

Stera Technologies Oy:n pintakäsittelylinjan käyttöönotto ja laadunhallinta



YAMK

Teknologiaosaamisen johtaminen

2022

Mikko Nieminen

Koulutuksen Teknologiaosaamisen johtaminen YAMK

Tekijä Mikko Nieminen

Työn nimi Stera Technologies Oy:n pintakäsittelylinjan käyttöönotto ja laadunhallinta

Ohjaaja Katja Rönkkönen

Tiivistelmä

Vuosi 2022

---

Stera Technologies on kansainvälisesti toimiva teknologiayritys. Yritys työllistää yli 900 korkean osaamisen ammattilaista Suomessa ja Virossa seitsemällä eri paikkakunnalla. Konzernin tuotteita ja palveluita ovat sopimusvalmistuspalvelut, Stera laite- ja jakokaappituotteet, SteraLux LED-valaisinjärjestelmät sekä SteraSmart – tuotantoautomaattioratkaisut ja langattomat tuotantoympäristön seurantajärjestelmät.

Tämän projektityön tarkoituksena on luoda Stera Technologies Oy:n uudelle pintakäsittelylaitokselle Tammelan yksikköön laadunhallinnan ohjeistusta ja toiminta ohjeita, sekä kehittää toimintoja pintakäsittelylinjan käyttöönoton aikana ja sen jälkeen. Tämä työ käsittelee yksityiskohtaisten toimintaohjeiden suunnittelemista pintakäsittelyprosessin eri vaiheille, sekä laadunhallinnan ohjeistusta ja kehitystoimia. Tämä projekti sisältää myös pintakäsittelylaitoksen toimintaympäristön kehittämistä, sekä kehitys- ja suunnittelutyötä.

Yksi tärkeimmistä vaiheista pintakäsittelyssä varsinkin jauhemaalauksessa on onnistunut esikäsitteilyprosessi. Tämän vuoksi esikäsitteily on yksi tärkeimmistä kohteista jauhemaalauksen laadun kannalta. Onnistunut esikäsitteily tarkoittaa rasvan ja lian poistoa, suihkupuhallusta sekä esikäsitteilyä kemiallisilla menetelmillä. Nykyaikaiset konversiopinnoitteet ovat ympäristöystävällisyytensä ja käyttökustannustensa vuoksi yleisimmät vaihtoehdot kemikaalien valintaan uusissa laitoksissa. Tässä projektityössä paneudutaan esikäsitteilykemikaalien toimintaan, esikäsitteilylaitteistojen toimintaan, eroavaisuuksiin eri kemikaalien välillä ja kemikaalien laadunseurantaan.

Laadunhallintaan kuuluvat myös erilaiset virhetilanteet pintakäsittelyssä, sekä näiden virhetilanteiden ennaltaehkäiseminen ja virheellisten tuotteiden käsittelyohjeet.

Projektityöhön kuuluvat myös linjaston kehitysprojektit, niiden suunnittelu ja mahdollisten investointi kohteiden selvittäminen. Projektin tarkoituksena on siis saada pintakäsittelylinja toimimaan mahdollisimman tehokkaasti ja laadukkaasti.

---

Stera Technologies is an internationally operating technology company. The company employs more than 900 highly skilled professionals, seven different units in Finland and Estonia. Stera Technologies products and services include contract manufacturing services, Stera equipment and dispenser products, SteraLux LED lighting systems, and SteraSmart production automation solutions and wireless production environment monitoring systems.

The meaning of this project is to create quality management guidance and operation functions for Stera Technologies Oy Tammela unit. Project is also supposed to develop functions during initialization of surface finishing unit. Project includes creating specific indications for different functions such as quality control, development functions, guidelines for different development areas and planning tools that can help working in the surface finishing unit.

Cornerstone functions in surface finishing is pretreatment of objects in production. Successful pretreatment means that all the grease and dirt has been removed from surface of handled objects. Pretreatment of objects means that they are clean, abrasive blasted and handled with chemical substances. modern conversion coatings are environment friendly and cheaper to use, than old phosphatizing chemicals. That's why they are most used coatings in new facilities. This project is focused on different surface finishing chemicals, their functions, surface finishing devices and their functions. Project includes analyzing of differences between used chemicals and creating quality control functions for chemical pretreatments.

Quality control also means anticipation of different defects in surface finishing. project also includes handling of defect products. Project is focused on developing different functions in the production line and examine different functions that could be developed. In this project it is also examined if those developing functions are reasonable to invest. The meaning of

this work is to get production line more cost-effective and quality level as high that it is necessary to get.

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Laatu- ja laadunhallinta .....	4
2.1	Laadunhallinta.....	5
2.2	Asiakaskeskeisyys.....	6
2.3	Johtajuus laadunhallinnassa .....	7
2.4	Ihmisten osallistaminen .....	8
2.5	Prosessimainen toimintamalli.....	9
2.6	Parantaminen.....	9
2.7	Näyttöön perustuva päätöksenteko .....	10
2.8	Suhteiden hallinta .....	11
3	Pintakäsittelyn laadunhallinta ja laatusuunnitelma.....	11
3.1	Laatusuunnitelman sisältö .....	13
3.2	Laadunvarmistuksen kohteet .....	14
3.2.1	Pintakäsittely henkilöstö .....	14
3.2.2	Käsiteltävien tuotteiden rakenne.....	15
3.2.3	Pintakäsittely ja esikäsittelyt.....	15
3.2.4	Pintakäsittelyn olosuhteet .....	17
3.2.5	Menetelmät ja välineet .....	19
3.2.6	Pintakäsittelyssä käytettävät aineet .....	20
3.2.7	Pintakäsittelytyön suorittaminen.....	20
3.2.8	Valmiin pintakäsittelyn pinnan tarkastustoimet .....	22
3.2.9	Pintakäsittelytyön- ja olosuhteiden dokumentointi .....	26
4	Jauhemaalauksen korroosionestomenetelmänä .....	27
4.1	Jauhemaalit .....	30
4.2	Jauhemaalauksen menetelmät.....	32
4.2.1	Sähköstaattinen menetelmä (korona) .....	33
4.2.2	Kitkavarauksen menetelmä (tribo) .....	34
4.2.3	Esikäsittelyt .....	34
5	Kemialliset esikäsittelyt.....	35
6	Esikäsittelymenetelmän valinta .....	39

7	Käsiteltävän pinnan puhdistaminen rasvasta ja liasta .....	40
8	Korroosion poistaminen .....	40
9	Muiden epäpuhtauksien poisto .....	41
9.1	Alkalipesut.....	41
9.2	Liutinpesu.....	42
9.3	Emulsiopesu .....	43
10	Teräspinnan puhtauden ja pintaprofiilin tarkastelu ja arviointi .....	43
10.1	Ruostumisasteet .....	43
10.2	Korroosio ja korroosion syntyminen syyt.....	44
10.3	Korroosion muotoja .....	45
10.3.1	Yleinen ja paikallinen korroosio .....	45
10.3.2	Piste- ja rakokorroosio .....	46
10.3.3	Raerajakorroosio .....	46
10.3.4	Sähkökemiallinen korroosio.....	47
11	Esikäsittelyasteet.....	47
12	Zirkoniumkonversio pinnoite .....	49
12.1	Zirkoniumkonversiopinnoitteen muodostumismekanismi.....	49
12.2	Vaikutus korroosionkestävyyteen.....	51
12.3	Vaikutus maalin tarttuvuuteen .....	53
13	Silaanikonversiopinnoitus .....	54
13.1	Silaanikonversiopinnoitteen muodostumismekanismi .....	54
13.2	Silaanipinnoitteen ominaisuudet.....	56
13.3	Vaikutus maalintarttuvuuteen .....	57
14	Projektityön tavoitteet .....	57
15	Tutkimusmenetelmät, aineistonkerääminen ja aikataulu .....	58
15.1	Määrällinen tutkimus.....	63
15.2	Haastattelu.....	65
15.3	Toiminnallinen Kehitysprojekti .....	66
16	Stera Technologies Oy:n pintakäsittelylaitoksen laadunhallinta .....	67
16.1	Pintakäsittelylaitoksen toimintaohjeet prosessi vaiheiden mukaan .....	68
16.1.1	Työn aloittaminen .....	69
16.1.2	Ripustusvaihe .....	70

16.1.3 Pesuvaihe .....	71
16.1.4 Sinkopuhallusvaihe.....	74
16.1.5 Sinkopuhalluksen jälkeinen toiminta .....	77
16.1.6 Maalausvaihe .....	78
16.1.7 Polymerisointi vaihe.....	82
16.1.8 Pakkaus ja laadunvarmistus .....	84
17 Tulosten analysointi .....	88
18 Luotettavuuden pohdinta .....	92
Lähteet.....	96

## **Liitteet**

**Liite 1: Automaattipesukoneen ohjearvojen taulu**

**Liite 2: Manuaalipesupaikan ohjetaulu**

**Liite 3: Vaihe merkinnät automaattipesuri**

**Liite 4: Vaihemerkinnät manuaalipesu**

**Liite 5: Manuaalipesukoneen ohjearvojen taulu**

**Liite 6: Prosessikaavio maalaamo**

**Liite 7: Pesukoneen ylläpito ohjeet ja parametrit**

# 1 Johdanto

Stera Technologies Oy on kansainvälisesti toimiva teknologiayritys. Yritys työllistää yli 900 korkean osaamisen ammattilaista Suomessa kuudella eri paikkakunnalla, sekä yhdellä tehtaalla Virossa. Konsernin toimii pääasiassa sopimusvalmistuspalveluja tarjoavana yrityksenä. Steran omia tuotteita ovat laite- ja jakokaappituotteet, SteraLux LED-valaisinjärjestelmät sekä SteraSmart – tuotantoautomaatioratkaisut ja langattomat tuotantoympäristön seurantajärjestelmät. Stera Technologies valmistaa pitkälle jalostettuja kokonaisuuksia useille eri teollisuuden aloille. Keskeistä osaamista yrityksellä on mekaniikan ja elektroniikan suunnittelu, valmistus ja kokoonpano kokonaispalveluna sekä automaatio, ohjausjärjestelmät, piensarjojen valmistus ja testaus, oma työkaluvalmistus, ohjelmat ja tuotteiden ylläpito. Tammelan yksikössä valmistetaan esimerkiksi metsäkoneiden ja kaivosporakoneiden osia- ja osakokonaisuuksia. Stera Technologies Oy:n Tammelan tehtaalla työskentelee noin 230 työntekijää. (Stera, 2018)

Tammelan yksikköön valmistui loppuvuonna 2021 laajennusosa, joka kasvatti aikaisemmin ollutta 13.300m<sup>2</sup> tuotantotilaa noin 3000m<sup>2</sup>:llä. Laajennusosa toteutettiin puurakenteisena kestävä kehitys huomioiden. Laajennusosasta puolet on uuden pintakäsittelylaitoksen käytössä. Työni sijoittuu kokonaisuudessaan uuden pintakäsittelylaitoksen toiminnan kehittämiseen, sekä toiminnan laadun varmistamiseen. (Stera, 2018)

Työni aiheena on luoda Stera Technologies Oy:n Tammelan tehtaan uudelle pintakäsittelylaitokselle laadulliset mittarit ja raamit, joiden sisällä laitoksessa toimitaan. Tavoitteena oli kartoittaa tarvittavia työkaluja, joiden avulla laatu pystytään konkreettisesti mittaamaan, sekä varmistamaan laatutason säilyminen halutulla tasolla. Pyrin siis luomaan järjestelmän, jonka avulla on mahdollista minimoida reklamaatioiden syntyminen, sekä välttämään ylilaadun tekemistä. Työ rajattiin koskemaan jauhemaalauksen laatua ja siihen vaikuttavia tekijöitä sekä luomaan raamit laatutason säilyttämiseksi.

Työ aloitettiin laitoksen rakentamisen jo alettua, joten laitoksen suunnitteluun ei enää ollut mahdollista vaikuttaa. Linjaston jatkuvat kehitystyöt ja käyttöasteen parantaminen ovatkin



vieneet suuren osan kehitystyön ajasta. Laadullisten mittareiden luominen on ollut haastavaa jatkuvien kehitystöiden sekoittaessa toimintaa.

Työssäni käsitellään jauhemaalauستا pintakäsittelymenetelmänä ja pyritään kertomaan selkeästi, mitä se tarkoittaa. Työssä painotetaan erityisesti esikäsittelyn- ja esikäsittelykemikaalien tärkeää roolia prosessin onnistumisessa. Jauhemaalauksella on jo nyt suuri rooli teollisuuden tuotteiden pintakäsittelyssä, ja sen merkitys kasvaa koko ajan. Suurienkin kappaleiden käsittely jauhemaalauksella yleistyy jatkuvasti prosessien ja prosesseissa käytettävien materiaalien kehittyessä ympäristöystävällisemmiksi ja tuotantotehokkaammiksi. Suuri syy jauhemaalauksen yleistymiselle onkin sen ympäristöystävällisyys verrattuna muihin pintakäsittelymenetelmiin. Jauhemaalauksella on prosessina liuotinvapaa eikä prosessin aikana synny VOC päästöjä. Jauhemaalauksen yleistyessä myös sen laatuvaatimukset ovat kasvaneet. Nykyään vaaditaan suurempaa korroosion kestävyttä ja parempaa visuaalista ulkoasua, kuin aikaisemmin. Asiakkaiden tietoisuus pintakäsittelystä ja varsinkin sen visuaalisen muutoksen tuomasta lisäarvosta valmistettaville tuotteille, aiheuttavat pintakäsittelylle haasteita ja pakottavat entistä parempaan prosessien hallintaan.

Laatuvaatimusten kasvaminen asettaa teolliselle jauhemaalaukselle haasteita, joiden vuoksi toimintamalleja ja laadunhallintaa on jatkuvasti kehitettävä. Pintakäsittelyprosessin kustannustasoa pitäisi kuitenkin samaan aikaan kyetä laskemaan. Tämä lähtökohta luo suuria paineita prosessin hallintaan. Laatuvirheiden minimoiminen on avaintekijä tuotantotehokkuuden lisäämisessä. Laatuvirheiden korjaaminen tuotannossa, vaikka vialliset tuotteet eivät asiakkaille asti ehtisikään, tuo huomattavia lisäkustannuksia ja vaikeuksia aikataulujen suhteen. Pienemmät eräkoot ja tiukemmat aikataulut asettavat haasteita koko alihankintaketjulle. Pintakäsittely on yleensä tuotantoketjun viimeisin vaihe, joten tuotteet ovat usein myöhässä jo ennen niiden saapumista pintakäsittelylaitokseen asti. Tiukat aikataulut luovat haasteita pintakäsittelyprosessin hallintaan, ja luovat siten haasteita myös laadunhallinnalle. Selkeä ja kattava laadunhallinta ohjeistus, sekä oikeanlaiset välineet tuotannon tehtävissä, luovat mahdollisuuden tehokkaaseen ja laadukkaaseen toimintaan pintakäsittelyssä.

Työssäni asioita käsitellään asiakkaiden luomien ohjeiden ja vaatimusten, sekä yleisten standardien ja pintakäsittelyjärjestelmien mukaisesti. Pysin myös kartoittamaan erilaisia keinoja laadunvarmistamiseen jauhemaalauksessa, sekä siihen tarvittavia mittauslaitteita. Käsitelen myös esikäsittelyn merkitystä, sekä erilaisia keinoja jauhemaalauksessa yleisesti esiintyvien laatuvirheiden välttämiseen.

Tarkoituksena on avata mitä jauhemaalauksen pintakäsittelymenetelmänä käytännössä tarkoittaa, sekä sitä miksi jauhemaalauksen prosessin hallinta on monimutkaista ja erittäin haastavaa. Informaatiota pintakäsittelyyn liittyvistä asioista on kerätty erilaisista kirjallisista lähteistä, kuten Teknoksen informaatiopakettista jauhemaalauksen korroosionestomenetelmänä, sekä teräsrakennedyhdistyksen luomista artikkeleista.

Korroosion syntyminen, sekä erilaiset korroosion esiintymismuodot, vaikuttavat pintakäsittelyn laatuun. Työssäni niiden muodostumista, sekä korroosion syntymisen estämistä käsitellään omana osionaan. Jauhemaalauksessa mahdollisesti syntyvistä virheistä olen etsinyt tietoa erilaisista kirjallisista lähteistä. Työni toteuttamisessa käytin hyväkseni erilaisia oppimateriaaleja, sekä jauhemaalaukseen liittyvien tavarantoimittajien tuottamia kirjallisia tuotoksia, sekä asiantuntijoiden haastatteluja. Jauhemaalauksesta ja siihen liittyvästä esikäsittelystä ja esikäsittelykemiasta kirjallista materiaalia on saatavilla erittäin rajallisesti. Informaatiota olen kerännyt myös ulkomaisista artikkeleista ja lähteistä.

Jauhemaalauksen erilaisten virheiden syntymistä ja niiden estämistä käsitellään omana kokonaisuutena. Syvemmän virheiden estämiseen ja erilaisiin menetelmiin, joilla pintakäsittelyn laatua voidaan mitata. Mittaustapojen lisäksi käydään läpi mittavälineet ja miten ne toimivat. Selvitän mittavälineiden hankintakanavia sekä hintatasoa, kartoitan mitkä mittavälineet ovat tarpeellisia, ja mihin välineisiin kannattaa panostaa enemmän.

Pintakäsittelyn laatuun ja laadunseurantaan kuuluvat suurena osana tietämys siitä, miten ja mistä syystä erilaiset virhetilanteet voivat syntyä. Alihankintateollisuudessa pitää pystyä yhdistämään yleinen laadunseuranta ja asiakkaiden erilaiset pintakäsittelyn laatuvaatimukset. Asiakkaiden laatuvaatimusten tiedostaminen ja prosessien hallinta pitää pystyä viemään osaksi henkilökunnan arjen tekemistä.

Työssäni kehitetään laadunseurantaa ja laadunhallintaa asettamalla viitearvot, joiden mukaan tulisi toimia. Yleinen pintakäsittelyn laadunseuranta ja raportointi sekä virhetilanteiden estäminen ovat keskeisiä teemoja koko työssä. Asiakkailla on käytössään erilaisia pintakäsittelyjärjestelmiä ja ohjeistuksia, joiden mukaan pintakäsittely tulisi suorittaa. Raportoinnin kehittäminen, kaikkien pintakäsittelyjärjestelmien selkeä saatavuus ja raportoinnin nopeuttaminen muodostavat suuren osan oikeanlaisen laadun luomiselle. Työssäni selvitetään asiakkaiden erilaisia laatuvaatimuksia ja perusteita vaatimusten taustalla. Selvitän myös, miten luoda oikeanlaiset raportit ja miten niiden sisältö tulisi määritellä. Raporttien ja laatuvaatimusten selvittämiseksi haastattelen asiakkaita, ja selvitän millä tasolla raportointi ja yleiset laatuvaatimukset pitää olla, jotta olisimme riittävällä tasolla pintakäsittelyn laadun suhteen. Laatu taso pitäisi määritellä niin, että pystymme välttämään ylilaadun tekemistä säilyttäen silti tarvittavan laatu tason.

Kemiallinen esikäsittely ja rasvanpoisto on yksi tärkeimmistä vaiheista jauhemaalauksen onnistumisen kannalta. Kemialliseen esikäsittelyyn paneudun työssäni erityisesti, jotta voin varmistua laadun korkeasta tasosta. Esikäsittelyyn liittyvistä asioista kerään informaatiota kemikaalien toimittajan kemistiltä, sekä erilaisista kirjallisista lähteistä. Pysin tekemään mahdollisimman varman mallin kemikaalien pitoisuuksien ja oikeanlaisen toiminnan varmistamiseksi. Tässä käytän apuna automatiikkaa annosteluissa sekä kemikaalien pitoisuuksien titraamisessa. Kemikaalien titraamisessa käsin on monta vaihtoehtoa epäonnistua. Titraamisessa on monta käsivaraisesti toteutettavaa vaihetta ja siten monta mahdollisuutta saada virheellistä informaatiota. Kemikaalien pitoisuuksien määrittäminen spekseiltään oikeanlaiseksi, on yksi tärkeimmistä vaiheista laadunvarmistamisen kannalta. Esikäsittelykemikaaleista ja niiden eroista pyysin tekemään oman osion, johon kerään informaatiota kirjallisista lähteistä, sekä haastattelemalla eri osa-alueiden asiantuntijoita.

## **2 Laatu- ja laadunhallinta**

Laatu, laatu järjestelmä ja laatu johtaminen ovat nykyään tärkeämmässä roolissa yrityskulttuurissa, kuin koskaan aiemmin. Laatu terminä voi tarkoittaa tuotteen ympäristön kuormitusta, kestävyyttä, valmistusta sekä palvelun laatua. Sanalla laatu voidaan siis tarkoittaa sitä, miten tuotteen tai palvelun ominaisuudet täyttävät vaatimuksen mitä sille on

asetettu. Laatu voidaan kuvata erilaisilla adjektiiveilla, joita ovat esimerkiksi huono, hyvä yms. Standardisoimisliiton mukaan luontaista laatua kuvataan kohteen omaavaa ominaisuutta eikä muiden siihen asettamia odotuksia. Näin laatu määritellään standardissa ISO 9000:2015. Laadulla tarkoitetaan juuri tätä ISO 9000 ja ISO 10000 -standardiperheen muissakin standardeissa. (standardisoimisliitto, 2021)

Sanaa laatu voidaan kuitenkin pitää todella moniselitteisenä, koska kaikki eri tahot voivat tulkita sen eri tavalla. Juuri siksi laatujärjestelmät ja laatujohtamistyökalut kehittyvät ja ovat muodostuneet osaksi organisaatioiden jokapäiväistä toimintaa. ”Laatua voidaan ilmaista standardisoimalla ja dokumentoimalla, mikä tarkoittaa eri toimialoilla niitä vähimmäisedellytyksiä, joita laadukkaalta toiminnalta vaaditaan” (standardisoimisliitto, 2021). Laatu on ennen kaikkea sitä laatua, joka yritysten ja palvelujen kannalta tuotetaan asiakkaille mahdollisimman virheettömästi ja tuotantotehokkaasti. Yrityksen ja organisaation laatua voidaan pitää tarpeeksi hyvänä, mikäli sen tuottama palvelu tai tuote täyttää asiakkaan sille asettamat vaatimukset. (Lecklin, 2006, ss. 15-19)

## **2.1 Laadunhallinta**

Laadunhallinnalle on muodostunut monia erilaisia nimityksiä. Kaikkein tunnetuin ja vanhin nimitys on todennäköisesti laatujärjestelmä, josta nykyään käytetään nimitystä laadunhallintajärjestelmä. Edellä mainittuja termejä on vielä näkyvillä useissa eri tietolähteissä, vaikka molemmilla termeillä tarkoitetaankin pääpiirteittäin täysin samaa asiaa. Näitä termejä on edelleen täysin hyväksyttävää käyttää, mutta koska laadunhallinta usein halutaan nykypäivänä integroida osaksi organisaatioiden omaa johtamiskäytäntöä, on nykyään yleisimmin käytetty termiä laadukas johtamisjärjestelmä. Termi laadukas johtamisjärjestelmä muodostuu englannin kielen lyhenteestä QMS eli Quality Management System. (Lecklin, 2006, ss. 15-19)

Laadunhallinnalla tarkoitetaan laadun johtamista, joka on käytännössä koko yrityksen tai organisaation johtamista. Laadunhallinta sisältää laatu politiikan, sen toteuttamisen sekä laatu tavoitteiden asettelun. Laadunhallintaan kuuluvat myös sellaiset prosessit, joiden mukaan toimimalla nämä laatu tavoitteet on mahdollista saavuttaa. Laadulle asetetut

tavoitteet voidaan saavuttaa toimivalla laadun suunnittelulla, laadunvarmistuksella, laadunohjauksella sekä laadun parantamisen avulla. (standardisoimisliitto, 2021)

ISO 9000 -standardeissa korostetaan esimerkiksi järjestelmäkeskeistä johtamista sekä toimintojen järjestelmällistä johtamista. Laadunhallinnalla pyritään yleensä tehokkaampaan ja toimivampaan ja toimintaan. Laadunhallinnan tavoitteena on saavuttaa tyytyväisempiä asiakkaita, tuotantotehokkaampaa toimintaa, riskittömämpää ja kestäväää toimintaa, sekä tyytyväisempää henkilökuntaa. (standardisoimisliitto, 2021)

Laadunhallinnan periaatteissa korostuvat asiakaskeisyys, koska yritysten toiminnot ja laadunhallinta perustuvat asiakkaiden omiin tarpeisiin ja laatuvaatimuksiin. Siksi yritystoiminnassa pyritään asiakkaiden tarpeiden ja vaatimusten kautta tekemään oikeanlaisia ratkaisuja. (standardisoimisliitto, 2021)

ISO9000 -standardissa (SFS-EN ISO 9000, Vahvistettu 2015-10-05) laadunhallinta on jaettu seitsemäksi laadunhallintaperiaatteeksi. Laadunhallintaperiaatteet ovat, asiakaskeisyys, johtajuus, ihmisten täysipainoinen osallistuminen, prosessimainen toimintamalli, parantaminen, näyttöön perustuva päätöksenteko sekä suhteiden hallinta. Tilanteessa, jossa kaikki edellä mainitut seitsemän laadunhallinnan periaatetta sisältyvät organisaation johtamiskäytäntöihin, voidaan olettaa organisaatiossa olevan käytössä laadunhallintajärjestelmä. (Lecklin, 2006, ss. 29-30)

Asiakastarpeiden näkökulmasta katsottaessa laatu tarkoittaa sitä, kuinka hyvin tuotteen tai palvelun ominaisuudet täyttävät laadulle asetetut vaatimukset. Laadunhallinta sisältää ne ohjatut toimet, joilla organisaation toimia laatuun liittyvissä asioissa ohjataan. Organisaation olisi siksi hyödyllistä toteuttaa järjestelmäkeskeistä johtamista ja laadunhallintaa, sekä laadunhallintajärjestelmää (quality management system). (standardisoimisliitto, 2021)

## **2.2 Asiakaskeisyys**

Laadunhallinnan tavoitteena on löytää toimenpiteet, joiden mukaan toimimalla kyetään täyttämään asiakkaiden laadulle asettamat vaatimukset. Toimivalla laadunhallinnalla

voidaan pyrkiä jopa ylittämään asiakkaiden asettamat vaatimukset. Organisaation jatkuva menestys voidaan saavuttaa, kun organisaatio saavuttaa sidosryhmien ja asiakkaiden luottamuksen. Organisaation on mahdollista tuottaa asiakkaille lisäarvoa kaikissa vuorovaikutustilanteissa. Asiakkaiden ja muiden sidosryhmien nykyisten ja tulevien tarpeiden ymmärtäminen edesauttaa organisaation jatkuvaa menestystä.

