

## **VALUN AIKAINEN TYPEN NOUSU**

Eetu Routaniemi  
Opinnäytetyö AMK  
Kevät 2026  
KTO22SP1  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Konetekniikka  
Tuotantotekniikka

Tekijä(t): Eetu Routaniemi

Opinnäytetyön otsikko: Valun aikainen typen nousu

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2026

Sivumäärä: 36

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää typpipitoisuuden nousun taustalla olevia syitä, sekä kehittää toimintamalli hälytysjärjestelmän tehokkaammalle hyödyntämiselle. Työ suoritettiin yhteistyössä SSAB Europen kanssa. Työssä tutkittiin typpipitoisuuden nousun vaikutusta, sekä sen yleisimpiä aiheuttajia. Typpipitoisuuden hallinta on terästuotannossa olennainen osa, sillä hallitsematon typpipitoisuuden nousu aiheuttaa sulatusten hylkäyksiä ja tappiota yritykselle.

Aineistojen kerääminen suoritettiin haastattelemalla jatkuvavalulaitoksen henkilöstöä, sekä perehtymällä laitteiston toimintaan. Haastattelujen pohjalta voitiin todeta keskeisimmät ongelmat, jotka vaikuttavat typpipitoisuuden nousuun. Suurimmiksi ongelmiksi nousivat, alasuutiileissä olevat poikkeamat, SS-robotin paikkoitusongelmat, sekä O-renkaan vaihdon epäsäännöllisyys. Lisäksi alkutietojen perusteella voitiin todeta reagoinnin typpipitoisuuden nousun hälytykseen olevan puutteellista.

Tutkimuksen tärkeimpänä tuloksena todettiin, että muokkaamalla nykyistä hälytystä, sekä luomalla ohjeistus hälytyksen jälkeiseen toimintaan pystytään parhaiten tarttumaan ongelmakohtiin, jotka tuotannossa ilmenevät. Ohjaamalla henkilöstöä oikeanlaisiin toimiin voidaan parantaa laatua, sekä voidaan säästyä ylimääräisiltä typpipitoisuuden ylityksiltä ja niiden aiheuttamilta laatuvirheiltä.

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Program in Mechanical Engineering  
Option of Production technology

Author(s): Eetu Routaniemi

Title of thesis: Nitrogen increase during casting

Term and year when the thesis were submitted: spring 2026

Number of pages: 36

In this thesis the aim was to analyze reasons behind the increase in nitrogen content in continuous casting. This thesis was carried out in co-operation with SSAB Europe Oy. Main target for this thesis was to create new alarm limit for the rise of nitrogen content in continuous casting. This would reduce losses in production and improve quality production capacity.

Data collection was conducted through interviews and on field observation. During the interviews and work the biggest problems were identified as a lack of reaction for alarm of nitrogen rise. There are also problems with the cleanliness of the lower nozzle, as well as with the positioning of the robot and the replacement of the o-ring.

The biggest corrective action was to modify the current alert and create work instruction for it. With this guide, you can address problems as soon as they arise, and working is easier when there is actual guidance. Also, the above-mentioned problems were also addressed through joint work instructions.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	3
SISÄLLYS .....	4
SANASTO .....	5
1 JOHDANTO .....	6
2 TERÄSSULATTO JA JATKUVAVALULAITOS .....	8
2.1 Valutapahtuma .....	11
2.2 Typpi .....	12
2.2.1 Typpipitoisuuden nousun seuranta .....	13
2.2.2 Näyte .....	14
2.3 Suihkunsuojaus .....	15
2.4 Kunnossapito .....	19
2.5 XD ja typen nousu hälytys .....	19
3 TYPPIPITOISUUDEN NOUSUN NYKYTILANTEEN KARTOITUS .....	21
3.1 Tilastot .....	21
3.2 Haastattelujen tulokset .....	22
3.2.1 O-rengas .....	23
3.2.2 Robotin paikoittaminen .....	24
3.2.3 Alasuutiili .....	25
3.3 Ennakoiva kunnossapito .....	30
3.4 Valmet hälytys .....	32
3.5 TULOKSET .....	33
4 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	34
LÄHTEET .....	35

## **SANASTO**

JVL- Jatkuvavalulaitos

JVK- Jatkuvavalukone

SS-Robotti- Suihkunsuojarobotti

Alasuutiili- Senkan pohjassa oleva kartio, johon SS-putki kiinnitetään

# 1 JOHDANTO

Työn aiheena on typpipitoisuuden nousun syiden selvittäminen teräksen jatkuvavalun aikana. Työ toteutetaan SSAB:n Raahen tehtaalla jatkuvavalulaitoksella. Nykyisellään typen nousuun reagoidaan puutteellisesti, vaikka valukone siitä hälyttäisi. Typpipitoisuuden ylitys aiheuttaa yritykselle tuotannollisia tappioita ja voi johtaa sulatuksen hylkäykseen tai uudelleen käsittelyyn.

Teräksen valmistuksessa laatu on yksi ratkaisevista tekijöistä. Typpi on teräksen kannalta merkittävä alkuaine, jonka hallinta on haastavaa. SSAB:n Raahen tehtaalla typpipitoisuuden seuranta tapahtuu näytteitä ottamalla. Typpi liukenee herkästi sulateräkseen, jos esimerkiksi suojakaasun käytössä tai suihkusuojuuksessa ilmenee ongelmia. Kohonnut typpipitoisuus vaikuttaa teräksen mekaanisiin ominaisuuksiin ja aiheuttaa laaturvirheitä sekä lisäkustannuksia.

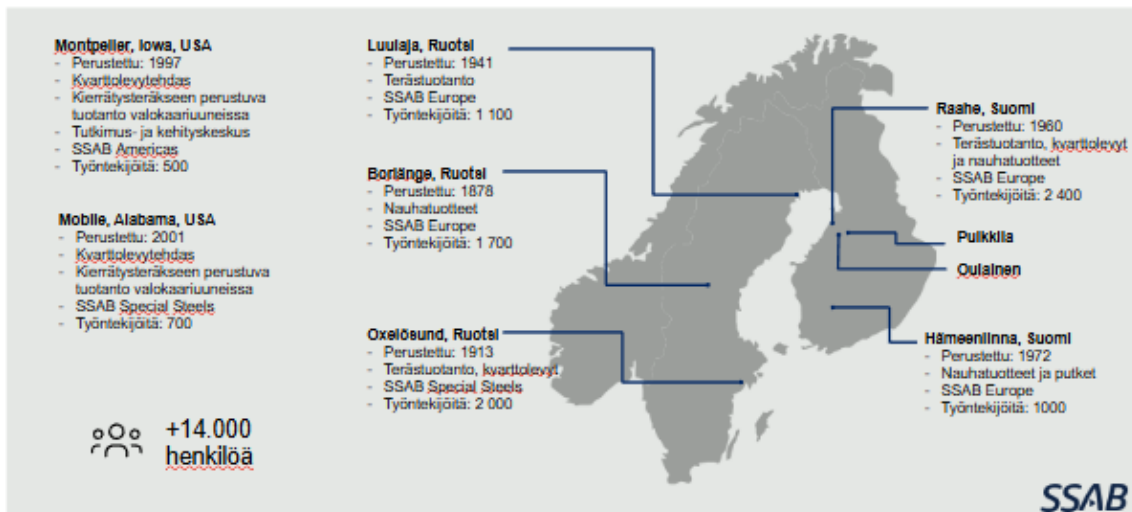
Tämän opinnäytetyön tavoitteena on analysoida typen nousun taustalla olevia syitä sekä kehittää käytännön toimintamalli hälytysrajojen hyödyntämiseksi. Työssä pyritään tarkastelemaan hälytysrajoja ja ohjeistusta sen jälkeiseen toimintaan. Työn aikana selvitetään myös mahdolliset ennakoivat kunnossapitotoimenpiteet, joilla voidaan ehkäistä typpipitoisuuden ylityksiä. Näin voidaan estää ylimääräiset hylkäykset sekä parantaa tuotannon laaduntuottokykyä.

Ennakoiva kunnossapito tapahtuu pääosin kunnossapitohenkilöstön toimesta eikä niinkään operaattoreiden toimesta. Työssä selvitetään vuorojen välisiä eroja sekä mahdollisuuksia parantaa operaattorien osallistumista ennakoivaan kunnossapitoon.

Haastattelu on yleinen tapa tuottaa erilaisia tutkimusaineistoja. Haastatteluiden pohjalta voidaan analysoida tosiasioita ja myös kokemuksia. Tutkimushaastattelussa tärkein tavoite on tuottaa aineistoa ja tietoa työn tueksi, jotta tutkimusongelmaan voidaan kehittää ratkaisu. Tässä työssä haastatteluilla tullaan kartoittamaan nykytilannetta ja sen avulla löytämään kehitysideoita. Haastattelut tullaan pitämään kasvotusten puolistrukturoituna haastatteluna.

