

Teräksen virtausongelmien juurisyiden selvittely
SSAB:n Raahan tehtaassa terässulatolla

SSAB Europe Oy

Kallio Pasi

Opinnäytetyö

Tiedolla johtamisen asiantuntija
Tradenomi (ylempi AMK)

2024

Tiedolla johtamisen asiantuntija
Tradenomi (ylempi AMK)

Tekijä	Pasi Kallio	Vuosi	2024
Ohjaajat	Soili Vesterinen TtT, Sari Mattinen FM		
Toimeksiantaja	SSAB Europe Oy, Raahen		
Työn nimi	Teräksen virtausongelmien juurisyiden selvittely SSAB:n Raahen tehtaan terässulatolla		
Sivumäärä	86+7		

Tämä opinnäytetyö toteutettiin toimeksiantona SSAB Europe Oy:lle, joka on maailmanlaajuisesti toimiva teräsyhtiö. Opinnäytetyön aiheena oli teräksen virtausongelmien juurisyiden selvittely Raahen terästehtaan terässulatontuotantoalueella. Tutkimuksen tarkoituksena oli haastattelujen ja tuotannonohjausjärjestelmistä saatavan tuotantodatan avulla selvittää teräksen virtausongelmia aiheuttavia muuttujia. Tutkimuksen tavoitteena oli löytää keinoja teräksen virtausongelmien vähentämiseksi.

Opinnäytetyö toteutettiin kehittämislähtöisenä konstruktiiivisena tapaustutkimuksena. Opinnäytetyössä hyödynnettiin menetelmätriangulaatiota, koska tutkimuksessa haluttiin ymmärtää syvällisesti virtausongelmia aiheuttavat muuttujat. Aineistonkeruumenetelmänä laadullisessa tutkimuksessa käytettiin avoimia haastatteluja, joissa haastateltiin viittä toimeksiantajan tuotannonkehityksestä vastaavaa asiantuntijaa. Laadullisen aineiston analyysi tutkimukseen toteutettiin sisälönanalyysin avulla. Lisäksi kerättiin tuotannonohjausjärjestelmästä tuotantodataa, jota analysoimalla selvitettiin teräksen virtausongelmien yleisyys ja niiden esiintyvyyteen vaikuttavia muuttujia CAS-OB-käsittelyaseman kautta kulkevilla sulatuksilla.

Teräksen virtausongelmat ovat moniulotteinen ongelma, joihin ei ole yksinkertaista ratkaisua. Virtausongelmien juurisyöt juontavat juurensa niin teräksen valmistuksen kuin myös aihion valmistuksen prosessivaiheisiin. Merkittävimpänä yksittäisenä syynä virtausongelmille on teräksessä olevat epämetalliset sulkeumat.

Data-analyysin perusteella virtausongelmia esiintyy tasaisesti, eikä niissä ole merkittävää jaksollisuutta. Virtausongelmien esiintyvyydessä löytyi sen sijaan vuoro-, teräslaatu ja suoritustapakohtaisia eroavaisuuksia. Runsaille seosainemäärillä ja seosaine-erillä sekä ajalliselta kestoaltaan lyhyillä teräksen senkkäkäsittelyillä havaittiin yhteys huonoon teräksen virtaukseen.

Avainsanat teräksen virtausongelmat, juurisyiden selvittely, tiedolla johtaminen, data-analytiikka, sulkeumat

Knowledge Management Expertise
Master of Business Economics

Author	Pasi Kallio	Year	2024
Supervisor	Soili Vesterinen D.Sc. (Health Sciences), Sari Mattinen M.Sc.,		
Commissioned by	SSAB Europe Oy, Raahe		
Title	Investigation of the root causes of steel flow issues at SSAB's Raahe steel plant		
Number of pages	86+7		

This thesis was carried out as an assignment for SSAB Europe Oy, a globally operating steel company. The subject of the thesis was the investigation of the root causes of steel flow problems in the production area of the steel melt shop of the Raahe steel factory. The purpose of the study was to find out the variables that cause steel flow problems with the help of interviews and production data obtained from production control systems. The goal of the research was to find ways to reduce steel flow problems.

The thesis was implemented as a development-oriented constructive case study. Method triangulation was used in the thesis, because the aim was to gain a profound understanding of the variables that cause steel flow problems. Open-ended interviews were used as the data collection method in the qualitative research, where five experts responsible for the client's production development were interviewed. The analysis of the qualitative material for the study was carried out using content analysis. In addition, production data was collected from the production control system, which was analyzed to find out the prevalence of steel flow problems and the variables that affect their occurrence with melts passing through the CAS-OB processing station.

Steel flow problems are a multi-dimensional problem with no simple solution. The root causes of flow problems can be traced back to the process stages of steel production as well as slab production. The single most significant cause of flow problems is non-metallic inclusions in steel.

Based on the data analysis, flow problems occur regularly and there is no significant periodicity. Instead, differences were found in the frequency of steel flow problems depending on shift, steel quality and method of execution. Large amounts of alloying elements and batches of alloying elements, as well as short-duration steel ladle treatments, are seen to have a connection with poor steel flow.

Keywords steel flow problems, investigation of root causes,
knowledge management, data analytics, inclusions

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	9
2	KEHITTÄMISYMPÄRISTÖ	11
2.1	Teräksen valmistus	11
2.2	Aihion valmistus	15
3	TERÄKSEN VIRTausONGELMAT	18
3.1	Sulkeumat teräksessä	20
3.2	Tukkeuma ja tukkeutuminen	21
3.3	Teräksen tiivistäminen ja kuonan pelkistys	22
4	TIEDON HYÖDYNTÄMINEN LIIKETOIMINNASSA	24
4.1	Tiedon tasot	24
4.2	Tiedolla johtamisen määrittelyä	25
4.3	Tiedolla johtamisen hyödyntäminen liiketoiminnan kehittämisessä	27
4.4	Data-analytiikka prosessikehityksessä	28
5	MENETELMÄLLINEN TOTEUTUS	30
5.1	Konstruktiiivinen tutkimus	31
5.2	Tapaustutkimus	32
5.3	Menetelmätriangulaatio	33
5.4	Haastatteluaineiston keruu ja käsittely	33
5.5	Haastatteluaineiston sisällönanalyysi	34
5.6	Data-aineiston keruu	35
5.7	Data-aineiston analysointi	36
6	TUTKIMUKSEN TULOKSET	42
6.1	Sisällönanalyysin tulokset	42
6.1.1	Teräksen valmistus konvertterissa	42
6.1.2	Teräksen senkkakäsittely	44
6.1.3	Valmistuksen ja valamisen välineistö	48
6.1.4	Teräksen valaminen	50
6.2	Data-analyysin tulokset	51
6.2.1	Teräksen virtausongelmista yleisesti	52
6.2.2	CAS-OB-käsittelyaseman F6 +AI- ja F6 +AISi-suoritustavat	64

7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	74
7.1	Yhteenveto tuloksista.....	74
7.2	Kehitysehdotukset	76
7.3	Luotettavuuden ja eettisyyden arviointi.....	78
7.4	Oman osaamisen kehittyminen	80
7.5	Jatkotutkimuksen aiheita	81
	LÄHTEET.....	82
	LIITTEET	86

KUVIOLUETTELO

Kuvio 1. Terässulaton prosessivaiheet	12
Kuvio 2. CAS-OB-käsittelyasema	14
Kuvio 3. Vakuumilaitos ja senkkauuni	15
Kuvio 4. Jatkuvalululaitos	16
Kuvio 5. Teräksen virtaus terässenkasta ja välisenkasta	18
Kuvio 6. Pyramidi tiedon tasoista	25
Kuvio 7. Kuvaus tiedolla johtamisen prosessista	26
Kuvio 8. Tiedolla johtamisen kehitysvaiheet	28
Kuvio 9. Kehittämistyön prosessin vaiheet	30
Kuvio 10. Sisällönanalyysin eteneminen	35
Kuvio 11. CRISP-DM-mallin kulku	37
Kuvio 12. Datataulujen yhdistämisen tähtimalli	40
Kuvio 13. Sisällönanalyysin yläluokat pääluokkineen ja yhdistävä luokka	42
Kuvio 14. Teräksen valmistuksen virtausongelmien aiheuttajat konverterissa	43
Kuvio 15. Virtausongelmiin vaikuttavia tekijöitä teräksen senkkakäsittelyssä	45
Kuvio 16. Virtausongelmiin vaikuttavat välineistölliset ja materiaaliset syyt	48
Kuvio 17. Prosessitekniset syyt ja prosessihäiriöt virtausongelmien takana	50
Kuvio 18. Sulatukset virtauksen kategorioittain	53
Kuvio 19. Sulatusmäärät ja virtauksen kategoriat vuoroittain	54
Kuvio 20. Hyvä-kategorian sulatusten jakautuminen vuoroittain	54
Kuvio 21. Huono-kategorian sulatusten jakautuminen vuoroittain	55
Kuvio 22. Sulatusten virtauksen kategorioinnit päivätasolla	56
Kuvio 23. Sulatusten virtauksen kategorioinnit viikkotasolla	56
Kuvio 24. Huono-kategorian sulatusten jakautuminen viikkotasolla	57
Kuvio 25. Huono-kategorian sulatusten jakautuminen kuukausitasolla	58
Kuvio 26. Sulatukset käsittelyasemittain	58
Kuvio 27. Yleisimmät suoritustavat sulatusmäärittäin	60
Kuvio 28. Virtauksen kategorioiden jakautuminen suoritustavoissa	60
Kuvio 29. Yleisimmät laadut sulatusmäärittäin	61
Kuvio 30. Virtauksen kategorioiden jakautuminen teräslaaduittain	62
Kuvio 31. Teräksen huono virtaus välisenkasta	63
Kuvio 32. Välisenkan stopparin 0-kohdan asennusten onnistuminen	64
Kuvio 33. Tarkempaan tutkimukseen valitut suoritustavat ja teräslaadut	65

Kuvio 34. Suoritustavan F6 +Al virtauksen kategoriat seosaine-erien ja seosainemäärien kategoriakohtaisen keskiarvon mukaan	66
Kuvio 35. Suoritustavan F6 +Al virtauksen kategoriat seosaine-erien ja käsittelyn keston kategorisen keskiarvon mukaan	67
Kuvio 36. Suoritustavan F6 +Al virtausten kategorioiden vertailu kokonaiskäsittelyajan keskiarvon ja seosainemäärien keskiarvon mukaan	68
Kuvio 37. Suoritustavan F6 +Al virtausten kategorioiden vertailu kokonaiskäsittelyajan keskiarvon ja seosainemäärien keskiarvon mukaan CAS-OB seosaine-erittäin	69
Kuvio 38. Suoritustavan F6 +AlSi virtauksen kategorioiden jakautuminen seosaine-erien ja seosainemäärien keskiarvon mukaan.....	70
Kuvio 39. Suoritustavan F6 + AlSi virtauksen kategoriat seosaine-erien ja käsittelyn keston kategorisen keskiarvon mukaan	71
Kuvio 40. Suoritustavan F6 +AlSi virtausten kategorioiden jakautuminen kokonaiskäsittelyajan keskiarvon ja seosainemäärien keskiarvon mukaan	72
Kuvio 41. Suoritustavan F6 +AlSi virtausten kategorioiden vertailu kokonaiskäsittelyajan keskiarvon ja seosainemäärien keskiarvon mukaan CAS-OB seosaine-erittäin	73

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on toteutettu Raahessa 1.12.2023-10.10.2024. Työn toimeksiantajana on SSAB Europe Oy.

Opinnäytetyön ohjaajana toimi työn toimeksiantajan puolelta Henna Tähtilä ja valvojana Joakim Leskelä. Suuri kiitos kuuluu heille, sillä heidän tarjoamansa tuki ja neuvot olivat avain asemassa työn onnistumisen kannalta. Kiitos myös mukana olleille senkkakäsittelyn asiantuntijoille. Ilman heidän jakamaansa tietämystä tämän opinnäytetyön tekeminen olisi ollut haastavaa.

Oppilaitoksen osalta kiitos kuuluu ohjaajina toimineille lehtori Sari Mattiselle ja tuntiopettaja Soili Vesteriselle. Heiltä saadun tuen ja neuvojen avulla asioita saatiin ongelmien ilmetessä etenemään. Kiitos myös kaikille muille, jotka ovat jollain tavalla olleet mukana tämän opinnäytetyön teossa.

Oulussa 10.10.2024

Pasi Kallio

1 JOHDANTO

Tuotantoprosessien erinäiset ongelmat ovat teollisuuden yrityksille jokapäiväisiä haasteita, joilla voi olla laaja-alaisia vaikutuksia liiketoimintaan. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan Raahen terästehtaan jatkuvavalulaitoksella sulan teräksen virtausongelmien juurisyitä. Opinnäytetyön aihe on toimeksiantajayritys SSAB Europe Oy:lle tärkeä, sillä resurssienhallinta, kustannustehokkuus ja tuotantovarmuus ovat jatkuvia kehityskohteita ja vaikuttavat merkittävästi toimeksiantajayrityksen tuottavuuteen sekä kannattavuuteen. Tehokkaat laadunhallintaprosessit ja jatkuva parantaminen auttavat vähentämään ongelmien vaikutuksia ja parantamaan kokonaissuorituskykyä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on haastattelujen ja tuotannonohjausjärjestelmistä saatavan tuotantodatan avulla selvittää virtausongelmia aiheuttavia muuttujia. Virtausongelmat ilmenevät aihion valmistuksessa jatkuvavalulaitosten (JVL-1 ja JVL-2) jatkuvavalukoneilla (JVK-4,-5 & -6) teräksen huonona virtauksena sekä terässenkasta että välisenkasta. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on löytää keinoja teräksen virtausongelmien vähentämiseksi. Työn tavoitteesta ja tarkoituksesta on johdettu seuraavat tutkimuskysymykset:

- Mitkä työ- tai prosessivaiheet ovat kriittisimpiä teräksen virtausongelmien ilmenemisen kannalta?
- Millaisia eroja virtausongelmien esiintyvyydessä on eri työvuorojen, suoritustapojen ja käsittelyasemien välillä?
- Millaisia vaikutuksia senkkäkäsittelyn kokonaiskestolla, seosaine-erien määrällä ja lisätyillä seosaineiden kokonaismäärillä on CAS-OB-käsittelyaseman kautta kulkeviin sulatuksiin?

Opinnäytetyö toteutetaan kehittämislähtöisenä konstruktiiivisena tapaustutkimuksena ja aineiston keruussa hyödynnetään triangulaatiomenetelmää. Tutkimusaineisto koostuu sekä laadullisesta, että määrällisestä aineistosta ja kirjallisuuskatsauksesta. Aineistoa kerätään haastattelemalla avoimin ryhmähaastatteluin eri prosessialueiden asiantuntijoita sekä analysoimalla tuotannonohjausjärjestelmiin kertynyttä dataa. Hyödyntämällä sekä asiantuntijoiden kokemuspohjaista tietoa,

että tuotannonohjausjärjestelmään kertynyttä dataa, pyritään määrittämään kehitysehdotuksia ja suosituksia virtausongelmien ehkäisemiseksi.

Virtausongelmia vähentämällä voidaan parantaa toimeksiantajayrityksen tuotantovarmuutta ja tehokkuutta. Virtausongelmat voivat pahimmassa tapauksessa aiheuttaa yllättäviä tuotannon keskeytyksiä ja pitkiä huoltoja. Lievemmissäkin tapauksissa teräspanos palautuu takaisin seostettavaksi joko osittain tai kokonaan. Keskeytynyt valuprosessi sekoittaa tuotannonsuunnittelun ja -prosessin.

2 KEHITTÄMISYMPÄRISTÖ

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on SSAB Europe Oy. SSAB on maailmanlaajuisesti toimiva teräsyhtiö, jonka visiona on vahvempi, kevyempi ja kestävämpi maailma. SSAB:n tavoitteena on tuoda fossiilivapaa teräs markkinoille ensimmäisenä yrityksenä vuoteen 2026 mennessä sekä päästä suurelta osin eroon oman toimintansa kautta aiheutetuista hiilidioksidipäästöistään vuoteen 2030 mennessä. Yhtiöllä on tuotantolaitoksia Suomessa, Ruotsissa ja Yhdysvalloissa. (SSAB 2023b.)

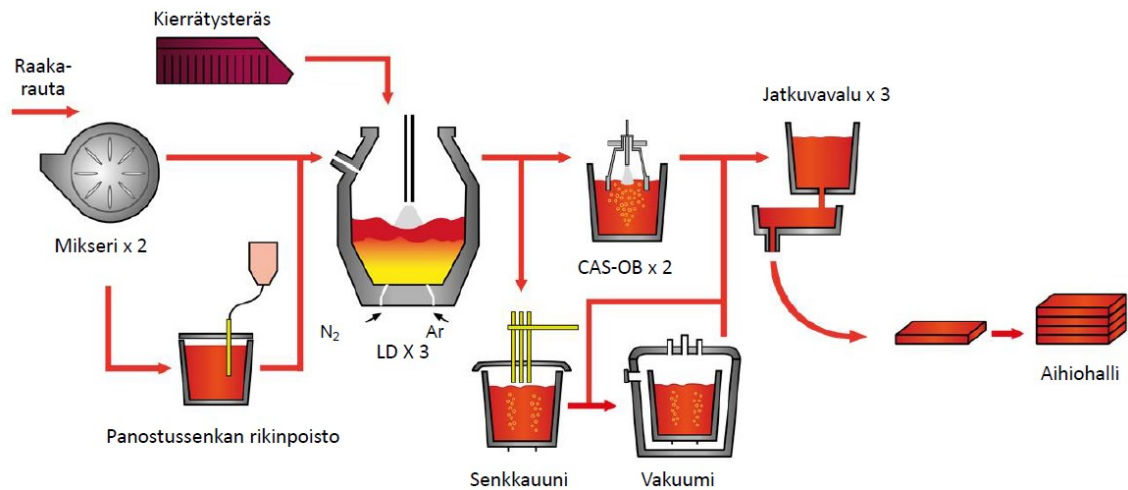
SSAB Europe on pohjoismainen nauha-, kvarttolevy- ja putkituotteiden premiumvalmistaja 40% markkinaosuudellaan pohjoismaissa. SSAB Europe hyötyy erityisesti ympäristöystävällisten ja tehokkaiden ratkaisujen kasvavasta kysynnästä erityisesti auto- ja rakennusteollisuudesta, jossa uudet turvallisuussäännökset, päästörajat ja siirtyminen sähköautoihin lisäävät erikoislujien terästen tarvetta. (SSAB 2023a.)

SSAB:n Raahen tehdas on osa SSAB Europe -divisioonaa, jossa valmistetaan standardi-, premium- ja erikoisteräksiä. Se on niin sanottu integroitu terästehdas, joka sisältää tehtaita tehtaan sisällä. Masuuneissa tuotetaan raakarauta, joka toimitetaan terässulatulolle, jossa se jatkojalostetaan teräkseksi. Sulasta teräksestä valetaan teräsaihioita, jotka kuumavalssataan joko levy- tai kelatuotteiksi. (SSAB 2023c.) SSAB:n tavoitteena on muuttaa Raahen tehdas fossiilivapaaksi ohutlevyn tuottajaksi. Muutoksen odotetaan olevan valmis vuoden 2030 tienoilla. (SSAB 2024.)

2.1 Teräksen valmistus

Teräs on aikamme tärkeimpiä käyttömetallejamme. Teräs koostuu raudasta ja hiilestä ja sen hiilipitoisuus on alle 2%. Siitä valmistetaan niin käyttötavaroita kuin myös kulkuneuvojakin. Teräs on yksi parhaista esimerkeistä kierrätyksen hyödyntämisestä, sillä lähes 40% maailmalla tuotetusta teräksestä valmistetaan kierrätysteräksestä. Eri teräslaaduilla vaaditaan tiettyjä ominaisuuksia, kuten sitkeyttä, lujuutta ja työstettävyyttä, jotka voidaan saavuttaa lisäämällä sopivia seosaineita valmistuksen yhteydessä. (Teräskirja 2014, 2, 4, 8.)

Tässä opinnäytetyössä teräksen virtausongelmien juurisyiden selvittely rajattiin terässulaton tuotantoalueelle. Terässulaton tuotantoalue koostuu teräksen ja aihion valmistuksen sekä aihion toimituksen tuotanto-osastoista (kuvio 1). Teräksen valmistuksen osastoon kuuluvat konvertterit (3 kpl) ja CAS-OB-senkkakäsittelyasemat (2 kpl) sekä senkkauuni ja vakuumilaitos. Aihion valmistus tapahtuu jatkuvavalulaitosten jatkuvavalukoneilla. Aihion toimitus vastaa ahiokäsittelyistä sekä niiden toimituksesta valssaukseen. (Antola 2023b, 4.)



Kuvio 1. Terässulaton prosessivaiheet (Antola 2023b, 4)

Konvertteri on happipuhallusprosessissa käytettävä reaktioastia, jonne panostetaan kierrätysteräs ja raakarautaa. Panostuksen jälkeen seos muutetaan teräkseksi mellotuksen avulla. Mellotukseksi kutsutaan happipuhallusta, jonka avulla raakaraudassa oleva hiili reagoi hapen kanssa, muodostaen hiilimonoksidia, joka poistuu prosessissa. Prosessin avulla seoksen hiilipitoisuus saadaan laskettua lähelle nollaa. Lisäksi raakaraudassa on malmista peräisin olevia liuenneita haitallisia aineita enemmän kuin teräksessä niitä voidaan sallia. Mellotuksen avulla myös näiden aineiden pitoisuuksia saadaan alennettua. (Teräskirja 2014, 35–36.) Konvertterista teräs kaadetaan terässenkkään ja toimitetaan jatkokäsittelyyn.

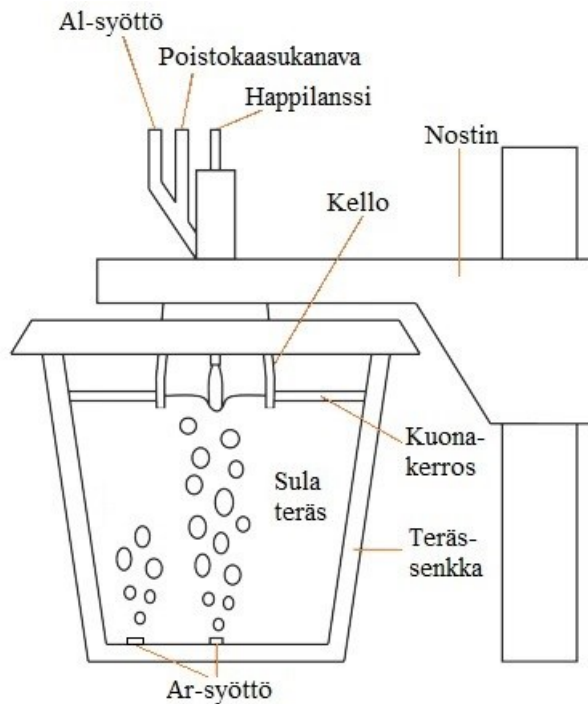
Raahan tehtaalla jatkokäsittelypaikkoja ovat CAS-OB-asemat, senkkauuni ja vakuumilaitos (Antola 2023b, 4). Jatkokäsittelytapa riippuu siitä, minkälaisia ominaisuuksia teräkseltä vaaditaan. Käsittelyn tavoitteena on varmistaa tasalaatuinen sula, jossa ei ole epäpuhtauksia eikä haitallisia kaasuja ja joka vastaa koostumukseltaan ja lämpötilaltaan haluttua teräslajia. (Teräskirja 2014, 45.)

Seostus, koostumuksen säätö, lämmittäminen ja lämpötilan hallinta voidaan nähdä tarkempina yksittäisinä prosessivaiheina jatkokäsittelyn sisällä. Näiden suorittamiseksi tarvitaan tiettyjä operaatioita ja välineitä, kuten kaasuhuuhtelua, induktiivista sekoittamista, kuonan käsittelyä, vakumointia sekä pala- ja täytelankoja. (Holappa 2014, 302.)

Teräksen seostaminen perustuu terässeoksesta otettavien teräsnäytteiden laboratorioanalyysiin, joissa näytteestä selvitetään terässeoksen alkuainepitoisuudet (Teräskirja 2014, 104). Eri teräslaaduilla on näille pitoisuuksille laatukohtaisia minimi ja maksiarvoja, joiden väliin seostuksen avulla tähdätään. Lisättävien seosainemäärien tarve perustuu teräsnäytteen laboratorioanalyysiin ja ehdotus lisättävistä määristä tulee automatisoidun laskennan perusteella.

CAS-OB tulee sanoista Composition Adjustment by Sealed argon bubbling and Oxygen Blowing. CAS-OB-prosessi on sulametallurgiassa käytettävä senkkäkäsittelyn prosessivaihe, jonka avulla terästä voidaan lämmittää ja seostaa. Kyseisen senkkäkäsittelyn prosessin etuina on matala alumiinin kulutus, tarkka lämpötilan hallinta ja matala happipitoisuus käsittelyn jälkeen. Senkassa olevan pinta-kuonan pelkistäminen tapahtuu myös CAS-OB-asemalla. (Sulasalmi 2016, 3; Sulasalmi ym. 2016, 1.)

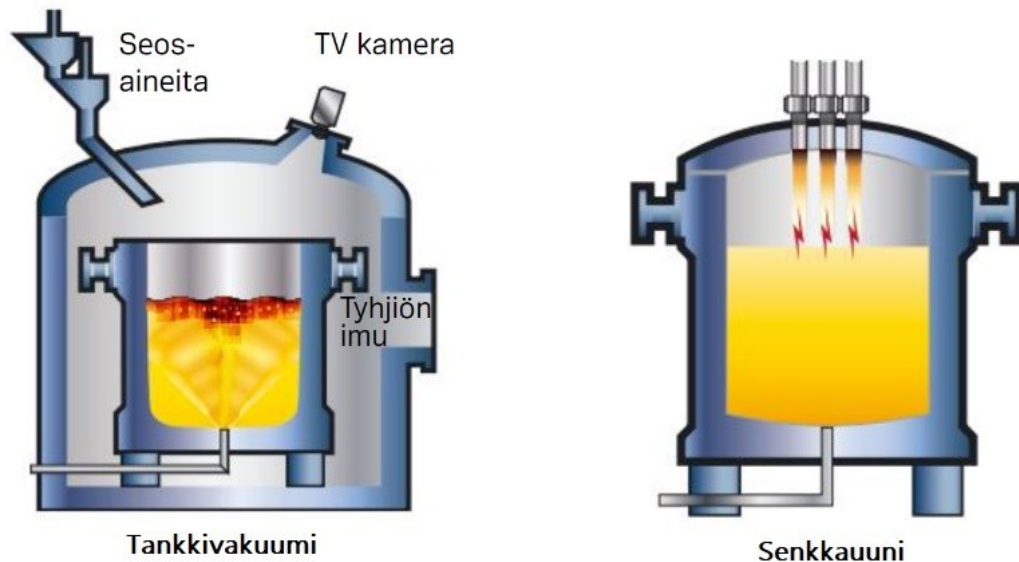
CAS-OB-asema (kuvio 2) koostuu tulenkestävästä kellosta, joka on kytketty nostojärjestelmään. Kellon yläpuolelta löytyvät kanavat seosaineille, kaasun poistolle, näytteenotolle ja lämpötilan mittaukselle. CAS-OB-asemalla terässeosta voidaan sekoittaa syöttämällä argonkaasua (Ar) terässenkan pohjassa olevien suuttimien avulla. Sekoittamalla terässeos saadaan tasalaatuisemmaksi, muodostaen samalla teräksen pinnalle kuonasta vapaa alue, johon käsittelyn seuraavissa vaiheissa tarvittava kello voidaan laskea. (Sulasalmi ym. 2016, 2.)



Kuvio 2. CAS-OB-käsittelyasema (mukaillen Sulasalmi 2016,18)

Sulasalmen ym. (2016, 1) mukaan terässeoksen lämmitys CAS-OB-asemalla tapahtuu eksotermisen reaktion avulla, joka saadaan aikaan syöttämällä pintakuonasta vapaalle teräksen pinnalle alumiinia ja happea. Lämmitysnopeus kyseistä menetelmää käyttäen on $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ja käsittelyaika vaihtelee 20–40 min välillä, riippuen halutun teräksen koostumuksesta ja ominaisuuksista.

Raahen tehtaalla teräs voidaan tyhjiökäsitellä vakuumilaitoksessa (kuvio 3), jolla saavutetaan syvävakuumi ($< 1 \text{ mbar}$) neljässä minuutissa. Tyhjiökäsittelyn avulla teräksestä saadaan poistettua tehokkaasti siihen liuenneita kaasuja, kuten vetyä ja typpeä, samoin muita alkuaineita kuten rikkiä ja hiiltä. Tyhjiökäsittelyn aikana terästä voidaan seostaa palamateriaalilla ja täytelangalla. Vakuumilaitoksella voidaan valmistaa erittäin matalahiilisiä teräslajeja. Käsittelyaika menetelmää käyttäen on noin 40–50min. (Teräskirja 2014, 48; Antola 2023b, 15–16.)



Kuvio 3. Vakuumilaitos ja senkkauuni (mukaillen Teräskirja 2014, 49)

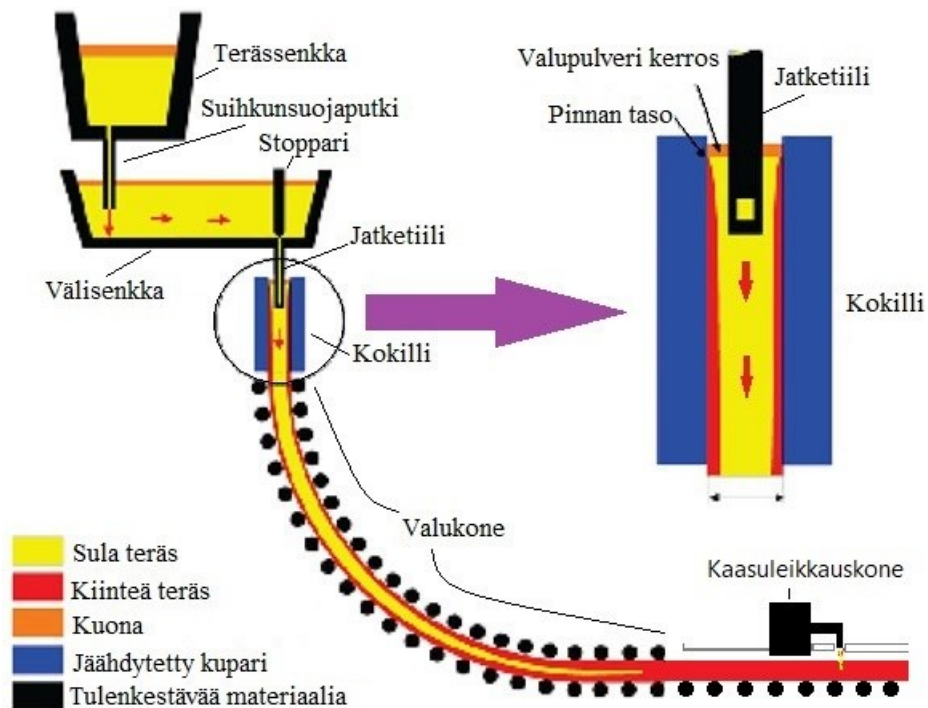
Senkkauuni (kuvio 3) on senkkakäsittelyn prosessivaihe, jota voidaan käyttää tyhjiökäsittelyn yhteydessä tai ilman. Senkkauuni on rakenteeltaan pienen valokaariuunin kaltainen, jossa terässulaa voidaan sekoittaa magneettikelalla tai puhaltamalla argonkaasua terässenkan pohjasuuttimien kautta. Terästä voidaan seostaa palamateriaaleilla ja täytelangalla tässäkin prosessivaiheessa. Teräksen lämmitys senkkauunissa tapahtuu $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ nopeudella ja prosessointiaika vaihtelee 20–40min välillä. Senkkauunia käytetään sulan viimeistelyvaiheena hyvän lämpötilahallinnan ja kuonapuhautauden vuoksi. (Teräskirja 2014, 49; Antola 2023b, 11.)

2.2 Aihion valmistus

Senkkakäsittelyn jälkeen sula teräs tulee saattaa kiinteään muotoon, jotta se voidaan jatkojalostaa asiakkaan tilaamaksi tuotteeksi. Tämä tapahtuu hallitusti jatkuvavalulaitoksen jatkuvavalukoneella, jossa teräs jähmettyy kiinteäksi valunauhaksi lämpötilan lasiessa valukoneen sisällä. (Teräskirja 2014, 50.) Tämän jälkeen valunauha leikataan asiakkaan tilaamien mittojen mukaan aihioiksi ja toimitetaan valssaamolle loppukäsittelyä varten (Louhenkilpi 2016, 373).

Louhenkilven (2016, 373) mukaan jatkuvavalu ohitti menetelmänä valannevalamisen 1980-luvun puolivälissä. Valannevalamisella tarkoitetaan perinteistä muot-

tiin valamista. Jatkuvavalun etuina verrattuna valannevalamiseen on parempi teräksen laatu ja kannattavuus sekä vähäisempi työvoiman ja energian tarve. Nykypäivänä 95% maailmalla tuotetusta teräksestä valmistetaan jatkuvavalu-menetelmää käyttäen.



