

Antti Lipponen

KAASULEIKKAUSKONEIDEN SÄHKÖISTYKSEN JA AUTOMAATION ELIN- KAARI

KAASULEIKKAUSKONEIDEN SÄHKÖISTYKSEN JA AUTOMAATION ELIN- KAARI

Antti Lipponen
Opinnäytetyö
Syksy 2022
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-
ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Automaatio

Tekijä: Antti Lipponen

Opinnäytetyön nimi: Kaasuleikkauskoneiden sähköistyksen ja automaation elinkaari

Työn ohjaaja: Tero Hietanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2022

Sivumäärä: 50

Opinnäytetyö on tehty SSAB:n Raahen terästehtaan terässulatolle. Terässulatolla sularaudasta tehdään sulaterästä ja se valetaan jatkuvavalukoneilla aihioiksi. Työn päätavoitteena oli selvittää kaasuleikkauskoneiden ohjauskeskusten elinkaaren ylläpidon mahdollisuudet. Kyseiset kaasuleikkauskoneet sijaitsevat jatkuvavalulaitoksissa. Onnistuisiko elinkaaren ylläpito pelkällä kunnossapidolla vai tarvittaisiinko mahdollista saneerausta? Elinkaaren ylläpidon olisi tarkoitus kestää noin vuoteen 2030, jonka jälkeen nykyisiä kaasuleikkauskoneita ei välttämättä tarvittaisi. Selvitystyön tavoitteena oli kerätä lisätietoa saneerauspäätöksen tueksi, joka tehtäisiin lähitulevaisuudessa.

Työssä lisätietojen ja havaintojen kerääminen tapahtui terässulatolla työskentelevien henkilöiden, löydettävissä olevan materiaalin sekä eri tunnuslukujen avulla. Päätöksenteon tukemiseksi oli selvitettävä häiriöasteista johtuvat kustannukset. Kustannusten avulla oli mahdollista tutkia häiriöiden vaikutusta tuotantoon. Selvitettäessä kunnossapidon mahdollisuuksia oli myös tutkittava nykyisten osien saatavuutta sekä niiden elinkaarta. Työn aikana selvisi, että tuotannon kannalta kriittisin kaasuleikkauskone aiheuttaa lisääntyvien häiriöiden vuoksi eniten kustannuksia tuotantoon. Nykyisten varaosien sekä pelkän kunnossapidon avulla ei todennäköisesti saavutettaisi ylläpidolle asetettua elinkaaren tavoitetta. Työn aikana tehdyt havainnot ja lisätiedot toimivat hyvänä tukena tulevalle päätöksenteolle.

Asiasanat: Automaatio, terästuotanto, kaasuleikkauskone, elinkaari, kunnossapito, saneeraus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Technology, Option of Automation

Author: Antti Lipponen

Title of thesis: The lifecycle of gas cutting machines electrification and automation

Supervisor: Tero Hietanen

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2022

Number of pages: 50

The thesis is written for SSAB's Raahе steelworks. The main objective of the thesis was to investigate the possibilities of the lifecycle maintenance for control centres of the gas cutting machines. In addition the aim was to find out whether lifecycle maintenance could be achieved by maintenance alone or whether a possible renovation would be necessary. The needed maintenance lifecycle would be expected to last until about 2030, after which the current gas cutting machines might not be needed. The aim of the study was to gather further information to support a decision of renovation in the near future. Gas cutting machines work at continuous casting plants where they cut cast slabs to specified measure.

In this work, additional information and observations were collected with the help of people working at the steelworks, the material that could be found and with various indicators. To support the decision, the costs resulting from the degree of disruption had to be determined. The costs made it possible to observe the impact of the disturbances on production. In addition, the availability of existing parts and their lifecycle had to be investigated to identify maintenance options. During the work, it was found that the most critical gas cutting machine from the production point of view, through increasing breakdowns, is the one that imposes the highest costs on production. Existing spare parts and maintenance alone were unlikely to achieve the lifecycle goals set for maintenance. The findings and additional information gathered during this work will provide good support for future decision making.

Keywords: Automation, steel production, gas cutting machine, lifecycle, maintenance, renovation

ALKULAUSE

Opinnäytetyö on tehty kesän ja syksyn 2022 aikana SSAB Europe Oy:n Raahen tehtaan terässulatolle. Työssä suurena apuna ja ohjaavana opettajana toimi Oulun ammattikorkeakoulusta Tero Hietanen. Työn tilaajan edustajana sekä opinnäytetyön ohjaajana toimi Risto Pehkonen. Riston ammatillisesta kokemuksesta oli suuri apu työtä tehdessäni. Haluan kiittää kumpaakin opinnäytetyöni asiantuntevasta ohjauksesta sekä tuesta. Kiitän myös Ville Kastellia terässulaton prosessivaiheiden tarkemmasta selvityksestä. Iso kiitos myös muille, jotka ovat olleet edistämässä opinnäytetyötäni.

Oulussa 12.10.2022
Antti Lipponen

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|---|----|
| ALKULAUSE..... | 5 |
| SISÄLLYSLUETTELO | 6 |
| LYHENTEET JA MERKINNÄT | 8 |
| 1 JOHDANTO | 10 |
| 2 SSAB TERÄSSULATON PROSESSI JA AUTOMAATIO | 11 |
| 2.1 Teräksen valmistusprosessi | 11 |
| 2.1.1 Konvertterien toiminta | 12 |
| 2.1.2 Jatkuvalulaitoksien toiminta..... | 13 |
| 2.2 HYBRIT-hanke | 17 |
| 2.3 Automaatio | 18 |
| 2.4 Kunnossapito..... | 23 |
| 3 TYÖNSUORITUS | 27 |
| 3.1 Lähtötilanne..... | 27 |
| 3.2 Yksittäisten koneiden tilanne | 27 |
| 3.3 Ohjauskeskusten varaosat..... | 28 |
| 3.3.1 Aiotavat | 30 |
| 3.3.2 Ristiinkäyttö..... | 30 |
| 3.3.3 Turvallisuus..... | 31 |
| 3.4 Kaasuleikkauskoneiden käyttöaste | 31 |
| 3.5 Koneiden häiriöasteet ja niiden vaikutus tuotantoon | 33 |
| 3.6 Häiriömäärät..... | 34 |
| 3.7 Häiriöiden kestot..... | 36 |
| 3.8 Häiriökestojen kustannukset..... | 39 |
| 3.9 Keskeytyksien kustannukset | 40 |
| 3.10 Koneiden ongelmat ja haasteet | 41 |
| 3.11 Koneiden tarve tulevaisuudessa..... | 42 |
| 4 TULOSTEN TARKASTELU | 43 |
| 4.1 Käyttöasteen parantaminen kunnossapidon keinoin | 43 |
| 4.2 Käyttöasteen parantaminen investoinnin kautta | 44 |
| 4.3 Sivulöydökset | 45 |
| 4.4 Ratkaisuehdotus..... | 45 |

| | | |
|---|------------------|----|
| 5 | YHTEENVETO | 47 |
| | LÄHTEET | 48 |

LYHENTEET JA MERKINNÄT

| | |
|-------------|---|
| CAS-OB | Composition Adjustment by Sealed argon bubbling-Oxygen Blowing, Teräksen jäl- kitäsmäysasema, jota käytetään erikoisterästuotannossa teräksen huuhteluun, seostamiseen ja lämmittämiseen. |
| CPU | Central Processing Unit, Prosessori |
| DOL | Direct Online, Suorakäyttö – moottori käy täydellä nopeudella |
| HMI | Human Machine Interface, Ihmisen ja koneen välinen rajapinta |
| HYBRIT | Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology, Vedyn läpimurto terästeknologi- assa |
| I/O | Input/Output, Tulo- ja lähtö |
| JVK | Jatkuvavalukone |
| JVL | Jatkuvavalulaitos |
| KLK | Kaasuleikkauskone |
| KOKILLI | Jatkuvavalukoneissa käytetty rakenneosa, jolla säädellään valettavan aihion le- veyttä ja paksuutta |
| MINIMILL | Romupohjainen teräksen valmistus |
| OEE | Overall Equipment Effectiveness, Laitteen kokonaistehokkuus |
| PROFIBUS-DP | Process Field Bus-Decentralised Peripherals, Teollisuudessa käytetty kenttä- väylästandardi hajautettujen oheislaitteiden välillä |

- SENKKA Teräksinen astia, joka on vuorattu tulenkestävillä materiaaleilla. Käytetään sulan teräksen kuljettamiseen prosessin eri vaiheissa
- SENKKAUUNI Teräksen jälkitäsmäysasema, jota käytetään erikoisterästuotannossa lisäämällä teräkseen seostusta palamateriaalilla ja täytelangalla
- VAKUUMI Teräksen jälkitäsmäysasema, jota käytetään erikoisterästuotannossa teräkseen liuenneiden kaasujen poistamisessa
- VERTIKAALI Valukoneen pystysuora osa
- VFD Variable-Frequency Drive, Taajuusmuuttaja

1 JOHDANTO

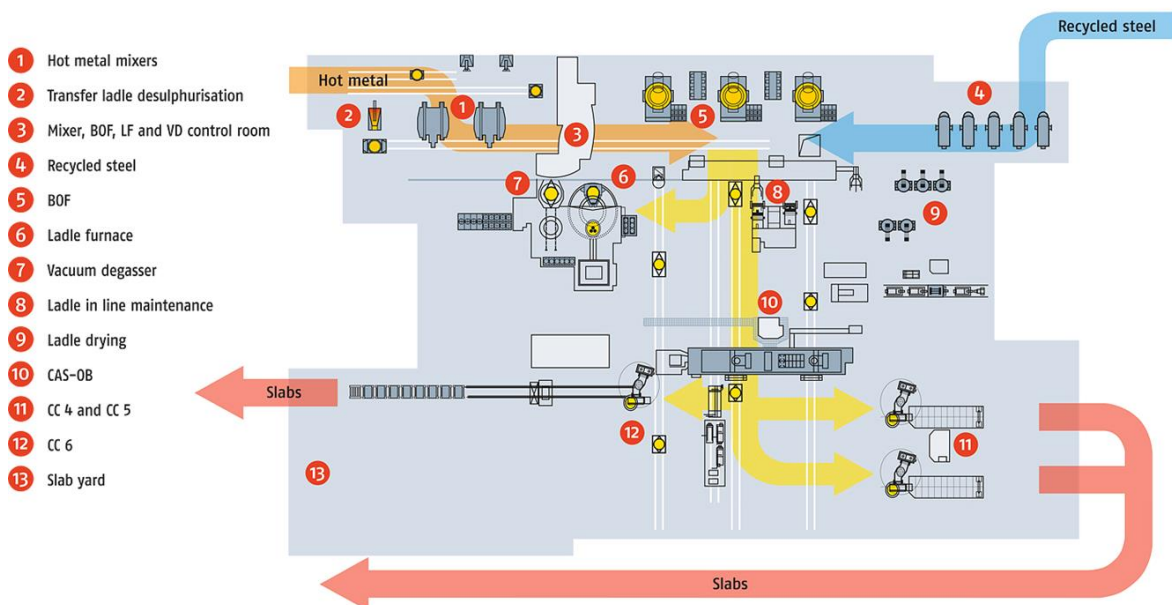
SSAB on maailmanlaajuisesti toimiva ruotsalainen teräsyhtiö ja markkinajohtaja maailmanlaajuisen teräsmarkkinoiden tietyillä osa-alueilla. SSAB:n markkinaosuus koko teräksen maailmanmarkkinoilla on noin 3 %. SSAB:n päämarkkinasektorit ovat erikoisteräkset ja autoteollisuuden eri teräkset. Pohjoismaissa SSAB:n päämarkkinasektorit ovat nauha-, levy- ja putkituotteet. Näiden lisäksi Pohjois-Amerikassa päämarkkinasektori on kvarttolevyt. SSAB:llä työskentelee noin 14 000 työntekijää yli 50 maassa ja sen liikevaihto oli vuonna 2021 96 miljardia kruunua eli noin 9 miljardia euroa. Tämänhetkinen vuosittainen terästuotantokapasiteetti on noin 8,8 miljoonaa tonnia. (1.)

Työn tavoitteena oli selvittää kaasuleikkaukoneiden ohjauskeskusten elinkaaren ylläpidon mahdollisuudet. Ohjauskeskusten elinkaaren selvittämisen tärkein syy on tuleva HYBRIT-hanke, jonka vuoksi kaasuleikkaukoneita ei mahdollisesti tarvittaisi enää 2030-luvulla. HYBRIT-hanke on SSAB:n, Vattenfallin ja LKAB:n yhteinen hanke, jonka tavoite on mahdollistaa teräksen laajamittainen tuotanto fossiilivapaasti. Perinteinen raudan ja teräksen tuotanto tuottaa melkein seitsemän prosenttia maailman hiilidioksidipäästöistä. (2.)

Päästäisiinkö hyvällä ylläpidolla terässulaton osalta loppuun vai täytyisikö saneeraus tehdä? Mitä elinkaaren ylläpitäminen tällöin edellyttäisi? Minkälaisia uhkakuvia syntyisi, mikäli laitteistoa ei uusita? Jos taas uusitaan laitteisto, niin minkälaisia vaihtoehtoja silloin olisi: kokonaan saneeraus vai osittain uudistaminen? Tehtäväksi tarkentui kerätä systemaattista tietoa tulevan saneerauspäätöksen tueksi, joka tehtäisiin tulevaisuudessa. Lopullisen päätöksen investoinnista sekä saneerauksesta tekisi joku muu. Tämä opinnäytetyö on päätöksenteon tukena olevaa lisämateriaalia.

2 SSAB TERÄSSULATON PROSESSI JA AUTOMAATIO

Luvussa käsitellään terässulaton prosessin eri vaiheita sekä automaatiota ja kunnossapitoa. Tarkimmin prosessi kuvataan jatkuvavalulaitoksista, koska kaasuleikkauskoneet kuuluvat niihin. Terässulaton prosessikuvauksen selvittäminen tapahtui suurelta osin haastattelun kautta. Haastateltavana oli SSAB:llä työskentelevä Ville Kastelli. Hän toimii terässulatolla tuotantopäällikkönä ja seuraavat prosessin kuvauksen osuudet on suurilta osin koottu hänen haastattelunsa pohjalta. Terässulaton alueeseen kuuluvat raakarautamixerit, konverterit, jälkitäsmäysasemat, jatkuvavalulaitokset, aihiohalli. Terässulaton prosessialueet ovat nähtävissä kuvasta 1.