## 1.1 SSAB

SSAB on maailmanlaajuisesti toimiva teräsyhtiö, joka erikoistuu erikoislujiin teräksiin. Yrityksen visiona on entistä vahvempi, kevyempi ja kestävämpi maailma. SSAB on jaettu viiteen eri segmenttiin, jotka sisältävät kolme eri divisioonaa: SSAB Special Steels, SSAB Europe ja SSBA Americas, sekä kaksi tytäryhtiötä: Tibnor ja Ruukki Construction. Tällä hetkellä SSAB työllistää noin 14 500 työntekijää yli 50 eri maassa. Yhtiön tuotantokapasiteetti on noin 8,8 miljoonaa tonnia terästä vuodessa. SSAB:n suurimmat tuotantolaitokset löytyvät Borlängestä, Oxelösundista, Luulajassa, Raahessa, Hämeenlinnassa, Montpelierissä ja Mobillessa (kuva 1). (1)(2)(3)

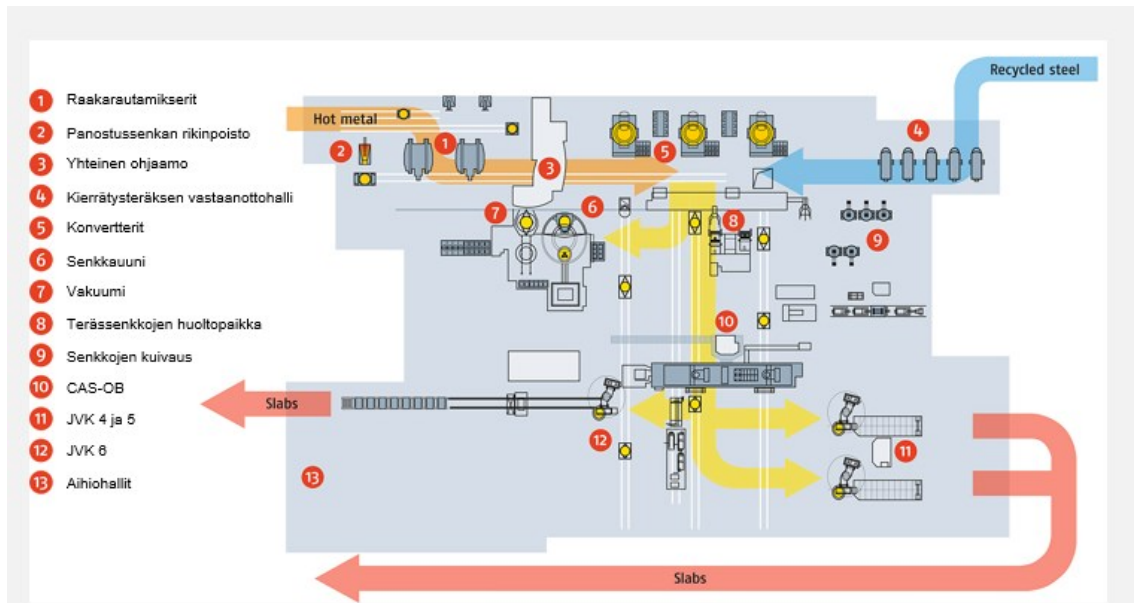


KUVA 1 Tehtaiden sijainnit.

SSAB:n Raahen tehtaalla tuotetaan standardi-, premium- ja erikoisteräksiä. Raahen tehtaan päätuotteita ovat esimerkiksi kuumavalssatut levyt ja kelatuotteet. Laitoksen tuotantokapasiteetti on noin 2,6 miljoonaa tonnia. Raahen tehdas työllistää noin 2500 työntekijää ja kattaa 500 hehtaarin kokoisen alueen. Raahen tehtaalla toimii koksaamo, masuunit, satama, terässulatto, korjaamo, valssaamo ja laboratorio. (2) (3)

## 2 TERÄSSULATTO JA JATKUVAVALULAITOS

Terästuotannossa tehdään raakaraudasta teräsaihoita. Alla kuvattu reitti, jota pitkin sula siirtyy terässulatolla.



KUVA 2 Teräksen kuljetusreitti

Raakarauta kuljetetaan senkoilla masuuneilta sulatolle. Ensin rauta panostetaan mikseriin, joka toimii puskurina ja raudan väliaikaiseen säilöntään tarkoitettuna astiana. Mikseriin mahtuu yhteensä 1300 t terästä ja sulatolla on kaksi mikseriä. (4)

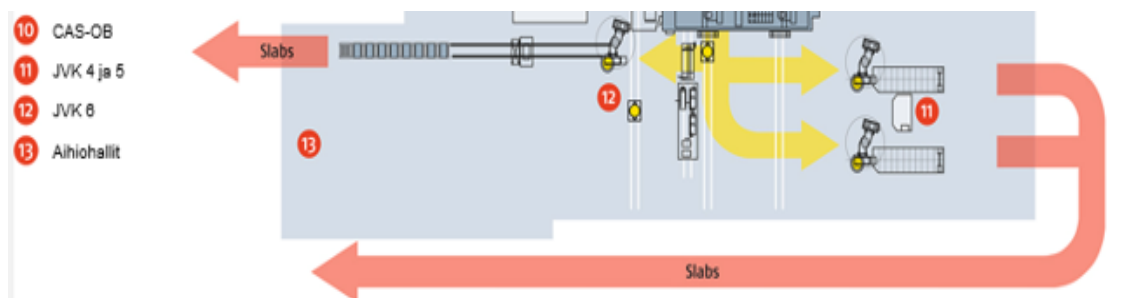
Mikseristä teräs annostellaan toiseen senkkaan, josta se kipataan konvertteriin. Konvertterissa rautaan puhalletaan happea, jolla lasketaan hiilipitoisuus matalalle tasolle ja se muuttuu teräkseksi. (4)



*KUVA 3. Raudan kaataminen konverteriin*

Teräs kuljetetaan seuraavaksi senkkauunille tai CAS-OB-asemalle lämmön ja seosaineiden jälkitäsmäystä varten. Kun teräksen jälkitäsmäys on valmis, teräs kuljetetaan seuraavalle prosessipisteelle, jatkuvavalulaitokselle. (4)

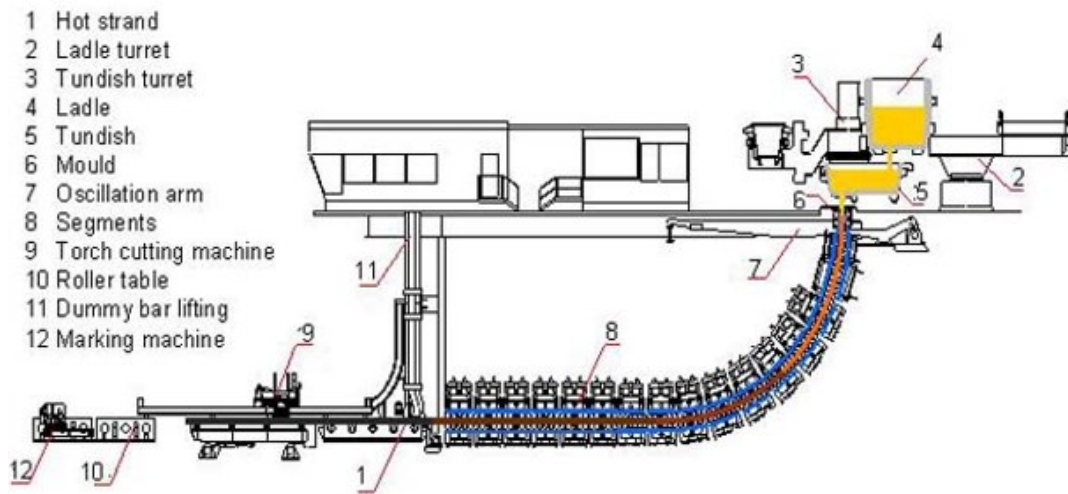
Terässulatolla jatkuvavalulaitos voidaan jakaa kahteen osaan: JVL-1 ja JVL-2.