(standardisoimisliitto, 2021)

Asiakaskeskeisen ajattelutavan keskeisimpiä hyötyjä on suurempi arvo, jonka asiakas voi saada toimitetulle tuotteelle tai palvelulle. Tämän tavoitteen täytyessä toiminta voi johtaa parempaan tyytyväisyyteen ja uskollisuuteen asiakkaan puolelta. Palveluiden ja tuotteiden korkea laatutaso voi taata asiakassuhteiden jatkuvuuden, sekä parantaa organisaation mainetta. Parempi maine laadukkaana palvelujen ja tuotteiden toimittajana taas voi taata suuremman asiakaskunnan, joka saattaa johtaa tuottavuuden ja markkinaosuuden kasvuun yrityksen toimialalla. (standardisoimisliitto, 2021)

### **2.3 Johtajuus laadunhallinnassa**

Organisaation ylin johto määrittelee koko organisaatiolle yhteiset tavoitteet, joiden mukaan koko organisaation tulisi toimia. Koko organisaation johto, alempi johto mukaan lukien, pyrkivät luomaan olosuhteet, joissa henkilökunnan osallistuminen kokonaisvaltaisesti laatutavoitteiden saavuttamiseen mahdollistetaan. (standardisoimisliitto, 2021)

Koko henkilöstölle yhteisen tarkoituksen ja suunnan luominen, sekä kokonaisvaltainen osallistaminen voivat luoda organisaatiolle mahdollisuudet yhdenmukaistaa strategia, politiikka, prosessit sekä resurssit niin, että voidaan saavuttaa organisaatiolle asetetut tavoitteet. (standardisoimisliitto, 2021)

Organisaation sitoutuessa yhteisten tavoitteiden saavuttamiseen, organisaation laatutavoitteet on mahdollista saavuttaa vaikuttavammin ja tehokkaammin. organisaation henkilöstön sitouttaminen ja sitoutuminen johtavat tehokkaampaan prosessien koordinointiin. Organisaatiossa eri tasojen ja toimintojen välillä voidaan saavuttaa parempi viestinnän taso. Haluttujen tulosten saavuttamiseksi organisaation ja henkilökunnan

toimintakykyä kehitetään ja parannetaan esimerkiksi kouluttamisella ja sitoutumisen tason parantamisella. (standardisoimisliitto, 2021)

Johtamisjärjestelmä, josta standardissa puhutaan hallintajärjestelmänä, tarkoittaa joukkoa toisiinsa liittyviä tai vaikuttavia organisaation osatekijöitä. Näillä organisaation osatekijöillä määritellään politiikka ja tavoitteet sekä prosessit, joilla tavoitteet voidaan saavuttaa. (standardisoimisliitto, 2021)

Johtamisella tarkoitetaan sellaisia hyvin koordinoituja toimenpiteitä, joilla organisaatiota kyetään ohjaamaan kohti haluttua suuntaa tai tavoitteita. Puhuttaessa johtamisesta, jota toteutetaan järjestelmällisesti, voidaan puhua organisaation johtamisjärjestelmästä.

Johtamisjärjestelmä termillä korostetaan sitä, että organisaatiolla on yksi organisoitu ja hyvin hallittu johtamisjärjestelmä, joka voi sisältää monia erilaisia hallintajärjestelmiä, kuten laadunhallintajärjestelmän, työturvallisuusjärjestelmän, ympäristöasioiden hallintajärjestelmän, taloushallintojärjestelmän, sekä muita vastaavanlaisia järjestelmiä. (standardisoimisliitto, 2021)

## **2.4 Ihmisten osallistaminen**

Organisaation vaikuttava ja tehokas johtaminen vaatii kaikkien eri tasoilla työskentelevien henkilöiden kunnioittamista, jotta heidät saadaan osallistumaan toimintojen kehittämiseen ja uusien toimintamallien käyttöönottoon. Tunnustuksen antaminen henkilökunnalle, vaikutusmahdollisuudet organisaation toimintoihin sekä pätevyyden lisääminen tukevat ihmisten täysipainoista osallistumista organisaation laatutavoitteiden saavuttamiseksi. Henkilöstön ymmärrys ja tieto toimintamallien ja tavoitteiden perusteista motivoivat henkilöstöä organisaation laatutavoitteiden saavuttamiseen. (standardisoimisliitto, 2021)

Tietoisuus organisaation kehitystoimien perusteista auttaa henkilöstöä sitoutumaan toimintamallien muuttamiseen ja kehitystoimiin paremmin. Osallistaminen mahdollistaa yksilökohtaisen kehittymisen, sekä aloitekyvykkyyden ja luovuuden esille tuomisen. aloitekyvykkyydellä ja luovuudella on tuntuva merkitys parempien tulosten saavuttamisessa. Henkilökunnan tyytyväisyys työtehtävissä paranee, joka mahdollistaa luottamuksen

kehittymisen organisaation eri tasojen välillä. Osallistamisen kautta organisaatiossa voidaan kyetä kiinnittämään enemmän huomiota yhteisiin arvoihin ja toimintakulttuuriin. (standardisoimisliitto, 2021)

## **2.5 Prosessimainen toimintamalli**

Johdonmukaiset ja ennustettavissa olevat tulokset voidaan saavuttaa nopeammin ja tehokkaammin, kun toimintoja voidaan käsitellä ja hallita toisiinsa liittyvinä prosesseina, jotka muodostavat yhtenäisen järjestelmän. Laadunhallintajärjestelmä muodostuu useista toisiinsa liittyvistä prosesseista. Järjestelmä ja sen optimaalinen suorituskyky voidaan saavuttaa, kun organisaatiossa ymmärretään järjestelmän toiminta ja kuinka sillä voidaan tuottaa tuloksia. (standardisoimisliitto, 2021)

Prosessimaisen toimintamallin käyttöönoton myötä voimavarat voidaan keskittää tärkeimpiin prosesseihin ja niiden parantamismahdollisuuksiin. Järjestelmällä, jossa prosessit ovat keskenään johdonmukaisia, voidaan saavuttaa yhdenmukaisia ja ennustettavissa olevia tuloksia. Prosessien suorituskyky voidaan optimoida tehokkaalla prosessien hallinnalla, resurssien tehokkaalla ja oikeanlaisella käytöllä, sekä eri toimintojen välisten esteiden poistamisella, tai niiden pienentämisellä. Organisaation toimiva prosessien hallinta mahdollistaa eri sidosryhmien ja asiakkaiden luottamuksen yrityksen johdonmukaiseen, tehokkaaseen ja vaikuttavaan toimintaan. (standardisoimisliitto, 2021)

## **2.6 Parantaminen**

Toimintojen parantaminen ja kehittäminen ovat keskeinen osa menestyvän organisaation toimintaa. Organisaation on tärkeää keskittyä toimintojen jatkuvaan kehittämiseen ja niiden parantamiseen, jotta se voi ylläpitää toiminnan tasoa muuttuvilla markkinoilla. Toimintojen jatkuva kehittäminen voi mahdollistaa nopeamman reagoinnin organisaation sisäisiin ja ulkoisiin muutoksiin. Jatkuvalle toimintojen kehittämisellä voidaan luoda uusia mahdollisuuksia, kun organisaatio on kykenevä vastaamaan nopeisiin muutoksiin liiketoiminta alueella. (standardisoimisliitto, 2021)



Jatkuvalla toimintojen kehittämällä voidaan nostaa prosessien suorituskykyä, jolloin organisaation toimintakykyä ja asiakastyytyväisyyttä on mahdollista parantaa. Perimmäisiin syihin ja niiden selvittämiseen ja korjaamiseen panostaminen voi mahdollistaa organisaation kyvyn luoda pohjan ehkäisevien ja korjaavien toimintojen luomiselle. Sisäisten- ja ulkoisten riskitekijöiden parempi hallinta ja ennakointi antaa organisaatiolle enemmän mahdollisuuksia harkita käänteentekevien ja vähittäisten parannusten käyttöönottoa. (standardisoimisliitto, 2021)

Toimintojen erilaisten virhetilanteiden pohjimaisten syiden selvittäminen luo pohjan opittujen asioiden hyödyntämiselle ja jatkuvalla toimintojen parantamiselle. Henkilökunnan kannustaminen innovointiin ja pienempienkin parantamistoimintojen tekemiseen voi parantaa yrityksen toimintamalleja ja luoda pohjan tehokkaammalle ja paremman laadun omaavalle tuotannolle. (standardisoimisliitto, 2021)

## **2.7 Näyttöön perustuva päätöksenteko**

Todennäköisimmin haluttuja tuloksia on mahdollista saavuttaa dataa ja informaatiota analysoimalla, tällöin päätöksenteko voi olla pitkä ja monimutkainen prosessi, johon sisältyy aina monia muuttujia sekä epävarmuutta. Näyttöön perustuvaan päätöksentekoon sisältyy yleensä erilaisia ja monentyyppisiä, yleensä monista erilaisista lähteistä kerättyjä lähdetietoja, sekä näiden tietojen tulkintaa. Näiden tietojen informaatiota analysoidessa on tärkeää ymmärtää syy-seuraussuhteet, sekä mahdollisesti tahattomasti syntyneet seuraukset. Faktatieto, sekä näyttöön perustuva informaatio ja näiden analysointi johtavat parempaan ja tarkempaan päätöksenteon objektiivisuuteen ja luotettavuuteen. (standardisoimisliitto, 2021)

Prosessien ja toimintojen suorituskykyä, sekä niiden kykyä saavuttaa asetetut tavoitteet on helpompi arvioida objektiivisesti, kun päätöksenteko perustuu käytettävissä olevaan, luotettavaan ja tarkkaan dataan. Tarkkaan, oikeaan ja oikeanlaiseen dataan pohjautuvaa päätöksentekoa käytettäessä päätöksenteon operatiivinen vaikuttavuus ja prosessien tehokkuus paranevat. Mielipiteiden ja päätösten katselmointi, kyseenalaistaminen ja muuttaminen helpottuvat, kun niiden vaikutuksia pystytään vertailemaan tarkkaan dataan

prosessien toimivuudesta. Aiemmin tehtyjen päätösten aiheuttamien tulosten ja muutosten vertaileminen nykyhetken prosessien toimivuuteen ja tehokkuuteen on helpompaa, ja näiden päätösten mahdollisesti tuottamien vaikutusten muutokset voidaan osoittaa tarkemmin. (standardisoimisliitto, 2021)

## **2.8 Suhteiden hallinta**

Organisaatiot pyrkivät hallitsemaan suhteitaan olennaisiin sidosryhmiinsä, kuten toimittajiin, voidakseen saavuttaa toiminnan tehostumista ja menestymistä myös tulevaisuudessa. Olennaiset sidosryhmät ja niiden toiminta vaikuttavat organisaation suorituskykyyn, tai sen puutteeseen. Jatkuva menestys on mahdollista saavuttaa sitä todennäköisemmin, mitä paremmin organisaatio hallitsee ja ylläpitää suhteitaan kaikkiin sidosryhmiensä toimijoihin. Suhteiden hallinta on tärkeää, jotta voidaan optimoida sidosryhmien toimintojen vaikutukset organisaation suorituskykyyn. Erityisen tärkeää on hallita suhteita organisaation toimittaja- ja yhteistyökumppaniverkostoihin. Suhteiden hallinnan tärkeimmät hyödyt tulevat esiin organisaation ja sen olennaisten sidosryhmien suorituskyvyn paranemisena ja kykyinä reagoida mahdollisuuksiin ja mahdollisiin rajoitteisiin organisaatiossa tai sen sidosryhmissä. (standardisoimisliitto, 2021)

Toimitusketjun hyvä hallinta voi tuottaa tasaisesti hyviä laadukkaita tuotteita tai palveluita, siksi sidosryhmien keskuudessa tulisi vallita hyvä yhteisymmärrys toimitusketjun tavoitteista ja arvoista. Organisaatio voi tuottaa lisäarvoa toimitusketjun sidosryhmille esimerkiksi jakamalla resursseja ja pätevyyttä tarpeen mukaan, sekä hallitsemalla laatuun ja toimitusvarmuuteen liittyviä riskejä. (standardisoimisliitto, 2021)

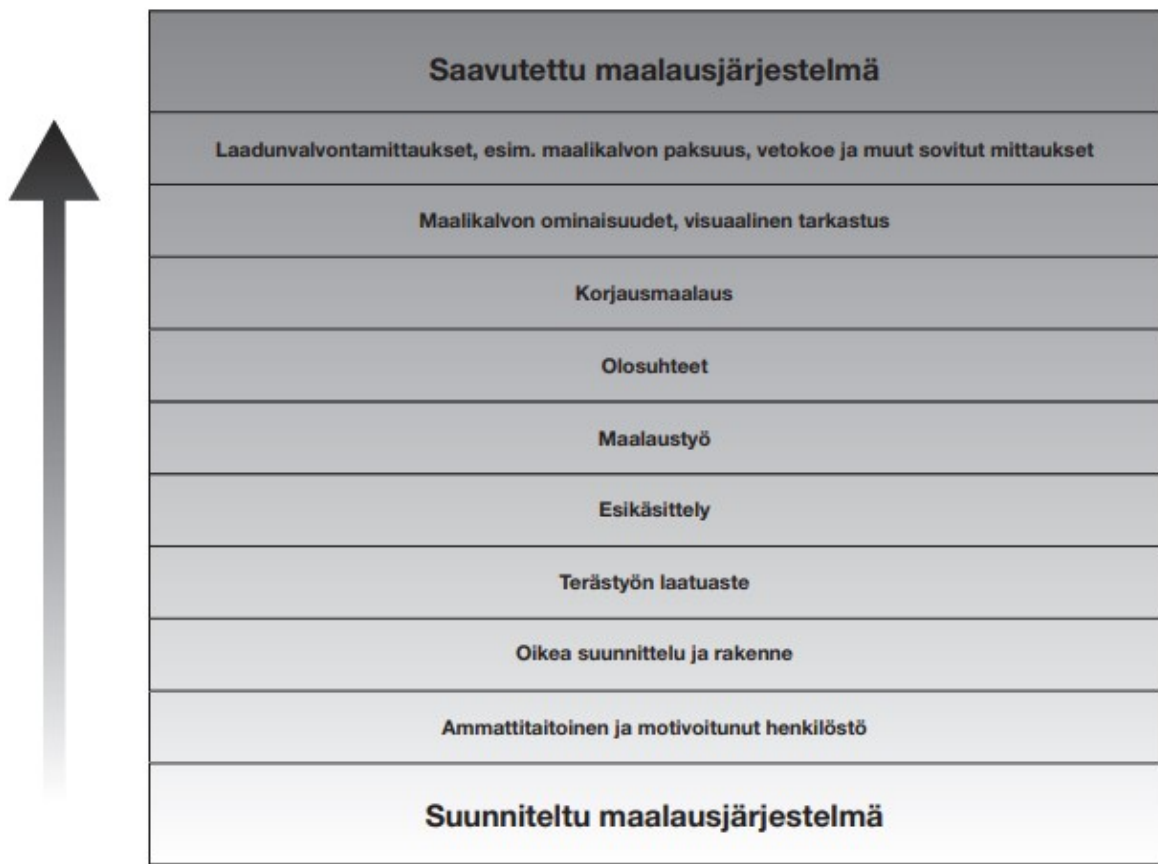
## **3 Pintakäsittelyn laadunhallinta ja laatusuunnitelma**

Pintakäsittely kuuluu sellaisten prosessien ryhmään, joiden laatua on vaikeata arvioida, pelkästään visuaalinen lopputulos ei kerro koko pintakäsittely prosessin lopullista laatua. Valmis näkyvä pinta ei välttämättä kerro lopullisen käsittelyn laatua, vaan siihen vaikuttavat monet asiat, joita ei voi visuaalisesti tarkastelemalla nähdä. Koko prosessin onnistumisen kannalta on tärkeää, että prosessi on hyvin suunniteltu ja etukäteen mietitty. Pintakäsittely

työn suorittamisen aikana on erityisen tärkeää, että prosessi on hyvin suunniteltu ja sen toteutusta suunnitelmien mukaan ohjataan ja valvotaan huolellisesti. Muuttujia, joiden vaikutuksia voidaan pitää tärkeänä pintakäsittely prosessin onnistumisen kannalta pitää pyrkiä hallitsemaan koko prosessin ajan. (Teknos, 2013, s. 45)

Tietoisuus pintakäsittelyn laatuun vaikuttavista tekijöistä on lisännyt asiakkaiden vaatimuksia kirjallisten tai sähköisten dokumenttien luomisesta pintakäsittelytyön prosessivaiheiden suorittamisesta ja suorittamisen laadusta, sekä muista laatuun vaikuttavista tekijöistä. Korroosionestomaalauksessa valmiin pinnan eli maalikalvon lopulliseen laatuun vaikuttavat monet tekijät. Koko prosessi voidaan jakaa suunnitteluun, työn suorittamiseen, sekä laadun varmistamiseen työn suorittamisen jälkeen. Korroosionestomaalauksessa ammattitaidon ja motivoituneisuuden merkitys on suuressa roolissa prosessin kaikissa vaiheissa. Korroosionestomaalauksen lopulliseen asiakkaan laatuvaatimukset täyttävään laatuun vaikuttavat tekijät on esitetty kuvassa 1 prosessivaiheittain. Kuvassa on esitetty prosessivaiheittain alusta loppuun kaikkien prosessin vaiheiden merkitys lopulliseen saavutettuun pintakäsittelyn laatuun. Laatusuunnitelmassa huomioidaan kaikki prosessin eri vaiheet edellä mainitut seikat huomioon ottaen. Suunnitelmaa laadittaessa ja kokonaistoteutusta suunniteltaessa on osattava huomioida, että yhdenkin prosessivaiheen epäonnistuminen voi aiheuttaa koko pintakäsittelyprosessin epäonnistumisen. (vertaa standardi ISO 12944-8). Pintakäsittelyprosessin onnistuminen vaatii osaavaa ja motivoitunutta henkilöstöä ja jokaisen prosessin vaiheen huolellista ja vaatimusten mukaista toteutusta. Kaikissa prosessin vaiheissa tulisi suorittaa suunnitelman mukaiset tarkastustoimenpiteet ja suorittaa tarvittavat dokumentoinnit asiakkaiden vaatimusten mukaisesti. (Teknos, 2013, s. 45)

### Maalauksen onnistumiseen vaikuttavat tekijät



Kuva 1 Onnistumiseen vaikuttavat tekijät (Teknos, 2013, s. 45)

#### 3.1 Laatusuunnitelman sisältö

Työn tilaaja laatii pintakäsittelytyölle laatusuunnitelman. Mikäli tilaajalla on käytössä toimiva laatujärjestelmä, tulee laatusuunnitelman olla yhdenmukainen organisaation käytössä olevan laatujärjestelmän ja laadunohjauksen kanssa. Organisaation tehtäviin sisältyy myös tehdä selvitys pintakäsittelyhenkilöstönsä osaamisen tasosta. (vrt. ISO 12944-7).

Laatusuunnitelmassa määritellään vähintään laatutavoitteet, joiden mukaan työ tulisi toteuttaa. Suunnitelman tulisi määritellä ainakin saavutettavissa olevat laatutavoitteet, kuten värisävy, pintakäsittelyn visuaalinen ulkonäkö sekä sen tarkisteluohjeistukset, kalvonvahvuudet, esikäsitteilyn taso, vastuiden ja valtuuksien tarkka ja yksityiskohtainen määrittäminen prosessin vaiheiden aikana, sekä työohjeet ja menetelmät miten eri tilanteissa tulisi toimia. Millaiset laaduntarkistus menetelmät vaaditaan ja kenen vastuulla

niiden toteuttaminen on. Suunnitelmaan tulisi määritellä myös toimintaohjeet virhetilanteiden varalle. (Teknos, 2013, s. 46)

Mikäli kummallakaan osapuolella ei ole käytössä omaa laatujärjestelmää, jonka mukaan laadun tarvittava taso sekä ohjeistukset tulisi tehdä, voidaan laatia erillinen kirjallinen sopimus osapuolien välillä. Laaditun kirjallisen laatusuunnitelman tulisi pitää sisällään edellä kerrotut vaatimukset ja vastuut. Osapuolet voivat myös sopia, että tarvittavat mittaukset ja valvontatyö voidaan toteuttaa ulkopuolisen kolmannen osapuolen välillä. Näin toimimalla saadaan riippumaton laadun tason selvitystyö. Mikäli päädytään käyttämään kolmatta osapuolta laadunvalvontaan, voi olla tarpeen laatia kirjallinen sopimus, jossa määritellään laaduntarkistus menetelmät, laajuudet ja kohteet, aika- ja paikka, mittauksissa käytettävät menetelmät ja välineet, vastuut ja valtuudet, sekä korjaavat toimenpiteet mahdollisten virhetilanteiden varalle. (Teknos, 2013, ss. 45-46)

## **3.2 Laadunvarmistuksen kohteet**

### **3.2.1 Pintakäsittely henkilöstö**

Pintakäsittelyn laadunvarmistuksen kannalta tärkeimpänä kohteena voidaan pitää henkilöstön osaamisen taso, sekä motivoituneisuutta. Henkilöstöllä on oltava alan koulutus tai sertifiointi jonkin hyväksytyt järjestön puolesta. Pintakäsittelytyön osapuolet voivat myös erikseen sopia siitä riittääkö työn suorittajan ammattitaso työn suorittamiseen. Tarvittava ammattitaso voi olla esimerkiksi pitkä kokemus alalta. Erityistä huolellisuutta vaativasta työstä voidaan pitää erikseen kokous ennen työn aloitusta, tai sen suunnittelua. Kokoukseen tulisi osallistua vähintään tilaajan ja toimittajan edustajat, sekä työn suorittajat ja mahdollisesti maalinvalmistaja sekä ulkopuolinen laadunvarmistamisen suorittaja. Kokouksessa voidaan käsitellä pintakäsittelyjärjestelmää, työselostetta, sekä standardeja, joiden mukaan toimia. Kokouksessa voidaan käsitellä myös mahdollisesti erityistä huolellisuutta vaativat kohdat ja käsiteltävän tuotteen tai kohteen rakenne ja käsiteltävyys. Työn suorittaja tahon on kyettävä todistamaan, että he kykenevät suorittamaan jokaisen prosessin tason vaadittujen laatuvaatimusten mukaisesti. Toimittajan on kyettävä todistamaan myös, että he kykenevät ylläpitämään pöytäkirjaa työn jokaisesta prosessista

määrättyjen ohjeiden mukaisesti. Mahdollisten epäselvyyksien ja virhetilanteiden toimintamallit on sovittava etukäteen. Toimittajan on pystyttävä todistamaan kykenevyys toiminaan myös epäselvyyksien ja virhetilanteiden kohdalla. (Teknos, 2013, s. 46)

### 3.2.2 Käsiteltävien tuotteiden rakenne

Käsiteltävien tuotteiden rakenteen pitää vastata standardin ISO 12944 osassa 3 mainittuja rakennevaatimuksia. Rakenteet ja käsiteltävyydet varmistetaan mahdollisuuksien mukaan jo tuotteen suunnitteluvaiheessa. Teräsrakenteiden ruostumisaste ja sallitut raja-arvot määritetään standardin SFS-ISO 8501-1 mukaisesti. Hyväksytyt ruostumisasteet A, B tai C ovat hyväksytyjä tasoja, ellei asiasta ole sovittu muuta. Terästyön laatuaste määritellään standardin SFS 8145 mukaan, kuten kuvassa 2 esitetään. Käsiteltävän pinnan tulee olla sellainen, että sen käsittely onnistuu vaaditun tason mukaisesti. Kappaleiden käsiteltävyys ja käsiteltävien pintojen Luokse päästävyys on määritelty standardissa (ISO 12944-3). Tuotteet, jotka eivät täytä terästyönlaatuvaatimuksia eivät tule täyttämään vaadittua korroosionestokykyä. Virheellisiä tuotteita ei tulisi ottaa pintakäsittelyvaiheeseen, vaan ne tulisi palauttaa edelliseen tuotanto vaiheeseen korjattavaksi. (Teknos, 2013, s. 47)

Kohde	Nro	Toimenpide	Esikäsittelyn laatuaste									
			1	2	3	4	5	6				
<b>TERÄSTYÖ</b>												
Hitsausliitokset	1	Hitsauskuona poistetaan										
	2	Hitsauslangan pätkät poistetaan										
	3	Kaapimella irtoavat hitsausroiskeet poistetaan										
	4	Hitsausroiskeet poistetaan										
	5	Avohuokokset korjataan										
	6	Reunahaavat korjataan										
	7	Terävät huiput pyöristetään										
Leikkauspinnat	8	Kaapimella irtoava purse ja jäyste poistetaan										
	9	Terävät reunat ja huiput poistetaan										
Viat teräspinnassa	10	Polttohaavat korjataan										
	11	Terävät pintaviat korjataan										

Kuva 2 Terästyön laatuasteet (SFS 8145) (Teknos, 2013, s. 24)

### 3.2.3 Pintakäsittely ja esikäsittelyt

Käsiteltävät pinnat on puhdistettava pintakäsittelyjärjestelmän vaatimalla tavalla, esimerkiksi suihkupuhdistuksella, mekaanisesti hiomalla tai kemiallisilla käsittelyillä. Ennen

pintojen puhdistusta kappaleen pinnoilta on poistettava orgaaniset epäpuhtaudet ja suolat. Epäpuhtauksien poistaminen voidaan tehdä esimerkiksi alkalisella pesulla ja hyvällä huuhtelulla puhtaalla vedellä. Mahdollisesti suoritettavan suihkupuhdistuksen tasosta ja siinä käytettävistä materiaaleista kuten rakeet, hiekka, suola tms. voidaan sopia työtä sopiessa standardien (standardit ISO 11124 – ISO 11127) mukaisesti. Suihkupuhdistusta suoritettaessa välineiden on oltava hyväkuntoisia, paineilman on oltava puhdasta ja kompressorin tehon on oltava riittävällä tasolla. Sopimuksessa määriteltyjen olosuhteiden, kuten ilmankosteus ja lämpötila, on oltava oikealla tasolla työtä suoritettaessa. Olosuhteet ja käytettävät materiaalit yms. on myös merkittävä laatudokumentteihin sopimuksen tai järjestelmän edellyttävällä tavalla. Esikäsittelyaste mitataan joko siihen tarkoitettulla mittarilla, tai se arvioidaan SFS-ISO 8501-1 mukaisesti. Mikäli pinnat jätetään ruostumisasteeseen C tai D, saattaa pinnoille olla vielä jäänyt klorideja, pölyä tai suoloja. Epäpuhtauksien mittaamiseen tarvittavia menetelmiä on esitelty standardissa ISO 8502 Suolapitoisuuden mittaamiseen tarvittavat mittauslaitteet on esitelty kuvassa 3. Pintakäsittelyasteiden määrittely standardissa SFS-ISO 8501-1 ja ISO 8501-2. Mikäli pintakäsittely on epäonnistunut joiltain alueilta ja pintaa joudutaan korjaamaan suihkupuhdistuksella, on varottava ehjän maalipinnan rikkomista. Puhdistetun pinnan ja ehjän maalikerroksen raja-alueet on häivyttävä hiomalla esimerkiksi epäkeskohiomakoneella. Puhdistettu pinta tulisi käsitellä mahdollisimman nopeasti puhdistustyön suorittamisen jälkeen. Puhdistettu pinta voi altistua epäpuhtauksille tai korroosion syntymiselle, mikäli puhdistuksen ja käsittelyn välinen aika on liian pitkä. Puhdistettu pinta altistuu korroosiolle, mikäli ilman suhteellinen kosteus on 60–70 %. Valmiin pinnan visuaalista tarkastelua varten paikassa on oltava vaatimusten mukainen valaistus. (Teknos, 2013, ss. 47,37)



Kuva 3 Suolapitoisuuden mittauslaitteet (Teknos, 2013, s. 50)

