne siirretään jatkokäsittelyyn valssaamolle.

Masuunilta tuleva raakarauta sisältää hiiltä yli 4 %. Kyseisellä hiilipitoisuudella rauta on valurautaa, eli se on myös hyvin haurasta, joka on seurauksena hiilen suuresta määrästä. Valmis teräs sisältää hiiltä alle 1 %. Suurimman teräslajiryhmän muodostavat rakenneteräkset, joissa hiiltä on alle 0,2 %. (4, s. 34.)

Raakarauta tuodaan senkkavaunuilla masuunilta sulatolle, jossa se ensimmäiseksi kaadetaan mikseriin. Mikserin tehtävänä on toimia välivarastona, jolloin sen avulla voidaan raakaraudan tuotanto- ja kulutusrytmiä tasata jatkuvatoimisen masuuniprosessin ja panostyyppisen konvertteriprosessin välillä. Mikserin avulla saadaan myös tasoitettua raudan lämpötilaa sekä sen koostumusta. Mikseri on lieriön muotoinen ja se on asennettu kyljelleen. Sen sisusta on vuorattu tulenkestävillä magnesiittitiilillä. Varastointikykyä mikserillä on 500 - 2 500 tonnia. (4, s. 35.)

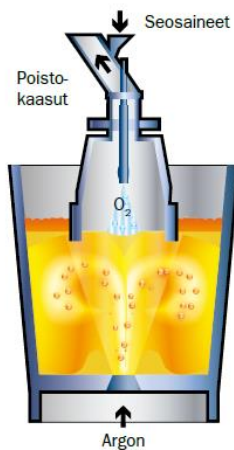
Mikseristä raakarauta kaadetaan rautasenkkaan, jossa se kuljetaan automatisoidulla vaunulla konvertterien läheisyyteen. Tyhjään konvertteriin panostetaan ensimmäiseksi kierrätysterästä noin 20 tonnia ja sen päälle kaadetaan senkassa oleva sula raakarauta nosturin avulla. Konvertterissa raakaraudalle tehdään happipuhallus, jolla raakaraudan hiilipitoisuutta saadaan pienennettyä ja jolloin raakaraudasta syntyy terästä. Happipuhalluksen jälkeen teräs kaadetaan terässenkkaan ja konvertteriin jäänyt kuona kaadetaan kuonasekkaan. Sula teräs kuljetetaan tämän jälkeen erilaisiin jatkokäsittelyihin. Raudan- ja teräksenvalmistusprosessia voidaan tarkastella kuvasta 3. (5.)

## Raudan- ja teräksenvalmistus – Raahen tehdas



KUVA 3. Raudan- ja teräksenvalmistusprosessi Raahen tehtaalla (3)

Teräkseen muodostetaan erilaisia ominaisuuksia CAS-OB-, senkkauuni- tai tyhjiökäsittelyillä. Näiden menetelmien avulla saadaan sula teräs tiivistettyä. Terästä voidaan kutsua tiivistetyksi silloin, kun siihen on lisätty niin paljon happea sitovia aineita, ettei teräksen jähmettymisen aikana muodostuvia kaasukuplia pääse syntymään. Niukkahiilisillä teräksillä käytetään tiivistämiseen piitä tai alumiinia. Kuvassa 4 nähdään CAS-OB-menetelmän toimintaperiaate. (4, s. 44; 6.)

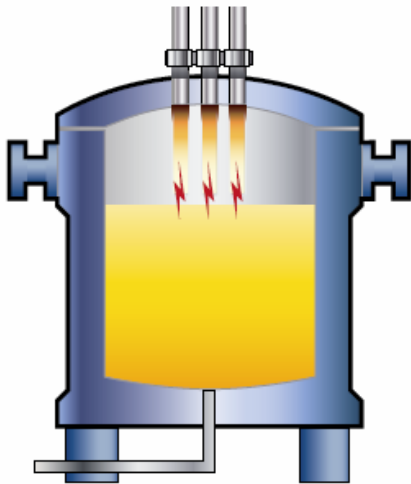


KUVA 4. CAS-OB-menetelmän periaatekuva (4, s. 44)

CAS-OB syntyy sanoista Composition Adjustment by Sealed bubbling and Oxygen Blowing, joka tarkoittaa suomeksi koostumuksen säätöä Ar-suojauksessa ja happipuhallusta. Prosessi on Nippon Steelin kehittämä vuonna 1982. Prosessissa tehdään seokselle kaasuhuuhtelu. Kaasuhuuhtelun tarkoituksena on saada riittävä lämpötilan tasaisuus, joka on välttämätön jatkuvavalettavalle teräkselle. Kaasuhuuhtelun avulla saadaan myös rikkiä poistettua teräksestä ja siirrettyä se kuonaan. Samalla seokseen lisätään palaseosaineita ja lankoja, tehdään näytteenottoja, lämpötilamittauksia sekä lämmitetään seosta. (4, s. 34; 6.)

Senkkauunikäsittely on menetelmä, jolla seostetaan ja lämmitetään terästä. Tyhjökäsittelyssä sulan lämpötila laskee. Lisättävien seosaineiden sulattamiseen tarvitaan lisää lämpöä. Senkkauunissa sulan lämpötilaan saadaan nostettua, jolloin lisäaineet saadaan sulatettua. Senkkauunikäsittelyä käytetään usein viimeistelyvaiheena, sillä sulan koostumus sekä sen lämpötila saadaan oikeaksi valua varten. Senkkauunikäsittelyllä saavutetaan seuraavia asioita: sen avulla mahdollistetaan suuremmat seosainemäärät kuin ilman senkkauunikäsittelyä, hyvä lämpötilanhallinta, hyvä kuonapuhdistus, rikinpoisto, reaktiivisen kuonan laajalla koostumusalueella ja matalat kaatolämpötilat (4, s. 45; 6).

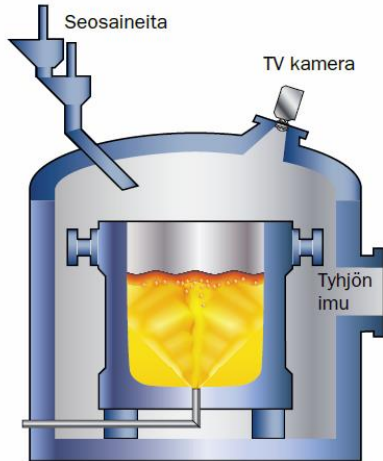
Senkkauunikäsittelyn periaatetta voidaan tarkastella kuvasta 5. (4, s. 45.)



KUVA 5. Senkkauunin toimintaperiaate (4, s. 45)

Tyhjökäsittelyiden avulla teräksestä saadaan poistettua siihen liuenneita kaasuja. Vetypitoisuuden alentaminen on yleisin suoritettava käsittely. Vetypitoisuuden alentamisen avulla saadaan loppumaan myös vetyhalkeilu, joka aiheuttaa suurten taottavien kappaleiden vaikeaa valmistusta sekä lujien terästen halkeilua hitsattaessa kylmissä olosuhteissa. Sulaan liuennut

happi muodostaa hiilen kanssa hiilimonoksidia. Sulasta hiilimonoksidi nousee kaasukuplien avulla. Menetelmällä saadaan valmistettua siis hyvin matalahiilisiä, jopa 0,002 % hiiltä sisältäviä teräksiä. Menetelmän avulla saadaan teräsiin sitkeyttä, väsymislujuutta ja työstettävyyttä. Kuvassa 6 nähdään tankkivakuuimenetelmä. (4, s. 44.)



KUVA 6. Tankkivakuuimi- eli tyhjömenetelmä (4, s. 45)

### 2.3 Konvertteri

Konvertterissa raakaraudalle tehdään happipuhallus. Menetelmän avulla raakaraudasta saadaan poistettua ylimääräinen hiili. Käsittelyn jälkeen raakarauta muuttuu teräkseksi sen pienentyneen hiilipitoisuuden ansiosta.

Konvertteri on teräksestä valmistettu astia, joka on muurattu sisäpuolelta tulenkestävillä tiilillä. Konvertteri on sylinterinmuotoinen, yläpuoleltaan kartionmalliseksi muuttuva. Panostaminen tapahtuu yläpuolella olevasta avoimesta aukosta. Konvertterin kartio-osassa sijaitsee kaatoreikä, jonka avulla teräs kaadetaan terässenkkaunun päällä olevaan senkkaan. (4, s. 34.)

Konvertteriin panostetaan noin 20 - 30 tonnia kierrätysterästä ja sen jälkeen sula raakarauta. Viimeisenä lisätään poltettu kalkki sekä mahdollisia fluksiaineita. Ylhäältä tapahtuvassa happipuhalluksessa happi puhalletaan noin kaksinkertaisella äänennopeudella. Sulan kuonan, rautapisaroiden ja kaasun muodostama emulsio saadaan aikaan happivirran sekä mellotuksessa syntyvän CO-kaasun vaikutuksesta. Lanssin korkeutta säätämällä sekä pohjan kautta puhallettavien kaasujen koostumusta muuntelemalla voidaan ohjata prosessin kulkua. Raahen Rautaruukin tehtaalla on käytössä kolme 120 tonnin yhdistelmäkonvertteria. Jokaiseen

konvertteriin saadaan panostettua raakarautaa sekä kierrätysterästä yhteensä 120 tonnia. (4, s. 35.)

## **2.4 Mellotus ja eri konvertterityypit**

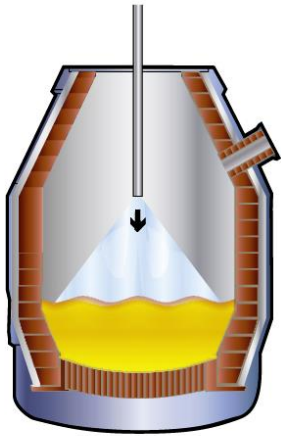
Mellotus on menetelmä, jossa sulaan rautaan puhalletaan puhdasta happea keraamisen happilanssin avulla. Aikaisemmin käytettiin Bessemer- ja Thomas-prosesseja, joissa hapen sijasta käytettiin ilmaa. Nykyisin näitä menetelmiä ei enää käytetä. Käytettäessä puhdasta happea saadaan suuri mellotusnopeus ja sitä kautta lyhyt mellotusaika. Muita etuja ovat kaasumäärän ja kaasun mukana menetetyn hukkalämmön väheneminen ja kaasun puhdistuksen helpottuminen. Syntyviä energiasäästöjä käytetään kierrätysteräksen sulattamiseen. Hapen käyttö myös estää tyyppitoisuuden kohoamista, mikä oli tyyppillistä käytettäessä ilmaa. Mellotuksen tarkoituksena on poistaa raudassa oleva ylimääräinen hiili. Liian suuri hiilipitoisuus tekee raudasta liian haurasta. Raudassa oleva hiili reagoi puhalletun hapen kanssa synnyttäen CO-kaasua. Syntyvä hiilimonoksidi poistetaan prosessista. (4, s. 34.)

Konvertterityyppejä on olemassa monia erilaisia ja niissä on omat hyvät ja huonot puolensa. Happipuhallusprosessien läpimurto on ollut 1950- ja 1960-luvuilla. Prosessit ovat kehittyneet vuosikymmenien aikana, ja kilpailevat menetelmät on saatu hyödynnettyä niin, että prosesseja on alettu yhdistelemään. Seuraavassa kappaleessa tutustutaan eri menetelmiin. (4, s. 34.)

### **2.4.1 LD-menetelmä**

Happipuhallusmenetelmien perusprosessi on LD-menetelmä. Menetelmä on kehitetty 1950-luvulla Itävallassa sijaitsevilla Linzin ja Donawitzin kaupungeissa, josta menetelmälle on keksitty lyhenne LD. Menetelmässä konvertteriin lasketaan ylhäältä vesijäähdytetty putki eli lanssi, jota pitkin happi puhalletaan. Hapetusihkut suuntautuvat raakarautasulaan lanssin päässä olevien reikien kautta. Yleensä lanssin päässä on kolmesta kuuteen reikää. Kuvasta 7 voidaan tarkastella LD-menetelmän peruseräperiaatetta. (4, s. 34.)





KUVA 7. LD-konvertteri (4, s. 34)

### 2.4.2 Pohjapuhallus- eli OBM-menetelmä

Saksassa kehitettiin LD-menetelmälle kilpailijaksi pohjapuhallus- eli OBM-menetelmä. Konvertterin pohjassa on suuttimet, joiden avulla happi saadaan puhallettua raakarautasulaan. Suuttimet ovat kahdesta sisäkkäisestä putkesta muodostettu ja niitä kutsutaan rengassuuttimiksi. Sisäputken kautta saadaan puhallettua happea ja ulomman raon kautta saadaan puhallettua hiilivetyä. Hiilivety hajoaa ja krakkautuu osuessaan sulaan metalliin ja siten jäähdyttää ja suojaa suuttimien ympäristöä. OBM-menetelmässä prosessin kulku on periaatteessa samanlainen, kuin LD-menetelmässä. Kuvassa 8 nähdään OBM-konvertteri. (4, s. 34.)

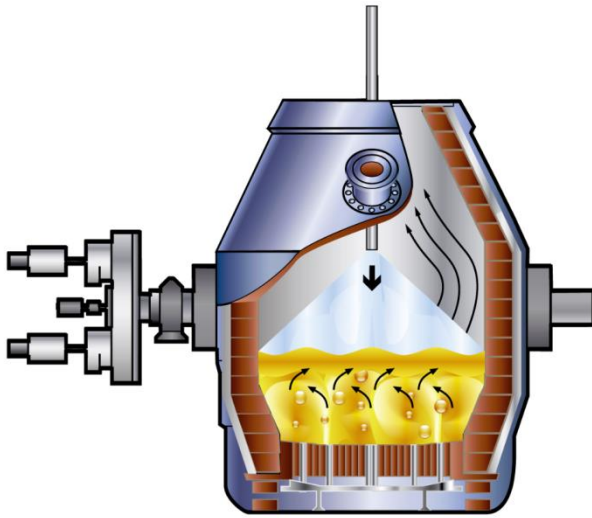


KUVA 8. OBM-konvertteri (4, s. 34)

### 2.4.3 Yhdistelmäpuhallusmenetelmä

Verrattaessa LD- sekä OBM-konverttereita niistä voidaan havaita toisiinsa verrattaessa erilaisia etuja ja haittoja. Jotta edut saataisiin maksimoitua ja haitat saataisiin minimoitua, on

puhallustekniikkaa kehitetty vuosien aikana. LD-konverttereita on muokattu siten, että niihin on lisätty pohjasuuttimia, joiden kautta on puhallettu inerttiä kaasua, typpeä tai argonia. OBM-konverttereita on muokattu siten, että niihin on lisätty ylälanssi. Nykypäivänä käytetäänkin konverttereita, joissa on yhdistelty eri konvertterityyppejä. Yhdistettyjä konverttereita kutsutaan yhdistelmäkonverttereiksi. Yhdistelmäkonvertterin toimintaperiaatetta voidaan tarkastella kuvasta 9. (4, s. 35.)



KUVA 9. Yhdistelmäkonvertteri (4, s. 35)

Puhalluksen aikana syntyy reaktioita, jotka ovat hyvin kiivaita ja nostavat lämpötilaa nopeasti. Alkuvaiheessa pii hapettuu ja siitä muodostuu piioksidia ( $\text{SiO}_2$ ). Lisäksi mangaani ja osa raudasta hapettuvat. Mangaanin ja rautaoksidien tehtävänä on parantaa  $\text{CaO}$ :n liukenemistä sekä estää kuonan syntymistä. (4, s. 35.)

Kuonasta saadaan emäksistä, kun  $\text{CaO}$ :n ja  $\text{SiO}_2$ :n painosuhde on vähintään 3. Kalkin määrällä saadaan vaikutettua kuonan emäksisyyteen. Haitallisia epäpuhtauksia, kuten rikin ja fosforin siirtymistä kuonaan saadaan edistettyä emäksisen kuonan avulla. (4, s. 35.)

Piin hapetuttua alkaa hiilen voimakas palaminen. Kun haluttu hiilipitoisuus on saavutettua, lopetetaan puhallus. Sula teräs kaadetaan puhalluksen päätyttyä konvertterin kyljessä olevasta aukosta valusenkaan. Loppuvaiheessa kuonapataa kaadetaan konvertteriin jäänyt kuona. Tässä vaiheessa teräksen lämpötila on n. 1 600 - 1 700 °C. (4, s. 35.)

Puhallukseen menee aikaa yleensä 15 - 20 minuuttia. Koko prosessiaika on noin 30 - 50 minuuttia, konvertterin kaadosta seuraavaan kaatoon. Konvertterin koko ei vaikuta puhallusaikaan, sillä puhallusnopeus hapelle voidaan säätää konvertterin koon mukaiseksi. (4, s. 35.)

Suurimmilla konverttereilla pystytään valmistamaan terästä yhdellä kerralla jopa 400 tonnia. Terässulatoilla on yleensä kaksi tai kolme konvertteria. Yksi näistä on pois käytöstä, koska siihen suoritetaan uudelleen muurausta. Kahdella konvertterilla pystytään käsittelemään 10 000 - 15 000 panostusta, vaikka toinen konvertteri on ainoastaan käytössä. Kolmen konvertterin laitoksella pystytään siis panostamaan vastaavasti kaksinkertainen määrä. (4, s. 35.)

## **3 KUNNOSSAPITO**

### **3.1 Kunnossapito yleisesti**

Standardin SFS-EN 13306 mukaan kunnossapito määritetään seuraavasti: ”Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.” (6, s. 29.)

Maailmanlaajuisesti kunnossapito on hyvin merkittävä liiketoiminnan ala. On arvioitu, että Suomessa kunnossapitoon liittyviä työpaikkoja on yli 200 000. Yksi suurimmista yritysten kustannuksista on kunnossapito. Mikäli pääoma ja raaka-ainekustannuksia ei oteta huomioon, se on suurin. Kunnossapito on suurin kontrolloimaton kustannuserä yrityksille. (6, s. 20.)