*KUVA 4 Jatkuvavalulaitos*

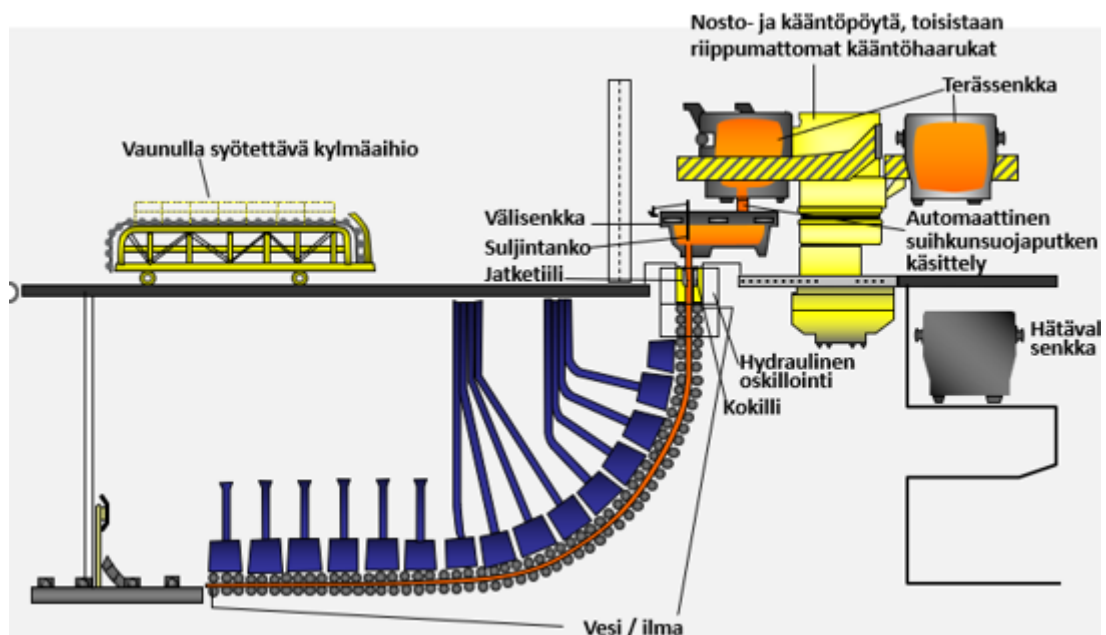
Jatkuvavalulaitos 2 sisältää jatkuvavalukoneet 4 ja 5. Nämä koneet ovat keskenään identtisiä. JVK4- ja 5 ovat yksinauhaisia, kaarevia sarjavalukoneita. Koneet ovat modernisoitu 1999 ja 2000-luvulla. JVK 4-5:lla valetaan ainoastaan paksumutta 210 mm. Kokillin leveys on 900–1900 mm. Kokilli on muotti, johon sulate-  
räs lasketaan ja se jäädyttää teräkseen pintakuoren. (4)

Näillä koneilla valetaan pääasiassa nauha-aihoita. (4)



KUVA 5 Jatkuvavalukone 4/5

Jatkuvavalulaitos 1 sisältää yhden jatkuvavalukoneen, jvk-6. Tämä eroaa toisista koneista, koska se on pystytaivutus kone. JVK-6 on yksinauhainen sarjavalukone. Koneen kaarevuussäde on 10 m ja metallurginen pituus 29,3 m. Jatkuvavalukone 6:lla pystytään valamaan kolmea eri aihion paksuutta, 165, 210 ja 270. Kokillin leveys on 900–2000 mm. Jatkuvavalukone 6:n pääasiassa valettavat aihiot ovat levyaihiot. (4)



KUVA 6 Jatkuvavalukone 6

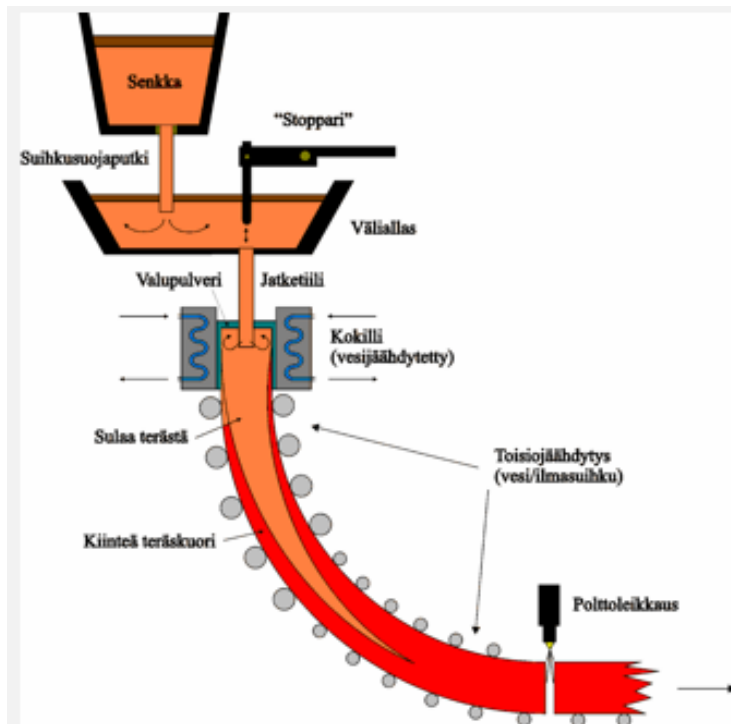
Kun valunauha on leikattu aihioiksi, ne lähetetään aihiohalliin. Halleilla on käytössä hehkutusunit ja -huput eri käsittelyjä varten. Aihiohalleilla suoritetaan aihioiden laaduntarkastus, johon kuuluu makroetsaus, pinnanlaaduntarkastus ja aihion kunnostus. (4)

## 2.1 Valutapahtuma

Jatkuvavalu on prosessi, jossa sula metalli jähmettyy puolivalmisteeiksi eli valunauhaksi, josta valssattavat aihiot leikataan. Jatkuvavalutekniikka on nykyisellään korvannut valannevalun tehokkuutensa vuoksi. (5) (6, s16–17)

SSAB:n Raahen tehtaalla, valukoneella työskentelee ohjaamohenkilö, 2 pikkuvalajaa, vanhin valaja, kaasuleikkaaja, nosturikuski, sekä yleishenkilö. Työ alkaa, kun valajat laittavat välialtaan lämpenemään valutapahtumaa varten. Välialtaan ja jatketiilen tulee olla oikeassa lämpötilassa, jotta valu voidaan turvallisesti aloittaa. Ohjaamo- ja yleishenkilö tiivistävät valukoneen ensin laskemalla kylmäaihion koneeseen ja sitten silikonilla ja narulla tiivistämällä pään kokilliin. Tämän jälkeen kylmäaihion päälle asetellaan romua, jolla suojataan kylmäaihiota. (6, s16–17)

Valukoneen ollessa tiivistetty ja välialtaan lämmennyt terästä voidaan vastaanottaa. Konvertterilta toimitetaan teräs ja jatkuvavalulaitoksen nosturikuski käy noutamassa valmiin senkan. Terässenka nostetaan kääntöpöydälle ja väliallas käännetään valupaikalle. Pikkuvalajat valmistelevat valupulverit ja keskiöivät jatketiilen. Vanhin valaja suorittaa valmistelut terässenkan kanssa ja asentaa robotin avustuksella suihkunsuojaputken ja avaa terässenkan. Välialtaaseen laskeetaan 15 t terästä, jonka jälkeen pikkuvalaja aukaisee välialtaan suljintangon ja aloittaa kokillin täytön. (6, s16–17) (7)



KUVA 7 Valutapahtuma kuvattuna sivusta

Kokillin täytön jälkeen syötetään aloituspulveri ja valukone laitetaan liikkeelle. Valun aikana sulatuksesta otetaan kaksi tai kolme näytettä. Lämpötila mitataan 4 ja 5 koneilla, JVK-6:lla on käytössä jatkuvalämmönmittaus, joka antaa koko ajan tietoa lämpötilasta. Yhden senkan valaminen kestää 28–60 minuuttia. Yleensä valetaan neljän senkan sarjoja, mutta jvk4 ja 5 koneilla pystytään valamaan, jopa 90 sulatusta putkeen. (6, s16–17)

Kun terästä on jäljellä senkassa 4–5 t aloitetaan kuonan poisto kokillista. Terästä ollessa enää 3 t välialtaassa sen suljintanko suljetaan. Valun loputtua välisenkka käännetään pois kokillin päältä ja valunauhan pää jäähdytetään vedellä. (6)

## 2.2 Typpi

Typpi on alkuaine, joka muodostaa 78 % maan ilmakehästä. Teräksen valmistuksessa typpi on ei toivottu alkuaine, koska se huonontaa karkenevuutta ja iskukitkeyttä. Teräkseen sitoutuessaan typpi nostaa jännitystä, aiheuttaa huokoisuuden lisääntymistä ja nitridejä muodostuu, mikä vähentää merkittävästi