### 3.2.4 Pintakäsittelyn olosuhteet

Pintakäsittelytyöt suoritetaan pintakäsittelyjärjestelmien tai sovellettavien standardien vaatimissa olosuhteissa. Pintakäsittelytyön prosessivaiheiden aikana vallitsevat olosuhteet eivät saa poiketa tavarantoimittajien eikä pintakäsittelyjärjestelmien olosuhdevaatimuksista. Mikäli olosuhteet eivät täytä vaadittavia arvoja, pintakäsittelytyö on keskeytettävä, tai olosuhteet on muutettava vaadittujen arvojen mukaisiksi. Ympäristön olosuhteita on seurattava tarkasti koko pintakäsittelyprosessin ajan. Olosuhdemittausten tulokset merkitään vaaditussa laajuudessa laadunvalvonta dokumentteihin. Ympäristöolosuhteita, joita tulisi seurata koko prosessin ajan ovat, ilman lämpötila, alustan lämpötila, ilman suhteellinen kosteus, kastepiste, tuuliolosuhteet, maalin lämpötila, valaistus sekä pintakäsittelytyön läheisyydessä tapahtuva pintakäsittelyä mahdollisesti häiritsevä toiminta. Pintakäsittelytyö pitää toteuttaa maalintoimittajan olosuhteista annettujen ohjeiden mukaisesti. Pintakäsittelytyön lopputulokselle voi olla haitallista, mikäli työ suoritetaan esimerkiksi kostealle, märälle tai jäätyneelle pinnalle. Tämä voi aiheuttaa esimerkiksi maalin irtoamisen käsitellyltä pinnalta, tai muita pintakäsittelytyön lopputuloksen pilaavia tapahtumia. Pintakäsittelytyön ja maalikerrosten kuivumisen aikana ilman lämpötilan tulisi olla tarpeeksi korkealla tasolla. Ilmassa on aina kosteutta, eli vesihöyryä, joka voi tiivistyä kosteudeksi käsiteltäville pinnoille. Ilman kosteutta voidaan mitata suhteellisena kosteutena ja kastepisteenä. Puhtailla metallipinnoilla vesihöyryn tiivistyminen voi tapahtua, kun

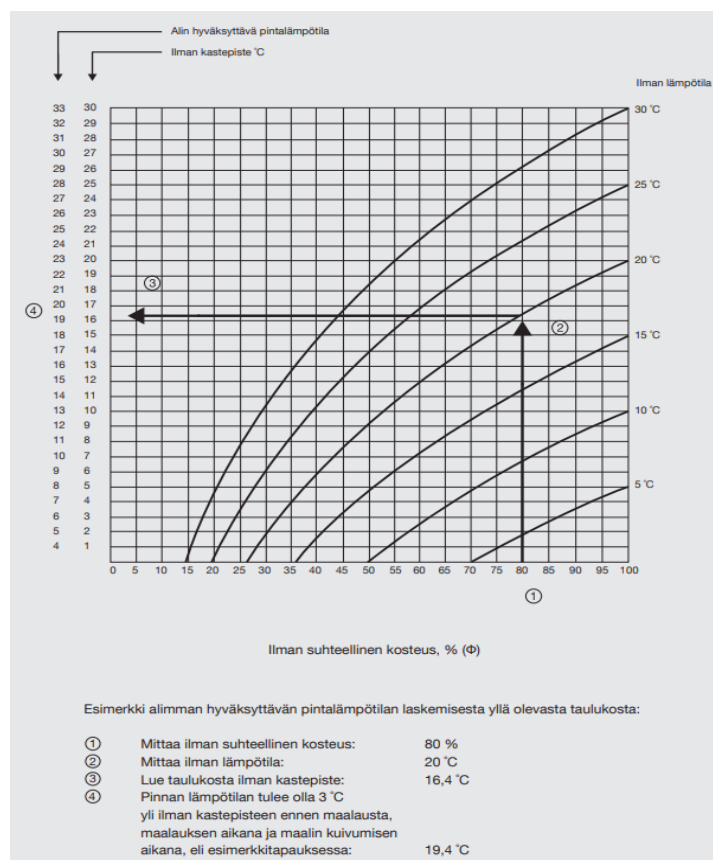


saavutetaan 100 %:n suhteellinen kosteus esimerkiksi lämpötilan laskiessa kastepisteeseen. Epäpuhtailla pinnoilla ilman tiivistyminen kosteudeksi voi tapahtua jo huomattavasti aikaisemmin. Käytännössä suihkupuhdistetulla teräspinnalla ruostuminen voi alkaa, kun ilman suhteellinen kosteus on 60–70 %. Siksi suihkupuhdistustyö tulisi suorittaa mahdollisimman alhaisessa suhteellisessa kosteudessa. Maalaus on suoritettava välittömästi pinnan puhdistuksen jälkeen, jotta pinnalle ei alkaisi muodostua korroosiota. Ilmassa oleva suhteellinen kosteus voi vaikuttaa eri tavalla erilaiset ominaisuudet omaavien maalien kalvonmuodostumismekanismeihin. Ilman suhteellisen kosteuden raja-arvot on yleensä ilmoitettu eri maalityyppien tuoteselosteissa. Metallipinnalle voi muodostua kosteutta, vaikka ilman suhteellinen kosteus olisi alhainen. Kosteutta kappaleiden pinnoille voi syntyä myös, mikäli metallipinnan lämpötila on ilman lämpötilaa alhaisempi. Siksi metallipinnan lämpötilan tulisi olla noin 3 astetta ilman kastepisteen yläpuolella. Kastepiste tarkoittaa sitä lämpötilaa, jossa vesihöyryä sisältävän kaasun suhteellinen kosteus on 100 %. Pinnalla kondensoituvan kosteuden arvioimisessa ilman lämpötila, käsiteltävän pinnan lämpötila ja suhteellinen kosteus ovat tärkeimmät seurattavista parametreistä. Käytännössä pinnalle kondensoituvan kosteuden muodostumiseen vaikuttavat myös käsiteltävän pinnan lämmönjohtavuus, auringon tuottama lämpösäteily, ilmavirtaukset käsiteltävillä pinnoilla ja hygroskooppisten aineiden tyyppi ja niiden määrä. (Teknos, 2013, s. 37)

Ilmanlämpötilan ollessa alle 0 astetta, on tarkastettava, ettei käsiteltävillä pinnoilla ole jäätä. Pintalämpötila voidaan mitata siihen tarkoitettulla pintalämpötila mittarilla. Kun muut olosuhte arvot tiedetään, voidaan kastepistekiekon, joka on esitetty kuvassa 4, avulla mitata voidaanko pintakäsittelytyö aloittaa. Kuvassa 5 on esitetty alhaisin pinnan lämpötila ympäröivän ilman ja suhteellisen kosteuden funktiona. Kuvasta selviää myös vastaava ilman kastepiste. (Teknos, 2013, ss. 37-38)



Kuva 4 Kastepiste kiekko (Teknos, 2013, s. 38)



Kuva 5 pintalämpötila, suhteellinen kosteus ja kastepiste. (Teknos, 2013, s. 39)

### 3.2.5 Menetelmät ja välineet

Pintakäsittelytyötä suoritettaessa on huomioitava sovellettavat standardit, määritetyt työmenetelmät ja niiden edellyttämät hyväkuntoiset ja huolletut työvälineet.

Pintakäsittelytyössä on huomioitava myös maalinvalmistajan ja muiden toimittajien määräämät arvot, joiden mukaan pintakäsittelytyö tulisi suorittaa. Pintakäsittelyjärjestelmän tulee myös olla soveltuva käsiteltäville kappaleille, eikä se saa kuormittaa ympäristöä. Erilaiset maalausmenetelmät ja pintakäsittelytyö esitetään standardissa ISO 12944-7. (Teknos, 2013, s. 48)

### **3.2.6 Pintakäsittelyssä käytettävät aineet**

Pintakäsittelytyötä suoritettaessa käytetään vain pintakäsittelyjärjestelmän mukaisia aineita. Aineita tulisi varata riittävästi ja niiden varastointi tulisi suorittaa vaatimusten mukaisesti. Käytettävien pintakäsittelymateriaalien tulisi olla ehjissä ja asianmukaisissa pakkauksissa ja pakkausten etikettien tulisi olla ehjiä, jotta niistä pystyisi näkemään tarvittavan informaation. Materiaalien varastointi on tehtävä niiden käyttöturvallisuustiedotteiden ja tuoteselosteiden mukaisesti sekä niin, että niiden etiketeissä lukevat olosuhde- ja varastointirajoitukset huomioidaan. Pintakäsittelymateriaalit säilyvät parhaiten tasalämpöisissä ja viileissä sisäolosuhteissa. Mikäli käytettävät materiaalit on säilytetty kylmissä olosuhteissa, tulisi ne ottaa käyttölämpötilaan riittävän aikaisin ennen pintakäsittelytyön aloittamista. Kaikkien käytettävien materiaalien tuotetiedot merkitään ylläpidettävään laadunhallintapöytäkirjaan. (Teknos, 2013, s. 48)

### **3.2.7 Pintakäsittelytyön suorittaminen**

Pintakäsittelytyö pitää suorittaa käyttöohjeiden mukaisesti, soveltaen standardien ISO 12944-7 vaatimuksia. Työtä suorittavan henkilöstön pitää tutustua kaikkien käytössä olevien aineiden Pintakäsittelytyötä suorittavan henkilöstön on tutustuttava kaikkien käytössä olevien materiaalien tuoteselosteisiin ja käyttöturvallisuustiedotteisiin. Käsiteltävien tuotteiden pinnat pitää esikäsitellä pintakäsittelyjärjestelmän mukaisesti, eivätkä ne saa altistua kosteudelle ja epäpuhtauksille. Käytössä olevien materiaalien asianmukainen kunto on varmistettava ennen niiden ottamista käyttöön. Mikäli käytössä on kaksikomponenttisiä maaleja, on niiden sekoitussuhteet ja käyttöaika ikkunat huomioitava niiden käyttöönotossa. Käytössä olevien maalien ohenteiden tulee olla kyseiselle maalille tarkoitettua, ja niiden lisääminen on suoritettava ohjeiden mukaisesti. Pintakäsittelyä suoritettaessa on seurattava,

että vaaditut kalvonvahvuusvaatimukset täyttyvät, eikä pintaan muodostu valumia tai maalaamattomia kohtia. maalaustyön suorittamisen jälkeen varmistetaan kalvonvahvuusmittarilla vaaditun kalvonvahvuuden täytyminen. (Teknos, 2013, s. 48)

Jauhemaalauksessa tarkistetaan maalilaatikossa olevan jauheen kunto. Jauheen on oltava tasalaatuista, eikä se saa olla kokkareista tai kosteaa. Jauhemaali on levitettävä tasalaatuisesti oikeaan kalvonvahvuuteen käyttäen oikeita ruiskutusarvoja. Polymerisointi on suoritettava oikeassa lämpötilassa ja oikean pituisena ajanjaksona maalintoimittajan arvojen mukaisesti. (Teknos Oy, 2015, ss. 4-8)

Märkämaalauksella käsiteltävien kappaleiden terästyön laatuasteen on oltava vaatimusten mukaisessa kunnossa. Kappaleissa mahdollisesti esiintyviin teräviin kulmiin ja reunoihin on tarvittaessa levitettävä maalikalvoa vahvistava ylimääräinen maalikerros. Mikäli kappaleiden pintakäsittelyvaatimukset niin edellyttävät, on uuden maalikerroksen levityksessä huomioitava ensimmäisen maalikerroksen vaatima kuivumisaika. Maalauskerrosten välissä olevan ajan ylittäessä kyseisen maalin vaatiman päälle maalausajan, on alempi maalikerros hiottava, jotta maalikerrosten tarttuvuus voidaan varmistaa. Mikäli tuotekokonaisuudessa esiintyy sellaisia pintoja, jotka jäävät kokoonpanossa piiloon, tulee pinnat maalata ennen tuotteen lopullista kokoonpanoa. Valmiissa kokoonpanossa vastakkain asettuvien pintojen maalikalvon tulisivat olla käsittelykuivia, ennen kokoonpanotyön suorittamista. Valmista maalipintaa ei saa käsitellä ennen maalikalvon kuivumista käsittelyvalmiiksi. Termillä korjausmaalaus voidaan tarkoittaa varsinaisen maalaustyön aikana suoritettavaa maalikalvon korjausta, että valmiiden maalikalvojen vauriokohtien korjaamista. Korjausmaalausta suoritettaessa tulisi huomioida pintakäsittelyjärjestelmä ja käytettävien materiaalien tuoteselosteet. (Teknos, 2013, s. 48)

Jauhemaalauksessa terävät reunat, nurkat ja hitsisaumat käydään läpi maalauksen jälkeen, ja paikataan tarvittaessa asiakkaan hyväksymällä märkämaalilla. Kaksikerrosmaalauksessa pohjamaalattuja pintoja ei saa koskea paljain käsin. Ennen pintamaalin levittämistä on varmistuttava pinnan puhtaudesta. Tarvittaessa pohjamaali on pestävä ja/tai karhennettava ennen pintamaalin levittämistä. Pinnat, jotka valmiissa kokoonpanossa tuotteessa jäävät piiloon, on maalattava ennen kokoonpanoa. Ennen tuotteiden käsittelyä, tai pakkaamista tuotteiden tulee olla jäähtynyt huonelämpötilaan. (Teknos Oy, 2015, ss. 4-8)

### 3.2.8 Valmiin pintakäsittelyn pinnan tarkastustoimet

Maalaustyön valmistuttua varmistetaan, että maalikalvo on virheetön, eikä siinä enää esiinny mitään valmiin pinnan toimintaa heikentäviä virhekohtia. Valmista pintaa heikentäviä virhekohtia voivat olla esimerkiksi valumat, kraatterit, reiät tai huokoiset kohdat. Valmiin pinnan värisävyn ja kiiltoasteen tulee täyttää asiakkaan niille asettamat vaatimukset. Asiakkaiden pintakäsittelyjärjestelmissä on usein määritelty, miten maalikalvon vahvuudet tulisi mitata valmiista pinnoista. Kalvonvahvuus on usein määritelty nimelliskalvonvahvuutena, jolloin tavoitekalvonvahvuus on yhtä, kuin nimelliskalvonvahvuus. Kalvonvahvuudesta on usein määrätty myös kalvonvahvuuden alaraja ja yläraja. Kalvonpaksuusmittaukset on esitetty luvussa 3.2.9. Huokoisuustarkistusta suositellaan pinnoille, jotka altistuvat erityisen koville olosuhteille, kuten upotusrasitukselle. Huokoisuustarkastuksella etsitään valmiissa pinnassa esiintyviä huokoisia kohtia, reikiä ja muita heikkoja kohtia. Huokoisuustarkistus voidaan suorittaa pinnoille, joiden kalvonvahvuudet ovat yli 300 $\mu$ m:tä. Kuvassa 6 on esitetty esimerkki huokoisuusmittarista. Kuivakalvonvahvuus voidaan mitata kalvoa rikkovilla menetelmillä tai rikkomattomilla menetelmillä. Mittausmenetelmät esitetään standardissa ISO 2808. Maalikalvon tarttuvuus, eli adheesio, voidaan mitata standardin ISO 4624 mukaisella vetokokeella. Vetonuppitestausta laitteesta on esimerkkinä kuvan 7 laite. Adheesio voidaan tarkistaa myös standardin ISO 2409 mukaisella hilaristikkokokeella. Hilaristikkotestausta laitteesta on esimerkki kuvassa 8. (Teknos, 2013, s. 50)

Pintakäsittelytyön tarkastajalle tulisi olla käytettävissä esimerkiksi tiedot pintakäsittelyjärjestelmästä, maalauserittely, tarvittavat piirustukset, maalien tuoteselosteet ja käyttöturvallisuustiedotteet, värikartat, sovellettavat standardit sekä tarvittavat mittausvälineet, kuten - kalvonpaksuusmittari - lämpömittarit ja ilman kosteuden mittari (esitetty kuvassa 9), taskulamppu, taipuvavartinen tarkastuspeili, veitsi ja suurennuslasi. Tarpeen niin vaatiessa toimittaja voi tehdä mallikappaleen vaadittua pintakäsittelyjärjestelmää käyttäen. Tilaaja voi sitten hyväksyä tai hylätä mallikappaleen pintakäsittelytuloksen. mallikappale voi olla varsinaisen tuotteen vaikeimman kohdan mukainen, jotta voidaan esittää tilaajalle pintakäsittelyn taso varsinaiselle kappaleelle. Näin voidaan varmistaa toimittajan antamat tiedot oikeiksi ja mahdollistetaan pinnoitteen toimivuuden tarkastaminen milloin tahansa työn valmistumisen jälkeen (ISO 12944-7).

Mallikappaleista, sekä vertailualueista on tehtävä tarkat merkinnät niin, että niiden toimivuutta voidaan seurata aina (ISO 12944-8). Vertailualueiden koko ja määrä pyritään aina suhteuttamaan pintakäsittävän valmiin rakenteen kokoon. Vertailualueiden ja mallikappaleiden tekeminen on oltava taloudellisesti järkevää ja perusteltavissa (ISO 12944-8). (Teknos, 2013, s. 48)



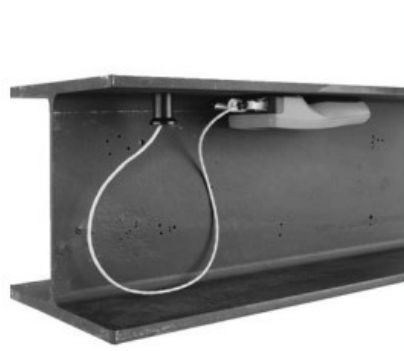
Kuva 6 Vetonuppitesteri (Teknos, 2013, s. 50)



Kuva 7 huokoisuusmittari (Teknos, 2013, s. 50)



Kuva 8 Hilaristikkotesti välineet (Teknos, 2013, s. 50)



Kuva 9 Olosuhdemittari. (Teknos, 2013, s. 50)

Kalvonvahvuudella tarkoitetaan märkä-, kuivakalvon tai maaliyhdistelmän paksuutta. Kalvonvahvuus ilmoitetaan joko mikrometreinä ( $\mu\text{m}$ ) tai millimetreinä (mm). Tarvittava kalvonvahvuus määritellään ympäristön rasisuusluokan, maalityyppien ja suunnitellun kestoiän mukaan. Kalvonvahvuudet on yleensä esitetty maalausstandardeissa, yhdistelmäselosteissa ja tuoteselosteissa kuivakalvon nimelliskalvonpaksuutena (NDFT). Standardissa SFS-EN ISO 12944-5 määritellään kuivakalvonnimellispaksuus. Märkämaalauksessa kalvonvahvuus määritetään pinnalta mitataan märkäkalvomittarilla. Kuivakalvonvahvuus voidaan mitata kalvoa rikkovalla tai rikkomattomalla menetelmällä. Maalattavan tuotteen esikäsittelyn aiheuttama pintaprofiili, ja sen vaikutus

kalvonvahvuuksiin, on huomioitu standardeissa eri tavalla. Siksi on tärkeätä sopia etukäteen minkä standardin mukaan kalvonvahvuutta mitataan. Kalvonvahvuuden mittausmenetelmät on selitetty standardissa ISO 2808. (Teknos, 2013, ss. 48-49)

Mikäli maalaustyö suoritetaan metalliselle pinnalle, voidaan kuivan kalvon vahvuus mitata magneettisten mittarien avulla. Kun metallinen alusta on magneettinen, mittarit voivat perustua magneettiseen induktioon tai kestromagneetin irti vetoperiaatteeseen. Mittareita on esitetty kuvissa 10 ja 11. Mikäli metallialusta ei ole magneettinen, käytetään kalvonvahvuuden mittauksessa pyörrevirtamittareita. Pyörrevirtamittareiden toiminta perustuu metallin ja laitteen mittauspään välisen pyörrevirran vahvuuden muutoksiin. Mitä paksumpi maalikerros on, sitä pienempi pyörrevirran vahvuus on. Mittalaitteita käytetään ainoastaan laitteiden valmistajan ohjeiden mukaisesti. Mittalaitteiden mittaustuloksiin vaikuttavat tekijät on selostettu standardissa ISO 2808. Mitattavan maalikalvon on oltava riittävän kuiva (märkämaalaus) tai jäähtynyt (jauhemaalaus) ennen kuin kalvo mitataan. Ennen mittareiden käyttöönottoa mittarit kalibroidaan valmistajan ohjeiden mukaan käyttämällä sopivia kalibrointistandardeja. Mittalaitteiden kalibroimiseen käytetään muovisia kalvoja tai pinnoitettuja kappaleita. Mittarit kalibroidaan sopimuksen mukaisesti joko sileälle, esim. kylmävalssatulle tai karhennetulle teräspinnalle. Mittareiden mittaustuloksia on seurattava säännöllisesti, mittarit tulisi kalibroida säännöllisesti, esimerkiksi aina työvuoron alussa. Mittaustulokset vaihtelevat aina, kun kalvonvahvuuksia mittaamassa on useampi henkilö, joilla on erilaisia mittaustapoja. Mittaustapojen aiheuttamien eroavaisuuksien suuruutta voidaan pienentää käyttämällä vakiopaineella toimivaa mittaria. Mittarin mittauspään anturi asetetaan aina kohtisuorasti kappaleen pintaa vasten. Magneettiseen vetovoimaan perustuvien mittalaitteiden säädöt tulisivat tehdä erikseen ylösalaisin tehtävässä mittauksessa ja ylhäältä alaspäin tehtävässä mittauksessa. Kalvonvahvuusmittaukset tehdään tuotteen näkyville pinnoille, tai muuten tärkeille pinnoille. Edustavan pintakäsitellyn alueen suuruudella on merkitystä mittaus kertojen määrään, mittauskertoja tulisi olla niin monta, että saadaan oikea tieto kalvonvahvuuden paksuusjakaumasta. Mittausalueella tarkoitetaan valmiin tuotteen pinnan aluetta, josta tehdään sovittu määrä mittauskertoja. Sitä kohtaa, josta mittausta suoritetaan, kutsutaan mittauskohdaksi. Kalvonvahvuusmittareiden epätarkan ja puutteellisen toistettavuuden vuoksi tulisi mittauskohdeista tehdä useampia mittauksia. Useammasta mittauskerrasta

lasketaan keskiarvo, jotka käytetään maalikalvon kalvonvahvuutena. Pienin mitattu kalvonvahvuus on mittausalueelta mitattu pienin yksittäinen mittaustulos. Standardeissa, esim. ISO19840, on määritelty eri mittausalueiden mittauskerrat, ja miten paljon mittaustulokset saavat poiketa annetusta nimelliskalvonvahvuudesta. Esimerkiksi: Jokaisesta valmiista tuotteesta katsotaan jokaiselta alkavalta 100 m<sup>2</sup> pinta-alalta yksi 10 m<sup>2</sup> mittausalue, mittausalueelta mitataan 20 mittauskohtaa. Mittauskohdasta otetaan kolme lukemaa. On määritelty että, kalvonpaksuus saa alittaa nimelliskalvonpaksuuden yhdessä mittauskohdassa. Alitus saa kuitenkin olla enintään 20 % käytettävästä nimelliskalvon vahvuudesta. Pintakäsittelytodistuksesta tai mittauspöytäkirjasta pitää käydä ilmi se minkä ohjeen mukaan mittaukset, sovitut poikkeamat ja poikkeamat standardeista on toteutettu. Mittauspöytäkirjasta pitää löytyä myös tiedot siitä millä mittausmenetelmällä ja millä mittarilla tulokset on saatu. (Teknos, 2013, s. 41)





Kuva 9 Kuivakalvonvahvuus mittari. (Teknos, 2013, s. 42)



Kuva 10 Irti vetoperiaatteella toimiva mittari. (Teknos, 2013, s. 42)

### 3.2.9 Pintakäsittelytyön- ja olosuhteiden dokumentointi

Korroosionestomaalauksessa käytetään käytännössä kahta eri dokumentointi tyyliä. Mikäli kaikki pintakäsittelyyn liittyvät asiat on sovittu jo etukäteen, on mahdollista laatia dokumenttipohja jo ennen työn aloittamista. Toinen dokumentointityyli on niissä tapauksissa, joissa dokumentointia ei ole mahdollista aloittaa etukäteen, Silloin dokumentointia tehdään työn edetessä. (Teknos, 2013, s. 49)

Dokumenteissa, jotka tehdään työn alkaessa, tai ennen sen aloittamista. Työn alkaessa olemassa olevissa asiakirjoissa maalaustyön laadunvarmistusta ja -ohjausta varten laaditaan ja hankitaan erilaisia asiakirjoja, kuten erittelyjä, piirustuksia, tarkastusohjeita, työohjeita, laadunvarmistusmenettelyjä, tuoteselosteita ja käyttöturvallisuustiedotteita. Näiden asiakirjojen pitäisi olla selvästi luettavissa, niissä tulisi olla päivämäärät näkyvillä ja niiden tulisi olla siistejä ja hyvässä järjestyksessä. Asiakirjojen hyvällä säilytyksellä, ja niiden kunnon

ja oikeellisuuden valvonnalla, varmistetaan oikean informaation saaminen laadun kannalta tärkeissä työvaiheissa. (Teknos, 2013, s. 49)

Pintakäsittely prosessien aikana työstä vastaava henkilö pitää päiväkirjaa työn edistymisen kannalta tärkeistä arvoista, kuten olosuhteet, mittaustulokset, välinetarkastukset, esikäsittely aste ja esikäsittelyjen toiminta, käytettävät materiaali ja niiden kunto, materiaalien käyttöturvallisuus ja käyttöturvallisuustiedotteet, valmiille pinnalle tehtävät tarkastukset yms. Pöytäkirjoihin merkitään myös puutteet ja virheet, sekä näille tehtävät korjaavat toimenpiteet. Pöytäkirjoista tulisi selvittää myös vastaavan henkilön nimi ja päivämäärätiedot. Kaikista prosessin vaiheista tulee tehdä merkinnät pöytäkirjoihin. (Teknos, 2013, s. 49)

#### **4 Jauhemaalaukset korroosionestomenetelmänä**

Jauhemaalauksessa maali levitetään kappaleen pintaan nimensä mukaisesti jauheen muodossa. Jauhemaalaukset suoritetaan levittämällä sähköisesti varattua jauhetta maadoitetun kappaleen pintaan. Jauhemaalaukset varataan sähköisesti joko pistoolissa olevan elektrodikärjen avulla, tai jauhemaliletussa ja pistoolissa olevan kitkan avulla. Varattu jauhe pyrkii tarttumaan maadoitetun kappaleen pintaan. Kappaleen pintaan tarttunut jauhemalaukset laitetaan polttouuniin verkottumista varten. Jauhemaalaukset polymerisoituu uunissa, ja siitä tulee nestemäinen maalikerros, joka muodostuu erittäin tiiviiksi maalikalvoksi kappaleen pintaan. Kappaleen pintaan polymerisointi prosessin jälkeen tarttunut jauhemalaukset otetaan ulos polttouunista. Jäähdytymisen jälkeen jauhemalaukset on erittäin kova ja tiivis maalikerros. Maalipinta on jäähdytymisen jälkeen heti käsiteltävissä. Koko prosessin aikana ei vapaudu liuotinhöyryjä ilmaan. (Jokinen, 2001, s. 120)

Jauhemaalauksella on monia etuja verrattuna muihin maalaustapoihin. Esimerkiksi ilmaan vapautuneiden VOC päästöjen puuttuminen. Automaattisilla maalauslinjoilla, joissa maalausammio on varustettu jauhemalaukset kierrätyslaitteilla, ohi ruiskutettu jauhemalaukset voidaan kierrättää uudelleen käytettäväksi. Kierrätystoiminto vähentää siis jauhemalauksetjätteen määrää, ja säästää maalin hankintakustannuksia. Manuaalisissa maalausammioissa tätä mahdollisuutta ei ole. (Jokinen, 2001, s. 120) Useimmat markkinoilla olevat jauhemalaukset täyttävät EU:n liuotinpäästöjä koskevan direktiivin

1999/13/EC vaatimukset. Osa jauhemaaleista täyttää myös Euroopan unionin Rohs direktiivin 2011/ 65/EC mukaiset vaatimukset. (Teknos Oy, 2015, s. 8)

Useimmat jauhemaalit ovat hankinta hinnoiltaan edullisia verrattuna muihin pinnoitusmateriaaleihin. Jauhemaalilla on helppo käsitellä tasalaatuisesti yksinkertaisia muotoja ja tasaisia isompia. Jauhemaalausta on helppo automatisoida, varsinkin jos on kyse pienemmistä kevyistä ja yksinkertaisista kappaleista. Sarjatuotantoa esimerkiksi ohuilla peltituotteilla, kuten jääkaappien yms. sivupeltien käsittelyä, on helppoa ja edullista käsitellä automatisoiduilla jauhemaalauslinjoilla. Erilaisista sideaineista valmistetuilla jauhemaalityypeillä voidaan käsitellä erilaisia tuotteita, esimerkiksi epoksijauheilla on kemikaalien ja liuottimien kestävyys erittäin korkealla tasolla. Jauhemaalalla pinnalla mekaanisen rasituksen kesto on korkeammalla tasolla verrattuna muihin maalaustapoihin. Jauhemaalilla on mahdollista saada tarttumaan vaikeasti maalattaviin kohteisiin, joita muilla maalaustavoilla on vaikea käsitellä. Jauhemaalilla on mahdollista saada tunkeutumaan hankalasti käsiteltäviin pintoihin, kuten reuna-alueisiin ja ahtaisiin kotelorakenteisiin. Jauhemaalien peittokyky on hyvä. Jauhemaalilla voidaan myös jättää maalauslaitteistojen sisään työn päättymisen jälkeen ilman pelkoa maalin kovettumisesta ja laitteiden rikkoutumista. Jauhemaalauksessa käytettävät laitteistot ovat yleensä hyvin varmatoimisia, ja niiden ylläpito ja huoltotoimet ovat edullisia toteuttaa. Jauhemaalauksella on maalaustyön suorittajien kannalta turvallisin maalaustapa, koska prosessin aikana ei vapaudu liuotin höyryjä, ja jauhemaalien varastointi on turvallisempaa. Jauhemaalauksella suorittavissa laitoksissa tulipalojen vaara on pienempi, koska maalaamoissa ei tarvitse käsitellä helposti syttyviä liuottimia. Ympäristön kannalta jauhemaalauksesta syntyy vähemmän kuormitusta, koska VOC päästöjen ja liuotinpäästöjen vaara on pienempää. (Jokinen, 2001, s. 120)

Jauhemaalauksella on myös huonoja ominaisuuksia, kuten hankinta toiminnan rajoitukset. Jauhemaaleja ei yleensä saa hankittua pienemmissä erissä. Yleensä jauhemaalien hankinta on suoritettava vähintään 20 kg:n erissä. Pienemmissä erissä hankitut jauhemaalit ovat yleensä kalliita ja niiden saaminen on hidasta. Pienemmissä erissä jauhemaaleja hankittaessa on yleensä kyse erikoisista ja harvinaisemmista värisävyistä. Automaattisilla jauhemaalauslinjoilla värinvaihto on yleensä hidasta. Manuaalisissa panostyyppisissä maalausammioissa, käsimaalauslaitteiden värinvaihto on nopeampi toimenpide.