#### **3.1.1 Ehkäisevä kunnossapito**

Ehkäisevä kunnossapito määritellään standardissa SFS-EN 13306 seuraavasti: ”Ehkäisevää kunnossapitoa tehdään säännöllisin välein tai asetettujen kriteerien täytyessä. Tavoitteena on vähentää laitteen rikkoontumisen mahdollisuutta tai toimintakyvyn heikkenemisestä.” (6, s. 66.)

Ehkäisevällä kunnossapidolla käsitetään säännöllisesti tehtäviä toimenpiteitä. Ehkäisevä kunnossapito voidaan jaotella vielä kuntoon perustuvaan kunnossapitoon, sekä jaksotettuun kunnossapitoon. (6, s. 66.)

Vikaantumisen aiheuttavia syitä tai olosuhteita tulee havainnoida ja tarkkailla. Jotta kone tai laite pystyisi toimimaan suunnitellulla tavalla, täytyy niille tehdä kaikki mahdolliset toimenpiteet, jotka edesauttavat koneen toimintakuntoa. Koneen rakenteiden ylläpito ja koneen toimintaympäristön siistinä pitäminen ovat toimenpiteitä, jotka auttavat koneen toimintakunnon ylläpitämistä. Alkaneiden vikojen havainnointi ja niiden korjaaminen ennen kuin vika pysäyttää koneen kokonaan. Ehkäisevällä kunnossapidolla käsitetään myös korjaava kunnossapito eli kunnostaminen. Ehkäisevä kunnossapito koostuu siis kolmesta eri elementistä, joita ovat toimintaolosuhteiden vaaliminen, tarkastukset sekä kunnostaminen. Ehkäisevällä kunnossapidolla tarkoitetaan pääsääntöisesti suunniteltua ja säännöllistä toimintaa, jota voidaan tehdä koneen käydessä ja erilaisten seisokkien yhteydessä. (6, s. 66.)

Ehkäisevää kunnossapitoa kannattaa tehdä, kun ehkäisevän kunnossapidon kustannukset ovat pienemmät kuin sen puutteen aiheuttamat vahingot ja menetykset. Ehkäisevää kunnossapitoa kannattaa käyttää myös silloin kun on olemassa tehokas ennakkohuoltomenetelmä kohteelle, sekä ehkäistävälle vikatyyppille. (6, s. 69.)

### **3.1.2 Korjaava kunnossapito**

Korjaavalla kunnossapidolla tarkoitetaan viallisen osan tai komponentin käyttökuntoon palauttamista. Korjaava kunnossapito voidaan lajitella kahteen eri ryhmään, eli häiriökorjauksiin tai kunnostuksiin. Häiriökorjauksilla tarkoitetaan suunnittelematonta kunnossapitoa ja kunnostuksella suunniteltua kunnossapitoa. (6, s. 43.)

Kaikki laitteet ovat suunniteltuja siten, että niiden toiminta on moitteetonta. Mikäli laite on suunniteltu ja valmistettu oikein sekä oikeista materiaaleista ja sitä käytetään oikeissa olosuhteissa oikein ylläpidettynä, rikkoontumista ei tapahdu. Laitteeseen ei synny vikaa itsekseen, tai se ei ilmesty tyhjästä, vaan jokaisella vialla on syntymä sekä kehittymismekanismi. Vaurioitumista voidaan vähentää merkittävästi, kun vian kehittymiseen päästään riittävän ajoissa käsiksi. (6, s. 48.)

## **3.2 Kunnossapidon kustannukset**

Normaalit liiketoiminnan toimintamallit esiintyvät kunnossapidossa, sillä kunnossapito on liiketoimintaa. Talous on yksi tärkeimmistä ohjaavista tekijöistä. Tärkein liiketoiminnan täyttämistä ehdoista on tuottavuus. Tuottojen ja kustannusten erotuksella saadaan selvitettyä liiketoiminnan tuottavuus. (6, s. 135.)

### **3.2.1 Välittömät kustannukset**

Kunnossapidon välittömät kustannukset syntyvät toiminnan tekemisestä, eli ne voidaan suorana osoittaa syntyväksi kunnossapidon tekemisestä. Välittömiin kustannuksiin voidaan laskea kunnossapito-organisaation palkat yms. työkustannukset, varaosat, hankintakustannukset, varastointikustannukset, materiaalit, tarvikkeet, alihankinta ja kunnossapidon yleiskustannukset esim. hallintokulut, kiinteistökulut ja varastointikulut. (6, s. 135.)

Tyypillistä välittömille kustannuksille on, että niitä on helppo mitata ja niiden vaikutus koko toiminnan tulokseen on pienempi mitä on luultu. Asia on hyvä pitää mielessä silloin, kun etsitään kustannussäästöjä. (6, s. 135.)

### **3.2.2 Välilliset kustannukset**

Ominaista välillisille kustannuksille on, että niiden kohdistaminen on hankalaa tai niitä ei voida järkevästi kohdistaa esimerkiksi kunnossapidon eri toiminnoille. Välillisiä kustannuksia aiheuttavat hylky eli huono laatu, uusiminen ja uudelleen tekeminen, epäsuhtaiset varastot, ylimitoitettu käyttöomaisuus kuten koneet, rakennukset ja maa-alueet, epäsuhtainen rahoitusomaisuus, hallitsematon resurssien käyttö, ylityökustannukset, tuotannosuunnittelun lisäkustannukset, tuotantovakuutukset, kasvaneet elinaikakustannukset, menetetty uustuotantomahdollisuus ja epäkäytettävyyuskustannukset. (6, s. 135.)

Välilliset kustannukset ovat suurempia kuin välittömät kustannukset. Välillisiä kustannuksia on vaikea mitata, mutta niiden vaikutus on koko toiminnan kannalta suuri. Keskittämällä säästötoimia välillisiin kustannuksiin voidaan saavuttaa säästöjä, jotka ovat välittömiä kustannuksia suuremmat. (6, s. 136.)

### **3.2.3 Aineettomat menetykset**

Toiminta joka on huonolaatuista aiheuttaa seurauksia, joilla on suora vaikutus toimintaan. Näitä ovat mm. sisäiset vaikutukset eli turvallisuus, motivaatio ja oppimisprosessi kärsivät. Yrityksen maine toimittajana kärsii, josta seuraa että asiakkaat etsivät luotettavampaa toimittajaa. Lisäksi yrityksen imago kärsii ja asiakkaat ovat haluttomia maksamaan pyydettyä hintaa. Tämä synnyttää myyntiongelmia ja myyntimiesten aika kuluu valitusten selvittelyyn eikä myyntiin. (6, s. 136.)

Nykypäivänä on kilpailulle ominaista, että toiminnallinen laatu korostuu kilpailutekijänä. Juuri tämän takia on otettava huomioon aineettomien menetysten negatiivinen vaikutus kunnossapidossa, vaikkei se suoraan kohdistuisikaan itse kunnossapito-organisaatioon. (6, s. 136.)

### **3.2.4 Kunnossapidon aiheuttamat kustannukset konverttereilla**

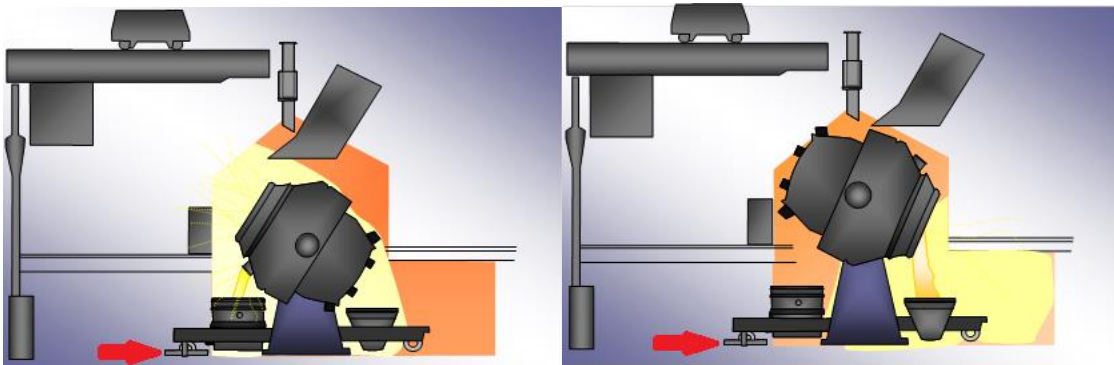
Suojalatan katkeamisen jälkeen on käytössä ainoastaan yksi konvertteri, sillä yksi konvertteri on aina muurauksessa. Tuotanto siirtyy siis heti puoliteholle. Tuotannon muutos aiheuttaa ongelmia

koko tehtaan prosessissa niin ennen sulattoa kuin sen jälkeenkin. Käyntiasteen määrä on merkittävässä roolissa kustannusten syntymisessä.

Suojalatan katketessa prosessissa aiheutuu epänormaalia toimintaa. Prosessi on moniltaosin automatisoitu ja ongelman, eli suojalatan katkeamisen tapahtuessa aiheutuu prosessiin logiikkaongelmia. Suojalatan katkeaminen aiheuttaa myös palautteen tekoa, eli konvertterilta saatu teräs joudutaan kaatamaan takaisin konvertteriin. Palautteen tekeminen on yleistä silloin, jos teräksen seostaminen epäonnistuu CAS-OB:lla tai vakuumikäsittelyssä. Käyntiasteen ollessa alle 100 prosenttia, saadaan seisokissa menetetty aika kuitenkin otettua kiinni. Täyden käyntiasteen aikana odottamaton seisokki aiheuttaa huomattavan isoja epäsuoria kustannuksia, joiden tarkkoja määriä on mahdotonta laskea, sillä sen vaikutusalue on hyvin laaja. (7.)

## 4 SUOJALATAN ONGELMA

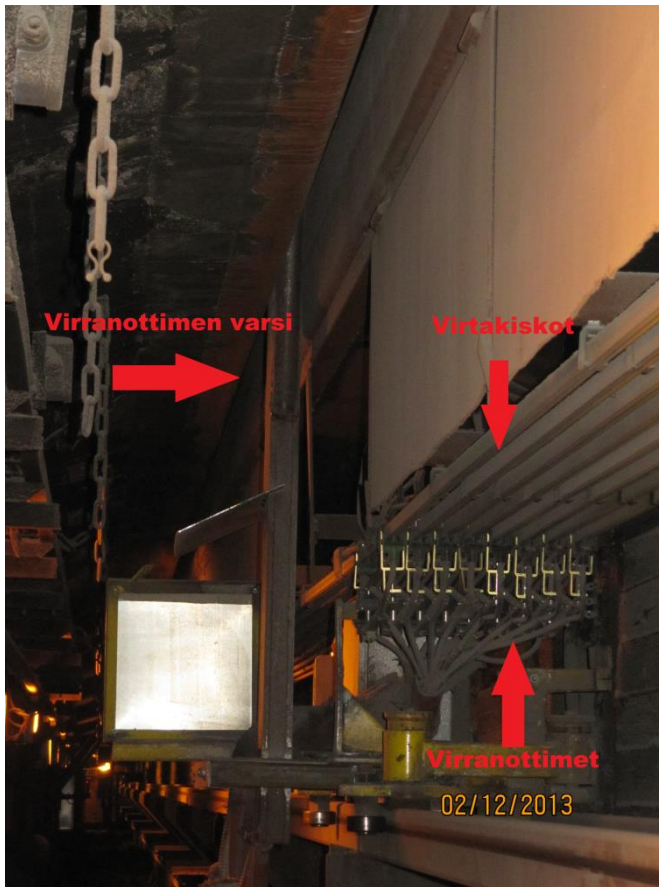
Konverttereilla tapahtuvan happipuhalluksen jälkeen teräs on valmiina jatkokäsittelyihin. Konvertterin alapuolella käytetään sähköistettyä terässenkkaaunua, jonka päällä ovat teräsenkka ja kuonassenkka. Konvertterista teräs kaadetaan terässenkkaan ja kuona kuonassenkaan. Kuvassa 10 nähdään teräksen ja kuonan kaatoprosessi sekä suojalatan paikka kaadon aikana.



KUVA 10. Suojalatan paikka teräksen ja kuonan kaadossa konvertterilla (3)

Kaadettaessa terästä tai kuonaa senkkaan, syntyy runsaasti sulan roiskeita, jotka kerääntyvät konvertterien alapuolelle maahan, sekä terässenkkaunun radalle aiheuttaen suojalattoihin ongelmia. Suojalatan tarkoituksena on suojata virtatunnelissa olevia virtakiskoja, sekä virranottimia. Kuvassa 11 nähdään virtatunnelissa olevat virtakiskot ja virranottimet. Suojalatan aukosta pääsee kulkeutumaan virtatunneliin kameja. Roiskeet muuttuvat kameiksi, kun ne jäähtyvät ja muuttuvat kiinteäksi kappaleeksi. Kamit aiheuttavat monenlaisia turhia ongelmia virtatunnelissa. Seuraavassa kappaleessa käsitellään ongelman juurisyytä sekä ongelma-kohtia, joissa suojalattaan tapahtuu eniten muutoksia.





KUVA 11. Virranotinlaitteisto virtatunnelissa

#### 4.1 Ongelman juurisyyt

Juurisyytä suojalatan katkeamiselle voi olla monia. Todennäköisimpiä syitä voivat olla: latan materiaaliominaisuuksien muuttuminen suurien lämpövaihteluiden aiheuttamana, roiskeiden nostattaman suojalatan vääntyminen, roiskeiden poistamiseen käytettävä kone tai ennakkohuollon puute kohteelle. Kuvassa 12 nähdään suojalatta, joka on aiheuttanut linjalle suunnittele mattoman seisokin.



*KUVA 12. Pahoin vääntynyt suojalatta*

Suojaseiniin kertyvät roiskeet muodostavat suuria skollia ja suuret lämmönvaihtelut irrottavat skollat lopulta seinistä. Irtoavat skollat putoavat suojalatan päälle tehden suojalattaan muodonmuutoksia. Pudonneet skollat ja jäähtyneet roiskeet siivotaan pyöräkuormaajan avulla suojalatan päältä pois. Pyöräkuormaaja saattaa puhdistessaan osua kauhallaan suojalattaan tehden siihen muodonmuutoksia, jotka ajan kanssa muuttuvat ratkeamiksi ja lopulta suojalatan katkeamiseksi. Pyöräkone voi osua suojalattaan niin kovalla voimalla, että suojalatta menee heti poikki.

Kaadettaessa konvertterista terästä senkkaan osa teräksestä roiskuu senkan ylitse tai ohi maahan. Sama ilmiö tapahtuu kaadettaessa kuonaa pois konvertterista. Sula lentää suurelle alueelle ja on mahdollista, että se lentää myös suojalatan päälle. Sula teräs tai kuona saattaa lämmittää suojalattaa niin paljon, että se aiheuttaa suojalatan materiaaliominaisuuksien heikkenemistä. Suojalatan materiaaliominaisuuksien muuttuessa suojalatta ei toimi sille suunnitellulla tavalla ja se katkeaa jatkuvan muovautumisen seurauksena. Kuvassa 13 nähdään, kuinka teräksen kaadossa tapahtuu sulan roiskumista.



*KUVA 13. Sulan roiskuminen teräksen kaadossa*

Konvertterin kaadon aikana syntyvät roiskeet kerääntyvät suojalatan päälle sekä sen lähiympäristöön. Terässenkkaunun tullessa konvertterin alapuolelle suojalatan nostin nostaa suojalatan ilmaan. Suojalatan päällä ja sivustalla olevat roiskeet pääsevät vyörymään koholla olevan suojalatan alle. Terässenkkaunun poistuessa konvertterilta suojalatta laskeutuu, mutta alle jääneet roiskeet eivät mahdollista suojalatan oikeaa korkoasemaa. Terässenkkaunun tullessa suojalatta nousee ilmaan ja roiskeet ovat alltiina pääsemään suojalatan alapuolelle kohottaen suojalattaa lisää. Lopulta suojalatan alle kertyneet roiskeet vääntävät suojalattaa niin paljon, että siihen syntyy murtumia aiheuttamia muutoksia.

Yhtenä mahdollisena vian aiheuttajana voi olla suojalatan ennakkohuollon puute. Suojalatassa saattaa olla vikoja, joita ei huomata käynnin aikana, johtuen sulaton pölyisistä olosuhteista. Konvertteri on seisokissa aina noin kolmen kuukauden välein, johtuen konverttereihin tehtävästä muurauksesta. Suojalattaa ei uusita muurauseisokissa, vaan ainoastaan sen kunnan perusteella, eli useamman vuoden välein.

Mahdollisia juurisyitä on siis useita. Juurisyiden selvittämiseksi tehtiin useita eri tutkimuksia syiden selvittämiseksi. Juurisyitä saadaan selvitettyä saatujen tutkimustulosten perusteella.

## 4.2 Ongelmakohteet

Suojalatan ratkeaminen tai pahimmassa tapauksessa katkeaminen tapahtuu yleisimmin kolmessa eri paikassa. Ongelmakohteita on konvertterin alla, CAS-OB-aseman alla sekä konvertterin ja CAS-OB-aseman välillä, josta menee työkoneiden ajoreitti. Ensimmäisenä esitellään ne ongelma-kohteet, joissa ongelmia on eniten.