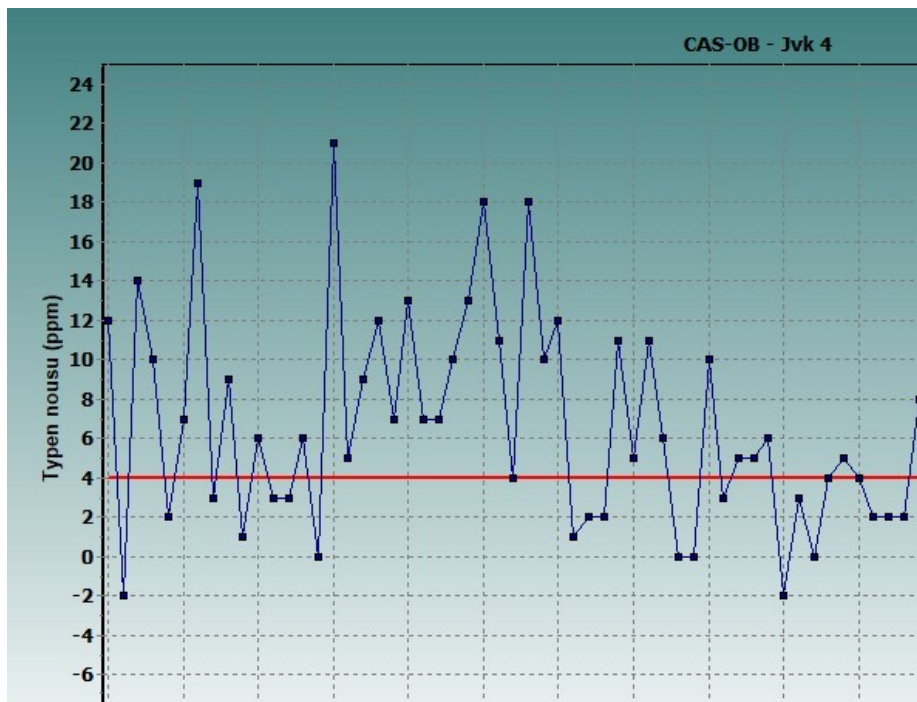
teräksen sitkeyttä. Typpi on yleinen alkuaine, mutta vaikeasti hallittava teräksen valmistuksessa. Typpi liukenee teräkseen herkästi ilmasta, jos sulaa ei ole suojattu asianmukaisella tavalla. (8), (9), (10).

Valun aikana keskeisin asia typpipitoisuuden nousun hallinnassa on suihkunsuojaus. Suihkunsuojauksella tarkoitetaan, kun teräs valutetaan astiasta toiseen, syntyy suihku ja se suojataan ilmalta. Myös valun aloituksessa, kun tyhjään välisenkkaan lasketaan terästä, joutuu se kosketuksiin ilman kanssa. Operaattorit heittävät välisenkkaan pintakuonan muodostajia eli peitosainetta, jotta teräs saataisiin pysymään suojassa. (9), (10).

Välillä mahdollisten ongelmien seurauksena joudutaan valamaan niin sanotusti avosuihkulla, ilman SS-putkea. Tämä johtaa usein typpipitoisuuden nousuun ja välillä myös typpipitoisuuden ylitykseen.

### **2.2.1 Typpipitoisuuden nousun seuranta**

Raahen tehtaalla typpipitoisuuden seuranta tapahtuu näytteitä ottamalla. Näytteitä otetaan konvertterilla, senkkäkäsittelyssä ja jatkuvavalulaitoksella. Sulatolla käytössä oleva Neuvo-ohjelmisto, jonka SPC-välilehdeltä löytyy ”Typen nousu”. (11)



KUVA 8. Kuvassa typennousun seuranta CAS-OB käsittelyllä ja Valettu JVK4:lla.

Neuvon SPC:ltä pystytään tarkastelemaan tyypipitoisuuden nousua eri reiteiltä, senkkauuni, CAS-OB ja vakuumi. Myös valukone kohtainen tarkastelu on mahdollista, kuten yllä olevasta kuvasta voi nähdä. Vasemmalla kuvassa näkyy PPM eli paljonko nousua on tapahtunut. Pisteet ovat merkkejä, sulatuksista ja niiden saavuttamasta tyypipitoisuuden noususta. Aiemmin jo kerrottu 4ppm, jonka kohdalla oranssilinja kulkee, on toivottu tyypipitoisuuden nousu kyseiselle tuotantoreitille. Jos tyypipitoisuuden nousu on toistuvasti suurempaa, kuin määritetyt raja-arvot tai yli 10ppm, tulisi selvittää juurisyy. (12)

### 2.2.2 Näyte

Sulateräsnäytteenotto on tärkeä laatua ohjaava mittaus, joka tehdään oikean sulakoostumuksen saavuttamiseksi. Konvertterilla ja senkkäkäsittelyn aikana otettavat näytteet ohjaavat seostamista ja seostuksen täsmäystä. Jatkuvavaluprosessissa otettava näyte kuvaa sulan lopullista koostumusta. Tämän näytteen perusteella sulatus hyväksytään tai hylätään. Näytteenotto perustuu standardiin SFS-EN ISO 14284. (13)



*KUVA 9 Kuvassa valunäyte.*

Jokaisesta valetusta sulatuksesta otetaan normaalisti vähintään kaksi näytettä. Sarjan ensimmäisestä sulatuksesta otetaan 2-näyte, kun terästä on valettu 20 t kokilliin. Sarjan seuraavista näyte otetaan 25 t kohdalla. Sulatuksesta otetaan välillä uusi 2-näyte. Automaatio ilmoittaa hälytyksellä, jos varsinaisessa 2-näytteen analyysissä näkyy poikkeuksia. Kaikista sulatuksista otetaan 3-näyte, kun terässenkasta on valamatta 10 t (13)

Näytteenottamisen jälkeen se pistetään kapseliin ja lähetetään putkipostilla laboratorioon. Laboratorio ajaa näytteen päätteelle, josta eri aineiden pitoisuuksia seurataan. (13)

### **2.3 Suihkunsuojaus**

Suihkunsuojauksella tarkoitetaan suojausta teräkselle, kun se lasketaan senkasta välialtaaseen. Raahen tehtaalla vanhin valaja huolehtii pääasiassa suihkunsuojauksesta. Vanhin valaja kääntää terässenkan valupaikalle, jonka jälkeen käynnistää manipulaattorin toiminnan. Laserin avulla etsii suutiilen aseman ja robotti ajaa suihkunsuojaputken alasuutiileen paikalleen. Kun paikoittamisessa ilmenee ongelmia, suoritetaan tämä manuaalisesti joystickillä ohjaten. Kun senkka on valettu loppuun, SS-putki irrotetaan ja puhdistetaan hapella. Jos SS-putkessa ilmenee reikiä tai ylimääräistä kulumaa, vaihdetaan putki uuteen. Suihkunsuojaputkella saadaan suojattua teräs ilmalta. Tässä apuna käytetään myös argonia. Argonia syötetään putkeen, koska se syrjäyttää ilman ja estää siten teräksen typpämistä. Ongelmia argonin kanssa voi olla monia. Esimerkiksi letkut voivat olla

huonossa kunnossa ja argonin syöttö häiriintyy tästä. Mahdolliset vuodot kuitenkin pystytään tarkistamaan manipulaattorilta. Argonin syöttö voidaan tarkistaa ilman SS-putkea robottipaneelilta painamalla argon testiä ja nokalta kokeillaan virtaako argon. (14)(15)

Suihkusuojausta voidaan luonnehtia onnistuneeksi, jos typen nousu on, CAS-OB sulatuksilla korkeintaan 4ppm tai sen alle. Senkkauuni ja vakuumin kautta tulevilla korkeintaan 6ppm tai alle. Kun typpipitoisuus nousee yli 10ppm tulisi selvittää juurisyy nousulle. (12)

Suihkusuojausputkessa ilmenevät halkeamat tai reiät altistavat teräksen ilmalle, joka voi johtaa typpipitoisuuden nousuun. Alla kuva halkeamasta SS-putkessa.