Jauhemaalauksen polymerisointi vaihetta varten tarvitaan suurikokoisia uuneja, joiden lämpötila on korkea. Lämpötila tulee yleensä olla noin 200 astetta. Polymerisointi uunien käyttökustannuksen ovat korkeita. Uunit lämmitetään yleensä kaasulla tai sähköllä. Mikäli käsiteltävä kappale on suurikokoinen ja ainevahvuuksiltaan paksu, polymerisointivaihe ja jäähtyminen voi kestää pitkään. Siksi märkämaalaus voi olla suurilla kappaleilla taloudellisempi toimintatapa. Joillain maalityypeillä voi olla vaikeaa saada tuotettua värisävyltä ja pinnan tasaisuudelta hyvälaatuisia pintoja. Maalipinnan korjausmaalaus on vaikeampaa, koska paikkamaalaus ei jauhemaalilla onnistu. Jauhemaalauksella korjattavat tuotteet on maalattava kokonaan uudelleen, tai paikkamaalaus on suoritettava märkämaalauksella. (Jokinen, 2001, s. 120)

jauhemaalauksessa itse maalausprosessi voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen. Prosessin vaiheet karkeasti jaettuina ovat kappaleiden esikäsitteleminen, maalin levitys sekä sen polymerisointi vaihe. Esikäsittelemiseksi voidaan käyttää joko kemiallista esikäsittelemistä, tai mekaanista esikäsittelemistä. Nykyään käytetään usein kumpaakin käsittelemistä yhdessä, jolloin kemiallinen esikäsitteleminen tehdään puhalletulle pinnalle. Molemmilla käsittelemillä tavoitellaan käsiteltävälle pinnalle mahdollisimman hyvän tartuntapinnan luomista jauhemalain tartuntaa varten. Hyvä tartunta voidaan saavuttaa vain, kun pinta on puhdas ja riittävän karhea. Kemiallisilla esikäsittelemillä pyritään luomaan metallipinnan ja jauhemalain väliin tartuntaa parantava hapettumasuoja, joka parantaa pintakäsittelyn korroosionkestävyyttä. Erilaisia vaihtoehtoja kemiallisen korroosionsuojan luomiselle on useita. Niistä voidaan valita oikea vaihtoehto, sen mukaan kuinka korkea korroosionsuoja haetaan. (Jokinen, 2001, s. 60). (Teknos, 2013, ss. 22-23)

Jauhemaalilla on mahdollista maalata paksujakin kerroksia yhdellä maalauskerroksella. Yleisesti kuitenkin tavoitellaan noin 60-140µm:n kerrosvahvuuksia. Koska jauhemaa ei sisällä haihtuvia orgaanisia liuottimia, muodostuu valmiista maalikalvosta hyvin tiivis kalvo metallin pintaan. Valmiista pinnasta tulee siis tiiviimpi, kuin haihtuvia liuottimia sisältävistä märkämaalipinnoista. Siksi saman paksuisissa pinnoissa jauhemaalilla on parempi korroosionestokyky, kuin märkämaaleilla. (Teknos, 2013, s. 28)

## 4.1 Jauhemaalit

Jauhemaalit ovat ennen polymerisointia jauheen muodossa. Jauhemaalit koostuvat sideaineista, pigmenteistä, kovetteista ja täyteaineista. Jauhemaalit kovettuvat polymerisointivaiheessa kemiallisesti. Jauhemaaleissa käytetään sideaineina epoksia, polyesteriä tai polyuretaania. Jauhemaalit levitetään kappaleiden pintaan yleensä sähköstaattisilla ruiskuilla. Valmis maalikalvo muodostuu polymerisointi vaiheessa polttouunissa. Polymerisointivaiheessa jauhe sulaa valmiiksi maalikalvoksi +140 – +200 °C:n lämpötilassa. Polymerisointivaiheessa käsiteltävän pinnan tulee olla tarvittavassa lämpötilassa yleensä noin 10–20 minuuttia. Jotta tarvittava pintalämpötila saavutetaan kokonaisuena uunissa voi olla huomattavasti pidempi. Polymerisointi vaiheen aikaan vaikuttaa kappaleen rakenne, paino ja koko. (Teknos, 2013, s. 28)

Jauhemaalit ovat jauhettuja maalipartikkeleja, joiden partikkelikoko on yleensä noin 40–50 µm. Sideaine ja kovete reagoivat keskenään polymerisointi vaiheessa, kun maalattavan kappaleen pintalämpötila saavuttaa maalityypin vaativan reagointi lämpötilan. Jauhemaaleissa voidaan käyttää joissain määrin samoja sideaineita, kuin märkämaaleissa. Jauhemaaleissa ei voida käyttää lämpöä komponentteja, jotka eivät kestä polymerisointi vaiheen korkeaa lämpötilaa. Täyteaineina jauhemaaleissa käytetään yleensä kalsiumkarbonaattia ja raskassälpää. Jauhemaaleihin sideaineiden, pigmenttien ja kovetteiden lisäksi kuuluva lisäaineet. Näillä lisäaineilla pyritään parantamaan jauhemaalien ominaisuuksia, kuten korroosionestokykyä, tasoittuvuutta, kulutuksenkestävyyttä ja ruiskutettavuutta. Näiden jauhemaaleihin lisättävien Lisäaineiden määrä on jauhemaalissa yleensä korkeintaan 5 %. (Jokinen, 2001, ss. 122-123)

Jauhemaalit ovat olleet käytössä teollisessa tuotannossa Yhdysvalloissa ja Euroopassa jo 1950-luvulta lähtien. Jauhemaalausta käytettiin aluksi lähinnä ohutlevytuotteissa, sekä sisätiloihin sijoitettujen tuotteiden käsittelyssä. Jauhemaaleilla oli alussa hyvin pitkät toimitusajat, niiden vähäisen käytön vuoksi. Sävyjä ja erilaisia kiiltoasteita oli käytössä rajallisesti. Jauhemaalausta aloitettiin käyttämään laajemmin, kun raaka-aineet alkoivat kehittymään, ja mahdollistivat isompien ja raskaampien tuotteiden käsittelyn. Kehittyminen mahdollisti myös ulkoilmaan ja ympäristön rasituksille altistuvien tuotteiden käsittelyn.

Käyttömahdollisuuksien lisääntyessä myös jauhemaalien kysyntä kasvoi, jolloin valikoiman laajentaminen ja tuotekehitykseen panostaminen, lisäsivät kysyntää. (Brun, 2010, ss. 4-6)

Jauhemaalien rakenne koostuu pääasiallisesti samoista materiaaleista, kuin märkämaalitkin. Kummassakin tuoterakenne koostuu sideaineista, kovettimista, täyteaineista, pigmenteistä ja apuaineista. Jauhemaaleissa kaikki raaka-aineet ovat ennen käyttöä kiinteässä muodossa, kun taas märkämaaleissa raaka-aineet ovat nestemäisessä muodossa. Jauhemaalilla sellaisenaan, kuin se toimitetaan loppukäyttäjille, on kuitenkin vielä puolivalmiste. Valmistuote se on vasta polymerisoinnin jälkeen. Jauhemaalien säilyttäminen ja varastointi on helpompaa, kuin märkämaalien. Laatikoissa toimitetut jauhemaalit on helppoa pinota lavoille ja kuljettaa asiakkaille. Avaamattomana tai hyvin varastoituna oikeissa olosuhteissa jauhemaalilla voi säilyä käyttökelpoisina useita vuosia. (Jokinen, 2001, s. 188)

Jauhemaalien valmistusprosessi voidaan jakaa kolmeen päävaiheeseen; raaka-aineiden punnitus ja sekoitus, ekstruuderointi sekä jauhatus. Jauhemaalien valmistuksessa tehtaalla maaliin kuuluvien raaka-aineiden väliset kemialliset reaktiot käynnistetään ekstruuderoinnin yhteydessä. Seuraavaksi kemiallinen reaktio pysäytetään jäähdyttämällä massa nopeasti ekstruuderoinnin jälkeen. Jäähdytyksen jälkeen massa jauhatetaan pölymäiseen muotoon, jonka jälkeen se pakataan pusseihin, jotka laitetaan jauhemaalilaatikoihin. Valmiit laatikot voidaan toimittaa asiakkaille. (teräsrakenneyhdistys, n.d, s. 1)

Jauhemaalilla on siis puolivalmiste, jonka kemiallisesti tapahtuva kaksikomponenttinen reaktio toimii lämpöaktiivisena. Jauhemaalilla pinnoitetut kappaleet lämmitetään polymerisointiuuneissa, joiden sisäilman lämpötilat ovat 160–210C. Polymerisointiuunit ovat tyypillisesti konvektiouneja. Niiden sisäilman lämmitys tapahtuu tyypillisesti suorälämmitteisillä kaasupolttimilla. Myös lämmönvaihtimilla varustettuja uuneja ja sähkölämmitteisiä Polymerisointiuuneja käytetään. Kappaleiden lämmitystä voidaan tehostaa, tai maalin polymerisointi voidaan suorittaa kokonaankin säteilylämmöllä. Tähän voidaan käyttää kaasutoimisia tai sähkölämmitteisiä säteilijöitä. Polymerisointiaika ja lämpötila ovat maalikohtaisia. Yleisesti käytetään kymmenen minuutin aikaa ja yli 180C:een lämpötilaa. Lämpötila on kappaleen pintalämpötila, ja aika lasketaan vasta, kun vaadittu kappaleen pintalämpötila on saavutettu. Polymerisoinnin jälkeen, kappaleiden jäähdyttyä,

voidaan aloittaa maalattujen kappaleiden jatkokäsittely, työstäminen tai pakkaaminen eteenpäin lähettämistä varten. (teräsrakenneyhdistys, n.d, ss. 1-2)

## 4.2 Jauhemaalauksen menetelmät

Jauhemaalauksen prosessin laitteisto on usein monimutkaisempi kokonaisuus, kuin märkämaalauksessa vaadittava laitteisto. Jauhemaalauksessa tarvitaan aina vähintään jauheen ruiskutuslaitteisto (sisältäen maalipistoolin, letkut, laitteen ohjausyksikön ja tärypöydän), jauhemaalain levitystä varten tarkoitettu maalausammio suodatuslaitteistolla, kuljetusvaunut ja radan, esikäsittelypisteet sekä uunit polymerisointiin ja mahdollisesti pestyjen tuotteiden kuivaamiselle. Monimutkaisemmat automaattilinjastot tarvitsevat erilaiset maalausammiot, suuremmat uunit ja automaattiradan, pesulinjaston, jauheen talteenottolaitteiston ja seulontalaitteet sekä automaattiset maalauspistoolit niiden ohjausyksiköillä. (Jokinen, 2001, ss. 125-126)

Jauheen leijutusastia, jota voidaan käyttää raskaiden jauheiden, sekä esimerkiksi metallihohtosävyjen levittämiseen, koostuu useasta eri osasta. Jauhesäiliön pohja on kaksiosainen, jossa päällimmäisenä on ilmaa läpäisevä levy ja sen alapuolelle johdetaan paineilmaa. Paineilma johdetaan kulkemaan huokoisen levyn läpi, joka saa jauheen leijumaan jauheastiassa. Levyn alle ohjattua paineilmaa kutsutaan leijutusilmaksi. Leijuva jauhe johdetaan imuputkea pitkin ylöspäin ja siitä jauheletkua pitkin ruiskutus pistoolille. Leijutusilman määrää säädetään niin, että jauhe saadaan leijumaan säiliössä tasaisesti. Jauheen leijuessa säiliössä tasaisesti jauhe saadaan hyvin nousemaan imuputkea pitkin ylös jauheletkulle. Liian suuri leijutusilman määrä voi aiheuttaa jauheen kulkeutumista ulos säiliöstä huohotusputken kautta. Liian suurella leijutusilmanmäärällä jauheen tulo jauhemaalaukspistoolille voi olla epätasaista. (Jokinen, 2001, ss. 125-126)

Manuaalisesti tapahtuvassa maalin ruiskutuksessa ruiskutuslaitteistossa ei aina tarvita erillistä jauhesäiliötä, vaan jauheen johtaminen pistoolille voidaan toteuttaa suoraan jauhemaalilaatikosta. Tällöin jauhemaalilaatikko asetetaan laitteistossa olevan tärypöydän päälle. Tärypöydän tehtävänä on sekoittaa jauhemaalaa, sekä estää jauhemaalain tiivistyminen liian tiukaksi jauhemaalilaatikossa. Laitteiston imuputki voidaan laittaa suoraan

jauhemaalilaatikkoon. Imuputken ulkoreunalla kulkee leijutusilma, jolla voidaan tasoittaa imuputkeen ohjattua jauhemaalivirtausta. Imuputken sisäputkeen saadaan injektorin avulla luotua alipaine, joka nostaa tärypöydän päällä olevasta jauhemaalilaatikosta jauheen ylös jauhemaaliletkulle. Injektorilta letkuun johdettavaa jauheen määrää voidaan säätää muuttamalla letkuun ohjattua kuljetusilman määrää. Kun kasvatetaan letkuun ohjattavaa kuljetusilman määrää, saadaan samalla kasvatettua pistoolille johdettua jauheen määrää. Jauhemaalilin määrää voidaan säätää pienemmälle, vähentämättä kuljetusilman määrää, kun syötetään jauhepumpulle täydennysilmaa. Mitä enemmän täydennysilmaa syötetään, sitä pienemmäksi saadaan jauhemäärän osuutta letkussa kulkevassa seoksessa. Pistooliin syötettävä kokonaisilman määrä ei kuitenkaan muutu. Jauhemaalilaitteiston ohjausyksikössä on säädöt myös jauhemaalilin kuljetusilman ja täydennysilman säätämiseksi. Kitkavarauksella toimivissa laitteissa täydennysilma johdetaan suoraan pistoolille, jossa se sekoittuu jauhemaalisiin. (Jokinen, 2001, s. 126)

Jauhemaalilaitteistossa pistoolin tehtävänä on muodostaa hyvä ja tasalaatuinen jauhemaaliviuhka. Tasaisella viuhkalla maalaustuloksesta on mahdollista saada tasainen ja hyvä. Pistoolin tehtävänä on myös jauhemaalilin varaaminen niin, että jauhe saadaan tarttumaan maadoitettuun maalauksen kohteena olevaan tuotteeseen. Jauhemaalilin varausmenetelmiä on kaksi. Sähköstaattinen varausmenetelmä (korona) tai kitkavarausmenetelmä (tribo). (Jokinen, 2001, ss. 126-128)

#### **4.2.1 Sähköstaattinen menetelmä (korona)**

Sähköstaattisella varauksella toimivalla järjestelmällä pistoolin kärjessä olevalla elektrodilla saadaan muodostettua sähkökenttä pistoolin kärjen ja maadoitetun kappaleen välille. Sähkökentässä ilmaan saadaan vapaita elektroneja, jotka varaavat sähkökentän läpi kulkevat jauhemaalihiukkaset. Jauhe siis varautuu vasta pistoolin ulkopuolella pistoolin ja maadoitetun kappaleen välissä. Jauhehiukkaset varautuvat kentässä yleensä miinusmerkkisiksi. Sähköstaattisessa menetelmässä tarvitaan erillinen jännitelähde, jolla jauhe saadaan varattua yleensä noin 30-115Kv jännitteeseen. Jauhemaalilaitteen ohjausyksiköstä voidaan säätää varauskentän jännitettä. Sähköstaattisella menetelmällä jauhetta ruiskutetaan yhdestä suuttimesta. Tuotteita, joita tällä menetelmällä yleensä



käsitellään, ovat suuret tasopinnat, koneiden osat ja raskaat kokonaisuudet. (Jokinen, 2001, s. 126)

#### **4.2.2 Kitkavaraus menetelmä (tribo)**

Kitkavarauspistoolilla jauhe varataan kuljettamalla sitä varattua putkea pitkin. Jauhe varautuu hangatessaan putken seinämiin. Jauheen varautuminen perustuu putken muovilaadun ja jauheen elektronegatiivisuus eroon. Tässä menetelmässä ei siis tarvita erillistä jännitelähdettä luomaan varausta jauheen hiukkasiin. Tribo menetelmässä jauhehiukkaset varautuvat plus merkkisiksi. Tribo menetelmässä jauheen varautumisen astetta kyetään mittaamaan. Tribo menetelmässä pistoolin ja maadoitetun käsiteltävän tuotteen välille ei muodostu sähkökenttää. Automaattijärjestelmässä jauhe ruiskutetaan useasta suunnattavasta suuttimesta. Käsimaalauslaitteissa on myös useita suuttimia, toisin kuin korona menetelmän laitteissa. Automaattisissa järjestelmissä käytetään yleensä useita rinnakkain aseteltuja suuttimia. Tribo menetelmällä maalataan usein kotelorakenteita putkia, pieniä tuotteita ja käsityökaluja. (Jokinen, 2001, s. 128)

#### **4.2.3 Esikäsitteilyt**

Kemialliset ja mekaaniset esikäsitteilyt luovat pohjan onnistuneelle pintakäsittelylle. Jauhemaalauksessa onnistunut esikäsitteily korostuu erityisesti koska jauhemaalauksessa ei ole haihtuvia liuottimia, joten pinnalla olevat rasvat ja epäpuhtaudet aiheuttavat ongelmia adheesiossa. Märkämaalauksessa käsiteltävällä pinnalla olevat pienet määrät rasvaa palavat liuottimien ansiosta pois pinnalta, ja maali saavuttaa silti hyvän adheesion perusmateriaaliin. Onnistuneella esikäsitteilyprosessilla ja kaksikerrosjärjestelmällä jauhemaalauksella voidaan saavuttaa erinomainen adheesio ja korroosionkestävyys. Oikea esikäsitteilymenetelmä ja oikeat esikäsitteilyyn käytettävät kemikaalit, ovat tärkeimmät osa-alueet onnistuneen pintakäsittely prosessin suorittamisessa. (Jokinen, 2001, s. 60)

## 5 Kemialliset esikäsitteilyt

Tavalliset ja eniten käytetyt kemialliset esikäsitteilymenetelmät puhtaille metallipinnoille ovat fosfatoi ja konversioesikäsitteilyt, kromatoi, kromaattittomat esikäsitteilyt, alumiinin anodisointi, peittäus sekä tartuntapohjamaalaus. Kemialliset esikäsitteilymenetelmät parantavat adheesiota ja hidastavat maalikalvon ja käsitellyn pinnan välissä tapahtuvaa korroosion etenemistä. (Teknos, 2013, s. 22)

Kromatointia käytetään esikäsitteilymenetelmänä yleensä kevytmetalleille ja sinkityille pinnoille. Puhdistetut metallikappaleet voidaan käsitellä valmiilla kromatointiliuoksella kemikaalien toimittajien ohjeiden mukaisesti. Kromaattivapaat esikäsitteilyt yleistyvät esikäsitteilymenetelmänä nykyisten tiukentuneiden ympäristömääräysten myötä.

Kromaattivapaita esikäsitteilymenetelmiä ovat esimerkiksi silaanikäsitteilyt, erilaiset zirkonium käsitteilyt ja siloksaanit. Nämä käsitteilyt ovat yksinkertaisia prosesseja hoitaa ja ylläpitää. Ympäristönkuormitus on näillä kromaattivapailta käsitteilyillä vähäistä. Näiden syiden vuoksi monet maalaustoimintaa tekevät yritykset valitsevat nämä menetelmät esikäsitteilymenetelmikseen. Kromaattivapaat menetelmät soveltuvat erityisesti kylmävalssatulle teräkselle sekä sinkki- ja alumiinipinnalle. (Teknos, 2013, s. 22)

Kromatoinnissa kappaleen pinnalle muodostetaan kerros kromaattiyhdisteitä, jotka parantavat pinnan korroosionestokykyä ja adheesiota maalipinnalle. Aikaisemmin kromatointia käytettiin paljon metallipintojen käsitteilyyn sen halvan hinnan ja hyvien ominaisuuksien vuoksi. Kromatointiliuos on yleensä happamalla puolella tapahtuva käsitteily. Kromatoi tapahtuu upotuskäsitteilyinä. Kromatoi liuoksessa oli aikaisemmin kuuden arvoisia kromisuoloja, mutta niiden kieltämisen jälkeen niiden käytöstä on luovuttu. Kuuden arvoiset kromisuolat aiheuttavat ympäristöhaittoja ja syöpäriskiä liuosten käsitteilyjolle. Käsitteilyä kuudenarvoisella kromilla on kutsuttu termillä keltapassivointi. Kolmenarvoisilla kromeilla tapahtuvaa käsitteilyä käytetään yhä metallipintojen esikäsitteilymenetelmänä. Kolmenarvoiset kromit eivät ole niin vaarallisia, eivätkä ne aiheuta syöpäriskiä, eivätkä kuormita ympäristöä. Kolmenarvoisella kromilla tapahtuvaa käsitteilyä kutsutaan termeillä kirkaspassivointi, viherpassivointi ja sinipassivointi. Käsitteilyliuoksen koostumusta, PH-arvoja, lämpötilaa ja käsitteilyaikaa säätämällä voidaan vaikuttaa käsitteilytuloksen kovuuteen

ja värisävyyen. Käsittelyliuoksessa olevia muita suoloja ja niiden laatua vaihtelemalla voidaan myös vaikuttaa käsittelyn lopputulokseen. Kromatoinnin jätevesiä ei voida laskea viemäriin, vaan ne pitää hävittää muilla tavoilla. Kromatointikäsittelyt ovat jäämässä vähitellen pois käytöstä niiden kustannusten ja ympäristö- ja terveyshaittojen vuoksi. (Jokinen i. K., 2012, ss. 50-51)

Anodisoinnilla tarkoitetaan alumiinin sähkökemiallista esikäsittelymenetelmää.

Menetelmässä anodisointi toteutetaan upottamalla käsiteltävä kappale anodisointiliuokseen. Kappaleen pinnalle muodostuu sähkövirran avulla sitä suojaava oksidikerros. Oksidikerros on hyvin kulutusta kestävä ja sillä voidaan saavuttaa erinomainen korroosionsuoja. Alumiinin anodisointi on menetelmänä paljon käytetty erityisesti jauhemaalauksessa. (Teknos, 2013, s. 23)

Peittaus hyvä käsittelymenetelmä erityisesti teräs-, sinkki-, alumiini-, lyijy- ja kuparipinnoille sekä ruostumattomalle teräkselle. Peittausta voidaan suorittaa monella eri menetelmällä. Peittausta tehdään esimerkiksi uppokastamalla, sähkövirran avulla, siveltimellä levittäen ja ruiskuttamalla kemikaalia kappaleen pinnalle. (Teknos, 2013, s. 23)

Peittauksella tarkoitetaan yhtä kemiallista ruosteenpoistomenetelmistä. Peittauksella on mahdollista saada poistettua sellaisia epäpuhtauksia, joita ei pelkällä pesulla ole mahdollista poistaa. Peittauksen tarkoitus on poistaa hapettumakerrokset ja epäpuhtaudet vahingoittamatta perusmateriaalin pintaa. Peittausaineeseen on mahdollista lisätä erilaisia lisäitä inhibiittejä, joiden tarkoituksena on suojata metallia. Peittausliuokseen voidaan lisätä myös kostutusaineita, joiden tarkoituksena on saada liuoksen tunkeutumiskykyä paremmaksi. Peittausaineen valinta alkalisen ja happaman välillä tehdään metallin ja sen pinnalla olevien epäpuhtauksien mukaisesti. Happeopeittauksessa käytetään yleensä sellaisia happoja, kuin suolahappo, rikkihappo ja typpihappo. Alkalisessa peittauksessa käytettävässä liuoksessa on yleensä emäksenä 50–80 % natriumhydroksidi. Kummallakin peittaustavalla on omat hyvät ominaisuutensa, kuten alkalisen kylvyn hyvä orgaanisten epäpuhtauksien poistokyky ja happeopeittauksen hyvä ruosteenpoistokyky. Alumiinille tehtävässä peittauksessa käytetään yleensä alkalista peittausta. (Teräsrakenneyhdistys, n.d., s. 4)

Tartuntapohjamaalit taas ovat yleensä kaksikomponenttisia, fosforihappoa tai erikoiskovettajia ja -pigmenttejä sisältäviä polyvinylibutyaali- tai epoksimaaleja.