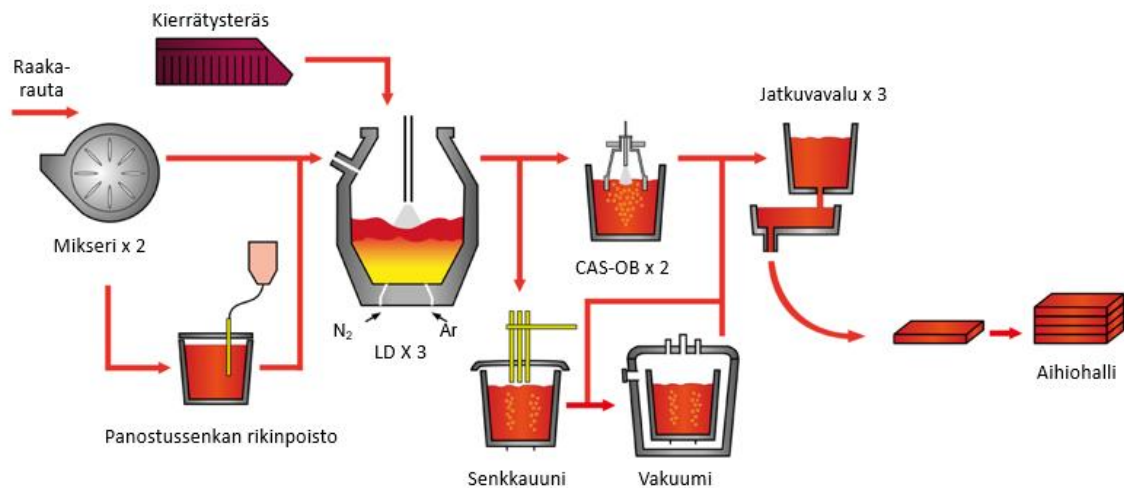


KUVA 1. Terässulatun prosessialueet (3)

2.1 Teräksen valmistusprosessi

Teräksen valmistus lähtee liikkeelle masuuneilta. Sieltä tuleva raakarauta viedään junakiskoja pitkin ensimmäiseen rikinpoistoon, missä lasketaan raakaraudan rikkipitoisuutta. Rikinpoistosta raakarauta jatkaa matkaa raakarautamixereille, joihin se kaadetaan. Raakarautamixerit toimivat väli-varastona ikään kuin puskurina masuuneiden ja terässulatun välillä. Puskurit mahdollistavat sen, että masuuneilla voi olla seisakkeja ja silti rautaa riittää terässulatolla. Kunkin raakarautamixerin

vetoisuus on noin 1300 tonnia. Terässulatolla niitä on yhteensä kaksi. Raakarautamixereiden jälkeen konvertterialueella raakarauta voidaan vielä tarvittaessa käyttää rikinpoistossa, jos se on tarpeen. Rikinpoistoissa raakaraudasta saadaan rikkipitoisuutta laskettua. (4.) Teräksen valmistusprosessin vaiheita on nähtävissä kuvasta 2.



KUVA 2. Teräksen valmistusprosessin eri vaiheita (3)

2.1.1 Konvertterien toiminta

Ennen raudan lisäämistä konvertteriin kaadetaan kierrätysterästä. Kierrätysteräksen määrään vaikuttaa asiakas sekä oma kierrätysteräksen määrä. (4.) Kierrätysteräs tulee kierrätysteräksen vastaanottohalleista. Vastaanottohalleihin romuteräs tulee romuterminaalilta, johon ulkopuoliset sekä sisäiset romuteräkset saapuvat.

Kierrätysteräksen lisäämisen jälkeen konvertteriin kaadetaan rauta. Raudan lisäämisen jälkeen happilanssien avulla puhalletaan happea, jolloin hiiltä saadaan poltettua pois raakaraudasta. Tämän seurauksena alkaa muodostumaan terästä. Puhalluksen yhteydessä argonin avulla huuhdellaan konvertterin alakautta epäpuhtauksia kuonaan. Kun teräksen hiilipitoisuus on saatu puhalluksen avulla halutulle tasolle, teräs kaadetaan kaatoreiän kautta konvertterista pois terässenkaan. Kaadon yhteydessä lisätään osa seosaineista mukaan. (4.) Kaadon aikana kaatoreikää seurataan kuonatunnistimen sekä kuonakameran avulla. Niiden avulla nähdään, milloin kaatoreiästä alkaa

tulemaan kuonaa. Kuonan tunnistamisen jälkeen kaatoreikä suljetaan kuonastopparilla, jota ohjataan kuonatunnistimen sekä kuonakameran avulla. (5.) Kaatoreiän sulkemisen jälkeen konvertteri käännetään ylös ja loput sisällöstä valutetaan kuonapataan, joka sijaitsee konvertterin alla. (4.) Pystyasennossa oleva konvertteri on nähtävissä kuvasta 3.

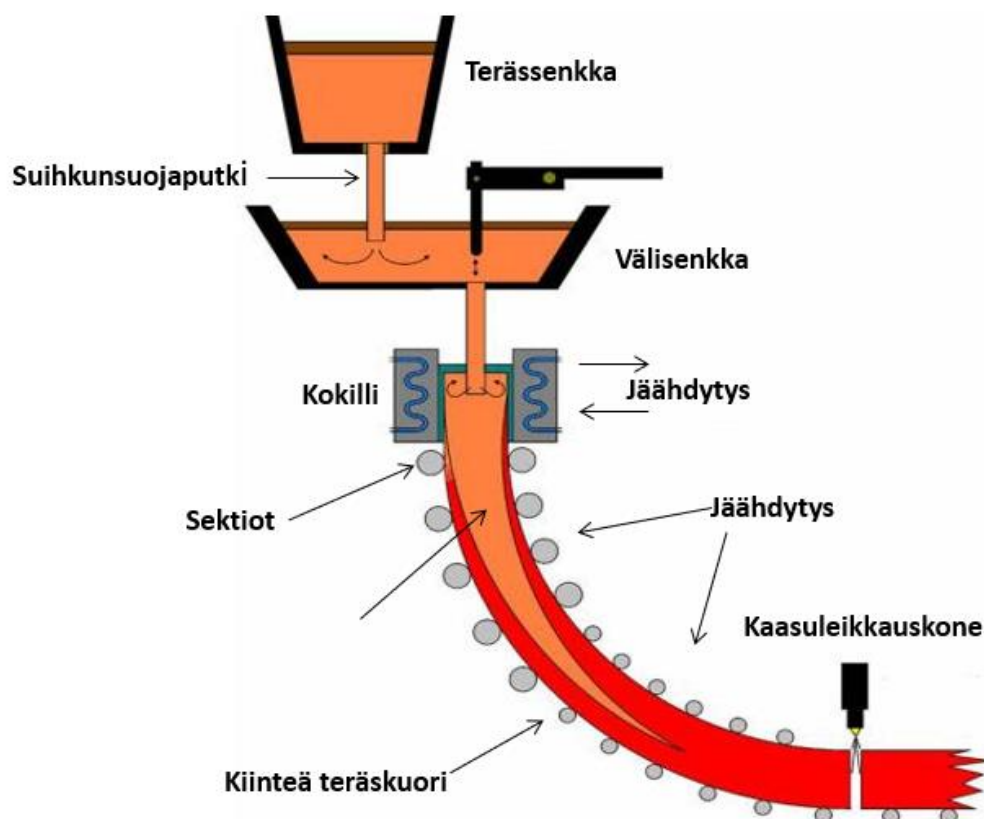


KUVA 3. Konvertteri pystyasennossa (6)

2.1.2 Jatkuvalulaitosten toiminta

Teräsenkkaan siirtämisen jälkeen teräs lähtee asiakkaan tilauksen mukaan joko CAS-OB asemille tai senkkauuni- ja vakuuminlinjalle. Teräksen loppuanalyysi ja seostaminen tapahtuu näillä jälkitäsmäysasemilla. Samalla myös varmistetaan, että teräksen valulämpötila olisi oikea, jolloin jatkuvalu onnistuisi. Kun analyysi ja lämpötila ovat vaaditut, teräs jatkaa valukoneille. Niitä on yhteensä kolme kappaletta: jatkuvalukone 4, jatkuvalukone 5 ja jatkuvalukone 6 eli lyhennettynä JVK4, JVK5 ja JVK6. Valukoneet voivat valaa yhden sulatuksen tai useamman sulatuksen sarjoja. Sarjan pituus on keskimäärin kolme sulatusta. Tarvittaessa voidaan valaa pidempiäkin sarjoja. Maksimivalunopeus on noin 1,75 m/min ja yksi valu kestää noin 40 minuuttia. Mikäli valuja on tiedossa useampia, saatetaan koneella valaa päivien ajan. Siitä jatkuvalukone on saanut nimensä.

Täysin identtisiä keskenään niin mekaanisesti kuin sähköisesti ovat JVK4 ja JVK5. Nämä ovat tyy-
piltään kaarevia valukoneita eli ne lähtevät kaartumaan heti kokillista alaspäin. Kokilli toimii valussa
kuparimuottina, missä saadaan aihioon haluttu paksuus ja leveys. Kokilli on oskilloiva ja sen sisällä
virtaa vesijäähdytys. Lisäksi kokilliin syötetään valupulveria. Näiden avulla teräs ei tartu kokilliin
kiinni. Teräsaihion kuori alkaa muodostumaan jo kokillissa, vaikkakin se on todella ohut kuori vielä.
JVK-6 eroaa näistä kahdesta niin, että kokillin jälkeen vertikaali on suora ja valunauhan taivutus
alkaa taivutussektiolla. Kaarevuus jatkuu kaikilla valukoneilla aina vaakasektiokäyttöille asti. (4.)
Jatkuvavalulaitoksen toimintarakenne on nähtävissä kuvasta 4.

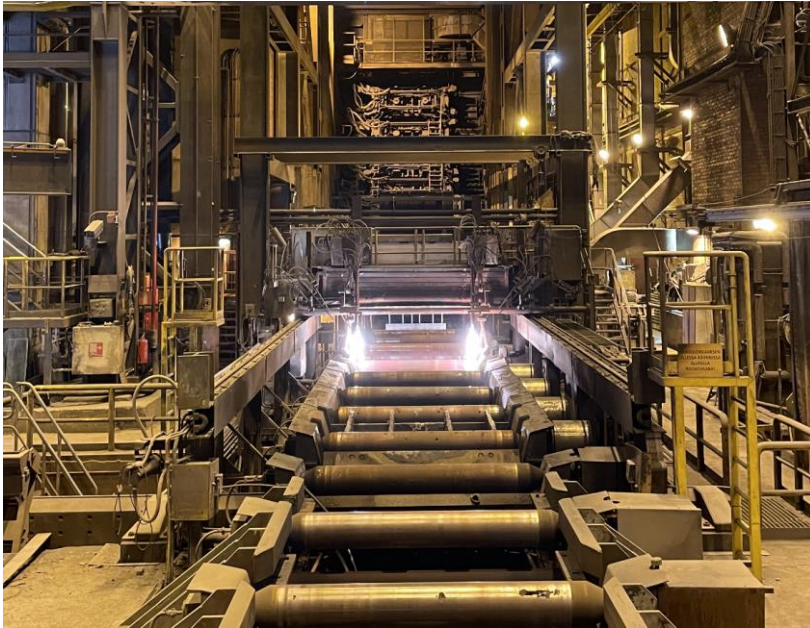


KUVA 4. Jatkuvavalulaitoksen toimintarakenne (6)

Terässenkan tullessa valukoneelle sen pohjasta avataan luistinlaitteisto sekä suihkunsuojaputki lai-
tetaan paikalleen. Näin teräs virtaa terässenkasta välisenkkaan. Välisenkka toimii välivarastona
jälkitäsmäysasemien ja valukoneen välillä. Välisenkka toimii myös eräänlaisena puhdistusaltaana
teräkselle, koska sinne lisätään peitosainetta sekä siellä olevan virtauksen avulla epäpuhtaudet

nousevat välisenkkakuonaan. Kun välisenkassa on tarpeeksi terästä, aukaistaan välisenkan ja kokillin välinen stoppari. Stoppari toimii valukoneeseen tulevan virtauksen säätäjänä. Koko valun ajan kokilliin syötetään valupulveria voitelun parantamiseksi. Voitelun avulla voidaan estää kiinnitarttumisia sekä kuoren puhkeamisia. (4.) Kokilliin on myös sijoitettu useita lämpötila-antureita, joiden avulla voidaan ennakoita kiinnitarttumisia ja estää mahdollisia puhkeamisia (5).

Jatkuvavalun alkaessa kokillissa on kylmäaihio stoppaamassa valunauhaa. Kun kokillissa oleva valu on saavuttanut halutun pinnan, lähdetään kylmäaihiota vetämään vetorullien avulla alaspäin. Tällöin koko valunauha lähtee liikkumaan kylmäaihion kanssa alaspäin sektioiden kautta. Sektioissa on ilmavesisuuttimet, jolla valunauhaa jäähdytetään koko ajan. Sulakartion pituus riippuu valunopeudesta ja teräksen lämpötilasta. Sulakartiolla tarkoitetaan sitä, missä aihion kohdassa sula on muuttunut kiinteäksi. Vetorullat vetävät valunauhaa alaspäin ja samalla valssaavat sitä kevyesti. Kylmäaihion tullessa ulos koneesta se lähdetään nostamaan vinssillä ylös takaisin valutasolle. Tämän jälkeen aihio jatkaa matkaa kohti rullaratoja sekä kaasuleikkauskonetta. Valun etenemää laskeaan sektioissa olevien pulssiantureiden avulla. Aihion tullessa rullaradalle nousee mittarulla ja sen avulla aletaan mittaamaan aihion etenemää. Kaasuleikkauskone saa valukoneelta tiedon, paljonko on valettuna, sekä mittarullalta tiedon aihion etenemästä. Näiden avulla kaasuleikkauskone osaa määrittää oikean leikkauskohdan aihioista. Aihion etenemän ollessa haluttu kaasuleikkauskone laskee tarraimen aihion pintaan ja aloittaa leikkaamisen. Itse leikkaaminen tapahtuu neste-kaasun ja hapen avulla. Leikkausliekit ovat koneessa jatkuvasti päällä, vaikka leikkaaminen ei olisi menossa. Leikkauksen yhteydessä lisätään happea ja sen avulla itse leikkaaminen tapahtuukin. Tarraimen laskeutuminen oikeassa kohdassa on tärkeää, sillä mikäli tarrain luistaa tai laskeutuu hieman myöhässä, muuttuvat myös valunauhan leveys- ja pituusmitat hieman. (4.) Leikkauksen jälkeinen ”leikattu” bittitiedon tuleminen on tärkeää, sillä kyseisellä tiedolla on keskeinen rooli Damic XD:n ja Neuvon välisen liikenteen ohjauksessa. Bittitiedolla muun muassa askeletaan Neuvosta tulevien aihoiden ohjearvoja. Kyseistä tietoa käytetään myös, kun leikattavia aihioita indeksoidaan valunauhaan. (7.) Kuvasta 5 on nähtävissä JVK6:n kaasuleikkauskone ilman aihiota, rullaratoja sekä sektioikäyttöjä.



KUVA 5. Kaasuleikkauskone ilman ahiota

Kuvasta 6 on JVK6:n kaasuleikkauskone vasta valetun aihion kanssa.