*KUVA 10 Kuvassa halkeama suihkunsuojaputkessa*

Alasuutiili on senkan pohjassa oleva kartio, johon SS-putki kiinnitetään. Alasuutiilen kunto on kriittinen, sillä se mahdollistaa hyvän tiivistyksen putken ja tiilen välillä. (15)



*KUVA 11. kuvassa näkyy alasuutiili, johon on laitettu tiiviste paikalleen.*

Välillä valuun tulee terässenkköjä, joiden alasuutiili on todella huonossa kunnossa ja tämä johtaa typen nousuun. Ongelmia myös tuottaa SS-robotti, jolla putki kiinnitetään alasuutiileen. Robotti voi välillä kadottaa paikkansa ja rutata paikalle asetetun tiivisteeseen, joka johtaa typen nousuun. (14)



*KUVA 12. Kuvassa robotti asentaa suihkunsuoja-putkea paikalleen.*

Typen nousun hallinnassa myös keskeistä on terässenkan polttoaukaisu. Välillä valuun saapuu senkka, joka pitää polttaa auki peitsellä. Senkan polttoaukaisu käräyttää alasuutiilen tiivisteiden ja myös altistaa teräksen hetkellisesti ilmalle. Työohjeen mukaan tilanteen jälkeen tulisi laittaa uusi kuitutiiviste paikalleen, joka varmistaisi SS-putken ja alasuutiilen välisen tiiviyden. (12)

## 2.4 Kunnossapito

”Puhuttaessa teollisuuden kunnossapidosta on syytä määritellä, joitakin käsitteitä ja perusteita itse asialle. On eroteltava toisistaan kunnossapidon eritasot, joiden sisältämät toimenpiteet eroavat toisistaan merkittävästi”. Kunnossapidon eritasot voidaan luokitella seuraavasti, korjaava-, ehkäisevä-, ennakoiva-, parantava kunnossapito. Mitä enemmän resursseja priorisoidaan korjaavaan kunnossapitoon verrattuna ennakoiva- ja parantava kunnossapito, sitä epäkypsempää toiminta on. (16)

Ennakoiva kunnossapito on nykyaikainen lähestymistapa koneiden ja laitteiden ylläpitoon, jonka tavoitteena on ehkäistä vikoja ja havaita mahdolliset ongelmat jo ennen kuin ne aiheuttavat suurempia haittoja. Menetelmällä pyritään estämään yllättävät tuotannonkatkokset ja yhtiölle koituvat tappiot. (17)

SSAB:llä on käytössä IFS kunnossapitojärjestelmä. Järjestelmään kirjataan vika-keikat ja esimerkiksi ennakoivat kunnossapitotyöt.

## 2.5 XD ja typen nousu hälytys

Raahen tehtaalla jatkuvavalulaitoksella käytetään Valmetin DNA-ohjelmaa. Ohjelmasta puhuttaessa monesti käytetään nimitystä XD. Ohjelmaa käytetään valukoneen ohjaamossa eri toimintoihin. Valukone antaa hälytyksen, jos typpi nousee yli 10ppm senkkäkäsittelystä valuun. Tuo hälytys ilmestyy ohjaamon näytölle XD:lle. Hälytyksen ongelmana on se, että se hälyttää lähes koko ajan. Hälytystä tulisi kehittää siten, että sen ilmetessä voitaisiin tehdä korjaavia toimenpiteitä. (11)

Uuteen hälytykseen tulisi sisällyttää toinen raja ja näiden täytyessä hälytys laukeaisi. Uusi raja voisi olla esimerkiksi typpipitoisuuden ylitys näytteessä. Tälläkin säästyttäisiin hylkäyksiltä. Kuvitellaan tilanne, jossa valussa on ensimmäinen

senkka. Typpi hälytys tulee mitään ei tehdä ja typpi ylittyy. Seuraavaa sulatusta seuraa sama kohtalo. Kuitenkin, jos hälytys ohjaisi pakolla tekemään toimia voitaisiin tuolta toiselta hylkäykseltä välttyä. Esimerkiksi ensimmäisessä typpipitoisuuden ylitys, mutta hälytyksen ansiosta vaihdettaisiin SS-putki, jolloin välttyttäisiin toiselta hylkäykseltä. (11)

### **3 TYPPIPITOISUUDEN NOUSUN NYKYTILANTEEN KARTOITUS**

Tässä työssä käytetään vahvasti apuna haastatteluista saatuja tietoja. Toteutuksen aikana on haastateltu eri vuoroja sekä tutustuttu tarkemmin suihkunsuojaukseen ja sen vaatimaan laitteistoon. Ongelma on moninainen, sillä siihen liittyy paljon vaikuttavia tekijöitä. Tapaukset, joissa typpipitoisuus on ylitetty ovat myös hyvin yksilöllisiä. Tässä työssä ongelman rajaus on suoritettu jatkuvavalulaitokseen ja tämän osaston mahdollisiin kehityskohteisiin.

Haastattelujen pohjalta voidaan rajata selkeät kohdat, jotka aiheuttavat ongelmia suihkunsuojauksessa. Haastatteluissa on käytetty aina samoja kysymyksiä, jotta keskustelut ovat pysyneet aiheessa. Haastattelujen avulla saatiin hyviä keskusteluja aiheesta ja paljon erilaisia näkökulmia parannuksista.

Työssä lähdettiin selvittämään aluksi vastauksia seuraavaan kysymykseen ”Mikä vaikuttaa typpipitoisuuden nousuun jatkuvavalulaitoksella?” Ja myös ”Mikä aiheuttaa eniten ongelmia suihkunsuojauksen kanssa”. Ensimmäisenä haastattelu suoritettiin toimihenkilöille, joilta löytyy tietoa paljon tietoa aiheesta.

Haastattelut suoritettiin puolistrukturoituna haastatteluna. Ideana on laatia muutamia ennalta määriteltyjä kysymyksiä mutta vastaamisen tapa on vapaamuotoinen. Kysymykset muotoiltiin siten, että ne rajoittavat vastaamista ja ohjaavat aiheen pariin.

#### **3.1 Tilastot**

Typpipitoisuuden nousun aiheuttamia hylkäyksiä vuoden 2025 aikana on tullut yhteensä 56 kappaletta. Näistä yritykselle koituu tappioita vuositasolla merkittäviä määriä. Sulatushylkäysten tilastoinnissa ongelmallista on sen epämääräisyys. Tällä hetkellä ei ole käytössä juurisyyraportointia. Eli miksi ylitys siis oikeasti tapahtui. Tästä syystä on hyvin haastavaa määritellä mistä ylitys johtui. Tutkinnot typpiylityksistä kirjataan sulaton päiväkirjaan, mutta tässäkin tulee

ongelmia vastaan. Yleensä tieto hylkäyksestä tulee pienellä viiveellä ja jälkeen päin on hankala arvioida mistä nousu on johtunut.

### 3.2 Haastattelujen tulokset

Ensimmäisestä haastattelusta alkaen saatiin kerättyä hyvää tietoa mahdollisista poikkeamia aiheuttavista tekijöistä, joilla on vaikutusta typpipitoisuuden nousuun. Yksi yleisimmistä ongelmista on SS-robotin kanssa ilmenevät paikoitusongelmat. Haastatteluissa myös tuli ilmi alasuutiilien huonokuntoisuus valupaikalle saavuttaessa. Laitteiston päivittäisessä kunnossapidossa on paljon eroja henkilöjen välillä. Ongelmana löytyi myös epäsäännöllisyys bajonetin -renkaan vaihdossa. Bajonetti on osa, jota käytetään robotin käden yhdistämiseen SS-putken kanssa.



*KUVA 13. kuvassa bajonetti.*

### 3.2.1 O-rengas

O-rengas vaikuttaa argon syöttöön ja laitteiden väliseen tiiviyteen. Kuva O-renkaasta alla. Jos O-rengas on huono argon ei kulkeudu oikealla tavalla suihkusuojaputkelle. Tämä voi johtaa niin sanottuun pyörittämiseen välialtaassa, joka altistaa teräksen typpipitoisuuden nousulle. Nykyisissä työohjeissa on paljon eriävää tietoa, kuinka usein O-rengas tulisi vaihtaa. Ensimmäisessä työohjeessa ”Typen nousun seuranta, suihkunsuojaus ja SS-putken puhdistus” sanotaan seuraavasti: Robotin ja kehysrenkaiden kuntoa on seurattava. Robotti on kalibroitava tarvittaessa. Vanhan mallinen kehysrengas pitää kääntää, kun rengas on taipunut. Argonyhteen O-rengas on vaihdettava, ilman tiivistettä ei saa valaa. Toisessa työohjeessa sanotaan seuraavaa: ” aina kun SS-putki vaihdetaan, vaihdetaan myös pieni O-rengas.



*KUVA 14 O-rengas*

Työohjetta korjaamalla ja sen läpikäynnillä voitaisiin saavuttaa yhteinen malli O-renkaan vaihdolle. O-renkaan vaihdossa myös ongelmallista on, että JVK4 ja JVK6 paikoilla sen vaihto ilman bajonetin vaihtoa ei ole mahdollista. Robotti tulee sellaiseen asentoon, että työ on mahdoton ilman apuvälineitä.

### 3.2.2 Robotin paikoittaminen

Haastattelujen perusteella robotin paikoittaminen on yksi suurimmista ongelmista. Robotin paikoittaminen tapahtuu laserin avulla. Laserin linssi voi esimerkiksi olla likaantunut, jonka vuoksi robotti ei löydä tiiltä ja aiheuttaa ongelmia.