Tartuntapohjamaalauksella tavoitellaan ohutta pintamaalin tartuntaa edistävää maalikalvoa käsiteltävän kappaleen pinnalle. (Teknos, 2013, s. 23)

Fosfointimenetelmistä rautafosfointi on metallipinnoille edullisin ja yleensä yksinkertaisin toteuttaa. Rautafosfointinilla saadaan parannettua maalin adheesiota metallipinnassa, mutta sillä ei saada aikaiseksi yhtä hyvää korroosion suojaa, kuin sinkkifosfointinilla. Rauta- ja sinkkifosfointi menetelmät soveltuvat esikäsitteilyksi erityisesti teräksen, sinkin ja alumiinipintojen käsittelyyn. Fosfointimenetelmiä käytetään yleisimmin ohutlevytuotteille ja etenkin jauhemaalauksen esikäsitteilymenetelmänä. Fosfointinilla käsiteltävän kappaleen pinnalle muodostetaan kiinteästi tarttuva ohut ja hienokiteinen fosfaattikerros. Puhtaat metallipinnat voidaan käsitellä fosfaattiliuoksella joko upotuskastamalla, suihkuttamalla tai sivelemällä. Fosfaattikerros parantaa maalatun pinnan korroosiokestävyyttä eristämällä teräspinnan mikroanodit- ja katodit toisistaan, näin voidaan vähentää sähkökemiallista korroosiota kappaleen pinnoilla. (Teräsrakenneyhdistys, n.d., s. 5)

Rautafosfointimenetelmää käytetään pääsääntöisesti kylmävalssatulle teräkselle. Rautafosfointinilla saadaan yleensä noin 0,1–1,0 g/m<sup>2</sup> paksuinen fosfaattikerros materiaalin pinnalle. Pinnoitteen väri vaihtelee sinimustasta harmaaseen riippuen käytetystä menetelmästä ja kerrospaksuudesta. Rautafosfointi käsittelyssä käytettävään kylpyyn muodostuu aina sakkaa pohjalle, joka on poistettava kylvystä suodattamalla tai laskeuttamalla. Rautafosfointikäsittelyn jälkeen pinnalle voidaan levittää ohutkalvotekniikkaa käyttävä pinnoite, jolla mahdollistetaan vielä parempi korroosionkestävyys ja adheesio maalikerrokselle. (Jokinen, 2001, s. 42)

Sinkkifosfointinilla saadaan metallipinnalle parempi korroosionkestävyys, kuin metallifosfointinilla. Sinkkifosfointinilla saadaan aikaiseksi erinomainen korroosionkestävyys ja adheesio maalikerrokselle. Sinkkifosfointi on kuitenkin metallifosfointia monimutkaisempi prosessi se on myös yleensä kalliimpi prosessi, kuin metallifosfointi. Sinkkifosfointia on käytetty vaativimpiin olosuhteisiin kuten autoteollisuuteen. Sinkkifosfointinilla saatava pinnoitteen paksuus on yleensä 2–4,5 g/m<sup>2</sup>. Pinnoitteen värisävy

on yleensä harmaa. Sinkkifosfatoiointi prosessi koostuu viidestä eri käsittelyvaiheesta. Sinkkifosfatoiointin käsittelyvaiheet ovat pinnan puhdistus esimerkiksi alkalipesulla, pesuaineen huuhtelu, fosfatoiointikäsittely, huuhtelu sekä passivoiva huuhtelu. Vaiheiden määrä voi olla enemmän tai vähemmän, kuin viisi, riippuen olosuhteista, joihin käsiteltävä tuote on menossa. Sinkkifosfatoiointikäsittely ei poista kappaleen pinnoilta epäpuhtauksia, joten pinnat on puhdistettava ennen käsittelyä. Myös sinkkifosfatoiointikylpyyn muodostuu pohjalle sakkaa, joka on poistettava kylvystä käytön aikaisella suodatuksella. Sinkkifosfatoiointin jälkeen kappaleen pinnalle on mahdollista levittää passivoiva pinnoite, jolla saavutetaan parempi korroosion estokyky ja parempi adheesio maalipinnalle. Alkalisessa fosfatoiinnissa vaiheiden määränä on yleensä vähintään kaksi. (Jokinen, 2001, ss. 32-35, 42) (Teräsrakenneyhdistys, n.d., s. 5)

Zirkoniumpinnoitteista voidaan käyttää myös nimitystä nanokeraaminen pinnoite. Zirkoniumpinnoite on uudenaikainen konversiokäsittely, jolla voidaan korvata fosfatoiinnit ja passivoinnit. Zirkoniumpinnoitella saadaan metallien pinnalle ohut tiivis kalvo, joka estää metallin hapettumisen ja parantaa metallipinnan adheesiota maalikalvolle. Zirkoniumkäsittelyä voidaan käyttää esikäsittelynä teräkselle, alumiinille ja sinkkipinnoille. Zirkoniuomesikäsittely on siis niin kutsuttu monimetallipinnoite. Käsittelyprosessi voidaan suorittaa kastamalla tai suihkuttamalla. Käsittely voidaan tehdä käsittelylinjan ensimmäisessä vaiheessa yhdistettynä pesuvaiheen kanssa. Yhdistetyssä pesussa ja käsittelyssä pesunesteenä käytetään erilaisia pesutensidejä. Zirkonium voidaan levittää metallin pintaan myös varsinaisen pesuvaiheen jälkeen. (Jokinen, 2001, s. 42)

Zirkoniumpinnoitteet ovat kromi ja fosfaatti, sekä raskasmetalli vapaita käsittelyjä, eivätkä ne rasita ympäristöä lainkaan niin paljoa, kuin monet vanhemmat käsittelyt. Zirkoniumkäsittely ei muodosta sakkaa kylvynpohjalle lainkaan niin paljoa, kuin fosfaattikäsittelyt. Zirkoniumkäsittelyvaiheen lämpötila on alhainen, joten kylvyn haihtuminen on vähäistä. Vähäisen haihtumisen vuoksi kemikaalien kulutus on vähäisempää. Kylvyn käyttöikä on fosfatoiointeja pidempi, ja kemikaalit ovat käyttöturvallisempia, kuin fosfatoiinneissa. Kylpyjen jäteveden käsittely suoritetaan alueen vesilaitoksen määräysten mukaisesti. Monella paikkakunnalla kemikaalikylvyt voidaan laskea suoraan jätevesijärjestelmään. (Jokinen, 2001, ss. 42-43)

Koska Stera Technologies Oy:n Tammelan yksikön uuteen pintakäsittelylaitokseen valittiin automaattipesulinjaan käsittelykemiaksi Zirkoniumpinnoite, käsitellään Zirkoniumpinnoitetta ja sen muodostumismekanismeja tarkemmin kappaleessa 12.

Silaanipinnoite on myös uudentyyppinen konversiokäsittelymenetelmä. Silaanipinnoitteella voidaan korvata vanhempia fosfatoi ja passivointikäsittelyjä. Silaanipinnoite antaa käsiteltävälle metallipinnalle hyvän korroosionsuojan ja parantaa myös maalipinnan adheesiota perusmateriaaliin. Silaanipinnoitteita voidaan käyttää monien eri metallilaatujen esikäsitteilynä, kuten teräkselle, alumiinille ja sinkkipinnalle. Silaanipinnoite perustuu sarjaan silaaneja, jotka muodostavat metallin pintaan tiiviin molekyyliverkoston. Molekyyliverkosto estää metallin pinnalle muodostuvaa korroosiota ja antaa maalille erinomaisen adheesion. (Jokinen i. K., 2012, ss. 43-47)

Koska Stera Technologies Oy:n Tammelan yksikön pintakäsittelylaitokselle valittiin manuaalikäsittelylinjalle silaanipinnoite, käsitellään silaanipinnoitetta ja sen muodostumismekanismeja tarkemmin kappaleessa 13.

## **6 Esikäsitteilymenetelmän valinta**

Erilaisia esikäsitteilymenetelmiä kuvataan standardeissa ISO 8504 osissa 1–3 sekä standardissa ISO 12944-4. Esikäsitteilymenetelmän valintaan vaikuttavat monet eri tekijät, kuten käytännön rajoitteet tilojen vuoksi, kappaleiden pinnan kunto, esikäsitteilyn laatuvaatimukset, taloudelliset tekijät ja erikoisvaatimukset esikäsitteilyn osalta. Asiakkaan pintakäsittelyjärjestelmissä on yleensä esitetty laatuvaatimukset kappaleiden esikäsitteilyasteelle. Pintakäsittelyjärjestelmään vaikuttaa kappaleiden loppusijoitus ja ympäristön rasitukset pintakäsittelyn suhteen. Pintakäsittelyjärjestelmissä on vaatimukset terästyön laatuasteelle, sekä pintojen esikäsitteilylle. Standardissa SFS 8145 ja standardissa ISO 8501-3 kuvataan suihkupuhdistettujen, konepajapohjamaalilla käsiteltävien teräspintojen esikäsitteilymenetelmät ja niiden laatuasteet. Standardissa SFS 8145 on liitteenä numero 23 esimerkkivalokuvia pintojen laatuasteista niiden visuaalista tarkastelua varten.

”Määriteltäessä pelkästään terästyön esikäsitteilyn laatua, on mahdollista käyttää vain

taulukon alkuosaa: TERÄSTYÖ. Esim.: Terästyö tehdään SFS 8145/terästyö esikäsittelyn laatuasteen 04 mukaisesti”. (Teknos, 2013, s. 18)

Korkeapainepesussa vesi voi olla kokonaan nesteenä, tai osa siitä voi olla höyryn muodossa, jolloin puhutaan höyrypuhdistuksesta. Teräsrakenteen pinnalla mahdollisesti olevien suolojen ja rasvan poistamatta jättäminen pilaa suljetuissa suihkupuhdistusjärjestelmissä olevan puhallusmateriaalin ja aiheuttaa epäpuhtauksien siirtymisen myöhemmin käsiteltäviin kappaleisiin. (Teräsrakenneyhdistys, n.d., ss. 3-5)

## **7 Käsiteltävän pinnan puhdistaminen rasvasta ja liasta**

Käsiteltävän pinnan epäpuhtauksien poistamiseksi määritellyt rasvan- lianpoistomenetelmät on kuvattu standardissa (ISO 12944-4). Epäpuhtauksien poistomenetelmät valitaan pinnoilla olevien epäpuhtauksien mukaisesti. Kiinteitä epäpuhtauksia kuten esimerkiksi jää-, laasti- ja maalijätteet pyritään poistamaan mekaanisesti esimerkiksi hakkaamalla, kaapimalla tai harjaamalla. Muut vesiliukoiset epäpuhtaudet poistetaan erilaisia pesumenetelmiä käyttäen. Esimerkiksi vesipesulla, harjaamista apuna käyttäen. Tällöin pesu voi tapahtua suurpainepesulla tai höyrypesulla. (Teknos, 2013, s. 18) Pelkästään tehokkaalla vesipesulla pystytään pinnasta poistamaan vesiliukoisia yhdisteitä kuten suoloja ja happotähteitä. Pesutehoa vesipesussa pystytään parantamaan käyttämällä suurempaa lämpötilaa ja lisäämällä mekaanista vaikutusta esimerkiksi pyörivillä suuttimilla. Vesipesussa ja höyrypuhdistuksessa pesuaineiden käyttö lisää pesun tehoa. Käytettävien pesuaineiden avulla veden tunkeutuvuutta likakerrokseen voidaan lisätä. Vesipesussa pesuaineen sijasta on mahdollista käyttää kostutusaineena alkoholia. Tällöin erillistä huuhteluvaihetta ei tarvita alkoholin haihtumisen vuoksi. (Teräsrakenneyhdistys, n.d., ss. 3-5) Rasvat ja öljyt pyritään poistamaan alkali-, emulsio- tai liuotepesulla. Pesuaineet huuhdellaan pesun jälkeen pois kappaleen pinnalta, huuhtelussa käytetään puhdasta vettä. (Teknos, 2013, s. 18)

## **8 Korroosion poistaminen**

Ruosteenpoistovaiheessa kappaleen pinnoilta pyritään poistamaan valssihilseet, oksidikerrokset ja ruosteet. Ruosteenpoistomenetelmät on jaettu mekaanisiin, termisiin ja

kemiallisiin menetelmiin. Mekaanisiin ruosteenpoistomenetelmiin kuuluvat teräsharjaus ja suihkupuhdistus. Näitä menetelmiä käsitellään tarkemmin standardissa ISO 8504. Teräsharjauksen merkintä pintakäsittelyjärjestelmissä on (St). Harjaus tehdään käsityökaluilla tai mahdollisesti käyttäen koneellisia menetelmiä. Näitä mekaanisia käsittelyjä käsitellään standardissa (ISO 8504-3). Suihkupuhdistuksella tarkoitetaan mekaanisia menetelmiä, joissa raemateriaali suihkutetaan kappaleen pintaan korkeaa vedenpainetta käyttäen, paineilmalla tai sinkopyörillä. Suihkupuhdistusta käsitellään standardissa (ISO 8504-2). ”Vesisuihkupuhdistuksessa (Wa) vettä suihkutetaan suurella yli 70 MPa paineella puhdistettavalle pinnalle. Vesisuihkupuhdistus perustuu veden iskuenergiaan pintaa vastaan. Vesisuihkupuhdistuksessa ei käytetä rakeita (ISO 8501-4 ja SSPC VIC-4)”. (Teknos, 2013, s. 19) Termisellä menetelmällä tarkoitetaan menetelmää, jossa liekipuhdistuksella poistetaan kappaleen pinnoilta vanha maalikerros tai valssihilse ja ruoste. Termisessä menetelmässä liekki luodaan happiasetyleeniseoksella. Termisen menetelmän käytön jälkeen pinnat puhdistetaan käyttäen teräsharjausta standardin ISO 8501-1 mukaisesti. Kemiallisella ruosteenpoistomenetelmällä tarkoitetaan happopeittausta, jolla valssihilse ja ruoste poistetaan kappaleen pinnoilta sopivaan happoon, tai happoseokseen upottamalla. (Teknos, 2013, s. 19)

## **9 Muiden epäpuhtauksien poisto**

### **9.1 Alkalipesut**

Emäs, eli alkalipesulla saadaan pinnoilta irrotettua orgaanisia epäpuhtauksia, eli rasvat ja öljyt, sekä suolat ja muut epäorgaaniset vesiliukoiset epäpuhtaudet. Alkaliset pesunesteseokset toimivat hyvin, kun pesunesteseos on lämmintä. Alkalisten pesunesteseosten käyttölämpötilat ovat yleisimmin noin 50–90 astetta. Joissain tapauksissa voidaan käyttää myös alhaisempia lämpötiloja. Alkalista pesua voidaan tehdä upotuskastomenetelmällä tai suihkuttamalla pesuneste kappaleen pinnalle. Sinkki ja alumiinipintoja puhdistettaessa on käytettävä lisäaineita perusmateriaalin syöpymisen estämiseksi. (tietokortti, ss. 2-3)



Alkaliset pesuaineet muodostuvat natriumhydroksidin, kaliumhydroksidin, natriumkarbonaatin, tai inatriummetasilikaatin vesiliuoksista tai niiden sekoituksista. Alkalisten pesunesteiden PH alue on 10,5–13,5 välillä, joten ne ovat voimakkaasti emäksisiä seoksia. Pesuaineliuos on sitä syövyttävämpää, mitä korkeampi PH luku on. Yli 11,5 PH arvon omaavat pesuaineliuokset luokitellaan aina syövyttäväiksi. (tietokortti, ss. 1-3)

Alkaliset pesuaineet voivat sisältää myös pinta-aktiivisia aineita eli tensidejä, jotka emulgoivat orgaanisia epäpuhtauksia, sekä kompleksinmuodostajia, jotka liuottavat metallo-organisia yhdisteitä ja inhibiittoreita. Inhibiittorit suojaavat metallipintaa korroosiolta. Alkalisissa pesunesteissä voi olla mukana erilaisia lisäaineita. Lisäaineilla voidaan parantaa pesunesteen toimintaa erilaisilla metallipinnoilla. (tietokortti, ss. 1-4)

## 9.2 Liuotinpesu

Liuotinpesu voidaan toteuttaa joko herkästi syttyvillä tai palamattomilla liuotinaineilla. Palaviksi liuotinaineiksi luokitellaan esimerkiksi liuotinbensiini, tinnerit, tärpätti sekä aromaattiset hiilivedyt, kuten ksyleeni ja tolueeni. Liuotinpesu vaihe toteutetaan yleensä mekaanisesti pyyhkimällä käsiteltävät pinnat liuottimeen kastetulla pyyhkeellä. Pyyhkeellä pyyhkimällä toteutetun pesun tulos voi olla huono, koska rasva saattaa vain liikkua paikasta toiseen pyyhkeen mukana. Palavia liuottimia tulisi käyttää ainoastaan niille tarkoitetuissa tiloissa. Tilassa tulisi olla tarkoituksen mukainen liuotinhöyryjen tuuletusjärjestelmä. Palamattomat liuottimet ovat kloorattuja hiilivetyjä. (Tunturi, 1983, s. 36)  
(Teräsrakenneyhdistys, n.d., s. 2)

Varsinaisesti epäpuhtauksien poistaminen suoritetaan palavilla liuoksilla usein höyrypuhdistuksena. Puhdistuslaitoksessa pohjalla oleva liuotin höyrystetään lämmittämällä, höyry tiivistyy kappaleiden pinnoille, ja poistaa niiltä epäpuhtauksia. Liuotinpuhdistuksella ei kuitenkaan pystytä poistamaan pinnalla olevaa epäorgaanista materiaalia eikä suoloja sekä paksuja rasvakerroksia. Usein liuotinpuhdistus mielletään upotuspuhdistukseksi. Käsittelyssä käytettävät liuottimet valitaan kappaleiden pinnoilla olevien epäpuhtauksien mukaisesti. (Tunturi, 1983, s. 36)

### 9.3 Emulsiopesu

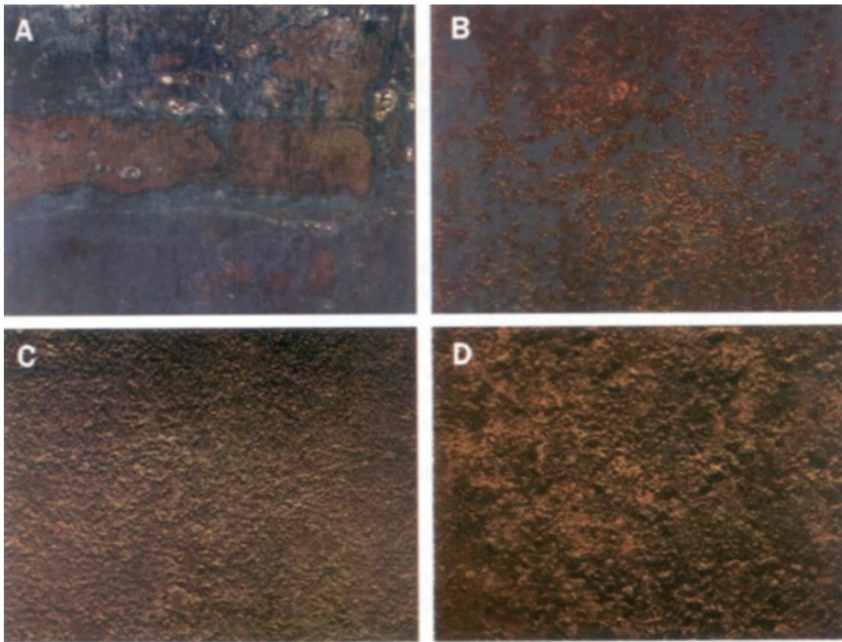
Emulsiopesunesteessä on vettä, liuotinta ja emulgaattoreita. Emulgaattorit toimivat epäpuhtauksien kuljettajina pois kappaleen pinnalta. Emulgaattorit siis estävät epäpuhtauksien tarttumiseen puhdistettuun pintaan uudestaan pesuvaiheen aikana. Emulsiopesuilla voidaan saada epäpuhtaudet tehokkaasti irti pinnoista, mutta vaarana on, että pintaan saattaa jäädä öljykalvo. Siksi emulsiopesua käytetäänkin yleensä esipuhdistusliuoksena ennen varsinaista pesua. Varsinainen pesu emulsiopesun jälkeen voi olla alkalipesu tai liuottimilla toteutettu pesu. (Teräsrakenneyhdistys, n.d., s. 2)

## 10 Teräspinnan puhtauden ja pintaprofiilin tarkastelu ja arviointi

Ennen puhdistamistoimintoja arvioidaan teräspinnan tila, joka voidaan ilmaista ruostumisasteena. Puhdistuksen jälkeen pintaa tutkiessa puhdistetun pinnan tila arvioidaan esikäsitteilyasteena tai vaihtoehtoisesti esikäsitteilyn laatuasteena. (Teknos, 2013, s. 19)

### 10.1 Ruostumisasteet

Kuumavalssattuun teräkseen muodostuu valssaustoimenpiteiden aikana valssihilsekerros. Ruosteen määrään pintakäsittelyyn tulevalla teräksellä vaikuttaa, aika jonka teräs on ollut varastoitavana, sekä varastointi olosuhteet. Ruosteenpoistomenetelmä valitaan kappaleen ruostumisasteen mukaan. Mikäli ruostetta on paljon, on suihkupuhdistus ainoa vaihtoehto ruosteen poistamiseksi. Ruosteenpoistossa olisi hyvä huomioida kustannukset, käytetty aika joka puhdistukseen kuluu. Puhdistustoimet tehdään aina asiakkaan pintakäsittelyjärjestelmän mukaisesti, mikäli asiakkaalla sellainen on. Standardissa SFS-ISO 8501-1 luokitellaan kuumavalssatun teräksen ruostumisasteet neljään eri ryhmään. Standardissa ilmoitetaan ruostumisasteet kirjainten A, B, C ja D avulla. Ruostumisasteet määritellään standardissa esimerkki kuvien avulla. Kuvassa 12 esitetään ruostumisasteet teräkselle. (Teknos, 2013, s. 9)



Kuva 12. Ruostumisasteet. (hämeenlinna, 2019)

## 10.2 Korroosio ja korroosion syntymisen syyt

Metallien syöpyminen eli korroosio tarkoittaa metallien pinnalta alkavaa tuhoutumista, jonka aiheuttavat kemialliset tai sähkökemialliset tekijät. Syöpynyt metalli häviää käytöstä eikä sitä voi palauttaa. Metallien syöpyminen on vastakkainen ilmiö kuin niiden valmistaminen malmista: energia, joka on sitoutunut puhtaaseen metalliin valmistuksen yhteydessä, poistuu ja metalli pyrkii takaisin malmiksi. Suojaamaton teräs ruostuu ulkona ilmastorasitusten mukaan 0,05–0,2 mm vuodessa. Ruostuminen kiihtyy lämpimässä ja hidastuu kylmässä. Ruostumista aiheuttavat ja kiihdyttävät myös happo-, emäs- tai suolaliuokset, metallin pinnalle tiivistyvä kosteus, ilman rikkiyhdisteet jne. Joidenkin metallien pintaan muodostuu suojaava oksidikalvo, kun metallin pinta reagoi hapen kanssa (esim. alumiini tai ruostumaton teräs). Metallin syöpyminen riippuu siis paitsi ympäristöoloista, myös metallin omista metallurgisista ja fysikaalisista ominaisuuksista. (Aalto yliopisto school of chemical technology, 2015)

### 10.3 Korroosion muotoja

Ruoste eli korroosio on tapahtuma, jossa materiaali pyrkii palaamaan energeettisesti edullisempaan olomuotoonsa. Metallin fysikaaliskemiallinen reaktio, eli korroosio, on reaktio, joka tapahtuu materiaalissa sen ympäristön vaikutusten kanssa. Tämä voi aiheuttaa muutoksia metallin ominaisuuksiin. Tämä voi johtaa sen ympäristön tai koko rakennelman vaurioitumiseen. (Aalto yliopisto school of chemical technology, 2015, s. 3)

Korroosiolla on monia eri ilmenemismuotoja, kuten ”tasainen korroosio, pistekorroosio (joka on tyypillinen passivoituvilla metalleilla ankarissa oloissa), rakokorroosio (kosteuden jäädessä ahtaaseen rakoon), piilokorroosio (likakerroksen alla), metalliparikorroosio (sähkökemiallinen pari), jännityskorroosio (vetojännitysten ja ympäristötekijöiden yhteisvaikutuksesta), raerajakorroosio (ruostumattoman teräksen kromipitoisuuden vähetessä raerajoilla esimerkiksi hitsauksen yhteydessä), korkean lämpötilan korroosio (esimerkiksi oksidi kerroksen irtoaminen eli hilseily), eroosiokorroosio (virtaavan veden aiheuttama), hankauskorroosio (metallien keskinäisen hankauksen johdosta).” (Aalto yliopisto school of chemical technology, 2015, ss. 3-4)

Ruosteella on suurempi tilavuus, kuin raudalla, jonka se edetessään syrjäyttää. Edetessään korroosio voi rikkoa rautaan kiinteästi liittyviä muita materiaaleja, kuten maali tai betonissa oleva betonirauchoite. Edetessään korroosio siis irrottaa esimerkiksi maalin metallin pinnasta. (Aalto yliopisto school of chemical technology, 2015, ss. 3-5)

#### 10.3.1 Yleinen ja paikallinen korroosio

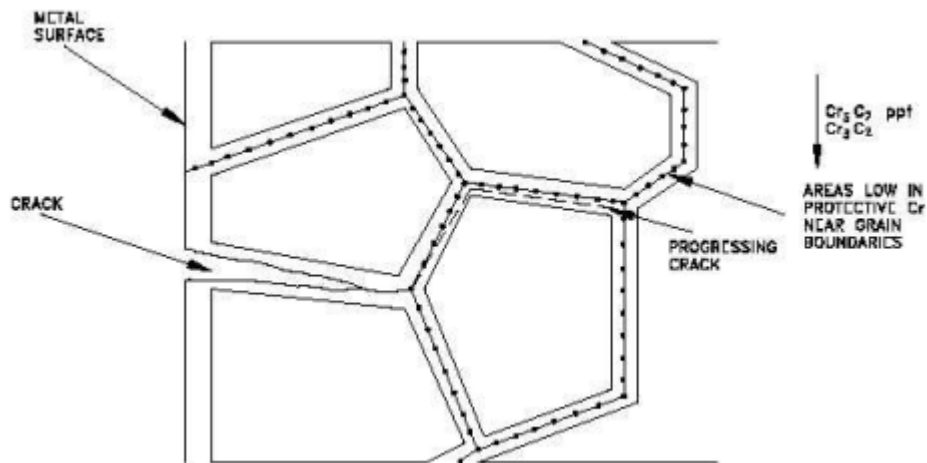
Korroosiomuodot voidaan jakaa kahteen eri luokkaan. Yleiseen- ja paikalliseen korroosioon. Yleinen korroosio tarkoittaa sitä, että koko materiaalin pinta ruostuu samanaikaisesti. Paikallinen korroosio tarkoittaa sitä, että ruostuminen alkaa yksittäisistä paikallisista kohdista. (Aalto yliopisto school of chemical technology, 2015, ss. 3-5)

### 10.3.2 Piste- ja rakokorroosio

Pistekorroosiolla tarkoitetaan ruosteen muodostumisen alkamista pienistä alueista metallin pinnalla. Pistekorroosio voi alkaa virheistä passiivikalvossa, tai paikallisesti, metallin altistuessa tavallista syövyttävämille olosuhteille. Pistekorroosio on prosessina autokatalyyttinen. Pistekorroosion alkuvaiheessa pistesyöpyminen yhdistyy uudelleen passivointiin. Pisteet yhdistyvät passiivikalvossa oleviin heikkoihin kohtiin. Olosuhteista ja potentiaalista riippuen pisteet joko kasvavat, tai ne alkavat passivoitumaan uudelleen. Mikäli luonnollinen uudelleenpassivoitumismekanismi ei ole riittävä passivoinnin uudelleen alkamiseen, voi pistesyöpymät alkaa etenemään materiaalissa, jolloin ne voivat tuottaa vaurioita rakenteisiin. (Aalto yliopisto school of chemical technology, 2015, ss. 3-6)

### 10.3.3 Raerajakorroosio

Kun metalliseokset altistuvat jähmettymiselle, tai lämpökäsittelylle, jolloin lämpötila voi nousta korkeaksi, voi metallin raja-alueille muodostua kohtia, joissa korroosionkestävyys laskee heikentävien yhdisteiden syntymisen vuoksi. Tällöin syövyttävissä olosuhteissa metalliseokset voivat syöpyä voimakkaasti raerajoja pitkin. Raerajakorroosio on esitetty kuvassa 13. Korroosiota metalliseosten raja-alueille voivat aikaan saada sinne syntyvät epäpuhtaudet, tiettyjen seosaineiden rikastuminen, tai raerajaerkauman vuoksi raerajoille syntyvä köyhtymisreaktio. Esimerkiksi alumiinin sisältäessä epäpuhtautena rautaa joka omaa pienen liukoisuuden matriisiin, suotautuu se silloin raerajoille ja voi aiheuttaa raerajakorroosion syntymistä. Metalleilla raerajat ovat niitä heikkoja kohtia, joissa raerajakorroosiota pääsee syntymään. ”Raerajakorroosiolle on tavallista, että anodi- ja katodialueet ovat varsin pieniä ja lähellä toisiaan. Korroosio voi syövyttää joko erillisten rakeiden pintaa (“step” structure) tai syövyttää näiden erilaisten rakeiden välistä aluetta (“ditch” structure)”. (Aalto yliopisto school of chemical technology, 2015) (Askeland, 1996)



Kuva 13. Raerajakorroosio. (Sainio, 2012, s. 21)

### 10.3.4 Sähkökemiallinen korroosio

Korroosiopari eli galvaaninen reaktio voi syntyä silloin, kun kaksi jalousasteeltaan erilaista metalli koskettaa toisiaan ja prosessissa on mukana kosteutta. Tästä prosessista syntyy suljettu virtapiiri. Suljetussa virtapiirissä tässä tapauksessa kosteus toimii katalyyttinä. Prosessissa epäjalompi metalli toimii anodina, ja jalompi metalli toimii katodina. Katodina toimiva jalompi metalli säilyy, mutta anodina toimiva epäjalompi metalli alkaa syöpymään. Korroosioprosessi kiihtyy siinä vaiheessa, kun katodin pinta-ala ylittää anodin pinta-alan. Esimerkkinä tästä toimii kiinnike, jolla kiinnitetään isompi levy johonkin. Kun kiinnike on joutunut anodiksi, syöpyy se huomattavan rajusti. Tästä syystä kiinnikkeen on oltava jalompi tai ainakin yhtä jalo, kuin levy, joka sillä kiinnitetään. (Aalto yliopisto school of chemical technology, 2015, ss. 3-6) (Sainio, 2012, s. 16)

## 11 Esikäsittelyasteet

Standardissa SFS-ISO 8501-1 on määritetty esikäsittelyn asteet sanallisesti, kuvia apuna käyttäen.