Kuvio 4. Jatkuvavalulaitos (mukaillen Tempsens 2024)

Raahen tehtaalla on käytössä kaksi jatkuvavalulaitosta (kuvio 4), joissa toisesta sijaitsee yksi jatkuvavalukone ja toisessa kaksi. Yksinauhaisia suora-taivutus-valukoneita on yksi ja yksinauhaisia kaarevia jatkuvavalukoneita kaksi. Jatkuvavalulaitos koostuu teräs- ja välisenkkojen kääntöpöydästä, jatkuvavalukoneesta ja kaasuleikkaamosta. Molemmat kääntöpöydät ovat pyöriviä mekanisme, joissa on telineet kahdelle teräs- ja välisenkalle. (SSAB 2022, 5.) Tämä mahdollistaa pitkien valusarjojen valamisen ilman erillisiä kunnostustaukoja, kun tyhjäksi vallettu terässenkka voidaan korvata täydellä välisenkan toimiessa vaihdon aikana teräksen välivarastona.

Terässenkka on tulenkestävällä vuorauksella varustettu iso irtokannellinen ämpärin muotoa muistuttava senkka, jonne konvertterissa tuotettu raakateräs kaadetaan. Terässenkka saadaan jatkuvavalukoneella tyhjäksi sen pohjassa ole-

vasta reiästä (alasuutiili) luistinsuljinpakettia avaamalla. Valupaikalla terässenkan alasuutiiltä vasten asennettava suihkunsuojaputki suojaa terästä uudelleenhapettumiselta. (Holappa 2014, 301.)

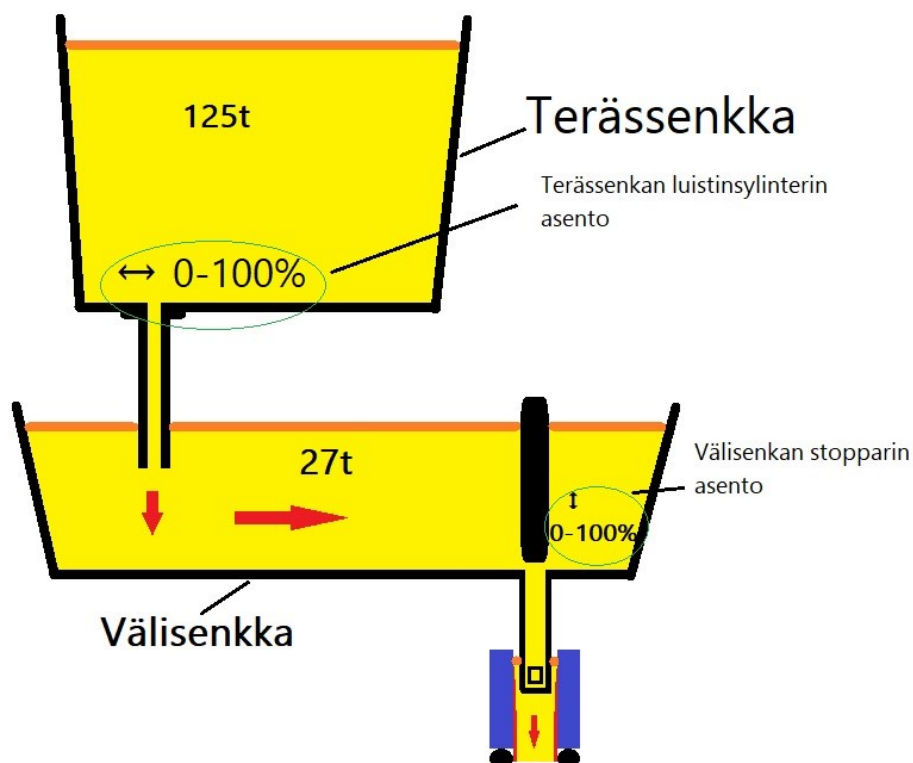
Tulenkestävällä vuorauksella varustetun välisenkan päätehtävänä on toimia sulan teräksen välivarastona terässenkan ja valukoneen kokillin välillä, mahdollistaen pidempien valusarjojen valamisen. Tämän lisäksi sillä on tärkeä rooli teräksen puhtauden parantamisessa sekä koostumuksen ja lämpötilan tasaamisessa. Teräksen virtausta välisenkasta valukoneen kokilliin säädetään stopparin avulla. Välisenkan sula teräspinta peitetään valun ajaksi peitostepulvereilla, joiden tehtävänä on estää teräksen uudelleen hapettuminen, teräksessä olevien sulkeumien vangitseminen sekä teräksen lämpöhäviön estäminen. (Louhenkilpi 2014, 378–379.)

Louhenkilpi (2016, 373) kuvaa valuprosessin etenevän yksinkertaistetusti seuraavasti. Valuoperaatio alkaa, kun terässenkan pohjassa oleva suutin avataan ja teräs ohjataan hallitusti suihkusuojaputken avulla välisenkkaan. Tämän jälkeen välisenkan stopparia avaamalla teräs saadaan välisenkan jatketiilen kautta hallitusti valukoneen kokilliin. Kokilli on vesijäähdytteinen nikkelpintainen kuparimuotti, jossa teräksen jähmettyminen alkaa. Teräs jähmettyy asteittain valun edetessä ollen täysin jähmettynyt valukoneesta ulos tullessa. Teräksen jäähdytys voidaan jakaa kokillijäähdytykseen ja toisiojäähdytykseen. Toisiojäähdytykseksi kutsutaan valukoneessa tapahtuvaa valunauhan jäähdytystä vesi-ilma suihkun avulla.

3 TERÄKSEN VIRTAAUSONGELMAT

Teräksen virtausongelmat ilmenevät aihion valmistuksen prosessissa jatkuvavalulaitoksella teräksen huonona virtauksena terässenkasta, välisenkasta tai molemmista yhtäaikaaisesti. Teräksen virtauksen tyrehtyminen senkoista voi tapahtua pikkuhiljaa tai yhtäkkiä. Terässenkasta teräksen virtausta hallitaan luistinsuljinsylinterin avulla, kun taas välisenkasta teräksen virtausta hallitaan sulkutangon (stopparin) avulla (kuvio 5). (Thomas 2000, 1–5.) Terässenkan luistinsuljinsylinterin asentoa sekä välisenkan stopparin asentoa kuvataan prosenttias- teikolla (0–100%), jossa nolla tarkoittaa *täysin kiinni* ja sata *täysin auki*.

Normaalitilanteissa teräksen virtausta hallitaan molemmista senkoista automaation avulla. Terässenkan luistinsylinterin asentoa ohjaava automaatio seuraa välisenkan painoa pyrkien pitämään sen 27 tonnissa. Välisenkan stopparin asentoa ohjaava automaatio seuraa teräksen pinnankorkeutta valukoneen kokillissa pin- nankorkeuden vaihdellessa 80–120 mm välillä. (SSAB 2022, 16.)



Kuvio 5. Teräksen virtaus terässenkasta ja välisenkasta

Virtauksen tyrehtyminen terässenkasta näkyy valupaikalla välisenkan painon las- kuna. Tällöin terässenkan luistinsylinterin automaatio koittaa parantaa teräksen

virtausta avaamalla luistinpakettia auki. Virtaamista terässenkasta voidaan yrittää parantaa puhdistamalla suihkunsuojaputki voimakkaalla happipuhalluksella tai vaihtamalla se kokonaan uuteen putkeen kesken valun. Toimenpiteen ajaksi teräksen virtaus katkaistaan ajamalla luistinsuljinsylinterin avulla terässenkan pohjassa oleva sulkulevy kiinni. Jotta valua voidaan putken vaihdon tai sen puhdistuksen jälkeen jatkaa, joudutaan terässenkka aukaisemaan työtavaltaan vaarallisen polttopuhalluksen avulla (SSAB 22, 17). Uudelleenaukaisun jälkeen suihkunsuojaputki voidaan asentaa takaisin paikoilleen.

Välisenkassa olevaa teräsmäärää voidaan yrittää nostaa valukonetta hidastamalla, jolloin valukoneeseen virtaa vähemmän terästä välisenkasta. Tämä kuitenkin pidentää valuaikaa, joka voi johtaa teräksen liialliseen jäähtymiseen lisäten jatketiilen tukkeutumisriskiä. Valunopeuden muutoksilla voi olla myös ei-toivottuja seurauksia, kuten epästabiili teräksen pyörytys kokillissa, joka voi johtaa teräksen reoksidoitumiseen ja vaikuttaa lopputuotteen laatuun (Thomas 2000, 2). Valunopeuden muutoksilla on vaikutusta myös valunauhan loppuleveyteen.

Virtauksen tyrehtyessä välisenkasta laskee teräksen pinnankorkeus kokillissa, jolloin välisenkan stopparia ohjaava automaatio yrittää lisätä teräksen virtausta kokilliin avaamalla välisenkan stopparia. Tilanteeseen tulee reagoida valunopeutta pudottamalla, ettei kokillissa oleva teräspinta ”karkaa” ja valu keskeydy. (SSAB 2022, 16.) Teräksen virtausta välisenkan jatketiilen kautta voidaan parantaa syöttämällä stopparin kautta argonia jatketiileen. Tämä ehkäisee ei-toivottujen sulkeumien tarttumista jatketiilen sisäpinnalle ja edes auttaa stabiilimpaa teräksen virtausta kokilliin. Liiallinen argonin syöttö voi aiheuttaa kokillin teräspinnalle ei-toivottua pyörytystä, jolloin teräs voi altistua reoksidoitumiselle (Thomas 2000, 2).

Teräksen virtausta välisenkasta voidaan yrittää parantaa myös mekaanisesti stopparia pumppaamalla. Pumppaamisella tarkoitetaan sitä, että stopparilla annetaan teräviä iskuja välisenkan jatketiilen yläpäähän. Tällä tavoin mahdollisesti stopparin alapäähän tai jatketiilen sisäpinnalle teräksen virtausta heikentävät sulkeumat tai tukkeumat saadaan irtoamaan. Pumppaus voidaan tehdä operaattorin toimesta manuaalisesti tai nappia painamalla operaattoreiden valvoessa automaation suorittamaa pumppausta valutasolta. (SSAB 2022, 17.)

Virtausongelmia on tutkittu ajansaatossa paljon ympäri maailmaa, mutta yksiselitteistä ratkaisua niiden pois kitkemiseksi ei ole keksitty, koska ongelmia aiheuttavat lukuisat toisiinsa vaikuttavat eri muuttujat (Heikkinen 2002, 25; Tervo 2023, 17). Heikkisen (2002, 17) mukaan keskeisimmät tukkeumia ja virtausongelmia aiheuttavat syyt voidaan jakaa viiteen ryhmään, jotka ovat seuraavat:

1. Prosessitekniset reunaehdot, prosessihäiriöt ja muut valutekniset syyt
2. Teräksen koostumus, puhtaus ja ominaisuudet
3. Teräksessä olevien sulkeumien koostumus ja ominaisuudet
4. Välisenkan jatketiilen vuorauksen muotoilu, koostumus ja ominaisuudet
5. Termiset syyt.

3.1 Sulkeumat teräksessä

Sulkeumat ovat pieniä, ei-metallisia yhdisteitä teräksessä, jotka voivat aiheuttaa ongelmia valuprosessille sekä teräksen mekaanisille ominaisuuksille. Sulkeumia muodostavat oksidit, sulfidit ja nitridit ja ne voidaan jakaa mikro- (alle 0,05 mm) ja makro- (yli 0,1 mm) kokoluokkiin. (Alatarvas 2018, 5, 23; Antola 2023a, 5.) Makrotason sulkeumien nähdään muodostuvan tyypillisesti teräksen uudelleenhapettumisen seurauksena, kuonan muokkauksen ja emulgoinnin yhteydessä sekä teräksen reagoidessa tulenkestävä vuorauksen kanssa. Mikrotason sulkeumat ovat sen sijaan niin sanottuja hapettumistuotteita. (Louhenkilpi 2016, 379.)

Jokaisella sulkeumatyypillä on omat luonteenpiirteensä, mitä tulee niiden muotoon, kovuuteen, työstettävyyteen ja käyttäytymiseen teräksen eri valmistusvaiheissa (Tervo 2023, 23–24). Sulkeumien määrällä, kemiallisella koostumuksella, koolla ja muokattavuudella on vaikutuksia teräksen ominaisuuksiin ja lopputuotteen laatuun (Holappa & Wijk 2014, 348; Tervo 2023, 21). Sulkeumilla voi olla vaikutusta teräksen valettavuuden heikkenemiseen suihkusuoja putken ja jatketiilen tukkeumien vuoksi. Tavoitteena on aina minimoida sulkeumat teräksen kassa, välisenkassa ja kokillissa, mutta teräkseen jää käsittelytavasta riippumatta aina sulkeumia.

Teräksen kokonaishappipitoisuus kuvaa kohtalaisesti sulkeumien määrän teräksessä. SSAB:lla sulkeumien koon ja määrän selvittäminen tehdään sulasta teräksestä otettavilla näytteillä, joista saadaan analysoimalla Olas-arvo. Sen avulla voidaan arvioida teräksen oksidista puhtautta eli sulkeumien määrää ja niiden kokoa. Tämä arvo saadaan jokaisesta sulanäytteestä, niin terässenkka- kuin kokillinäytteistäkin. (Antola 2023c, 5.)

Sulkeumien syntyyn ja niiden kokoon sekä laatuun voidaan pyrkiä vaikuttamaan prosessin eri vaiheissa. Sulkeumien ehkäisemiseksi on ensiarvoisen tärkeää varmistaa, ettei sula teräs pääse kosketukseen ilman kanssa eli reoksidoitumaan. Reoksidoitumisen ehkäisevänä toimenpiteenä välisenkassa ja kokillissa on käytettävä riittävää määrää valupulvereita, joiden avulla teräksen avoimelle pinnalle muodostetaan hapettumiselta suojaava kuonakerros. Sulkeumia voidaan myös muokata vähemmän haitalliseen muotoon esimerkiksi kalsium -käsittelyn avulla (Alatarvas 2018, 24).

3.2 Tukkeuma ja tukkeutuminen

Tukkeumalla tarkoitetaan sitä, kun teräksessä olevat sulkeumat kasautuvat joko jatketiilen tai suihkusuojaputken sisäpinnalle (Yandong, Tongsheng, Chengjun & Maofa 2019, 119). Tukkeuma heikentää teräksen virtausta aiheuttaen virtausongelmia, koska tukkeuman kertyminen pienentää jatketiilen ja suihkusuojaputken sisähalkaisijaa. Tukkeumien muodostuminen on yleisempää välisenkan jatketiilessä kuin terässenkan alasuutiileen kiinnitettävässä suihkusuojaputkessa, sillä suihkusuojaputki voidaan happipuhalttaa puhtaaksi sisäpinnalle kertyneistä sulkeumista valun aikana.

Tukkeutumisesta puhutaan, kun teräksen virtaus terässenkasta tai välisenkasta tyrehtyy niin pahasti, että valukonetta joudutaan hidastamaan, ettei valukoneen kokillissa oleva teräspinta karkaa ja valu keskeydy. Tukkeutuminen voi tapahtua yhtäkkisesti tai muodostua pikkuhiljaa. (SSAB 2022, 16.) Tukkeumia pääsee muodostumaan, kun teräksessä olevat sulkeumat tarttuvat joko jatketiilen tai suihkunsuojaputken sisäpintaan. Tukkeutumat voivat koostua myös teräksestä, mikäli teräksen lämpötila laskee valussa niin, että se alkaa jähmettyä. (SSAB

2022, 17.) Jatketiilen sekä suihkunsuojaputken muodolla ja siinä käytetyillä materiaaleilla voi olla myös oma vaikutuksensa tukkeumien muodostumiseen. Tukkeumia voivat muodostaa myös irronneet vuorausmateriaalit yhdessä reagoineen teräksen kanssa. (Heikkinen 2002, 17, 50.)

Valettavuuden ja tukkeutumien ehkäisemiseksi ei ole olemassa yhtä ainoaa ratkaisua vaan on tunnettava muun muassa teräksen, sulkeumien ja kuonien ominaisuudet sekä niiden käyttäytyminen prosessin eri vaiheissa. Ennen sopivien tukkeumien ehkäisymenetelmien valintaa tulee selvittää, miten sulkeumien ja tukkeumien muodostuminen tapahtuu ja miten niiden muodostumiseen olisi mahdollisuutta vaikuttaa. (Heikkinen 2002, 50.)

3.3 Teräksen tiivistäminen ja kuonan pelkistys

Teräksessä olevan ylimääräisen hapen poistoa kuvaavaa prosessia kutsutaan teräksen tiivistämiseksi. Teräs tiivistetään käsittelyjen ja seostuksen avulla raakateräksen valmistusprosessissa teräkseen liuenneesta hapesta. Happitasoa pyritään prosessin avulla laskemaan, ettei teräs jäisi huokoiseksi. Näin estetään hiilimonoksidikuplien muodostuminen valussa. Tiivistysprosessin avulla varmistetaan seosaineiden hyvä saanti ja parannetaan sulatusten sulkeumapuhtautta. Tiivistyksessä liuennut happi sidotaan alumiinin oksideiksi, jotka siirretään teräksen sulaan pintakuonaan sekoituksen avulla. (Teräskirja 2014, 47; Antola 2023b, 6.)

Kuonan pelkistämisprosessi on tärkeä vaihe teräksen valmistuksessa, joka auttaa saavuttamaan halutun teräksen laadun ja puhtauden. Kuonan pelkistys on tarpeen suorittaa, kun terästä on jouduttu lämmittämään hapen ja alumiinin avulla, koska lämmitysprosessissa teräksen kuonaan siirtyy terässeoksesta ei toivottuja metalleja kuten mangaania, piitä ja rautaa. Kuonan pelkistämisen tarkoitetaan prosessia, jossa kuonan koostumusta muutetaan terässeosta sekoittamalla syöttämällä argonkaasua terässenkan pohjassa olevien suuttimien kautta. Tämä saa teräksen pyörimään kehämäisesti, mikä johtaa siihen, että teräksen ja kuonan rajapinnassa teräksen liike irrottaa pieniä kuonapisaroita, muodostaen emulsion, jossa on suuri rajapinta-ala teräksen ja kuonan välillä. Rajapinnan

kasvu nopeuttaa massansiirtoa kerrosten välillä ja edistää pelkistysreaktiota. (Sulasalmi 2016, 13.)

Kuonan pelkistymisen seurauksena teräksen koostumus muuttuu, mikä vaikeuttaa koostumuksen hallintaa. Kuonan pelkistyminen auttaa puhdistamaan teräksen sulaa ja vähentämään epäpuhtauksia, mikä voi parantaa valmiin teräksen laadun ja ominaisuuksien tasoa. Koostumuksesta ja lämpötilasta riippuen kuona voi olla jähmeää, puuromaista tai täysin sulamaista. Tavoitteena on aina pelkistävä, emäksinen pintakuona, joka mahdollistaa tehokkaan rikinpoiston. (Antola 2023a, 5–11.)

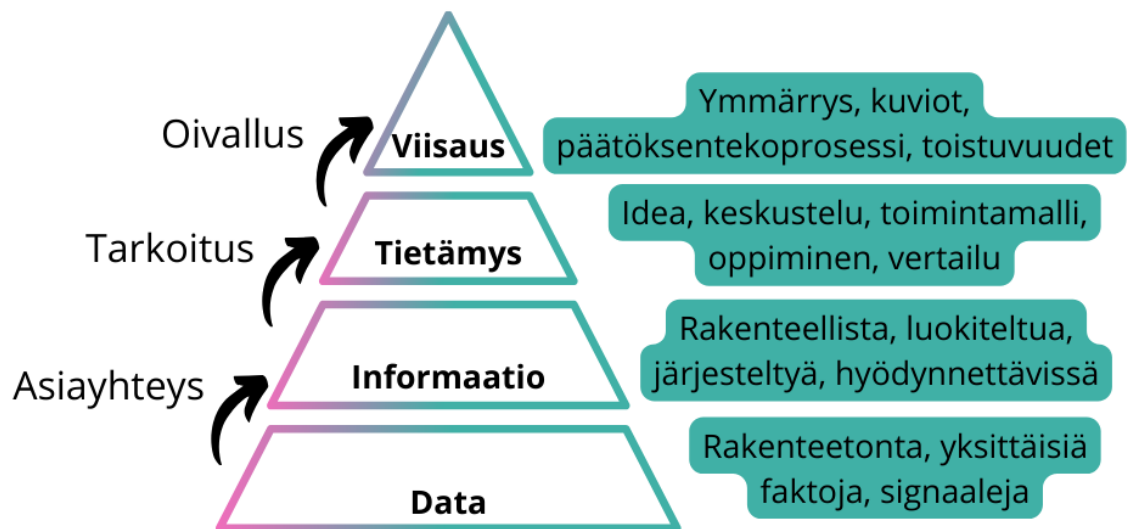
4 TIEDON HYÖDYNTÄMINEN LIIKETOIMINNASSA

Regulski, Kluska-Nawarecka ja Wilk-Kolodziejczyk (2014, 1–2) toteavat tiedon olevan aineetonta omaisuutta, jonka avulla yritykset voivat parantaa tehokkuuttaan ja saavuttaa kestäväää kilpailuetua. Heidän mukaansa laatu- ja johtamisstandardien lisääntyneet vaatimukset ovat syynä nykyiselle tiedolla johtamisen kasvaneelle tarpeelle. Gupta, Singh, Kamble ja Mishra (2022, 1) sen sijaan toteavat, että organisaatioiden suorituskky riippuu käytettävissä olevista tiedoista ja taidoista, joten tietämyksen hallinnan on oltava linjassa digitaalisten muutosten kanssa. Heidän mielestään suurten ja monipuolisten datamassojen hyödyntäminen muuttaa liiketoimintamalleja, luo uusia tulonlähteitä ja optimoi resurssien käyttöä maksimoiden samalla omistaja-arvoa.

Tiedon keräämisen ja sen hallinnoinnin tulee olla kunnossa, jotta yritykset voisivat hyödyntää tietoresurssejaan ja -järjestelmiään tehokkaasti. Tämä on välttämätöntä aikana, jona tietoa tuotetaan runsaasti ja vain arvokas tieto tarjoaa yrityksille kilpailuetua. Käytettävissä olevien tietojen heikko hyödyntäminen johtaa epäoptimaaliseen päätöksentekoon. Muuttamalla kerätty data jäsennellyksi tiedoksi rakennetaan tietopohjaa, jonka avulla vahvistetaan kykyä ratkaista ongelmia ja tunnistetaan uusia ratkaisuja, mikä johtaa kestäväään kilpailuetuun. (Regulski ym. 2014, 2; Gupta ym. 2022, 1–2.)

4.1 Tiedon tasot

Tiedon tasoja ja niiden erilaisia ominaisuuksia voidaan havainnollistaa kuvion 6 mukaisella tiedon pyramidilla, jossa tieto on jaettu hierarkkiseen järjestykseen ja lostuen asteittain datasta viisauteen (Käpylä & Salenius 2013, 13). Dataa ja informaatiota voidaan pitää eksplisiittisenä tietona, sillä ne voidaan esittää jollain kielellä, joko puhutulla, matemaattisella tai tietokonekielellä. Tietämys ja viisaus koostuvat pääosin hiljaisesta tiedosta, joka on kokemuksen kautta henkilölle kertynyttä tietämystä. Keskeisintä pyramidin käsitteille ja tiedon tasoille on tiedon karttuminen ja jalostuminen. Datan ollessa tyhmää, vain objektiivisia määritteitä, on tietämys tulkintaa olemassa olevasta informaatiosta. (Laihonen ym. 2013, 18–19.)



Kuvio 6. Pyramidi tiedon tasoista (mukaillen Tedeschi 2019, 15)

Datalla ei ole arvoa sellaisenaan vaan se täytyy muokata käytettävään muotoon ja liittää asiayhteyteen, jolloin siitä syntyy informaatiota. Informaatio muuttuu tietämykseksi vasta sitä tulkittaessa ja annettaessa sille tarkoitus. Tietämyksestä viisauteen päästään oivalluksen kautta yhdistelemällä tietoa ja tiedon taustalla olevia mekanismeja. Päätöksentekoprosessien riskit pienenevät, mitä korkeamman tason tietoa on käytettävissä. (Tedeschi 2019, 15.)

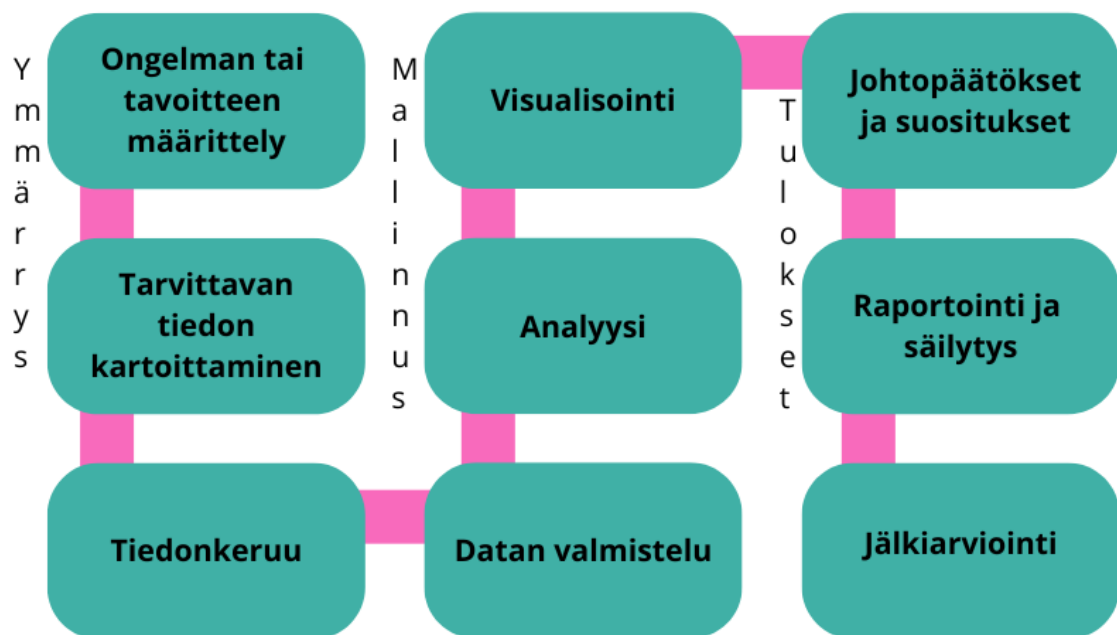
4.2 Tiedolla johtamisen määrittelyä

Tiedolla johtaminen on analysoidun tiedon hyödyntämistä päätöksenteossa ja se voidaan nähdä olevan osa suurempaa tietojohdamisen kenttää (Kosonen 2019, 3). Laihosen ym. (2013, 32) mukaan tietojohdaminen voidaan jakaa tiedolla johtamiseen ja tiedon johtamiseen. Heidän mukaansa tiedolla johtamisella tarkoitetaan toimintatapoja, joilla organisaatio jalostaa tietoa ja hyödyntää sitä toiminnan johtamisessa. Tiedon johtamisella he tarkoittavat organisaation oppimista ja uusiutumista, uuden tiedon luontia sekä tietovirtojen ja -varantojen hallintaa.

Tietojohdaminen on nuorehko johtamisen osa-alue, jonka taustalla on ajatus tiedon keskeisestä roolista organisaation menestyksen takaamiseksi. Suomessa tietojohdamisesta on alettu puhua 1990-luvulla, kun nopea teknologinen kehittyminen on mahdollistanut datan ja informaation tehokkaamman hyödyntämisen. Tietojohdamisen tehtävänä on luoda organisaation hallussa olevasta tiedosta kokonaiskuva ja hyödyntää sitä liiketoiminnassaan. (Laihonen ym. 2013, 6, 10, 12,

39.) Organisaatioiden tietojohdamisen kehittämistä tukemaan on luotu kansainvälinen ISO-standardi (ISO 30401), jonka tarkoituksena on tukea organisaatioita kehittämään johtamisjärjestelmäänsä. Toimiva järjestelmä edistää ja mahdollistaa tiedon avulla arvonluonnin (International Organization for Standardization 2018, 5.)

Tiedolla johtamisella tarkoitetaan sitä, että tietoa hyödynnetään tarkoituksenmukaisessa päätöksenteossa tehden tietoisia ja perusteltuja valintoja (Käpylä & Salonius 2013, 7). Tiedolla johtamisen prosessin etenemistä voidaan kuvata erilaisilla malleilla. Kososen (2019, 10) luomassa mallissa (kuvio 7) tiedolla johtamisen prosessi on kuvattu yhdeksän -vaiheiseksi. Prosessi lähtee liikkeelle tutkittavan kohteen ja tietotarpeiden ymmärtämisestä, jonka jälkeen siirrytään tiedon keruuseen ja datan valmisteluun. Datan analysoinnin ja visualisoinnin avulla pyritään mallintamaan kerättyä dataa, josta voidaan koota liiketoiminnan kannalta olennaisia tuloksia ja hyödyntää näitä päätöksenteossa. Viimeisenä vaiheena prosessissa on jälkiarviointi, jossa tarkastellaan, kuinka prosessissa on onnistuttu.



Kuvio 7. Kuvaus tiedolla johtamisen prosessista (mukaillen Kosonen 2019, 10)

Laihonen ym. (2013, 25–26) esittävät puolestaan tiedonhallinnan prosessimallin alkavan tiedon tarpeiden tunnistamisesta, päättyen tiedon hyödyntämiseen muutoksien kautta organisaation toiminnassa. Tietotarpeiden määrittely on keskei-

sessä roolissa, sillä se ohjaa tiedon hankintaa seuraavissa vaiheissa. Tietotarpeilla tarkoitetaan tietoaukkoa nykyisen ja päätöksenteon tekemiseen tarvittavan tiedon välillä. Tietotarpeiden tunnistamisen jälkeen siirrytään tiedon hankintavaiheeseen, joka toteutetaan joko jatkuvana tiedonhankintaprosessina tai kertaluonteisesti tiettyä tarvetta varten. Hankittu tieto varastoidaan tämän jälkeen helposti hyödynnettävässä muodossa organisaation tietopankkiin, josta sitä voidaan hyödyntää toiminnan kehittämiseen. Tehokkaalla tiedon hyödyntämisellä tuetaan päätöksentekoa ja ehkäistään arvoa tuottamatonta työtä.

Mansoorin, Salloumin ja Shaalan (2021, 164) mukaan tiedonhallinta koostuu kolmesta pääkomponentista, jotka ovat ihminen, prosessi ja teknologia. Ihminen toimii pääkomponenttina, sillä ihmiset ovat tiedon lähde, kehittäjä ja levittäjä. Prosessien roolina on tiedon konkreettinen hallinta aina luonnista varastointiin, jakamisesta siirtämiseen ja hyödyntämiseen. Teknologia toimii prosessien ja tietoon käsiksi pääsyn mahdollistajana.

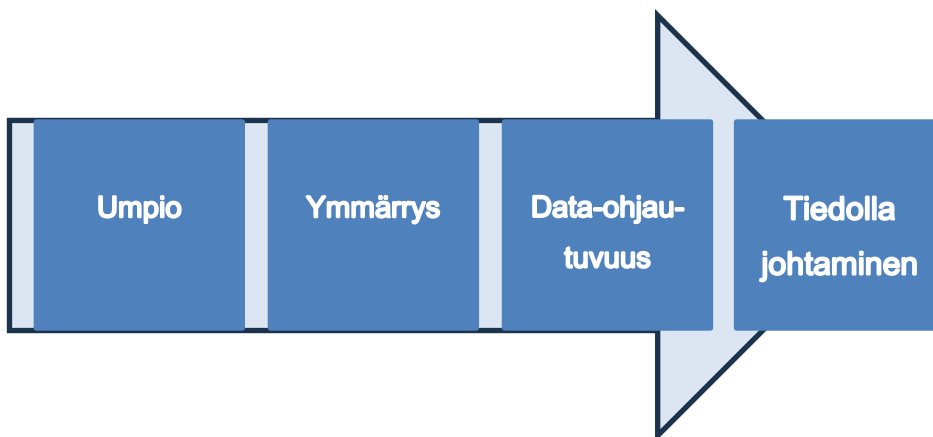
4.3 Tiedolla johtamisen hyödyntäminen liiketoiminnan kehittämisessä

Kun tiedolla johtamisen ja tiedonhallinnan käytännöt ovat kunnossa, organisaatiot voivat kehittää liiketoimintaansa tehokkaasti. Kososen (2019, 10) mukaan tiedolla johtamista voidaan hyödyntää neljänlaisiin tavoitteisiin pääsyssä. Kun tavoitteena on ymmärtää mitä on tapahtunut, voidaan hänen mukaansa hyödyntää kuvailevaa analyysia. Diagnosoivan analyysin avulla keskitytään sen sijaan selvittämään, miksi jotain on tapahtunut. Tulevaisuuden tapahtumien arvioinnissa voidaan hänen mukaansa hyödyntää ennakoivaa analyysia ja tuleviin muutoksiin voidaan varautua hyödyntämällä ohjailevaa analyysia.