### 4.2.1 Konvertteri

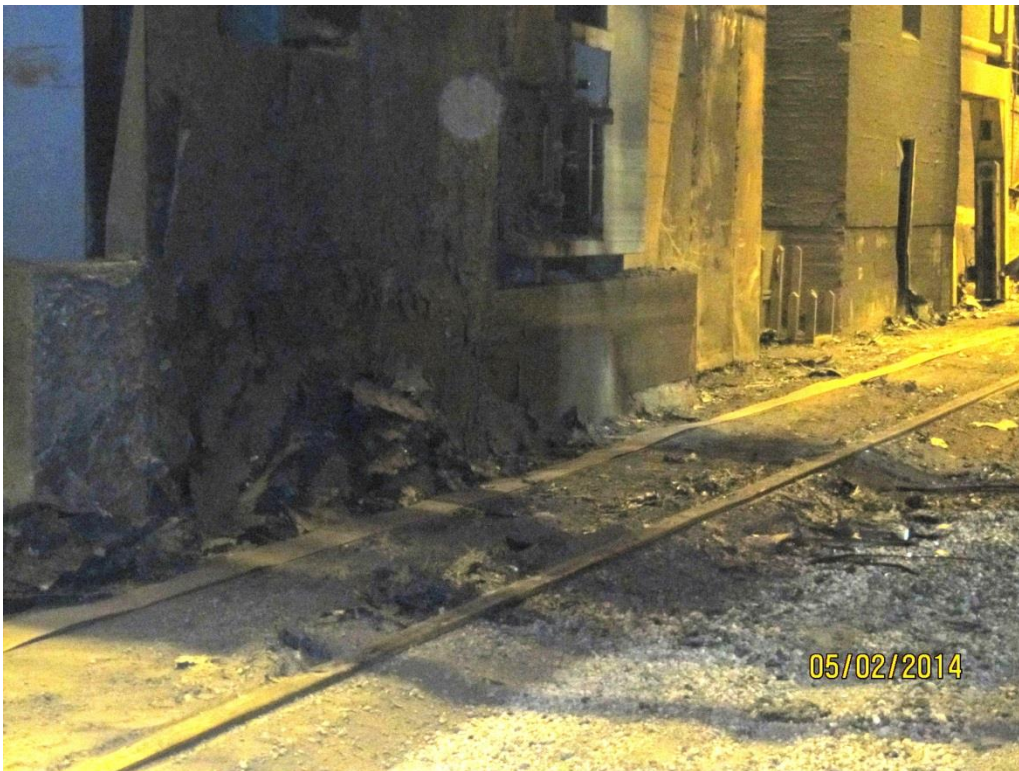
Konvertterin alapuolelle suojalattaan liittyviä työmääräimiä oli eniten. Työmääräimestä on esimerkkikuva liitteessä 1. Teräksen ja kuonan kaatamisessa syntyy runsaasti roiskeita, jotka kulkeutuvat maahan. Konvertterialue on paikka, johon kertyy eniten kameja, ja on siis siten suurimmalla kuormituksella. Kertyneiden roiskeiden poistamiseen käytetään pyöräkoneita. On mahdollista, että käytettävä pyöräkone tökkää kauhalla suojalattaan ja aiheuttaa suojalatan ratkeamisen ja lämpötilavaihtelut muovaavat suojalattaa siten, että se repeytyy poikki. Kuvassa 14 terässenkka-vaunu on konvertterin alapuolella ottamassa kuonaa kuonaseenkaan.



KUVA 14. Kuonan kaato konvertterista terässenkka-vaunussa olevaan kuonaseenkaan

#### 4.2.2 CAS-OB

CAS-OB-asemalla teräksen lämpötilaa kohotetaan kaasuhuhtelun avulla. Käsittelyn loppuvaiheessa saattaa tapahtua sulan roiskumista. CAS-OB:n vieressä oleva suojaseinä ottaa vastaan roiskeet, josta ne tippuvat maahan ja suojalatan päälle. CAS-OB-käsittelypaikalla käytetään alueen puhdistukseen Bobcat-pienkuormaajaa. Puhdistuksessa kauha saattaa osua suojalattaan tehden siihen loven. Lämpötilan vaihdellessa suojalatta saattaa elää ja synnyttää murtumista, aiheuttaen lopulta suojalatan katkeamisen. On myös huomattu, että suojalattaan syntyy painaumia CAS-OB-aseman alapuolella. Painaumat saattavat syntyä seiniltä putoavista kameista. CAS-OB-aseman alapuolinen alue kuvassa 15. (5.)



KUVA 15. CAS-OB-aseman alusta

#### 4.2.3 Kulkuväylä

Konvertterien teräsenkarratojen ylitse kulkee ajoväylä, joita käyttävät erilaiset kulkuneuvot ja ihmiset. Suojalatan ylitse ajetaan useita kertoja päivässä. Radan ylitse ajetaan eniten kuonapata-autoilla sekä isoilla trukeilla, kuten nähdään kuvasta 16. Pienkuormuria käytetään kulkuväylän, sekä sen ympäristön puhdistamiseen. Suurimmat rasitukset syntyvät suojalatalle kuonapata-auton kulkiessa latan ylitse, johtuen kuonapata-auton suuresta massasta.



*KUVA 16. Ylikulkupaikalla ajava kuonapata-auto ja ylikulkupaikalla vaurioitunut suojalatta*

Kulkuväylällä oleva suojalatta joutuu suuren rasituksen kohteeksi. Arttu-toiminnanohjausjärjestelmästä löydetyt tiedot tukevat ajatusta siitä, että ylityspaikka on yksi merkittävistä kehityskohteista. Ylikulkupaikalla tapahtuu suojalatan mekaanista muovautumista, mikä aiheuttaa lopulta suojalatan ratkeamisen, joka voidaan havaita kuvasta 16. Ratkeaminen voi lopulta edetä suojalatan katkeamiseksi aiheuttaen tuotannon pysähtymisen.

## **5 TUTKIMUKSET JUURISYIDEN SELVITTÄMISEKSI**

### **5.1 Arttu-kunnossapitotietojärjestelmä**

Nykyaikana monet tietojärjestelmät kuuluvat olennaisena osana tuotantolaitoksiin sekä niiden kunnossapitoon. Osa järjestelmistä on integroitu suuremmiksi kokonaisuuksiksi toisiinsa ja osa niistä toimii itsenäisesti. Suomessa käytetään yleistä termiä ”kunnossapidon tietojärjestelmä”. (6, s. 160.)

Kunnossapidon tietojärjestelmän avulla voidaan hallita suuren yrityksen erilaisia toimintoja reaaliajassa. Halutun toiminnallisuuden saavuttamiseksi käytetään kunnossapito-organisaatiossa työkaluna tietojärjestelmää. Järjestelmä on hyvin hyödyllinen, kunhan sitä käytetään työprosessissa tarkoitetulla tavalla. (6, s. 161.)

Arttu-toiminnanohjausjärjestelmän avulla voidaan muun muassa tehdä uusia työmääräimiä, tarkastella, mitkä työt on tehty tai tekemättä, hankkia materiaaleja ja varaosia ja tarkastella kustannuksia. Tiedot jäävät järjestelmään pysyvästi ja niitä pystytään tarkastelemaan tarvittaessa vuosienkin kuluttua. Opinnäytetyössäni käytin Arttu-kunnossapitotietojärjestelmän avulla saatiin haettua vuosien takaisia tärkeitä tietoja, joita pystyin hyödyntämään tutkimuksissani.

### **5.2 Arttu-kunnossapitotietojärjestelmästä löydetyt tiedot**

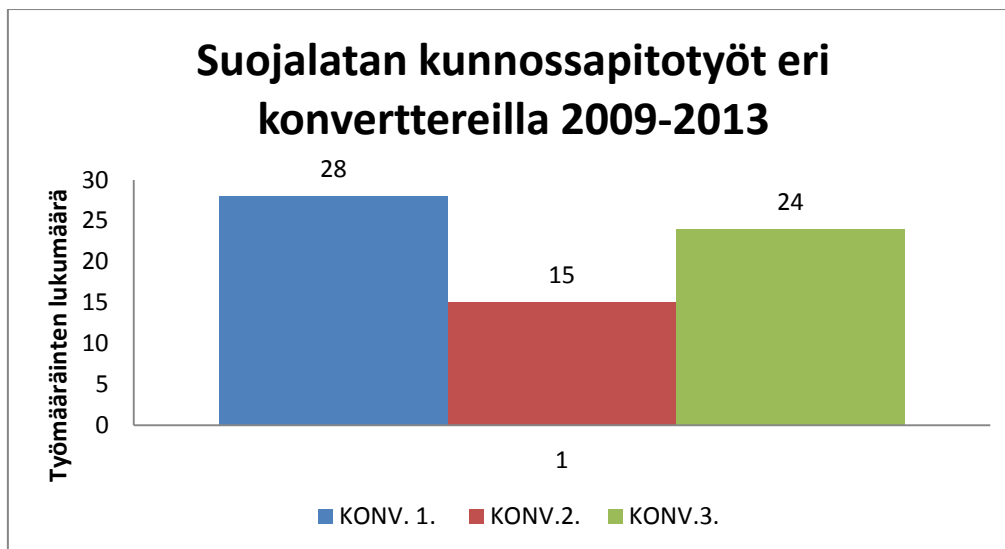
Arttu-toiminnanohjausjärjestelmän avulla pystyttiin etsimään suojalatan korjaukseen liittyvät työt. Haku suoritettiin sanalla latta ja hakurajauksiin laitettiin konvertterialue rajaavaksi tekijäksi. Haun avulla löydettiin työmääräimiä. Työmääräimellä tarkoitetaan tehtyä työkorttia, josta löytyvät kaikki olennaiset asiat, jotka liittyvät kyseiseen työhön. Olennaisia asioita työmääräimessä ovat työnnumero, työn tyyppi, työkohde, työssä tarvittavat materiaalit, työn suorittajat, suunniteltu työaika, työn ohjeistus/kuvaus ja turvallisuusohjeet. Löydetyt työmääräimet valittiin vuosilta 2009 - 2013 ja hakutuloksista valittiin ainoastaan mekaaniset viat. Sähköhäiriöt sekä muut viat, joita ei mekaanisiksi vioiksi voitu määrittää, jätettiin pois tutkimuksista.

Terässulatolla on kolme konvertteria, jotka on numeroitu numeroilla 1, 2 ja 3. Työmääräimet jaoteltiin eri konverttereille, jonka jälkeen työmääräimiä oli helpompaa lähteä tutkimaan tarkemmin. Työmääräimistä tutkittiin mekaanisten vikojen määrä eri konverttereille, vikojen

jakaantuminen eri vuosille, vikatyypit, työtuntien määrä sekä henkilö- ja materiaalikustannusten määrä.

### 5.2.1 Suojalatan kunnossapitoon liittyvät työmääräimet yhteensä

Työmääräimiä, jotka liittyivät konvertterien mekaaniseen kunnossapitoon vuosina 2009 - 2013, löytyi yhteensä 67. Eniten työmääräimiä löytyi konvertterilta 1. Toiseksi eniten työmääräimiä löytyi konvertterille 3, ja vähiten työmääräimiä löytyi konvertterille 2. Työmääräinten jakaantumista, sekä niiden määrää voidaan tarkastella kuvasta 17. Suojalatan työmääräimet jaoteltiin jokaiselle konvertterille erikseen ja tutkittiin vielä tarkemmin niiden vikatyypin perusteella.



KUVA 17. Suojalatan mekaaniseen kunnossapitoon liittyvät työmääräimet

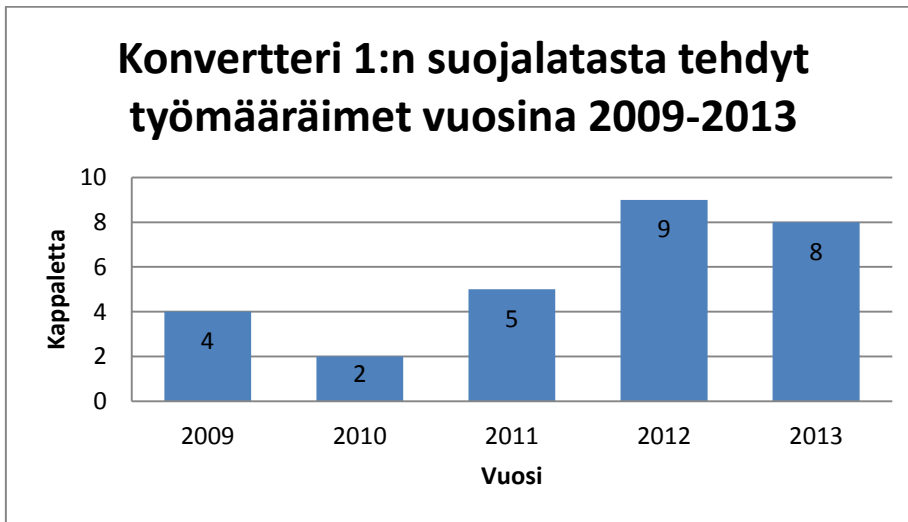
### 5.2.2 Työmääräinten jakaantuminen eri vuosille

Suojalatasta tehtyjen työmääräinten lukumäärä on kasvanut konverttereilla 1 ja 2 vuosien mittaan. Konvertterilla 3 työmääräinten lukumäärä on pysynyt tasaisempana. Suojalatasta tehtyjen työmääräinten yhteislukumäärä oli kaikista suurin vuonna 2013.

Konvertteri 1:n suojalattaan liittyvien työmääräinten lukumäärä on ollut kasvussa viime vuosina. Vikoja tai häiriöitä on siis ollut enemmän. Tähän tarkasteluun on otettu ainoastaan mekaaniset viat. Sähkö- tai muut viat ovat jätetty tarkastelun ulkopuolelle.



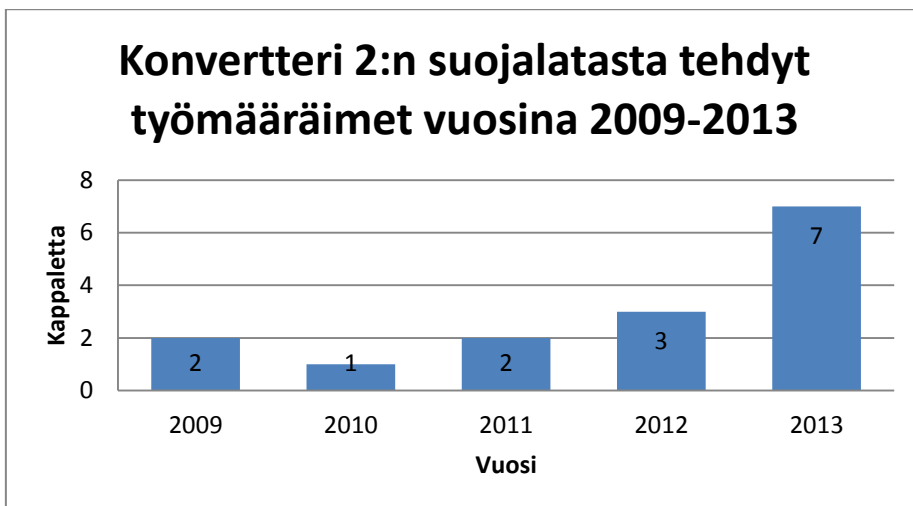
Vuonna 2009 työmääräimiä on tehty konvertterille 1 yhteensä neljä. 2010 työmääräimiä on tehty kaksi. Vuodesta 2011 työmääräinten lukumäärä on lähtenyt huomattavaan nousuun ja työmääräimiä oli tehty sinä vuonna viisi. Vuonna 2012 työmääräimiä oli tehty yhdeksän ja vuonna 2013 kahdeksan. Työmääräinten lukumäärä on siis kasvanut merkittävästi, kun verrataan vuosiin 2009 ja 2010. Työmääräinten jakaantumista voidaan tarkastella kuvasta 18.



KUVA 18. Konvertteri 1:n suojalataan tehdyt työmääräimet 2009 - 2013

Konvertteri 2:n työmääräinten lukumäärä on pysynyt suhteellisen tasaisena ja pienenä vuosina 2009 - 2012. Huomattava piikki on kuitenkin havaittavissa vuonna 2013. Tarkastelussa ainoastaan mekaaniset viat, jotka ovat esiintyneet vuosina 2009 - 2013.

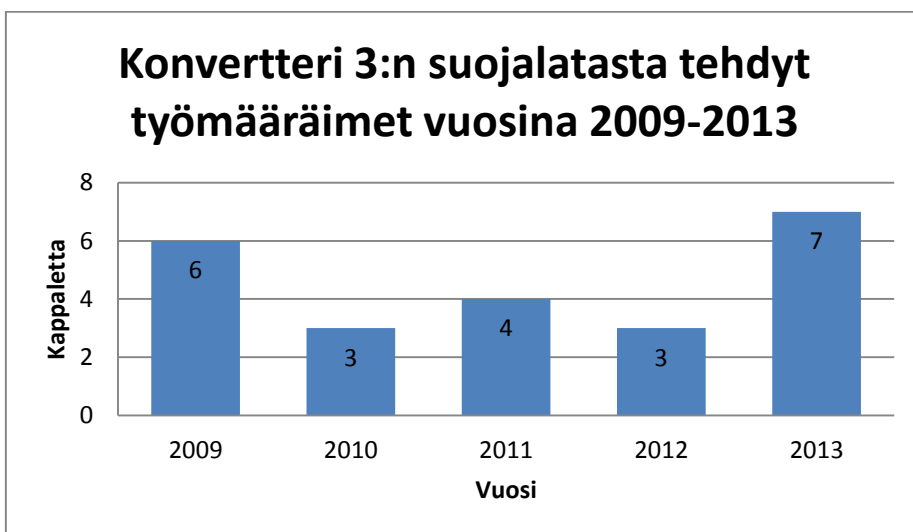
Vuonna 2009 konvertterille 2 työmääräimiä on tehty kaksi. Vuonna 2010 ainoastaan yksi. Seuraavana vuonna 2011 työmääräimiä oli tehty kaksi. Työmääräinten lukumäärä lähti nousuun vuonna 2012, jolloin työmääräimiä oli tehty kolme. Viimeisenä tarkasteluvuotena 2013 työmääräimiä oli tehty yhteensä seitsemän. Työmääräinten suurta kasvumäärän syytä ei tiedetä. Konvertteri 2:n työmääräimien jakaantumista vuosille 2009 - 2013 voidaan tarkastella kuvasta 19.