KUVA 6. Kaasuleikkauskone aihion kanssa

JVK4 ja JVK5:lla aihion leveyttä voidaan säätää kokillilla, kuitenkin paksuutta ei voida säätää ja se onkin aina 210 mm aihion leveydestä riippumatta. Leveyden säätö onnistuu 900 ja 1850 mm:n välillä. JVK6 eroaa muista siten, että sillä voidaan valun vahvuutta säätää, jolloin se on joko 165 mm, 210 mm tai 270 mm paksua. Valuvahvuuden säätäminen tapahtuu kokillin ja vertikaalin vaihdolla. Lisäksi aihion leveyttä pystytään säätämään 900 ja 1975 mm:n välillä. Ne vaihdetaan yhdessä kiinteänä pakettina. Valuvahvuuden säädön aikana sektioilla myös tapahtuu liikettä. Ne säätävät kokillin ja vertikaalin mukaan. Säädettävien sektioiden avulla pystytään myös parantamaan aihion sisäistä laatua. Se tapahtuu niin, että valukoneella on tieto, missä sulakartion pää on menossa, ja näin ollen sitä pystytään esivalssaamaan sektion säädöllä. Esivalssauksessa sulakartiosta pääsevät vielä ylimääräiset epäpuhtaudet purkaantumaan pois. Tämän takia kaikki vaativimmat laadut voidaan tehdä JVK6:lla ja näin ollen se onkin kriittisin kone. (4.)

Leveyden muutokset valunauhaan tehdään kokillissa, mutta myös kaasuleikkauskoneilla tehdään leveyden muutoksia, jopa satojakin millimetrejä aihiossa. Kokillin leveyden muutokset tapahtuvat jo noin 30 metriä ennen kaasuleikkauskonetta, joten leveyden muutoksien osuminen oikeisiin paikkoihin kaasuleikkauskoneella on tärkeää. Myös pituudella on vaikutusta moneen asiaan, esimerkiksi vectorullien toimintoihin, jäähdytysvesien toimintaan sekä segmenttien ohjaukseen. (8.)

Kaasuleikkauskoneilta oikeaan mittaansa leikatut aihiot jatkavat matkaa kohti aihiohalleja. Aihiohallit toimivat aihiodien väliavarastona ennen levy- ja nauhavalssaamaa. Aihiohalleissa tehdään aihioille punnitukset, merkinnät sekä leikkausparran poisto. Myös aihion sisäinen laatu sekä pinnanlaatu tarkistetaan. Aihiohalleilla suoritetaan tarvittaessa aihiolle käsi- ja konekunnostukset. Ennen levy- ja nauhavalssaamaa aihiot vielä polttoleikataan. (3.) Levy- ja nauhavalssaamalla aihiot valsataan ja käsitellään asiakkaan määrittelemiin mittoihin ja ne päätyvät näin lopullisiksi tuotteiksi, jotka ovat pääosin kuumavalssattuja levy- sekä kelatuotteita (9). Osa tuotteista jatkaa matkaa vielä Hämeenlinnan jatkokäsittelylaitokselle.

2.2 HYBRIT-hanke

Vuonna 2016 HYBRIT-hanke sai alkunsa SSAB:n, LKAB:n ja Vattenfallin yhdistäessä voimansa tavoitteena luoda maailman ensimmäinen fossiilivapaa teräksenvalmistustekniikka. Hanke oli edis-

tynyt vuonna 2020 siihen pisteeseen, että Ruotsin Luulajassa pilottilaitos aloitti fossiilivapaan rautasiemen tuotannon. Vuonna 2021 ensimmäistä kertaa maailmassa fossiilivapaata terästä tuotettiin SSAB:n Oxelösundin tehtaalla ja saatiin toimitettua asiakkaalle. (10.)

Perinteisesti terästuotannossa käytettävistä hiilestä ja koksista syntyy hiilidioksidia, mutta HYBRIT-hankkeessa on tarkoitus korvata hiilen ja koksen käyttö vedyllä. Näin teräksen valmistusprosessista syntyykin hiilidioksidin sijaan vettä. Perinteisessä prosessissa rautamalmi, joka koostuu raudasta ja hapesta, muutetaan masuuneilla raudaksi, mikä tapahtuu poistamalla rautamalmista happi. Masuuneissa hapen poistaminen tapahtuu lisäämällä rautalmiin hiiltä. Hiili toimii siis eräänlaisena ”liimana”, ja näin saadaankin rautalmista terästä. HYBRIT- menetelmässä tuo ”liima”-efekti tuotetaan vedyllä hiilen ja koksen sijaan. Käytettävä vety valmistetaan käyttämällä fossiilivapaata sähköä. Näiden muutosten myötä teräksenvalmistustekniikassa ei käytännössä synny lainkaan hiilidioksidipäästöjä. (11.)

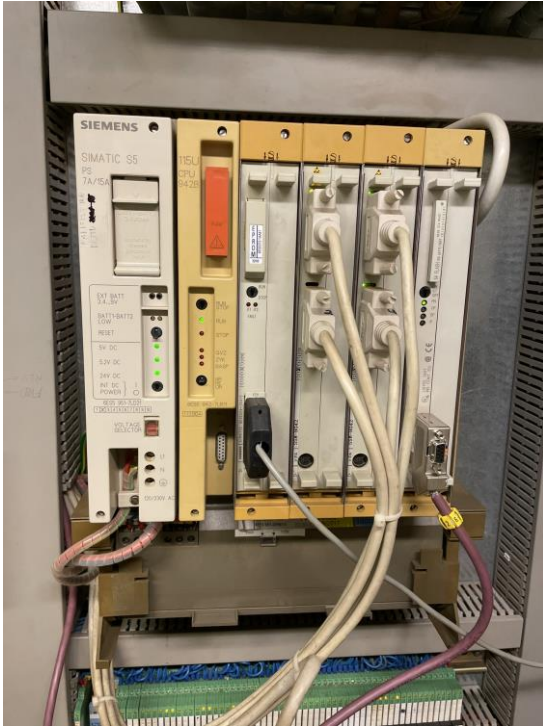
SSAB on ottanut markkinoilla johtoaseman kohti fossiilivapaata terästeollisuutta. HYBRIT-tekniikan avulla SSAB haluaa tuoda maailman ensimmäisenä teräsyhtiönä markkinoille fossiilivapaan teräksen jo vuonna 2026 ja päästä eroon suurilta osin omista hiilidioksidipäästöistä noin vuonna 2030. Suunnitelman toteutumisen edellytyksenä on riittävä määrä fossiilivapaata sähköä. (12.)

Tuleva HYBRIT-hanke tulee mullistamaan merkittävästi nykyisen teräksen valmistuksen. Vähenevien hiilidioksidipäästöjen vuoksi teräksen valmistaminen tulisi jatkossa olemaan huomattavasti ympäristöystävällisempää. Teräksen kysynnän kasvaessa on tärkeää kehittää ja muuttaa sen valmistusprosessia ympäristöystävällisemmäksi.

2.3 Automaatio

Ohjauskeskuksissa on käytetty vanhaa Siemensin S5-115U automaatiotekniikkaa. Ohjelmoitavan logiikan CPU:n mallina on 942. Samaan kehikkoon CPU:n kanssa on myös liitetty Siemensin 7/15 A teholähde. Teholähteen lisäksi kehikkoon on myös liitetty kommunikaatioprosessori, käyttöliittymäkortteja sekä Profibus-DP moduuli. Profibus-DP moduuli on kenttäväyläkortti. Lisäksi kehikossa on Siemensin oma tuuletinpaketti. Tämän kehikon lisäksi ohjauskeskuksissa on erillinen

kehikko, missä on kaikki tulo- ja lähtökortit. Kuvasta 7 nähdään ohjauskeskuksien sisällä sijaitsevan CPU:n kehikko ja sen muutkin komponentit. Kehikkoja yhdistää tietoliikennekortti. HMI-paneelina toimii SIMATIC OP 270 ja kyseiset paneelit sijaitsevat jatkuvavalulaitoksien ohjaamoissa.



KUVA 7. CPU:n kehikko

Kuvasta 8 nähdään ohjauskeskuksessa sijaitsevien tulo- ja lähtökorttien kehikko.



KUVA 8. Tulo- ja lähtökorttien kehikko

Ohjauskeskuksissa sijaitsevat myös kaasuleikkauskoneen taajuusmuuttajat. Taajuusmuuttajia käytetään poltinpäiden sekä kaasuleikkauskoneen rungon ajossa. Taajuusmuuttajina on käytössä vanhoja Mitsubishin FR-A044 tyyppin taajuusmuuttajia. Kyseiset taajuusmuuttajat ovat alkuperäisiä ja ovat täten toimineetkin jo toistakymmentä vuotta. Kuvassa 9 on ohjauskeskuksissa olevat taajuusmuuttajat.



KUVA 9. Mitsubishin taajuusmuuttajat

Kuvasta 10 on nähtävissä JVK6 kaasuleikkaukoneen ohjauspultetti sekä HMI-paneeli, jotka sijaitsevat JVK6:n ohjaamossa.



KUVA 10. Kaasuleikkauskoneen ohjauspulpetti sekä HMI-paneeli

Kaasuleikkauskoneilla on käytössä vanhaa SIMATIC S5- teknologiaa. Kyseinen teknologia on jo poistunut valmistajalta kokonaan, eikä varaosiakaan enää ole saatavilla. Viimeisiä varaosia Siemens on taannut S5-135/155 tuotteille ja nekin vain 1.10.2015 asti, joten elinkaari on loppunut jo useita vuosia sitten (13). Ainoita varaosia on vanhat varastoissa olevat varaosat, joiden toimivuudesta ei ole tarkkaa tietoa. Todella huono varaosasaatavuus sekä vähenevä S5-osaaminen on hyvä syy päivittää teknologiakantaa. Kyseinen teknologia käykin enää jatkoajalla ja lopullinen haajoaminen on vain ajan kysymys.

Siemensin sivujen mukaan Siemensin S5-järjestelmän elinkaari on loppunut 30.9.2020. Tämän jälkeen mihinkään S5-järjestelmään ei ole saanut enää varaosia eikä korjauksia. (14.)

Profibus-väylän uudempi ja nopeampi versio on Profibus DP. Se soveltuu hyvin kappaletavara-automatio-ohjausjärjestelmien sekä hajautettujen laitetasojen väliseen kommunikointiin. (15.) Profibus DP soveltuukin tämän vuoksi ihanteellisesti laitosrakentamisen yhteydessä tapahtuvaan automatisointiin, koska sen tiedonsiirron fyysinen taso on vanhan RS-485-väylän mukaisesti yksinkertainen sekä kestävä. Lisäksi väylään on saatavilla useita laajennusversioita. (16.)

Valmet Automation OY:n kehittämä Damatic XD on hajautettu automaatiojärjestelmä, jonka avulla pystytään tehtaan automatisointi toteuttamaan säätötoiminnoista tuotannonohjaukseen sekä laadunvalvontaan asti (17). SSAB:llä Valmet DNA-informaationhallintajärjestelmän ja Valmet DNA Integrated Operations -tiedonkeruusovelluksien avulla pystytään parantamaan tehtaan tuotannon optimointia sekä raaka-aineiden hallintaa (18).

Taajuusmuuttaja (VFD) on moottorinohjain, jolla muutetaan sähkömoottorille tehonsyötön taajuutta sekä jännitettä. Verrattaessa online-käyttöön (DOL), missä moottori käy aina täydellä nopeudella, pystytään syöttötehon säätämällä säästämään energiaa ja optimoimaan näin ollen energiankulutusta. Lisäksi taajuusmuuttajalla pystytään ohjaamaan moottorin ylös ja alas rampausta käynnistuksen ja pysäytyksen aikana. Taajuusmuuttajalla säädellään moottorin nopeutta ja usein puhtaankin nopeudenohjauksesta. Moottorin syöttötehon säätämiseksi on olemassa monia syitä:

- järjestelmän energiatehokkuuden parantaminen
- nopeuden sekä vääntömomentin sovittaminen eri prosessiin
- melutason laskeminen esimerkiksi pumppu- sekä puhallinkäytöissä
- koneiden käyttöiän pidentäminen vähentämällä mekaanista rasitusta.

Lisäksi nykyaikaisissa taajuusmuuttajissa on verkko- ja diagnostiikkaominaisuuksia, joilla voidaan hallita laajemmin suorituskykyä sekä samalla parantaa tuottavuutta. Taajuusmuuttajan käyttäminen moottorikäyttöjärjestelmien ohjaukseen korostuu juuri energiansäästön, älykkään moottorinohjauksen sekä huippuvirranoton vähentämisen vuoksi. Yleisimmät käyttökohteet taajuusmuuttajilla ovat puhaltimet, pumput sekä kompressorit. Näissä käyttökohteissa on käytössä 75 % kaikista maailmalla olevista taajuusmuuttajista. (19.)

2.4 Kunnossapito

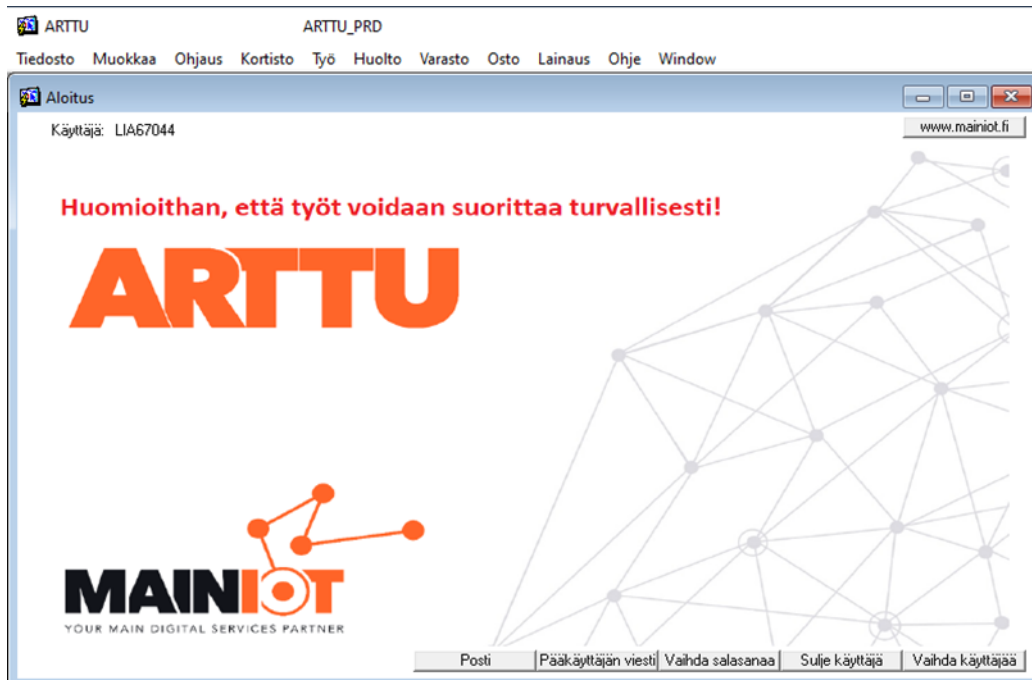
Standardissa SFS-EN 13306 kunnossapito määritellään seuraavasti: ”kaikki koneen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa koneen toimintakyky sellaiseksi, että kone pystyy suorittamaan halutun toiminnon” (20).

Kunnossapitojärjestelmän tarkoitus on helpottaa työsuunnittelua. Kunnossapitojärjestelmän tyyppilinen käyttökohde on kunnossapidon suunnittelussa, ohjauksessa sekä seurannassa. (21.)