Kososen (2019, 11) mukaan tiedolla johtamisen hyödyntäminen samassa mittakaavassa pienissä ja keskisuurissa yrityksissä kuin isoissa organisaatioissa ei useinkaan ole mahdollista. Tärkeää on kuitenkin tunnistaa käytettävissä olevien resurssien lisäksi tiedolla johtamisen lähtötilanne ja senhetkinen kehitystaso. Nämä asiat huomioiden voidaan valita oikeanlaiset tiedolla johtamisen työvälineet, jotka vastaavat yrityksen osaamis- ja kypsyystasoa ja joiden avulla yrityksen tiedolla johtamista voidaan kehittää. Kosonen (2019, 7–8) toteaa tiedolla joh-

tamisessa onnistumisen olevan kuitenkin lopulta kiinni johtamisesta, organisatiokulttuurista, inhimillisestä tietämyksestä sekä yhteisön sosiaalisesta pääomasta.

Tiedolla johtamisen kehitysvaiheiden voidaan kuvata etenevän kuvion 8 mukaisesti. Umpiovaiheessa koko tiedolla johtamisen käsite voi olla yritykselle vieras ja eteenpäin pääsemiseksi on turvauduttava oppaisiin tiedolla johtamisen sisäistämiseksi. Ymmärrysvaiheessa osataan tehdä jo tiedon hyödyntämistä edistäviä valintoja, kun ymmärretään tiedon tuoma arvo. Seuraavassa vaiheessa päivittäistä operatiivista toimintaa ohjataan jo dataa hyödyntäen. Viimeisessä vaiheessa hyödynnetään tiedolla johtamista ongelmien ratkaisussa ja tulevaisuuden ennakkoinnissa. Päätöksiä tehdään tietoon perustuen. (Kosonen 2019, 11.)



Kuvio 8. Tiedolla johtamisen kehitysvaiheet (mukaillen Kosonen 2019, 11)

4.4 Data-analytiikka prosessikehityksessä

Käytettävissä oleva datan määrä kasvaa vuosi vuodelta valtavasti ja se on nykyisin olennainen osa yritysten liiketoimintaa sektorista tai toimialasta riippumatta. Tiedon lisääntyminen sinänsä on pieni ongelma, mutta rakenteettoman datan osuus kokonaistietomäärästä on ongelma, mihin monet datan hyödyntämisen osalta kompastuvat. Data-analyysin rooli yksittäisten yritysten kilpailukyvyyn ja kasvun ajurina sekä tuottavuuden parantajana tulee korostumaan tulevien vuosien aikana. (Bhatia 2017, 166.)

Bhatian (2017, 166) mukaan data-analytiikka on laajempi termi, joka koostuu datan keräämisestä, analysoinnista, tulosten tulkinnasta ja niiden hyödyntämisestä

päätöksenteossa. Data-analyysillä hänen mukaansa tarkoitetaan kootun data-massan analysointia, jossa pyritään tunnistamaan vallitsevia trendejä sekä malleja. Data-analyysin tavoitteena on muuntaa data helposti ymmärrettävään ja vakuuttavampaan muotoon, jota voidaan hyödyntää päätöksenteossa.

Data-analyysi on keskeinen osa prosessikehitystä, kun pyritään parantamaan yrityksen tai organisaation toimintaprosesseja. Se tarjoaa tarkan, tietoon perustuvan kuvan prosessien nykytilasta ja auttaa tunnistamaan kehityskohteita. Lisäksi data-analyysi tukee korjaavien toimenpiteiden suunnittelua ja arviointia, mikä mahdollistaa prosessien jatkuvan optimoinnin ja liiketoiminnan tehokkuuden parantamisen. (Bhatia 2017, 167–168.)

5 MENETELMÄLLINEN TOTEUTUS

Tutkimuksen lähestymistavaksi valikoitui konstrukttiivinen tapaustutkimus ja tutkimusaineistona käytettiin avoimia haastatteluja sekä tuotannonohjausjärjestelmästä kerättyä data-aineistoa. Avointen haastattelujen avulla selvitettiin asiantuntijoiden näkemyksiä teräksen virtausongelmia mahdollisesti aiheuttavista tuotannon prosessivaiheista, suoritustavoista, työskentelytavoista ja muista muuttujista. Data-aineiston keruun ja analysoinnin avulla taas selvitettiin yksittäisten muuttujien ja eri toimintatapojen vaikutuksia virtausongelmien esiintyvyyteen.

Tämän opinnäytetyöprosessin voidaan esittää kulkevan Ojasalon, Moilasen ja Ritalahden (2014, 23–24) kuvaaman kehittämisprosessin vaiheiden (kuvio 9) mukaisesti. He tuovat kuitenkin esille, että usein kehittämisprosessit kuitenkin poikkeavat esitetyistä vaiheista. Prosessin aikana saatetaan edetä edestakaisin eri vaiheiden välillä, ennen kuin prosessissa voidaan taas jatkaa eteenpäin.



Kuvio 9. Kehittämistyön prosessin vaiheet (mukaillen Ojasalo ym. 2014, 24)

5.1 Konstruktiivinen tutkimus

Konstruktiivinen tutkimus toimii tutkimuksen lähestymistapana, kun tehtävänä on luoda jokin konkreettinen lopputuotos. Sen avulla pyritään käytännönläheiseen ratkaisuun olemassa olevan tiedon ja käytännöstä kerättävän tiedon avulla. Konstruktiivisessa tutkimuksessa käytännön ongelma ja siihen laadittu ratkaisu tulee liittää teoreettiseen tietoon. Tutkimuksen tavoitteena on teoreettisesti perusteltu ratkaisu, joka parantaa sitä edeltäneen ominaisuuksia tai tarjoaa uutta tietoa liiketoimintaan. (Ojasalo ym. 2014, 65.)

Konstruktiivinen tutkimus on Ojasalon ym. (2014, 66) mukaan suunnittelua, mallinnusta, toteutusta ja testausta, jota tehdään tiiviissä yhteistyössä käytännön toimijoiden kanssa. Heidän mukaansa konstruktiivisessa tutkimuksessa hyödyntäjien ja toteuttajien välinen yhteistyö korostuu ja ratkaisuja laaditaan yhdessä. Konstruktiivista tutkimusta käytetään, kun ongelmanratkaisuun tarvitaan ehdottomasti myös teoreettista tietämystä, jolloin kohdeorganisaatio saa puolueettoman ja teoreettiseen tietämykseen perustuvan ratkaisun.

Ojasalon ym. (2014, 68) mukaan konstruktiivinen tutkimus voidaan toteuttaa monin eri menetelmin. Koska konstruktiivisen tutkimuksen tavoitteena on luoda kohdeorganisaatiolle jotain uutta, kannattaa tarvittava aineisto kerätä monin eri tavoin. Konstruktiivisessa tutkimuksessa painottuu yhteistyö ja tuotoksen tulevien käyttäjien tarpeiden tuntemus. Ojasalon ym. mukaan loppukäyttäjät kannattaa ottaa kehittämisprosessiin mukaan jo varhaisessa vaiheessa.

Konstruktiivinen tutkimus sopii tämän opinnäytetyön lähestymistavaksi erityisen hyvin ominaispiirteidensä ja prosessin vaiheidensa vuoksi. Ratkaistavana on aito käytännön ongelma, jossa avain asemassa on aikaisemmin laadittu teoria ja tietämys unohtamatta ongelman ja ratkaisun käytännön merkitystä. Konstruktiiviselle tutkimukselle tyypillistä on tutkimuksen toteuttajan ja tulosten hyödyntäjien välinen kommunikaatio ja vuorovaikutus läpi tutkimuksen. (Ojasalo ym. 2014, 65–68.)

5.2 Tapaustutkimus

Tapaustutkimus toimii kehittämistyön lähestymistapana hyvin, kun päämääränä on tuottaa kehittämisehdotuksia ja -ideoita. Tapaustutkimuksen avulla valitusta tutkimuskohteesta tuotetaan tietoa sen todellisessa toimintaympäristössä. Tutkimuksen kohteena voi olla esimerkiksi yritys tai sen osa, tuote, palvelu tai prosessi, joka voidaan ymmärtää joko konkreettisesti tai teoreettisesti tiettynä kokonaisuutena. (Ojasalo ym. 2014, 52; Vilkkä, Saarela & Eskola 2018, 162).

Ojasalon ym. (2014, 53) mukaan tapaustutkimus sopii erilaisten tilanteiden, tapahtumien tai epätyypillisten ilmiöiden ja käyttäytymisen selvittelyyn, kun halutaan ymmärtää kehittämisen kohdetta syvällisemmin. Tutkimuksen kohde tulisi valita aina käytännön tarpeiden ja kehittämistyölle asetettujen tavoitteiden mukaan. Tapaus voi olla työelämälle hyvin tyypillinen, mutta se voi olla myös ainutlaatuinen tai erikoinen.

Tapaustutkimukselle tyypillistä on, että siinä voidaan käyttää useampaa tutkimusmenetelmää monipuolisen ja kokonaisvaltaisen kuvan saavuttamiseksi tutkittavasta tapauksesta. Menetelmiksi käyvät niin laadulliset kuin myös määrälliset menetelmät sekä niiden yhdistelmä. Erilaiset haastattelut ovat tapaustutkimukselle tyypillisiä tutkimusmenetelmiä, sillä tutkimuksen kohteena on usein ihmisen toimintaan liittyvät tapaukset. (Ojasalo ym. 2014, 55.)

Tämän opinnäytetyön tapaustutkimuksessa yhdistyvät sekä laadullinen että määrällinen aineisto. Laadullinen aineisto kerättiin avoimien haastatteluiden avulla teräksen valmistuksen ja aihion valmistuksen prosessikehityksen asiantuntijoilta. Määrälliseksi aineistoksi kerättiin tuotannonohjausjärjestelmästä kaikki tarkastelun kohteeksi valikoidun ajanjakson virtausongelmien tutkimiseen tarvittava aineisto ajankohtineen. Tapaustutkimuksessa erilaisten aineistojen tai menetelmien yhdistämistä kutsutaan triangulaatioksi (Finto 2024).

5.3 Menetelmätriangulaatio

Kanasen (2013, 33) mukaan triangulaatio ei ole itsessään erillinen tutkimusmenetelmä, vaan se edustaa tilannekohtaista yhdistelmää laadullisesta ja määrällisestä menetelmästä. Sitä voidaan käyttää keinona lisäämään ymmärrystä tutkitavasta monimutkaisesta ilmiöstä tai ongelmasta. Usein ongelmat ja tutkimuskohteet ovat niin moniulotteisia, ettei niistä saada riittävää tietoa yhdelle menetelmällä. Kun asiaa tai ilmiötä tutkitaan useamman lähestymistavan avulla eri näkökulmista, saadaan tutkimuksen kohteesta parempi ja monipuolisempi kokonaiskuva. Ojasalon ym. (2014, 105) mukaan triangulaatiota hyödyntämällä lisätään tutkimuksen luotettavuutta.

Tässä opinnäytetyössä käytetään menetelmätriangulaatiota, joka tarkoittaa useiden menetelmien käyttöä (Kananen 2013, 35). Siitä voidaan käyttää myös nimitystä metodologinen tai metodinen triangulaatio (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2018, 233). Se mahdollistaa kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen tutkimusotteen yhdistämisen. Kvalitatiivinen tutkimus auttaa hahmottamaan virtausongelmaa ilmiönä ja laajentaa ymmärrystä kvantitatiiviselle tutkimukselle, mikä toisaalta vaatii itse ilmiön ja siihen vaikuttavien muuttujien tuntemusta. Voidaan siis sanoa, että kvalitatiivinen tutkimus toimii pohjana kvantitatiiviselle tutkimukselle (Hirsjärvi & Hurme 2011, 28).

5.4 Haastatteluaineiston keruu ja käsittely

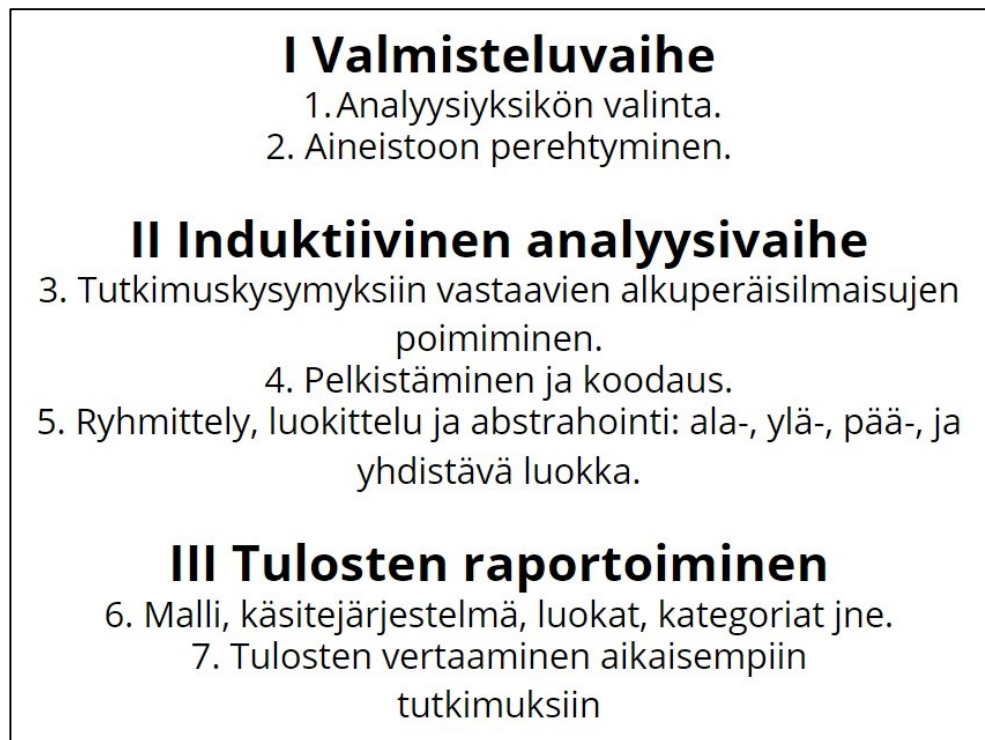
Laadullisen tutkimuksen aineistonkeruumenetelmäksi valittiin avoin haastattelu. Ojasalon ym. (2014, 109) mukaan avoin haastattelu sopii käytettäväksi silloin, kun tarvitaan tietämystä ennen kvantitatiivisen tutkimuksen tekemistä tai halutaan tutkia jonkin ilmiön merkitystä haastatteluun osallistujille. Haastateltaviksi valikoitui viisi prosessikehityksen asiantuntijaa, joista kolmen henkilön kehittämisalueena on teräksen valmistuksen senkkakäsittelyn tuotanto-osasto ja kahden henkilön aihion valmistuksen tuotanto-osasto. Koska tutkimuksen aihe liittyy terässulaton molempiin tuotanto-osastoihin, nähtiin parhaaksi ottaa mukaan asiantuntijoita molemmista osastoista kokonaisvaltaisemman näkemyksen saamiseksi.

Avoimissa haastattelutilanteissa noudatettiin etukäteen laadittua asialistaa, joka toimitettiin tapaamiskutsun mukana. Haastattelut toteutettiin epämuodollisina ryhmähaastatteluina, joissa kaikki haastateltavat olivat paikalla yhtä aikaa. Haastattelut toteutettiin kolme kertaa. Ryhmähaastattelujen ollessa vapaamuotoisempia, keskustelusta tulee spontaanimpaa, jolloin osanottajat tuottavat tutkittavasta ilmiöstä monipuolisempaa tietoa (Hirsjärvi & Hurme 2011, 61). Haastattelut toteutettiin verkossa Microsoft Teams -ohjelmiston avulla. Haastattelut litteroitiin käsin ja mukaan otettiin tutkimuksen kannalta oleellisiksi katsottu sisältö. Litteroitua aineistoa kertyi yhteensä seitsemän sivua.

5.5 Haastatteluaineiston sisällönanalyysi

Opinnäytetyön laadullisen osion aineisto analysoitiin käyttäen sisällönanalyysimenetelmää. Tuomi ja Sarajärvi (2018, 122) kuvaavat aineistolähtöisen laadullisen sisällönanalyysin kolmevaiheiseksi prosessiksi. Vaiheet ovat aineiston redusointi (pelkistäminen), aineiston klusterointi (ryhmittely) ja abstrahointi (teoreettisten käsitteiden luominen). Elo, Kajula, Tohmola ja Kääriäinen (2022, 219) jakavat sisällönanalyysin myös kolmeen vaiheeseen. He nimeävät vaiheet valmistelu-, analyysi- ja raportointivaiheiksi. Sisällönanalyysillä pyritään kuvaamaan dokumenttien sisältöä sanallisesti. Tavoitteena on löytää tekstin merkityksiä ja saada vastauksia tutkimuskysymyksiin. (Ojasalo ym. 2014, 137.)

Tämän opinnäytetyön laadullisen osion aineiston sisällönanalyysi toteutettiin Elon ym. (2022, 219) esittämän etenemismallin (kuvio 10) mukaisesti. Sisällönanalyysin avulla tutkittava aineisto pyritään kuvaamaan tiivistetyssä ja pelkistetyssä muodossa. Sisällönanalyysissä keskeistä on luokkien ja kategorioiden laatiminen, joiden avulla kuvataan kohteena olevaa ilmiötä tai aihetta.



Kuvio 10. Sisällönanalyysin eteneminen (mukaillen Elo ym. 2022, 219)

Ennen analyysin aloittamista, tämän laadullisen sisällönanalyysin aineistoyksiköksi valittiin ajatuskokonaisuus. Aineistoyksikön valinnan jälkeen siirryttiin haastatteluista käsin koostetun litteroidun aineiston perehtymiseen. Aineistosta korostettiin kaikki tutkimuskysymyksiin vastaavat alkuperäisilmaukset, jotka kerättiin Microsoft Exceliin. Excel valikoitui tämän työvaiheen työkaluksi, koska se oli tutkijalle entuudestaan tuttu ja sen avulla aineiston osien liikuttelu sekä korostaminen on helppoa ja yksinkertaista. Excelissä taulukon rivit värjättiin järjestettyjen haastattelutilaisuuksien mukaan omilla väreillään sekä lisättiin ilmausten perään tunnistuskoodi (H1, H2 tai H3), jonka avulla tunnistetaan, mistä haastattelusta ilmaus on peräisin. Värjättyjen rivien ja tunnistuskoodien ansiosta tunnistettiin toistuvat pelkistetyt ilmaukset ja haastattelutilaisuudet, mistä haastattelusta ilmaus on peräisin. Seuraavaksi alkuperäisilmauksista luotiin pelkistettyjä ilmauksia. Pelkistetyistä ilmauksista luotiin ryhmittelyn avulla alaluokkia ja alaluokista yhdistäviä tekijöitä etsimällä yläluokkia (liite 2).

5.6 Data-aineiston keruu

Määrällisen tutkimusaineiston tässä opinnäytetyössä muodosti tuotannonohjausjärjestelmästä saatu data-aineisto. Määrällisen analyysin avulla pyritään selvittä-

mään numeroiden ja tilastojen avulla erilaisten ilmiöiden syy-seuraussuhteita, ilmiöiden välisiä yhteyksiä, yleisyyttä ja esiintyvyyttä. Määrällinen analyysi aloitetaan tyypillisesti tilastollisella kuvaavalla analyysillä, jonka jälkeen voidaan siirtyä esimerkiksi yhteisvaihtelun, riippuvuussuhteiden tai aikasarjojen analysointiin. (Jyväskylän Yliopisto 2021.) Hirsjärvi ym. (2018, 135) mukaan määrällisen tutkimuksen tavoitteena on tyypillisimmin ilmiöiden kuvailu. Kohteena voi olla yksittäinen tapaus tai joukko, jonka yhteyttä ympäristöönsä tarkastellaan sen luonnollisessa tilassaan.

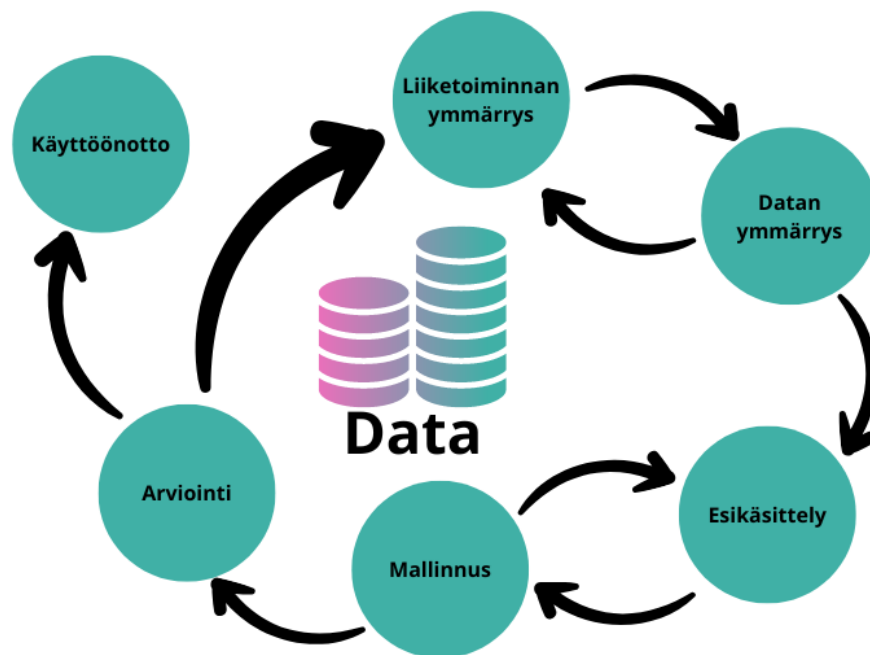
Tuotannonohjausjärjestelmästä saatua data-aineistoa kerättiin ajanjaksolta 1.6.2023–31.5.2024. Data-aineisto koostui kaikista ajanjakson aikana valetuista sulatuksista (19 644 kpl) ja näihin liittyvistä valikoiduista tuotantoprosessien työvaiheiden tuotannonohjausjärjestelmiin kirjautuneista tiedoista. Data-aineiston kerääminen suoritettiin Microsoft Excelin kautta hyödyntäen tietojen tuontia Microsoft Querystä ODBC:n (Open Database Connectivity) avulla. Excel valikoitui tämän työvaiheen työkaluksi, koska sen on työn toimeksiantajankin entuudestaan käytössä oleva työkalu tällaisessa tarkoituksessa. Tämän lisäksi Excel-tiedostotyypit ovat avattavissa tarpeen vaatiessa muillakin toimeksiantajan käytössä olevilla datan analysointiin tarkoitetuilla sovelluksilla.

Sulatuskohtaiset luistinsylinterin asentotiedot sekä valussa olleiden välisenkkojen tiedot noudettiin sen sijaan tuotannonohjausjärjestelmästä Microsoft Excelin kautta opinnäytetyön toimeksiantajan toimittaman makron avulla. Makrojen avulla valitun ajanjakson kaikista sulatuksista saatiin luistinsylinterin asentotiedot ja välisenkkojen argonvirtaus ja stopparin asentotiedot jokaiselta sekunnilta Excel-taulukkoon siten, että kunkin sulatuksen asento- ja virtaustiedot tulivat omalle rivilleen. Lisäsääntönä luistinsylinterinasento -makrossa oli, että terässenkassa pitää olla terästä jäljellä 90–5 tuhatta kiloa. Makrot hakivat tiedot aikajärjestyksessä kone kohtaisesti vanhimmasta sulatuksesta alkaen.

5.7 Data-aineiston analysointi

Data-aineiston analysoinnin malliksi valikoitui CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining), joka on kaikille toimialoille tarkoitettu tiedonlouhinnan standardiprosessi. Mallissa data on keskiössä ja toimii kaiken kehittämisen

lähtökohtana. (Data Science Process Alliance 2021, 1.) CRISP-DM koostuu kuudesta vaiheesta, jotka on esitetty seuraavassa kuviossa (kuvio 11).



Kuvio 11. CRISP-DM-mallin kulku (mukaillen Data Science Process Alliance 2021, 6)

Mallin ensimmäinen vaihe on liiketoiminnan ymmärrys, jossa keskitytään projektin tavoitteiden ja vaatimusten määrittämiseen liiketoiminnan näkökulmasta. Tarkoituksena on ymmärtää, mikä ongelma pyritään ratkaisemaan ja mitä arvoa datan analysoinnilla voidaan tuottaa. Toisessa vaiheessa keskitytään keräämään ja tutustumaan käytettävissä olevaan dataan. Datan laatu analysoidaan pyrkien ymmärtämään sen ominaisuudet ja rakenne sekä tunnistamaan sen mahdolliset ongelmat. Datan esikäsittelyn vaiheessa data valmistellaan analyysia varten. Tämä pitää sisällään datan puhdistamisen, yhdistämisen, muokkaamisen ja muuttamisen sellaiseen muotoon, että se voidaan syöttää analyysivaiheessa käytettäviin työkaluihin. Mallinnusvaiheessa ratkaistaan liiketoiminnan tarpeista johdetut ongelmat. Arvioinnin vaiheessa arvioidaan tuotettujen mallinnojen tarkkuutta ja suorituskkyä asetettujen tavoitteiden kannalta. Tulokset tulee esittää ymmärrettävästi, jotta kaikki organisaatiossa voivat ymmärtää, kuinka dataa voidaan hyödyntää liiketoiminnassa. Viimeisessä vaiheessa mallit otetaan käyttöön ja tulokset jaetaan asiakkaille tai muille sidosryhmille. (Data Science Process Alliance 2021, 3–4; Wirth & Hipp 2000, 5–7.)

Näiden vaiheiden avulla CRISP-DM tarjoaa systemaattisen ja jäsennellyn lähestymistavan datan analysointiin, mikä auttaa varmistamaan projektin onnistumisen ja liiketoiminnallisen arvon tuottamisen. Mallissa on tarkoitus jatkaa aina uudelle kierrokselle edellisen päätyttyä, koska ymmärrys dataan on kasvanut. Kasvanut ymmärrys avaa uusia ideoita ja mahdollisuuksia datan hyödyntämiseen tai ohjaa uuden datan keräämiseen aiemmin tunnistamattomista lähteistä. Sipolan (2022) mukaan tämä luo kierteen, jossa organisaation ohjautuvuus datan perusteella paranee ja liiketoiminnan ongelmia saadaan ratkaistuksi.

Tuotannonohjausjärjestelmästä kerätyssä data-aineistossa oli 19 644 kappaletta sulatuksia. Datan valmistelu aloitettiin luomalla terässenkan luistinasentotiedot sulatuksittain sisältävään datasettiin uusia sarakkeita datan järjestämisen ja analysoinnin tueksi. Datasettiin tehtiin seuraavat uudet sarakkeet: *Virtauksen kategoria*, *Min.* ja *Keskeytynyt*. Kyseiset uudet sarakkeet lisättiin jokaiselle konekoh- taiselle välilehdelle ja niitä hyödynnettiin niin datan valmistelussa kuin myös myö- hemmin itse analysoinnissa.

Virtauksen kategoria -sarakkeelle luotiin kaava, joka palautti makron edellisille sarakkeille hakemien luistinsylinterin asentoarvojen mukaan tulokseksi joko *Ei luistintietoja*, *Huono*, *Neutraali* tai *Hyvä*. Ei luistin tietoja -arvo tulee, mikäli makro ei löytänyt sulatukselle luistin asentotietoja kyseisen sulatuksen kohdalla. Tällai- sia tapauksia oli yhteensä 150 kappaletta. Näiden osalta tiedot puuttuivat kah- desta syystä. Osassa tapauksista sulatus oli keskeytynyt teknisen vian takia. Osassa tapauksista sulatuksen aihiotietojen vähäisyyden takia sulatuksen kiinni- meno tiedot olivat päivittyneet väärälle sulatukselle. Kyseiset puuttuvat tiedot tar- kistin manuaalisesti tuotannonohjausjärjestelmästä. Huono -arvon kaava palaut- taa, mikäli luistin asento on ollut >90% yli 150 sekuntia sulatuksen aikana. Neut- raali -arvon, mikäli kyseinen asento on ollut >90% maksimissaan 150 sekuntia sulatuksen aikana. Hyvä -arvo tulee, mikäli luistin asento ei ole koko sulatuksen aikana käynyt yli 89%:n. Itse kategorioinnin Excel -kaava näytti seuraavalta:

```
=IF(SUM(K2:N2)=0;"Ei luistin tie-  
toja";IF(J2=0;"Hyvä";IF(J2>150;"Huono";IF(J2<151;"Neutraali";""))))
```

Min. sarakkeen avulla saatiin selville, kuinka pitkältä aikaväliltä luistintietoja on kertynyt ja kuinka kauan terässenkalla on kestänyt tyhjentyä 90 tonnin painosta

5 tonniin. Min. arvo saatiin jakamalla N (kokonaisaika sekunteina) – sarakkeen arvo kuudellakymmenellä. Näiden sarakkeiden avulla pystyttiin arvioimaan myös toimeksiantajan toimittaman makron luotettavuutta myöhemmässä vaiheessa, kun saatuja arvoja verrattiin suoraan tuotannonohjausjärjestelmästä saatuun sulatuskohtaiseen kokonaiskesto-aikaan.

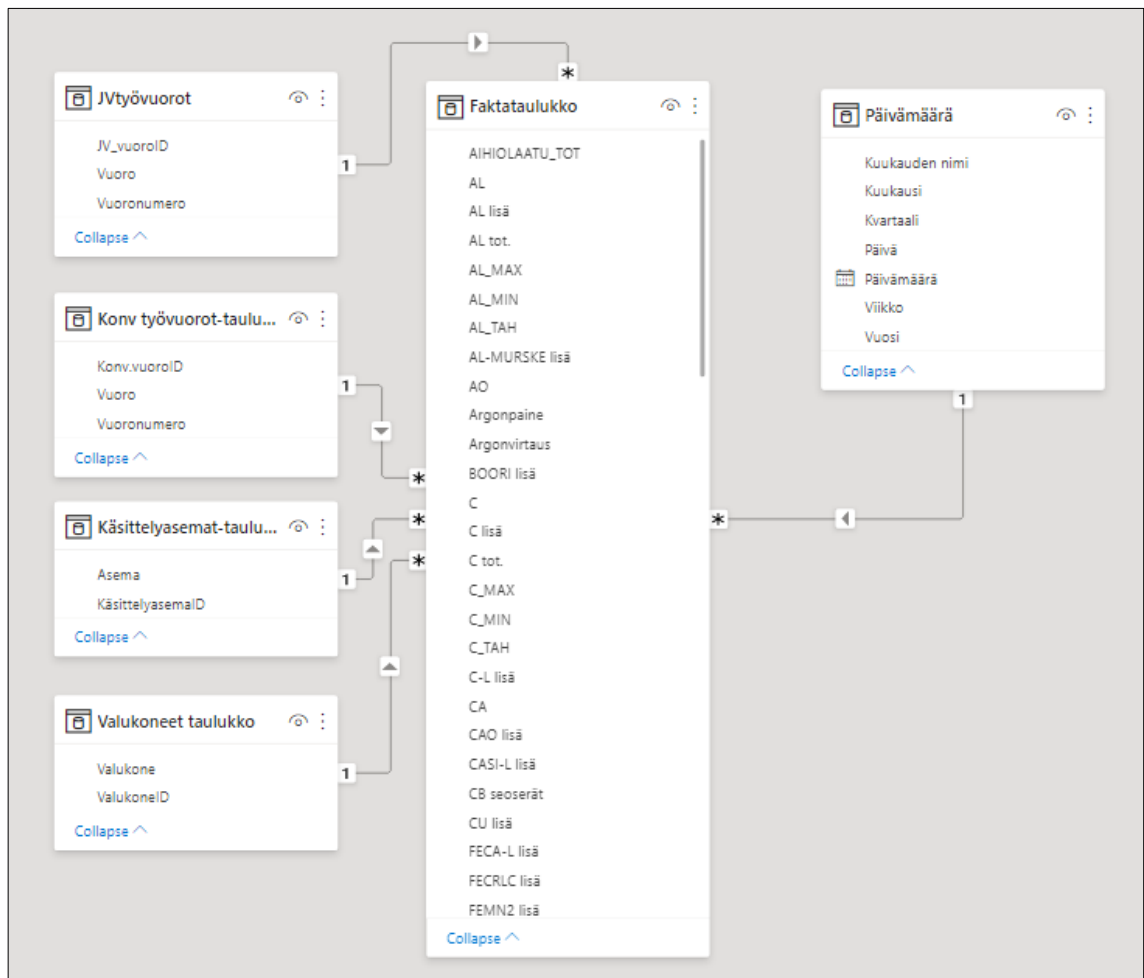
Tämän lisäksi samaiseen datasettiin täydennettiin *Kaikki sulatukset* -välilehdeltä löytyviä sarakkeita. Sinne uusiksi sarakkeiksi luotiin: *PÄIVÄ*, *AL*, *AO*, *CA*, *MG*, *N* ja *S*. Esimerkiksi päivämäärän arvo sarakkeen avulla voitiin myöhemmässä analysointivaiheessa tarkastella virtausongelmien esiintyvyyttä tiettyinä ajankohtina ja pystyttiin selvittämään ovatko virtausongelmat jaksollisia vai satunnaisia tapauksia. Kyseisen välilehden tiedot päivitin halutun ajanjakson mukaisiksi hyödyntäen tietojen tuontia Microsoft Querystä ODBC:n avulla. Lyhyiden kirjainyhdistelmien sarakkeet pitävät sisällään sulatuksen koostumuksen analyysinäytteistä saatuja alkuainepitoisuuksien arvoja.