Tunnuksella St merkitään pinnan esikäsittelynä tehdyt kaavinta, teräsharjaus, koneellinen harjaus tai hionta. Tunnuksen jälkeen oleva numero kertoo pinnan esikäsittelyn asteesta.

Yleisimmin käytetään asteita St2 ja St3. St 2 merkinnällä tarkoitetaan huolellista käsityökaluilla tai koneella tehtyä puhdistusta. Pinnassa ei tällöin saa olla silminnähtävää pölyä, rasvaa, likaa, eikä heikosti kiinni olevaa valssihilsettä, ruostetta eikä maalia. (Teknos, 2013, s. 19)

Suihkupuhdistuksella tehtyä pintojen puhdistusta merkitään kirjaimilla Sa.

Suihkupuhdistuksen esikäsitteilyn tasoa kuvataan Sa merkinnän jälkeen olevalla numerolla.

Sa 2½ on yleisesti käytössä oleva esikäsitteilyaste. Tämä tarkoittaa hyvin huolellisesti suoritettua suihkupuhdistusta. Pinnalla ei saa olla näkyvää öljyä, rasvaa, likaa, valssihilsettä, maalia tai muita vieraita aineita. Pinnalle mahdollisesti jäävien materiaalien on oltava lujasti kiinni perusmateriaalissa. Vieraalla aineella tarkoitetaan esimerkiksi vesiliukoisia suoloja ja hitsausjämiä. Tällaisia epäpuhtauksia on vaikea saada kokonaan pois materiaalien pinnoilta kuivalla suihkupuhalluksella. Standardissa SFS-ISO 8502 kerrotaan testausmenetelmistä, joilla voidaan todentaa vesiliukoisia suoloja ja klorideja, pölyä ja kondenssia materiaalin pinnalta. (Teknos, 2013, s. 19)

”Vesisuihkupuhdistus on pinnanpuhdistusmenetelmä, jossa käytetään vain korkeapaineista vettä. Vesisuihkupuhdistus perustuu veden iskuenergiaan pintaa vastaan.” (Teknos, 2013, s. 19) Vesisuihkupuhdistuksen etuihin luetaan se, ettei siinä tarvitse käyttää kiinteää puhallusraetta eikä siitä synny puhallus jätettä eikä pölyä. Vesisuihkupuhdistuksella saadaan pinnalta puhdistettua liukenevat suolat, sekä öljyt ja rasvat. Vesisuihkupuhdistus ei jätä rakeita eikä pölyä puhdistettavaan pintaan. Pölyn ja muun jätteen puuttumisen vuoksi muita töitä voidaan tehdä samanaikaisesti lähiympäristössä. Menetelmän haitoiksi voidaan lukea se, että sillä ei saada poistettua valssihilsettä, eikä sillä saada muodostettua käsiteltävään pintaan tartunta profiilia. Yleisimmin käytössä olevat vesisuihkupuhdistusmenetelmät ovat korkeapainevesisuihkupuhdistus, jossa käsittelypaineet ovat 34 MPa ja 70 MPa välillä, sekä erittäin korkeapaineinen vesisuihkupuhdistus. Erittäin korkeapaineisessa vesisuihkukäsittelyssä käsittelypaine on yli 70 MPa. (Teknos, 2013, ss. 19-20)

Määriteltäessä ruostumisastetta, kirjataan suurin käsiteltävässä kappaleessa esiintyvä ruostumisaste. Kun määritellään esikäsitteilyastetta, kirjataan se aste, joka ulkonäöltään lähinnä muistuttaa arvosteltavaa teräspintaa. Kun maalaus tehdään paikkausmaalauksena ja

vain osa pintaa esikäsitellään, voidaan esikäsitteilyasteen merkinnän eteen panna kirjain P merkiksi siitä, että esikäsitteily on tehty paikallisesti, esim. Sa 2½, pinta on paikallisesti puhdistettu esikäsitteilyasteeseen Sa 2½, ISO 8501-2. (Teknos, 2013, ss. 19-20)

## **12 Zirkoniumkonversio pinnoite**

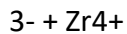
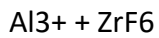
### **12.1 Zirkoniumkonversiopinnoitteen muodostumismekanismi**

Zirkoniumkonversiokäsittelyssä aiemmissa prosessin vaiheessa puhdistettu kappale käsitellään ruiskutus- tai upotusmenetelmällä fluorizirkoniumhappoliuoksella. Alumiinia käsitellessä alumiinin pinnassa on tavallisesti tässä vaiheessa sen luonnollisesti peittävä ohut oksidikalvo. Kun kappaleen pinta on kokonaan peitetty happamalla zirkoniumliuoksella, zirkoniumhexafluoridi liuottaa oksidikalvoa alumiinin pinnalta, jolloin pinnoitteen muodostuminen alumiinin pinnalla pääsee alkamaan. Oksidikalvon liuottaminen eli pinnan aktivointivaihe kestää yleensä noin 30–50 sekuntia. Aktivointivaiheen jälkeen varsinaisen pinnoitteen muodostuminen voi alkaa. Alumiinin rakenteen vuoksi sen pinnalle muodostuu anodisia ja katodisia alueita. Katodisilla alueilla esiintyy hapenpelkistymistä ja vedyn kehittymistä. Tästä syystä pinnalla tapahtuu paikallista alkaloitumista alumiinin ja liuoksen rajapinnoilla, mikä aiheuttaa liuoksen fluorometallin saostumisen pinnalle zirkoniumoksidiksi. Kerroksen saostumisprosessi pinnalla jatkuu sivusuuntaisesti. Saostumisprosessin nopeus ylittää alumiinin liukenemisnopeuden. Reaktio saavuttaa tasapainotilan noin 200 sekunnin kuluttua, jolloin alumiinin pinta on täysin peittynyt zirkoniumoksidikerroksella. Muodostunut kerros pitää yleensä sisällään myös alumiinioksidia ja erinäisiä käsittelykylvyn lisäaineita, kuten pieniä polymeerejä. Muodostumisreaktio pinnoitteella on itseään rajoittava. Reaktiota käynnissä pitävän potentiaalieron pienentyessä reaktio alkaa hidastumaan, kunnes se lakkaa kokonaan. Pinnoitusprosessin jälkeen pinnalta huuhdellaan huonosti kiinnittyneet karkeat zirkoniumfluoridit puhtaalla vedellä. Pinnoitteesta muodostuu noin 20–200 nanometrin paksuinen kerros. Kerroksen paksuuteen vaikuttavat alustan koostumus ja käsittelyajat. (Milošev, 2018, ss. 3-5)

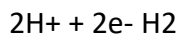
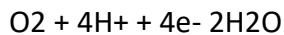


Kerroksen muodostumisreaktiot alumiinipinnoilla, esitettyinä kemiallisena kaavana.

Heksazirkoniumfluoridi liuottaa alumiinin luonnollisen oksidikerroksen:

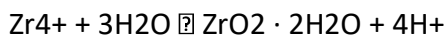
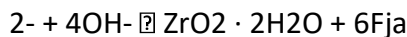


Katodialueen pinnalla happi pelkistyy ja vetyä kehittyy:



Katodilla tapahtuu liuoksen ja alumiinin rajapinnalla paikallista alkaloitumista.

Zirkoniumoksidi saostuu alumiinin pintaan fluorometallin hydrolyysinä ja zirkoniumkonversiokerros muodostuu:



Pinnoituskylvyn koostumuksen mukaan, saostunut oksidikerros sisältää usein myös fluorideja, fosfaatteja ja muita orgaanisia ja epäorgaanisia komponentteja. Osa komponenteista voi tulla kerrokseen epäpuhtautena, mutta jotkin voivat olla siihen tarkoituksella lisättyjä lisäaineita. Tarkoituksella kerrokseen lisätyillä lisäaineilla on tarkoitus parantaa muodostuvan pinnoitteen adheesiota perusmateriaaliin, kerroksen homogeenisuutta, korroosion kestävyyttä ja myöhemmin konversiopinnoitteen päälle lisättävän orgaanisen pinnoitteen adheesiota zirkoniumkerrokseen. Kuparilla voidaan esimerkiksi tehostaa katodisten alueiden syntymistä, joka nopeuttaa rajapintojen alkalisoitumista. Alkalisoituminen rajapinnoilla saa aikaan pinnoitteen saostumisen nopeutumisen. (Milošev, 2018, ss. 3-6)

Zirkoniumpinnoitteen muodostumiseen vaikuttavat myös käsiteltävän metallin seosaineet.

Tärkein vaikutus metallin seosaineilla on katodialueiden muodostumisessa. Tavallisesti seosainepartikkelit, kuten rauta, muodostuvat katodisiksi alueiksi. Katodeina toimivat myös

metallin inter-metalliset partikkelit. Alumiinilla seosaineiden käytännön vaikutus usein on, että paikallisesti niiden kohdalla pinnoitekerros muodostuu paksummaksi. (Milošev, 2018, ss. 3-6)

## 12.2 Vaikutus korroosionkestävyyteen

Metallioksidit ovat yleensä epästoikiometrisiä yhdisteitä. Verrattuna kemialliseen kaavaansa, ne sisältävät usein yli- tai alimäärän metalli- tai oksidi-ioneja. Tämä aiheuttaa oksidirakenteeseen kidevirheitä, joka vaikuttaa kerroksen aineensiirto- ja sähkönjohtavuusominaisuuksiin. Ioni ylimäärän kohdalla kidevirhe aiheutuu varsinaisen matriisin välitiloissa olevasta ylimääräisestä ionista. Varausten tasapainon säilymiseksi kiteessä on välitilassa olevaa ionia kohden vapaita elektroneja. Nämä vapaat elektronit johtavat sähköä ja aineensiirto tapahtuu välitilan ionin avulla. Tällainen metallioksidi toimii puolijohteenä. Ioni ylimäärään perustuvaa puolijohdetta kutsutaan n-tyyppin puolijohteeksi. Ioni alimääräisessä metallioksidissa kidevirheenä on puuttuva kationi. Tätä puuttuvaa kationia kohden kidehilassa on korkeamman hapetusluvun ioneja. Korkeamman hapetusluvun ioneja kutsutaan elektroniaukoiksi, niistä puuttuvien elektronien takia. Tällainen metallioksidi on p-tyyppin puolijohde ja siinä sähkövaraus siirtyy elektroniaukkojen ja aineensiirto tapahtuu kationiaukkojen kautta. Käytännössä edellä esitetty tarkoittaa, että metallin vaurioituminen riippuu kidevirheiden määrästä. Jotta sähkökemiallinen korroosioreaktio voi tapahtua tulee anodin ja katodin välillä tapahtua aineen ja sähkövarauksen siirtymistä. Puolijohdemetallioksidikerroksessa nämä voivat tapahtua vain kidevirheiden kautta. Tällöin, jos metallioksidi on huono ioninjohdin tai sähkönjohdin, estyy aineensiirto ja metallioksidikerros suojaa metallia korroosiolta. (Tunturi, 1988)

Zirkoniumkonversiopinnoituksessa pintaan muodostuu tiivis kerros huonosti sähköä johtavista ioni alijäämäisistä zirkoniumoksidoista. (Tunturi, 1988) Pinnoitetun metallin korroosionkestävyyden parantuminen perustuu tällöin kerroksen kykyyn eristää metalli korroosioympäristöstä. Toisin sanoen se estää anodi-katodiparin muodostumisen, sillä elektrolyytti ei läpäise kerrosta, jolloin korroosiparin muodostuminen estyy. (Tunturi, 1983)

Sähkökemiallisessa korroosioreaktiossa anodilla ja katodilla tapahtuu polarisaatiota ja näiden elektrodipotentiaalit lähentyvät toisiaan, kunnes reaktio on tasapainossa ja katodi kuluttaa anodin vapauttamat elektronit. Tasapainotilassa systeemin sähkökemiallisen kennon korroosiopotentiaali on  $E_{korr}$  ja siinä kulkee sähkövirta, joka ilmoitetaan anodin pinta-alayksikköä kohden laskettuna korroosiovirrantiheytenä  $I_{korr}$ . Korroosiopotentiaalın yksikkönä käytetään yleensä voltia (V) ja korroosiovirrantiheyden yksikkönä mikroampeeria neliösenttimetriä kohden ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ). Mitä negatiivisempi korroosiopotentiaalın arvo on, sitä todennäköisemmin anodina oleva pinta vaurioituu. Korroosiovirrantiheys kertoo korroosioreaktion nopeuden. Mitä suurempi arvo on, sitä nopeammin tapahtuu aineensiirto eli korroosioreaktio etenee aiheuttaen voimakkaammin metallin vaurioitumisen. (Tunturi, 1983) (Jokinen i. K., 2012, ss. 45-47)

	Korroosiovirrantiheys $I_{korr}$ ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	Korroosiopotentiaali $E_{korr}$ (V)
Pinnoittamaton teräs	14,53	-0,538
Zr-konversio, liuoksen pH-arvo 3,5, teräsalusta	6,556	-0,385
Zr-konversio, liuoksen pH-arvo 4,5, teräsalusta	6,158	-0,369
Zr-konversio, liuoksen pH-arvo 5,5, teräsalusta	6,884	-0,398

Kuva 14. Zirkoniumkonversiopinnoitteen vaikutus teräspinnan korroosiovirrantiheyteen ja korroosiopotentiaaliin (Eivaz Mohammadloo, 2012, s. 20)

Kuten kuvassa 14 esitetystä taulukosta ja mittaustuloksista voi päätellä, voidaan havaita pinnalle muodostuneen Zirkoniumkerroksen korroosiopotentiaaliin ja korroosiovirrantiheyteen laskevan vaikutuksen. Korroosiopotentiaalın ja korroosiovirrantiheyden laskiessa konversiopinnoitetun teräksen herkkyyks katodiksi muodostumiseen vähenee. Konversiopinnoitetun teräksen muodostuessa korroosiokennon anodiksi, korroosiovirran tiheys kennossa pienenee, jolloin teräksen korroosionopeus laskee. (Milošev, 2018, ss. 6-7)

Mekanismin voisi kuvitella toimivan samalla tavalla myös alumiinille, mutta sitä on vaikeampaa havaita, koska alumiinin korroosionkestävyys itsessään on parempi, kuin teräksellä. Konversiokerroksen morfologia vaikuttaa sen korroosiokestävyyteen. Tutkimuksissa on havaittu käsittelykylvyn korkean lämpötilan tai pidempien käsittelyaikaisten

mahdollisesti aiheuttaneen muodostuneeseen pinnoitteeseen halkeamia. Halkeamista syntyy suora yhteys korroosiota aiheuttavan ympäristön ja pinnoitteen alla olevan metallikerroksen välille. (Eivaz Mohammadloo, 2012, ss. 22-26)

Zirkoniumkonversiopinnoitteiden korroosiokestävyyteen vaikuttavat merkittävästi siihen lisätyt lisäaineet. Erot lisäaineissa ovat tuoneet hyvin vaihtelevia tuloksia eri pinnoitevalmistajien tuotteiden korroosionkestävyyteen. Muodostavan kerroksen morfologiaan vaikuttaa siihen lisätyt lisäaineet. Muodostuvan kerroksen homogeenisyyttä voidaan parantaa epäorgaanisilla tai orgaanisilla aineilla, tai näiden yhdistelmillä. Homogeenisyyden parantaminen taas parantaa korroosionkestävyyttä. Lisäaineilla saadaan parannettua konversiokerroksen kykyä korjata itse itseään, eli korjata itse vauriokohdat uudella pinnoitekerroksella. (Milošev, 2018, ss. 6-8)

Pelkkä zirkoniumkonversiopinnoite ilman suojaavaa maalikerrosta ei todennäköisesti ole kovin hyvä korroosionsuoja itsessään. Mutta mikäli käsittelemättömän ja konversiokäsitellyn levyn päälle maalataan samanlaiset suojaavat maalikalvot, ja maalikalvoihin tehdään samanlaiset vauriokohdat, säilyy zirkoniumkonversiopinnoitettu levy todennäköisesti pidempään ilman korroosiovaurioita. Konversiokäsitellyn levyn madaltunut korroosiovirrantiheys ja kasvanut korroosioenergia toimivat korroosiota hidastavasti metallilla. (Milošev, 2018, ss. 6-8)

### **12.3 Vaikutus maalin tarttuvuuteen**

Metalleja käsiteltäessä korroosionkestävyyden lisäksi pinnoitteiden tehtävänä on adheesio- parantaminen pinnoitteen ja maalikerroksen välillä. Zirkoniumkonversiopinnoitteilla maalin adheesiota on mahdollisuus parantaa. Käsitteilyyn lisättävillä polymeerisillä lisäaineilla voidaan tarttuvuutta parantaa entisestään. (Milošev, 2018, ss. 6-7)

Käsiteltävällä materiaalilla ja käsittelyajalla on suuria vaikutuksia muodostuvan pinnoitteen karheuteen. Metallia karhentamalla voidaan parantaa maalin ja alustan välistä keskinäistä adheesiota. Tämä perustuu niiden rajapintojen kasvaneeseen pinta-alaan. (Milošev, 2018, s. 8)

Maalin tarttuvuutta parantavina lisäaineina zirkoniumkonversiopinnoitteessa toimivat esimerkiksi polyakryylihapo, polyvinyylialkoholi ja tanniinihapo. Lisäaineista muodostuneen zirkoniumoksidikerrokseen jää hiiltä. Hiili mahdollistaa maalin adsorboitumisen pintaan osin kemisorptiona. Zirkoniumoksidikerroksen morfologia ja käsiteltävän pinnan kohonnut pintaenergia parantavat maalin levittymistä ja kykyä adsorboida siihen fysisorptiona. (Shahini, 2021) (Jokinen I. A., 2001, ss. 45-47)

## **13 Silaanikonversiopinnoitus**

Zirkoniumoksidista muodostuvan konversiopinnoitteen lisäksi on toinenkin merkittävä uusi teknologia, konversio pinnoite, joka perustuu silaaneihin. Kauppanimeltään tällainen pinnoite voi olla esimerkiksi Oxsilan MM 0706 tai Decorrdaal 660. Pinnoitusmenetelmällä metallin pintaan muodostetaan liuoskäsittelyllä yleensä noin 20–150 nanometrin paksuinen tiivis silaaneista muodostuva polymeeriverkko. (Salonen J., 2011)

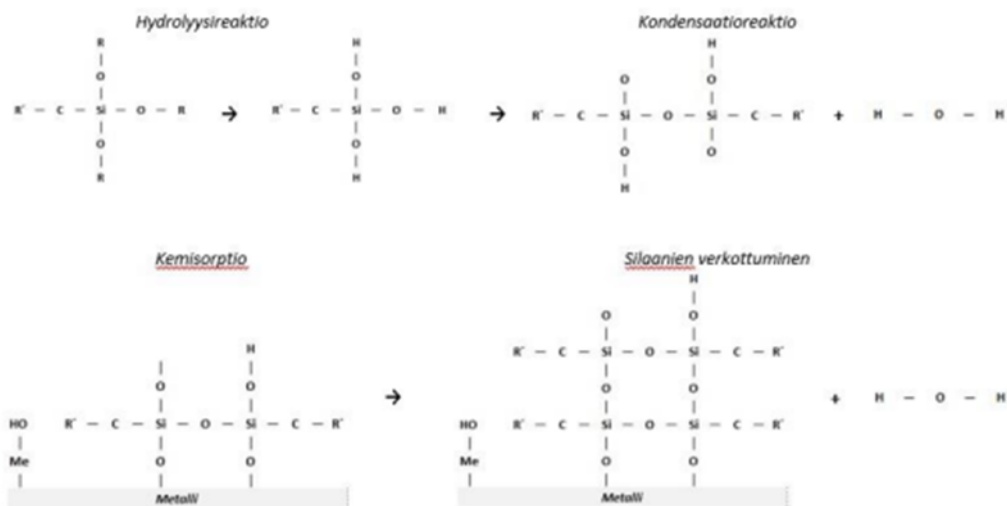
### **13.1 Silaanikonversiopinnoitteen muodostumismekanismi**

Silaanikonversiopinnoitteen muodostumisessa varsinaisen pinnoitusliuoksella käsittelyn ohella olennaiset vaiheet ovat pinnoitusta edeltävä pinnan kunnollinen puhdistus ja pinnoituksen jälkeinen pinnoitteen kuivaus. Pinnan puhdistusvaiheessa, eli pesu alkalisella, happamalla tai liuotinpohjaisella yms. liuoksella, metallin pinnalle muodostuu tällöin metallihydroksideja. Silaanikonversiopinnoitusliuoksessa pii-happi-sidoksia sisältävät siloksaanit ovat hydroksyloitu orgaaniseen liuottimeen, esimerkiksi etanoliin. (Chemetall, 2019, s. 1) (Jokinen i. K., 2012, ss. 47-49)

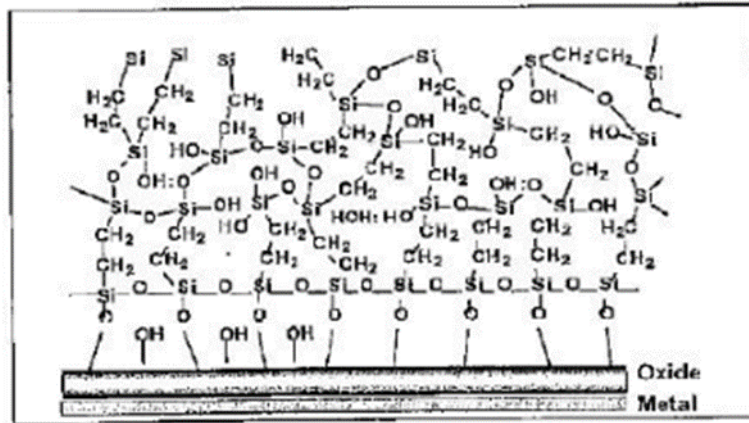
Pinnoitteen muodostuminen tapahtuu metallin hydroksidien ja kylpyliuoksen siloksaanien hydroksidien välisenä reaktiona, joka johtaa sidoksien muodostumiseen metallin, hapen, piin ja funktionaalisen ryhmän välillä. Funktionaalinen ryhmä voi olla esimerkiksi amiiniryhmä, joka parantaa maalin tarttuvuutta pinnoitekerrokseen. (Karlsson, 2011)

Käsittelyliuoksen silaanikonsentraatio määrittää pinnalle muodostuvan konversiokerroksen kokonaispaksuuden. Tavallisesti kerroksen paksuus asettuu 20–150 nanometrin

välimaastoon. Kuvassa 15 on kuvattu pinnoitteen muodostuminen. Pinnoitusliuoksessa muodostuu siloksaaneja additio- ja eliminaatiomekanismeilla toimivien hydrolyysi- ja kondensaatioreaktioiden kautta. Muodostunut siloksaanipolymeeri sitoutuu metallin pintaan kovalenttisilla sidoksilla. Liuos käsittelyn jälkeisen kuivauksen aikana pinnoitekerros verkottuu tiiviiksi polymeeriverkoksi siloksaanimolekyylien hydroksidiryhmien välisillä sidoksilla. Pinnoitteen kuivauslämpötila ei ole kovin kriittinen, mutta kuivausajan pituuteen on kiinnitettävä huomiota, kappaleen pintalämpötilan on hyvä jäädä alle 140C:een. Liian pitkä kuivausaika aiheuttaa pinnoitekerroksen tiheän verkottumisen, joka voi heikentää maalin tartuntaa pinnoitteeseen. Kuvassa 16 on esitetty silaanikonversiokerroksen rakenne. (Karlsson, 2011) (Jokinen i. K., 2012, ss. 47-49)



Kuva 15 Silaanikonversiokerroksen muodostumismekanismi. (Salonen J., 2011)



Kuva 16 Silaanipinnoitekerroksen rakenne. (Karlsson, 2011)