ARTTU-tietojärjestelmä toimii SSAB:llä sisäisenä kunnossapitojärjestelmänä. Sen tarkoitus on yhdistää ja hallita tehtaan sisäisiä toimintoja. ARTTU-kunnossapitojärjestelmä on mukana jokapäiväisessä toiminnassa tehtaalla ja sen sisältämiä sovellusalueita on seuraavanlaisia:

- Posti on käyttäjien välinen sisäinen posti.
- Laittehallinnalla muodostetaan kunnossapidettävistä kohteista rekisteri, jossa ylläpidetään laitteiden tai prosessipaikkojen teknisiä osia sekä varaosa- ja dokumenttitietoja.
- Dokumenttien hallinta on dokumenttien liittäminen kohteille.
- Töiden hallinta on sovellusalue, jolla voi tehdä työtilauksia ja vikailmoituksia jatkoksittelyineen: töiden kuormitusten määrittely, kuittaukset ja hyväksynät.
- Ennakkohuolto on tärkeässä roolissa kunnossapidossa. Tällä sovellusalueella voidaan hallita säännöllisten sekä toistuvien töiden tekoa. Töiden ohjaavassa roolissa on kalenteriaika tai jokin eri mittari, millä mitataan ennakkohuoltotöiden väliä.
- Varaston hallinnan avulla voidaan varmistaa, mitä varastoissa on tai mille eri laitteille tietyt osat kuuluvat. Sen avulla voidaan myös selvittää, kuka niitä toimittaa ja millä hinnalla niitä on viimeksi toimitettu. Myös varastoimpulssien eli minimivarastosaldojen seuranta tapahtuu tämän kautta. Jos jokin varastossa olevan osan saldo tippuu alle impulssirajan, sitä ostetaan automaattisesti.
- Hankinta on alue, jolla tilauskehotteet välitetään SAP-järjestelmään, jossa varsinaiset ostotapahtumat toteutuvat. Ostaja saa sen kautta tilauskehotteen ja alkaa hankkia tilauskehotteen sisältöä.
- Lainaus on työkalujen ja varusteiden lainaukseen.
- Kunnossapidon kustannuslaskennan avulla voidaan seurata toteutumia eri ulottuvuuksissa: työ, kohde, projekti, seisokki sekä eri laskennan kohteet.
- Liittymät-osion kautta päästään muihin järjestelmiin kuten SAP:iin, tuotannon eri järjestelmiin tai ALMA:an.

Eri valikkojen sisällöt voivat vaihdella käyttäjäryhmäkohtaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että eri sovellukset ovat jaoteltavissa käyttäjälle niin, että ne voivat olla piilotettuna kokonaan, käyttäjällä on vain pelkästään katselu-oikeus sovellukseen tai käyttäjällä on täysi ylläpito-oikeus tiettyyn sovellukseen. (22.) Kuvassa 11 on nähtävissä esimerkki ARTTU-kunnossapitojärjestelmän käyttönäkymästä.



KUVA 11. Esimerkki ARTTU-kunnossapitojärjestelmän käyttönäkymästä

Neuvo on SSAB:llä käytössä oleva prosessitietojärjestelmä. Prosessitietojärjestelmän tehtäviin kuuluu

- ohjata tuotteen valmistusta
- toimia tuotannonohjauksen ja tuotantoautomaation välillä
- vastaanottaa tuotannonohjauksesta tilaukset
- optimoida valmistusjärjestystä
- tehdä tilauksia oikeassa järjestyksessä automaatiolle
- kerätä automaatiolta tulostietoja, esimerkiksi tuotantomäärät, laadunvalvonta ja raaka-aineiden käyttö
- raportoida tuotanto
- välittää tuotannon tulostietoja tuotannonohjaukseen.

Neuvo siis toimii erittäin kriittisenä järjestelmänä tuotannonohjauksen kannalta. (24.)

Vitec ALMA Oy:n omistama ALMA-tiedonhallintajärjestelmä on SSAB:llä keskeinen tekijä hoidettaessa liiketoiminnan kriittisiä prosesseja sekä tehtäviä. ALMA-tiedonhallintajärjestelmää käytetään automaation ja sähköistykseen suunnittelussa, ylläpidossa, projektoinnissa sekä teknisten piirustusten hallinnoimisessa. Näiden lisäksi ALMA on liitettyä ARTTU-kunnossapitojärjestelmään sekä

materiaalihallintoon. ALMA on suunnittelutyökalun lisäksi myös tärkeä ylläpidon ja kunnossapidon työkalu. (23.)

Allasmallia käytetään yleensä esittämään jonkin laitteiston elinkaarta. Allasmalli jakautuu kolmeen jaksoon: hankintajakso, normaalikäytönjakso sekä kulumisjakso. Hankintajaksoissa vikaantumisaste on vielä varsin korkea johtuen uuden laitteen mahdollisista lastentaudeista sekä käyttöönoton alkutaipaleen ongelmista. Tämän jakson jälkeen seuraa normaalikäytön jakso, missä vikaantumisaste on alhainen ja suhteellisen vakio. Normaalikäytönjakson jälkeen seuraa kulumisjakso. Kulumisjaksolla vikaantumisaste kasvaa, mikä yleensä viittaa siihen, että laite on tullut elinkaarensa päähän. Yhdessä nämä eri jaksot muodostavat allasmallin (kuva 12), jota on käytetty apuna vika-
taajuuksien analysoimisessa. (24.)



KUVA 12. Allasmallin graafinen esitys

3 TYÖNSUORITUS

Luvussa tarkastellaan kaasuleikkauskoneiden toimintaa, vikataajuuksia sekä pohditaan saneeraustarpeita ja kunnossapidon kehittämisen tarpeita.

3.1 Lähtötilanne

Jatkuvavalulaitoksissa sijaitsevat kaasuleikkauskoneet ovat kriittisimpiä laitteita tuotannon kannalta. Kriittisyys tuotannon kannalta johtuu siitä, että kaasuleikkauskone hallinnoi periaatteessa koko valuprosessia leikkausnopeuden tahtiin. Kaasuleikkauskoneet leikkaavat aihioita oikean mitaisiksi happea sekä nestekaasua käyttäen. Leikatut aihiot jatkavat kohti merkkaukonetta ja merkkaukoneelta aihiohalliin jäähtymään. Tulevan HYBRIT-hankkeen vuoksi nykyisellä tuotantomallilla eli kolmella kaasuleikkauskoneella täytyisi päästä noin 2030-luvulle. Tämä tarkoittaa kaasuleikkauskoneiden osalta sitä, että niidenkin elinkaari täytyisi ylläpitää sinne asti. Ilman kaasuleikkauskonetta ei jatkuvavalukoneella voida tehdä aihioita. Kaasuleikkauskoneiden elinkaaren ylläpitäminen on mahdollista hyvin toteutetulla kunnossapidolla ja vanhojen osien varaosien saatavuuden varmistamisella tai saneeraamalla laitteistoa uusilla osilla ja näin varmistaa elinkaari.

Työn mahdollisten häiriöiden, vikojen ja eri käyttöasteiden tutkimisessa on käytetty tarkasteluajanjaksoa 1.1.2021 – 18.8.2022. Kyseiselle tarkasteluajanjaksolle oli saatavilla eniten kerättävää tietoa. Tarkastelujaksoa vanhempaa tietoa oli erittäin heikosti tai ei ollenkaan saatavilla.

3.2 Yksittäisten koneiden tilanne

Kaasuleikkauskoneiden saneerauspäätöksen tueksi on selvitettävä myös linjastokohtainen tilanne: mikä on linjaston nykytilanne ja miltä tilanne vaikuttaa sekä mihin suuntaan se on menossa. Linjastokohtaisten häiriöiden avulla pystytään saamaan hyvä tilannekuva linjastoista. JVK4 on vanhin käytössä oleva jatkuvavalukone ja sillä voidaan tehdä levy- sekä nauhatuotantoa. Myös JVK5:lla voidaan tehdä levy- ja nauhatuotantoa ja näin ollen ne ovatkin identtisiä. Kummankin linjaston kaasuleikkauskoneiden lisäksi on S5-logiikoita muuallakin vielä käytössä, joten kaasuleikkauskonei-

den saneerauksella ei voida kokonaan poistaa S5-logiikoiden tuomaa riskiä. JVK6 on näistä kolmesta uusin ja se otettiin käyttöön vuonna 2005. JVK6 on enemmän levykone. Linjaston ainoa S5-logiikka sijaitsee kaasuleikkauskoneella. Muualta kyseisen linjaston prosessista sellaiset automaattioriskit on jo poistettu.

3.3 Ohjauskeskusten varaosat

Vertailtaessa kaasuleikkauskoneiden ohjauskeskuksia keskenään voidaan todeta niiden olevan identtisiä. Kuitenkin ohjelmapuolella on eroavaisuuksia, sillä JVK6 ajotavat poikkeavat muista koneista. Kaikista ohjauskeskuksista löytyy samat S5 –logiikat, I/O-kortit sekä taajuusmuuttajat. Koska komponentit ovat identtisiä keskenään, se helpottaa omalta osaltaan myös niiden korjaamista, sillä tarvittaessa on mahdollista hyödyntää toiselta koneelta osia toiselle koneelle. Esimerkiksi mikäli JVK6:n kaasuleikkauskoneen ohjauskeskuksesta jotain hajoaisi eikä tarvittavaa varaosaa löytyisi varastosta, voitaisiin varaosaa lainata myös toisen kaasuleikkauskoneen ohjauskeskuksesta.

Varaosien saatavuutta varten on tarvittavista kriittisimmistä osista tehty listaus (taulukko 1). Yhteensä ohjauskeskuksia on kolme ja tämä täytyy ottaa huomioon tehdessä varaosalistausta. Tähän listaukseen tuli muun muassa prosessorit, muistikortit, input/output eli sisään- ja ulostulokortit, virtalähteet, taajuusmuuttajat sekä käyttöpaneelit. Varaosalistausta varten täytyi käydä laitteiston kuvia läpi sekä paikan päällä tutkimassa kyseisten varaosien tyyppejä. Varaosalistauksessa tulisi myös olemaan mahdolliset varastosaldot, mikäli niitä löytyisi varastosta. Joitain osia löytyi ARTTU-kunnossapitojärjestelmän varastosta ja joitain ei. Varaosalistauksessa on oma merkintä sille, jos kyseistä varaosaa on saatavilla suoraan kunnossapitojärjestelmän kautta sekä oma merkintä, jos sitä ei löydy sieltä, mutta löytyy esimerkiksi omista lisävarastoista. Lisävarastojen sijainti selvisi asentajien haastattelun yhteydessä. Lisävarastoon on kerätty varsinkin S5-järjestelmän varaosia, mutta ne eivät ole missään kirjoilla. Lisävaraston läpikäyminen osa osalta täytyi tehdä, jotta mahdollisten varaosien tyypit, lisävaraston hyllypaikat sekä lukumäärät selviäisivät. Kuten taulukosta 1 käy ilmi, lopullisesta listauksesta nähdään, kuinka monta kappaletta tiettyä kriittistä varaosaa tarvitaan yksittäiselle kaasuleikkauskoneelle, montako löytyy suoraan kunnossapitojärjestelmän kautta ja montako löytyy lisävarastosta.

TAULUKKO 1. Varaosien listaus

| Kriittisyys | Merkki | Nimike | Malli | Tarvittava määrä per kone | Varasto | Lisävarasto | Tako | Saatavuus |
|-------------|-------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------|---------|-------------|----------------|-----------|
| | Siemens | | | | | | | |
| | | PSU - virtalähde | 6ES5 951-7LD21 | 1 | 1 | 7 | 121582 | Heikko |
| | | CPU - Logiikkaprosessori | 6ES5 942-7UB11 | 1 | 2 | 2 | 639419 | Hyvä |
| | | Kommunikaatio prosessori | 6ES5 524-3UA13 | 1 | 8 | 1 | 641175 | Hyvä |
| | | EPROM 32KB - muistikortti | 6ES5 373-1AA41 | 1 | - | 3 | | Heikko |
| | | Moduulikortti | SSM-BG42 | 2 | - | - | | Huono |
| | | Probus DP moduuli | 6ES5 308-3UC21 | 1 | 5 | 2 | 367235 | Hyvä |
| | | EPROM 256KB - muistikortti | 6ES5 374-1KH21 | 1 | 5 | 4 | C04219 | Hyvä |
| | | IM305 käyttöliittymäkortti | 6ES5 305-7LB11 | 2 | 1 | 3 | 120675 | Hyvä |
| | | Räkki | 6ES5 700-0LB11 | 1 | - | - | | Huono |
| | | Tuuletinpaketti | 6ES5 981-OHB11 | 1 | . | 3 | | Heikko |
| | | Output kortti | 6ES5 454-7LA11 | 1 | 5 | - | 576694, 625012 | Hyvä |
| | | Output kortti | 6ES5 451-7LA11 | 3 | 13 | 1 | 576637, 625038 | Hyvä |
| | | Input kortti | 6ES5 430-7LA12 | 4 | 19 | 31 | 249078, 576488 | Hyvä |
| | | Input kortti | 6ES5 482-7LA11 | 1 | 1 | 2 | 200923 | Heikko |
| | | Räkki | 6ES5 701-1LA12 | 1 | 0 | 4 | 577254 | Heikko |
| | | HMI Paneeli | 6AV6 542-0CA10-0AX0 | 1 | - | 3 | | Heikko |
| | Mitsubishi | | | | | | | |
| | | Taajuusmuuttaja | FR-A044-2,2K-EC | 1 | 2 | - | 182360 | Hyvä |
| | | | FR-A044-0,75K-EC UUSI | | | | | Hyvä |
| | | | TYYPPI FR-E540-0.75k | 2 | 2 | - | 182931 | Hyvä |
| | | Parametrintointi paneeli | FR-PU03E | 1 | 1 | - | 182386 | Hyvä |

Lisäksi myös varaosakohtainen tako-numero on listattuna, mikäli se oli löydettävissä. Tako-numero tarkoittaa tavarakohtaista koodia, joka on luotu tietyille osalle, kun se on inventoitu varaosiksi varastoon ARTTU-kunnossapitojärjestelmän kautta. Vihreä indikoi sitä, että tako-numero löytyi ja mahdolliset saldot ovat selvillä. Punainen indikoi, että tako-numeroa ei löytynyt, mutta mahdolliset saldot ovat selvillä.

Saatavuuden määrittämiseksi on tehty linjaus, että mikäli varaosa on saatavissa hyllystä ARTTU-kunnossapitojärjestelmän kautta ja sitä on saatavilla ainakin kahteen laitteistoon, on sen tilanne hyvä. Mikäli varaosaa ei ole saatavilla kunnossapitojärjestelmästä kuin yhteen laitteistoon, on sen tilanne heikko. Jos taas varaosaa ei ole löytynyt yhtään kunnossapitojärjestelmästä, on sen tilanne huono. Varaosan löytyminen suoraan tietystä kunnossapitojärjestelmän varastopaikasta vaikuttaa lähtökohtaisesti varmemmalta, koska se on tullut uutena hyllyyn tai päätynyt hyllyyn huollon kautta. Lisävarastossa olevien osien toimivuudesta ei ole mitään varmuutta. Ne on saatettu osan vaihdon jälkeen vain tuoda sinne, eikä sen jälkeen ole testailtu kyseistä osaa mitenkään. Yleisesti voidaan sanoa, että varaosien saatavuus on kohtalainen, koska on otettava huomioon se, että varaosa on todennäköisesti käytetty ja ollut hyllyssä vuosia. Tämän vuoksi täyttä varmuutta varaosan toimivuudesta ei ole.