KUVA 19. Konvertteri 2:n suojalattaan tehdyt työmääräimet 2009 - 2013

Konvertterilla 3 työmääräinten jakaantuminen oli epätasaisempaa vuosille 2009 - 2013, kuin konverttereilla 1 ja 2. Konvertterilla 3 on havaittavissa huomattava nousu vuonna 2013, kuten oli myös konvertterilla 2. Tarkastelussa on otettu huomioon ainoastaan mekaaniset viat.

Vuonna 2009 konvertterille 3 oli työmääräimiä tehty yhteensä kuusi. Vuonna 2010 työmääräimiä oli tehty yhteensä kolme. Vuonna 2011 työmääräinten lukumäärä nousi neljään. Vuonna 2012 työmääräinten lukumäärä putosi kolmeen. Vuonna 2013 työmääräinten lukumäärässä oli suuri piikki ja työmääräimiä tehtiin yhteensä seitsemän. Konvertteri 3:n suojalatasta tehdyt työmääräimet näkyvät kuvassa 20.



KUVA 20. Konvertteri 3:n suojalattaan tehdyt työmääräimet 2009 - 2013

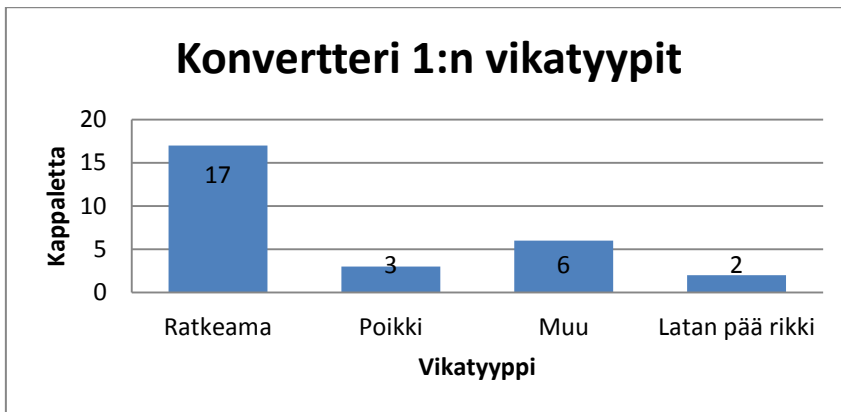
Masuunilla on siirrytty sintterin käytöstä täyspellettiajoon vuoden 2012 alusta. Tutkimuksissa mietittiin pellettiajoon siirtymisen vaikutuksia konverttereilla. Pelletin käyttäminen saattaa aiheuttaa sulan roiskumista enemmän, kuin sintterin käyttäminen. Mahdollisia sulan roiskumisen vaikutuksia tutkitaan terässenkkaradan suojalatan kunnossapitoon tehtyjen työmääräinten avulla. Vuonna 2012 suojalatan vikojen määrä on noussut ainoastaan konvertterilla 1 ja muilla konverttereilla suojalatan viat ovat pysyneet edellisvuosien tasolla. Vuonna 2013 on havaittavissa kuitenkin suuri vikamäärien nousu. Samana vuonna sulaton kunnossapidon työntekijöitä vähennettiin huomattavasti. Suuret vikamäärät saattavat olla yhteydessä pelletin käytöstä tai työntekijöiden vähentämisestä seuranneista vaikutuksista.

### **5.2.3 Konvertterien suojalattojen eri vikatyypit**

Työmääräinten lukumäärä ei antanut suoraa vastausta konverttereihin liittyvien vikojen tyypistä. Löydetyt työmääräimet tutkittiin ja jaoteltiin erilaisten vikatyyppeihin mukaan. Viat jaoteltiin neljään vikatyyppiin, jotka ovat ”ratkeamat”, ”poikki”, ”muut viat” ja ”latan pää rikki”. Ratkeama tarkoittaa suojalatassa olevaa repeytymää, joko pitkittäin tai poikittain. Poikki- vialla tarkoitetaan latan katkeamista kokonaan. Muilla vioilla tarkoitetaan vikoja, jotka olivat Arttu-kunnossapitotietojärjestelmään raportoitu puutteellisesti ja niistä ei siten pystytty päättämään mihin vikakategoriaan vika kuului. Vialla ”latan pää rikki” tarkoitetaan konvertterin alapuolella tapahtunutta latan pään irtoamista tai latan pään mutkalle menemistä sen kiinnityspaikastaan. Vikatyypit eri konverttereille kerättiin vuosilta 2009 - 2013.

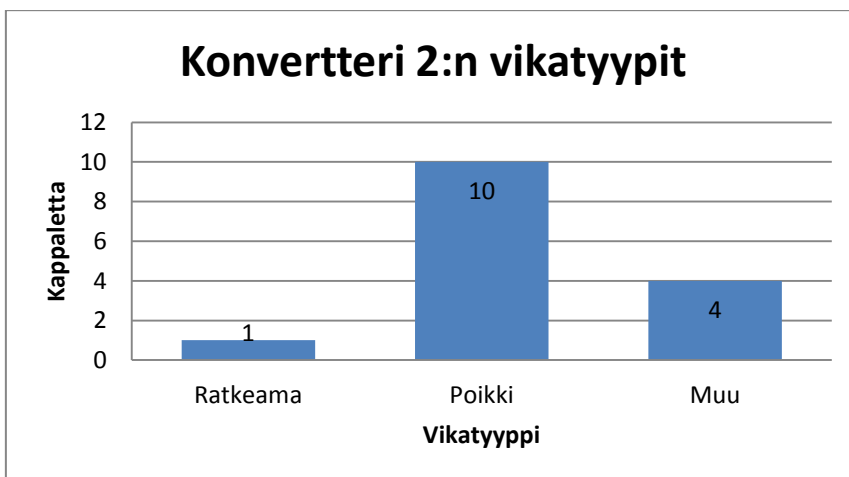
Vikatyypeistä voidaan pitää vikaa ”poikki” kaikkein haitallisimpana vikana. Suojalatan katkeaminen aiheuttaa yleensä usean tunnin odottamattoman seisokin terässenkkaradalla. Ratkeama-viat voidaan korjata huomattavasti helpommin ja siten myös nopeammin. Muu- vikoja ei voida jaotella niiden haitallisuuden perusteella, sillä puutteellisen raportoinnin takia ei tiedetä niiden vikatyyppejä.

Konvertteri 1:n vikatyypit koostuivat vioista ratkeama, poikki, muu, sekä latan pää rikki. Suurimmaksi viaksi osoittautui konvertterilla 1 ratkeamaviat, joita löytyi yhteensä 17. Poikki-vikoja löytyi konvertterilla 1 yhteensä kolme. Vikakategoriaan ”muut” kuuluvia vikoja löytyi konvertteri 1:stä yhteensä kuusi. Latan pää rikki- vikoja löytyi konvertteri 1:stä yhteensä kaksi. Konvertteri 1:n vikatyyppeiden jakaantumista voidaan tarkastella kuvasta 21.



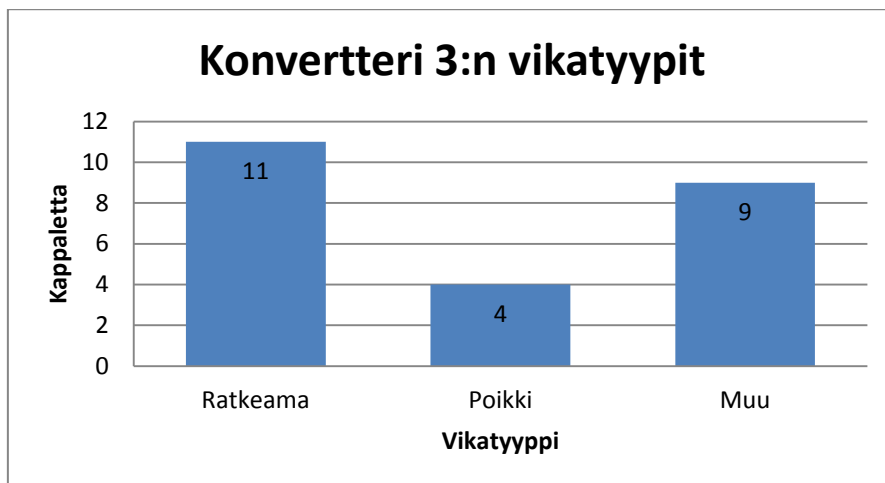
KUVA 21. Suojalatan vikatyypit konvertterilla 1

Konvertterilta 2 suurimpana vikana oli poikki-vika, joita löydettiin yhteensä kymmenen. Ratkeama-vikoja havaittiin ainoastaan yksi. Muu-vikoja löydettiin yhteensä neljä. Kuvasta 22 voidaan tarkastella konvertterin 2:n suojalatan vikatyyppejä.



KUVA 22. Suojalatan vikatyypit konvertterilla 2

Konvertterilta 3 löydettiin eniten ratkeama-vikoja, joita oli yhteensä 11. Poikki-vikoja löydettiin yhteensä neljä ja muu-vikoja löydettiin yhteensä yhdeksän. Konvertteri 3:n vikatyyppejä voidaan tarkastella kuvasta 23.



KUVA 23. Suojalatan vikatyypit konvertterilla 3

#### 5.2.4 Suojalatan kunnossapidon suorat kustannukset

Suojalatan kunnossapidosta aiheutuu erilaisia kunnossapitokustannuksia. Kunnossapitokustannuksia syntyy mm. henkilöiden palkoista ja materiaalikustannuksista. Tähän tarkasteluun on otettu ainoastaan suorat kustannukset, eli kustannukset jotka syntyvät vian tai häiriön korjauksesta.

Vuosina 2009 - 2013 henkilö- ja materiaalikustannukset jakaantuivat eri konverttereiden kesken. Henkilö- ja materiaalikustannusten jakaantumista eri konverttereiden kesken voidaan tarkastella kuvasta 24. Konvertteri 1:n henkilö- ja materiaalikustannukset olivat suurimmat, yhteensä 7 579 euroa. Konvertterille 2 henkilö- ja materiaalikustannuksia kertyi 5 481 euroa. Vähiten suoria kustannuksia syntyi konvertterille 3, yhteensä 4 062 euroa.

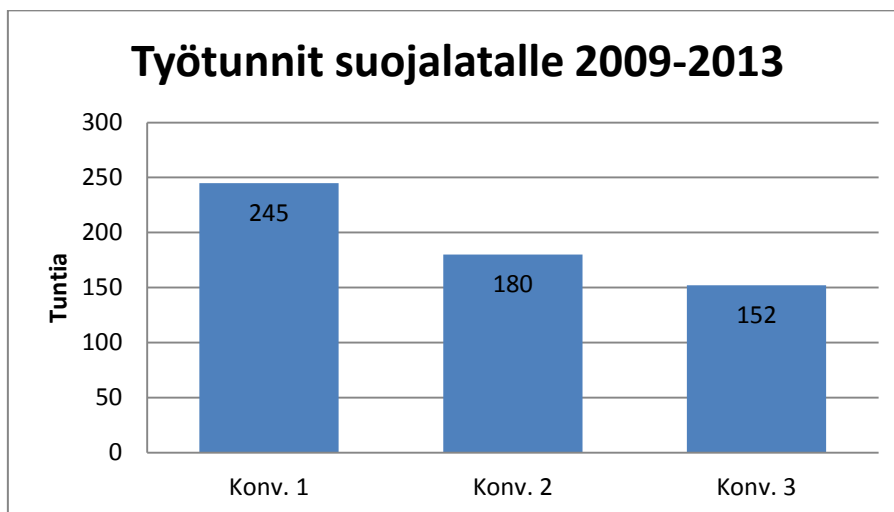


KUVA 24. Konverttereiden suojalattaan kohdistuvat suorat henkilö- ja materiaalikustannukset

## 5.2.5 Suojalatan kunnossapitoon kulunut aika

Arttu-kunnossapitotietojärjestelmästä löydetyistä työmääräimistä pystyttiin tarkkailemaan tehtyjen työtuntien määrää. Kaikkiin työmääräimiin ei ollut merkitty työtunteja lainkaan. Kunnossapitotyö suoritetaan yleensä parityöntä, ja silloin on mahdollista, että ainoastaan toinen työntekijä merkitsee työlle työtunteja. Käytetyt työtunnit eivät siis välttämättä vastaa täysin konvertterin suojalatan kunnossapitoon tehtyjä työtunteja, mutta antavat kuitenkin hyvää suuntaa tehdyille työtunneille. Työtunnit tutkittiin vuosilta 2009 - 2013.

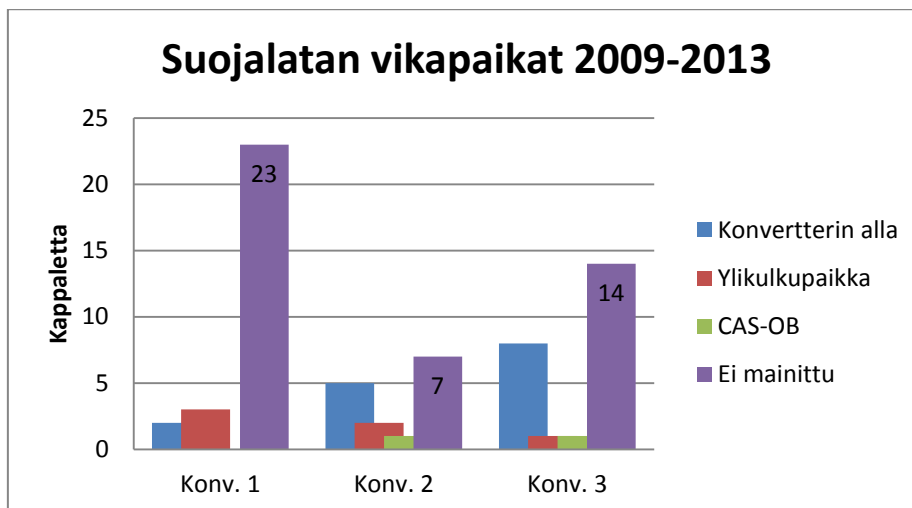
Konvertterille 1 työtunteja on tullut kaikkein eniten. Työtuntien yhteismäärä konvertterille 1 oli 245 tuntia. Konvertterille 2 työtunteja oli merkitty yhteensä 180 tuntia. Konvertterille 3 työtunteja oli merkitty yhteensä 152 tuntia. Työtuntien jakaantumista eri konverttereiden kesken voidaan tarkastella kuvasta 25.



KUVA 25. Konverttereiden suojalattojen kunnossapitoon käytetyt työtunnit

## 5.2.6 Suojalatan vikapaikat

Tutkimuksissa havaittiin neljä eri vikapaikkaa. Kirjattuja vikapaikkoja ovat konvertterin alla, ylikulkupaikalla ja CAS-OB-aseman alla. Kirjaamattomalle eli neljännelle vikapaikalle annettiin nimi "Ei mainittu". Vikapaikkojen jakaantumista voidaan tarkastella kuvasta 26.



KUVA 26. Teräsenkarradan suojalatan vikapaikat

Konvertterille 1 oli kirjattu vuosina 2009 - 2013 vikapaikat seuraavasti: konvertterin alla oli kaksi vikapaikkaa, ylikulkupaikalla kolme ja CAS-OB-asetalla ei yhtään vikaa. Vikapaikkaa ei ollut mainittu ollenkaan yhteensä 23 työmääräimessä.

Konvertterille 2 oli kirjattu vikapaikkoja seuraavasti: konvertterin oli alla viisi vikapaikkaa, ylikulkupaikalla kaksi ja CAS-OB yksi. Vikapaikkaa ei ollut mainittu ollenkaan yhteensä seitsemässä työmääräimessä.

Konvertterille 3 oli vikapaikat kerrottu seuraavasti: konvertterin alla oli kahdeksan vikapaikkaa, ylikulkupaikalla yksi ja CAS-OB yksi. Vikapaikkaa ei ollut mainittu ollenkaan yhteensä 14 työmääräimessä.

Vikapaikkaa jota ei ollut työmääräimissä kerrottu, oli huomattavan suuri osuus. Ongelmallisin kohde olisi huomattavasti helpompi nähdä, mikäli työmääräimiin olisi merkitty vikapaikka tarkemmin.