### 13.2 Silaanipinnoitteen ominaisuudet

Silaanikonversiokerros parantaa pinnoitetun metallin korroosionkestävyyttä. Silaanit ovat hyvin verkottuvia polymeerejä ja pinnoituskylvyn jälkeinen kuivausvaihe vaikuttaa pinnoitteen verkottumisasteeseen. Mikäli silaanikonversiokerrosta käytetään korroosiosuojaukseen ilman myöhempää pinnoitusta, on korkea verkottumisaste hyödyllinen. Korkean verkottumisasteen silaanipolymeerikerros on tiivis, jolloin se toimii korroosioreaktioita estävänä eristekerroksena metallin ja korroosioympäristön välillä. Käytettäessä silaanikonversiokerrosta yhtenä kerroksena useamman kerroksen korroosiosuojajyhdistelmästä, esimerkiksi maalauksen esikäsitteilynä, käsittely vaikuttaa korroosiosuojauksen toimintaan kahdella tavalla. Verkottunut silaanikerros toimii yhtenä metallia korroosioympäristöstä eristävänä kerroksena ja samalla sopivalla verkottumisasteella mahdollistaa seuraavan pinnoitekerroksen mahdollisimman hyvän ja pitkäkestoisen kiinnipysyvyyden. (Chico B1, 2007) Tutkimuksissa on havaittu silaanikonversiopinnoitteiden toimivan korroosiosuojauksessa maalauksen esikäsitteilynä eri metalleilla yhtä hyvin, tai paremmin, kuin miten toimii perinteinen rautafosfointikäsitteily. (Salonen J., 2011)

Silaanikonversiopinnoitusta käytetään usein parantamaan maalin tartuntaa. Tätä varten pinnoitusliuoksen silaanipolymeereissä on tarkoitukseen sopiva funktionaalinen pääteryhmä. Tämä ryhmä on yleensä esimerkiksi -SH, -OH, tai -NH<sub>2</sub>. Maalin mahdollisimman

hyvän tartunnan kannalta tämän ryhmän tulisi olla yhteensopiva käytettävän maalityypin kanssa. Esimerkiksi keinovanhennuskokeilla on havaittu yhteensopivuuseroja erilaisten silaanipinnoitteiden ja maalityyppien välillä. (Chico, 2009, s. 3) Kuten edellä on esitetty silaanikonversiopinnoitteen kuivaus vaikuttaa sen verkottumisasteen. Sopivassa verkottumisasteessa polymeerien pääteryhmät, esimerkiksi silanolit (SiOH), ovat vapaana ja sopivissa olosuhteissa, esimerkiksi korotetussa lämpötilassa, ne voivat sitoutua maalin kanssa. Lisäksi maalin polymeerin tulisi olla yhteensopiva silaanikerroksen kanssa, jotta näiden välinen reaktio on mahdollinen. Eräässä tutkimuksessa 15 minuutin kuivaus 75 °C lämpötilassa on todettu kuivausajaksi, jolla verkottumisaste parantaa melko optimaalisesti korroosionkestävyyttä ja maalin tartuntaa. (Chico, 2009, ss. 2-4)

### **13.3 Vaikutus maalintarttuvuuteen**

Maalin tarttuvuuden kannalta olennainen mekanismi myös silaanikonversiopinnoituksessa, on käsiteltävän pinnan pintaenergian kasvattaminen lähemmäksi maalien polymeerikomponenttien pintaenergiaa. Tämä tarkoittaa pinnan ja pinnoitteen yhteensopivuuden parantamista. Tämä perustuu käsitellyn pinnan muuttumiseen hydrofiilisemmäksi, jolloin pinnalle levitetty maali pystyy kastelemaan pintaa paremmin kuin, jos pinta olisi hydrofobisempi. Tällöin pinnalle levitetty maali voisi kastelun sijaan vetäytyä pinnalle pisaroiksi. Silaanikonversiopinnoituksen onnistumisessa tärkeä tekijä on se miten silaanimolekyylit järjestäytyvät metallin pinnalle. Molekyylin silanolin tulisi kiinnittyä metallin pintaan ja funktionaalisen pääteryhmän osoittaa pinnasta pois päin. Tavallisesti tämä onkin normaali järjestyminen, mutta riskinä on myös esimerkiksi aminoryhmän protonoituminen, tällöin pinnoitteeseen voi muodostua epävakaita vetysidoksia. Nämä sidokset voivat aiheuttaa konversiokerroksen tartunnan heikentymisen. (Chico, 2009, ss. 2-4)

## **14 Projektityön tavoitteet**

Projektin tavoitteena on mahdollistaa pintakäsittelylaitoksen toimiminen tuotantotehokkaasti ja mahdollisimman korkealla laatutasolla. Opinnäytetyö on projektiluonteinen työ, jolla olisi tarkoitus selvittää mahdolliset kehityskohteet projektin alkuvaiheessa, jotta mahdollisten muutosten tekeminen olisi mahdollisimman helppoa.



Projektityö käsittelee pintakäsittelylaitoksen rakennusvaihetta, käyttöönottoa sekä kehittämistä.

Työn yhtenä osana tavoitteista on laadunhallinnassa tärkeässä roolissa olevien prosessin vaiheiden kehittäminen ja prosessien stabilointi. Työssä tärkeässä roolissa ovat erityisesti kemialliset esikäsittelyt ja niiden tutkiminen, sekä esikäsittelyvaiheen kehittäminen mahdollisimman korkean laatutason mahdollistamiseksi. Erityisesti on tarkoitus painottaa esikäsittelyjen ja esikäsittelykemikaalien valintaa ja niiden käyttöönottoa.

Jauhemaalauksessa esikäsittelyn toiminta on tärkeää, joten niiden valintaan ja kehittämiseen keskitytään tässä työssä tarkasti.

Laadunhallintaan pintakäsittelylaitoksessa olennaisena osana kuuluvat myös oikeanlaiset laadunhallinnan mittausvälineet, sekä oikeat työvälineet laadun mittaamiseen. Heti projektin alussa sovittiin erillisen laboratoriotilan tekemisestä, jotta laadunmittaamisen tarvikkeet ja työkalut saadaan samaan puhtaaseen tilaan, erilleen muusta tuotannosta. Tavoitteena oli saada mahdollisimman hyvät ja modernit mittalaitteet prosessin kaikkien vaiheiden laadun varmistamiseen.

Alihankintateollisuudessa toimivassa yrityksessä asiakkaiden laatuvaatimukset määräävät halutun laadun tason. Tämän vuoksi asiakkaiden pintakäsittelyn laatuvaatimusten selvittäminen heti alussa on tärkeässä roolissa, kun halutaan toimia tuotantotehokkaasti ja vaaditulla laatutasolla. Asiakkaiden pintakäsittelyohjeista selviää suurin osa vaadituista laatuvaatimuksista, mutta vaaditun tason selvitystyö on tärkeää mahdollisen ylilaadun ja ylimääräisten kustannusten välttämiseksi.

## **15 Tutkimusmenetelmät, aineistonkerääminen ja aikataulu**

Opinnäytetyössä tein paljon haastatteluja monen eri asiantuntija tahon kanssa, kuten maalien valmistajat, kemikaalien toimittajat, laitevalmistajat, Steran eri tahot ja muut pintakäsittelyä tarjoavat yritykset. Suurena apuna olivat avoimet haastattelut ja keskustelut kemisti Timo Savolaisen kanssa. Haastattelujen ja teoria tiedon keräämisen jälkeen, oli mahdollista muodostaa tarvittavat ohjeistukset, vaatimukset ja toimintojen viitearvot, joiden

sisällä toimitaan. Käytettävien viitearvojen ja vaatimustasojen selvittämisen jälkeen, muodostettiin työohjeita ja laatuohjeita tuotannon jokaiselle työvaiheelle.

Opinnäytetyöni on toiminnallinen kehitysprojekti, jossa on käytetty vähäisissä määrin myös laadullisen tutkimuksen menetelmiä. Varsinaisesti työni on siis toiminnallinen kehitysprojekti, eikä varsinainen tutkimustyö. Pääasiassa selvitystyöt projektissa on suoritettu erilaisia haastattelumuotoja hyödyntäen ja haastattelujen tuloksia vertailemalla mahdollisiin kirjallisiin lähteisiin.

Prosessien toimivuutta mitattaessa apuna on käytetty asiakkaiden ja tavarantoimittajien omia laboratoriotiloja ja tutkimusmenetelmiä. Oman uuden laboratorion mittalaitteita käyttäen pystyttiin keräämään luotettavaa ja tarpeita vastaavaa informaatiota tuotannon eri vaiheiden toimivuudesta. Stera Technologies Oy:n Tammelan yksikkö on projektin alusta asti sitoutunut pintakäsittelyn laadun varmistamiseen suhtautumalla erittäin positiivisesti tarvittavien mittalaitteiden investointiin, sekä oman laboratoriotilan ja laitteiden hankintaan. Laboratoriossa on viimeisintä teknologiaa ja mittausvälineet ovatkin nyt huippuluokkaa Suomen vastaaviin laitoksiin verrattuna.

Omassa laboratoriossa oli mahdollista tehdä kenttätutkimuksia käytännössä kaiken tarpeellisen mittaustoiminnan pintakäsittelyn laatutason selvittämiseksi, alkaen suolasumutestistä, jota simuloitiin kemiallisella pikatestillä. Kenttätestejä onkin tehty runsaasti esikäsittelyvaiheelle koko projektin ajan. Esikäsittelyn kehittämiseen on käytetty paljon aikaa ja asiantuntijoiden apua. Esikäsittelyprojektin alussa T Controlin kautta minulla oli apuna usean viikon ajan kemisti Timo Savolainen. Yhdessä teimme kenttäkokeita esikäsittelyille useilla erilaisella asetuksilla, ja koelevyjä kertyikin yli 200kpl ennen, kuin olimme varmoja esikäsittelyn loistavasta tasosta.

Ulkomaisia lähteitä zirkoniumin toiminnasta käyttäen saimme kerättyä tarvittavan informaation nanopinnoitteiden toiminnasta teräspinnoilla. Ulkomaisista artikkeleista löysimme myös machu-testin, jolla pystymme simuloimaan muuromassa päivässä jopa tuhannen tunnin suolasumutestejä. Machu testin toimivuutta vertailimme samassa sarjassa tehtyihin testilevyihin, joista osa lähetettiin ulkopuolisten tahojen laboratorioihin

testattavaksi. Näin toimimalla saimme vertailukohtia machu-testin toimivuudesta verrattuna varsinaisen suolasumutestin tuloksiin.

Hankintoja kartoittaessa suoritin myös tutkimuksia muiden pintakäsittelyä suorittavien yritysten toimintamalleista. Esimerkiksi erilaisten laitteiden ja välineiden käyttäjäkokemuksia kerättiin useasta eri yrityksestä. Mittalaitteiden ja erilaisten toimintamahdollisuuksien selvittämisessä laboratoriolaitteiden maahantuojat toimivat parhaana selvitysväylänä. Oma osaamiseni ennen projektin alkua kemikaalien analysoinnissa oli hyvin rajoittunutta, joten turvauduin alussa ulkopuolisten tahojen opastuksiin ja neuvoihin. Mittalaitteiden hankinnassa ja tarpeiden kartoittamisessa apuna oli myös kemisti Timo Savolainen. Savolaisen kanssa käytyjen avoimien haastattelujen pohjalta kartoitin tarpeiden mukaisten mittalaitteiden hankintaa ja hankinta hintoja.

Laadunhallinta ohjeistus toteutettiin prosessijärjestyksen mukaan, aloittaen ripustuksesta maalauslinjalle ja päättyen pakkaukseen eli linjalta purkamiseen. Kaikille eri vaiheille on luotu ohjeistuksia halutun laatutason varmistamiseksi. Prosessista luotiin prosessikaavio, jossa esitetään prosessin eri vaiheet, sekä viitearvoja vaiheiden vaatimuksista. Prosessikaaviot, sekä vaiheiden ohjeistukset ja niiden viitearvot löytyvät työni lopussa olevista liitteistä. Kaikille prosessivaiheille tuotin ohjeistukset, prosessivaatimukset ja viitearvot, joiden mukaan niissä tulisi toimia. Informaatio viitearvoista ja toimintamalleista eri laitteiden kanssa kerättiin haastatteluilla eri toimijoiden kanssa, sekä tutkimalla ja vertailemalla erilaisia aiemmin tuotettuja tutkimuksia.

Opinnäytetyössäni olen painottanut eri asiakkaiden pintakäsittely ohjeiden laatuvaatimuksia. Olen tehnyt myös ohjeistuksia eri vaiheisiin, ohjeistukset perustuvat asiakas kohtaisiin laatuvaatimuksiin. Informaatioita laatuvaatimuksista ja niiden tarkoituksesta kerättiin haastatteluilla eri yritysten pintakäsittelyvastaavilta, sekä asiakkaiden pintakäsittelyjärjestelmistä. Pintakäsittelyjärjestelmiä ja informaatioita asiakkailta ei ole tässä työssä julkisesti esitetty. Asiakaskohtaiset vaatimukset ovat kuitenkin olleet varsinaisessa projektissa lähtökohtana ja laatutason minimivaatimuksena.

Aineiston keräämisen lähtökohtana on ollut mahdollisten ongelmakohtien arviointi etukäteen ja niiden muodostumisen estäminen. Ongelmakohtien arvioinnilla etukäteen saimme linjaston käyttöönottoa tehokkaammaksi ja saavutimme vaaditun laatutason nopeasti. Mahdollisia tulevia ongelmakohtia arvioimalla pystyin valitsemaan menetelmät, jolla keräsin työssäni käytettäviä aineistoja. Toimintamalleista ja toimintatavoista kerättyyn aineistoon oli mahdollista etsiä kehityskohteita jo ennen varsinaisen toiminnan alkamista. Näin toimittiin esimerkiksi materiaalin varastointiin ja käsittelyyn tarkoitetuilla häkeillä ja käsittely kehikoilla. Näistä tehtiin ensin raaka suunnitelmat, joiden pohjalta suunnittelija piirsi 3D mallit. Näihin 3D malleihin tehtiin sitten yhteistyössä eri tahojen kanssa parannuksia jo ennen niiden valmistuksen aloittamista. Käsiteltävien tuotteiden 3D malleja sovitettaessa häkkien 3D malleihin löytyi ongelmakohtia, joiden ratkaisemisessa käytettiin haastatteluja ja selvitystyötä osavalmistuksen, hitsaamon ja pintakäsittelyn henkilöstön kesken. Näin pystyimme luomaan ratkaisuja, jotka helpottivat eri vaiheiden työskentelyä ja tehostivat toimintoja.

Projektin etenemisestä pidin päiväkirjaa ja keräsin informaatiota erilaisten muutoksien vaikutuksista eri toimintoihin. Päiväkirjan ja muiden merkintöjen pohjalta olen kerännyt taulukon projektin etenemisen vaiheista, taulukko esitetään Kuvassa 17. Taulukkoon olen kerännyt informaatiota eri vaiheiden aikatauluista, sekä erilaisista syistä miksi prosesseja on lähdetty kehittämään. Kuvassa 17 on esitetty myös erilaisia aineistonkeräämisessä käytettyjä tapoja.

Alihankinta toiminnassa laatuvaatimukset perustuvat eri asiakkaiden omiin laatuvaatimuksiin. Siksi pintakäsittelylaitoksen toimintaa ohjaavat asiakkaiden pintakäsittelyjärjestelmät ja niissä esiintyvät laatuvaatimukset. Asiakkaiden laatuvaatimusten selvittämisessä käytettiin pohjana asiakkaiden pintakäsittelyohjeistusta, muita kirjallisia lähteitä sekä standardeissa vaadittuja toimintatapoja.

Asiakkaiden laatuvaatimuksissa selvitetään tarkemmin vaatimukset, joiden mukaisesti toimitaan. Erilaisia tehtäviä testejä laadunvarmistamiseksi ovat esimerkiksi hilaristikkokoe, vääntötesti, vetonuppikoe, MEK-testi, visuaalinen tarkistus, sekä suolasumutesti. Lisäksi ohjeistuksissa määritetään tarkemmin vaadittujen testien taso ja mittaaminen, esimerkiksi

vaaditaanko hilaristikkokeen tuloksen tarkastelu mikroskoopilla, ja millä suurennuksella tuloksia tarkistellaan. Vaatimuksissa voidaan esittää myös etenemät suolasumutestien viiltokokeissa, sekä vaatimuksia tulosten raportoinneista. Näiden vaatimusten selvittämiseksi on käytetty paljon aikaa ja useita haastatteluja. Kirjallisista lähteistä, kuten asiakkaiden laatuvaatimuksista, informaatiota on kerätty runsaasti.

Projektin etenemisestä, aikataulusta ja käytetyistä menetelmistä esitetään informaatiota kuvassa 17 olevassa taulukossa. Projektityö alkoi 01.10.2021, kun työsuhteeni Stera Technologies Oy:ssä alkoi. Projektin päätymin on tarkoitus olla vuoden 2022 lopussa, jolloin kaikki suunnitellut tuotteet, joita on tarkoitus käsitellä omassa pintakäsittely laitoksessa, on siirretty käsiteltäväksi Tammelassa.

Projektin aikana työn sisältö on muuttunut paljon siitä, mitä sen piti aluksi pitää sisällään. Työn etenemisen aikana on tullut toistuvasti eteen asioita, joita ei alussa osattu odottaa. Selvitystyötä erilaisista asioista on ollut paljon, joten esimerkiksi haastatteluja ja kirjallisten lähteiden tutkimista on projektin aikana tehty paljon. Kirjallisten lähteiden ja haastattelujen lisäksi työssä on käytetty määrällisen tutkimuksen aineistonkeräämisen menetelmiä. Eri vaiheiden kehittämisessä informaatiota on kerätty ja analysoitu taulukoimalla vaiheista saatua informaatiota. Työn aikana olen pitänyt päiväkirjaa erilaisten asioiden ja tapahtumien vaikutuksista laatuun ja tuottavuuteen. Tuottavuuden mittaamista varten saimme laitokseen Steran omasta tuotannosta antureita, joiden avulla voimme seurata käyttöasteita sekä olosuhteita tuotannossa.

Aika	Tehtävä	Vaikuttavat tekijät	informaation lähteet	Toimintatapa
10.2021	pintakäsittelylaitoksen suunnitelmiin tutustuminen		Laitevalmistajat sekä rakennusyrityksen edustajat	Avoimet haastattelut.
10.2021	Laitoksen rakennustöiden aloitus		Laitevalmistajat sekä rakennusyrityksen edustajat	
11.2021	Rakennusvaiheessa asioiden selvitys ja toimintojen läpikäyminen		Laitevalmistajat sekä rakennusyrityksen edustajat	Avoimet haastattelut
11.2021	Layout muutosehdotukset ja mitoitukset	Tuotantotehokkuus	Mahdollisten muutosten vertaileminen nykytilaan, vertailevaa tutkimusta	Avoimet haastattelut, määrällinen tutkimus.
11.2021	Esikäsittelyalueiden suunnittelu	Tuotantotehokkuus		
11.2021	esikäsittelykemikaalien valinta (automaattinen pesukone).	Kokonaiskustannukset, ympäristövaikutukset, kemikaalien hävittäminen, laatuvaikutukset, toimitusvarmuus.	Kirjalliset lähteet, benchmark, haastattelut. Selvitystyö eri toimittajien kemikaalien kustannustasosta, kemikaalien kulutus eroista, laadun eroavaisuuksista, Laadunhallinnasta, ylläpitokustannuksista, toimittajan palvelutarjonnasta, muutosten vaikutuksista laatuun ja kokonaiskustannuksiin.	Haastattelut, puolistrukturoitu, avoin. Määrällinen tutkimus.
11.2021	esikäsittelylaitteistot manuaali kammioon. Suunnittelu ja selvitystyöt. Kemikaalien ja toimittajan valinta.	Ympäristövaatimukset. Tuotantotehokkuus, työturvallisuus, laatu.	benchmark, haastattelut, kirjalliset lähteet. Erilaisten muutosten vaikutus tuloksiin esikäsittelyn laadussa ja kokonaiskustannuksissa.	Avoimet haastattelut, laadullinen tutkimus, määrällinen tutkimus.
11.2021	Sinkopuhallus alue kehitystyöt, nostimet, suodatuslaitteistot, työturvallisuus, huoltojen toteutus mahdollisuudet, varaosahallinta.	Varaosien toimitusvarmuus, työturvallisuus, tuotantotehokkuus	Laitevalmistajat, varaosatoimittajat, huoltoyritykset, benchmark.	Haastattelut ja erilaiset selvitystyöt
11.2021	Maalauskammiot, maalauslaitteet, huolto- ja varaosa hallinta	Toimintavarmuus, laatu, käyttö	Laittevertailut kirjalliset lähteet, laitevalmistajat, benchmark	Haastattelut, kirjallinen selvitystyö, kyselyt, testit.
11.2021	Henkilökunnan rekrytointi. Rekrytointi tavastian pintakäsittelyosaston ja faktian kanssa yhteistyössä	Henkilökunnan osaaminen, tuotantotehokkuus, laatu	Koulutuskeskukset	Haastattelut, puolistrukturoitu, avoin
12.2021	Sinkopuhallusasteiden vertailu, erilaisten rakeiden vaikutus tulokseen, raesekoitusten määrittäminen	Sinkopuhallus asteiden vertailu, erilaisten rakeiden vaikutus tulokseen, raesekoitusten määrittäminen	Vertailemalla tuloksia keskenään ja tutkimalla muutoksien vaikutusta tulokseen. Apuna kirjalliset lähteet, kuten standardit ja aiemmat tutkimustulokset.	määrällinen tutkimus.
12.2021	Kemikaalien varastointi, valuma-alueet, määräykset ja laki, valuma-alueiden käsittely, viemärointi, virhetilanteiden arviointi	Lakien vaatimukset, työturvallisuus määräykset	Kirjalliset lähteet ja viranomaiset, sekä työturvallisuus vastaavat	avoimet haastattelut.
12.2021 ->	Esikäsittelyjen testaus, automaattipesukoneen säädöt (pitoisuudet, ph, lämpötilat, annostelulaitteet, ph anturit, pitoisuus anturit, vedenpaine, veden määrät, suuttimien suuntaukset, suuttimien mallit, käsittelyajat ja valutusajat, kostutusvedet- ja sen laatu yms.	Erilaisten säätöjen vertailu tulokseen. Laadun maksimointi ja kustannusten minimointi.	kirjalliset lähteet, haastattelut, selvitystyöt, asiakas kontaktit, benchmark	Avoimet haastattelut laitevalmistajat ja kemisti Timo Savolainen.
12.2021 ->	Esikäsittelyasteet, laatuvaatimukset esikäsittelylle, esikäsittelyn laadunvarmistus.	Asiakkaiden laatuvaatimukset, esikäsittely vaatimukset, kemikaalien toimittajan vaatimukset laadulle.	Muutosten vaikutus laatuun, laatuasteen stabilointi.	Avoimet haastattelut laitevalmistajat ja kemisti Timo Savolainen. Määrällinen tutkimus.
1.2022	Laadunmittausvälineet, laboratoriotila ja sen suunnittelu. Laboratorio laitteistojen valinta ja käyttöönotto	tulosten tarkkuus ja yhdenmukaisuus. Oikeat mittalaitteet kaikkiin prosessin vaiheisiin.	haastattelut tavarantoimittajat, selvitystyöt kemistin kanssa, kirjallisuus, eri muuttujien vaikutusten vertailu.	Avoimet haastattelut laitevalmistajat ja kemisti Timo Savolainen. Määrällinen tutkimus.
	asiakkaiden laatuvaatimusten selvitys	Eri asiakkaiden pintakäsittely vaatimukset	Asiakkaiden pintakäsittely dokumentit	Selvitystyö kirjallisista lähteistä, avoimet haastattelut.
	auditoinnit ja asiakashyväksynnät	Laatuvaatimukset, Toimintatavat	Standardit, asiakkaiden laatuvaatimukset, pintakäsittely järjestelmät.	Selvitystyö kirjalliset lähteet, haastattelut
11.2021 ->	Kehitystyöt linjasto, layout muutokset toteutus, valaistus muutokset	Tuotantotehokkuus, laadunhallinta, tilan käyttö	Benchmark, simulointi, asiakkaiden laatudokumentit	Selvitystyö, kirjallinen tutkimus
11.2021 ->	henkilökunnan koulutus, lisäkoulutus mahdollisuudet			
1.2022	materiaalien kartoitus ja testaus, maalit, välineet			
5.2022	Työohjeiden luominen prosessin eri vaiheille.			

Kuva 17. Toteutusaikataulu ja käytetyt tutkimusmenetelmät. (Nieminen,2022)

## 15.1 Määrällinen tutkimus

Määrällisessä tutkimuksessa keskitytään erilaisiin muuttujiin ja niiden tutkimukseen.

Muuttujilla tarkoitetaan jotakin ominaisuutta, jota voi tutkia mittaamalla. Tutkimuksessa mitataan muuttujan ominaisuuden tai ominaisuuksien mahdollisia vaikutuksia kohteena olevien muiden muuttujien joukossa. Siihen mitä muuttujaa tutkitaan, on hyvä kiinnittää

huomiota, ja voi olla järkevää tutkia yhtä mahdollista muuttujaa kerrallaan. Esimerkkinä pesunesteen pitoisuutta metallia käsitellessä, eikä kaikkia esikäsittelyn laatuun mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä. Mahdollisia muuttujia on paljon, esimerkiksi pesunesteen paine, PH arvo, käsittelyn aika yms. Kun muuttujia on paljon voi olla hankalaa päätellä yhden muuttujan vaikutuksia tulokseen. (L.Nummenmaa, 2009)

Erilaiset muuttujat jaetaan kahteen eri ryhmään riippuviin eli selitettäviin ja riippumattomiin eli selittäviin muuttujiin. Yleensä ollaan kiinnostuneita riippuvista muuttujista, eli niistä muuttujista, joiden muutokset vaikuttavat riippumattomiin muuttujiin. Riippuva muuttuja voisi olla, vaikka esikäsittelyn laadun muuttuminen, jolloin riippumattomat muuttujat voisivat olla pesunesteen suihkutus paine tai esikäsittely kemikaalin pitoisuus pesunesteessä. ”Usein oletuksena on, että riippumaton muuttuja vaikuttaa riippuvaan muuttujaan.” (L.Nummenmaa, 2009)

Määrällisen tutkimuksen menetelmiä käytin esimerkiksi, kun selvitin esikäsittelyn eri muuttujien vaikutuksia esikäsittelyn laatuun. Muuttujia säädettiin yhtä muuttujaa kerralla säätäen. Muuttujien vaikutuksia lopputulokseen seurasin pitämällä päiväkirjaa mittauksista ja testeistä. Muuttujista tein taulukoita, joiden avulla etsittiin optimaalista lopputulosta. Lopputuloksen parhaan laatutason selvittäminen ei olisi ollut mahdollista ilman testaustoiminnan taulukointia ja huolellista tulosten seuraamista. Kemiallisessa esikäsittelyprosessissa muuttujien määrä on suuri. Pienet muutokset prosessin arvoissa voivat muuttaa lopputulosta suuresti. Muuttujat jaoin kahteen ryhmään, esikäsittely laitteiston muuttujiin ja kemikaalien muuttujiin. Kemikaalien muuttujiin katsoin kuuluvaksi myös huuhtelut ja kostutus vaiheen. Kemikaalien muuttujia olivat pitoisuudet, PH arvot kylvyssä, PH arvot kostutus vaiheessa, PH arvot huuhteluissa, tensidin pitoisuus liuoksessa, liuoksen käsittelymäärä, käyttöpaineet eri vaiheissa, lämpötilat eri vaiheissa, johtokyky eri vaiheissa sekä eri vaiheiden käsittelyajat. Laitteiston muuttujat olivat esimerkiksi suuttimien sijoittelu, suuttimien määrä eri vaiheissa, pesukelkan liikenopeus, suuttimien muoto- ja malli, suuttimien suuntaukset eri vaiheissa sekä höyrynpisto ja kosteus kammiossa.