3.3.1 Ajotavat

Linjastojen toiminnoissa on eroavaisuuksia. JVK6 on enemmän levykone, kun taas toiset ovat nauhakoneita. Nauhakoneilla tehdään suurelta osin vain aihioita, jotka päätyvät keloihin, ja levykoneella tehdään aihioita, jotka soveltuvat muihin käyttöihin. Kaasuleikkauskoneen toiminta prosessissa alkaa siitä, kun jatkuvavalukoneella aloitetaan valaminen. Prosessi on suurelta osin sama kaikilla kaasuleikkauskoneilla. Eroavaisuuksia tulee prosessien loppupään operoinnissa sekä valunauhan esivalssauksessa. Ainoastaan JVK6:llä pystytään suorittamaan esivalssausta. Valsaamisella tarkoitetaan puristamista. JVK4 ja JVK5 ovat kokonaisuudessaan identtisiä, ja näillä voidaan valaa saman laatuista tuotetta. Kummallakin on mahdollista tehdä eri levyisiä aihioita, mutta aihion paksuuteen ei voida vaikuttaa. Itse kaasuleikkauskoneilla ei ole vaikutusta aihion leveyteen tai paksuuteen, koska niillä ei tehdä mitään muutoksia leveyteen tai paksuuteen. Kaikki erityislaadut tehdään JVK6:lla, jolla valun paksuutta sekä leveyttä pystytään säätämään. Myös raideleveys on suurempi JVK6:lla kuin muilla koneilla. Raideleveyden muutokset näkyvät myös kaasuleikkauskoneella. Nämä muutokset vaikuttavat kaasuleikkauskoneella muun muassa leikkausnopeuteen. Valun ollessa paksu ja leveä kestää sen leikkaaminen myös kauemmin.

3.3.2 Ristiinkäyttö

Tarkasteltaessa kaasuleikkauskoneiden fyysistä ristiinkäyttöä voidaan todeta, että mahdollisuutta tälle ei ole. Ajoradat eivät yhdisty missään vaiheessa toisiinsa, joten esimerkiksi toisen valukoneen aihioita ei voida ohjata toiselle kaasuleikkauskoneelle. Tämän vuoksi kaasuleikkauskoneen toimiminen onkin edellytyksenä tuotannolle. Kaasuleikkauskoneen käyttäjien osalta on olemassa mahdollisuus hyödyntää koneiden välistä ristiinkäyttöä. JVK4 ja JVK5 ovat identtisiä kokonaisuudessaan, joten näiden kaasuleikkaajat pystyvät vaihtamaan linjastoa helposti ja samalla perehdytyksellä. JVK6 kaasuleikkauskoneelle kaasuleikkaajan perehdytys on hieman erilainen. Valun aloituksessa kylmäaihion alas lasku ja irrotus tapahtuvat hieman eri lailla. Lisäksi kaasuleikkauskoneen jälkeen on pieniä eroavaisuuksia, miten aihiot jatkavat kohti aihiohallia.

3.3.3 Turvallisuus

Turvallisuuspuolta tutkittaessa nousi esiin huolestuttava vaarantekijä. Kaasuleikkauskoneen polttopillien liekkiä ei sammuteta missään vaiheessa, vaan ne ovat päällä käytännössä aina. Kaasuleikkauskoneilla tosin on liekinvalvonta joka polttimelle, mutta ne on poistettu käytöstä, koska liekin lepattamisen seurauksena liekin käydessä pois valvojalta katkaisisi se kaasut pois ja pysäyttäisi koneen. Liekinvalvontaan ei ole saatu laittaa viiveitä, jolloin olisi voitu karsia liekin lepattaminen pois. Uusissa laitteissa varmasti olisi jo edistynyt liekinvalvonta niin, että se onnistuisi paremmin. Liekinvalvonnan puute on vaarallista siksi, että kaasun virtaaminen ei lopu, vaikka liekkiä ei olisi. Tämä voi konkretisoitua silloin, jos tehdään huoltotoimenpiteitä. Kaasun virtaaminen tapahtuu magneettiventtiilin ja käsiventtiilin kautta. Mikäli vain käsiventtiili suljetaan, ei se sulje vielä magneettiventtiiliä ja jos käsiventtiili avataan, alkaa kaasua virtaamaan ulos linjasta, vaikka liekkiä ei olisi. Tämä aiheuttaa sen, että kaasua alkaa kertymään laitteen ulkopuolelle ja koska se on nestekaasua, se painuu alaspäin mahdollisesti ojiin ja putkitunneleihin. Liekinvalvonnalla tällainen voitaisiin estää. (4.) Tosin vaikka liekinvalvontaa ei ole käytössä, on kuitenkin koneiden alle lisätty kaasuhälytysanturit, jotka ilmaisevat, mikäli kaasua alkaisi kertyä koneen alapuolelle sekä ojiin tai putkitunneleihin. (8.)

Kaasuleikkauskoneella myös letkut saattavat vuotaa ja haurastua, ja tämäkin on eräänlainen turvallisuustekijä. Joskus on käynyt niin, että kaasuletku on ollut hapertunut ja kone syttynyt tuleen sen seurauksena. (4.)

Kaasuleikkauskoneita ei ole aidattu tällä hetkellä mitenkään ja muutenkin turvallisuusstandardit ovat muuttuneet sekä tiukentuneet siitä ajasta, kun niitä rakennettiin. Uusien koneiden myötä myös uusimpia turvallisuusstandardeja täytyisi rakentamisessa noudattaa. Tiukentuneisiin ATEX- ja koneturvallisuusstandardeihin jouduttaisiin panostamaan koneiden osalta (8). Tämä itsessään tulisi jo lisäämään turvallisuutta.

3.4 Kaasuleikkauskoneiden käyttöaste

Kaasuleikkauskoneiden kokonaistehokkuus- eli OEE-lukuja tutkittaessa voidaan käyttää apuna suoraan Neuvo-järjestelmästä saatuja tuloksia. Myös häiriö- ja tuotantotietojen seuranta esimerkiksi vuoden takaiselta ajalta onnistuu hyvin Neuvo-järjestelmän kautta. Järjestelmän avulla pystyy

hyvin vertailemaan jatkuvavalukoneiden välillä käyttöasteita ja eri häiriöiden vikoja. Jatkuvavalukoneiden tunnusluvuista pystyy havaitsemaan koneiden erot tarkastelemalla lukuja vuoden ajalta. Tarkastelujaksona käytin 1.1.2021 – 18.8.2022. Tarkastelujakson aikana saadut jatkuvavalukoneiden häiriö- ja tuotantotiedot sekä eri tunnusluvut ovat nähtävissä kuvasta 13. Laskentakaavat olivat selitettynä Neuvossa häiriöraportin yhteydessä. Kyseiset tulokset ovat jatkuvavalukonekohtaisesti, mutta ne pätevät myös kaasuleikkauskoneen osalta, sillä ilman kaasuleikkauskonetta ei myöskään linjasto voi olla tuotannossa.

| | JVK-4 | JVK-5 | JVK-6 | Yhteensä |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Häiriö- ja tuotantotiedot | (hcmi) (%) | (hcmi) (%) | (hcmi) (%) | (hcmi) (%) |
| Kalenteri-aika | 14280: 100,0 | 14280: 100,0 | 14280: 100,0 | 42840: 100,0 |
| Miehitämätön aika | | | | |
| Miehitysaika | 14280: 100,0 | 14280: 100,0 | 14280: 100,0 | 42840: 100,0 |
| Ulkopuoliset häviöt | 2505:1 17,5 | 1870:2 13,1 | 1889:4 13,2 | 6265:1 14,6 |
| Valmiusaika | 1177:4 82,5 | 1240:9 86,9 | 1239:0 86,8 | 3657:4 85,4 |
| Suunnitellut häviöt | 156:56 1,1 | 513:17 3,6 | 509:37 3,6 | 1179:5 2,8 |
| Tuotantoaika | 1161:7 81,4 | 1189:6 83,3 | 1188:0 83,2 | 3539:4 82,6 |
| Häiriöt | 279:06 2,0 | 346:34 2,4 | 332:07 2,3 | 957:48 2,2 |
| Ajoaika | 1133:8 79,4 | 1154:9 80,9 | 1154:8 80,9 | 3443:7 80,4 |
| Terästä kokillassa | 4276:1 29,9 | 4585:3 32,1 | 3929:2 27,5 | 12791: 29,8 |
| Käyntiaika | 5675:0 39,7 | 5991:0 42,0 | 5789:2 40,5 | 17455: 40,7 |

| | JVK-4 (%) | JVK-5 (%) | JVK-6 (%) | Yhteensä (%) |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Tunnusluvut RM OEE | | | | |
| Käytettävyys | 79,4 | 80,9 | 80,9 | 80,4 |
| Käyntiaaste | 79,4 | 80,9 | 80,9 | 80,4 |
| Sisäinen käyntiaaste | 96,3 | 93,1 | 93,2 | 94,2 |
| Konekohtainen käyttöaste | 82,5 | 86,9 | 86,8 | 85,4 |
| Toiminta-aste | 93,5 | 93,2 | 93,1 | 93,3 |
| Laatukerron | 97,9 | 97,8 | 97,5 | 97,7 |
| Kokonaistehokkuus | 72,7 | 73,7 | 73,4 | 73,3 |
| Kokonaistehokkuus 2 | 72,7 | 73,7 | 73,4 | 73,3 |

KUVA 13. Jatkuvavalulaitosten tunnusluvut

Kuten kuvasta 13 voidaan havaita, niin seurattaessa tarkastelujakson aikana eri tunnuslukuja koneiden välillä voidaan todeta, että vaikka JVK4:n käyntiaaste on ollut hieman matalampi kuin muiden koneiden ja näin ollen myös alle keskiarvon, siltikin kyseisellä koneella on ollut huomattavasti vähemmän tuotantoon vaikuttavia tekijöitä. Tämä on nähtävissä koneen sisäisestä käyntiaasteesta. Sisäinen käyntiaaste onkin JVK4:lla suurin, mikä johtuu siitä, että kokonaisuudessaan JVK4:n alueella on ollut ajallisesti vähiten häiriöitä, jotka olisivat vaikuttaneet ajoaikaan. Itse kaasuleikkauskoneen vaikutus tuotantoon on ollut alhaisin JVK4:lla. Tästä voidaan päätellä, että matalamman käyntiasteen syy johtuu muista tekijöistä kuin kaasuleikkauskoneesta. Esimerkiksi JVK4:lla on ollut vähiten tuotantoaika, mikä taas johtuu vähemmästä valmiusaikasta. Valmiusaikaan vaikuttavat mm. ulkopuoliset häviöt, jotka voivat johtua raaka-ainepulasta, tilauspulasta tai testi- ja koeajoista.

Kuvasta 13 on myös nähtävissä, että JVK5:lla ja JVK6:lla olisi saman arvoiset käyntiaasteet. Tarvemmin laskettuna käyntiaaste JVK5:lla on hieman suurempi, noin 0,01 % suurempi. Tosin sisäinen

käyntiaste on JVK5:lla hieman pienempi kuin JVK6:lla. Tämä johtuu valmiusajan eroavaisuudesta, mikä on johtunut ulkopuolisista häviöistä, niin kuin JVK4:llakin.

3.5 Koneiden häiriöasteet ja niiden vaikutus tuotantoon

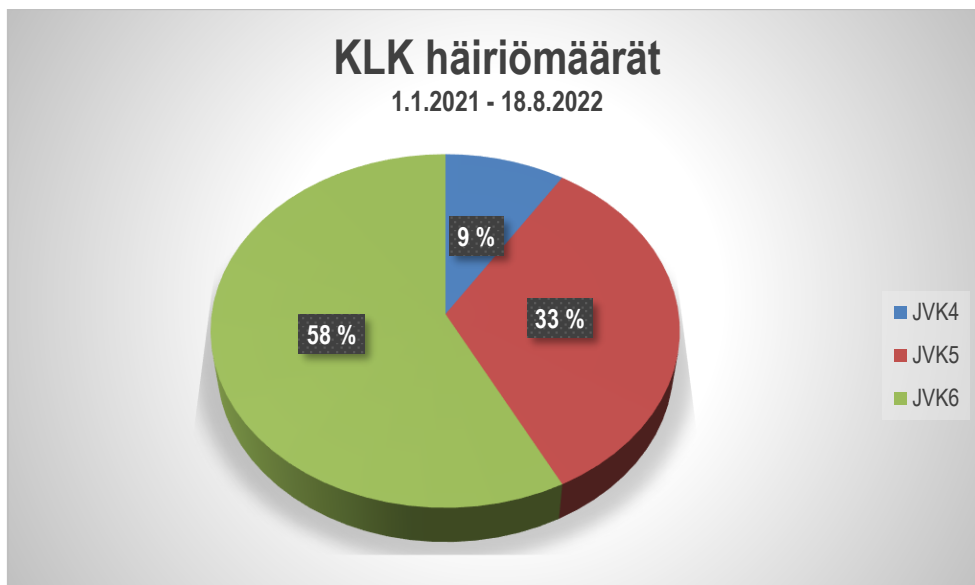
Selvittäessä koneiden häiriöasteita, määriä ja kestoja nousi SSAB:llä työskentelevien asiantuntijoiden apu selvitysvaiheessa tärkeäksi. Häiriön määrien sekä kestojen tarkastelu ja analysointi tapahtui Excelin avulla. Tutkinnassa on käytetty vain sellaisia häiriöitä, jotka ovat olleet kaasuleikkauskoneella ja aiheuttaneet juuri kaasuleikkauskoneella jotain toimenpiteitä. Tuotannossa muiden häiriöiden syntymistä ei ole otettu huomioon. Häiriöihin on listattuna joko sähköisiä, mekaanisia tai käytönpuolen häiriöitä, jotka on tallennettu Neuvo-järjestelmään, koska niillä on ollut vaikutusta tuotantoon. Häiriöiden erittely mittaus-, ohjaus- tai automaatioperäisiksi ei ollut mahdollista, koska häiriöiden raportointi tarkastelujakson aikana oli puutteellista. Häiriöiden määriä ja kestoja oli saatavilla vuodelta 2019 alkaen, mutta muiden tunnuslukujen tarkastelu vuosilta 2019 ja 2020 ei ollut mahdollista, ja siten niiden vuosien tunnuslukuja ei voitu laskea tarkemmin. Tämä tarkoitti sitä, että tarkastelujaksona täytyi käyttää 1.1.2021 – 18.8.2022. Kuitenkin oli mahdollista hyödyntää vuosien 2019 ja 2020 häiriöitä laskettaessa häiriöiden määrien ja kestojen lisääntymistä. Taulukoihin ja kuviin kaasuleikkauskoneet on lyhennetty kirjaimin KLK. Taulukosta 2 nähdään tarkastelujakson aikana tulleiden häiriöiden määrät, kestot sekä kestojen keskiarvot.