### 5.2.7 Ennakkohuollot suojalatalle

Konvertterialueella tehdään konvertterin muurauksen aikana erilaisia tarkastus- ja huoltotoimenpiteitä. Muuraus kestää yleensä noin neljä viikkoa, joten erilaisille tarkastuksille ja huolloille on hyvin aikaa. Muurauksen jälkeen sama konvertteri on uudelleen muurauksessa noin kahden kuukauden kuluttua. Konvertterin muurauksen aikana tehtäville tarkastuksille ja huolloille on olemassa oma ennakkohuolto-työmääräin. Työmääräin on nimeltään "MUURAUKSEN

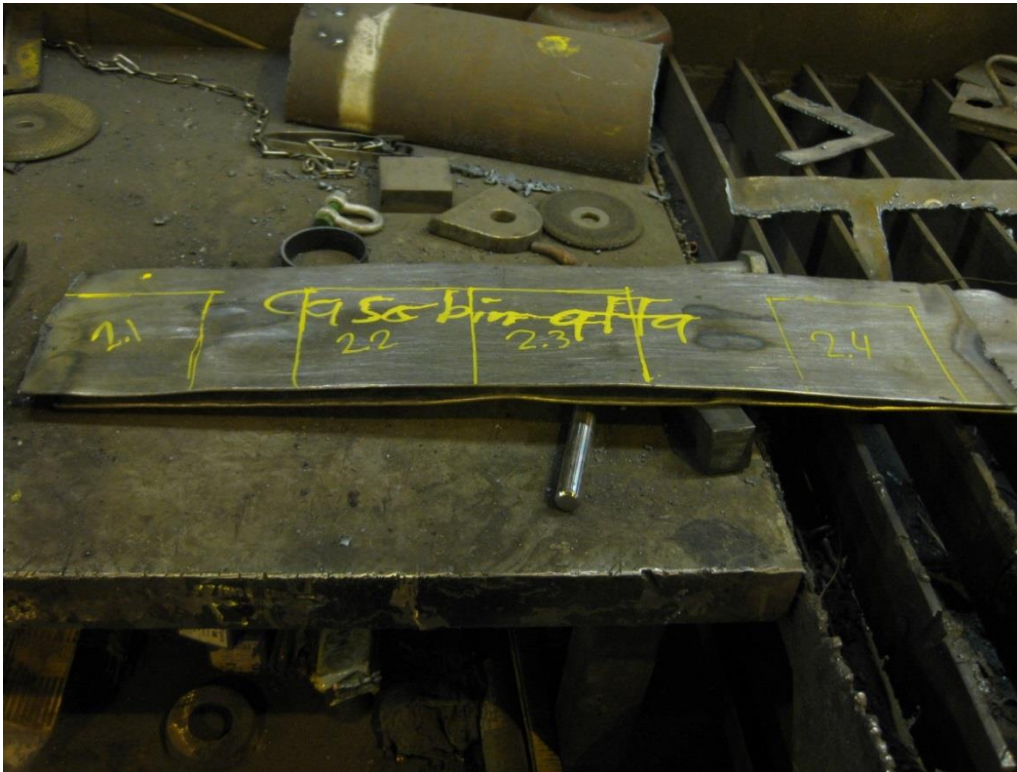
AIKAISET TARKASTUKSET”. Työmääräimeen on merkitty kohta ”radan ja suojalatan tarkastus”. Suojalatan kuntoa tarkastellaan siis työmääräimen mukaan aina noin kahden kuukauden välein. Suojalatan kunto saattaa kuitenkin muuttua hyvinkin nopeasti, ja silloin kahden kuukauden tarkastusväli voi olla liian pitkä. Arttu-kunnossapitotietojärjestelmästä löytyneen tiedon mukaan ennakkohuoltoa suoritetaan. Suojalattaa koskevia tietoja ei ollut merkitty raporttiin.

Konvertterialueelle on myös olemassa työmääräin, jossa pyritään tarkastamaan konvertterialue, eli esimerkiksi teräsenkkavaunu laitteineen hyvin tarkasti läpi viikoittain. Työmääräin on nimeltään ”KONVERTTERIALUEEN VIIKOTTAINEN HUOLTOKIERROS”. Viikoittaiseen huoltokierrokseen ei ole kuitenkaan merkitty suojalatan kunnan tarkastamista. Mahdollisten vikojen havainnointi on ainoastaan ohikulkevien työntekijöiden varassa. Viikoittainen huoltokierros suoritetaan Arttu-kunnossapitotietojärjestelmästä löydetyn tiedon mukaan säännöllisesti, eli viikoittain.

#### **5.4 Materiaali- ja kovuustutkimukset sekä käytetyt menetelmät ja laitteet**

Konvertteri 3:n muurauksen yhteydessä tehtiin uuden suojalatan vaihto. Vanhasta käytöstä poistetusta suojalatasta otettiin tutkimuksiin kolme kappaletta testipaloja. Testipalojen avulla pystyttiin suorittamaan materiaali- ja kovuustutkimuksia. Tarkoituksena oli selvittää mitä materiaalia on käytetty, sekä muuttuuko materiaalin alkuperäinen kovuus käytön aikana. Paloja leikattiin konvertteri 3:n alta, CAS-OB-aseman alta, sekä kohdasta, josta kulkee ajoneuvoja ylitse. Leikatut koepalat toimitettiin Ruukin tutkimuslaitokselle, josta ne siirrettiin spektraalilaboratorioon alkuaineanalyysiä varten ja tutkimuslaboratorioon kovuusmittauksia varten. Kuvassa 27 nähdään CAS-OB-aseman alta otettua suojalattaa ja kuinka koepaloja otettiin suojalatasta materiaalitutkimuksia varten.





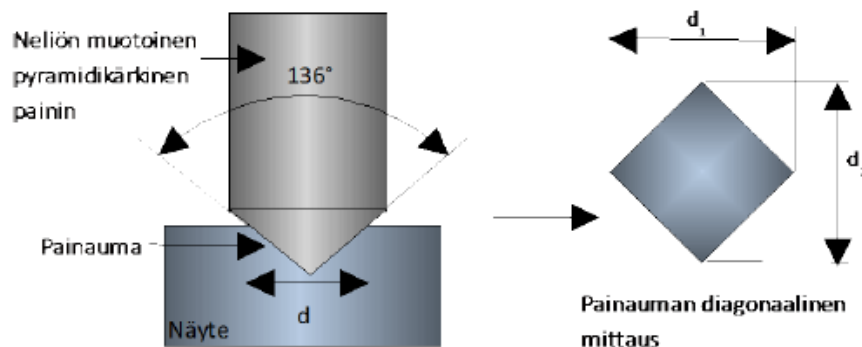
KUVA 27. Suojalatasta otettavat koekappaleet

Näytteitä on mahdollista analysoida kahdella erilaisella menetelmällä, riippuen näyttemateriaalista. Menetelmät ovat nimeltään XRF ja OES. XRF syntyy sanoista X-ray fluorescence (Röntgenfluorenssi) ja OES sanoista Optical Emission Spectroscopy (Optinen emissiospektroskopia). XRF-menetelmässä käytetään röntgensäteilyä virittämään näytteen atomit emittoivaan fluorenssisäteilyä. Säteilyä kutsutaan atomien emittoivaksi karakteriseksi sekundääriröntgensäteilyksi. Sen avulla saadaan selvitettyä näytteen alkuaineet, sekä kemiallinen koostumus. XRF-laitteena käytetään Philipsin PW 2404 röntgenspektrometriä ja OES-laitteena OBLF QSG 750 optista emissiospektrometriä. (8; 9.)

OES-menetelmässä tutkittavan näytteen ja OES-laitteen mittapään välille synnytetään valokaari, eli toiselta nimeltään plasma. Näytteen pinta alkaa höyrystyä ja näytteessä olevat atomit siirtyvät valokaarikanavaan. Tilanteessa syntyvä suuri energiamäärä aiheuttaa atomien virittäytymisen ja viritystilan purkautuessa emittoivat eli lähettävät kullekin ominaista emissiota. Laitteisto mittaa emissiot optisella alueella, mikä tarkoittaa ultravioletialuetta 130 - 170 nanometriä. Kaikkien alkuaineiden emissiot mitataan ja tiedoista voidaan laskea näytteessä olevat suhteelliset seosaineiden pitoisuudet. (9.)

Kovuusmittausten tekemiseen käytettiin Vickers -menetelmää. Vickers -menetelmä on kehitetty vuonna 1924. Smith ja Sandland Vickers Ltd:llä haluttiin Brinellin kovuuskokeelle vaihtoehtoinen menetelmä mitata eri materiaalien kovuutta. Vickers -menetelmää voidaan käyttää kaikille metalleille. Peruseriaatteena kovuusmittausmenetelmässä on tutkia kappaleen kykyä vastustaa plastista muodonmuutosta. Kovuuden yksikkönä käytetään Vickersin kovuutta joka merkitään HV. (10.)

Vickers -menetelmässä painetaan säännöllistä nelion muotoista pyramidikärkistä timanttia kappaleen pintaan tietyllä voimalla F. Timanttikärjen vastakkaisten sivutahkojen välinen kulma on 136 °. Painamisen jälkeen timanttikärki nostetaan kappaleen pinnalta pois ja syntyneen painauman halkaisijat mitataan. Mittaamiseen käytetään kameraa joka on yhdistetty tietokoneeseen. Tietokoneen avulla mitattu painauma saadaan laskettua hyvin nopeasti. Vickersin kovuus on koevoiman ja painauman pinta-alan lukuarvojen suhde. Kuvassa 28 nähdään Vickers-kovuusmittausmenetelmän periaate. (10.)



KUVA 28. Vickers-kovuusmittausmenetelmä (10.)

Vickersin kovuusmittauksen taulukon arvon mukaan HV 5:llä tarkoitetaan 49,03 Newtonin voimaa. Lasketaan käytetty massa kaavalla 1 (11).

$$F = 49,03 \text{ N}$$

$$g = 9,80665 \text{ m/s}^2$$

$$m = ?$$

$$F = \frac{m}{g} \rightarrow m = \frac{F}{g} = \frac{\text{kgm/s}^2}{\text{m/s}^2}$$

KAAVA 1

$$m = \frac{49.03 \text{ kgm/s}^2}{9,80665 \text{ m/s}^2}$$

$$m = 4,999668... \text{ kg}$$

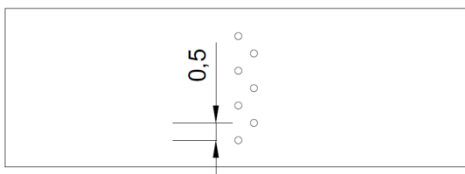
$$\underline{m \approx 5 \text{ kg}}$$

Timanttipyramidia painetaan siis 5 kilogramman voimalla mitattavan kappaleen pintaan. Koevoiman merkintä HV 5 syntyy käytetystä 5 kg voimasta. Vastaavasti HV 10 kovuusmittausta käytettäessä käytetään 10 kg massaa. Yleisesti timanttipyramidia painetaan kappaleen pintaan 20 sekunnin ajan. Vickersin kovuusarvot hiiliteräkselle ovat tavallisesti 55 - 120 HV 5 välillä (10).

Kovuusmittausten tekemiseen käytettiin Vickers-kovuusmittausmenetelmää. Kovuusmittauksilla oli tarkoitus selvittää muuttuuko suojalatan kovuus eri paikoissa esimerkiksi lämmönvaihteluiden seurauksena. Vickers-kovuusmittauksessa käytettiin koevoimana HV 5:ttä.

Pintakovuus on mitattu tutkittavan teräksen pinnasta noin 0,1 - 0,3 mm syvyydeltä (12). Tutkittavissa koekappaleissani pintakovuudet olivat väliltä 110 - 165 HV 5. Vertailukappaleessa pinnankovuus oli 148 HV 5 kolmen mittauksen keskiarvona.

Paksuusprofiili HV 5 0,5 välillä saatiin kovuudet 122 - 177 HV 5. Mitattu keskiarvo oli konvertterin alapuolella 134 HV 5. CAS-OB-aseman alapuolella keskiarvoksi saatiin 156 HV 5. Ylikulkupaikalla kovuuksien keskiarvoksi saatiin 154 HV 5. Vertailukappaleessa paksuusprofiilin kovuuden keskiarvoksi saatiin 149 HV 5. Paksuusprofiilin kovuuden mittauksiin otettiin yhdestä kappaleesta yhteensä viidestä seitsemään mittausta. Paksuusprofiili otetaan tutkittavan kappaleen pinnasta siksakkina 0,5 mm välein, kuten kuvassa 29 havainnollistetaan.



KUVA 29. Paksuusprofiili 0,5 mm välillä

## 5.5 Työntekijöiden haastattelut

Suojalatan aiheuttamien ongelmien ratkaisemiseksi haastateltiin Raahen rautaruukin sulaton kunnossapidon henkilöstöä. Puhelimen kautta haastatteluja tehtiin myös Ruukilta eläkkeelle jääneiltä työntekijöiltä ja Pentti Hämeenaho Oy:n pyöräkonekuskeille, jotka osallistuvat konvertterialueen puhdistamiseen. Haastatteluja pidettiin konvertterien kunnossapitäjille, niin

päivävuoroa tekeville, kuin vuorotöitä tekeville. Haastatteluja pidettiin työntekijöille ja toimihenkilöille.

Haastattelujen avulla saatiin monenlaisia näkemyksiä mahdollisista ongelman aiheuttajista, kuin niihin olevista mahdollisista ratkaisuistakin. Haastatteluiden avulla sain tukea omille mielipiteilleni asiasta. Haastatteluissa kerroin haastateltaville myös omia näkemyksiäni ongelmien ratkaisemiseksi. Haastateltavia työntekijöitä oli 14, ja haastateltavia toimihenkilöitä kuusi. Haastatteluja saatiin tehtyä yhteensä 19. Kyselylomake on nähtävissä liitteessä 3.

## **5.6 Mittaukset**

Juurisyyn selvittämiseksi päätettiin selvittää mittauksien avulla, onko ratojen koroissa eroja. Ratojen korkoerot saattaisivat selittää sulan roiskumista eri konverttereilla. Mittaustuloksia saatiin Mitta Oy: n Tapani Pynnönniemeltä.

Jokaisella konvertterilla tullaan tekemään uudenlaisten konvertterien vaihdot keväällä 2015 ja projektia suunnitellaan joka päivä. Projektiin liittyen konvertterialueella oli suoritettu useita mittauksia eri kohdista. Uusia mittauksia ei siis tarvittu suorittaa. Suuri roiskeita aiheuttava tekijä saattaisi olla suuri korkoero terässenkkaradan ja konvertterin välillä. Terässenkkaradan ja konvertterien välisistä mittauksista havaittiin, että korkoeroa oli suurimmillaan 18mm (13). Tämä korkoero ei ole niin merkittävä, että sillä olisi vaikutusta sulan roiskumiseen. Tarkka mittakuva konvertterien korkomitoista on nähtävänä liitteessä 2.

## **6 TUTKIMUSTEN TULOKSET**

### **6.1 Arttu-kunnossapitotietojärjestelmästä saadut tulokset**

Arttu-kunnossapitotietojärjestelmän kautta sain runsaasti tietoa, jota oli viiden vuoden aikana kertynyt paljon. Järjestelmän avulla näki, mille kolmesta konvertterista vika oli merkitty. Jokaisen kolmen konvertterin tiedot jaoteltiin erikseen tutkimuslohkoihin. Lohkot jaoteltiin vielä pienempiin lohkoihin, ja siten oli helpompi ruveta käsittelemään saatuja tietoja. Tiedot jaoteltiin esimerkiksi vikatyypin perusteella ja niitä verrattiin kahden muun konvertterin kesken. Vikatyypin vertailulla saatiin konverttereille erilaisia tietoja, ja sen jälkeen pystyttiin rupeamaan selvittämään miksi yhdellä konvertterilla on suojalatan katkeamia huomattavasti enemmän kuin toisilla konverttereilla.

### **6.2 Työntekijöiden haastatteluiden tulokset**

Haastattelut osoittautuivat hyvin kannattavaksi toteuttaa. Haastatteluiden avulla sai sellaista tietoa, jota ei Arttu-toiminnanohjausjärjestelmästä löytynyt. Haastatteluissa selvisi esimerkiksi se, että ennen suojalatan alueen puhdistamisesta on pitänyt huolta yksi kunnossapitäjä. Nykyisten organisaatiomuutosten seurauksena kunnossapitohenkilöstöä on vähennetty ja työntekijöiden määrä on pienennetty minimiin.

Lisäksi hyödyllinen tieto oli se, että ennen käytössä ollut suojalatta on ollut myötölujuudeltaan suurempaa ja se ei ole kestänyt lähellekään niin pitkään kuin nykyinen myötölujuudeltaan pienempi suojalatta. Suojalattaa joka on myötölujuudeltaan suurempaa, ei siis ole luultavimmin järkevää käyttää.

Haastatteluiden perusteella selvisi suurin suojalatan ongelmien aiheuttaja, eli senkkaradan puhdistamiseen käytettävä pyöräkone. Ennen konvertterin alapuolella suojalatan ympäristön siistimiseen on ollut nimetty kunnossapitäjä, joka on puhdistanut suojalatan päätyalueen. Pyöräkone käy kerran vuorossa puhdistamassa konvertterin alapuolisen alueen ja roiskeiden nostattamaan suojalattaan on suurempi riski osua pyöräkoneella. Konvertterin alapuolista aluetta pidetään siis hyvin likaisena paikkana, jonka takia ongelmat alkavat syntyä. Puhdistamisen tärkeys nousi isoon rooliin haastattelujen perusteella.

Vikojen aiheuttajaksi arvioitiin myös suojalatan materiaaliominaisuuksien muuttumista. Konvertterilla syntyvät roiskeet, ylikulkupaikalta kulkevat ajoneuvot ja kaasuhuuhtelupaikalla syntyvät roiskeet arvioitiin materiaaliominaisuuksia heikentäviksi tekijöiksi. Myös konvertterialueella suojaseinistä tippuvat kamit ja panostettaessa putoava romu arvioitiin materiaaliominaisuuksia heikentäväksi tekijäksi.

### **6.3 Materiaali- ja kovuustutkimusten tulokset**

Alkuaineanalyysin selvittämiseen käytettiin OES-menetelmää eli optista emissiospektrometriä. Saatujen tulosten perusteella pystyttiin selvittämään, mikä materiaali oli kyseessä. Alkuaineanalyysin perustella materiaalissa oli 21 eri alkuainetta. Pelkkien alkuainepitoisuuksien perusteella oli mahdotonta sanoa, mikä materiaali oli kyseessä. Alkuaineanalyysin ja kovuusmittausten yhteistulosten perusteella pystyttiin jo päättelemään materiaalia tarkemmin. Käytetty materiaali selvisi lopulta eräältä varastotyöntekijältä, joka pystyi hakemaan tietoa vanhasta TP-järjestelmästä, joka on ollut käytössä Rautaruukilla vuosia sitten. Materiaaliksi paljastui Ruukin myötölujuudeltaan pienin teräs, eli mallimerkinnältään S235JR (14).