Seuraava vaihe oli hakea data-aineistot valussa olleista välisenkoista. Data-aineiston hakua varten sain opinnäytetyön toimeksiantajan laatiman valmiin makropohjan. Makron avulla saatiin data-aineistoa käytössä olleesta välisenkkahaarukasta, stoppariin syötettävästä argonin virtauksen määrästä ja paineesta, teräksen virtauksen määrästä sekä stopparin asennoista. Datahaun valmistelun aloitin päivittämällä valmiiksi laaditut sulatustaulut Microsoft Querystä ODBC:n avulla niin, että haettava data saatiin vastaamaan valitun ajanjakson sulatuksia. Päivitetyt sulatustaulun tiedot siirsin varsinaiselle data välilehdelle, jonka jälkeen suoritin makron käynnistykseen. Jokaista valukonetta koskevat tiedot täytyi hakea erikseen. Sama prosessi toistettiin siis kaikkiaan kolme kertaa sillä muutoksella, että makroon päivitettiin oikeat konekohtaiset positiotiedot kullekin haulle. Uusia sarakkeita näihin datasetteihin ei ollut tarvetta luoda.

Luistinasento sekä välisenkka-datasarjojen lisäksi oli tarpeen luoda vielä erillinen datasetti, joka koostui niin sanotuista sulatustauluista. Sulatustaulujen muodostuksen pohjana käytin opinnäytetyön toimeksiantajan toimittamaa Excel-pohjaa, josta poistettiin ensiksi tämän opinnäytetyön kannalta epäoleelliset taulut. Poistetuista tauluista löytyi muun muassa sulatuksien lämpötilatietoja ja konvertterin

prosessivaiheesta kerättyjä tietoja, joita ei tässä opinnäytetyössä tutkittu. Sulatustaulujen tiedot koostuvat eri tuotantovaiheiden tuotannonohjausjärjestelmiin kirjautuneista sulatuksia koskevista tiedoista, kuten aikaleimoista, sulatuskohtaisista näyteanalyysien tuloksista ja sulatuksen käsittelypaikasta. Näiden haku suoritettiin Microsoft Querystä ODBC:n avulla niin, että haettava data saatiin vastaamaan valitun ajanjakson sulatuksia.

Tämän jälkeen, kun kaikki analysoinnissa tarvittava data oli kerätty ja epäoleelliset tiedot sekä sarakkeet karsittu, muodostettiin lopulliset Excel-välilehdet (taulut) Power BI:hin viemistä varten. Kaiken kaikkiaan näitä välilehtiä muodostui kuusi kappaletta. *Faktataulukko*, *JVtyövuorot*, *Käsittelyasemat-taulukko*, *Konv työvuorot-taulukko*, *Päivämäärä* ja *Valukoneet taulukko*. Näistä tauluista loin (kuvio 12) Power BI:ssä yleisesti käytetyn tietokantarakenteen tähtimallin (Star Schema), jonka keskiössä toimii faktataulukko. Tähtimalli koostuu yhdestä keskeisestä faktataulusta ja useista dimensiotauluista.



Kuvio 12. Datataulujen yhdistämisen tähtimalli

Faktataulukko toimi Power BI:ssä faktatauluna, johon kaikki muut luodut taulut yhdistettiin (liite 3). Tähän tauluun kokosin kaiken kerätyn aineiston sulatuskohtaisesti. Tähän tauluun tiedot tuotiin muista tauluista hyödyntäen XLOOKUP-funktiota. Käyttämällä kyseistä funktiota tietojen tuonnissa virheiden todennäköisyys saatiin minimoitua, sillä se hakee vain täsmällisiä osumia. Jokainen rivi faktataulussa edustaa yksittäistä sulatusta.

Faktataulukko luotiin vielä erilliset sarakkeet *VS virtauskategoria* ja *VS-Stopparin 0-kohta*. VS virtauskategoria -sarakkeelle muodostin kaavan, joka palautti sulatuskohtaisesti omille riveilleen joko *Normaali* tai *Huono* -arvon, riippuen toteuttiko luotu kaava yhtälön vai ei. Kaavassa stopparin 0-kohdan pitää olla pienempi tai yhtä suuri kuin 50, stopparin mediaanin ja stopparin 0-kohdan erotuksen pitää olla suurempi tai yhtä suuri kuin 30 ja stopparin maksimi arvon suurempi tai yhtä suuri kuin 85. Kaava itsessään on seuraavanlainen:

$$=IF(AND(AA2\leq 50;Y2-AA2\geq 30;Z2\geq 85);"Huono";"Normaali")$$

VS-Stopparin 0-kohta -sarakkeelle muodostin kaavan, joka palautti sulatuskohtaisesti omille riveilleen joko *Normaali* tai *Pielessä* -arvon, riippuen toteuttiko luotu kaava yhtälön vai ei. Kaavassa stoppari 0-kohta pitää olla pienempi kuin 50 ja suurempi kuin 30. Tällöin kaava palauttaa sarakkeen riville arvon normaali. Jos stoppari 0-kohta on suurempi kuin 50 tai pienempi kuin 30 niin sarakkeen riville palautuu arvo pielessä. Kaava itsessään on seuraavanlainen:

$$=IF(OR(AA2>50;AA2<30);"Pielessä";"Normaali")$$

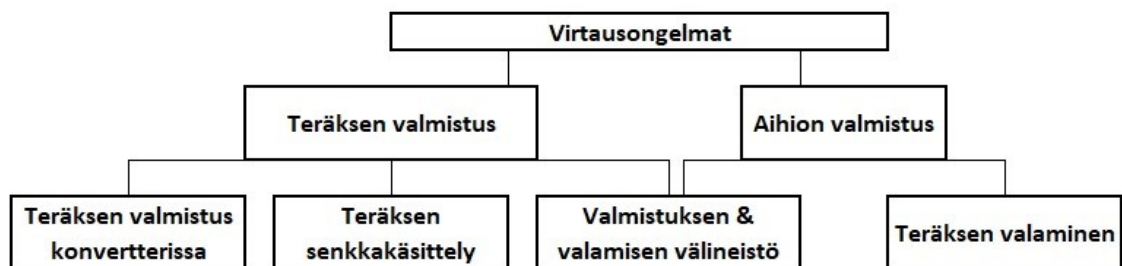
Power BI:hin luodut dimensiotaulut sisältävät kontekstuaaliset tiedot, kuten vuorot, valukoneet, käsittelyasemat ja päivämäärät. Näissä tauluissa olevia tietoja käytetään faktojen ryhmittelyyn ja suodattamiseen raportoinnin yhteydessä. Power BI valikoitui datan analysoinnin työkaluksi sen helppokäyttöisyyden vuoksi. Power BI:ssä datan käsittely on tehokasta ja sen avulla on mahdollista luoda monipuolisia raportteja, jotka on helppo jakaa sidosryhmille.

6 TUTKIMUKSEN TULOKSET

Tämä tutkimus toteutettiin hyödyntäen sekä avoimia haastatteluja että data-analyysiä. Tämän osion alaluvuissa käydään läpi haastatteluaineistosta laaditun sisällönanalyysin tulokset sekä tuotannonohjausjärjestelmädatasta laaditun data-analyysin tulokset. Ensiksi esitellään sisällönanalyysin tulokset. Sisällönanalyysin tulokset esitetään yläluokittain niin, että niihin kuuluvat alaluokat esitetään kootusti alaluokka kerrallaan. Tulosten tulkinnanvaraisuutta on pyritty vähentämään ja luotettavuutta lisäämään tuomalla tuloksiin mukaan haastateltujen alkuperäisilmauksia. Alkuperäisilmausten lopusta löytyy koodi (H1–H3), joka kuvaa, mistä avoimesta haastattelusta alkuperäisilmaus on peräisin.

6.1 Sisällönanalyysin tulokset

Avoimien ryhmähaastatteluiden avulla haastateltavilta pyrittiin saamaan vastauksia ensimmäiseen tutkimuskysymykseen, mistä virtausongelmat ovat peräisin. Haastatteluista kerätyn aineiston pohjalta sisällönanalyysissä pääluokiksi muodostui terässulaton tuotanto-osastoista teräksen valmistus ja aihion valmistus, joiden yhdistävänä luokkana toimii virtausongelmat. Pääluokkiin kuuluviksi yläluokiksi muodostui kuhunkin tuotanto-osastoon kuuluva tarkempi tuotannon prosessivaihe ja tuotannossa tarvittavaa välineistöä kuvaava luokka. Kuviossa 13 esitellään edellä mainitut luokat kaaviossa.

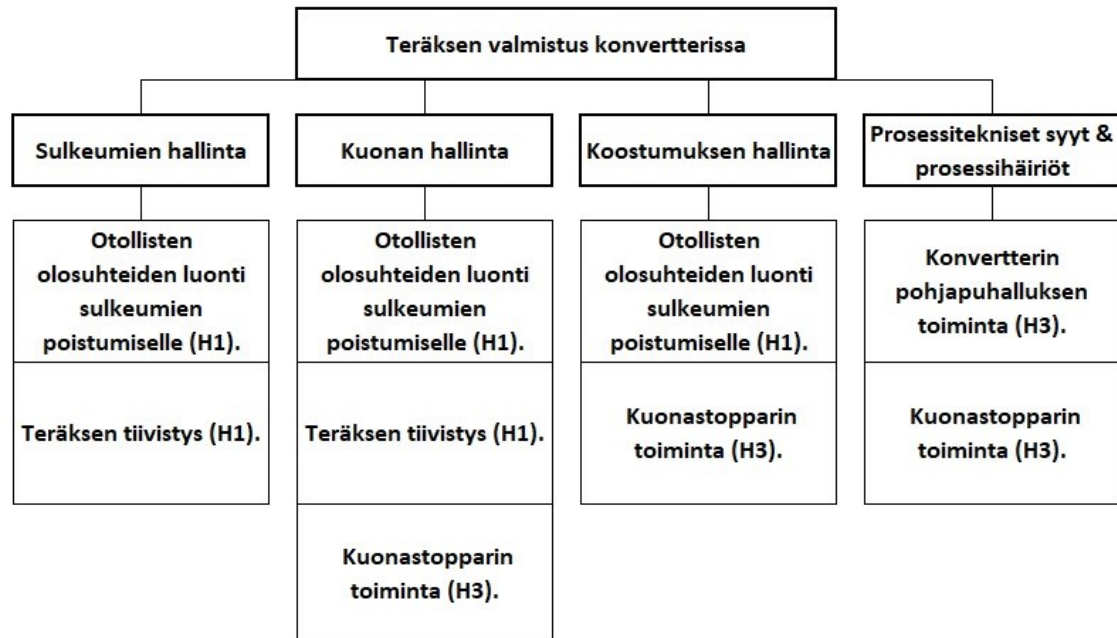


Kuvio 13. Sisällönanalyysin yläluokat pääluokkineen ja yhdistävä luokka

6.1.1 Teräksen valmistus konvertterissa

Haastatteluaineiston perusteella virtausongelmat voivat olla peräisin jo teräksen valmistuksen ensimmäisestä vaiheesta, jossa raakaraudasta muodostetaan terästä konvertterissa. Haastateltavien vastauksien perusteella tämän yläluokan

alaluokiksi muodostuivat sulkeumien hallinta, kuonan hallinta, koostumuksen hallinta ja prosessitekniset syyt sekä prosessihäiriöt. Tämän yläluokan alaluokat ja pelkistetyt havainnot on esitetty alla olevassa kuviossa 14.



Kuvio 14. Teräksen valmistuksen virtausongelmien aiheuttajat konverterissa

Haastateltavat näkevät teräksen virtausongelmien kannalta hankalien sulkeumien hallinnan alkavan jo teräksen valmistuksessa konverterissa. Sulkeumat ovat aina osa teräksen valmistusta, eikä niitä voida koskaan kokonaan poistaa teräksestä. Pyrkimys on kuitenkin minimoida niiden määrä teräksessä luomalla niiden siirtymiselle otolliset olosuhteet teräksen pinnan kuonakerrokseen.

"Äärimmäisen tärkeää on luoda otolliset olosuhteet sulkeumien poistumiselle teräksestä pinnan kuonakerrokseen." (H1)

Yksi tärkeimmistä työvaiheista haastateltavien näkemyksen mukaan on teräksen tiivistämisen työvaihe. Jos teräkseen liuennutta happea ei saada prosessin alkuvaiheessa poistumaan, se voi prosessin myöhemmissä vaiheissa synnyttää uusia sulkeumia lisäten virtausongelmien todennäköisyyttä.

"Teräs on tiivistettävä, jotta raakateräksen valmistusprosessista jäänyt liuennut happi poistuu." (H1)

Konverterissa valmistettavaa terässeosta sekoitetaan konverterin pohjapuhalluksen avulla. Haastateltavien mukaan tähän työvaiheeseen on kirjattu selkeät

ohjeet puhalluksen kestosta ja voimakkuudesta. Pohjapuhalluksen keston vaikutusta virtausongelmien esiintyvyyteen on tutkittu jo aikaisemmin, eikä sillä ole nähty olevan merkittävää vaikutusta virtausongelmien esiintyvyyteen.

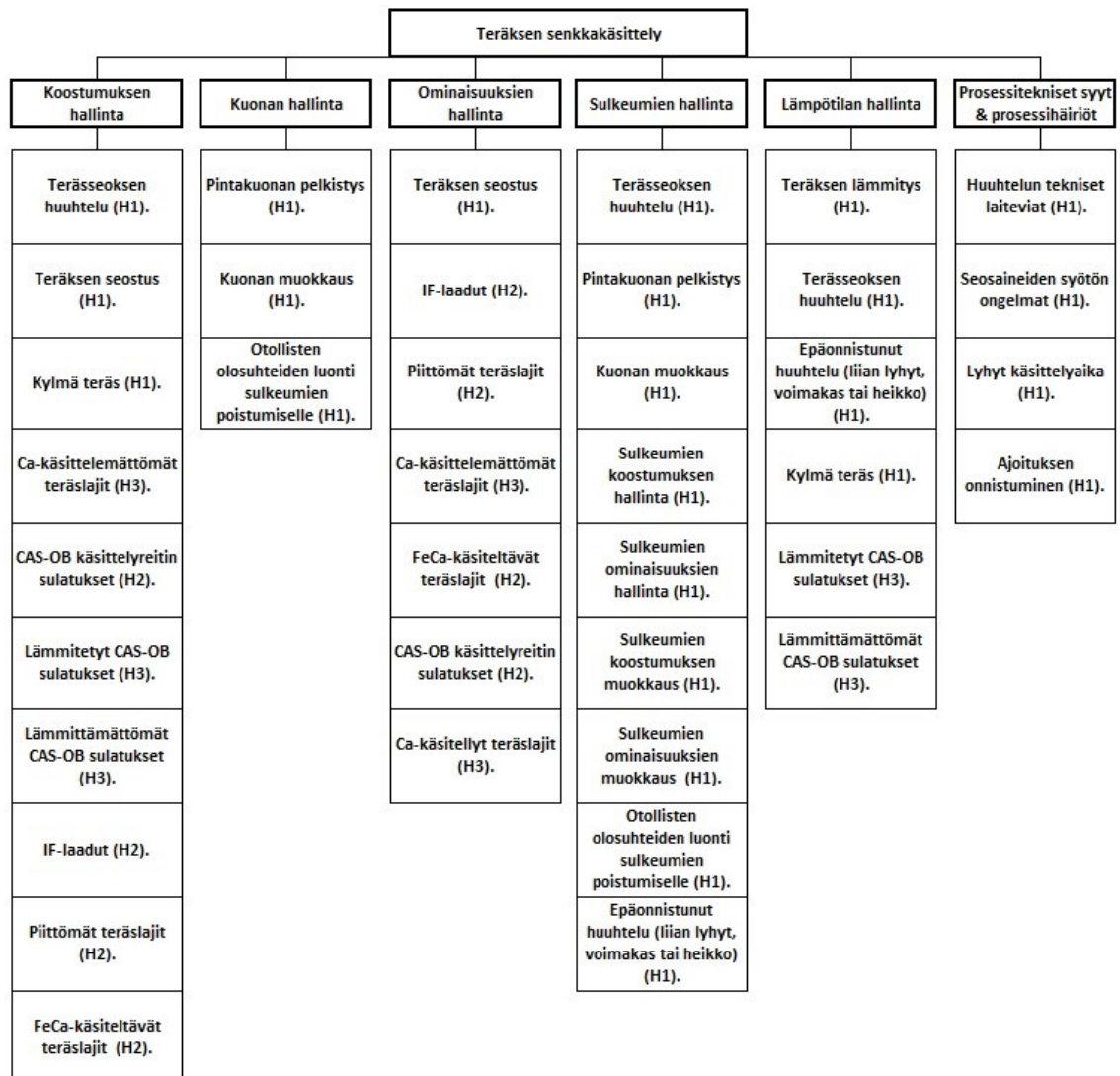
”Konvertterin pohjapuhalluksen kestolla ei ole aikaisempien tutkimusten perusteella havaittu olevan merkitystä virtausongelmien esiintyvyyteen.” (H3)

Haastateltavien mukaan kuonastopparin toiminnalla nähdään sen sijaan olevan merkittäväkin rooli virtausongelmien ilmenemisen kannalta. Mikäli teräksen kaadossa konvertterista terässenkkaan ilmenee ongelmia kuonastopparin toiminnassa ja terässenkkaan pääsee valumaan liikaa konvertterissa syntynyttä kuonaa, todennäköisyydet virtausongelmien ilmenemiselle kasvavat. Kuonastopparin toiminta on automatisoitu, mutta toisinaan sen toiminnassa saattaa esiintyä ongelmia, jolloin sen aktivointi suoritetaan manuaalisesti operaattorin toimesta.

”Konvertterin kuonastopparin toiminnalla on havaittu olevan yhteys virtausongelmien esiintyvyyteen. Jos kuonastoppari ei konvertterilla toimi, se lisää riskiä virtausongelmien esiintyvyyteen.” (H3)

6.1.2 Teräksen senkkäkäsittely

Toiseksi yläluokaksi haastateltavien vastausten perusteella muodostui teräksen senkkäkäsittelyn prosessivaihe. Tämän yläluokan alaluokiksi muodostui koostumuksen-, kuonan-, ominaisuuksien-, sulkeumien- ja lämpötilan hallinta sekä prosessitekniset syyt ja prosessihäiriöt. Tämän yläluokan alaluokat ja pelkistetyt havainnot on esitetty alla olevassa kuviossa 15.



Kuvio 15. Virtausongelmiin vaikuttavia tekijöitä teräksen senkkäkäsittelyssä

Haastateltavien mielestä teräksen senkkäkäsittelyn oleellinen työvaihe on terässeoksen sekoittaminen pohjapuhalluksen avulla koko senkkäkäsittelyprosessin ajan. Tätä kutsutaan myös huuhteluksi ja sen avulla teräksessä olevat sulkeumat saadaan siirrettyä teräksen sulaan pintakuonaan.

”Sulkeumat siirretään huuhtelemalla terässenkan sulaan pintakuonaan.” (H1)

Virtausongelmat voivat kuitenkin juontaa juurensa myös senkkäkäsittelyssä tapahtuvaan huuhteluun. Vaikka huuhtelusta on laadittu tarkat työohjeet, voi se myös epäonnistua, mikä näkyy virtausongelmien ilmenemisenä terästä valettaessa. Haastateltavien mukaan huuhtelu voi jäädä liian lyhyeksi tai heikoksi sekä olla liian voimakasta. Työohjeisiin ei ole ainakaan toistaisesti annettu tarkkoja määriä tai ohjeita, kuinka voimakkaasti terässeosta tulee huuhdella.

"Huono teräksen virtaus terässenkasta voi johtua epäonnistuneesta huuhtelusta. Se on voinut olla liian lyhyt, liian voimakas tai liian heikko." (H1)

Haastateltavien mukaan virtausongelmia aiheuttavia sulkeumia voidaan muokata vähemmän haitallisempaan muotoon senkkäkäsittelyn ja oikeiden seosaineiden avulla. Lähtökohtaisesti seosaineiden valinta, teräksen käsittelymuoto ja järjestys pitää valita niin, että lopputuotteelle saadaan halutunlaiset ominaisuudet ja koostumus.

"Sulkeumien koostumusta ja ominaisuuksia voidaan muokata vähemmän haitallisempaan muotoon senkkäkäsittelyn ja oikeiden seosaineiden avulla." (H1)

"Seostuksella saadaan halutut ominaisuudet tuotteelle. Seostustapoja ja vaiheita on monia. Ne voidaan lisätä joko palana ja jauheena kaadossa, itse käsittelyssä pusseina tai seosainelankana. Valintaan vaikuttaa se, missä järjestyksessä seostus halutaan tehdä." (H1)

Haastateltavat tunnistavat tiettyjen teräslajien valmistamisessa ja valettavuudessa virtausongelmia. Teräslajeille haluttujen ominaisuuksien saamisen vuoksi täytyy valmistamisessa ja käsittelyssä käyttää tiettyjä menetelmiä ja seosaineita. Kaikkia hyväksi havaittuja menetelmiä ei voida kuitenkaan käyttää kaikissa teräslajeissa ilman, että ne menettäisivät niille haluttuja ominaisuuksia ja koostumustaan.

"Hankalimpia teräslajeja valettavuuden suhteen, joissa esiintyy virtausongelmia ovat IF-laadut, joissa ei ole piitä läsnä, piittömät lajit, joille ei tehdä sulkeumia muokkaavaa Ca-käsittelyä ja piittömät Ca-käsitteltävät lajit, joilla Ca-käsittely tehdään FeCa-langalla, CaSi-langan sijaan." (H2)

"Ca-käsittelyllä myönteinen vaikutus valettavuuteen ja virtausongelmiin." (H3)

"CAS-OB-reitin suoritustavan omaavat sulatukset kaikkein hankalimpia virtausongelmien esiintyvyyden suhteen." (H2)

Teräksen lämpötilalla on haastateltavien mukaan merkittävä rooli virtausongelmien ilmenemisen kannalta. Teräksen tulee olla riittävän lämmintä, että sitä voidaan jatkokäsitellä tai valaa. Tarpeen tullessa sitä voidaan lämmittää hapen ja alumiinin avulla käsittelyasemalla. Teräksen valulämpötilat vaihtelevat teräslajeittain, mutta kaikille yhteneväistä on se, että teräksen jäähtyessä ja lämpötilan lähestyessä kriittistä jäähmettymispistettä virtausongelmat lisääntyvät.

"Teräksen lämpötilan pitää olla riittävän korkea käsittelyn jatkamiseen ja jatkokäsittelyä varten tulee varata työlämpöä. Tarvittaessa terästä voidaan lämmittää hapen ja alumiinin avulla." (H1)

"Huono teräksen virtaus voi johtua myös kylmästä teräksestä." (H1)

Haastateltujen havaintojen mukaan CAS-OB-reitin sulatuksien välillä on eroja virtausongelmien esiintyvyydessä lämmitettyjen ja lämmittämättömien sulatusten välillä. Lämmitetyissä sulatuksissa esiintyy heidän mukaansa vähemmän virtausongelmia kuin lämmittämättömissä sulatuksissa.

"Lämmittämättömillä ja lämmitetyillä CAS-OB-reitin sulatuksilla on eroja virtauksen ongelmien suhteen. Lämmitetyissä vähemmän virtausongelmia kuin lämmittämättömissä." (H3)

Haastattelujen perusteella kuonan pelkistyksen nähdään olevan myös yksi tärkeimmistä työvaiheista teräksen valmistuksessa. Kuonan pelkistämällä on vaikutusta sekä teräksessä oleviin sulkeumiin ja niiden koostumukseen, että itse teräksen koostumukseen. Antola (2023a, 9) toteaaakin, että pitämällä hyvä huoli kuonasta, teräs pitää huolen itsestään.

"Kuona pelkistyy, kun tiivistämisen jälkeen teräs ja kuona lähentyvät kemiallista, termodynaamista tasapainoa. Kuonan pelkistymisen seurauksena teräksen koostumus muuttuu." (H1)

"Kuonaa muokataan niin, ettei se enää myöhemmin senkkakäsittelyn aikana syötä teräkseen happea, mikä reagoisi teräksen alumiinin kanssa." (H1)

Teräksen senkkakäsittely on haastattelujen perusteella monivaiheinen prosessi, jonka jokaisella työvaiheella voi olla epäonnistuneessaan vaikutuksia virtausongelmiin. Senkkakäsittelyn onnistumisen kannalta on tärkeää noudattaa laadittuja ohjeistuksia ja työjärjestyksiä.

"Huono teräksen virtaus voi johtua myös epäonnistuneesta senkkakäsittelystä." (H1)

Haastateltujen mukaan senkkakäsittelyssäkin kohdataan ajoittain käyttäjistä riippumattomista syistä ilmeneviä teknisiä laitevikoja, joilla on suoria vaikutuksia senkkakäsittelyn prosessin etenemiseen, tuotannon ajoituksen onnistumiseen,

sekä virtausongelmien esiintyvyyteen. Ongelmien ilmaantuessa pyritään järjestämään tarvittava määrä lisäaikaa käsittelyn loppuun saattamiseksi työohjeiden mukaisesti.

”Teräksen huuhtelussa käsittelyasemalla voi esiintyä ongelmia. Aina valitut huuhtelukivet eivät toimi ja toisinaan joudutaan turvautumaan lanssihuuhteluun.” (H1)

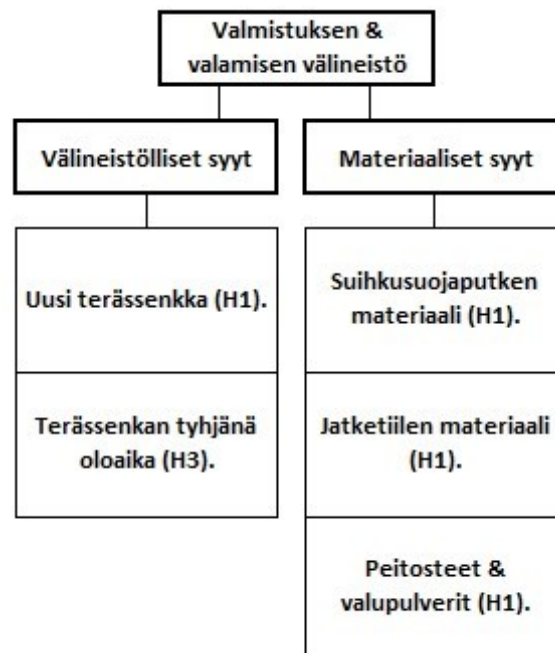
”Seosaineiden syötössä voi toisinaan ilmetä myös teknisiä laitevikoja, joiden johdosta senkkäkäsittelyn prosessi viivästyy.” (H1)

”Teknisten ongelmien ilmaantuessa pyritään järjestämään käsittelylle lisäaikaa, mutta tästä huolimatta käsittely saattaa jäädä lyhyeksi tai jokin työvaihe saattaa jäädä vaillinaiseksi.” (H1)

”Ajoituksen onnistumisen kannalta on tärkeää hyvin toteutettu tuotannonsuunnittelu ja mahdollisimman vähäiset prosessihäiriöt.” (H1)

6.1.3 Valmistuksen ja valamisen välineistö

Kolmannen yläluokan muodosti teräksen valmistuksessa ja valamisessa tarvittava välineistö. Haastateltavien vastauksien perusteella tämän yläluokan alaluokiksi muodostui välineistölliset syyt ja materiaaliset syyt. Tämän yläluokan alaluokat ja pelkistetyt havainnot on esitetty alla olevassa kuviossa 16.



Kuvio 16. Virtausongelmiin vaikuttavat välineistölliset ja materiaaliset syyt

Yhdeksi mahdolliseksi välineistölliseksi syyksi haastateltavat mainitsivat uuden terässenkan. Teräs ei välttämättä virtaa yhtä hyvin uudesta terässenkasta, koska sen laitteistossa ei ole vielä valamisesta aiheutunutta kulumaa. Etenkin terässenkan luistinkivien kuluminen voi parantaa teräksen virtausta valun aikana terässenkasta välisenkkaan.

”Huono teräksen virtaus terässenkasta voi johtua uudesta terässenkasta. Huononmpi virtaus, koska laitteistossa ei ole kulumaa.” (H1)

Haastateltujen mukaan terässenkan tyhjänä olon ajalla ei ole suurta merkitystä teräksen virtausongelmien esiintyvyyteen valettaessa. Terässenkkoja esilämmitetään senkka-asemalla tarpeen mukaan, jotta kylmä terässenkka ei sitoisi itseensä liikaa lämpöä sinne kaadettavasta teräksestä.

”Terässenkan tyhjänä olon vaikutus virtausongelmien esiintyvyyteen ei ole merkittävä.” (H3)

Materiaalisiin syihin haastatteluiden perusteella nousi kolme syytä. Teräksen reoksidoitumisen eli uudelleen hapettumisen ehkäisemiseksi teräs siirretään terässenkasta välisenkkaan suihkunsuojaputken ja välisenkasta valukoneen kokiliin jatkeitiilen lävitse. Haastateltujen mukaan sekä suihkunsuojaputken, että jatkeitiilen pintamateriaalilla voi olla vaikutusta teräksen virtaukseen. Viime vuosina niiden toimittajissa tai valmistuksessa käytetyissä materiaaleissa ei kuitenkaan ole tapahtunut merkittäviä muutoksia.

”Suihkunsuojaputken pintamateriaali voi vaikuttaa teräksen virtaukseen välisenkkaan.” (H1)

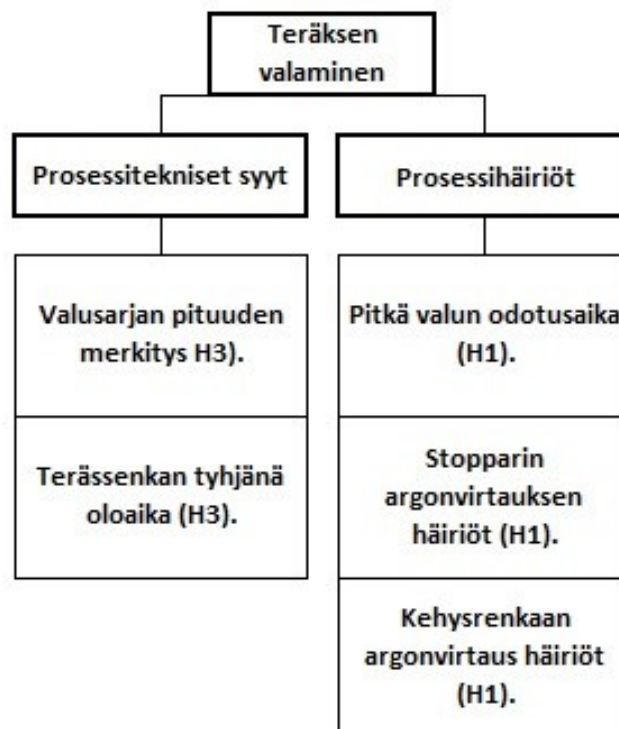
”...myös jatkeitiilen pintamateriaalilla voi olla vaikutusta teräksen virtaukseen välisenkasta valukoneeseen.” (H1)

Virtausongelmia aiheuttavia sulkeumia voi syntyä reoksidoitumisen kautta valun aikana myös, mikäli välisenkassa tai kokillissa ei käytetä riittävästi reoksidoitumiselta suojaavia peitosteita tai valupulveria. Välisenkassa tapahtuva uudelleen hapettuminen voi vaikuttaa teräksen virtaukseen välisenkan jatkeitiilestä valukoneen kokiliin. Kokillissa tapahtuvalla uudelleen hapettumisella on lähinnä vaikutusta vain tuotteen laatuun.

”Teräksen reoksidoitumista voi tapahtua sekä välisenkassa että kokillissa, mikäli valussa ei käytetä riittävästi peitosteita ja valupulveria.” (H1)

6.1.4 Teräksen valaminen

Neljännän yläluokan muodosti teräksen valamisen prosessivaihe. Haastateltavien vastauksien perusteella tämän yläluokan alaluokiksi muodostui prosessitekniset syyt sekä prosessihäiriöt. Tämän yläluokan alaluokat ja pelkistetyt havainnot on esitetty alla olevassa kuviossa 17.



Kuvio 17. Prosessitekniset syyt ja prosessihäiriöt virtausongelmien takana

Jatkuvavalukoneilla valettavien valusarjojen pituus voi vaihdella aina yksittäisistä sulatuksista useiden kymmenien sulatusten pituisiin valusarjoihin. Haastateltujen mukaan valusarjojen pituuden vaikutusta teräksen valettavuuteen ja mahdollisiin virtausongelmiin on jo aikaisemmin tutkittu. Sarjan pituudella ei kuitenkaan nähdä olevan merkitystä virtausongelmien esiintyvyydessä.