TAULUKKO 2. Tarkasteluajanjakson häiriöiden määrät, kestot sekä kestojen keskiarvot

| Ajanjakso 1.1.2021 - 18.8.2022 | | | |
|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| | KLK Häiriöiden määrä (kpl) | KLK Häiriöiden kesto (h) | KLK Häiriöiden keston kesk.arv (h) |
| JVK4 | 3 | 5,98 | 1,99 |
| JVK5 | 11 | 46,36 | 4,21 |
| JVK6 | 19 | 136,77 | 7,20 |

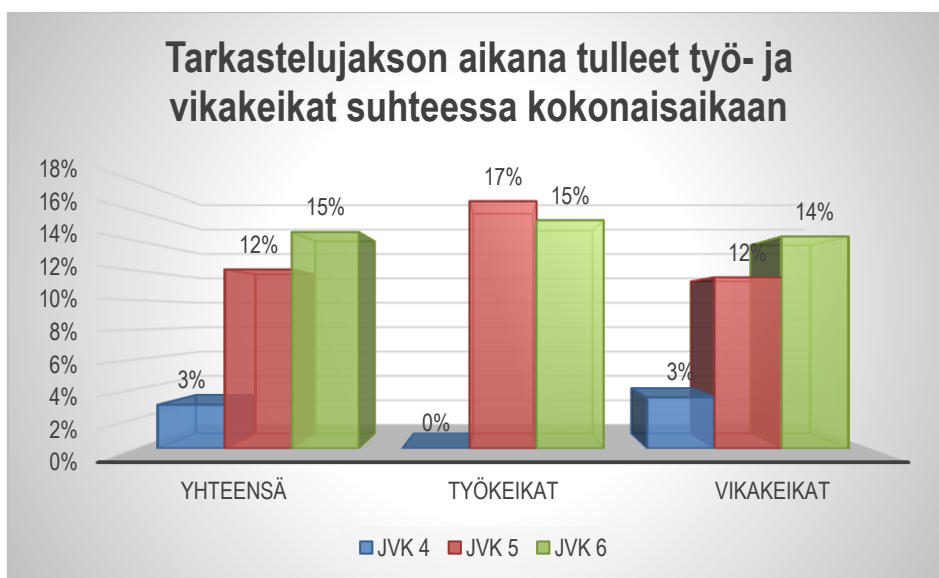
3.6 Häiriömäärät

Häiriömäärien selvittämisessä pystytään käyttämään Neuvo-järjestelmästä keräytyjä häiriöitä sekä ARTTU-kunnossapitojärjestelmästä keräytyjä vika- ja työkeikkoja. Keräytyjä häiriöitä pystyi saamaan selville tarkemmin SSAB:n asiantuntijan avulla. Kuvasta 14 on nähtävissä selkeä ero koneiden välillä. Selkeästi vanhimmalla koneella eli JVK4:n kaasuleikkauskoneella on ollut vähiten häiriöitä. Kun taas JVK6:n kaasuleikkauskoneella on ollut selkeästi eniten häiriöitä, enemmän kuin muilla koneilla yhteensä. Kunnossapitojärjestelmän kautta tutkittaessa vika- ja työkeikkoja on huomattavissa, että JVK5:n ja JVK6:n kaasuleikkauskoneilla oli ollut yhtä monta keikkaa. Itse asiassa työkeikkoja oli ollut JVK6:lla eniten ja vikakeikkoja JVK5:lla. Näissä erona on, että työkeikat ovat niin sanottuja suunniteltuja töitä ja vikakeikat taas akuutteja vikoja ja häiriöitä, joiden vuoksi myös tuotanto heikentyy. Kuvasta 14 pystytään näkemään tarkastelujakson aikana tulleiden häiriöiden määrien jakaantuminen kaasuleikkauskoneiden välillä.



KUVA 14. KLK häiriömäärien jakaantuminen

Tarkastelujakson aikana ARTTU-kunnossapitojärjestelmään tulleiden vika- ja työkeikkojen määrän vaikutus kokonaisaikaan on mielenkiintoinen. Kunnossapitojärjestelmän kautta oli löydettävissä kirjauksia 7.11.2008 alkaen ja näiden kirjausten avulla olisi mahdollista luoda kuvio, joka näyttäisi tarkastelujakson aikana tulleiden vika- ja työkeikkojen suhteen kokonaiskirjauksiin. Kuvasta 15 on nähtävissä, että vika- ja työkeikkojen määrien suhde kokonaisaikaan vaihtelee kaasuleikkauskoneiden välillä huomattavasti. Vähiten työ- ja vikakeikkoja on ollut JVK4 kaasuleikkauskoneella ja eniten JVK6:n kaasuleikkauskoneella.



KUVA 15. Tarkastelujakson aikana tulleiden työ- ja vikakeikkojen suhde kaikkiin työ- ja vikakeikoihin

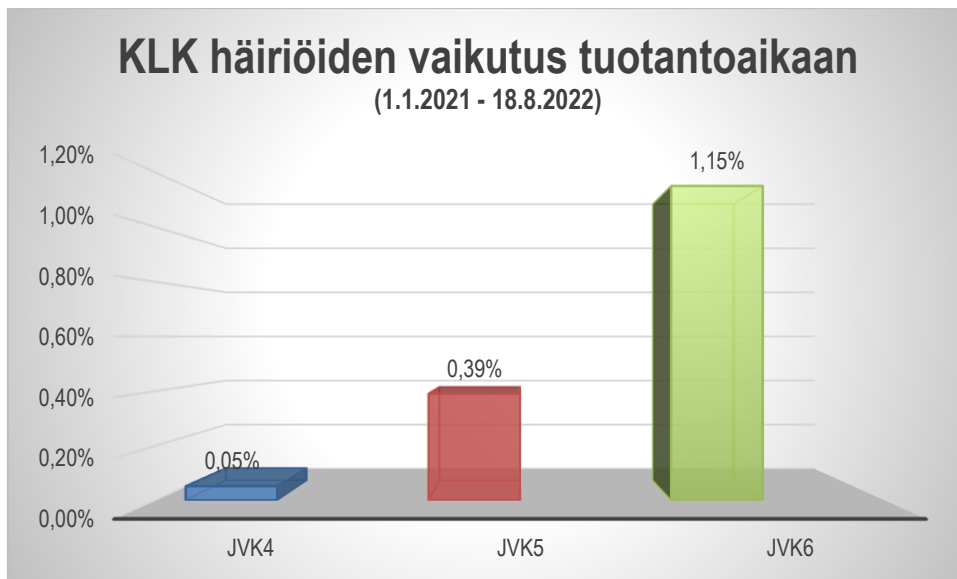
3.7 Häiriöiden kestot

Häiriöiden kestoja oli mahdollista tutkia kerättyjen häiriöiden pohjalta. Kuitenkaan ARTTU-kunnossapitojärjestelmissä olleista keikoista ei pystynyt saamaan häiriön kestoja täsmäämään asiantuntijalta saatuun häiriökestojen listaukseen. Tämä johtuu siitä, että usein asentajat saattavat laittaa koko päivän tunnit yhdelle työlle, joten kunnossapitojärjestelmästä löydettyjen keikkojen kestoja ei voida pitää luotettavana. Tutkittaessa häiriöiden kestoja on taulukon 2 ja kuvan 16 avulla todella nopeasti havaittavissa, että tarkastelujaksolla JVK6:n kaasuleikkauskoneella on ollut eniten häiriökestoja. Tämän lisäksi myös häiriöiden keston keskiarvo on ollut suurin JVK6:n kaasuleikkauskoneella. Kuvasta 16 nähdään tarkastelujakson häiriökestojen jakaantuminen kaasuleikkauskoneiden välillä.



KUVA 16. KLK häiriökestojen jakaantuminen

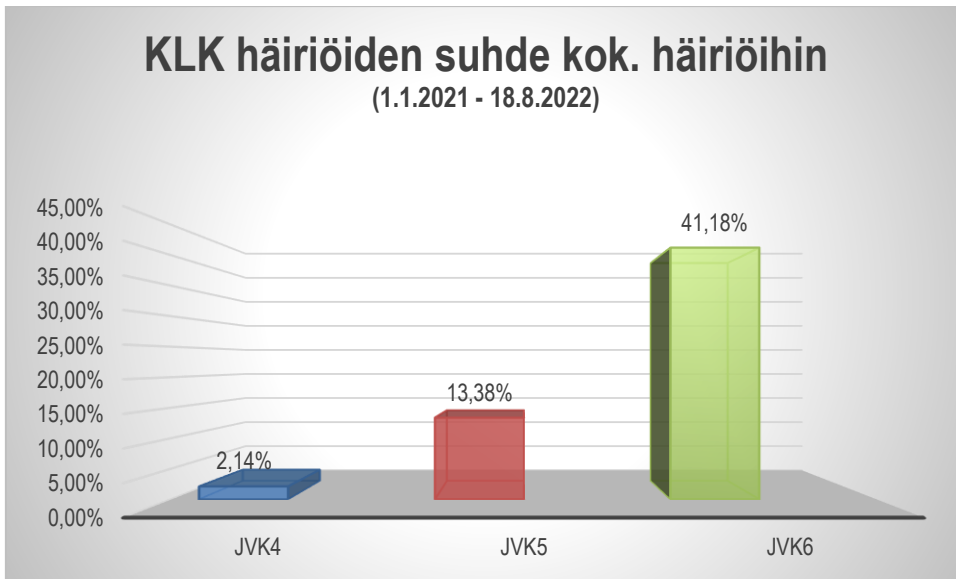
Häiriökestojen sekä Neuvosta kerätyn tuotantoajan avulla voidaan laskea häiriökestojen vaikutukset tuotantoon. Kuvasta 17 nähdään eroavaisuudet häiriökestojen vaikutuksissa tuotantoaikaan.



KUVA 17. Häiriökestojen vaikutukset tuotantoaikaan

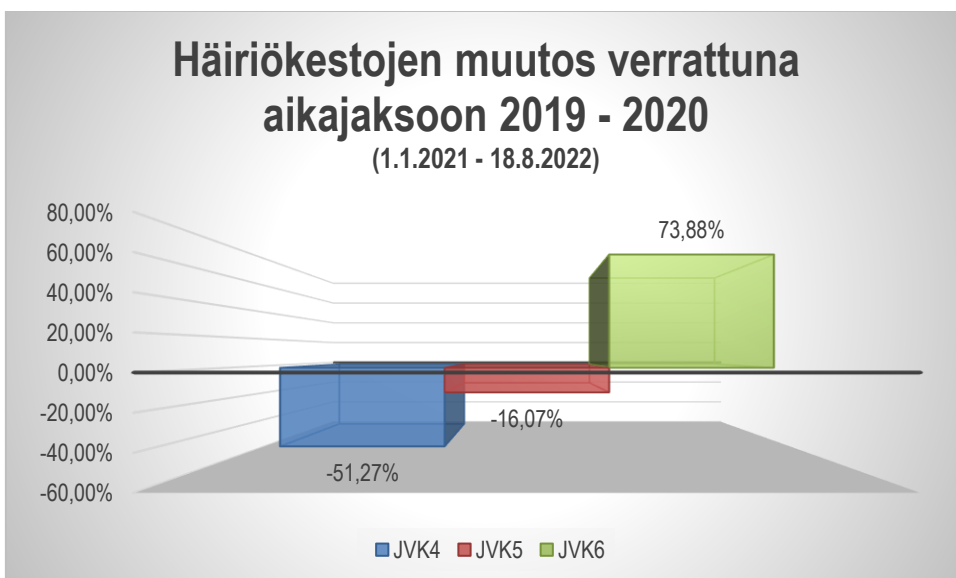
Vaikkakin häiriöiden kestojen kokonaisvaikutus tuotantoaikaan ei ole kovin suuri kaasuleikkauskoneilla, niin silti kaikki häiriöt, jotka hidastavat tai haittaavat tuotannon tekoa, tuovat kuluja. Kuten muissakin tehdyissä havainnoissa myös tässä JVK6:n kaasuleikkauskone eroaa muista. Häiriökestojen vaikutukset tuotantoon ovat kyseisellä koneella olleet moninkertaiset muihin koneisiin nähden.

Kerättyjen häiriökestojen kautta sekä Neuvosta kerättyjen linjastokohtaisien tunnuslukujen kautta voidaan laskea myös kaasuleikkauskoneiden häiriökestojen vaikutukset tietyn linjaston kokonaishäiriöaikaan. Kuvasta 18 on selkeästi havaittavissa eroavaisuudet kaasuleikkauskoneiden välillä. JVK6: n kaasuleikkauskoneella syntyneet häiriöajat kattavat yli 40 % koko linjaston häiriöajasta. Muilla koneilla häiriökestojen suhde kokonaishäiriöaikaan on ollut paljon pienempi. Koska kaasuleikkauskoneen häiriöajan suhde kokonaislinjaston häiriöaikaan on näin suuri, olisi kaasuleikkauskoneen mahdollisella saneeraamisella selkeä vaikutus linjaston käyntiasteeseen. Käyntiasteeseen vaikuttivat häiriöajat, ja jos ne koostuvat jo 40-prosenttisesti kaasuleikkauskoneesta, on sen vaikutus oikeastaan todella suuri käyntiasteeseen.



KUVA 18. Häiriökestojen suhde kokonaishäiriöaikaan

Vertailtaessa tarkastelujakson häiriökestojen muutoksia vuosiin 2019 ja 2020 on havaittavissa, että JVK6:n kaasuleikkauskoneella häiriöiden kesto on kasvanut noin 74 %. Muilla koneilla häiriöiden kesto oli pienentynyt edellisistä vuosista. Häiriökestojen muutokset verrattuna vuosiin 2019 ja 2020 ovat nähtävissä kuvasta 19. Kyseisessä kuvassa negatiiviset luvut tarkoittavat häiriökeston vähenemistä ja positiivinen luku häiriökeston lisääntyneisyyttä. Kuten taulukosta nähdään, on ero koneiden välillä suuri.



KUVA 19. Häiriökestojen muutos edellisiin vuosiin verrattuna

3.8 Häiriökestojen kustannukset

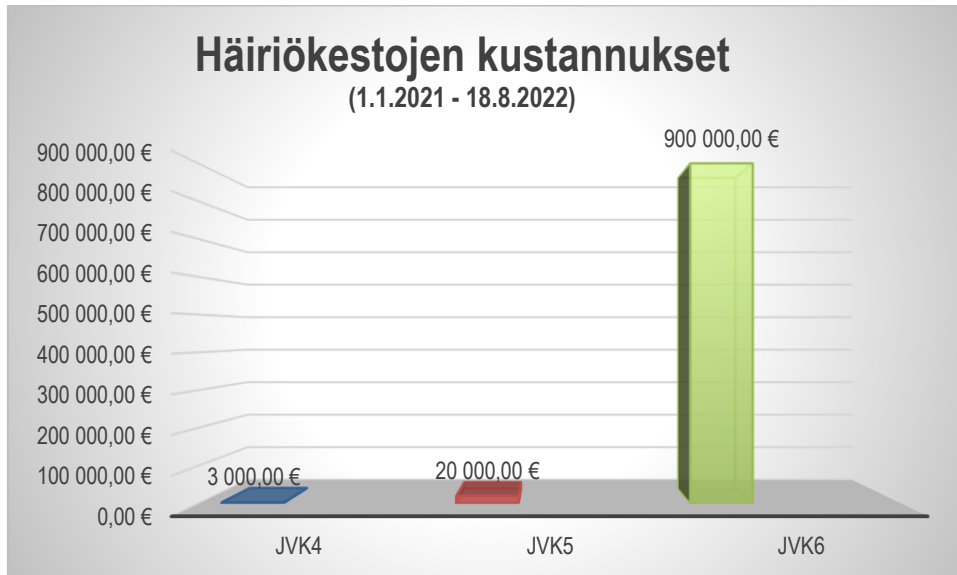
Häiriökestojen kustannusten suuntaa antavan laskelman laatimisessa SSAB:n monen asiantuntijan apu oli suuressa osassa. Heiltä sai tietoa muun muassa tuotantotuntihinnoista sekä vaativan tuotannon suhteen muuhun tuotantoon JVK6:lla. Tämän suhteen selvittäminen oli kustannusten laskennassa tärkeässä roolissa, koska sen avulla voidaan JVK6:lle laskea karkea arvio häiriöiden kustannuksista. Vaativan laadun tuotannolle on eri hinta kuin muulle tuotannolle ja näin ollen muiden koneiden tuotantotuntihinnat eivät käy yksiselitteisesti JVK6:lle.