*KUVA 15. Kuvassa robotti ja suihkunsuojaputki JVK6.*

Paikoituksen kanssa ilmenevä ongelma, voi johtaa seuraavaan. Robotti ajaa suihkunsuojaputken paikalle samalla repäisten tai rutaten tiivisteeseen, jolloin putken ja alasuutiilen yhdistyminen ei ole tiivis. Robotti voidaan ongelmatilanteessa ajaa käsin ohjaten joystickillä. Robotin kalibrointia varten on työohje, jonka avulla operaattorit saavat robotin paikoittamaan itsensä oikeaan asemaan. Kun robottia kalibroidaan siihen, tarvitaan senkka, jotta voidaan käsin ajaa robotti oikealle kohdalle SS-putken laittoa varten. Kalibrointi vie aikaa ja senkan vaihdossa yleensä on aina pieni kiire. Tästä syystä usein kalibrointi suoritetaan vain sarjan ensimmäisellä senkalla.

### 3.2.3 Alasuutiili

Haastattelujen perusteella pystytään toteamaan, että huonot alasuutiilet ovat henkilöstön mielestä suurin yksittäinen tekijä suihkunsuojauksen epäonnistumisessa. Huonossa kunnossa oleva alasuutiili voi johtua mahdollisesta poikkeamasta terässenkkaradoilla tai puutteellisesta putsaamisesta luistinasemalla. Huonokuntoisella alasuutiilellä tarkoitetaan, että siihen on saattanut jäädä ympärille tiivisteen jäämiä tai, jopa lohjennut palasia. On myös mahdollista, että kaadon aikana terästä ja kuonaa on tullut radalle ja alasuutiili on likaantunut siitä syystä.

Valutapahtuman jälkeen terässenikka viedään luistinasemalle, jossa terässenikat kunnostetaan. Alasuutiilelle suoritetaan tuolloin putsaus, sekä tarkastus. Luistinasemalla on työohjeessa määritelty kuvien avulla alasuutiilen putsausta. Valupaikalle saapuessa alasuutiilen puhtaus ja ehjyys ovat kriittisiä suihkusuojauksen onnistumisen kannalta.

Kuvassa 16 on valusta saapunut alasuutiili. Kuvasta voidaan erottaa, kuinka SS-putki on asettunut huonosti ja teräs on päässyt nousemaan tiiltä pitkin.



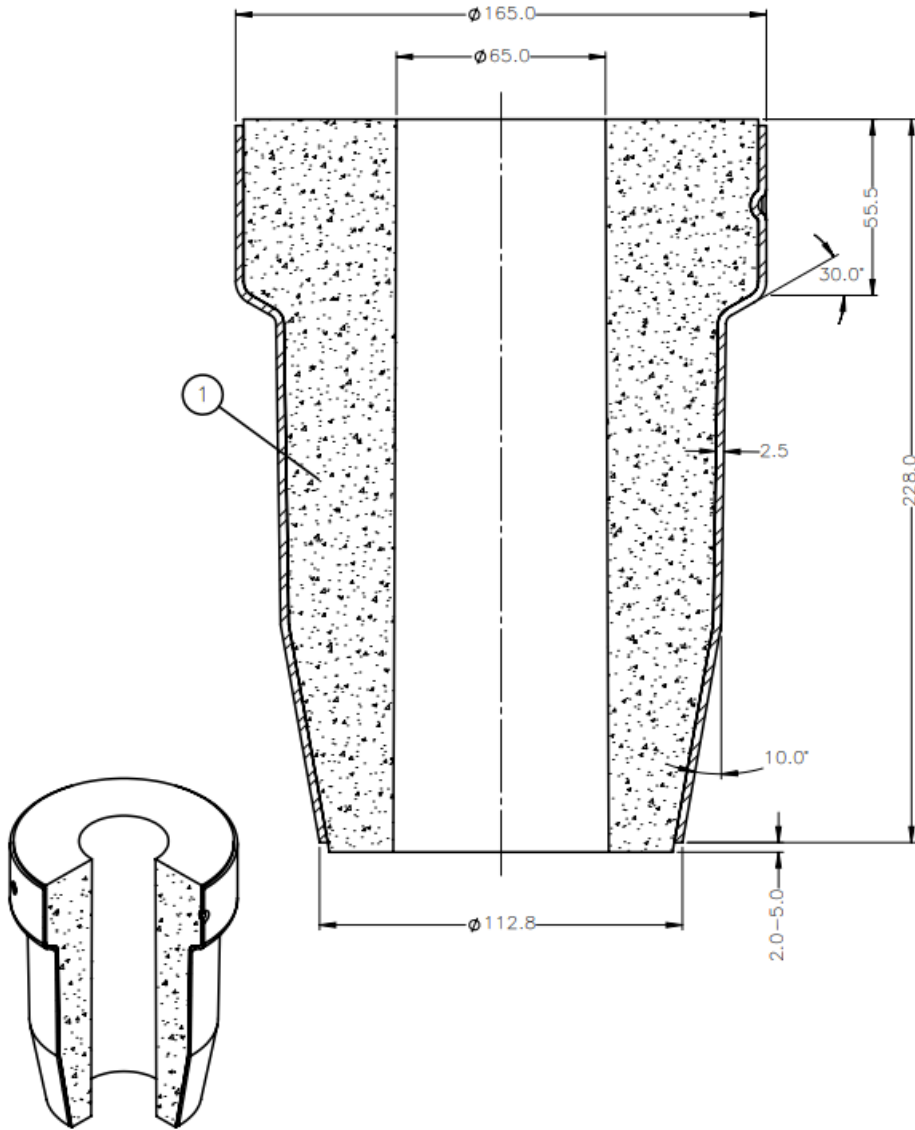
*KUVA 16 alasuutiili*

Kuvassa 16 oleva alasuutiili on, kuitenkin hyväkuntoinen verrattuna yleiseen tasoon. Yllä oleva alasuutiili on käynyt yhdesti valussa, joka myös näkyy sen kunnossa.-Kuvassa 17 näkyy alasuutiili, joka on putsattu ja menossa seuraavaan valuun.



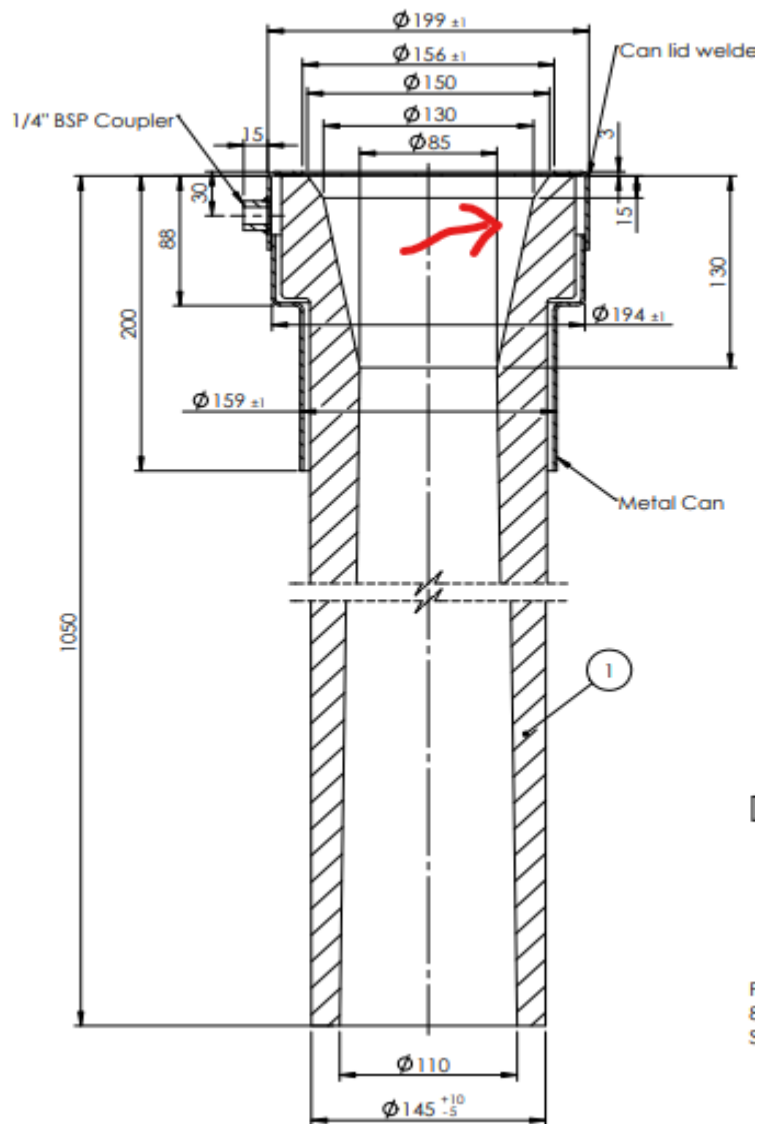
*KUVA 17 puhdistettu alasuutiili*

Ongelmaksi huomattiin teräksen nousu alasuutiiltä pitkin. Ongelmaa tutkittiin piirustusten avulla, jotka on toimittajilta saatu. Piirustuksista tutkittiin alasuutiilen kartion kulmaa ja SS-putken kulmaa. Alasuutiilen piirustuksissa kulma on 10 astetta. SS-putken piirustuksissa kulmaa ei ollut merkitty, joten sen selvittäminen on tehty itse laskemalla. Alla kuva alasuutiilen piirustuksesta, jossa kulma näkyy.