”Valusarjan pituuden vaikutusta virtausongelmien esiintyvyyteen on tutkittu jo aikaisemmin. Tällä ei nähty silloin olevan juuri merkitystä.” (H3)

Haastateltujen mukaan teräspanokset pyritään aina käsittelemään siten, että ne voitaisiin toimittaa heti valmistuttuaan jatkuvavalulaitokselle valettavaksi. Toisinaan teräspanos saatetaan saada valmiiksi ennen tavoiteaikaa, jolloin teräkselle muodostuu odotusaikaa. Odotusaikaa voi muodostua myös tuotannollisista ongelmista. Pitkillä odotusajoilla saattaa haastateltujen mukaan olla vaikutusta virtausongelmien esiintyvyyteen.

"Huono teräksen virtaus terässenkasta voi johtua pitkästä valun odotusajasta."
(H1)

Välisenkan jatketiilen kautta tapahtuvaa teräksen virtausta valukoneen kokiliin voidaan parantaa välisenkan stopparin kautta syötettävän argonkaasun avulla. Haastateltujen mukaan argonkaasua stopparin kautta jatketiileen syöttämällä saadaan ehkäistyä virtausongelmia ja välisenkan jatketiilien tukkeutumisia aiheuttavien sulkeumien tarttumista jatketiilen sisäpintaan. Teräksen virtaus jatketiilen kautta valukoneen kokiliin voi heiketä, mikäli argonkaasun syötössä esiintyy ongelmia.

"Huono argonvirtaus stopparin kautta jatketiileen voi heikentää teräksen virtausta jatketiilestä kokiliin." (H1)

Argonkaasua käytetään myös parantamaan teräksen virtausta terässenkasta välisenkkaan syöttämällä sitä terässenkan alasuutiileen kiinnitettävän suihkunsuojaputken kehysrenkaaseen. Tämänkin tarkoituksena on ehkäistä teräksen virtauksen kannalta haitallisten sulkeumien tarttumista suihkunsuojaputken sisäpintaan. Haastatellut näkivät tässäkin mahdollisuuden, että teräksen virtaus voi heiketä, mikäli kehysrenkaaseen syötettävässä argonkaasulinjassa ilmenee valun aikana ongelmia.

"Suihkusuojaputken kehysrenkaan argoninsyötön häiriöt voivat vaikuttaa teräksessä olevien sulkeumien tarttumiseen suihkunsuojaputken sisäpintaan." (H1)

6.2 Data-analyysin tulokset

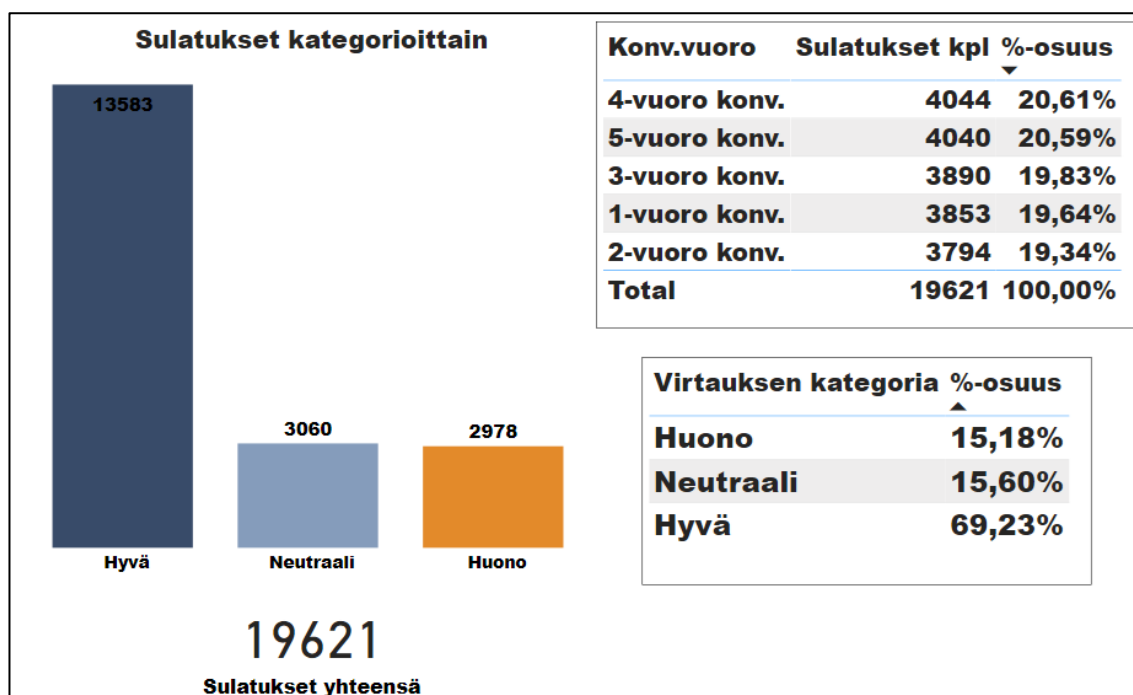
Koposen, Hildenin ja Vapaasalon (2016, 21) mukaan visualisointi on aineistosta uusia piirteitä paljastava eksploraatiivinen grafiikka, jonka tehtävä painottuu uuden tiedon löytämiseen, ei pelkästään tiedonvälitykseen. Sen tehtävänä on toimia työkaluna, jonka avulla lukija voi itse löytää aineistosta kiinnostavia piirteitä. Tämä

on pyritty ottamaan huomioon tämän opinnäytetyön data-analyysin tulosten visualisointeja suunniteltaessa ja koostaessa.

6.2.1 Teräksen virtausongelmista yleisesti

Tuotannonohjausjärjestelmästä kerätyn datan ja siitä suoritettun data-analyysin avulla pyrittiin saamaan vastauksia kahteen jälkimmäiseen tutkimuskysymykseen. Data-analyysin avulla selvitettiin virtausongelmien yleisyys niin yleisellä tasolla kuin myös vuorokohtaisesti. Virtausongelmien ajallista esiintyvyyttä tutkittiin päivä-, viikko- ja kuukausitasolla. Näiden lisäksi virtausongelmien esiintyvyyttä tutkittiin erikseen suoritustavoittain, laaduittain ja käsittelyasemittain. Tarkemmaksi virtausongelmien tutkimuskohteeksi valikoitui CAS-OB-käsittelyaseman kautta kulkeneet sulatukset, koska niissä virtausongelmia esiintyi selvästi enemmän kuin muiden käsittelyasemien kautta kulkeneilla sulatuksilla. Lämpötilanhallintaan liittyviä asioita ei tässä työssä tutkittu. Seuraavissa kappaleissa esitellään data-analyysin tulokset.

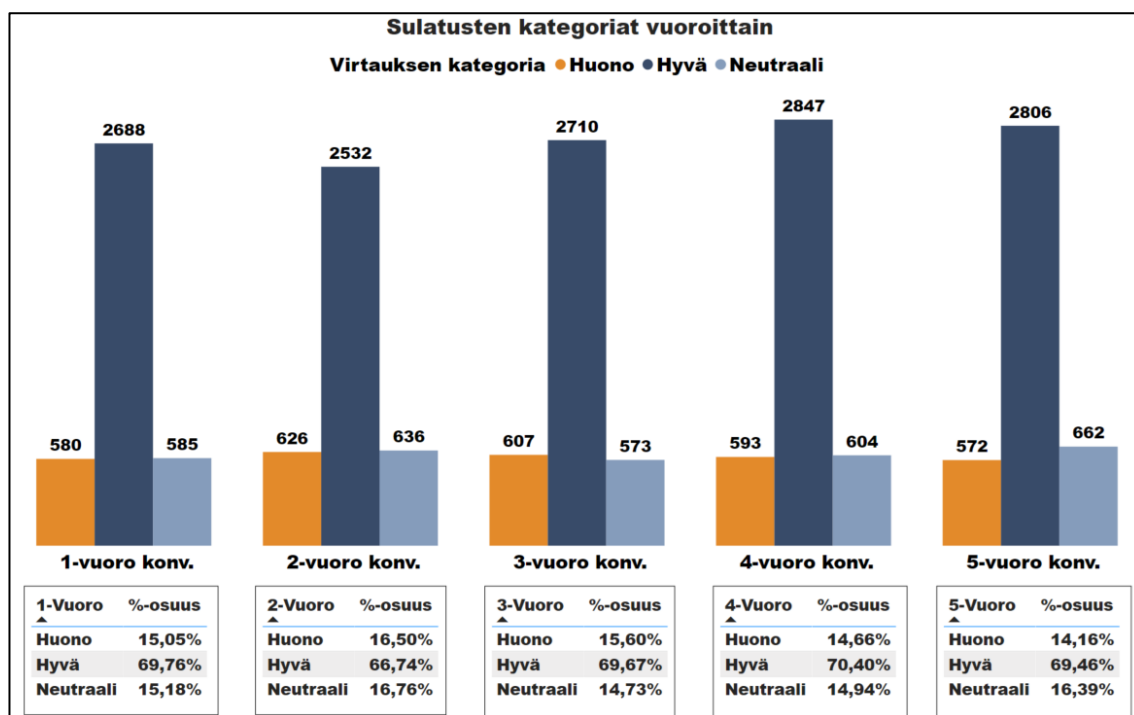
Data-analyysissä lähdettiin liikkeelle yleiskuvan muodostamisesta virtausongelmien esiintyvyyden osalta. Kaiken kaikkiaan sulatuksia, joista löytyi sekä konverterin vuorotiedot, että terässenkan luistinsylinterin asentotiedot oli 19621 kappaletta. Pääsääntöisesti teräs virtaa terässenkoista hyvin, kuten kuviosta 18 käy ilmi. Huomioitavaa kuitenkin on, että lähes joka kolmannen sulatuksen kohdalla kärsitään virtausongelmista ja noin joka kuudennen kohdalla virtaus on käytetyn kategorioinnin mukaan huono.



Kuvio 18. Sulatukset virtauksen kategorioittain

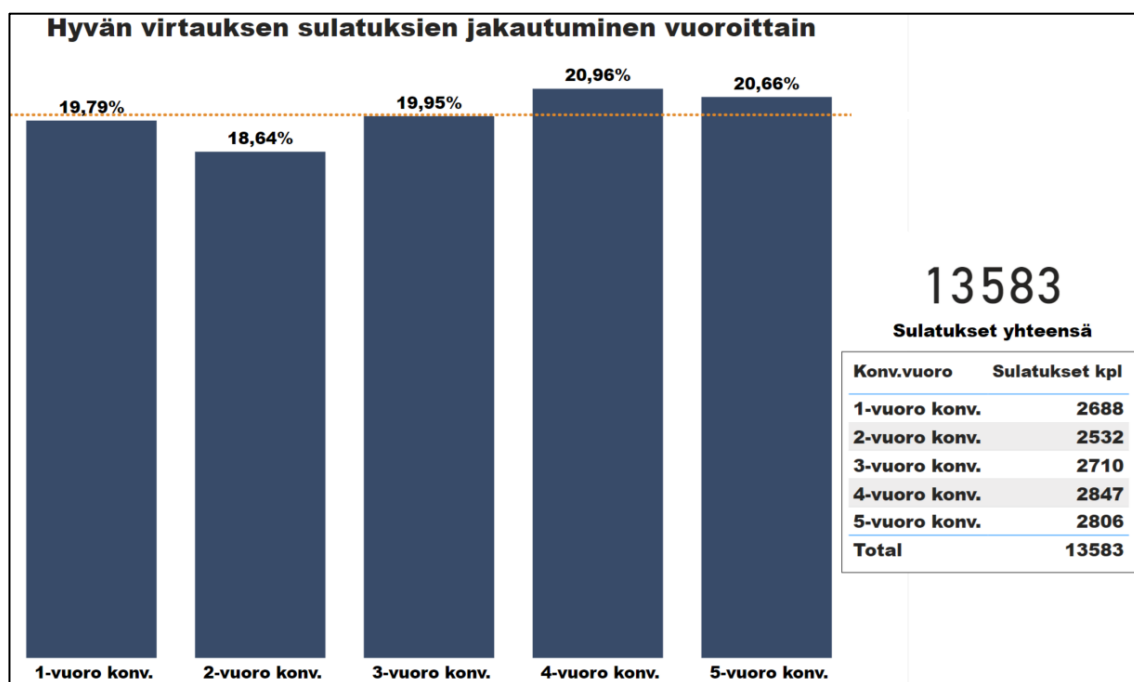
Sulatusten kokonaisvalmistusmäärissä on jonkin verran vuorokohtaisia eroja, kuten kuviot 18 ja 19 osoittavat. Kokonaisvalmistusmäärillä on suora yhteys henkilöstövajeisiin, jotka vaikuttavat tuotannossa olevien koneiden käyntiasteisiin. Tällä ei kuitenkaan ole osuutta virtausongelmien ilmenemiseen.

Teräksen virtauksen kategoriointeja tarkasteltaessa vuoroittain, voidaan huomata selkeitä eroja vuorojen välillä. Kuviosta 19 huomataan, että hyvä- ja huono-kategorian sulatuksissa on merkittäviä eroja niin kappale- kuin myös prosenttimäärissäkin. Selkeimmin kuviosta erottuu 2-vuoron lukemat. Huono-kategorian omaavia sulatuksia on selkeästi muita vuoroja enemmän ja hyviä vähemmän kuin muilla vuoroilla, ottaen vielä huomioon sen, että kertyneitä sulatuksia kappalemääräisesti on vuoroista kaikkein vähiten (kuvio 18).



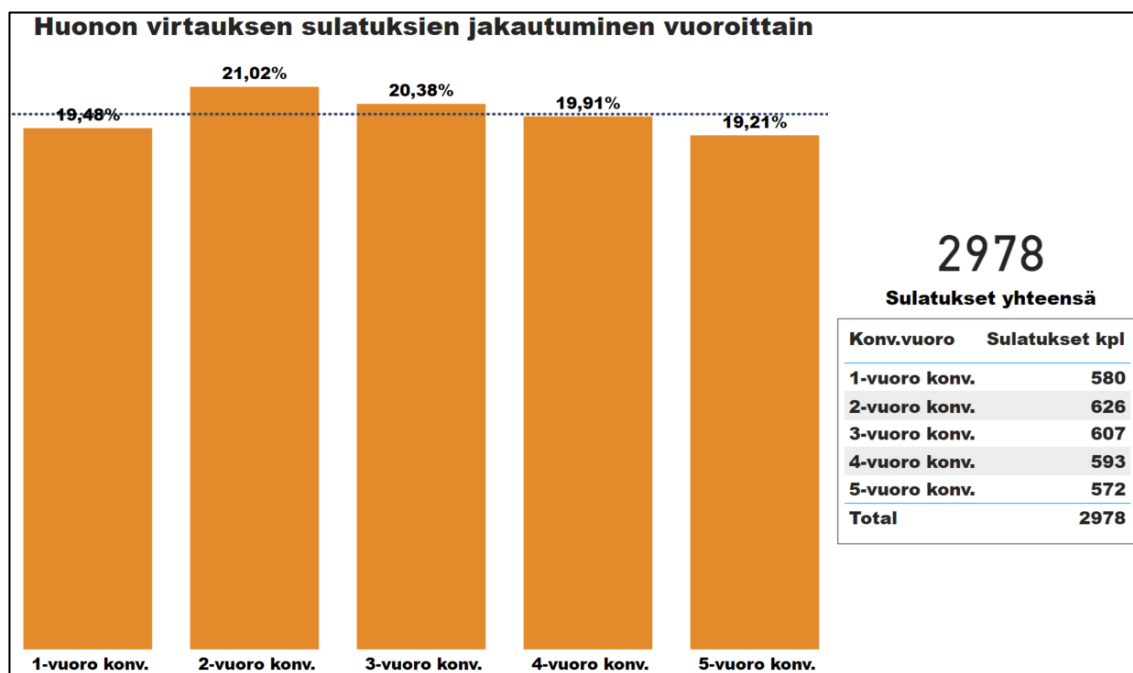
Kuvio 19. Sulatusmäärät ja virtauksen kategoriat vuoroittain

Kuviossa 20 on esitetty hyvä-kategorian sulatusten jakautuminen vuorojen välillä. Kuvioon lisätty oranssi katkoviiva kuvaa keskiarvoa. Tämä auttaa havaitsemaan eron hyvä-kategorian sulatuksissa vuorojen välillä. Selkeimmin kuviosta on erotettavissa 2-vuoron huomattavasti keskiarvoa alhaisemmat sekä 4- ja 5-vuoron keskiarvoa suuremmat lukemat.



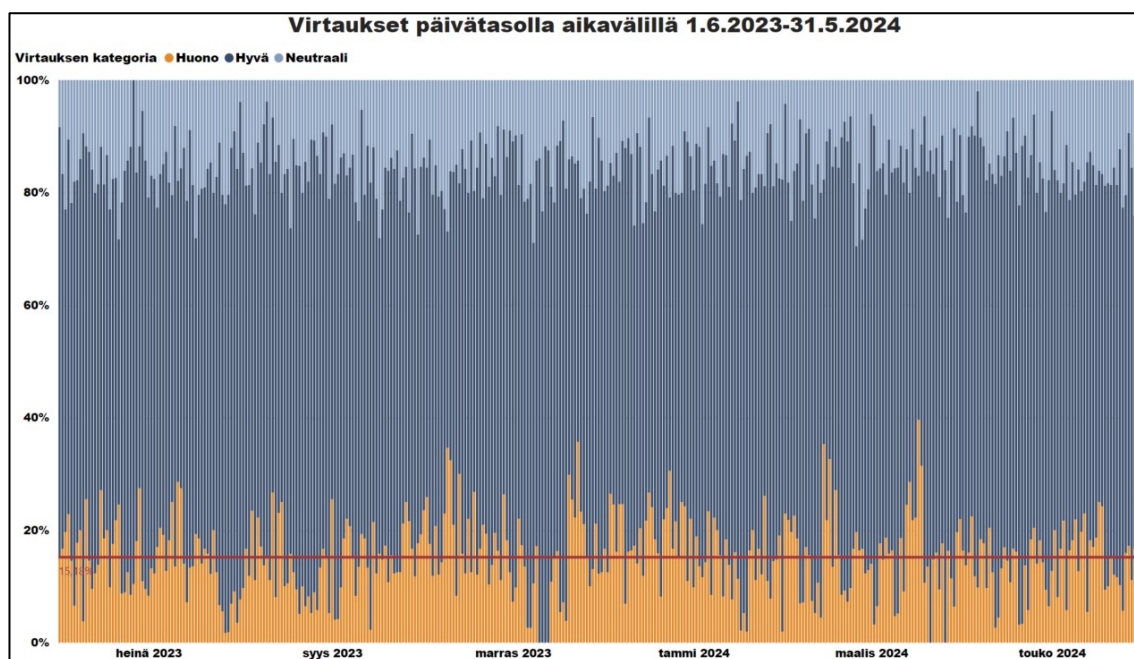
Kuvio 20. Hyvä-kategorian sulatusten jakautuminen vuoroittain

Huono-kategorian sulatuksien jakautumista vuorojen välillä kuvataan vastaavasti kuviossa 21. Tähän kuvioon vuorojen välisiä eroja korostamaan on lisätty keskiarvoa kuvaava katkoviiva sinisellä värillä. Huono-kategorian sulatuksia voidaan kuvion perusteella todeta olevan selvästi alle keskiarvon 1- ja 5-vuorolla. Selkeästi eniten huono-kategorian sulatuksia on kertynyt 2-vuorolle.



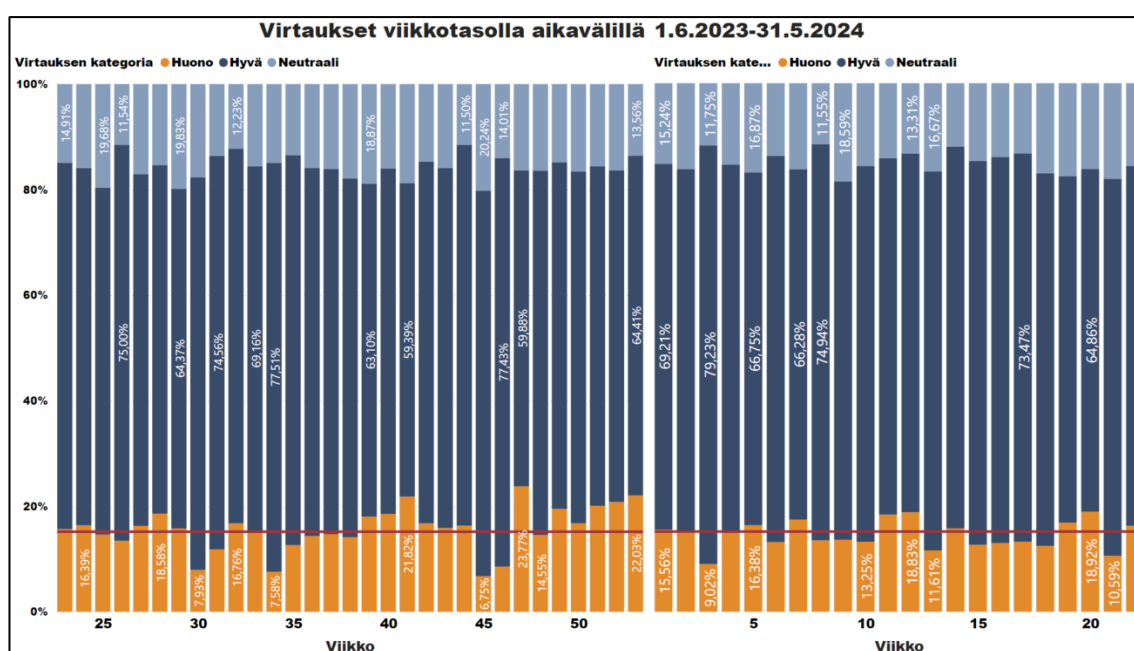
Kuvio 21. Huono-kategorian sulatusten jakautuminen vuoroittain

Tarkasteltaessa virtausten kategorioiden jakautumista päivätasolla koko tarkastelujakson ajalta (kuvio 22), selkeän trendin tunnistaminen huono-kategorian sulatusten osalta on haasteellista. Trendien tunnistamisen helpottamiseksi kuvioon on lisätty huono-kategorian keskiarvoa kuvaava poikittaisviiva tummanpunaisella värillä. Erotettavissa on useampia ajanjaksoja, jolloin huono-kategorian sulatuksia on ollut huomattavasti keskiarvoa vähemmän. Tällaisia jaksoja on ollut elokuussa, syyskuun ja marraskuussa 2023. Haasteellisia jaksoja, joissa huono-kategorian sulatukset ovat olleet pitkään keskiarvon yläpuolella tai sen tuntumassa on lokakuussa ja joulukuussa 2023 sekä maaliskuun lopussa 2024.



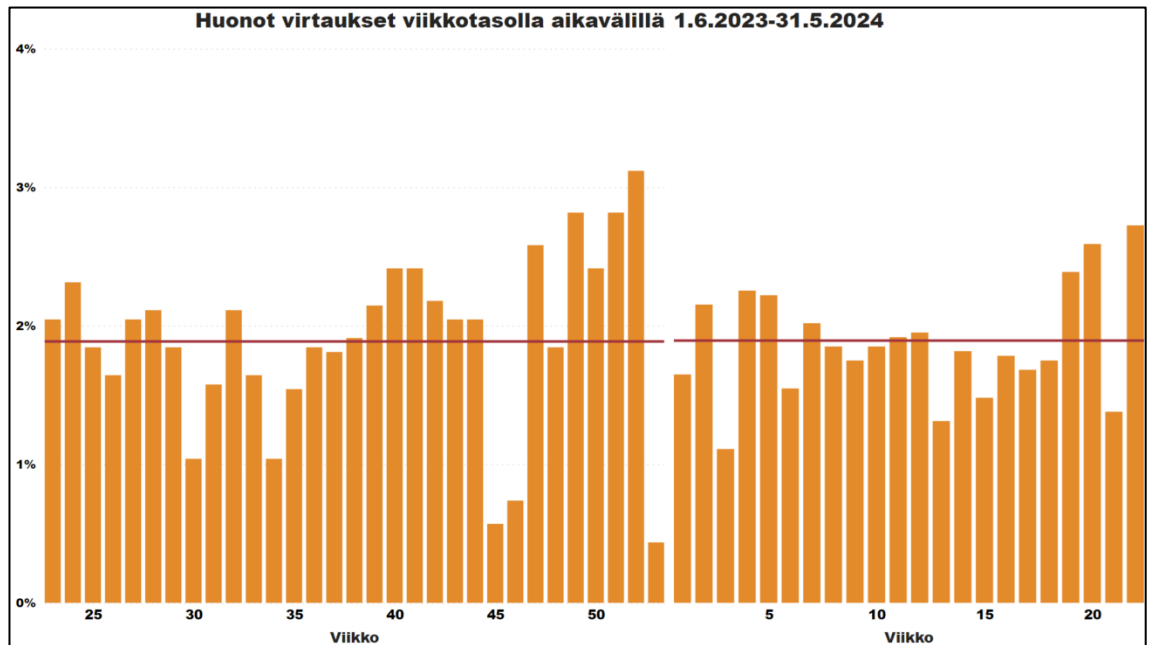
Kuvio 22. Sulatusten virtauksen kategorioinnit päivätasolla

Viikkotasolla virtauksen kategorioita (kuvio 23) tarkasteltaessa samojen haasteellisten ajanjaksojen huono-kategorian sulatusten osalta voidaan erottaa hie-man selkeämmin kuin kuviosta 22. Yhtenä selittävänä tekijänä huono-kategorian omaavien sulatusten yhtäkkisille vähenemisille on valukoneilla ja käsittelyase-milla suoritettut huollot. Huoltopäivinä tuotannossa pyritään minimoimaan tarpeet-tomat riskit valamalla valettavuudeltaan helpompia, hyvä-kategorian omaavia su-latuksia.



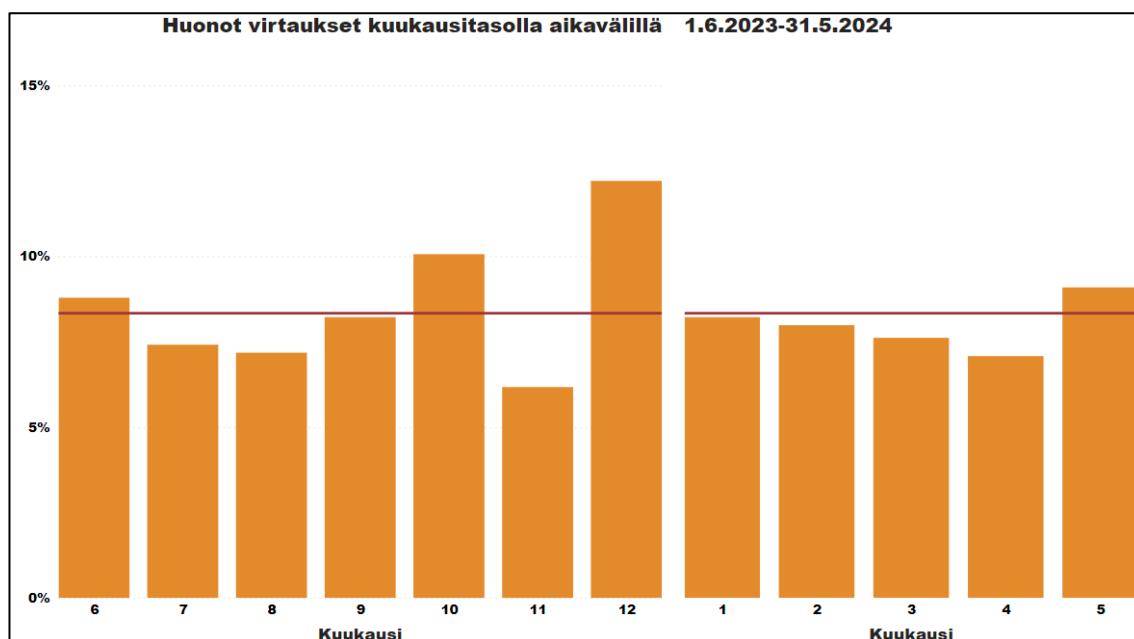
Kuvio 23. Sulatusten virtauksen kategorioinnit viikkotasolla

Huono-kategorian sulatusten jakautumista tarkastellessa viikkotasolla (kuvio 24) huomataan selkeämmin, että virtausongelmia on ollut varsin paljon vuoden 2023 loppupuolella (vk39–44 ja vk47–52). Tarkastelujakson loppupuolella (vk19–22) on havaittavissa myös selkeää huono-kategorian omaavien sulatusten määrän prosentuaalista nousua.



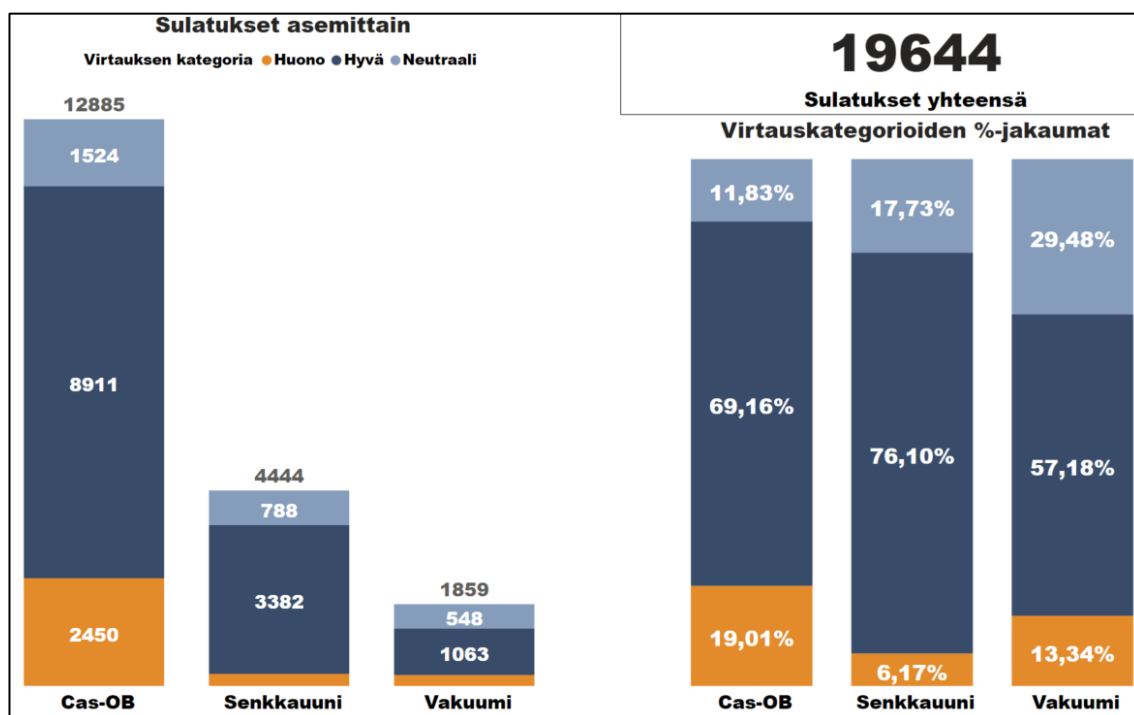
Kuvio 24. Huono-kategorian sulatusten jakautuminen viikkotasolla

Kuukausitasolla tarkasteltuna (kuvio 25) erotetaan selkeästi loppuvuotta kohti kiihtynyt trendi. Marraskuun huono-kategorian sulatuksia kuvaavan pylvään pienuutta selittää viikkojen 45 ja 46 pienempi sulatusten määrä ja hyvä-kategorian omaavien sulatusten suhteellisesti suurempi osuus valetuista sulatuksista.



Kuvio 25. Huono-kategorian sulatusten jakautuminen kuukausitasolla

Sulatuksia, joille on kirjautunut dataan käsittelypaikka, löytyy kaikkiaan 19644 kappaletta (kuvio 26). Yleisin käsittelyreitti on CAS-OB:n kautta, jota pitkin kulkee kaksi kolmasosaa kaikista sulatuksista. Toiseksi yleisin reitti on senkkauunin kautta. Tätä pitkin valuun tulee noin neljännes kaikista sulatuksista. Vakuumin kautta kulkeutuu noin kymmenesosa kaikista sulatuksista.