Materiaalitutkimusten perusteella konvertterin alapuolella materiaalin pintakovuus heikkenee suurimmillaan 110 HV 5:een, kun käyttämättömän suojalatan pintakovuus on 148 HV 5. Heikkenemistä tapahtuu siis 26 %. Konvertterin alapuolella olevien mittauksien keskiarvo on 127 HV 5, eli 21 HV 5:ttä vähemmän, kuin mitattu keskiarvo. Prosentteiksi muutettuna materiaali pehmenee yhteensä noin 14 % alkuperäisestä kovuudesta. Tulee muistaa, että pintakovuus mitataan vain noin 0,1 - 0,3 mm, syvyydeltä ja paksuusprofiilia mitattaessa kovuserot pienenevät entisestään. CAS-OB-aseman ja ylikulkupaikan pintakovuudessa ei ole huomattavia eroavaisuuksia verrattaessa koekappaleen keskiarvoon.

Paksuusprofiilimittauksista kävi ilmi, että pienin kovuus on konvertterin alapuolella kovuuden ollessa keskiarvoltaan 134 HV 5. Testikappaleen kovuus oli keskiarvoltaan 149 HV 5. Kovuus siis laskee suojalatassa konvertterin alapuolella, mutta ainoastaan 15 HV 5 yksikköä. Prosentteina muutettaessa eroa on 10 %. CAS-OB-aseman sekä ylikulkupaikalla olevan suojalatan kovuudessa ei tapahdu keskiarvoon nähden suuria poikkeavuuksia.

Mielestäni kovuusmittauksien perusteella ei ole järkevää muuttaa materiaalia erilaiseksi. Eri materiaaleja on kokeiltu vuosien aikana ja nykyinen on havaittu kestävimmäksi. Suojalatta on nykyisin käytössä useita vuosia kerrallaan ja mielestäni järkevintä olisi vaihtaa suojalatta

esimerkiksi vuoden välein. Näin suojalatta pysyisi uudenveroisena, eikä piilevät viat pääsisi etenemään pidemmälle. Tiheämmällä suojalatan vaihtovälillä saataisiin karsittua mahdolliset materiaaliominaisuuksien muuttumisesta johtuvat viat poistettua.

## 7 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET

### 7.1 Virranottimen jatkaminen

Suojalatta kulkee virranottimen koteloinnin läpi. Kotelon tarkoituksena on nostaa suojalattaa, kun terässenkavaunu kulkee radalla. Kotelorakenne nostattaa suojalattaa arviolta noin 20 cm. Latta on ilmassa kotelon molemmin puolin noin 2,5 - 3 metrin matkalta, kuten havaitaan kuvasta 30.



*KUVA 30. Koteloinnin nostama suojalatta*

Mikäli kotelointi olisi kauempana terässenkavaunusta, suojalatta ei nousisi ollenkaan ilmaan kaikkein kriittisimmässä kohdassa eli konvertterin alapuolella. Suojalatan nousemattomuudella estettäisiin se, ettei suojalatan alapuolelle pääsisi kertymään ollenkaan skollaa. Kun suojalatta ei nouse kertyvien skollien mukana, se suojaa paremmin virtatunnelin aukkoa. Skollaa ei siis pääse virtatunnelin sisälle paikasta, jossa roiskeita syntyy eniten ja imuroimisen tarve virtatunnelissa vähenee. Suojalatta olisi myös paremmin suojassa kertyvien skollien alla silloin, kun käytetään pyöräkuormaajaa alueen puhdistamiseen.



Virranottimen kotelointia tulisi siirtää edemmäksi noin kolme metriä, jolloin suojalatan nouseminen estettäisiin kriittisimmällä paikalla kokonaan. Suojakoteloinnin siirtämisessä tulee ottaa kuitenkin huomioon kaikki terässenkkaradan asettamat mitat. Suojakoteloinnin siirtäminen tarvitsee myös suunnittelijoiden tukea, jolla turvataan että virranottimen jatkopala on tarpeeksi tukeva. Jatkopalan lisääminen saattaisi vaatia myös mahdollisia lisätukia terässenkkavaunuun.

## 7.2 Suojaseinän siirtäminen

On havaittu, etteivät eri konverttereilla suojaseinät ole identtisillä kohdilla terässenkkarataan nähden. Konvertteri 1:llä ja konvertteri 3:lla suojaseinät ovat huomattavasti kauempana, kuin mitä on konvertterilla 2. Tavallisesti suojalatan ja suojaseinän välinen etäisyys on noin puoli metriä. Konvertteri 2:lla suojaseinän ja suojalatan välinen etäisyys on ainoastaan 25 - 30 cm.

Koska suojaseinä on kauempana suojalatasta, roiskeet voivat levitä isommalle alueelle. Suojalatan ja suojaseinän välin ollessa pieni sulan roiskeet osuvat suojaseinään ja putoavat siitä suoraan suojalatan päälle. Virranottimen kotelointi nostattaa suojalattaa ja kertyneet sulan roiskeet pääsevät varisemaan virtatunneliin. Suojalatta nousee ylemmäksi ja ylemmäksi roiskeiden kertyessä suojalatan alle ja lopulta aiheuttaa mutkan suojalattaan. Roiskeiden nostattama suojalatta on suuremmalle altistukselle pyöräkuormaajan murjomaksi kuin suojassa oleva suojalatta. Kuvassa 31 nähdään suojaseinän viereen ja suojalatan alle kertynyttä skollaa.



KUVA 31. Suojalatan alle ja seinän viereen kertyneitä roiskeita

Suojaseinän siirtäminen auttaisi sulan roiskeiden leviämistä suuremmalle alueelle ja siten estäisi suurten kasojen kertymisen suojalatan päälle. Suojaseinät myös vääntyilevät kuumien roiskeiden tarttuessa seinään ja aiheuttavat ylimääräisiä kunnossapitokustannuksia. Konverttereiden uusimisen yhteydessä kannattaa miettiä suojaseinien siirtämistä. Konvertterin tukijalkojen ja suojaseinän väliin jää nykyisellään tilaa noin 20 cm. Mikäli suojaseinä siirrettäisiin kiinni tukijalkaan, se parantaisi suojalatan kunnossapysyvyyttä. Kannattaa myös miettiä, tulisiko tukijalkoja siirtää konverttereiden uusimisen yhteydessä kokonaan eri kohtaan. Siirtämisellä saavutettaisiin vielä enemmän tilaa suojalatan ja suojaseinän välille.

### **7.3 Kaksoislatan käyttäminen**

Suojalatan ongelmat ovat kolmessa eri paikassa. Konvertterin alapuolella, ylikulkupaikalla sekä CAS-OB-aseman alapuolella. Työkoneilla tehtävä puhdistus aiheuttaa suojalatalle huomattavan rasituksen. Puhdistusta tekevät koneet saattavat painattaa kauhaa suojalattaa vasten niin, että koneen etupyörät nousevat ilmaan. Putoavat skollat ja työkoneiden yliajot aiheuttavat suojalattaan muodonmuutoksia. Työkoneen kauhalla painettaessa ja samalla eteenpäin ajaessa saattaa suojalattassa olevat muodonmuutokset aiheuttaa kauhaan osuessaan suojalatan repeämisen. Repeämä voi alkuun olla hyvin pieni, mutta suojalatan jatkuvasti ollessa rasituksessa repeämä lähtee kasvamaan. Alkaneeseen repeämään osuu entistä helpommin koneen kauha, kuin myös virranottimen kotelointikin.

Suojalattana on käytetty rakenneterästä S235JRG27, joka tunnetaan nykyisin nimellä S235JR. Materiaali on siis myötölujuudeltaan pienintä Ruukin valmistamaa rakenneterästä. Käytetty suojalatta on ollut kooltaan 200 x 6 mm. Suojalatan paksuutta pystyttäisiin kasvattamaan, sillä paksuuden muuttaminen ei edellytä minkäänlaisten mekaanisten muutosten tekemistä terässenkkaavun rakenteisiin tai virranottimen suojalatan nostimen kotelointiin. Suojalatan paksuntaminen koko 145 metrin matkalta ei välttämättä ole järkevää.

Kuluttavimmilla paikoilla, kuten konvertterin alla, ylikulkupaikalla ja CAS-OB-aseman alapuolella voisi käyttää kaksoislattaa. Sen ideana on, että asennetun suojalatan päälle hitsattaisiin toinen saman paksuinen suojalatta parantamaan suojalatan kokonaiskestävyyttä. Hitsaus kannattaisi suorittaa tulppahitsauksena, eli päälle hitsattavaan lattaan porattaisiin reikiä, joidenka kautta latta hitsautuisi suojalattaan kiinni. Latta tulisi hitsata myös sivuilta kiinni, etteivät latan reunat pääsisi tarttumaan terässenkkaavun latannostimeen. Lisälatta tulisi olla pituudeltaan noin 10 - 15

metriä, riippuen asennuskohteesta. Ylikulkupaikan sekä CAS-OB-aseman välillä voisi käyttää yhtenäistä pitkää lisälattaa. Lisälatan käyttäminen olisi edullinen ratkaisu, ja sillä saataisiin suojalatan kestävyyttä parannettua huomattavasti.

#### **7.4 Ennakoiva kunnossapito**

Konverttereille on tehty määräaikaishuolto-työmääräin nimeltään "KONV. MUURAUKSEN AIKAISET TARKASTUKSET". Työmääräin koskee konverttereilla muurauksen aikana tehtäviä tarkastuksia. EH-työmääräintä käytetään aina jokaisen konvertterin muurauksen aikana, eli tehdään erilaisia kunnossapitotoimenpiteitä, joita työmääräimeen on merkitty. Työmääräimeen on merkitty työ "radan ja suojalatan tarkastus". Konvertterin muurausväli on noin 3 kuukautta ja suojalatalle tehdään siis työmääräimen mukainen tarkastus ainoastaan 3 kuukauden välein. Suojalatan kunto saattaa muuttua hyvin lyhyessäkin ajassa merkittävästi ja siksi olisi tärkeää tihentää ennakkohuoltokierrosta suojalatalle. Konvertterin työmääräintä on noudatettu hyvin ja vioista ja niiden korjauksista on raportoitu.

Konvertterialueella suoritetaan ennakkohuolto-työmääräimen mukainen tarkastelu pari kertaa viikossa. EH-työmääräin on nimeltään "KONVERTTERIALUEEN VIIKOTTAINEN HUOLTOKIERROS". Huoltokierroksessa tarkastetaan terässenkkaavuun laitteineen hyvin tarkasti läpi. Huoltokierrokseen ei ole kuitenkaan merkitty suojalatan kunnon tarkastamista ollenkaan. Huoltokierrokseen kannattaisi sisällyttää suojalatan kunnon tarkastaminen. Näin mahdolliset suojalatatassa olevat viat havaittaisiin ajoissa ja päästäisiin alkavaa vikaa korjaamaan ennen, kuin se aiheuttaisi isompaa vahinkoa. Nyt suojalatan kuntoa ainoastaan silmäilläään ohikulkiessa. Viikoittainen huoltokierros on suoritettu Arttu-kunnossapitotietojärjestelmän mukaan säännöllisesti.

#### **7.5 Työmääräinten huolellinen täyttäminen**

Arttu-kunnossapidontietojärjestelmä on hyvin hyödyllinen ohjelma, kun halutaan esimerkiksi etsiä vuosien takaisia tietoja. Järjestelmän avulla löydettiin hyvin runsaasti tietoa vuodesta 2009 alkaen, jotka liittyivät suojalatan kunnossapitoon. Ongelmaksi muodostuivat työmääräimiin merkityt puutteelliset tiedot. Esimerkkinä konvertteri 1:n vuosien 2009 - 2013 työmääräimet, joissa yhteensä 28 työmääräimestä oli vikapaikka merkitty ainoastaan viiteen työmääräimeen. Vikapaikka oli siis merkitty ainoastaan noin 18 prosenttiin konvertteri 1:n työmääräimistä.

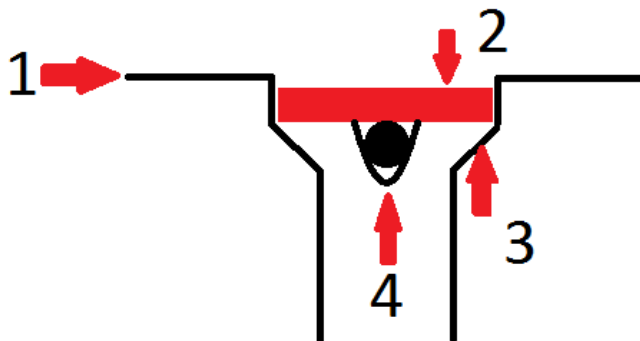
Prosenttiluku on hyvin matala ja siihen tulisi kiinnittää huomiota tulevaisuudessa sen parantamiseksi.

Työmääräimiä tehdessä tulisi siis kiinnittää suurempaa huomiota työmääräimen informaatiokenttien täyttämiseen. Mahdollisia tulevaisuudessa tehtäviä tutkimuksia helpottaisi hyvin yksityiskohtainen työmääräimestä löytyvä tieto. Työmääräimiä täyttävät niin työntekijät, kuin työnjohtajatkin. On siis hyvin tärkeää opastaa ja muistuttaa molempia osapuolia työmääräinten täyttämiseen. Ongelma ei koske ainoastaan suojalatan, konvertterin, tai sulaton työmääräimiä, vaan koko tehtaan eri osa-alueita. Arttu-kunnossapitotietojärjestelmää tulisi mielestäni kehittää tulevaisuudessa suuntaan, joka vaatii ongelmakohteen merkitsemisen hyvin tarkasti.

## 7.6 Suojalatan upotus lattiarakenteeseen

Tällä hetkellä suojalatta on lähellä lattian tasoa kahden i-palkin päällä. I-palkit ovat muurattu lattiatasoon niin sanotusti selkäpuolet vastakkain ja palkkien välille on jätetty noin 80 millimetrin rako, josta virranottimen varsi mahtuu liikkumaan. Suojalatta on lattiatasolla hyvin suurilla altistuksilla erilaisille työkoneille sekä seinistä ja katoista tippuville skollille.

Mikäli lattiassa olevaa rakoä kasvatettaisiin ja rakennettaisiin sen ympäristö siten, että suojalatta pääsisi menemään ragoon, saataisiin suojalatta parempaan suojaan erilaisilta iskuilta. Raon seinämät tehtäisiin viistoon, joka mahdollistaisi mahdollisten roiskeiden putoamisen virtatunneliin. Näin roiskeet eivät jäisi suojalatan alle ja siten suojalatan nouseminen estyisi. Kertyvien roiskeiden määrä pysyisi kuitenkin pienenä, seurauksena suojalatan paremmasta suojaavuudesta. Suojalatan lattiarakennepoikkileikkausta voidaan tarkastella kuvasta 32. (15.)



KUVA 32. Hahmotelma suojalatalle: 1. lattiataso, 2. suojalatta, 3. viisto seinämä, 4. vaijeri ja vaijerin kannake

## **7.7 Konvertterin huollon aikainen imurointi**

Konverttereilla suoritetaan tarvittaessa erilaisia huoltotoimenpiteitä, jotka eivät liity ennakkohuolto-työmääriin. Nämä huollot kestävät yleensä noin puolesta tunnista reiluun tuntiin ja niitä suoritetaan noin kerran viikossa. Tällaisia huoltotoimenpiteitä ovat esimerkiksi virtatunnelin imurointi ja skollien poisto konvertterin sisältä kaivinkoneessa olevan iskuvasaran avulla. Tarkoituksena on pitää seisokkiaika mahdollisimman pienenä. (16.)

Virtakiskotunnelin imuroinnin yhteyteen olisi mahdollista sisällyttää konvertterin terässenkkaradan suojalatan alueen ympäristön imurointi. Imuroinnin avulla suojalatan ympäristö saataisiin pidettyä siistimpänä ja sitä kautta ehkäistäisiin suojalatan aiheuttamia ongelmia, kuten pyöräkoneen kauhan osumista suojalattaan. Tarvittava imurointi tulisi selvittää etukäteen, sillä viikoittainen imurointi ei välttämättä ole tarvittavaa. Skollien poiston aikana konvertterin alapuoli on vaara-alueita ja silloin konvertterin alapuolella työskentely ei ole suotavaa. Mikäli konvertteri ei ole muurauksessa, niin konvertterin alapuolella tulee käyttää siirrettävää katosta mahdollisten suojaseinistä tippuvien roiskeiden varalle. Imuroinnin tarve ja sen mahdollisuus tulisi siis selvittää etukäteen.