Häiriökestojen kustannuslaskelmassa oli vaarana, että kustannusten tutkiminen leviäisi liian laajalle alalle. Tämän vuoksi kustannukset rajattiin jatkuvavalukoneiden ympäristöön. Erillisenä toimitettuna liitteenä on keskeytyksien kustannusten laskemisessa käytetty myös konvertterialueiden tuotantotuntihintaa. Näihin laskelmiin vaikuttaa myös, kuinka monella konvertterilla tehdään tärästä, koska niiden määrä vaikuttaa myös jatkuvavalukoneiden käyttötarpeisiin. Kolmella konvertterilla ajettaessa jo yhden jatkuvavalukoneen seisottaminen häiriötilanteessa tulee maksamaan paljon enemmän kuin mitä se olisi esimerkiksi kahden konvertterin ajossa. Lisäksi jo annetuissa tuotantotuntihinnoissa mukana oli annettuna myös kertoimet, mikäli tietty määrä koneita ei ole käytössä: suurin kerroin kaikkien kolmen ollessa poissa tuotannosta ja pienin yhden ollessa pois tuotannosta. Sama kerroin oli niin jatkuvavalukoneilla kuin konverttereilla.

Karkeaa häiriökustannuslaskelmaa tehtäessä konekohtainen kerroin laskettiin konekohtaisesti käyntiasteen avulla. Mikäli koneen käyntiaste olisi 80 %, käytetty häiriökerroin olisi 0,2. Ja mikäli käyntiaste olisi 90 %, niin tällöin häiriökerroin olisi 0,1. Lisäksi JVK6:n kohdalla täytyi ottaa huomioon vaativien laatujen tuotannon erillinen tuotantotuntihinta. SSAB:n asiantuntijan avulla oli mahdollista saada tietoa vaativien laatujen tuotantotuntihinnasta sekä vaativien laatujen suhteesta normaaliin laatuun. Suhde on laskettuna vuoden 2021 tuotannon mukaan. Vaativien laatujen osuus oli 76,5 %, jolloin muiden laatujen osuus on 23,5 %. JVK6:sella käyntiaste oli tarkastelujaksolla 80,87 %, eli tällöin häiriökerroin on 19,13 %. Kustannusten laskeminen on nyt mahdollista lasketun kertoimen, häiriökestojen sekä tuotantotuntihinnan avulla. Muiden koneiden laskelmat ovat helpommin toteutettavissa, koska niissä ei vaativien laatujen tuotantosuhdetta tarvitse ottaa mukaan. Laskelmat ovat vain suuntaa antavia.

Karkeasti laskettujen kustannusten jakautuminen kaasuleikkauskoneilla on nähtävissä kuvasta 20. Kuvasta on todettavissa, että JVK6:n kaasuleikkauskoneen vaikutus kustannuksiin on todella suuri.

Laskelmassa kustannusten suuruuteen vaikuttaa vaativien laatujen tuotantotuntihinnoittelun osuus sekä suuret häiriökestit. Kuten nähdään, vaativien laatujen tuotantotuntihinta on monin kerroin suurempi kuin ns. normaalilaatujen kohdalla laskettu jatkuvavalukoneiden tuotantotuntihinta.



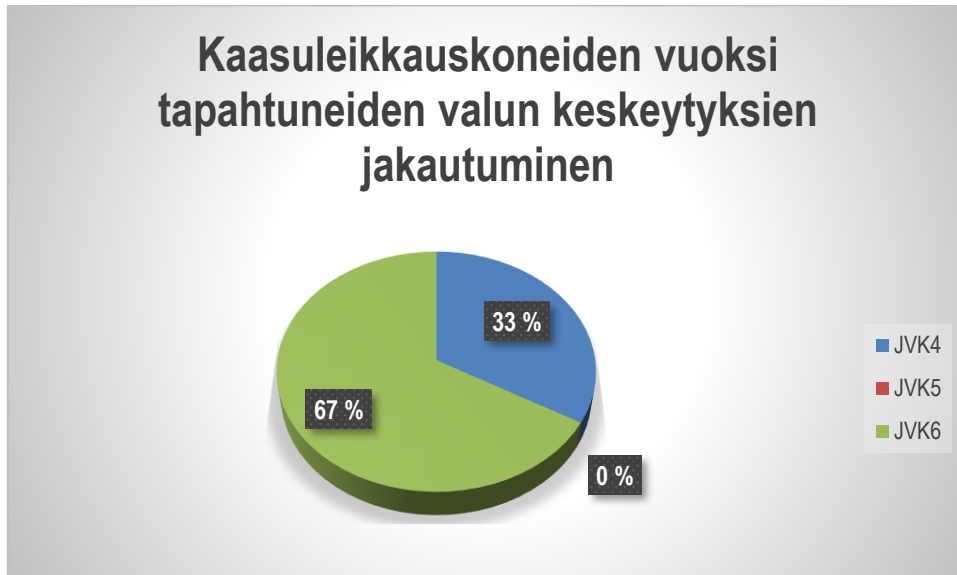
KUVA 20. Häiriökestojen kustannusten jakautuminen

3.9 Keskeytyksien kustannukset

Jatkuvavalukoneen valu täytyy keskeyttää, mikäli linjastolla valun hidastaminen jatkuu noin 10 minuuttia. Valua pystyy siis hidastamaan noin 10 minuutin ajan. Valun keskeytyksestä syntyy luonnollisesti myös kustannuksia. Keskeytystilanteissa kustannukset muodostuvat jatkuvavalulaitoksen tuotantotuntihinnan sekä sulan teräksen valmistuksen tuotantotuntihinnan kautta, jos tuotantoa tehdään kolmella konverterilla. Kolmen konverterin tuotannossa keskeytyksien vaikutus on suurempi, koska tällöin valukoneen seisottaminen estää yhdellä konverterilla teon kokonaan. Lisäksi jatkuvavalulaitoksen tuotantotuntihintaa ei itsessään voi käyttää JVK6:lla sattuneissa keskeytyksissä, minkä seurauksena kustannukset ovat moninkertaiset verrattuna muihin valukoneisiin. Asiantuntijan avulla saatujen kustannusarvioiden kautta voidaan arvioida, että yhden keskeytyksen keskimääräinen kustannusarvio on noin 6800 euroa, mutta keskeytyksen sattuessa JVK6:lla on kustannusarvio moninkertainen sillä tehtävien erikoisteräksien vuoksi.

Tarkastelujakson aikana eli 1.1.2021 – 18.8.2022 sattui yhteensä kuusi keskeytystä, jotka olivat tulleet kaasuleikkauskoneiden vuoksi. Kyseiset keskeytykset on asiantuntijan avustuksella etsitty Neuvo-järjestelmästä. Tarkastelujakson aikana oli kokonaisuudessaan ollut 124 valun keskeytystä,

joten kaasuleikkauskoneista seuranneiden valun keskeytyksien osuus kokonaisuudesta on varsin pieni eli 4,84 %. Kuitenkin JVK6:n kaasuleikkauskoneen vuoksi sattuneiden valun keskeytyksien osuus on kaasuleikkauskoneista suurin, kuten kuvasta 21 on nähtävissä.



KUVA 21. Valun keskeytyksien jakautuminen

3.10 Koneiden ongelmat ja haasteet

Jatkuvavalukone 6:n kaasuleikkauskoneen runko on käyrä, mikä aiheuttaa kaasuleikkauksen yhteydessä leikkaussamaan vinoutumaa. Rungon käyräisyys on puhtaasti mekaaninen vika ja koneen saneerauksella voitaisiin ratkoa rungon käyräisyys. Myös kyseisen koneen perustukset ovat väsyneet ajan saatossa. Perustuksien kunnostukset ovat tällä hetkellä käynnissä, minkä vuoksi tämä ongelma saadaan ratkottua. Kaasuleikkauskoneiden tarraimella on esiintynyt monesti ongelmia, koska se laskeutuu ilmapaineella ja nousee vastapainolla. Jos ilmanpaineissa on ongelmia, niin tarrain ei jaksaa pitää konetta paikallaan ja näin ollen kone pääsee luistamaan aihion päällä. (4.)

Mikäli leikkauksen aikana kone pääsee luistamaan, tulee aihioista ylipitkiä ja tämä huomataan vasta myöhemmässä vaiheessa valvontaohjelmien avulla. Aihion ollessa hieman pidempi on myös sen massa hieman suurempi ja kun valvontaohjelmaa, joka on sen verran löysähkö, suoritetaan pituuden, painon ja metrimäärien mukaan, muodostuu hukkamateriaalia. (8.)

Lisäksi tarraimen luistamisen vuoksi leikkaukseen alkaa muodostumaan jälkeä, eikä se pysy suorassa. Sen vuoksi jälkeä joutuu korjailemaan jälkeenpäin ja joskus käy niin, ettei kyseinen aihio

enää kelpaakaan asiakkaalle, kun pituutta joudutaan karsimaan huonon leikkaussauman takia. Tämän lisäksi kaasuleikkauksesta syntyy aihion alapintaan ”partaa” ja se poistetaan partakoneella merkkaukseen jälkeen. Parta tarkoittaa tietynlaisia roiskeita, jotka tulevat kaasuleikkauksen yhteydessä. Mikäli kaasuleikkaukseen leikkausaika on pitkä, eli aihio on paksu ja leveä, ei kaasuleikkaukseen ehdi palata kokonaan kotiasemaan, mikäli aihio on lyhyt. Tämän toistuessa useasti loppuu leikkausvara nopeasti. Leikkausvaran loppuessa on saatava aihion liikkumista hidastettua ja se onnistuu ainoastaan valunopeuden hiljentämisellä. Valunopeuden hiljentäminen on aina tuotannosta pois ja tällä on tietysti vaikutusta myös käyttöasteisiin. Lisäksi valunopeuden hiljentäminen on haitaksi aihion sisäiselle laadulle. Vanhojen toisiovesisäätimien takia ei jäähdystä voida kontrolloida siinä suhteessa, miten valunopeuden hiljentyessä pitäisi. (4.)

3.11 Koneiden tarve tulevaisuudessa

Kaasuleikkaukseen tarvitaan tulevaisuudessa ainakin siihen asti, että HYBRIT-hankkeen muodostama MINIMILL-tuotanto lähtee käyntiin. Kyseisessä tuotantomallissa ei vanhoja jatkuvavälikoneita tai niiden kaasuleikkaukseen tarvita. MINIMILL on käytännössä nauhakone ja todennäköisesti sen viereen rakennettaisiin uusi levykone. Tästä asiasta ei ole vielä tullut täyttä varmuutta. Ei voida siis varmuudella vielä sanoa, mutta puheenaiheena on ollut yhden välikoneen jättäminen varalle. Tätä mahdollisuutta varten on myös hyvä ottaa huomioon kaasuleikkaukseen tarve tulevaisuudessa vuoden 2030 jälkeenkin. Jokaista kolmea konetta ei tarvita, mutta yhdelle koneelle saattaisi olla käyttöä. Tämä mahdollinen tulevaisuuden tarve lisää kaasuleikkaukseen elinkaaren pidentämisen tarvetta ja tämä elinkaaren pidentäminen tulisi ottaa myös huomioon, kun mietitään saneerauksen merkitystä.

4 TULOSTEN TARKASTELU

Luvussa tarkastellaan, mitä kunnossapidon avulla voidaan tehdä tai mitä pitäisi saneerata. Lisäksi luvussa tarkastellaan työssä esiin nousseita sivulöydöksiä.

4.1 Käyttöasteen parantaminen kunnossapidon keinoin

Kaasuleikkaukoneiden kohdalla kunnossapidon suurin haaste muodostuu, kun jokin osa rikkoutuu. Löytyykö tälle rikkoontuneelle osalle enää varaosaa ja mikäli löytyisi, toimisiko kyseinen varaosa? Monet varaosat ovat olleet varastossa vuosia ja näiden toimivuudesta ei ole täyttä varmuutta. Tämä aiheuttaa suoraan haasteita kunnossapidolle. Mikäli vaihdettu varaosa ei toimikaan, täytyy silloin ruveta miettimään muita vaihtoehtoja, miten laitteen saisi toimintakuntoon. Tällaiseen odottamattomaan vikaantumiseen usein uppoaa aikaa ja kustannukset lähtevät helposti nousuun, jos täytyy saada jokin tietty varaosa etsittyä jostain päin maailmaa tai ulkopuolista apua joudutaan hankkimaan esimerkiksi pyhien aikaan. Tämän vuoksi kunnossapidon kannalta olisikin tärkeää varmistaa mahdollisten varaosien saatavuus. Tällä hetkellä tehdyn varaosalistauksen perusteella voitaisiin sanoa, että niiden saatavuus yhdelle koneelle on ihan hyvä. Kuitenkin varaosien täydestä toimivuudesta ei ole varmuutta, koska suurin osa varaosista löytyi lisävarastosta. Myös ennakoivien huoltotöiden teko ajallaan edesauttaa elinkaaren jatkumista kunnossapidon kautta. Tämänhetkisen ennakkohuoltojaksotuksen väli on puoli vuotta, mikä on hyvä kyseisille koneille. Täytyisi kokeilla, olisiko kuitenkin ennakkohuoltojakson tihentämisellä jotain vaikutusta vikojen ja häiriöiden vähentämiseen. Olisiko esimerkiksi kolmen kuukauden välein tehtävä ennakkohuoltojakso parempi? Tosin ennakkohuoltojaksot on tehty kaikille koneille tasapuolisesti, mutta silti JVK6:n kaasuleikkaukoneella on ollut tarkastelujaksolla eniten häiriöitä. Myös asentajien kokemus vaikuttaa mahdollisuuksiin ja tämä olikin havaittavissa, kun sähkökunnossapitoasentaja nosti esiin vuosia vanhan vian, missä Mitsubishin taajuusmuuttajasta oli tuuletin mennyt rikki. Vian ilmetessä oli kaasuleikkaukone tuotannossa ja kyseisen vian vuoksi kaasuleikkaukone oli pysähtynyt. Kyseiseen taajuusmuuttajaan ei löytynyt sillä hetkellä varatuuletinta, joten asentajat saivat koneen takaisin käyntiin pyörittämällä vanhaa puhallinta paineilmalla. Noinkin vanhojen taajuusmuuttajien vioittuessa kriittisellä hetkellä on sillä heti vaikutuksia tuotantoon. Ja taajuusmuuttajien ollessa vanhoja on varaosien saatavuus tärkeää selvittää.