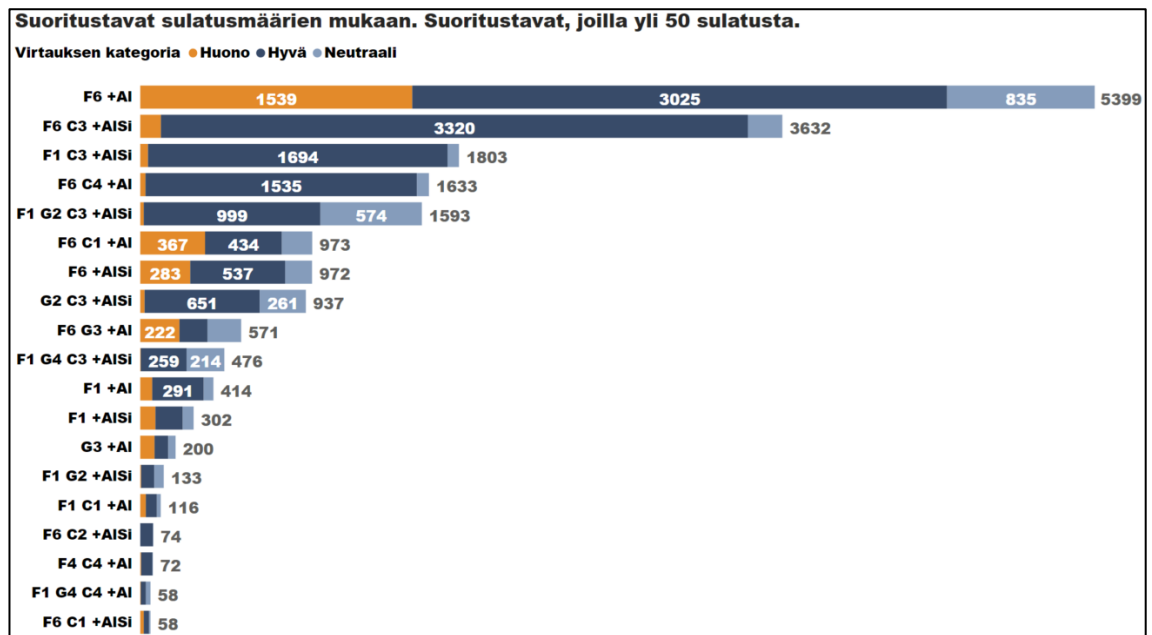


Kuvio 26. Sulatukset käsittelyasemittain

Sulatuksien virtauksen kategorioita analysoitaessa käsittelyasemittain huomataan, että CAS-OB:n kautta kulkevissa sulatuksissa virtausongelmia ilmenee kaikkein todennäköisimmin, keskimäärin noin joka viides sulatus on huono-kategorian omaava. Vakuumin kautta valmistettavista sulatuksista noin joka kahdeksas sulatus omaa huono-kategorian. Senkkauunin kautta valmistettavat sulatukset onnistuvat pääsääntöisesti hyvin.

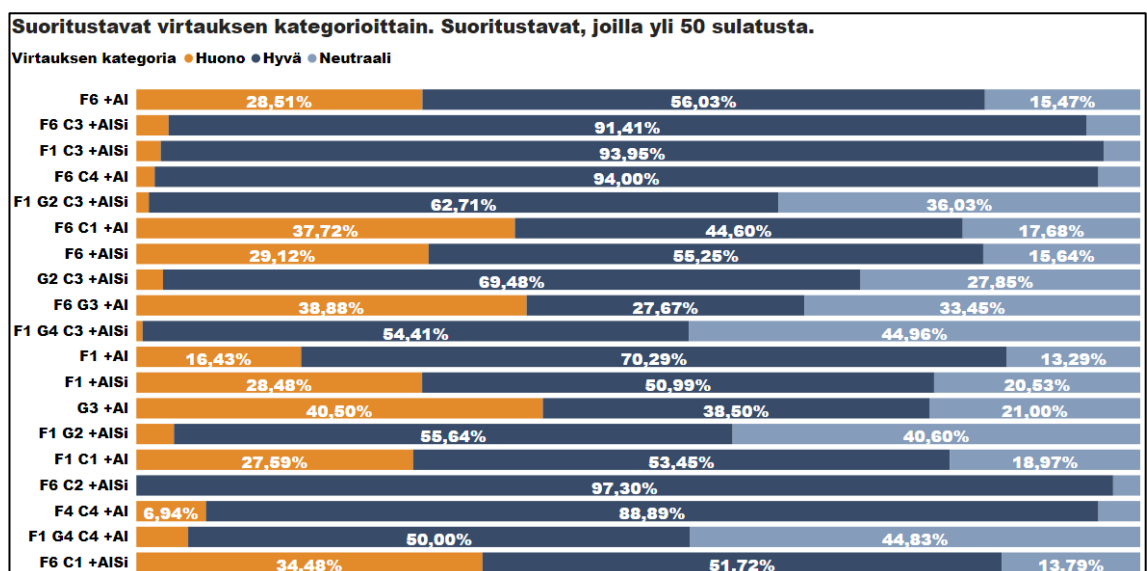
Vakuumin kautta valmistettavia sulatuksia pidetään valettavuudeltaan parempina kuin CAS-OB:n kautta valmistettavia sulatuksia, koska huono-kategorian omaavia sulatuksia on prosentuaalisesti niissä vähemmän. Kuviosta 26 esiin nousee kuitenkin neutraali-kategorian omaavien sulatusten osuus, joka on miltei kolmannes kaikista vakuumin kautta kulkevista sulatuksista. Neutraali-kategorian sulatuksia voidaan kuitenkin lähtökohtaisesti pitää sulatuksina, joilla ei ole merkittäviä virtausongelmia, mutta ne kuitenkin omaavat viitteitä mahdollisista ongelmista.

Kaiken kaikkiaan sulatuksia on valitun ajanjakson aikana valmistettu neljälläkymmenellä eri suoritustavalla. Kuviossa 27 näistä esitetään kaikki suoritustavat, joilla on valettu yli viisikymmentä sulatusta. Suoritustapakoodit koostuvat kirjain- ja numeroyhdistelmistä, jotka kertovat prosessioperaattoreille, mitä käsittelyasemaa ja menetelmiä hyödyntäen kukin sulatus tulee valmistaa. Kuviosta on selkeästi havaittavissa, että yleensä sulatuksia valmistettaessa hyödynnetään samoja suoritustapoja. Viiden yleisimmän suoritustavan osuus kokonaissulatuksista vastaa kolmea neljäsosaa kaikista sulatuksista. Yleisin suoritustapa on F6+Al, jota on hyödynnetty noin neljäsosassa kaikista sulatuksista.



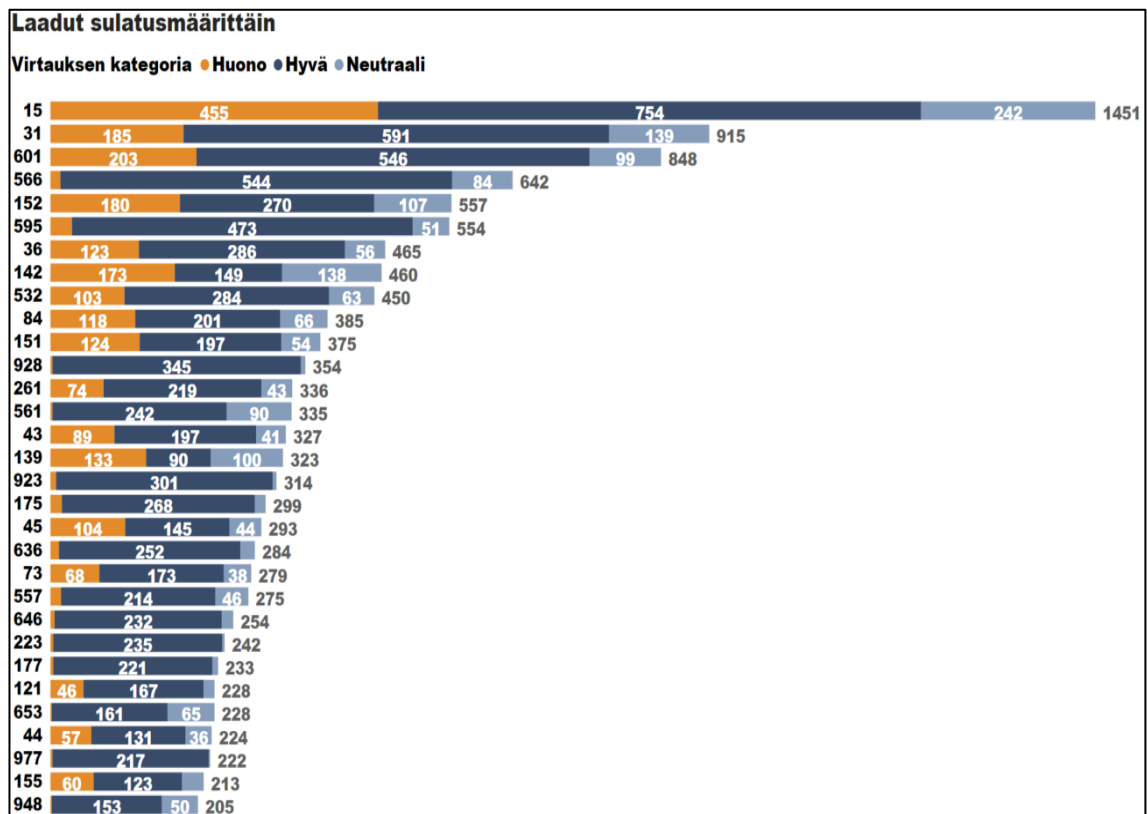
Kuvio 27. Yleisimmät suoritustavat sulatusmäärittäin

Eri suoritustapojen virtauksen kategorisointeja analysoitaessa tarkemmin huomataan, että niissä esiintyy merkittäviä poikkeamia toisiinsa nähden (kuvio 28). Kuviosta nousee esiin C2-, C3- ja C4-koodin omaavien sulatusten erityisen hyvä valettavuus verrattuna suoritustapoihin, joista näitä koodeja ei löydy. Yleisimmissä viidessä suoritustavassa huono-kategorian omaavia sulatuksia on vähän verrattuna valmistettuihin sulatusmääriin. Poikkeuksena tähän on kuitenkin F6+AI -suoritustapa, joissa esiintyy huonoa teräksen virtausta neljäsosassa sulatuksista.



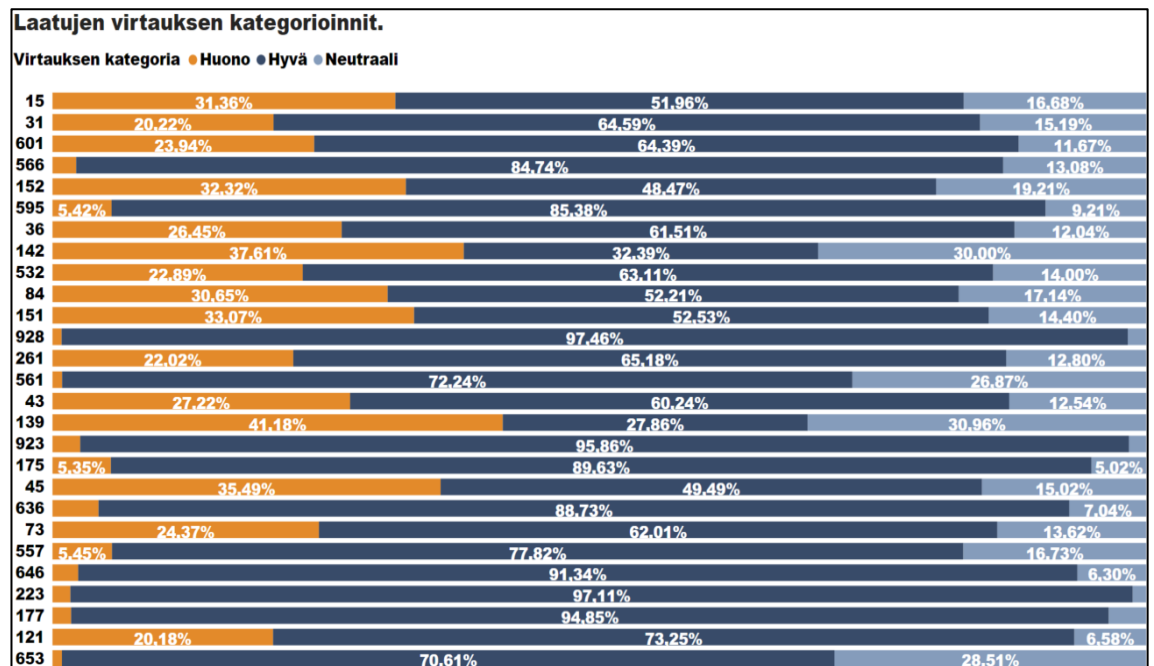
Kuvio 28. Virtauksen kategorioiden jakautuminen suoritustavoissa

Valettuja sulatuksia analysoitaessa laaduittain (kuvio 29) huomataan, että esiin nousee kuusi yleisintä valettua laatua. Näiden osuus kokonaissulatusmäärästä on noin yksi neljäsosa kaikista sulatuksista. Kaiken kaikkiaan datasta löytyy valitulta ajanjaksolta valettuja laatuja yhteensä 217 kappaletta, joista kuviossa 29 on esillä kolmekymmentäyksi yleisintä laatua. Sulatusmääriltään yleisin laatu omaa laatu-koodin viisitoista (15).



Kuvio 29. Yleisimmät laadut sulatusmäärittäin

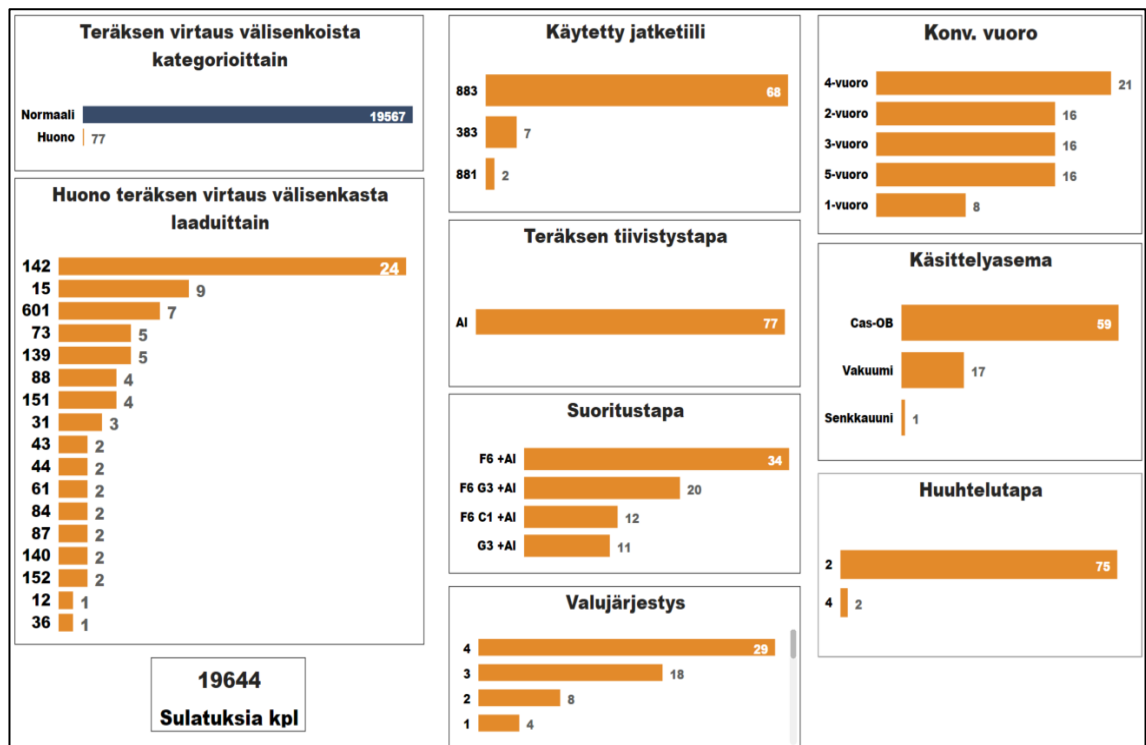
Kuviosta 30 nähdään virtauksen kategorioinnin jakautuminen laatuojen sisällä. Kuviosta voidaan nähdä, että huonon virtauksen esiintyvyydessä on laatuojen eroavaisuuksia. Esimerkiksi laatuojen 566 sulatuksia valetaan paljon, mutta niissä huonoa virtausta esiintyy tuskin koskaan.



Kuvio 30. Virtauksen kategorioiden jakautuminen teräslaaduittain

Huonon virtauksen prosenttiosuuksissa esiintyy laaduissa selkeä trendi. Joko huonon virtauksen sulatuksia ei esiinny juuri ollenkaan ($\leq 5\%$) tai sitten niitä on paljon ($\geq 20\%$). Yleisimmissä laaduissa esiintyy huono-kategorian omaavia sulatuksia yllättävän paljon muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta.

Teräksen virtausongelmat ovat selkeästi harvinaisempia tapauksia välisenkassa kuin terässenkassa, kuten kuviosta 31 voidaan päätellä. Huono teräksen virtaus välisenkasta on ollut vain 77 kertaa tutkimusajankohdan aikana. Tutkittaessa teräksen huonoa virtausta välisenkoista laaduittain huomataan, että niissä huomattavasti eniten ongelmia on ollut laadun 142 kanssa. Laatujen 15 ja 601 erottuessa myös muusta massasta.

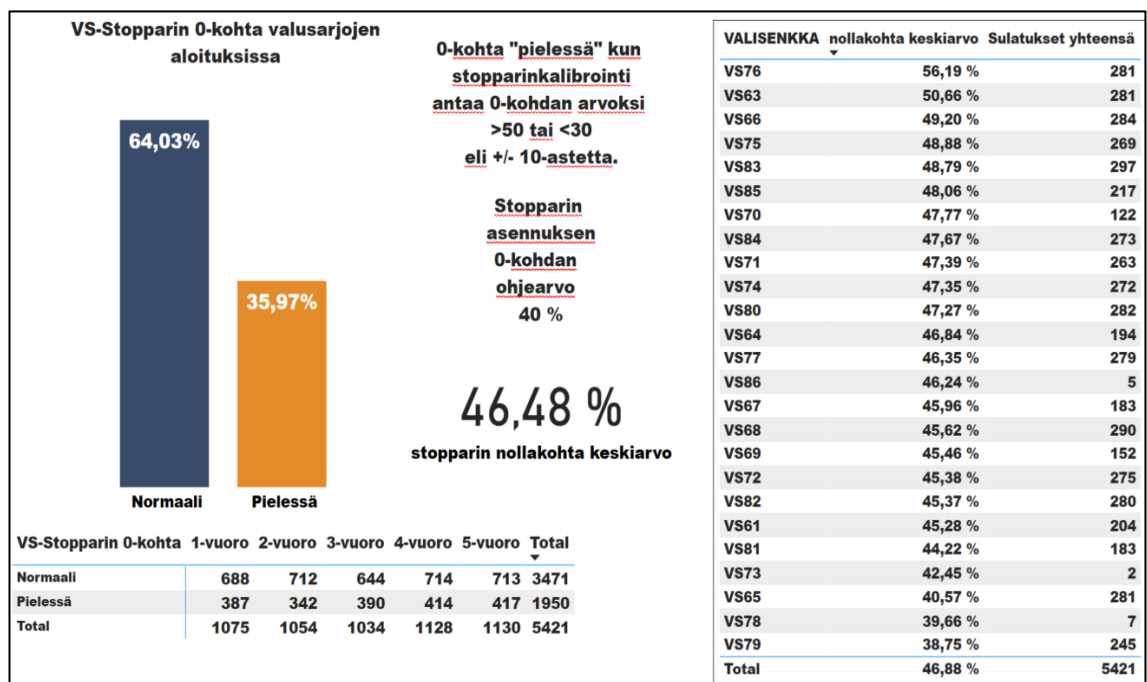


Kuvio 31. Teräksen huono virtaus välisenkasta

Yleisin käytössä ollut jatketiili välisenkoissa, joissa on ollut huono teräksen virtaus, on myös kaikkein yleisimmin käytössä oleva jatketiili, joka on koodiltaan 883. Teräksen tiivistystapojen jakautuessa joko Al- tai AlSi-tiivistykseen huomataan, että kaikissa huonon teräksen virtauksen tapauksissa välisenkoista on tiivistystapana ollut käytössä Al. Kuten kuvio 31 nähdään, on sulatusten valmistuksessa käytettyjä suoritustapoja, joilla on ilmennyt huonoa teräksen virtausta välisenkasta, ollut vain neljää. Valujärjestyksen kasvaessa myös huonot virtaus-tapaukset kasvavat. Tyypillisesti samalla välisenkalla valetaan neljän sulatuksen valusarja, joten on luonnollista, että valujärjestykseltään neljännessä sulatuksessa esiintyy eniten huonoa teräksen virtausta välisenkasta.

Teräksen virtausongelmat välisenkasta jakautuvat kolmen vuoron kesken tasaisesti (kuvio 31). Poikkeuksena 1- ja 4-vuorot. Huonon teräksen virtauksen esiintyvyys on yleisintä CAS-OB-käsittelyaseman kautta kulkevissa sulatuksissa, aivan kuten teräksen virtauksessa terässenkkojenkin kohdalla. Käsittelyasemilla yleisimmin käytetty huuhtelutapa 2 on myös ollut käytössä lähes kaikissa sulatuksissa, joissa teräs on virrannut huonosti välisenkoista.

Välisenkan stopparin tulisi olla ohjeistuksen mukaan aina asennettuna 40-prosenttiin. Kuten kuviosta 32 käy hyvin ilmi, näin ei kuitenkaan kovin usein ole. Reilu kolmannes stoppareista on asennettu niin, että 0-kohta poikkeaa enemmän kuin +/- 10-astetta ohjeistetusta 0-kohdasta. Ongelma toistuu tasaisesti vuorojen välillä, mutta havaittavissa on, että se on yleisempää tietyillä välisenkoilla. Poikkeamien voi nähdä johtuvan väljistä stopparin mekanismeista ja oikean 0-kohdan epäselvästä tulkinnasta. Stopparia asennettaessa tulisi tarkistaa sekä viivaimen osoittama lukema, että mekanismiin asennettu merkki. Kuviossa 32 on huomioitu vain valusarjojen ensimmäisen sulatuksen 0-kohtatiedot.

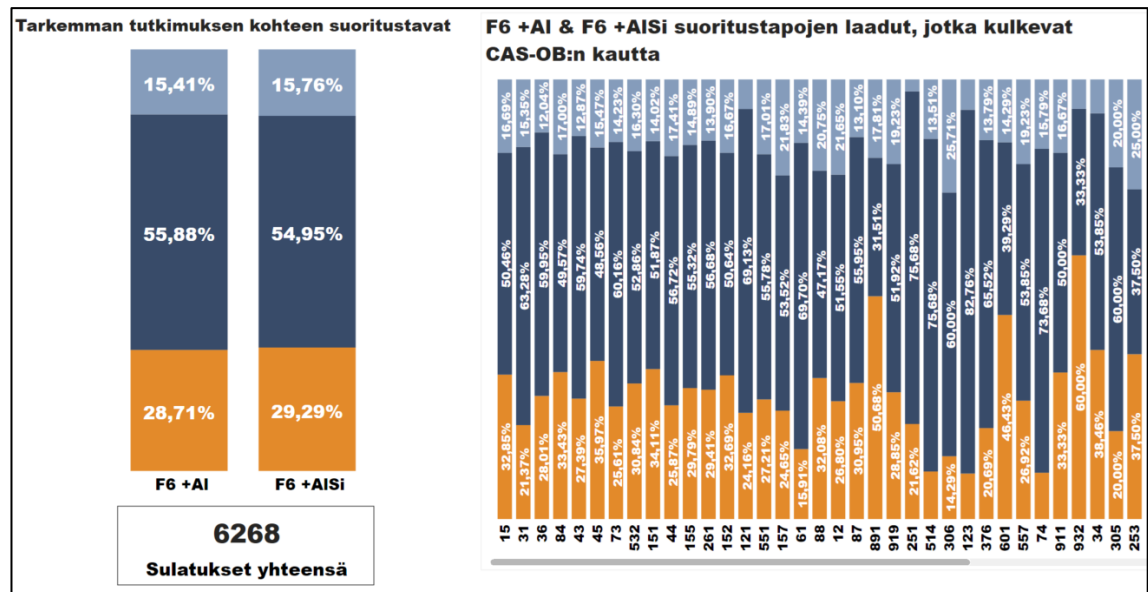


Kuvio 32. Välisenkan stopparin 0-kohdan asennusten onnistuminen

6.2.2 CAS-OB-käsittelyaseman F6 +Al- ja F6 +AlSi-suoritustavat

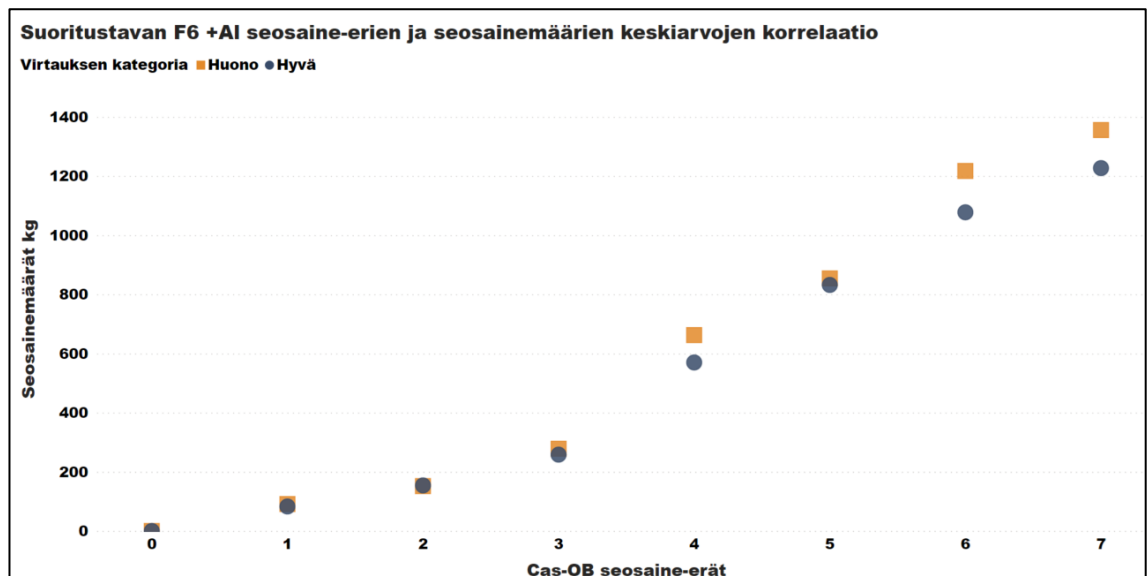
Esiselvittelyiden jälkeen tutkittiin tarkemmin CAS-OB-reitin kautta kulkevia sulatuksia, sillä niissä huomattiin esiintyvän eniten ongelmia teräksen virtauksen suhteen sekä teräs- että välisenkoista. Tarkemmalla tutkimuksella pyrittiin löytämään vastauksia kolmanteen tutkimuskysymykseen. Tarkempaan analyysiin valikoitui suoritustavoista F6 +Al ja F6 +AlSi sekä näihin liittyvät teräslaadut, jotka ovat esillä kuviossa 33. Näiltä suoritustavoilta oli kertynyt sulatuskohtaista dataa yhteensä 6268 sulatukselta, joista yhdellä sulatuksella ei ole luistinsylinterin tietoja.

Tarkemmassa tutkimuksessa analysoitiin seosaine-erien, kokonaisseosainemäärien ja käsittelyn kokonaiskeston vaikutuksia teräksen virtauksen kategorioinnin muodostumiseen valikoiduissa suoritustavoissa.



Kuvio 33. Tarkempaan tutkimukseen valitut suoritustavat ja teräslaadut

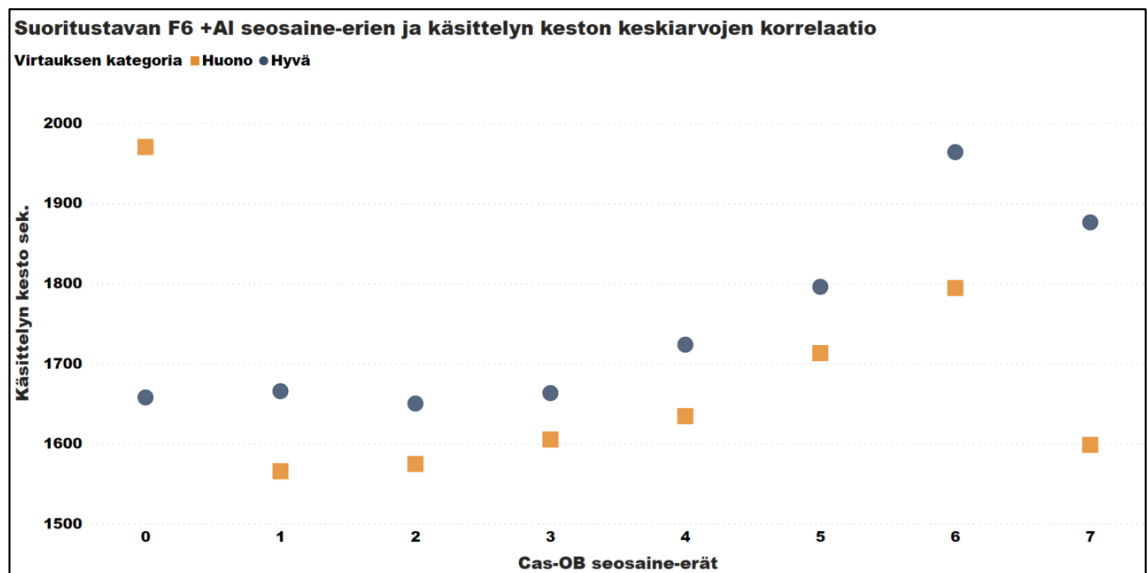
Valikoiduista kahdesta suoritustavasta aloitin tarkemman analysoinnin F6 + AI -suoritustavasta. Kertyneitä sulatustietoja kyseisestä suoritustavasta oli kertynyt 5329 sulatukselta. Kuviossa 34 x-akselin muodostaa CAS-OB seosaine-erät, joita on seitsemän kappaletta. Y-akselin muodostaa lisätyt seosainemäärät, jonka mittayksikkönä on kilo. Kuviossa virtauksen kategorian symboli muodostuu jokaisen seosaine-erän kohdalle kunkin kategorian käytettyjen seosainekeskia-vojen mukaan. Kuvion tietojen perusteella voidaan analysoida seosainemäärien ja seosaine-erien kasvun vaikutuksia virtausongelmien kasvuun. Huono-kategoriaa kuvaa oranssi neliö ja hyvä-kategoriaa kuvaa tummansininen ympyrä. Symbolit toistuvat ja pysyvät samoina seuraavien kappaleiden aikana.



Kuvio 34. Suoritustavan F6 +AI virtauksen kategoriat seosaine-erien ja seosainemäärien kategoriakohtaisen keskiarvon mukaan

Seosainemäärien (alle 300 kg) ja seosaine-erien ollessa kohtuullisia (0–2), ei virtausongelmien osalta nähdä heikkenemistä, sillä virtauksen kategoriointeja kuvaavat symbolit ovat päällekkäisiä. Sen sijaan seosaine-erien ja seosainemäärien edelleen kasvaessa voidaan kuviossa huomata poikkeamaa. Huono-kategorian omaavia sulatuksia on seostettu lisätyillä seosaineilla keskiarvallisesti paikoin huomattavasti hyvä-kategorian omaavia sulatuksia enemmän. Lisättävien seosainemäärien osuuden kasvaessa riittävän suuriksi voidaan siis nähdä olevan negatiivisia vaikutuksia teräksen virtauksen heikkenemiseen terässenkasta.

Kuviossa 35 virtauksen kategoriointeja on verrattu seosaine-erien ja käsittelyn kokonaiskeston mukaan. CAS-OB seosaine-erät edustavat x-akselia ja käsittelyn kokonaiskesto edustaa y-akselia. Käsittelyn kokonaiskeston mittayksikkönä on sekunti ja virtauksen kategoriat seosaine-erittäin muodostavat kuvioon symbolin käsittelyn keston keskiarvon mukaan kunkin seosaine-erän kohdalle.