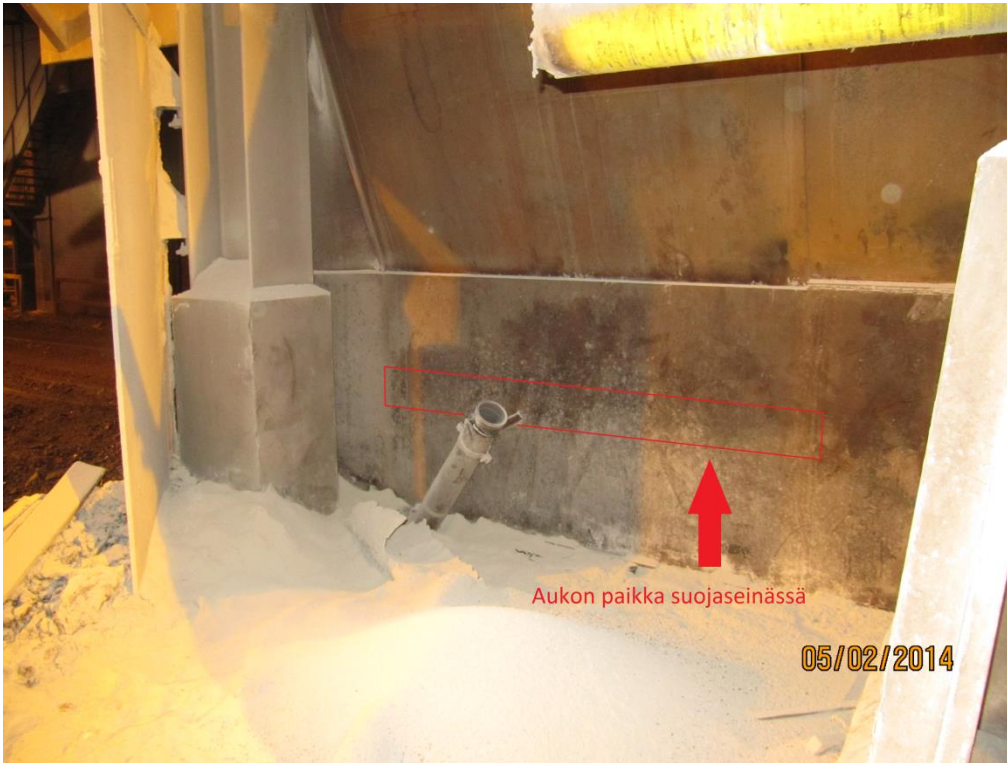
## **7.8 Vinoja suojalevyjä konvertterin seinään**

Konvertterin kippauksessa syntyvät roiskeet aiheuttavat maahan kulkeutuessaan monenlaisia ongelmia. Terässenkkavaunun sivuun on rakennettu kalteva suojalevy, jota pitkin roiskeet valuvat maahan. Suojalevyn tarkoituksena on estää roiskeiden pääsy terässenkkavaunun raiteille. Ongelmana nykyisessä suojalevyssä on kuitenkin, että se ohjaa roiskeet suoraan suojaseinää vasten, josta roiskeet kulkeutuvat suojalatan päälle. Kehitysehdotuksessa roiskeet ohjattaisiin suojaseinän takapuolelle. Tällä menetelmällä suojalatan puoleiset roiskeet pystyttäisiin puhdistamaan suojaseinän takapuolelta, joten puhdistavalla ajoneuvolla ei tulisi kosketusta suojalatan kanssa. Kuvaan 33 on hahmoteltu, kuinka suojalevy tulisi suojaseinään kiinni.



*KUVA 33. Hahmotelma suojalevystä ja suojaseinän aukosta*

Suojalevyjä olisi mahdollista käyttää myös korkeammalla konvertterin suojaseinässä, jolloin suojalevy ei olisi pyöräkoneen tiellä. Suojalevyt hitsattaisiin osaksi konvertterin suojaseinämää. Teräsenkavaunun suojalevystä roiskeet ohjautuisivat suojaseinässä olevan suojalevyn kautta suojaseinän toiselle puolelle. Suojalevyjen avulla roiskeita saataisiin ohjattua suojalatalta pois, eli paikkaan jossa ne eivät häiritsisi tuotantoa. Kuvaan 34 on hahmoteltu kuvaan, mihin aukko tulisi suojaseinän takapuolelle.



KUVA 34. Näkymä suojaseinän takapuolelta ja hahmotelma aukosta

Suojalevyt tulisi hitsata suojaseinämään kaltevaan tasoon. Kalteva taso pienentää roiskeiden tarttumista suojalevyyn. Roiskeiden kertyminen on toki mahdollista, vaikka suojalevy olisikin hitsattu kaltevaksi, sillä sulan roiskeet tarttuvat välillä pystysuoraan seinämään. Roiskeet kuitenkin irtoavat seinistä jäähtyttyään.

Mahdollisina riskeinä ideassa on se, että roiskeet tarttuvat suojalevyyn ja lopulta kertyneet roiskeet aiheuttavat senkkavaunun törmäyksen kertyneisiin roiskeisiin. Toisena riskinä ovat suojalevyn ja suojaseinään tehdyn aukon muodonmuutokset. Suojalevy ja aukon ympäryys tulisi rakentaa niin järeeästi, etteivät lämmönvaihtelut pääse muovaamaan rakennetta.

### 7.9 Suojalatan nostimen suojaus

Virranottimen kotelointi, joka siis toimii samalla suojalatan nostimena, on kokonaan suojaamatta. Suojauksen puuttuessa roiskeet pääsevät kulkeutumaan ilmassa olevan latan alta suoraan virtatunneliin ja seinille kertyneet skollat pudotessaan saattavat tehdä suojalatalle muodonmuutoksia. Suojaamaton kohta on ympyröity kuvaan 35. Muodonmuutokset, kuten repeämät ja kolot muuttuvat ajan kuluessa huonompaan suuntaan aiheuttaen suojalatan katkeamisen. Ongelmien poistamiseksi suojaamatonta kohtaa olisi mahdollista kehittää.



KUVA 35. Terässenkkaavun suojaamaton kohta

Terässenkkaavun ja virranottimen avonainen väli tulisi suojata paremmin. Suoja voitaisiin esimerkiksi jatkaa terässenkkaavunsa olevasta viistosta suojalevystä niin pitkälle, että se ulottuisi virranottimen koteloinnille asti. Suojalevyn asentamisen ei pitäisi aiheuttaa suuria muutoksia itse terässenkkaavuun. Mahdollisen lisäsuojan rakentamisessa tulee huomioida sen leveys, ettei suojalevy pääse osumaan suojaseinään.

### 7.10 Harjausmekanismin lisääminen

Suojalatan päälle ja sen sivuille kertyvät roiskeet kulkeutuvat virranottimen aukon kautta virtatunneliin. Konvertterialueella suojalatan alle kerääntyy suuria määriä roiskeita. Roiskeita puhdistetaan suojalatan lähistöltä pyöräkoneella pois, jolloin syntyy suojalatan kannalta vaarallinen tilanne. Mikäli suojalatan ympäristö pystyttäisiin pitämään jo lähtökohtaisesti puhtaampana, ei pyöräkoneen tarvitsisi puhdistaa suojaseinän ja suojalatan kannalta kriittisiä alueita.

Virranottimen ja senkkaavun välille olisi mahdollista toteuttaa harjajärjestelmä, joka auttaisi suojalatan puhtaanapitoa. Pyöriviä harjoja voisi olla kaksi kappaletta, jotka molemmat pyörisivät samaan suuntaan. Ensimmäinen harja voisi olla suojaseinän ja suojalatan välillä. Harjauksessa suojaseinän vieressä ja suojalatan päällä olevat roiskeet kulkeutuisivat suojalatan ylitse suojalatan ja radan välille. Toinen harja pyöriessään siirtäisi roiskeet yhä edemmäksi



suojalatasta. Lopulta roiskeet olisivat harjojen siirtäminä senkkaradan keskellä, josta senkkavaunu puskurillaan siirtäisi roiskeet yhä edemmäksi paikkaan, josta niiden puhdistaminen on helppoa.

Harjat tulisi olla suhteellisen suuret, eli esimerkiksi noin 500 mm halkaisijaltaan, jolloin mahdolliset terässenkkaradalla olevat kamit eivät vahingoittaisi harjojen akseleita terässenkkavaunun liikkeessä radalla. Virran harjausmekanismi saisi virranottimen kautta. Harjojen pyörimisen voisi toteuttaa niin, että terässenkkavaunun liikkeessä myös harjat lähtisivät pyörimään.

### **7.11 Kaatologiikoiden parantaminen**

Konvertterin kaato on automatisoitu prosessi. Konvertteri kallistuu vähän kerrallaan ja terässenkkavaunu liikkuu kaadon aikana konvertterin alapuolella. Kaadossa tapahtuu jonkin verran ohikaatoa eli sula teräs osuu senkan reunaan tai kaato menee kokonaan senkan reunan ohitse. Suuret sulamäärät aiheuttavat runsaan roiskeiden kerääntymisen hyvin lyhyessä ajassa ja sitä kautta muodostavat suojalatalle lyhemmän käyttöiän. Kaadon aikaista logiikkaa tulisi parantaa siten, että saataisiin poistettua ohikaadon määrä kokonaan.

Keväällä 2015 sulatolle tulevat täysin uudenlaiset konvertterit. Niiden muoto on erilainen ja niiden happipuhallus on tehokkaampi. Uusien konverttereiden muoto pienentää sulan roiskumista ja konvertterien päivityksen jälkeen kaatologiikat hiotaan sellaisiksi, ettei ohikaatoa tapahdu.

### **7.12 Virranottimen muutos**

Nykyinen virranotin aiheuttaa kokonaisuudessaan hyvin monenlaisia ongelmia. Suojalattoihin syntyy murtumia, suojalatat katkeilevat ja virtatunneliin kulkeutuu kuumia roiskeita, jotka saattavat aiheuttaa ongelmia itse virtakiskoon ja myöhemmin roiskeet joudutaan imuroimaan koko virtakiskotunnelin käytävältä. Ongelmat johtuvat täysin nykyisestä virranottimen rakenteesta. Virranottimesta johtuvia ongelmia pystyttäisiin estämään toteuttamalla senkkavaunuun täysin erilaisen virransyötön.

Uudenlaisen virransyötön terässenkkavaunulle pystyisi toteuttamaan esimerkiksi erillisellä sähkökelalla. Vaunun virransyöttö tulisi voimavirtajohtoa pitkin terässenkkavaunuun. Terässenkkavaunun liikkeessä eteen ja taaksepäin johto keriytyisi terässenkkavaunussa olevan

kelan ympärille. Sähköjohto tulee olla roiskeilta suojattu. Raahen masuunilla on käytössään automatisoidut rautaveturit, joissa virransyöttö on toteutettu kyseisellä kaapelikela-menetelmällä. Menetelmää pystyisi uskoakseni hyödyntämään myös terässulaton alueella.

## 8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Raahen terässulaton konvertterien terässenkkaradalla sijaitsevan suojalatan katkeamisen syitä ja niiden perusteella keksiä toimenpiteitä, jotta terässenkkaradan suojalatan aiheuttamat ongelmat saataisiin mahdollisimman pieneksi ja sitä kautta saataisiin parannettua konvertterialueen käyttövarmuutta. Terässenkkaradalla vallinneita ongelmia tutkittiin Arttu-kunnossapitotietojärjestelmästä löytyvien historiatietojen perusteella. Tutkimuksissa haastateltiin terässulaton henkilöstöä, jotta saatiin hyvin monipuolista tietoa kattavasti. Osana tutkimuksiin kuului myös suojalatan materiaali- ja kovuustutkimukset.

Arttu-kunnossapitotietojärjestelmän avulla saatiin haetuksi runsaasti tietoa eri konverttereilla olleista vioista. Työmääräimiä tarkastelemalla löydettiin eri konverttereilla vallitsevat vikatyypit ja niiden lukumäärät. Vikatyypien perusteella pystyttiin tutkimaan vian aiheuttajaa. Tärkeimpänä tietona Arttu-kunnossapitotietojärjestelmästä löydettiin konvertteri 2:lla tapahtuvat suojalatan katkeamiset, joita oli huomattavan suuri määrä verrattuna konvertteri 1:een ja konvertteri 3:een. Konvertterilla 2 havaittiin suojaseinän olevan lähempänä suojalattaa kuin muilla konverttereilla. Suojaseinän ja suojalatan pieni väli on siis suoraan yhteydessä suojalatan katkeamiseen. Vuonna 2013 työmääräinten kasvu terässenkkaradalle on ollut suurta. Suuret vikamäärät voivat olla yhteydessä kunnossapitotyöntekijöiden vähenemiseen tai masuunilla aloitetun pelletin käyttöön ottoon.

Työntekijöiden haastattelut ja suojalatan kovuusmittaukset olivat merkittävässä asemassa selvitetessä vian aiheuttajia terässenkkaradalla. Työntekijöitä haastateltaessa selvisi, että ennen konvertterilla on ollut työntekijä, joka on puhdistanut konvertterin alla suojalatan ympäristön. Työntekijöille teetetyn kyselyn perusteella suurimmaksi suojalatan katkeamisen aiheuttajaksi arvioitiin pyöräkonetta. Konvertterialueelle kertyy vuorokauden aikana suuri määrä roiskeita, jotka pyöräkone käy puhdistamassa pois. Suojalatta jää kertyneiden roiskeiden alle, jolloin kuljettajalla on vaikeuksia havaita suojalattaa. Suurella kauhakuormaajalla osutaan suojalattaan, jolloin siihen syntyy särö tai pahimmassa tapauksessa koko suojalatta menee poikki. Konvertterialueen puhdistamista tulisi kehittää tulevaisuudessa. Vaihtoehtona on myös suojaseinien siirtäminen, jolloin roiskeet leviävät kauemmaksi suojalatasta eivätkä siten aiheuta suurien kekojen kerääntymistä samaan kohtaan.

Kovuusmittauksista havaittiin, että suojalatan pintakovuus muuttuu konvertterin alapuolisella alueella. Suojalatta pehmenee pinnasta hieman. Pintakovuuden muutos ei kuitenkaan aiheuta suojalattaan suuria fyysisiä muutoksia. Tarkasteltaessa pintakovuutta testikappaleiden paksuusprofiiliin materiaalin pehmeneminen on hyvin pientä, noin 10 %.

Jatkokehitysmahdollisuuksia teräsenkarradan suojalatan kehittämiseksi keksittiin runsaasti. Kehitysideoita tulee miettiä tarkoin ja päättää, voidaanko ideoita käyttää sellaisenaan vai tuleeko ideoita esimerkiksi yhdistää. Terässulaton kunnossapidon henkilöstölle jää ratkaistavaksi, hyväksytäänkö kehitysehdotuksia ja toteutetaanko niitä tulevaisuudessa.

## LÄHTEET

1. Tietoa yhtiöstä. 2014. Ruukki. Rautaruukki Oyj. Saatavissa: <http://www.ruukki.fi/Tietoa-yhtiosta>. Hakupäivä 10.12.2013.
2. Tietoa yhtiöstä/strategia. 2014. Ruukki. Rautaruukki Oyj. Saatavissa: <http://www.ruukki.fi/Tietoa-yhtiosta/Strategia>. Hakupäivä 10.12.2013.
3. Esittelymateriaalit. 2014. Ruukki. Rautaruukki Oyj. Sisäinen lähde. <http://intra.rsteel.net/sites/msa/BSSA/Documents/Raahe/Esittelymateriaali/>. Hakupäivä 20.1.2014.
4. Teräskirja. Teräs- silta tulevaisuuteen. 8. painos. 2009. Helsinki: Metallinjalostajat ry.
5. Orava, Jani 2014. Työsuunnittelija, Rautaruukki. Haastattelu 20.2.2014.
6. Järviö, J. 2006. Kunnossapito. 3. painos. Hamina: Kunnossapitoyhdistys ry.
7. Virsiheimo, Pekka 2014. Kunnossapitopäällikkö, Rautaruukki. Haastattelu 19.3.2014.
8. XRF. Tutkimuspalvelut. 2014. Top Analytica. Saatavissa: [www.topanalytica.com/fi/tutkimuspalvelut/xrf](http://www.topanalytica.com/fi/tutkimuspalvelut/xrf). Hakupäivä 18.3.2014.
9. OES-analysaattorit. OES:n perusteita. 2014. Finfocus Instruments. Saatavissa: [www.finfocus.fi/tuotteet/oes-analysaattorit/oes-n-perusteita](http://www.finfocus.fi/tuotteet/oes-analysaattorit/oes-n-perusteita). Hakupäivä 18.3.2014.
10. Kovuusmittauksen perusteita. 2014. Finfocus Instruments. Saatavissa: <http://static.ecome.fi/upload/43/Kovuus%20Vickers.pdf>. Hakupäivä 16.4.2014.
11. Mäkelä, Mikko – Soininen, Lauri – Tuomola, Seppo – Öistämö, Juhani 2010. Tekniikan Kaavasto. 8. painos. Hämeenlinna: Tammertekniikka / Amk-Kustannus Oy.
12. Vehkalahti, Johanna 2014. Työnjohtaja, Rautaruukki Oyj. Sähköpostikeskustelut 11.2.2014.
13. Pynnönniemi, Tapani 2014. Maanmittausinsinööri, Mitta Oy. Puhelinkeskustelut 25.2.2014.
14. Laru, Esko 2014. Teknikko, Rautaruukki Oyj, Sähköpostikeskustelut 2.4.2014.

15. Haaraniemi, Mika 2014. Työsuunnittelija, Rautaruukki Oyj. Keskustelut 1.4.2014.
16. Rahkala, Rauno 2014. Tuotantoteknikko, Rautaruukki Oyj. Puhelinkeskustelut 28.4.2014.
17. Viirret, Helena 2014. Laboratorionhoitaja, Rautaruukki Oyj. Sähköpostikeskustelut 16.4.2014.
18. Arttu-kunnossapitotietojärjestelmä. 2014. Ruukki. Rautaruukki Oyj. Sisäinen lähde 24.4.2014.

## LIITTEET

Liite 1. Esimerkki työmääräimestä

Liite 2. Terässulaton layout (3)

Liite 3. Konvertterien ratojen korkeudet (13.)

Liite 4. Kyselylomake

Liite 5. Kovuusmittaukset (16.)