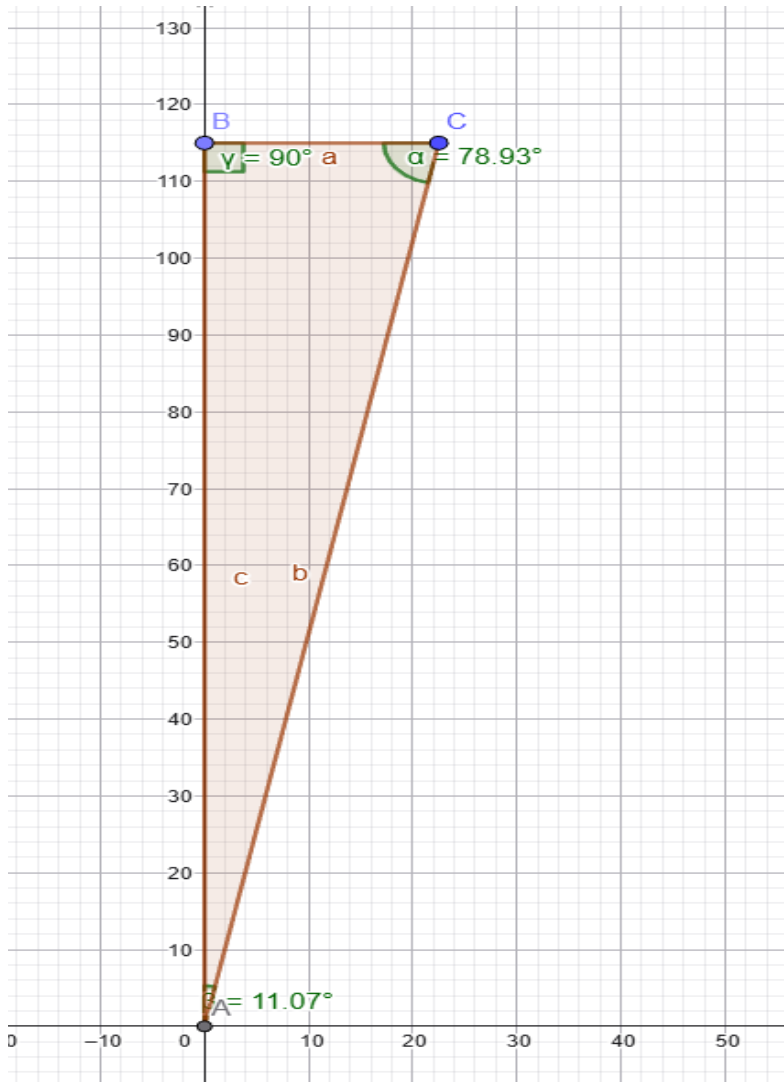
*KUVA 18 alasuuttilen piirustus*

Kuvassa 19 on kuva suihkunsuojaputken piirustuksesta. Kuvaan on nuolella merkitty mitä kulmaa on laskettu.



*KUVA 19 suihkunsuojaputken läpileikkaus*

Kulman selvittämiseen käytettiin apuna GeoGebraa. Sivujen mitat on saatu piirustuksesta. Tangentti on laskettu käyttämällä Pythagoraan lausetta “ $a^2+b^2=c^2$ ” ja tarkistettu GeoGebralla. Kulmaksi saatiin pyöristettynä 11.1 astetta. Näiden erotuksella ei ole merkitystä tiiviyyteen eikä se mahdollista teräksen nousua alasuutiiltä pitkin.



KUVA 20 Kulman laskentaa geogebraalla

### 3.3 Ennakoiva kunnossapito

Ennakoivan kunnossapidon toimintaa tutkittiin seuraamalla huoltopäivänä mekaanikkojen tekemiä töitä, tutkimalla huolto-ohjelmaa, sekä haastattelemalla työntekijöitä. Työssä on myös tutkittu huoltosuunnitelmaa ja yhdessä mietitty olisiko, joitakin töitä, jota voisi siirtää operaattorien vastuulle. Tämä auttaisi yhdessä pitämään laitteistoa hyvässä kunnossa.

Huoltopäivänä löydettiin muutamia huomion arvoisia asioita. Keskusteltiin argonvuoto testauksesta ja nousi esille, että olisi hyvä olla mittari tätä varten. Nykyisellään argontesti tehdään ja hanskalla kokeillaan tuleeko argonia. Ongelmana

kuitenkin, että ei voida tarkkaan arvioida, kuinka paljon tulee ja olisiko mahdollisesti vuotoja. Myös mekaanikkojen työtä seurattaessa huomattiin, että he puhdistavat laserin linssin. Alla kuvassa näkyy, kun laseria huolletaan.



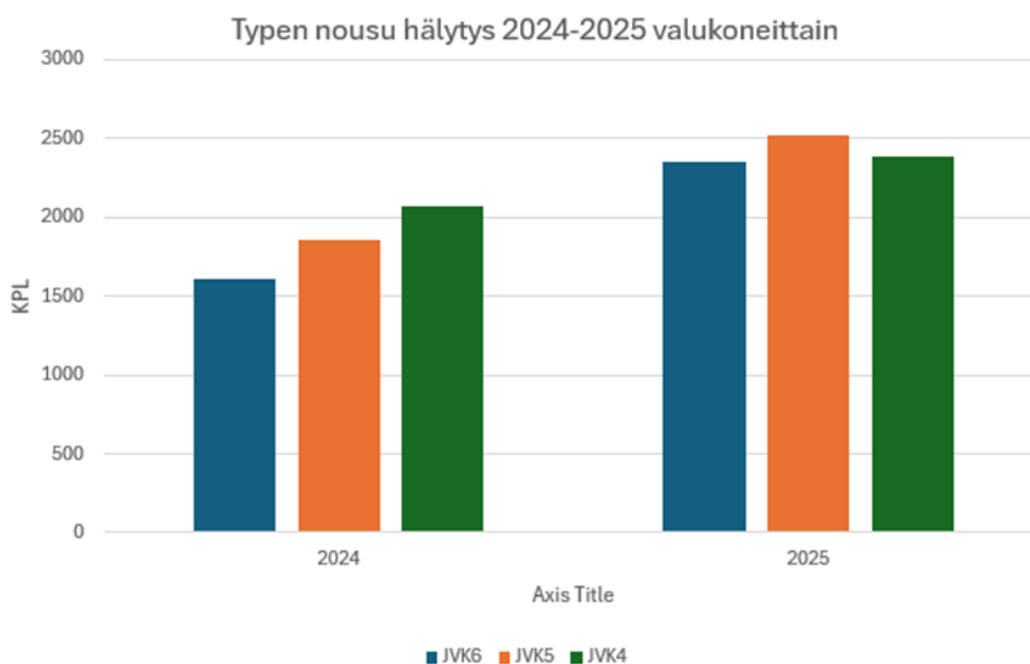
*KUVA 21 Robotin laserinlinssin putsaus*

Työ ei kuulu heidän listaansa, mutta on äärimmäisen tärkeä. Tällä pystytään autamaan SS-robotin paikoittamisen kanssa olevia ongelmia. Työ tulisi lisätä listalle, sillä tällä hetkellä sen suorittaminen riippuu henkilöstä, kuka huoltoa tekee.

### 3.4 Valmet hälytys

Tällä hetkellä valukone antaa hälytyksen typpipitoisuuden noususta. Hälytys annetaan, jos typpipitoisuus nousee 15ppm senkkakäsittelystä valunäytteeseen. Ongelmaksi muodostuu hälytysten tiheys ja niihin reagoimattomuus. Opinnäytetyössä tutkitaan mahdollista toista rajaa, jonka tulisi myös täytyä ennen kuin hälytys tulee päälle. Tällöin voitaisiin operaattorit ohjata vaihtamaan esimerkiksi suihkunsuojaputki. Tarkoituksena olisi tehdä hälytys, jolla saataisiin reagointi aikaan ja säästyttäisiin ylimääräisiltä typpipitoisuuden ylityksiltä.