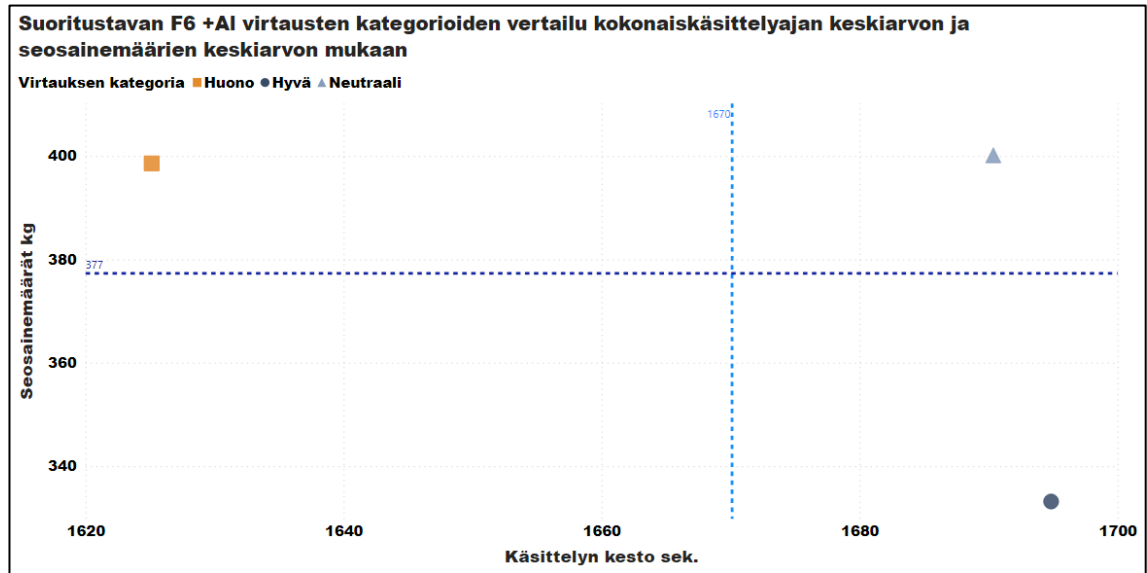


Kuvio 35. Suoritustavan F6 +AI virtauksen kategoriat seosaine-erien ja käsittelyn keston kategorisen keskiarvon mukaan

Kuviosta 35 voidaan huomata, että huono-kategorian omaavia sulatuksia käsitellään keskiarvollisesti tarkasteltuna huomattavasti vähemmän aikaa kuin hyvä-kategorian omaavia sulatuksia. Tämä toistuu riippumatta CAS-OB seosaine-erien määrästä. Käsittelyn kokonaiskestolla ja seosaine-erien määrän kasvulla on siis selkeä yhteys. Mitä enemmän seosaineita on lisätty erissä, sitä huolellisempi ja kestoaltaan pidempi käsittely on kuvion perusteella virtausongelmien ehkäisyn kannalta parempi tekotapa. Poikkeuksena on sulatukset, joihin ei ole lisätty seosaineita ollenkaan. Näiden sulatusten käsittelyn keskiarvolliset ajat ovat kuitenkin huomattavan pitkiä verrattuna sulatuksiin, joihin seosaineita on lisätty. Liian pitkällä käsittelyllä voi siis olla haitallisiakin vaikutuksia virtausongelmien näkökulmasta, varsinkin jos sekoitus on ollut käsittelyssä liian voimakasta tai teräksessä on käsittelyn aikana tapahtunut lämpöhäviötä.

Käsittelyn kokonaiskeston ja lisättyjen kokonaisseosainemäärien vaikutuksia teräksen virtauksen kategoriointiin kuvattu kuviossa 36. Käsittelyn kokonaiskesto on kuvattu x-akselilla ja sen mittayksikkö on sekunti. Y-akselin muodostaa kokonaisseosainemäärät, jonka mittayksikkönä on kilo. Kuviosta löytyy lisäksi käsittelyiden kokonaiskeston keskiarvoa kuvaava vaaleansininen pystykatkoviiva sekä kokonaisseosainemäärien keskiarvoa kuvaava sininen poikittaiskatkoviiva. Näiden lisäksi kuvioon on lisättyä neutraali-kategoriaa kuvaava harmaa kolmio.

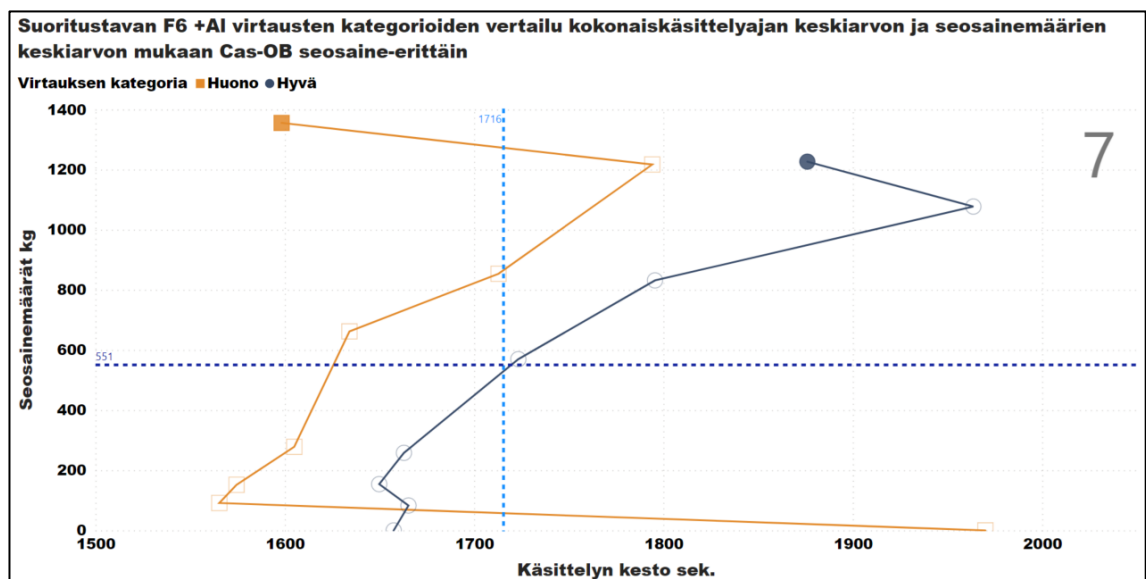
Tämä harmaa neutraali-kategoriaa kuvaava kolmio toistuu vielä seuraavien kapaleiden aikana. Kuviossa kutakin virtauksen kategoriaa kuvataan omalla eri värisellä symbolillaan ja sen koordinaatti perustuu kunkin kategorian sulatusten keskiarvallisista luvuista sekä käsittelyn kokonaiskeston osalta että lisättyjen kokonaisseosainemäärien osalta.



Kuvio 36. Suoritustavan F6 +AI virtausten kategorioiden vertailu kokonaiskäsittelyajan keskiarvon ja seosainemäärien keskiarvon mukaan

Kuviosta 36 voidaan päätellä, että ero huono- ja hyvä-kategorian omaavien sulatusten välillä käsittelyn keston ja käytettyjen seosainemäärien keskiarvojen osalta on merkittävä. Huono-kategorian omaavia sulatuksia seostetaan määrällisesti huomattavasti keskiarvoa enemmän kokonaiskäsittelyyn käytetyn ajan jäädessä kaikkien sulatusten keskiarvosta vielä enemmän. Hyvä-kategorian sulatuksien kokonaiskäsittelyaikojen keskiarvon ollessa reilusti kokonaiskeskiarvoja pidempi ja käytettyjen seosainemäärien merkittävästi alhaisempi kuin sulatuksissa keskiarvallisesti. Neutraali-kategorian symbolin koordinaatti kuviossa on hyvin looginen. Kyseisen kategorian sulatuksia on seostettu hieman keskiarvoa reilummalla kädellä, mutta käsittelylle on annettu vastavuoroisesti enemmän aikaa. Keskiarvoa pidemmällä käsittelyllä ei ole kuitenkaan todennäköisesti saatu aivan kaikkia seosaineita liukenemaan terässeokseen.

Kuviossa 37 suoritustavan F6 +AI teräksen virtauksen kategorioita vertaillaan kokonaiskäsittelyajan keskiarvon ja seosainemäärien keskiarvon mukaan CAS-OB seosaine-erittäin. Kuvioon on lisätty seosainemäärien ja käsittelyn keston kokonaiskeskiarvot poikittais- ja pystykatkoviivoin. Seosaine-eriä on yhteensä seitsemän ja virtauksen kategorioiden symbolit kuvaavat kokonaisseosainemäärien ja käsittelyn kokonaiskeston keskiarvoja niin, että se lähtee liikkeelle alhaalta ylöspäin y-akselin mukaisesti. Alimmat symbolit lähtevät liikkeelle tilanteesta, jossa seosaine-eriä on nolla, aivan kuten kuviossa 35, mutta seosainemäärien tuodessa mukanaan uuden ulottuvuuden havainnointiin.

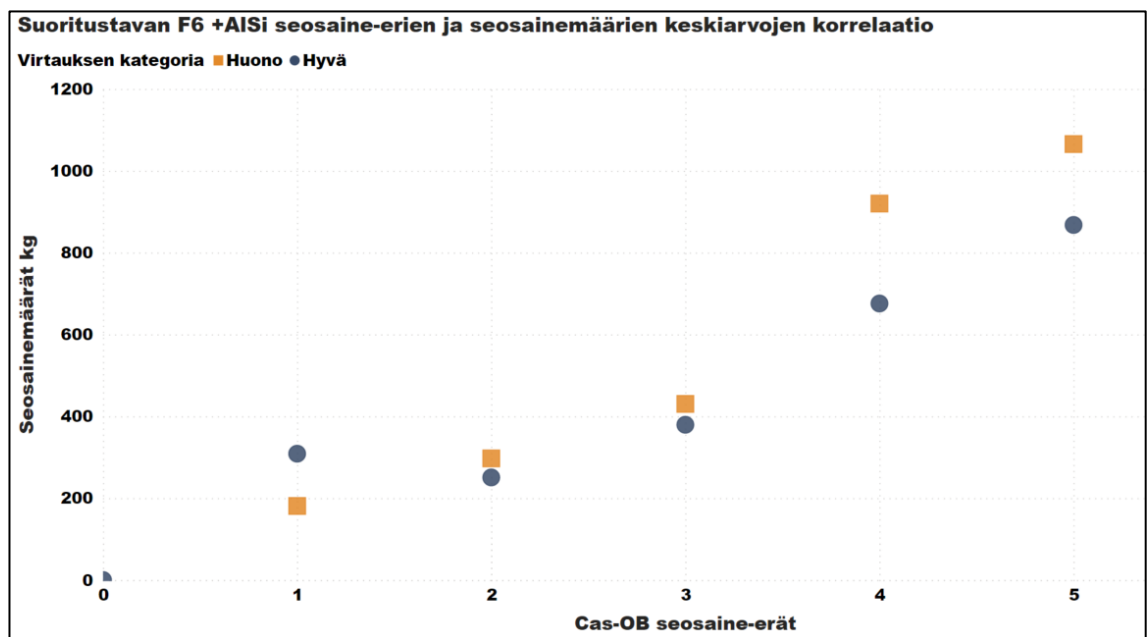


Kuvio 37. Suoritustavan F6 +AI virtauksen kategorioiden vertailu kokonaiskäsittelyajan keskiarvon ja seosainemäärien keskiarvon mukaan CAS-OB seosaine-erittäin

Kuviosta 37 käy ilmi, että seosaine-erien kasvaessa seosainemäärät lähtevät huono-kategorian sulatusten osalta kasvuun suhteessa hyvä-kategorian sulatukseen seosaine-eristä kolme eteenpäin. Samalla huomataan ero sulatusten käsittelyssä käytettyjen kokonaiskestojen osalta seosaine-erittäin.

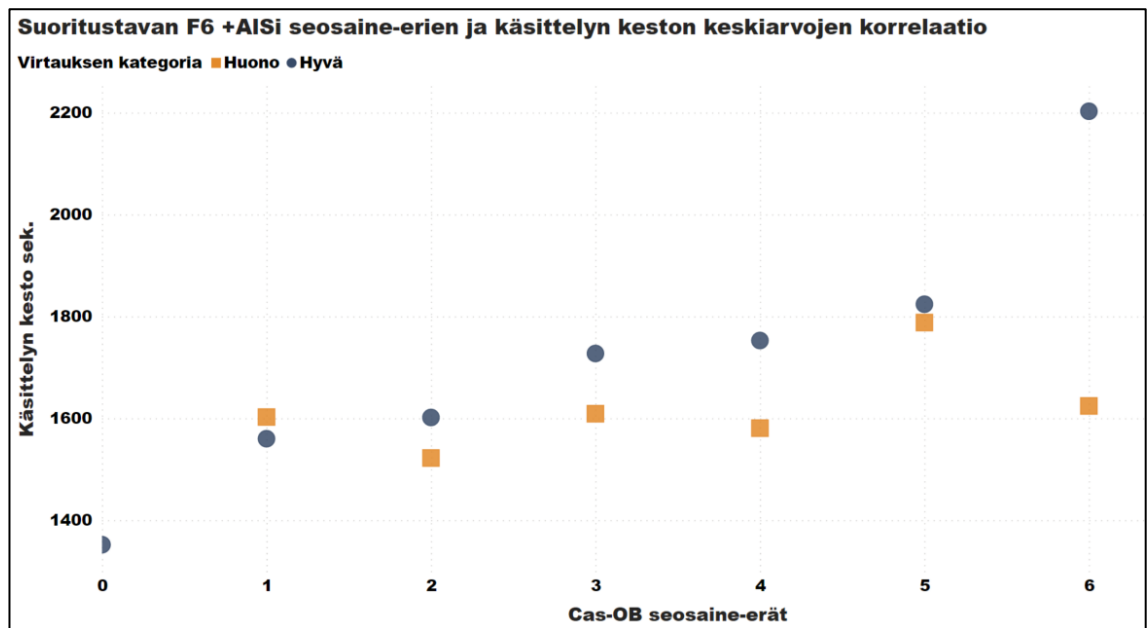
Suoritustapojen analysoinnissa siirryttiin tämän jälkeen seuraavaan. Suoritustavasta F6 +AISi muodostettiin samat kuviot kuin jo edellä esitetyn suoritustavan F6 +AI tuloksissa esiteltiin. Kertyneitä sulatuksia suoritustavalle F6 +AISi oli yhteensä 939 kappaletta.

Vertailtaessa seosaine-erien ja kokonaisseosainemäärien vaikutuksia virtauksen kategorioiden jakautumisen kesken huomataan, että kuviosta 38 toistuu sama trendi kuin kuviossa 34. Seosaine-erien kasvaessa myös lisätyt kokonaisseosainemäärät kasvavat, mutta tätä tapahtuu vielä enemmän huono- kuin hyvä-kategorian omaavien sulatusten kohdalla. Seosaine-erän yksi kohdalla tilanne on toinen. Tässä on todennäköisesti tilastollista vääristymää, sillä tälle suoritustavalle on kertynyt hyvin vähän sulatuksia juuri kyseisen seosaine-erän kohdalle. Ero hyvä- ja huono-kategorian välillä on huomattava seosaine-erien ollessa neljä ja viisi.



Kuvio 38. Suoritustavan F6 +AlSi virtauksen kategorioiden jakautuminen seosaine-erien ja seosainemäärien keskiarvon mukaan

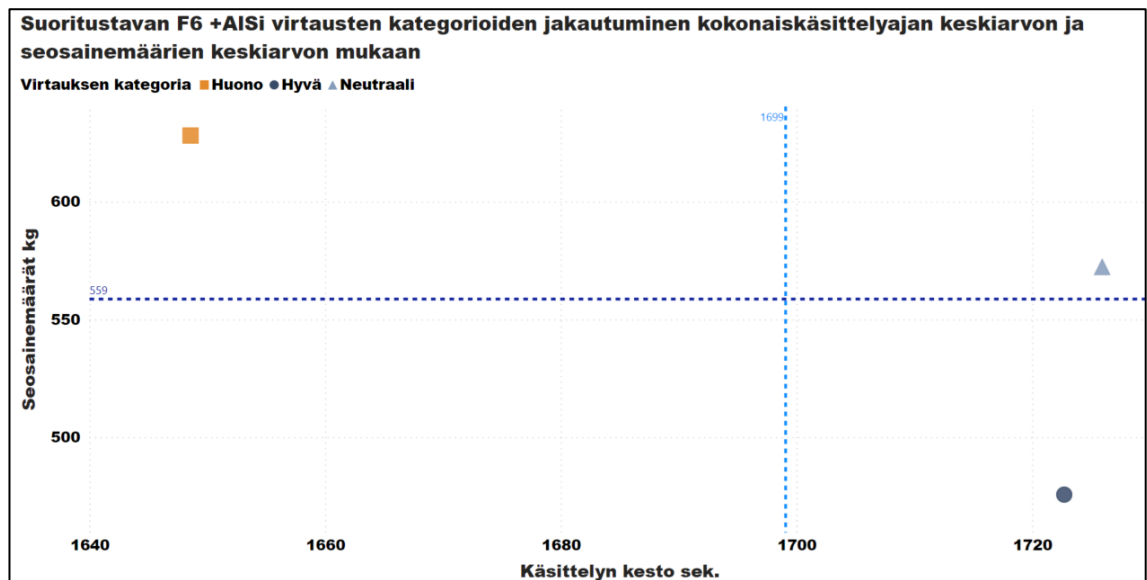
Seosaine-erien ja käsittelyn kokonaiskeston keskiarvon vaikutuksia teräksen virtaukseen analysoitaessa suoritustavan F6 +AlSi osalta huomataan saman trendin toistuvan kuin F6 +Al suoritustavan osalla. Seosaine-erien kasvaessa kasvaa myös käsittelyssä käytetyn kokonaiskestoajan osuus kasvaa. Huono-kategorian omaavien sulatusten kohdalla tämä jää kuitenkin kuvion 39 mukaan kauas hyvä-kategorian omaavien sulatusten käsittelyn kokonaiskestoajoista. Seosaine-erien viisi ja kuusi kohdalla kuviota vääristää niukasti kertynyt aineisto kyseisen suoritustavan seosaine-erien kohdalla.



Kuvio 39. Suoritustavan F6 + AISi virtauksen kategoriat seosaine-erien ja käsittelyn keston kategorisen keskiarvon mukaan

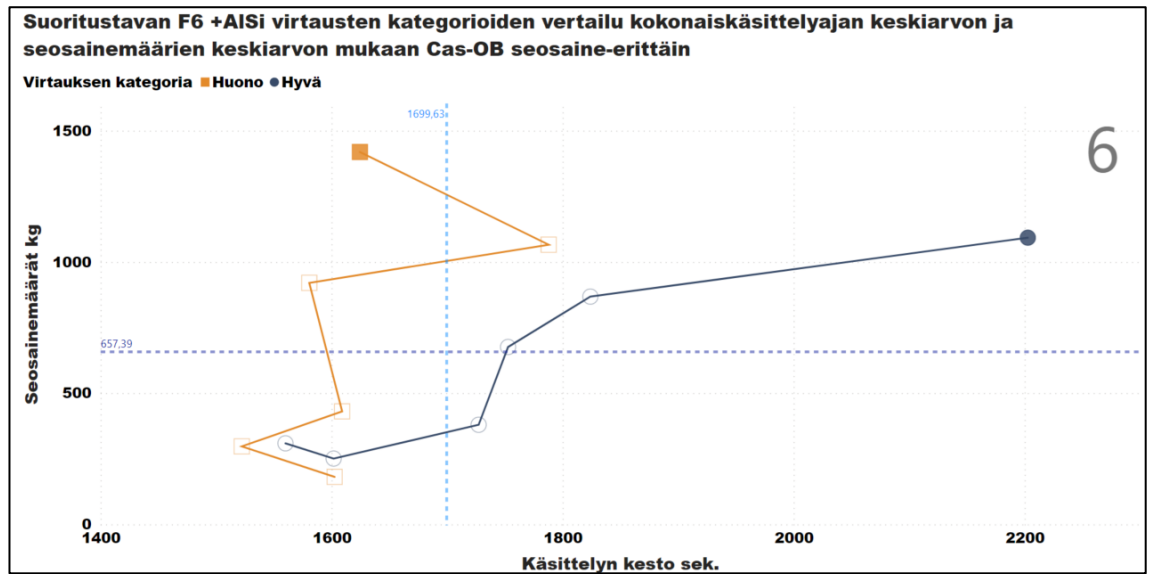
Kuviossa 40 esitetään suoritustavan F6 + AISi sulatusten käsittelyn kokonaiskeston keskiarvon ja lisättyjen kokonaisseosainemäärien keskiarvon mukaan virtauksen kategorioiden koordinaatit symboleittain. Tämän lisäksi kuviosta löytyy keskiarvoja kuvaavat pitkittäis- ja poikittaiskatkoviivat. Poikittaiskatkoviiva kuvaa kaikissa suoritustavan sulatuksissa käytettyjen seosainemäärien keskiarvoa ja pitkittäiskatkoviiva kaikkiin sulatuksiin käytettyä ajallista keskiarvoa.

Ero huono- ja hyvä-kategorian omaavien sulatusten välillä niin käytetyn käsittelyajan keskiarvon kuin myös käytettyjen seosainemäärien keskiarvon osalta on merkittävä. Huono-kategorian sulatuksia seostetaan määrällisesti reilusti yli keskiarvon ja käsitellään ajallisesti huomattavasti alle keskiarvon. Hyvä-kategorian omaavia sulatuksia seostetaan määrällisesti selkeästi keskiarvoa vähemmän sekä käsitellään keskiarvoon nähden pidempään. Neutraali-kategorian sulatuksia kuvaavan symbolin koordinaatti on hieman seosainemäärien keskiarvoa kuvaavan poikittaiskatkoviivan yläpuolella, mikä tarkoittaa sitä, että tämän kategorian sulatuksia seostetaan hieman keskiarvoa enemmän. Niiden käsittelyajat ovat kuitenkin huomattavasti keskiarvollisia käsittelyaikoja pidempiä, mikä selittää neutraali-kategorian sulatusten symbolin koordinaatin kuviassa.



Kuvio 40. Suoritustavan F6 +AISi virtausten kategorioiden jakautuminen kokonaiskäsittelyajan keskiarvon ja seosainemäärien keskiarvon mukaan

Kuviosta 41 nähdään suoritustavan F6 +AISi virtauksen kategorioiden erot kokonaiskäsittelyajan keskiarvon ja seosainemäärien keskiarvon mukaan CAS-OB seosaine-erittäin. Kuviosta on poistettu seosaine-erä 0, koska sille ei ollut kertynyt sulatustietoja. Seosaine-erien ollessa 1 ja 6 tietoja on kertynyt myös varsin vähän. Eroa kokonaisseosainemäärissä ei juuri ole ennen kuin seosaine-erät ylittävät kolme. Kuviosta kuitenkin nähdään, että seosaine-erästä riippumatta huono-kategorian sulatuksia käsitellään ajallisesti aina hyvän virtauksen sulatuksia vähemmän.



Kuvio 41. Suoritustavan F6 +AlSi virtausten kategorioiden vertailu kokonaiskäsittelyajan keskiarvon ja seosainemäärien keskiarvon mukaan CAS-OB seosaine-erittäin

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

7.1 Yhteenveto tuloksista

Tämän opinnäytetyön tulosten mukaan virtausongelmia aiheuttavat muuttujat ovat pääpiirteissään samat, jotka Heikkinen (2002, 17) on listannut vuosituhannen alussa. Vaikkakin virtausongelmien juurisyyt ovat pysyneet vuosien saatossa samoina, ovat virtausongelmat kuitenkin haastateltujen mukaan vuosien varrella vähentyneet. Tervon (2023, 17) mukaan osasyynä tähän on prosessien ja materiaalien kehittyminen sekä nykyistä parempi tietämys ja ymmärrys virtausongelmia aiheuttavista sulkeumista, niiden ominaisuuksista ja muokkaus mahdollisuuksista.

Kriittisimpänä teräksen valmistuksen prosessivaiheena voidaan tämän opinnäytetyön tulosten perusteella pitää teräksen senkkakäsittelyä, sillä siellä mahdollisia teräksen virtausongelmia aiheuttavia muuttujia nähdään olevan laajimmin. Tutkimuksen tulosten perusteella virtausongelmiin ei ole yksiselitteistä ratkaisua, sillä eri prosessi- ja työvaiheilla on moninaisia vaikutuksia teräksen virtaukseen sekä teräs- että välisenkasta. Heikkinenkin (2002, 25) toteaa omassa tutkimuksessaan, että ongelmat voivat olla peräisin monista eri tekijöistä. Yhdistävän tekijän tai yhden yksittäisen virtausongelmiin merkittävästi vaikuttavan muuttujan löytäminen, jolla virtausongelmat saataisiin poistettua, on hyvin vaikeaa.

Tietoperustaa laatiessani en törmännyt tutkimuksiin, joissa olisi tutkittu virtausongelmien esiintyvyyttä ajallisesti tarkasteltuna, joten vertailukohtaa aikaisempiin tutkimuksiin ei ollut. Tämän opinnäytetyön tulosten perusteella teräksen virtausongelmien esiintyvyydessä ei tutkimusajanjaksolla ilmennyt merkittäviä poikkeavuuksia ajallisesti tarkasteltuna. Poikkeuksena muutama lyhyehkö ajanjakso, jolloin teräksen virtausongelmia on esiintynyt keskiarvoon nähden reilummin ja niukemmin. Jotta voitaisiin todeta huono-kategorian omaavien sulatusten määrän ja prosentuaalisen osuuden kasvavan esimerkiksi aina vuoden loppua kohden tai alkukesällä, tulisi analysoitavan datan ulottua useamman vuoden ajalle.

Teräksen virtausongelmien esiintyvyydessä on merkittäviä eroja sekä teräksen valmistuksen suoritustapojen ja teräslaatujen, että työvuorojen välillä. Tulokset

olivat ennako-oletusten mukaisia, sillä aikaisemmassa toimeksiantajan edustajan tekemässä sisäisessä selvityksessä (2016) oli saatu samanlaisia eroavaisuuksia suoritustapojen ja laatujen välillä. Eniten hankaluuksia virtausongelmien suhteen on CAS-OB:n kautta kulkevilla sulatuksilla, joille ei tehdä kalsium -käsittelyä. Alatarvaan (2018, 7) sekä Lindin ja Holapan (2010, 1) mukaan kalsiumkäsittelyn avulla teräksessä olevia epämetallisia teräksen virtausta heikentäviä sulkeumia voidaan muokata kiinteästä muodosta vähemmän haitalliseen sulaan muotoon, mutta kaikkia teräslaatuja tällä tavoin ei voida kuitenkaan käsitellä ilman, että menetetään teräslaaduilta vaadittuja ominaisuuksia. Eri teräslaaduilta vaadittavien ominaisuuksien saavuttamiseksi teräspanoksia joudutaan seostamaan käsittelyasemilla lisäämällä käsittelyn yhteydessä tarvittavat raaka-aineet.

Tämän opinnäytetyön tutkimuksen tuloksista kävi ilmi, että lisätyillä seosainemäärillä ja seosaine-erien määrällä on niiden kasvaessa selvä teräksen virtausta terässenkasta heikentävä vaikutus. Teräkseltä haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi joudutaan teräspanoksia ajoittain seostamaan huomattavan suurilla seosainemäärillä verrattuna keskiarvollisiin määriin. Vastaavanlaiseen tutkimukseen en tietoperustaa laatiessani törmännyt, joten vertailukohtaa saatua tulosta kohtaan ei ole.

Käsittelyn keston vaikutukset näkyvät tämän tutkimuksen tuloksissa selvästi. Vastaavanlaisiin tutkimuksiin en myöskään näiden tulosten kohdalla tietoperustaa laatiessani törmännyt, joten vertailukohtaa tuloksille ei näidenkään tulosten osalta ole. Tutkimuksen tuloksissa korostuvat etenkin sulatukset, joita on jouduttu seostamaan määrällisesti keskiarvoa enemmän. Näissä tapauksissa käsittelyajat ovat jääneet selvästi keskiarvosta. Käsittelyn kokonaiskesto ei kuitenkaan paljasta käsittelyn aikaista sekoituksen intensiteettiä eli sitä, miten voimakasta terässeoksen huuhtelu terässenkan pohjassa sijaitsevien suuttimien kautta argonkaasulla on käsittelyn aikana ollut. Selkeänä johtopäätöksenä tutkimuksen tulosten perusteella voidaan kuitenkin todeta, että yhtenä merkittävimpänä teräksen virtausongelmia aiheuttavana juurisyyinä on riittämätön ajallinen teräksen senkakäsittely.

Teräksen valmistus on monivaiheinen prosessi, jossa monen osatekijän täytyy olla kunnossa, että saavutetaan haluttu lopputulos (Thomas 2000 ,1). Sarjatuotannossa teräksen senkkakäsittelylle on varattuna rajallinen aika, jonka rajoissa teräspanos on saatava valmiiksi ja toimitettava valukoneelle valuun. Ajoituksen onnistuminen on tärkeässä roolissa sujuvan tuotannon turvaamisessa. Teknisten laitevikojen ja prosessihäiriöiden ilmaantuessa teräksen senkkakäsittelylle jäävä aika lyhenee, mikä tämän opinnäytetyön tulosten mukaan kasvattaa riskiä teräksen huonolle virtaukselle terässenkasta.

Tiedolla johtamisen keinoin virtausongelmien juurisyiden tunnistaminen on mahdollista. Tuotannonohjausjärjestelmiin kertyy jatkuvasti valtavat määrät rakentetonta dataa, jota jalostamalla saadaan luotua informaatiota. Informaatio saadaan tietämykseksi antamalla sille tarkoitus ja yhdistelemällä luotua tietoa ja tiedon taustalla olevia mekanismeja se voidaan muuttaa oivalluksiksi (Tedeschi 2019, 15). Kun ymmärretään virtausongelmien ratkaisemisen kannalta olennaiset tietotarpeet ja luotetaan tiedolla johtamisen prosessiin, voidaan virtausongelmienkin poistamiseksi löytää toimivia ratkaisuja.

7.2 Kehitysehdotukset

Virtausongelmat ovat monisyinen ongelma, joiden välttämiseksi monen teräksen valmistuksen osa-alueen täytyy onnistua, ettei virtausongelmia ilmenisi. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, etteikö virtausongelmiin olisi mahdollista löytää ratkaisua, jolla ongelmat saataisiin poistettua. On ensiarvoisen tärkeää jatkaa mahdollisten virtausongelmia aiheuttavien tekijöiden kartoittamista ja tutkimista.

Virtausongelmien ilmenemisen kannalta on tärkeää huolehtia valmistuksessa käytettävien koneiden ja laitteiden kunnosta. Laiteviat ja prosessihäiriöt ovat yleisin syy, miksi teräksen senkkakäsittely jää ajallisesti lyhyeksi. Säännöllisesti tehtävien koneiden ja laitteiden huolloin ja kunnan tarkkailuin varmistetaan niiden toimintavarmuus ja ennakoitua huoltotarpeet. Toimivan välineistön avulla turvataan tasainen tuotanto ja luodaan mahdollisuudet tuotannon ajoituksessa onnistumiselle.

Laitevikojen ja prosessihäiriöiden ilmetessä senkkakäsittelyssä tulee viipymättä ilmoittaa valukoneen ohjaajalle ongelmista. Näin senkkakäsittelyn loppuun saattamiseksi saadaan kaikki mahdollinen tarvittava lisäaika valukoneen nopeutta pudottamalla. Tässäkin tulee tuki huomioida laadittu ohjeistus ja toimia sen sallimissa rajoissa. Ilmenneet viat ja muut häiriöt tulee viipymättä selvittää ja niiden korjaukselle järjestettävä tarvittava huoltoväli.

Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin tuotannonohjausjärjestelmistä saatua data-aineistoa, jota kertyy koneista ja laitteista mittareiden ja raportointijärjestelmien kautta. Ensiarvoisen tärkeää on pitää myös nämä järjestelmät ja mittalaitteet ajan tasalla tarvittavin huolloin ja päivityksin. Tällä varmistetaan tulevaisuudessa hyödynnettävien aineistojen virheetön laatu. Tilanteissa, joissa automaattinen raportointi ei toimi, tulee kiinnittää erityistä huomiota järjestelmiin manuaalisesti merkattavista arvoista ja niiden oikeellisuudesta.

Tutkimuksen tulosten pohjalta yhtenä huonon teräksen virtauksen juurisyynä voidaan pitää teräspanosten yliseostusta. Molemmissa tutkimuksen kohteena olleista suoritustavoista huono-kategorian omaavien sulatusten keskiarvolliset seostusmäärät ylittävät selkeästi kaikista sulatuksista lasketun käytetyn seosainemäärän keskiarvon (kuviot 36 ja 40). Teräksen virtausongelmien kannalta on tärkeää seostaa teräspanoksia vain tarvittun verran, eikä pyrkiä korjaamaan teräsnäytteen laboratorioanalyysistä saatuja pitoisuusarvoja lähelle maksimi-arvoja.

Sulatuksissa, joihin joudutaan lisäämään paljon seosaineita tai seosaineita useammassa erässä, tulee huolehtia riittävän pitkistä sekoituksesta seosaine-erien lisäysten välissä. Näin varmistutaan, että lisätyt seosaineet sekoittuvat kunnolla. Työohjeiden noudattaminen on ensiarvoisen tärkeää ja tästä on hyvä muistuttaa myös prosessissa työskenteleviä operaattoreita. Tutkimustuloksissa esiin nostetut vuorokohtaiset erot voivat osin selittyä työohjeistuksista poikkeamisilla.

Välisenkkojen virtauksen kategoriointiin luotua Excel-kaavaa tulee hienosäätää. Tähän opinnäytetyöhön luotu kaava rajaa pois kaikki välisenkkatiedot, joissa välisenkan stoppari on asennettu asentoon yli 50%. Tämän rajauksen voisi poistaa, jolloin se huomioisi välisenkkatiedot, joissa mediaanin ja 0-kohdan erotus on yli

30 ja stopparin maksimi arvo yli 85. Tämä kasvattaisi tutkittavaa joukkoa ja huono-kategorian omaavien sulatusten osuutta, sillä niin moni stopparin on asennettu 0-kohdaltaan yli 50%:n.

Jotta stopparin asennus ohjeistuksen mukaiseen 0-kohtaan olisi helpompaa, tulee välisenkan stopparin käsivarrenmekanismien kunto ja oikeaa 0-kohtaa osoittavat merkit tarkastaa. Vialliset mekanismit on syytä vaihtaa uusiin tai huollettava kuntoon. Kun stoppari on asennettu oikeaan 0-kohtaan, voidaan olla varmoja siitä, että korkeat stopparin prosentit ovat merkki huonosta teräksen virtauksesta välisenkasta.