## Päätyönro:

Työnro: 2349296 KONVERTTERIALUEEN VIIKOTTAINEN HUOLTOKIERROS



## Seisokki:

## Seisokkiaika:

Työn tyyppi: MH

Työtyypin tark.: HU

## klo:

MÄÄRÄAIKAISHUOLTO

HUOLTO

Abc:

C

## Yl. paikat:

26

TERÄKSEN VALMISTUS

26-3

KONVERTTERILAITOS

## Kohde:

P 26-32

KONVERTTERIT LAITTEINEEN

## Lisäkohteet:

Vastaanottaja: TE MEK KONV

TE MEK KONVERTTERIT

Seur. suoritusvko: 201418

## Työnjohtaja:

Kuormitusryhmä: TE MEK KONV EH

TE MEK KONV EH

Seur. suoritusvko: 29.04.2014

## Suunnittelija:

puh:

Edell. suoritusvko: 201417

Edell. suoritusvko: 22.04.2014

## Suorittaja:

Jakso viikkoa: 1

## Ammattiryhmä:

Vaatii pysäytyksen 

## Materiaalit:

| Tako/Osa | Varaus nro | Tarvepvm   | Toim.pvm | Nimi<br>Tavara-asema  | Määrä | Tot. määrä | Yks.<br>Varasto |
|----------|------------|------------|----------|---|-------|------------|-----------------|
| 349084   | 2264184    | 15.11.2013 |          | TERÄSHARJA 13283 D75<br>DWG 4463242   | 4     |            | 4 PCS           |
|          |            |            |          | 263 A   |       |            | KV              |
| 247163   | 2264184    | 15.11.2013 |          | KANNATUSRULLA 180X50/330 DWG 372934<br>180X50/330 KOOTTUNA<br>DWG 372934 SUOJALATAN | 2     |            | 2 KPL           |
|          |            |            |          | 263 A   |       |            | KV              |

## Työn ohjeistus / kuvaus:

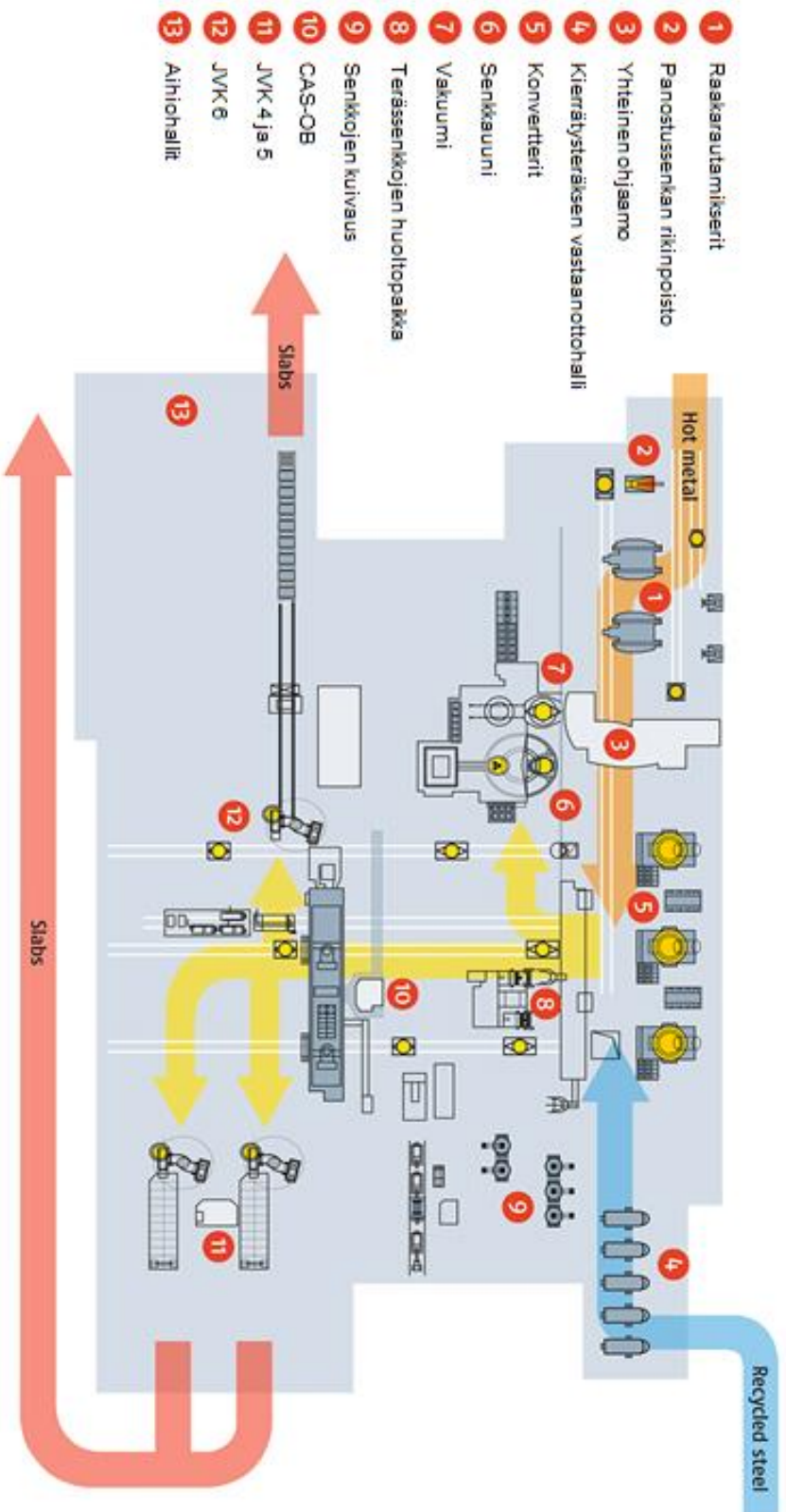
Huoltokierros pyritään tekemään kaksi kertaa viikossa. Huollettavat/tarkastettavat kohteet:

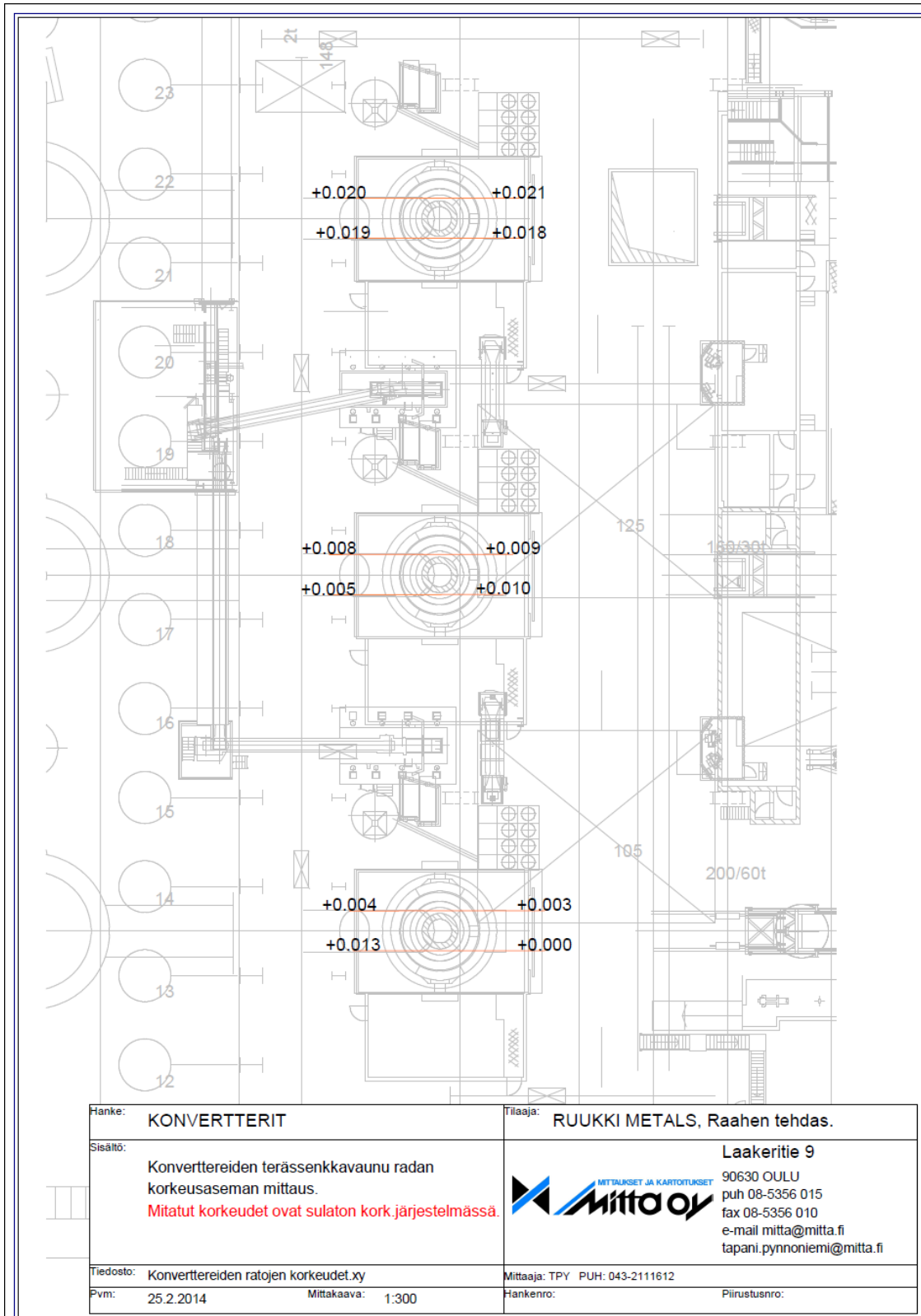
## TERÄSSENKKAUNUT:

- KUONAVAUNUN KYTKIN
- AVAAJAN TOIMINTA
- VIVUSTOT
- VIRRANOTIN
- LATTAVAUNU
- VIRRANOTTIMEN RUNKO
- KÄYTTÖKONEISTOT, TELIT JA PYÖRÄT
- PUSKURI
- HUUHTELUYHTEET (VUODOT)
  - SUOJAT, ROISKEET
- VAUNUN RUNKO, RATKEAMAT, SULAN TEKEMÄT VAURIOT
- RASVAUS



# Terässulatto, Raahе





## Kysely

Kenelle: Sulaton kunnossapito päivä, sulaton kunnossapito vuoro, vuoromestarit

NIMI: \_\_\_\_\_

1. Montako kertaa olet arviolta ollut lattaan liittyvissä kunnossapitotöissä?

---

---

2. Silmäiletkö lattojen kuntoa kulkiessasi osastolla? Kerrotko asiasta esimiehelle, mikäli havaitset jotain? Merkitsetkö arttuun?

---

---

3. Mikä mielestäsi on syynä latan ratkeamiseen/katkeamiseen?

-

---

-

---

-

---

4. Miten mielestäsi latan murtumista/katkeamista voitaisiin estää?

-

---

-

---

-

---

5. Onko käytetty aina samaa lattaa?

---

---

6. Missä latan ratkeamisia tai katkeamisia tapahtuu eniten?

---

---

7. Onko mielestäsi ennen tapahtunut enemmän ongelmia? Onko tehty jotakin toimenpiteitä jotka ovat pienentäneet ongelmia?

---

| KOVUUSKOE<br>HARDNESS TEST   |       |                  |     |     |  |      |                                |     |     |     |     |     |     |     |    |
|--|-------|------------------|-----|-----|--|------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| <b>RUUKKI</b><br>Laboratoriopalvelu<br>Rikkovan aineenkoetuksen<br>laboratorio |       |                  |     |     |  |      |                                |     |     |     |     |     |     |     |    |
| Työ nro/Job no   |       | 128/14           |     |     |  |      |                                |     |     |     |     |     |     |     |    |
| Pvm/Date   |       | 15.4.2014        |     |     |  |      |                                |     |     |     |     |     |     |     |    |
| Tilaaaja/Customer  |       | A.Juntunen       |     |     |  |      |                                |     |     |     |     |     |     |     |    |
| Koetyyppi  | Voima |                  |     |     |  |      |                                |     |     |     |     |     |     |     |    |
| HV   | Load  | 5                |     |     |  |      |                                |     |     |     |     |     |     |     |    |
|  |       | pintakovuus HV 5 |     |     |  | KA   | paksuusprofiilit HV 5 0.5 väli |     |     |     |     |     |     |     | KA |
| 1.2B   | 131   | 133              | 133 | 132 |  | 1.1A | 148                            | 142 | 129 | 133 | 134 | 137 | 132 | 136 |    |
| 1.3B   | 142   | 139              | 140 | 140 |  | 1.2A | 138                            | 129 | 128 | 122 | 124 | 129 | 131 | 129 |    |
| 1.1C   | 111   | 109              | 109 | 110 |  | 1.3A | 137                            | 131 | 128 | 128 | 134 | 141 | 148 | 135 |    |
| 1.3C   | 150   | 143              | 156 | 150 |  | 1.4A | 135                            | 133 | 122 | 131 | 141 | 154 |     | 136 |    |
| 1.1D   | 113   | 115              | 119 | 116 |  | 1.1B | 158                            | 149 | 133 | 125 | 126 | 134 | 142 | 138 |    |
| 1.2D   | 112   | 109              | 108 | 110 |  | 1.4B | 141                            | 140 | 133 | 133 | 135 | 138 | 131 | 136 |    |
| 1.3D   | 132   | 131              | 133 | 132 |  | 1.2C | 140                            | 129 | 123 | 115 | 119 | 132 | 144 | 129 |    |
| 1.4D   | 127   | 131              | 130 | 129 |  | 1.4C | 147                            | 127 | 119 | 121 | 124 | 138 | 137 | 130 |    |
| 2.1A   | 159   | 162              | 154 | 158 |  | 1.1E | 131                            | 122 | 124 | 118 | 122 | 119 | 121 | 122 |    |
| 2.3A   | 149   | 154              | 143 | 149 |  | 1.2E | 132                            | 126 | 127 | 127 | 131 | 133 |     | 129 |    |
| 2.4A   | 136   | 149              | 146 | 144 |  | 1.3E | 140                            | 131 | 130 | 138 | 140 | 149 | 150 | 140 |    |
| 2.2B   | 154   | 147              | 149 | 150 |  | 1.4E | 152                            | 143 | 139 | 136 | 141 | 149 | 151 | 144 |    |
| 2.3B   | 153   | 152              | 155 | 153 |  | 2.1B | 161                            | 157 | 163 | 158 | 162 | 159 | 164 | 161 |    |
| 2.4B   | 163   | 145              | 152 | 153 |  | 2.1C | 150                            | 147 | 148 | 147 | 147 | 157 | 158 | 151 |    |
| 2.2D   | 152   | 155              | 170 | 159 |  | 2.1D | 179                            | 167 | 165 | 162 | 167 | 167 | 180 | 170 |    |
| 2.3D   | 163   | 171              | 159 | 164 |  | 2.2A | 158                            | 150 | 148 | 150 | 154 | 158 | 153 | 153 |    |
| 2.4D   | 160   | 156              | 158 | 158 |  | 2.2C | 170                            | 168 | 158 | 158 | 160 | 159 | 156 | 161 |    |
| 2.1E   | 155   | 156              | 161 | 157 |  | 2.3C | 155                            | 152 | 148 | 150 | 143 | 147 | 152 | 150 |    |
| 2.2E   | 167   | 157              | 150 | 158 |  | 2.4C | 144                            | 147 | 143 | 144 | 145 | 152 | 165 | 149 |    |
| 3.2D   | 150   | 153              | 153 | 152 |  | 2.4E | 170                            | 162 | 152 | 154 | 155 | 152 | 156 | 157 |    |
| 3.1E   | 143   | 146              | 143 | 144 |  | 3.1A | 148                            | 150 | 145 | 148 | 152 | 156 |     | 150 |    |
| 3.3E   | 151   | 149              | 149 | 150 |  | 3.2A | 156                            | 152 | 144 | 154 | 165 | 164 |     | 156 |    |
| 3.4E   | 148   | 148              | 146 | 147 |  | 3.4A | 150                            | 148 | 144 | 144 | 148 | 148 | 147 | 147 |    |
| 4  | 144   | 151              | 148 | 148 |  | 3.1B | 176                            | 158 | 150 | 157 | 171 |     |     | 162 |    |
|  |       |                  |     |     |  | 3.2B | 163                            | 154 | 150 | 158 | 160 | 160 |     | 158 |    |
|  |       |                  |     |     |  | 3.3B | 158                            | 152 | 147 | 142 | 154 | 147 |     | 150 |    |
|  |       |                  |     |     |  | 3.4B | 147                            | 150 | 148 | 144 | 148 | 154 | 154 | 149 |    |
|  |       |                  |     |     |  | 3.1C | 155                            | 152 | 144 | 154 | 162 |     |     | 153 |    |
|  |       |                  |     |     |  | 3.2C | 187                            | 174 | 161 | 160 | 183 | 194 |     | 177 |    |
|  |       |                  |     |     |  | 3.3C | 159                            | 157 | 150 | 156 | 165 | 171 |     | 160 |    |
|  |       |                  |     |     |  | 3.4C | 152                            | 144 | 143 | 145 | 147 | 155 |     | 148 |    |
|  |       |                  |     |     |  | 3.1D | 158                            | 157 | 150 | 147 | 164 | 163 |     | 157 |    |
|  |       |                  |     |     |  | 3.3D | 151                            | 147 | 146 | 144 | 151 | 158 |     | 150 |    |
|  |       |                  |     |     |  | 3.4D | 148                            | 141 | 142 | 149 | 152 |     |     | 146 |    |
|  |       |                  |     |     |  | 5.2E | 151                            | 150 | 146 | 149 | 149 | 150 |     | 149 |    |
| Tekijä   |       | Helena Viirret   |     |     |  |      |                                |     |     |     |     |     |     |     |    |
| Made by  |       | Helena Viirret   |     |     |  |      |                                |     |     |     |     |     |     |     |    |
| Pvm  |       | Allek.           |     |     |  |      |                                |     |     |     |     |     |     |     |    |
| 16.4.2014  |       | Sign.            |     |     |  |      |                                |     |     |     |     |     |     |     |    |
| Hyväksyjä  |       |                  |     |     |  |      |                                |     |     |     |     |     |     |     |    |
| Check  |       |                  |     |     |  |      |                                |     |     |     |     |     |     |     |    |
| Pvm  |       | Allek.           |     |     |  |      |                                |     |     |     |     |     |     |     |    |
| Date   |       | Sign.            |     |     |  |      |                                |     |     |     |     |     |     |     |    |