Nykyistä typpipitoisuuden hälytystä muokattiin opinnäytetyön aikana ja siihen määritettiin toinen raja-arvo. Rajan tavoitteena on vähentää hälytysten määrää ja tällä tavalla mahdollistaa korjaavat toimenpiteet joka kerta. Uusi raja määritettiin aikaisemmin käytyjen keskustelujen perusteella. Hälytyksen aktivoimiseksi tulisi siis saavuttaa 10ppm typpipitoisuuden nousu ja typpipitoisuuden maksimi rajan ylitys. Hälytyksen jälkeinen toiminta on erittäin tärkeää, jotta ylimääräisiltä hylkäyksiltä säästyään. Alla kuvattuna tämänhetkinen tilanne hälytyksen määrissä vuositasolla valukoneittain.



KUVA 22. Tilastoja valukonekohtaisista hälytyksistä

Kuvan perusteella voidaan todeta, että reagointi tällä hetkellä jokaiseen hälytykseen on täysi mahdollisuus.

Hälytyksen luomista varten selvitettiin mitä Neuvon päästä täytyy tuoda Valmetille, että päättely onnistuu. Neuvolta pitää tuoda typpipitoisuuden maksimi raja-arvo, jotta päättely pystytään suorittamaan suoraa Valmetilla.

### **3.5 TULOKSET**

Typpipitoisuuden ongelmien kartoittaminen on hyvin laaja-aihe ja sen perusteella lopputuloksena luodaan työohje aiheesta. Työohjeeseen liitetään uusihälytys, jonka avulla henkilöstöä ohjataan korjaaviin toimenpiteisiin. Työohjeessa on määritellyt kohteet, jotka vanhimman valajan tulisi tarkistaa.

O-renkaalle on määritetty työohjeeseen ohjeistus vaihtoa ja seuranta varten. Seuranta tapahtuu hälytyksen sattuessa ja itse O-rengas vaihdetaan aina bajonetin vaihdon yhteydessä.

Alasuutiili ongelman korjaamiseksi käytiin keskustelua ja todettiin mahdolliseksi muuttaa kamerat tallentaviksi, jotka kuvaavat valuun saapuvan senkan pohjaa. Tällä toimenpiteellä voidaan heti tunnistaa, jos senkan alasuutiili on ollut liian liikainen valupaikalle saapuessa. Tuon huomion jälkeen tehdään turvallisuushavainto aiheesta ja ilmoitetaan konvertterin työnjohtajalle ratojen putsauksesta. Työssä tutkittiin myös, onko SS-putken sisällä oleva kulma oikea suhteessa alasuutiileen. Tutkimisen jälkeen voidaan todeta, että kulma on hyvä eikä teräksen nousu alasuutiiltä pitkin johdu tästä.

Ennakoivaa kunnossapitotoimintaa seurattiin ja suoritettiin kyselyjä. Laserin linssin puhdistuksen lisääminen työlistalle, sekä mittari argontestausta varten olivat korjaavia toimenpiteitä tätä varten. Tällä hetkellä kunnossapitohenkilöstö testaa argonit, mutta ei ole mitään tietoa paljonko argonia pitäisi tulla. Mittarin avulla on helpompaa löytää mahdolliset piilevät vuodot jo ennalta.

## 4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin typpipitoisuuden nousun syitä teräksen jatkuvaluprosessin aikana. Työ suoritettiin SSAB:n Raahen tehtaalla terässulatolla. Työn tavoitteena oli kehittää uusi hälytysraja ja toimintamalli sen hyödyntämiselle. Työssä tutkittiin syitä typpipitoisuuden nousulle ja niiden vaikutusta laatuun.

Työn teoriaosuudessa kerrottiin teräksen valmistusprosessista, jatkuvavalusta sekä typen käyttäytymisestä. Työn aikana selvisi, että typpipitoisuuden nousu ei johdu yhdestä selkeästä asiasta vaan siihen liittyy paljon pieniä tekijöitä. Merkittävimpänä näistä SS-robotin toiminta ja huolto, sekä alasuutiilen kunto.

Työssä havaittiin puutteellinen reagointi typpipitoisuuden nousuun. Hälytyslogiikkaa päivittämällä ja selkeällä ohjeistuksella voidaan parantaa reagointia ja vähentää turhia typpipitoisuuden ylityksiä. Myös ennakoiva kunnossapito ja sen kehittäminen tukee laitteiden toimintavarmuutta ja auttaa välttymään ongelmien toistumiselta.

## LÄHTEET

1. SSAB 2025. SSAB lyhyesti. Luettavissa:<https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti>. Luettu:6.10.2025
2. Sipola, T. 21.12.2023. Tuhatvuotisen teknologian loppu lähes nolaa terästehtaan hiilipäästöt pian ratkeavat alkaako työ Suomesta vai Ruotsista. Yle. Luettavissa: <https://yle.fi/a/74-20065881>. Luettu 6.10.2025
3. SSAB 2025. Tietoja SSAB:stä Luettavissa: <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta>. Luettu:6.10.2025
4. SSAB 2025. Raahan tehtaan esittelymateriaalit. Terästuotanto. SSAB intranet. Luettu:10.10.2025.
5. SSAB 2025. Teräskielen aakkoset. Saatavilla:<http://ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti/teraskielen-aakkoset>. Luettu:10.10.2025.
6. Piispanen, I. 2022. Valusekvenssin läpimenoajan lyhentäminen ja loppuleveyden optimointi. Opinnäytetyö. Oulun Ammattikorkeakoulu, konetekniikan tutkinto-ohjelma, tuotantotekniikan suuntautumisvaihtoehto. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202204215515> . Luettu 10.10.2025.
7. M-files 2025. Työohjeet. JVK4 ja 5 valaja. 2025. SSAB intranet. Luettu: 10.10.2025.
8. Morell, S. 2024. Mitä tyyppi on? Tieku. Luettavissa:<https://tieku.fi/fy-siikka/typpi>. Luettu:10.10.2025.
9. Ollila, S. 2014 Typen hallinta terästuotannossa. Sisäinen tutkimus. Luettu: 20.10.2025.
10. Pedro C, Giovanni A, Ramstorfer F, Hernandez E, Fernandes L, Moises M, ym. 2023. Reduction of nitrogen pickup in continuous casting by the implementation of robotized tundish operations in ladle exchange at ternium Brazil. Saatavilla:

[https://www.researchgate.net/publication/375912557\\_REDUC-TION\\_OF\\_NITROGEN\\_PICKUP\\_IN\\_CONTINUOUS\\_CAS-TING\\_BY\\_THE\\_IMPLEMENTATION\\_OF\\_ROBOTIZED\\_TUNDISH\\_OPERATIONS\\_IN\\_LADLE\\_EXCHANGE\\_AT\\_TERNIUM\\_BRAZIL](https://www.researchgate.net/publication/375912557_REDUC-TION_OF_NITROGEN_PICKUP_IN_CONTINUOUS_CAS-TING_BY_THE_IMPLEMENTATION_OF_ROBOTIZED_TUNDISH_OPERATIONS_IN_LADLE_EXCHANGE_AT_TERNIUM_BRAZIL). Luettu:20.10.2025.

11. Leskelä, Joakim, Development technician. SSAB Europe Oy, Raabe., haastattelu, 20.10.2025, haastattelijana Eetu Routaniemi. Muistiinpanot kirjoittajan hallussa.
12. M-files 2025. Työohjeet. Typen nousun seuranta, suihkunsuojaus ja SS-putken puhdistus. SSAB intranet. Luettu:20.10.2025.
13. M-files 2025. Työohjeet. Teräsnäyte jatkuvavalukokillista, valunäyte. SSAB intranet. Luettu\_24.10.2025
14. Kuusirati. Mikko, Production technician. SSAB Europe Oy, Raabe. haastattelu, 24.10.2025, haastattelijana Eetu Routaniemi. Muistiinpanot kirjoittajan hallussa.
15. M-files 2025. Työohjeet. JVK 4 ja 5 vanhin valaja. SSAB intranet. Luettu:10.10.2025.
16. Spotilla. Teollisuuden kunnossapito. Luettavissa: <https://www.spotilla.com/teollisuuden-kunnossapito>. Luettu 10.11.2025
17. Blog pinja. 4-vinkkiä ennakoivan kunnossapidon kehittämiseen. Luettavissa: <https://blog.pinja.com/fi/opas-4-vinkkia-ennakoivan-kunnossapidon-kehittamiseen>. Luettu.10.11.2025