7.3 Luotettavuuden ja eettisyyden arviointi

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Tutkimuseettisen neuvottelukunnan (2023) laatimien hyvien tieteellisten käytäntöjen mukaisesti, noudattaen rehellisyyttä, huolellisuutta ja tarkkuutta sekä tutkimustyössä että tulosten tallentamisessa ja esittämisessä. Tutkimusaineistosta laadittiin aineistonhallintasuunnitelma (liite 4) Lapin AMK:n ohjeistuksen mukaisesti.

Tämän opinnäytetyön luotettavuutta haastatteluaineiston osalta arvioidaan reliabiliteetin ja validiteetin perusteella. Reliabiliteetti viittaa tulosten toistettavuuteen, eli siihen, että samat tulokset saavutetaan, jos tutkimus toistetaan toisen tutkijan toimesta. Tutkimus on reliabiliteetin osalta tarkka ja luotettava, jos se antaa samat tulokset toistettaessa. Validiteetti puolestaan tarkoittaa sitä, että tutkimus käsittelee juuri niitä asioita, joita on tarkoitus tutkia. Validiteetin osalta tutkimus on luotettava, kun tutkijan laatimat kysymykset vastaavat tutkimuskysymykseen eikä niiden ymmärtämisessä esiinny tutkijan ja haastateltavan välillä eroavaisuuksia. (Hirsjärvi ym. 2018, 231–232.) Tarkastelemalla kriittisesti opinnäytetyön eri vaiheiden toteuttamista ja tuloksia voidaan parantaa tulosten laatua ja luotettavuutta. Kriittisen tarkastelun avulla voidaan ehkäistä virheiden ja vääristymien synty tutkimuksen eri vaiheissa. (Ojasalo ym. 2014, 138.)

Tämän opinnäytetyön prosessin vaiheiden eteneminen on pyritty kuvaamaan lukijalle tarkasti, ettei lukijalle jäisi epäselvyyksiä, kuinka eri tulkintoihin on tutkimuksessa päädytty. Tutkimuksen eri vaiheissa kerättyä aineistoa on tarkasteltu

kriittisesti. Tässä opinnäytetyössä hyödynnettiin sekä laadullista että määrällistä aineistoa ja käytettiin triangulaatiomenetelmää, jonka Kananen (2013, 33–34) näkee tutkimuksen luotettavuuden kannalta parantavana menetelmänä. Eri menetelmiä hyödyntäen pyritään saamaan tutkittavasta kohteesta tai ilmiöstä kokonaisvaltaisempi kuva tai vahvistusta samalle tutkimustuloksille.

Avoimiin haastatteluihin valittiin sekä teräksen valmistuksen että aihion valmistuksen prosessinkehityksestä vastaavia henkilöitä yhteensä viisi kappaletta. Heistä kolme työskentelee teräksen valmistuksen senkkakäsittelyn asiantuntijoina ja kaksi aihion valmistuksen asiantuntijoina. Valitut henkilöt muodostivat kattavan ryhmän haastatteluja varten. Haastattelut suoritettiin avoimina haastatteluina ja haastateltaville toimitettiin asialista ennen haastattelutilaisuutta. Haastateltaville annettiin kaikki tarvittava tieto tutkimukseen liittyen ja haastatteluaineistoa käsiteltiin luottamuksellisesti. Avoimia haastatteluja järjestettiin yhteensä kolme kertaa. Asiat ja teemat alkoivat toistua aineistossa, joten tutkimuksen tuloksia voidaan pitää luotettavina. Kun haastatteluissa ei enää synny tutkimusongelman kannalta uutta tietoa ja asiat alkavat haastatteluissa toistua puhutaan saturaatiosta (Hirsjärvi ym. 2018, 182.)

Data-analyysia varten kerätyn aineiston luotettavuuteen vaikuttavat monet tekijät. Yksi aineiston luotettavuuteen vaikuttava tekijä on sen laatu. Aineisto on kerätty tuotannonohjausjärjestelmistä toimeksiantajan toimittaman makron sekä Microsoft Queryn ODBC:n kautta tietojen tuontia hyödyntäen. Tietojen keräystapaa voidaan pitää luotettavana, sillä sen avulla inhimilliset virheet voidaan minimoida. On kuitenkin vaikea todentaa, että tuotannonohjausjärjestelmistä kerätty data on raportoitu järjestelmiin oikein. Datasta saattaa puuttua sulatuskohtaisia tietoja tai ne ovat voineet kirjautua väärille sulatuksille. Kerätty data-aineisto käytiin läpi ennen analyysia ja aineistolle tehtiin pistokokeita datan oikeellisuuden varmistamiseksi. Puuttuneet sulatuskohtaiset tiedot, jotka täytyi tuoda aineistoon manuaalisesti, tarkistettiin kahteen kertaan.

Toinen data-analyysiin luotettavuuteen vaikuttava tekijä on datan määrä. Suoritetussa aineiston analyysissä hyödynnettiin sulatustietoja, joita oli kertynyt yhteensä 19644 sulatuksesta. Tarkempaan suoritustapojen tutkimukseen valikoitu

kaksi suoritustapaa, joiden yhteenlaskettu osuus kokonaissulatusmääristä vastaa hieman vajaata kolmannesta kaikista valetuista sulatuksista. Määrää voidaan pitää luotettavana, sillä yksittäiset virheellisesti raportoidut tai määritellyt arvot eivät vaikuta tuloksiin merkittävästi.

7.4 Oman osaamisen kehittyminen

Tämä opinnäytetyöprosessi on ollut monella tapaa omaa osaamistani kehittävä kokemus. Erityisesti lähteisiin perustuvan kirjoittamisen ja analyysimenetelmien hyödyntämisen koen parantuneen merkittävästi prosessin aikana.

Lähteisiin perustuvaan kirjoittamiseen perehdyin Lapin ammattikorkeakoulun ohjeistusten ja koulun tarjoamien kurssien kautta. Tämän lisäksi apuna oppimisessa oli muiden opinnäytetöitä ja lähdekirjallisuutta. Koen, että oma kirjoittamisen tasoni on parantunut prosessin aikana ja itse kirjoittaminen on sujuvampaa ja lähdemateriaalin hyödyntäminen hyvällä tasolla.

Sisällönanalyysin tekeminen oli itselleni uusi kokemus. Sen opettelin lähdekirjallisuuden ja opinnäytetyön ohjaustilaisuuksista saatujen vinkkien kautta. Sisällönanalyysin tekeminen osoittautui aikaa vieväksi prosessiksi, mutta sitäkin antoisammaksi. Käyttämällä tähän enemmän aikaa työni rajaus selkeytyi itselleni tarkemmaksi.

Data-analyysin suoritin Microsoft Power Bi työkalun avulla. Aiempaa kokemusta kyseisestä ohjelmistosta ei juurikaan ollut, mutta koen taitojeni kehittyneet opinnäytetyöprosessin aikana. Ensimmäistä kertaa käytin myös Excel-tietojen tuonnissa makroa apuna ja Microsoft Query:n kauttakkin tietojen tuonti oli itselleni uutta. Vastaavanlaisia valtavia data-aineistoja en ole aikaisemmin analyysija varten kerännyt. Opín tästä sen, että kerää vain se data, mitä meinaat oikeasti hyödyntää. Valtavien datamassojen kerääminen mitä tahansa kautta on aikaa vievää hommaa ja vielä hitaampaa on sen läpikäynti mahdollisten virheiden varalta. Tiedostokokojen kasvaessa liian suuriksi tietojen prosessointikin käy yhä hitaammaksi.

Ennen opinnäytetyöhön ryhtymistä en omannut aiempaa tietämystä virtausongelmien aiheuttajista, vaikka olen työskennellyt yli kymmenen vuoden ajan aihion valmistuksen tuotanto-osastolla. Virtausongelmat sinällään olivat tuttu käsite ja ymmärsin sen, mitä sillä käytännössä tarkoitetaan. Opinnäytetyöprosessin myötä ymmärrys teräksen valmistukseen ja virtausongelmien aiheuttajiin liittyen on kasvanut valtavasti.

7.5 Jatkotutkimuksen aiheita

Opinnäytetyöprosessin aikana nousi esiin seuraavanlaisia ideoita mahdollisiin jatkotutkimuksiin liittyen. Virtausongelmia tarkasteltaessa senkkakäsittelyn ajallisen kokonaiskeston osalta ei paljastu, millaisella intensiteetillä käsittelyn aikainen sekoitus on suoritettu. Sekoituksen intensiteetti on olennainen osa arvioitaessa teräksessä olevien haitallisten sulkeumien siirtymistä teräksen pinnalla olevaan kuonakerrokseen käsittelyn aikana. Senkkakäsittelyn kokonaiskeston ja sekoituksen intensiteetin välistä suhdetta teräksen virtauksen kategorioiden muodostumiseen olisi mielestäni syytä tutkia. Tätä tutkimalla voisi saada selville optimaalisen sekoituksen intensiteetin ja suoritustapakohtaiset minimi-käsittelyajat.

Seosaine-erien välisen sekoituksen keston ja intensiteetin tutkiminen voisi olla myös tutkimisen arvoista. Tässä tutkimuksessa ilmeni merkittäviä poikkeamia vuorojen välillä senkkakäsittelyn ajallisten kokonaiskestojen välillä. Aina kun seosaineita lisätään, on tärkeää antaa näiden liukenemiselle aikaa rauhallisen sekoituksen ohella. Tutkimalla seosaine-erien välisen sekoituksen kestoa saataisiin selville, kuinka hyvin nykyisiä senkkakäsittelyn työohjeita noudatetaan tällä hetkellä ja mikä ohjeistuksesta poikkeamisen vaikutus on teräksen virtaukselle.

LÄHTEET

Alatarvas, T. 2018. Evolution on inclusion population in calcium treated ultra-high strength steels. Novel applications of sample data treatment. Väitöskirja, Oulun yliopisto. Viitattu 30.11.2023 <http://urn.fi/urn:isbn:9789526220987>.

Antola, T. 2023a. Kuonapuhautauden hallinta. Teräksen valmistus -koulutus, SSAB. 26.5.2023. Viitattu 10.4.2024 Yrityksen sisäinen koulutusmateriaali.

Antola, T. 2023b. Senkkakäsittelyt ja niissä tapahtuvat ilmiöt. Teräksen valmistus -koulutus, SSAB. 26.5.2023. Viitattu 11.3.2024 Yrityksen sisäinen koulutusmateriaali.

Antola, T. 2023c. Teräksen tiivistäminen ja pintakuonan pelkistäminen -piittömät teräslajit. Laatuvartti, kevät 2023. Viitattu 20.5.2024 Yrityksen sisäinen koulutusmateriaali.

Bhatia, M. K. 2017. Data Analysis and its Importance. International Research Journal of Advanced Engineering and Science, Volume 2 Nro 1 (2017), 166–168. Viitattu 8.8.2024 <https://irjaes.com/wp-content/uploads/2020/10/IR-JAES-V2N1P58Y17.pdf>.

Data Science Process Alliance 2021. Evaluating CRISP-DM for data science. How can you use the classic data science life cycle on your next project? Viitattu 4.7.2024 <https://www.datascience-pm.com/wp-content/uploads/2021/08/CRISP-DM-for-Data-Science.pdf>.

Elo, S., Kajula, O., Tohmola, A. & Kääriäinen, M. 2022. Laadullisen sisällönanalyysin vaiheet ja eteneminen. Hoitotiede, Volume 34 Nro 4 (2022), 215–225. Viitattu 8.5.2024 <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe202301203939>.

Finto 2024. YSO – Yleinen suomalainen ontologia. Viitattu 7.3.2024 <https://finto.fi/ysso/fi/page/p23071>.

Gupta, A., Singh, R., K., Kamble, S. & Mishra, R. 2022. Knowledge management in industry 4.0 environment for sustainable competitive advantage: a strategic framework. Knowledge Management Research & Practice, Volume 20 Nro 6 (2022), 878–892. Viitattu 11.4.2024 <https://doi.org/10.1080/14778238.2022.2144512>.

Heikkinen, E.-P. 2002. Valuputkien tukkeutuminen terästen jatkuvassa valussa: syitä ja seurauksia: kirjallisuusselvitys. Oulu: University of Oulu. Viitattu 23.1.2024 <http://urn.fi/URN:NBN:fi:bib:me:W00093811300>.

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2011. Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Gaudeamus.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2018. Tutki ja kirjoita. 22. painos. Helsinki: Tammi.

Holappa, L. 2014. Secondary Steelmaking. Teoksessa S. Seetharaman (toim.) Treatise on Process Metallurgy, Volume 3 (2014), 301–345. Oxford: Elsevier. Viitattu 10.4.2024 <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-096988-6.00012-2>.

Holappa, L. & Wijk, O. 2014. Inclusion Engineering. Teoksessa Seshadri Seetharaman (toim.) Treatise on Process Metallurgy, Volume 3 (2014), 347–372. Oxford: Elsevier. Viitattu 10.4.2024 <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-096988-6.00008-0>.

International Organization for Standardization 2018. Knowledge management systems – Requirements. First Edition 2018-11. Geneve: Iso copyright office. Viitattu 7.10.2024 <https://www.iso.org/standard/68683.html>.

Jyväskylän yliopisto 2021. Määrällinen analyysi. 28.10.2021. Viitattu 8.5.2024 <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/aineiston-analyysimenetelmat/maarallinen-analyysi>.

Kananen, J. 2013. Case-tutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja. Tampere: Suomen Yliopistopaino Oy.

Koponen, J., Hilden, J. & Vapaasalo, T. 2016. Tieto näkyväksi: Informaatiomuotoilun perusteet. Helsinki: Aalto-yliopisto.

Kosonen, M. 2019. Tiedolla johtamisen käsikirja. Kaakkois-suomen ammattikorkeakoulu. Viitattu 11.12.2023 <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-344-183-5>.

Käpylä, J., & Salenius, H. 2013. Tietojohdajan taskukirja. Tietojohdamisen näkökulmia aluekehittämiseen. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Tietojohdamisen tutkimuskeskus Novi. Viitattu 11.12.2023 <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-3103-3>.

Laihonen, H., Hannula, M., Helander, N., Ilvonen, I., Jussila, J., Kukko, M., Kärkkäinen, H., Lönnqvist, A., Myllärniemi, J., Pekkola, S., Virtanen, P., Vuori, V., & Yliniemi, T. 2013. Tietojohdaminen. Tampereen teknillinen yliopisto, Tietojohdamisen tutkimuskeskus Novi. Viitattu 11.12.2023 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-3058-6>.

Lind, M. & Holappa, L. 2010. Transformation of Alumina Inclusions by Calcium Treatment. Metallurgical and Material Transactions B. Process metallurgy and materials processing science. Vol. 41 (2010), 359-366. Viitattu 8.10.2024 <https://doi.org/10.1007/s11663-009-9337-9>.

Louhenkilpi, S. 2014. Continuous Casting of Steel. Teoksessa S. Seetharaman (toim.) Treatise on Process Metallurgy, Volume 3, 373–434. Oxford: Elsevier. Viitattu 5.4.2024 <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-096988-6.00007-9>.

Mansoori, S. A., Salloum, S. A. & Shaalan, K. 2021. The Impact of Artificial Intelligence and Information Technologies on the Efficiency of Knowledge Management at Modern Organizations: A Systematic Review. Teoksessa M. Al-Emran, K. Shaalan & A. E. Hassanien (toim.) Recent Advances in Intelligent Sys-

tems and Smart Applications. *Studies in Systems, Decision and Control*, Volume 295 (2021), 163–182. Cham: Springer. Viitattu 18.4.2024 http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-47411-9_9.

Ojasalo, K., Moilanen, T. & Ritalahti, J. 2014. Kehittämistyön menetelmät: uudenlaista osaamista liiketoimintaan. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Regulski, K., Kluska-Nawarecka, S. & Wilk-Kolodziejczyk, D. 2014. Codification as Part of Knowledge Management in Research Projects in the Field of Metallurgy. *Applied Mechanics and Materials*, Volume 708 (2014), 288–293. Viitattu 11.4.2024 <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.708.288>.

Sipola T. 2022. Datavetoisen hankkeen vaiheistus. Tech to the Future. 15.12.2022. Viitattu 5.7.2024 <https://blogit.jamk.fi/techtothefuture/2022/12/15/datavetoisen-hankkeen-vaiheistus/>.

SSAB 2022. Valajan käsikirja. Viitattu 29.5.2024. Yrityksen sisäinen koulutusmateriaali.

SSAB 2023a. SSAB Europe. Viitattu 20.11.2023 <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/liiketoiminta/ssab-europe>.

SSAB 2023b. SSAB lyhyesti. Viitattu 20.11.2023 <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti>.

SSAB 2023c. SSAB:n Raahen tehdas. Viitattu 20.11.2023 <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/tuotantopaikkakunnat-suomessa/raahe>.

SSAB 2024. Kohti fossiilivapaata terästuotantoa. Viitattu 3.4.2024 <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/tuotantopaikkakunnat-suomessa/raahe/kohti-fossiilivapaata-terastuotantoa>.

Sulasalmi, P. 2016. Modelling of slag emulsification and slag reduction in CAS-OB process. Väitöskirja, Oulun yliopisto. Viitattu 12.3.2024 <https://urn.fi/URN:ISBN:9789526214160>.

Sulasalmi, P., Visuri, V.-V., Kärnä, A., Järvinen, M., Ollila, S. & Fabritius, T. 2016. A Mathematican Model for the Reduction Stage of the CAS-OB Process. *Metallurgical and materials transactions. B, Process metallurgy and materials processing science*, Vol. 47 Nro 6 (2016), 3544–3556. Viitattu 4.4.2024 <https://doi.org/10.1007/s11663-016-0769-8>.

Tedeschi, L. 2019. Mathematical modeling in ruminant nutrition: approaches and paradigms, extant models, and thoughts for upcoming predictive analytics. *Journal of animal science*, Vol 97. Department of Animal Science. A&M University. Texas: College Station. Viitattu 11.12.2023 <https://doi.org/10.1093/jas/skz092>.

Tempsens 2024. Temperature measurement for continuous casting machine. Viitattu 12.3.2024 <https://tempsens.com/blog/temperature-measurement-for-continuous-casting-machine>.

Tervo, H. 2023. Non-metallic inclusions in steels and their effect on the toughness and ductility. Ultra-high-strength steels and high strength offshore steels. Väitöskirja, Oulun yliopisto. Viitattu 30.11.2023
<http://urn.fi/urn:isbn:9789526235493>.

Teräskirja. 2014. Metallinjalostajat ry. Helsinki: Bookwell Oy.

Thomas, B. G. 2000. Continuous casting operation: Fluid flow. Teoksessa A. Cramb (toim.) Making, Shaping and Treating of Steel, Volume 11, chapter 4.3. Pittsburgh: AISE steel foundation. Viitattu 29.5.2024 https://ccc.illinois.edu/PDF%20Files/Reports00/d.reports00/MSTS_fluidv99.9991_noq.pdf.
 Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Tammi.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2023. Hyvä tieteellinen käytäntö. 9.10.2023. Viitattu 1.9.2024 <https://tenk.fi/fi/tiedevilppi/hyva-tieteellinen-kaytanto-htk>.

Vilkka, H., Saarela, M. & Eskola, J. 2018. Riittääkö yksi? tapaustutkimus kuvaajana ja selittäjänä. Teoksessa R. Valli (toim.) Ikkunoita tutkimusmetodeihin 1. Keuruu: Otavan kirjapaino, 190–201.

Wirth, R. & Hipp, J. 2000. CRISP-DM: Towards a Standard Process Model for Data Mining. Viitattu 5.7.2024 <http://www.cs.unibo.it/~montesi/CBD/Beatriz/10.1.1.198.5133.pdf>.

Yandong, L., Tongsheng, Z., Chengjun, L. & Maofa, J. 2019. Thermodynamic and Experimental Studies on Al Addition of 253MA Steel. Teoksessa K. Gryc & J. Falkus (toim.) Refining and Casting of Steel. Metals. 119–126. Basel: MDPI. Viitattu 29.5.2024 <https://doi.org/10.3390/books978-3-03943-435-0>.

LIITTEET

- Liite 1. Tutkimuskysymysten aineistotaulukko
- Liite 2. Sisällönanalyysin esimerkki
- Liite 3. Kuvakaappaus faktataulukon data-aineiston valmistelusta
- Liite 4. Aineistohallintasuunnitelma

Liite 1. Tutkimuskysymysten aineistotaulukko

Tutkimuskysymys	Aineisto
Mitkä työ- tai prosessivaiheet ovat kriittisimpiä teräksen virtausongelmien ilmenemisen kannalta?	Avoin haastattelu
Millaisia eroja virtausongelmien esiintyvyydessä on eri työvuorojen, suoritustapojen ja käsittelyasemien välillä?	Data-aineisto
Millaisia vaikutuksia senkkäkäsittelyn kokonaiskestolla, seosaine-erien määrällä ja lisätyillä seosaineiden kokonaismäärillä on CAS-OB-käsittelyaseman kautta kulkeviin sulatuksiin?	Data-aineisto

Liite 2. Sisällönanalyysin esimerkki

Alkuperäisilmaukset	Pelkistetty havainto	Alaluokka	Yläluokka	Pääloukka	Yhdistäväluokka
Teräksen huuhtelussa käsittelyasemalla voi esiintyä ongelmia. Aina valitut huuhtelukivet eivät toimi ja toisinaan joudutaan turvautumaan lanssihuuhteluun. (H1)	Huuhtelun tekniset laiteviat (H1).	Prosessitekniset syyt / prosessihäiriöt	Teräksen senkkäkäsittely	Teräksen valmistus	VIRTAUSONGELMAT
Seosaineiden syötössä voi toisinaan ilmetä myös teknisiä laitevikoja, joiden johdosta senkkäkäsittelyn prosessi viivästyy. (H1)	Seosaineiden syötön ongelmat (H1).				
Teknisten ongelmien ilmaantuessa pyritään järjestämään käsittelylle lisäaikaa, mutta tästä huolimatta käsittely saattaa jäädä lyhyeksi tai jokin työvaihe saattaa jäädä vaillinaiseksi. (H1)	Lyhyt käsittelyaika (H1).				
Ajoituksen onnistumisen kannalta on tärkeää hyvin toteutettu tuotannonsuunnittelu ja mahdollisimman vähäiset prosessihäiriöt. (H1)	Ajoituksen onnistuminen (H1).				
Konverterin kuonastopparin toiminnalla on havaittu olevan yhteys virtausongelmien esiintyvyyteen. Jos kuonastoppari ei konverterilla toimi, se lisää riskiä virtausongelmien esiintyvyyteen. (H3)	Konverterin kuonastopparin toiminnan merkitys virtausongelmien esiintyvyyteen (H3)	Prosessitekniset syyt / prosessihäiriöt	Teräksen valmistus konverterissa		
		Teräksen koostumuksen hallinta			
		Teräksen kuonan hallinta			
Konverterin pohjapuhalluksen kestolla ei ole aikaisempien tutkimusten perusteella havaittu olevan merkitystä virtausongelmien esiintyvyyteen. (H3)	Konverterin pohjapuhalluksen vaikutus virtausongelmien esiintyvyyteen (H3)	Prosessitekniset syyt / prosessihäiriöt			
Työvaiheet senkkäkäsittelyssä ovat: Teräksen tiivistys (tapahtuu aina alumiinilla), Pintakuonan pelkistys, Seostus, Kuonan hallinta, Teräksen lämmitys & Huuhtelu. (H1)	Teräksen tiivistys työvaihe (H1)	Teräksessä olevien sulkemien hallintaa			
		Teräksen kuonan hallinta			
Äärimmäisen tärkeää on luoda otolliset olosuhteet sulkeumien poistumiselle teräksestä pinnan kuonakerrokseen. (H1)	Otollisten olosuhteiden luonti sulkeumien poistumiselle pinnan kuonakerrokseen (H1)	Teräksen koostumuksen hallinta			
		Teräksessä olevien sulkemien hallinta			
		Teräksen kuonan hallinta			

Liite 3. Kuvakaappaus faktataulukon data-aineiston valmistelusta

SulatusID	SULATUS	VALUNJARIESTYS	Sulatuspäivä	JVKONEID	JV_vuoroID	Konv.vuoroID	Konv.ID	TERASSENKKA	KäsittelyID	CB seoserät	KOK_AIKA	HUUHTELUTAPA	Virtauksen kategoria	AIHIOLAATU_TOT
ID35666	35666	2	1.6.2023	JVK6	2-vuoro JV	2-vuoro konv.	2-konv.	TS05	LP	0	1375	2	Hyvä	0948
ID35668	35668	2	1.6.2023	JVK5	2-vuoro JV	2-vuoro konv.	1-konv.	TS04	CB	2	1851	2	Neutraali	0157
ID35667	35667	3	1.6.2023	JVK6	2-vuoro JV	2-vuoro konv.	2-konv.	TS11	VD	0	1748	2	Hyvä	0948
ID35669	35669	3	1.6.2023	JVK5	2-vuoro JV	2-vuoro konv.	1-konv.	TS15	CB	5	1702	2	Huono	0157
ID35670	35670	4	1.6.2023	JVK6	2-vuoro JV	2-vuoro konv.	2-konv.	TS13	VD	0	2390	2	Hyvä	0948
ID35672	35672	1	1.6.2023	JVK4	2-vuoro JV	2-vuoro konv.	2-konv.	TS18	CB	2	2754	2	Huono	0891
ID35673	35673	2	1.6.2023	JVK4	2-vuoro JV	2-vuoro konv.	2-konv.	TS12	CB	3	1755	2	Hyvä	0891
ID35674	35674	3	1.6.2023	JVK4	2-vuoro JV	2-vuoro konv.	2-konv.	TS11	CB	3	2143	2	Huono	0891
ID35675	35675	1	1.6.2023	JVK5	2-vuoro JV	2-vuoro konv.	1-konv.	TS05	LF	0	1413	2	Hyvä	0982
ID35676	35676	2	1.6.2023	JVK5	2-vuoro JV	2-vuoro konv.	1-konv.	TS13	VD	0	2998	2	Huono	0982
ID35678	35678	1	1.6.2023	JVK6	2-vuoro JV	2-vuoro konv.	2-konv.	TS04	CB	5	1827	2	Hyvä	0218
ID35677	35677	1	1.6.2023	JVK4	2-vuoro JV	2-vuoro konv.	1-konv.	TS15	CB	6	2179	2	Hyvä	0175
ID35679	35679	2	1.6.2023	JVK6	2-vuoro JV	2-vuoro konv.	2-konv.	TS12	CB	5	1659	2	Hyvä	0218
ID35680	35680	2	1.6.2023	JVK4	2-vuoro JV	2-vuoro konv.	1-konv.	TS06	CB	10	2015	2	Hyvä	0175
ID35682	35682	3	1.6.2023	JVK4	3-vuoro JV	2-vuoro konv.	1-konv.	TS11	CB	6	2092	2	Neutraali	0175
ID35683	35683	4	1.6.2023	JVK4	3-vuoro JV	2-vuoro konv.	1-konv.	TS18	CB	5	1274	2	Hyvä	0175
ID35681	35681	1	1.6.2023	JVK6	3-vuoro JV	2-vuoro konv.	2-konv.	TS05	LP	0	1911	2	Neutraali	0980
ID35686	35686	1	1.6.2023	JVK4	3-vuoro JV	3-vuoro konv.	2-konv.	TS04	CB	7	3313	2	Hyvä	0190
ID35684	35684	2	1.6.2023	JVK6	3-vuoro JV	2-vuoro konv.	2-konv.	TS13	LF	0	3644	2	Hyvä	0980
ID35687	35687	2	1.6.2023	JVK4	3-vuoro JV	3-vuoro konv.	2-konv.	TS12	CB	9	1873	2	Hyvä	0190
ID35690	35690	3	1.6.2023	JVK4	3-vuoro JV	3-vuoro konv.	2-konv.	TS18	CB	8	2143	2	Hyvä	0190
ID35685	35685	1	1.6.2023	JVK5	3-vuoro JV	3-vuoro konv.	1-konv.	TS15	LF	0	2845	2	Hyvä	0031



Teräksen virtausongelmien juurisyiden selvittely

SSAB:n Raahan tehtaan terässulatolla

AINEISTONHALLINTASUUNNITELMA

SSAB Europe Oy, Raahе

Kallio Pasi

Opinnäytetyö

Tiedolla johtamisen asiantuntija
Tradenomi (ylempi AMK)

2024

SISÄLLYS

1. Aineiston yleinen kuvaus.....	92
2. Aineiston dokumentointi ja laatu.....	92
3. Säilytys ja varmuuskopiointi	92
4. Säilyttämiseen liittyvät eettiset ja laillisuuskysymykset.....	93
5. Aineiston avaaminen ja pitkäaikaissäilytys.....	93

1. Aineiston yleinen kuvaus

Työssä tullaan hyödyntämään tuotannonohjausjärjestelmistä saatavaa, tuotantokoneista tallennettua dataa. Aineiston keräämisessä tulen saamaan opastuksen työn toimeksiantajalta, jonka jälkeen pystyn keräämään tarvittavaa aineistoa itsenäisesti.

Aineisto tallennetaan sellaiseen tiedostomuotoon, että sitä voidaan hyödyntää helposti organisaatiossa käytettävillä analysointiohjelmilla, kuten Excel, Minitab tai Microsoft Power BI.

Tuotannosta saatavan datan lisäksi työssä pyritään hyödyntämään organisaatiossa aiemmin laadittuja raportteja ja työohjeita, jotka liittyvät tutkittavaan aiheeseen. Näihin annetaan pääsy, kun salassapitosopimus ja opinnäytetyösopimus on allekirjoitettu. Aineistoa voidaan hankkia myös haastattelemalla tuotannon operaattoreita ja asiantuntijoita.

2. Aineiston dokumentointi ja laatu

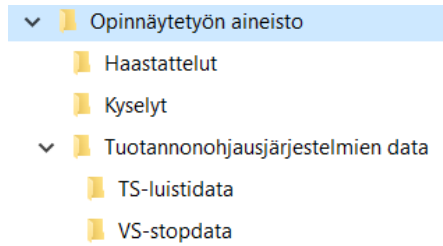
Huolellisella aineiston dokumentoinnilla varmistetaan sen laadukkuus. Otetaan raakadatasta tai alkutilanteesta kopio ja työskennellään kopion kanssa, jos mahdollista. Tarkistetaan, että alkuperäinen tietosisältö säilyy, jos tietoja viedään järjestelmästä, muodosta tai paikasta toiseen.

3. Säilytys ja varmuuskopiointi

Tutkimusaineisto dokumentoidaan yhteen opinnäytetyölle luotuun aineistokansioon työn toimeksiantajan käyttöön antamalle tietokoneelle. Tietokone ja aineistokansio on suojattu käyttäjätunnuksella ja salasanalla. Työn toimeksiantajan IT palveluiden kautta tiedot varmuuskopioidaan jatkuvasti O365 pilvipalvelulla.

Aineistokansioon luodaan erilliset kansiot käytettäville mittareille ja tiedonlähteille. Dokumenteille luodaan looginen tunnistetieto, jotta tiedetään, mitä dokumentti pitää sisällään. Dokumentit päivätään ja versioidaan selkeästi.

Esimerkiksi näin:



Tiedostojen tunnistetietojen luomisessa hyödynnetään kansion ja mittarin nimeä, jonne tallennetaan. Esimerkiksi: TS_luistidata_231123

Tiedoston sisällön koskiessa tiettyä ajanjaksoa tuodaan se esille tiedoston tunnistetiedoissa. Esimerkiksi: TS_luistidata_231123_231223

Aineistoon pääsy on rajoitettu vain opinnäytetyöntekijälle. Tarvittavaa yhteiskäyttöä varten voidaan käyttää ohjaajien kanssa jaettua Teams työtilaa tai verkkolevyä, jolloin siihen pääsevät käsiksi vain siihen oikeutetut henkilöt. Aineisto varmuuskopioidaan toimeksiantajaorganisaation pilvipalveluun.

4. Säilyttämiseen liittyvät eettiset ja laillisuuskysymykset

Opinnäytetyössä käytettävän aineiston omistaa ja käyttöoikeuksia hallinnoi toimeksiantajataho. Opinnäytetyöntekijä tekee salassapitositoumuksen. Opinnäytetyötä varten ei tulla keräämään henkilöihin liitettäviä tietoja. Opinnäytetyöntekijä on sitoutunut noudattamaan samoja eettisyyden, vastuullisuuden ja oikeiden toimintatapojen ohjeita, kuin ammattikorkeakoulukin on sitoutunut noudattamaan.

5. Aineiston avaaminen ja pitkäaikaissäilytys

Työn valmistuttua jää toimeksiantajaorganisaation päätettäväksi, mitä opinnäytetyössä hyödynnetylle aineistolle, luoduille kansioille ja muille dokumenteille tapahtuu. Aineisto tuhotaan automaattisesti toimeksiantajan toimesta toimeksiantosopimuksen päättymisen jälkeen. Mahdollisesti myöhemmin tarvittavaa erikseen määriteltyä aineistoa voidaan jättää talteen verkkolevylle mahdollista myöhempää käyttöä varten.