Tämän taajuusmuuttajan vian vuoksi nousi ajatus siitä, että vaikka varastossa olisi laittaa tilalle samanlainen voisi olla parempi ajatus sovittaa jonkun huoltopäivän yhteydessä esimerkiksi uusi ABB:n taajuusmuuttaja vanhan tilalle. ABB:n taajuusmuuttajia on käytössä monessa muussakin kohteessa tehtaalla, joten ne ovat myös tuttuja asentajille. Näin poistettaisiin vanha ja epävarma osa sekä saataisiin perehdyttyä huoltopäivän yhteydessä, miten kyseinen päivittäminen kannattaisi parhaiten toteuttaa. Perehtyminen voi ollakin hyödyksi, koska mikäli vanha taajuusmuuttaja menee rikki kesken ajon, olisi siihen jo ennakoon varauduttu päivittämällä yksi tai useampi taajuusmuuttaja. Tällä voidaan minimoida tuotannon häviöt ja odotukset vian sattuessa, koska niihin olisi varauduttu taajuusmuuttajan päivittämisellä. Lisäksi kunnossapidon parantamisen edellytyksenä olisi täyttää tarkemmin kunnossapitojärjestelmän kautta työ- ja vikakeikkojen raportteja. Tämä saattaisi helpottaa tulevaisuudessa eri vikojen paikallistamista, kun asentaja voisi uuden vian esiintyessä tutkia, löytyisikö kunnossapitojärjestelmän kautta vastaavaa keikkaa. Ja jos löytyisi, niin hyvällä raportoinnilla siitä olisi myös hyötyä.

4.2 Käyttöasteen parantaminen investoinnin kautta

Mahdollisella saneerauksella voidaan poistaa mahdolliset tulevat ongelmat, jotka alkaisivat vaikuttaa sitä enemmän, mitä pidemmälle saneerausta viivästyttäisi. Jo nyt on ollut havaittavissa selkeästi, että JVK6:n tilanne on mennyt huonompaan suuntaan kaasuleikkauskoneen osalta ja mahdollisella saneerauksella saataisiin tulevaisuuden häiriötasot laskettua, mikä näkyisi positiivisena tuotannossa. Esitetyn allasmallin mukaisesti JVK6:n kaasuleikkauskone on tällä hetkellä kulumisjakson loppupäässä.

Automaation saneerauksella voitaisiin poissulkea riskitekijöitä. Nykyinen automaatiopuoli toimii jatkoajalla ja onkin tullut jo elinkaarensa loppupäähän. Tällä hetkellä ohjauskeskuksissa on käytössä vanhat Siemens Simatic S5 -automaatiojärjestelmät. Niiden laskettu elinkaari on loppunut jo vuosia sitten ja uusia varaosia ei ole enää saatavilla. Tämä automaatiojärjestelmä toimii eräänlaisena pullonkaulana, koska sen vioittuessa voi mahdollinen korjaaminen olla haastavaa. Tosin pullonkaulaefekti korostuu eritoten JVK6:n koneella, koska muilla linjastoilla löytyy vielä S5 -automaatiojärjestelmää muualtakin prosessista, esimerkiksi kaasuleikkauskoneen jälkeisellä merkkaukoneella. JVK6:lla ainoa vanhentunut automaatiojärjestelmä on kaasuleikkauskoneelta ja saneerauksella

voitaisiin poissulkea sen aiheuttamat mahdolliset vikaantumiset. Saneerauksella saataisiin myös lisää varaosia muihin kaasuleikkauskoneisiin.

4.3 Sivulöydökset

Verrattaessa kaasuleikkauskoneiden häiriökestojen vaikutusta koko linjaston häiriökestoihin oli havaittavissa selkeä ero kaasuleikkauskoneiden välillä. Selkeästi koko linjaston häiriökeston on vaikuttanut eniten JVK6:n kaasuleikkauskoneen häiriöiden kestot. Tämän löydöksen kautta voidaan suoraan tehdä johtopäätös, että myös kustannusten syntyminen häiriöiden vuoksi on ollut suurinta JVK6:n kaasuleikkauskoneella.

Kaasuleikkauskoneiden häiriöiden tai vikojen alkuperää oli haastava erotella. Erottelua ei pystynyt järkevällä tavalla toteuttamaan esimerkiksi mittaus-, ohjaus- tai automaatioperäiseksi. Tämä johtui siitä, että ARTTU-kunnossapitojärjestelmästä löydettyjen vikojen raportointi oli puutteellista. Tämän vuoksi erottelua alkuperän perusteella ei voitu suorittaa.

Kaasuleikkauskoneen vuoksi tehtyjen hidastuksien kestoista ei löytynyt valmista tietoa XD:ltä. Hidastuksen kestot olisivatkin hyvä näkyä suoraan tarkasteltaessa sulatuksen tietoja. Tiedot kylläkin löytyvät, mikäli lähtee selaamaan DNA:n puolelta sulatuskohtaisesti, mutta tähän kuluisi huomattavan paljon aikaa. Hidastuskestojen selvittämisen apuna toimi SSAB:n asiantuntija. Samalla selvisi, että hidastuskestojen tiedonkeruuseen olisi mahdollista tehdä muutoksia, joiden avulla hidastuskestot saisi näkymään suoraan sulatuksen tiedoissa. Tätä voisi jalostaa pidemmälle ja tuodakin ne näkyviin. Tällöin hidastuskestojen seuraaminen olisi sulatuskohtaisesti helpompaa.

4.4 Ratkaisuehdotus

Aikaisemmin esitettyjen havaintojen ja löydösten perusteella voidaan sanoa, että JVK6:n kaasuleikkauskoneella on ollut eniten vaikutusta kustannuksiin sekä tuotantoon häiriökestojen ja häiriömäärien vuoksi. Tämä on hyvä indikaattori siitä, että JVK6:n kaasuleikkauskone on allasmallin kulumisjakson loppupäässä ja vikataajuus on sen vuoksi kasvanut. Lisääntyvän vikataajuuden ratkaisemiseksi olisi parasta toteuttaa saneeraus JVK6:n kaasuleikkauskoneen ohjauskeskukselle,

koska selkeästi pelkällä kunnossapidon toiminnalla ei ole saatu vikataajuutta laskettua. Kuitenkin muillekin koneille kunnossapitoa tehdään samalla lailla, ja silti niillä on alhaisemmat vikataajuudet. Kaikkien ohjauskeskusten elinkaaren varmistamiseksi ei ole tällä hetkellä tarpeeksi varaosia, mikä lisää myös saneerauksen tarpeellisuutta. Kuitenkaan pelkän automaation ja taajuusmuuttajien saneeraaminen ei olisi paras vaihtoehto, vaan kokonaisuudessaan saneerauksessa pitäisi uusia ohjauskeskuksen lisäksi kentän puolen instrumentointi. Kentän puolella on ollut omia ongelmia ja puutteita turvallisuuteen sekä laatuun liittyvissä asioissa. Kentän puolelle kuuluvat muun muassa moottorit, anturit sekä kaasuleikkauskoneille menevät energiansiirtoketjut, joiden kautta koneen kaapelit sekä happi- ja kaasuletkut kulkevat. Myös näiden osalta kentän puolen saneeraaminen olisi elinkaaren jatkamisen kannalta tarpeen. Mahdollisen saneerauksen valmistumisajankohtaan vaikuttaa varmasti toimitusaikojen pitkittyminen, mutta osan riskistä saisi karsittua pois jo pelkäämään taajuusmuuttajien päivittämisellä. Tämä voitaisiin toteuttaa todennäköisesti nopeammin. Lisäksi JVK6:n kaasuleikkauskone on kriittisin verrattuna muihin, mikä lisää saneerauksen tarpeellisuutta.

5 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää kaasuleikkauskoneiden ohjauskeskusten elinkaaren ylläpidon mahdollisuudet. Päästäisiinkö hyvällä ylläpidolla terässulaton osalta loppuun vai täytyisikö saneeraus tehdä? Mitä elinkaaren ylläpitäminen tällöin edellyttäisi? Minkälaisia uhkakuvia syntyisi, mikäli laitteistoa ei uusita? Jos taas uusitaan laitteisto, niin minkälaisia vaihtoehtoja silloin olisi: kokonaan saneeraus vai osittain uudistaminen? Tehtäväksi tarkentui kerätä systemaattista tietoa tulevan saneerauspäätöksen tueksi, joka tehtäisiin tulevaisuudessa.

Työn tavoitteiden selvittämiseksi täytyi ensin käsitellä terässulaton prosessin eri vaiheita sekä automaatiota ja kunnossapitoa. Tarkemmin prosessin selvittäminen tapahtui jatkuvavalulaitoksista, koska kaasuleikkauskoneet kuuluvat niihin alueisiin. Tärkeänä osana työtä oli myös tarkastella kaasuleikkauskoneiden toimintoja, vikataajuuksia sekä pohtia saneeraustarpeita ja kunnossapidon kehittämisen tarpeita. Lopuksi työssä tarkasteltiin, mitä kunnossapidon avulla voidaan toteuttaa ja mitä pitäisi mahdollisesti saneerata. Onnistuisiko käyttöasteiden parantaminen pelkästään kunnossapidolla?

Työn yhteydessä nousi esiin selkeästi JVK6:n kaasuleikkauskoneen vaikutukset kustannuksiin sekä tuotantoon häiriökestojen ja häiriömäärien kautta. Työssä havaittujen vikataajuuksien ratkaisemiseksi olisi parasta toteuttaa saneeraus JVK6:n kaasuleikkauskoneen ohjauskeskukselle, koska selkeästi pelkällä kunnossapidon toiminnalla ei ole saavutettu vikataajuudelle laskua. Pelkän ylläpidon mahdollisuudet ovat heikot nykyisen varaosatilanteen vuoksi. Tämänhetkinen varaosatilanne on kohtalainen, koska suurin osa varaosista on käytettyjä eikä ole täyttä varmuutta niiden toimivuudesta. Saneerausta mietittäessä ei pelkän automaation ja taajuusmuuttajien saneeraaminen välttämättä riittäisi, vaan kokonaisuudessaan saneerauksessa pitäisi uusia ohjauskeskuksen lisäksi myös kentän puolen instrumentointi. Kentän puolella on ollut omia ongelmia ja puutteita turvallisuuden sekä laatuun liittyvissä asioissa. Mikäli laitteistoa ei saneerattaisi, tulisi se näkymään varmasti lisääntyvän vikataajuuden muodossa, jolla on suora vaikutus käyttöasteeseen sekä tuotantoon.

LÄHTEET

1. SSAB Europe Oy Raahen tehdas 2022. External Presentation FI 16.9.2022. Sisäinen lähde.
2. Vattenfall 2022. HYBRIT-Pohjoismainen yhteistyöhanke kiinnostaa myös maailmalla. Hakupäivä 16.8.2022. <https://www.vattenfall.fi/fokuksessa/fossiilivapaa/hybrit--pohjoismainen-yhteistyohanke-kiinnostaa-myos-maailmalla/>.
3. SSAB Europe Oy Raahen tehdas 2012. Terässulaton yleisesittely. Sisäinen lähde.
4. Kastelli, Ville 2022. Terässulaton tuotantopäällikkö. SSAB Europe Oy Raahen tehdas. Haastattelu 16.6.2022.
5. Pehkonen, Risto 2022. Automaatioteknikko. SSAB Europe Oy Raahen tehdas. Sähköpostikeskustelu 26.9.2022.
6. SSAB Europe Oy Raahen tehdas 2021. Malmipohjainen teräksen valmistus. Sisäinen lähde.
7. Pehkonen, Risto 2022. Automaatioteknikko. SSAB Europe Oy Raahen tehdas. Sähköpostikeskustelu 10.10.2022.
8. Pehkonen, Risto 2022. Automaatioteknikko. SSAB Europe Oy Raahen tehdas. Sähköpostikeskustelu 2.9.2022.
9. SSAB. SSAB:n Raahen tehdas. Hakupäivä 7.9.2022. <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/tuotantopaikkakunnat-suomessa/raahe>.
10. SSAB 2022. Historia. Hakupäivä 17.6.2022. <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti/history>.

11. Vattenfall 2020. HYBRIT-Edistysaskelia kohti fossiilivapaata terästuotantoa. Hakupäivä 16.8.2022. <https://www.vattenfall.fi/fokuksessa/fossiilivapaa/hybrit/>.
12. SSAB. Fossiilivapaa teräs ja HYBRIT. Hakupäivä 16.8.2022. [Fossiilivapaa teräs ja HYBRIT \(ssab.com\)](https://www.ssab.com). Sisäinen lähde.
13. Yrjänä, Ilkka 2015. LEVYVALSSAAMON S5-LOGIIKKAJÄRJESTELMIEN YLLÄPITOSELVITYS. Centria ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 9.9.2022. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/88834/Yrjana_Ilkka.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
14. Siemens 2020. End of the SIMATIC S5 product lifecycle. Hakupäivä 12.9.2022. <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109776026/end-of-the-simatic-s5-product-life-cycle?dti=0&lc=en-ZA>.
15. Perälä, Matti 2013. Profibus DP -harjoittelulaitteiston kehittäminen. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 12.9.2022. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/57821/opinnaytetyo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
16. AUMA. Kenttäväylä. Hakupäivä 12.9.2022. <https://www.auma.com/fi/tuotteet/tiedonsiirtojaerjestelmaet/kenttaevaeylae/>.
17. Heikkinen, Timo 1992. Monipolttoainekattilan ohjaus Damatic XD:llä. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Signaalinkäsittelyn tutkinto-ohjelma. Diplomityö. Hakupäivä 30.9.2022. <https://timohei.net/omat/dtyo/index.html>.
18. Valmet Oyj 2018. Valmetille merkittävä informaatiohallintajärjestelmän tilaus kotimaasta. Hakupäivä 26.8.2022. <https://www.valmet.com/fi/media/uutiset/lehdistotiedotteet/2018/valmetille-merkittava-informaatiohallintajarjestelmatilaus-kotimaasta/>.
19. Danfoss. Mikä on taajuusmuuttaja? Hakupäivä 9.8.2022. <https://www.danfoss.com/fi/about-danfoss/our-businesses/drives/what-is-a-variable-frequency-drive/>.

20. SFS-EN 13306:2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Hakupäivä 8.10.2022. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/840250.html.stx>. Vaatii lisenssin.
21. Heinonkoski, Risto 2013. Kone- ja prosessiautomaation kunnossapito. Hakupäivä 7.9.2022. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/koneautomaatio/kunnossapitojarjestelmalla_helputetaan_tyosuunnittelua.html.
22. SSAB Europe Oy Raahen tehdas 2022. Kunnossapidon koulutus ARTTU tutuksi esitys. Sisäinen lähde.
23. Vitec Alma. SSAB luottaa ALMAan Raahen terästehtaan elinkaarihallinnassa. Hakupäivä 7.9.2022. <https://www.vitec-alma.com/asiakkaidemme-kokemuksia-almasta/ssab-luottaa-almaan-raahen-teraestehtaan-elinkaarihallinnassa/>.
24. Wilkins, Dennis J 2002. The Bathtub Curve and Product Failure Behavior Part One – The Bathtub Curve, Infant Mortality and Burn-in. Hakupäivä 12.9.2022. <https://www.weibull.com/hotwire/issue21/hottopics21.htm>.