## 15.2 Haastattelu

Yksi käytetyimmistä tiedonkeräämisen tavoista on erilaiset haastattelu menetelmät. Tutkija pyrkii haastattelulla keräämään informaatiota tutkittavasta asiasta. Haastattelussa haastattelija pyrkii keräämään tietoja haastateltavalta esimerkiksi strukturoidulla haastattelulla, jolloin informaatiota pyritään keräämään järjestelmällisesti yleensä etukäteen mietityillä haastattelukysymyksillä. Avoimessa haastattelussa asioista keskustellaan avoimesti, jolloin etukäteen mietittyjä kysymyksiä ei kysellä järjestelmällisesti, vaan keskustelu etenee avoimessa vuorovaikutuksessa kummankin osapuolen välillä. Tutkimushaastattelulla pyritään selkeään päämäärään, eli pyritään tutkimustehtävän suorittamiseen. Haastatteluilla kerätään informaatiota, jota pyritään analysoimaan erilaisilla tieteellisillä menetelmillä. (Hirsjärvi, 2008, ss. 34,42)

Haastattelin työtäni varten monia eri tahoja. Kemiallisten esikäsittelyjen toimivuutta selvitin haastatteleamalla kemisti Timo Savolaista, kemikaalien toimittajia ja muita riippumattomia asiantuntijoita. Kemikaalien toimittajien vastaukset ja heiltä saatu informaatio poikkesi selkeästi haastateltavan tahon mukaan. Selkeästi oli nähtävissä omien tuotteiden ominaisuuksien korostamista ja kilpailijoiden tuotteiden väheksymistä. Oikean informaation saaminen oli haastavaa, koska kemikaalien toimittajilta ei saanut selkeää tuoteinformaatiota ilmeisesti kilpailutekijöiden vuoksi. Tuotekoostumusten ja toimintamekanismien vertailu olisi ollut helpompaa, mikäli informaatio olisi ollut suoraan saatavilla. Käyttämäni informaatio koostui siis monen eri tahon informaatiota vertailemalla. Kemikaaleissa päädyin Kluthen kemikaaleihin, niiden toimivuuden, asiakaspalvelun sekä kustannusten vuoksi.

Haastatteluni olivat pääsääntöisesti avoimia haastatteluja, joissa pyrin silti aina selkeästi johonkin päämäärään haastateltavan tahon mukaan. Osa haastatteluista voidaan luokitella puolistrukturoiduiksi, koska tein niihin valmiiksi kysymyksiä, joihin halusin vastauksia. Haastattelujen muoto ja malli rakentui selvitettävän asian mukaisesti.



### 15.3 Toiminnallinen Kehitysprojekti

Toiminnallisen kehitysprojektin tavoitteena on yleensä se, että ajan kuluessa projekti tekisi itsensä tarpeettomaksi. Tämä tarkoittaa, että kehitetyt toiminnot muuttuvat osaksi organisaation jokapäiväistä toimintaa. Kehitysprojektin tavoitteena on siis kehittää yrityksen toimintoja ja toimintamalleja niin, että toiminnoista tulisi mahdollisimman tehokkaita ja tulokset projektista muuttuisivat pysyviksi käytännöiksi. Kehitysprojektien on yleensä tarkoitus olla kestoaltaan rajattuja ja kertaluonteisia. (Kymäläinen, 2016)

Kehitysprojektissa on hyvin tärkeää löytää keskeinen tekijä, jota on tarkoitus lähteä kehittämään tiettyyn suuntaan. Mikäli projektin tavoitteenasettelu, rajaukset mihin suuntaan projektia halutaan lähteä kehittämään ja nykyisen toimintaympäristön toimintojen analyysi on tehty huonosti, on projektilla huonommat mahdollisuudet onnistua ja löytää ratkaisuja kehitettäviin ongelmakohtiin. Projektin alussa, sen ideointivaiheessa on hyvä tehdä alustavaa suunnittelua projektin varsinaista suunnitelmaa varten. Ideoita ja projektin varsinaisia rajoituksia voidaan tehdä ja suunnitella projektin suunnitteluvaiheessa. (Kymäläinen, 2016, ss. 9-10)

Etukäteissuunnitelmassa ei ole mahdollista pystyä huomioimaan kaikkia projektin aikana mahdollisesti eteen tulevia ongelmia ja muuttujia. Siksi vaikka etukäteen tehtävä suunnitelma onkin tärkeää tehdä hyvin, pitää myös pystyä reagoimaan projektin aikana mahdollisesti tuleviin muutoksiin. Projektia voidaan joutua suuntaamaan täysin eri suuntaan, kuin etukäteissuunnitelmassa oli alun perin ideoitu. (Kymäläinen, 2016, ss. 13-14)

Projektille tulisi olla selkeä tarve, eli jokin kehitettävä toiminto tai menetelmä. Pitäisi olla jokin ongelma, johon kehitysprojektilla on tarkoitus löytää uusia ratkaisumalleja. Ennen projektin aloitusta olisi hyvä selvittää se mitä projektilta halutaan, ja mitä sillä toivotaan saavutettavan. Kaikilla projektin osapuolilla tulisi olla samanlainen käsitys projektin tarpeista ja siitä mitä sillä halutaan saavuttaa. (Kymäläinen, 2016, ss. 26-27)

Kun projektille on oikeasti selkeä tarve, sen mahdollisuudet onnistua ovat hyvät. Kun projektia lähdetään toteuttamaan yhteistyössä asiakkaiden kanssa, voi se tuoda paljon

hyötyjä kummallekin osapuolelle. Projektista itsestään voidaan saada kehitysideoita ja vastauksia ongelmakohtien ratkaisemiseen. Tämän lisäksi voidaan löytää kehityskohteita ja parannusehdotuksia aiheisiin varsinaisen projektin ulkopuolelta. Projekti voi saada aikaan kehitysketjun, jonka takia kaikkia osapuolien toimintoja päästään kehittämään ja parantamaan. (Kymäläinen, 2016, s. 27) (Hartikainen, 2015, ss. 30-34.40-43)

Työni on kokonaisuudessaan noudattanut toiminnallisen kehitysprojektin mallia. Työsuhteeni alussa minulle asetettiin tavoitteet ja aikataulu niiden saavuttamiseksi. Tavoitteet ja alkuperäisen suunnitelman rakenne ovat muuttuneet useaan otteeseen projektin edetessä. Projektin pääasiallinen tavoite on kuitenkin pysynyt samana koko projektin ajan. Tavoitteena on edelleen alussa määritettyjen tuoteryhmien käsittely omassa tuotannossa vuoden 2022 loppuun mennessä. Keinot, joiden avulla tavoitteeseen on mahdollista päästä, ovat muuttuneet useasti projektin aikana. Stera on mahdollistanut tutustumisen modernien pintakäsittelytuotteiden ja laadunhallinnan mittausvälineiden valikoimaan. Olen päässyt kehittämään omaa osaamistani projektin aikana, ja se on mahdollistanut uusien näkökulmien tuomisen pintakäsittelylaitoksen toimintaan.

Projektille luotiin alussa selkeä rakenne, ja väli tavoitteiden seurantamalli. Projektissa eteneminen on tähän asti sujunut alkuperäisten tavoitteiden mukaisesti, vaikka projektin suunnittelu vaiheessa luotu suunnitelma onkin muokkaantunut projektin edetessä.

## **16 Stera Technologies Oy:n pintakäsittelylaitoksen laadunhallinta**

Laadunhallinta ja laadullisen työn aloittaminen alkaa perusteista. Perustietojen omaksuminen prosessin eri vaiheista mahdollistaa laadukkaasti työskentelyn koko prosessissa. Kaikista eri työvaiheista muodostettiin erilliset kuvilla varustetut työohjeet, joiden mukaan työvaiheessa tulisi toimia. Henkilökunnan ohjaaminen heti alusta asti on erityisen tärkeää, jotta työntekijät omaksuvat oikeat työmallit heti työsuhteen alusta asti. Uusia työntekijöitä varten luotiin perehdytyskortit, joiden mukaisesti uusien työntekijöiden perehdyttäminen suoritetaan. Uusien työntekijöiden kanssa nimetty perehdyttäjä käy työpisteillä läpi työtehtävät, sekä sen, mistä kaikki tarpeelliset ohjeistukset löytyvät.

Työvaiheet käydään läpi perehdytyskortin mukaisesti. Kaikille pintakäsittelyssä tarvittaville työvälineille ja laadunhallinnan välineille on oma käyttöohje, tai sellainen on tehty itse.

Laadunhallinnan ohjeistukset perustuvat esimerkiksi Teknoksen korroosionestomaalauksen käsikirjassa esitettyihin laadunhallinnan ohjeistuksiin (Teknos, 2013) ja yleisiin pintakäsittelyä koskeviin laadunhallinta ohjeistuksiin, sekä Suomen teräsrakenne yhdistyksen pintakäsittelyä koskeviin ohjeistuksiin. (Teräsrakenneyhdistys, n.d.). Tärkeimmät korroosionestomaalausta koskevat standardit löytyvät SFS-käsikirja 68–1:2020 julkaisusta, jossa käsitellään metallien korroosionestomaalausta. Julkaisun nimi on Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä ja termistandardit. Julkaisu on kolme osainen ja ne käsittelevät eri aihealueita seuraavasti: Osa 1: Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä ja termistandardit, Osa 2: Kenttätestausmenetelmät 1 ja Osa 3: Kenttätestausmenetelmät 2. Standardien perusteella luotujen ohjeistusten mukaisesti toimimalla voidaan olla varmoja toimivasta laadunhallinnasta.

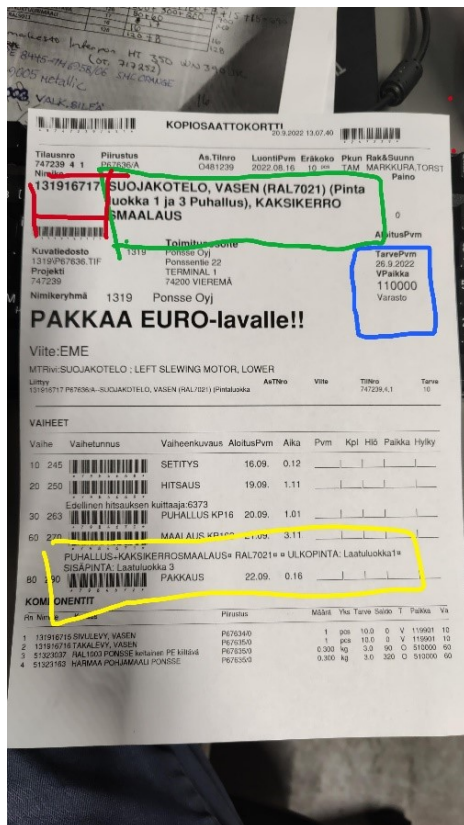
Seuraavassa kappaleessa 14.1 käsitellään Steran pintakäsittelylaitoksen toimintaa ja laadunhallinnan ohjeistuksia. Ohjeistukset on laadittu suorituspaikkakohtaisesti prosessin eri vaiheille. Ohjeistukset koskevat vain Stera Technologies Oy:n Tammelan tehtaan pintakäsittelylaitosta. Toimintamalli on tiivistetty versio käytettävistä laadunhallinta ohjeistuksista. Laadunhallinta ohjeistukset perustuvat pintakäsittelyn standardeihin ja asiakkaiden laatuvaatimuksiin pintakäsittelyn laadusta.

## **16.1 Pintakäsittelylaitoksen toimintaohjeet prosessi vaiheiden mukaan**

Pintakäsittelyprosessi on Stera Technologies Oy:n maalaamossa seuraavanlainen. Saattokortti määrää pintakäsittelyjärjestelmän ja työ järjestyksen. Ripustusvaiheessa varmistetaan tehokastoiminta ja oikeanlainen ripustaminen. Sinkopuhallukseen menevät tuotteet pestään ennen sinkopuhallusta. Sinkopuhallus suoritetaan turvallisesti ja niin, että käsiteltävät tuotteet eivät vaurioituisi sinkopuhalluksen vaikutuksesta. Sinkopuhalluksen jälkeen tuotteet pestään uudelleen, tässä vaiheessa tuotteiden pintaan laitetaan myös esikäsitteilykemialia, joko automaattipesukoneen Zirkonium pinnoite tai manuaalipesun silaani pinnoite. Käsittelyn jälkeen tuotteet kuivataan Kuivausuunissa, jonka lämpötila on 140C.

Tuotteiden pitää olla puhtaita ja kuivia ennen maalausvaihetta. Maalausvaiheessa tuotteet maalataan huolellisesti ja laaduntarkastus tehdään huolellisesti ennen polymerisointia. Maalausammiossa mitataan kalvonvahvuudet ennen polymerisointia. Polymerisointi vaiheessa varmistetaan oikea polymerisointi aika, joka määräytyy kappalekohtaisesti. Polymerisoinnin jälkeen kappaleet jäädytetään. Valmiit kappaleet tarkastetaan visuaalisesti heti jäähtymisen jälkeen. Visuaalisen tarkastuksen jälkeen voidaan suorittaa määrätyt mittaustoimenpiteet ja mahdolliset muut toimet. Hyväksytyt kappaleet voidaan purkaa alas maalauslinjalta. Valmiit kappaleet voidaan pakata kuormalavoille edelleen lähetettäväksi. Prosessi on kuvattu toiminta vaiheiden mukaisesti tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

### 16.1.1 Työn aloittaminen



Kuva 18 Saattokortti (Nieminen,2022)



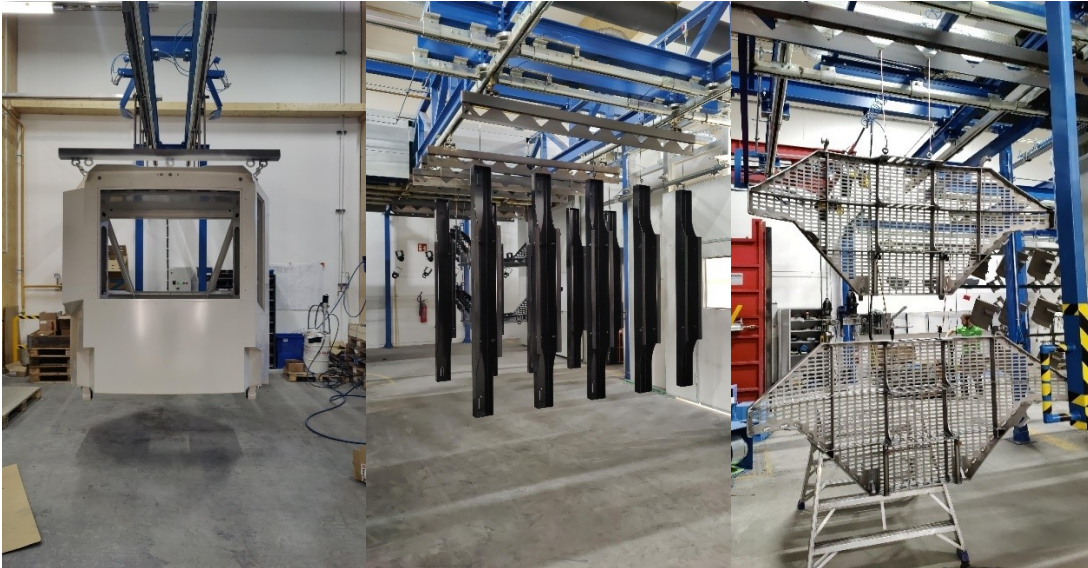
Kuva 19 Ripustuspaiste ja ohjaukskaappi (Nieminen,2022)

Steran pintakäsittelylaitoksella käsiteltävät työt saapuvat aina saattokorttien kanssa, kuten kuvassa 18 on esitetty. Saattokortista selviää eräkkö, asiakas, päivämäärä, jolloin tuotteiden pitäisi lähteä asiakkaalle, pintakäsittelyjärjestelmä ja mahdolliset muut

huomautukset. Pintakäsittelyohjeet tulisi aina tarkistaa ohjeistuksista ennen pintakäsittelytyön aloittamista ja tuotteiden ripustamista maalausradalle. Kuvassa 19 on esitetty ripustusalue ja radan nostopiste. Asiakkaiden omat pintakäsittelyjärjestelmät löytyvät ripustuspisteellä olevalla pöydällä sijaitsevasta kansiosta, sekä verkkoasemalla olevista ohjeista. Pintakäsittelyprosessista saa selvemmän kuvan, kun käy ensin läpi liitteenä olevan prosessikaavion. Prosessikaavio löytyy liitteestä numero 6.

### **16.1.2 Ripustusvaihe**

Ripustettaessa tuotteita maalausradalle tulee tuotteet käydä vielä läpi paineilmalla puhaltamalla, jolloin tuotteiden pinnoilta saadaan poistettua mahdolliset sinne kertyneet epäpuhtaudet. Tuotteiden ripustaminen maalausradalle tulisi suorittaa niin, että kappaleet eivät pääse tippumaan radalta alas. Tippuessaan tuotteet voivat aiheuttaa vakavia vammoja työntekijöille ja tuotteet voivat mennä pilalle. Ripustuskoukkujen kuormankestävyydestä on taulukko ripustuspisteellä. Ripustus on suoritettava turvallisesti ja käyttäen varmoja ripustusvälineitä, kuten lenkkejä, sakkeleita, ketjuja, tai suoraan eri paksuisilla ripustuskoukuilla. Ripustus suoritetaan niin, että kappaleihin ei jää vesitaskuja. Pesunesteen on päästävä virtaamaan vapaasti pois kappaleiden pinnoilta. Ripustusorret pitäisi saada mahdollisimman täyteen saman pintakäsittelyjärjestelmän tuotteita, jolloin pintakäsittelystä on mahdollista saada tuotantotehokkaampaa. Ripustusta ei siis tulisi suorittaa tilauskohtaisesti. Ripustaminen on suoritettava niin, että tuotteiden maalattavuus ei kärsi. Radalle ripustetut tuotteet tulisi merkitä niin, että niiden käsittelyvaatimukset ovat selkeästi näkyvillä kaikissa prosessin vaiheissa. Kuvassa 20 on esimerkkejä turvallisesta ja tehokkaasta käsiteltävien kappaleiden ripustamisesta.



Kuva 20. Esimerkkejä turvallisista ja tehokkaista ripustuksista. (Nieminen. 2022)

Ripustusasteella kappaleiden pinnoilla olevat levymerkinnät ja suuret rasvakertymät on poistettava liuottimilla ennen niiden nostamista maalauslinjalle. Levymerkinnät ja isot rasvakertymät yms. eivät välttämättä lähde pesuvaiheissa irti materiaalin pinnoilta. Tämän vuoksi isommat epäpuhtauskertymät tulisi poistaa liuottimilla ennen varsinaisen esikäsittelyprosessin aloittamista.

### 16.1.3 Pesuvaihe

Sinkopuhallukseen esipesun jälkeen menevät terästuotteet pestään manuaalipesupaikalla alkalisella rasvanpoistolla ja huuhdellaan huolellisesti kuumavesipesurilla. Mikäli tuotteet ovat sopivan kokoisia ja sopivat erillisiin pesuhäkkeihin, tulisi tuotteet aina pestä osapesukoneella. Osapesukone ja pesuhäkin malli on esitetty kuvassa 21.

Kaikki kappaleet pestään ennen ja jälkeen sinkopuhallusvaihetta. Pesu ennen sinkopuhallusta suoritetaan siksi, että mahdolliset rasvat ja muut epäpuhtaudet eivät menisi sinkolaitteen rakeen kierrätysjärjestelmään. Likaantunut sinkopuhallusrae siirtää epäpuhtaudet käsiteltävien kappaleiden pintaan, jolloin esikäsittelytulos kärsii, tai menee kokonaan pilalle. Puhalletut tuotteet käsitellään aina puhalluksen jälkeen pesuaineella ja konversiopinnoitteella. Käsitely voidaan toteuttaa automaattipesukoneella tai

manuaalipesussa. Kappaleiden esikäsitteily ja sen onnistuminen ovat kriittisiä vaiheita pinnan korroosionkeston kannalta. Pesun ja esikäsitteilyn onnistuminen ovat tärkeimpien vaiheiden joukossa koko prosessin onnistumisen kannalta. Esikäsitteilytuloksen seuraaminen on tärkeää. Huonosti käsiteltyjä tuotteita ei saa maalata, ennen esikäsitteilytuloksen korjaamista.

Esikäsitteilyä pitää seurata tasaisesti läpi koko työvuoron. Kemikaalien pitoisuudet, PH ja vedenjohtokyvyt pitää mitata niille osoitettujen ohjeiden mukaisesti. Kylpyjen kuntoa pitää seurata päivittäin kts. liite 7. Pesukoneiden toimintaa ja puhtautta pitää seurata ja huoltaa tarpeen mukaan. Esikäsitteilyvaiheille on tehty omat ohjeistukset, joiden mukaisesti niitä pitäisi ylläpitää. Ohjeavot löytyvät kaikille pesuvaiheelle löytyvät liitteistä.

Sinkopuhallukseen menevät tuotteet voidaan pestä myös automaattipesurilla (kuva 26), silloin pesuvaiheen ajaksi on laitettava 169 sekuntia, ohjaustaulu, josta vaiheajat voidaan säätää, on esitetty kuvassa 25. Kun pesuvaiheen ajaksi on säädetty 169 sekuntia, automaattipesukoneen pesukelkka liikkuu 5 kertaa edestakaisin käsitellen kappaleita tasalaatuisesti. Sinkopuhallettu pinta on reaktiivisempi ja esikäsitteilykemialle reagoi pinnalla nopeammin. Tämän vuoksi käsittelyaika on puhalletulla tuotteella 69 sekuntia, jolloin pesukoneen kelkka liikkuu 2 kertaa edestakaisin esikäsiteltävien tuotteiden ohitse. Ennen puhallusta oleva pesuaika on pidempi, jotta kappaleiden pinnalta saataisiin poistettua kaikki mahdolliset epäpuhtaudet.

Ennen sinkopuhallusta suoritettussa manuaalipesuvaiheessa, passivointiainetta ei tulisi levittää pestyjen kappaleiden pintaan. Passivointia ei kuulu tehdä ennen sinkopuhallusta, koska passivointi kemikaali, joka kappaleen pinnalle on levitetty, hajoaa singossa sinkorakeen mekaanisen vaikutuksen vuoksi. Sinkopuhallus poistaa esikäsitteilykemian kappaleen pinnalta, joten esikäsitteilyn suorittaminen ennen sinkopuhallusta on käytännössä turhaa. Monimuotoiset kappaleet, joiden sisäpuolen rakenteita ei tulisi kunnolla käsitellä automaattipesulla, käsitellään manuaalipesupaikalla, joka on esitetty kuvassa 22.



Kuva 21. Osapesukone (Nieminen.2022)



Kuva 22 manuaalipesukammio. (Nieminen.2022)



### 16.1.4 Sinkopuhallusvaihe



Kuva 23. Pintaprofiilin mittaus. (Nieminen.2022)

Sinkopuhallusluokan määrittäminen mitaamalla.			
Sinkopuhallusrae Shot			
Luokka	mitattu arvo KA µm	Suurin sallittu poikkeama	Puhallusluokka
1	25	3	Sa1
2	40	5	Sa2
3	70	10	Sa2,5
4	100	15	Sa3

Kuva 24. Suuntaa antava pintaprofiilin vertaaminen puhallusasteeseen. (Nieminen.2022)

Sinkopuhallukseen viedään vain puhtaita ja kuivia tuotteita. Kaikista työvaiheista on tehty erillinen kuvallinen työohje, jota tulisi noudattaa. Työohjeen mukaisella toiminnalla varmistetaan tuotteiden oikeanlainen käsittely. Sinkopuhalluksessa on huomioitava kappaleen rakenne, sekä ainevahvuudet. Sinkopuhallusrae voi vaurioittaa tuotteita, mikäli singon turbiinien pyörimisnopeus on liian suuri kappaleen rakenteeseen nähden. Pintaprofiili

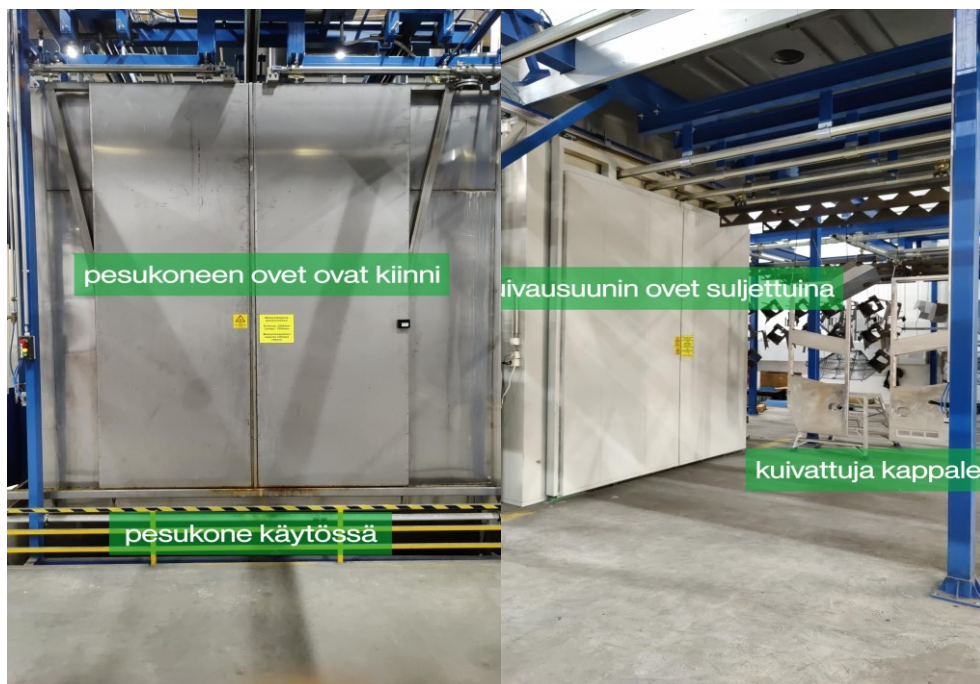
mitataan digitaalisella mittarilla (Kuva 23.) erillisen ohjeen mukaan. Sinkopuhalluksen pintaprofiilin pitää täyttää asiakaskohtaiset vaatimukset, Kuvassa 24 on esitetty pintaprofiilin ja puhallusluokan viitteelliset vertailu arvot. Pintaprofiili on aina mitattava useammasta kohdasta oikean tuloksen saamiseksi. Digitaaliseen mittariin on asetettu oletukseksi 10 mittauspisteen keskiarvolukeman. Sinkopuhallusrakeet puhalletaan pois kappaleiden pinnoilta singolla. Lattialle kerääntynyt sinkopuhallusrae pitää siivota heti pois lattioilta. Sinkopuhallusrae aiheuttaa lattialle kertyessään liukastumisvaaran.

Sinkopuhalluslaite kierrättää käytettävää sinkopuhallusraetta kierrätyslaitteistolla. Kierrättämisen vuoksi sinkopuhallukseen ei voida laittaa rasvaisia tuotteita. Rasvaisia tuotteita puhallettaessa rasva joutuu sinkopuhallusrakeen sekaan. Likainen sinkopuhallusrae pilaa kappaleen pintakäsittelyprosessin. Puhallukseen menevät tuotteet kuivataan rasvanpoiston jälkeen kuivausuunissa 140C (kuva 27), kuivausaika kappaleen koon, materiaalipaksuuden ja rakenteen mukaan 5–25 min. Osapesukoneessa huuhteluveden lämpötila on asetettu sellaiseksi, että erillistä kuivaus vaihetta ei tarvita. Pesun jälkeen tuotteiden pinnalta puhalletaan mahdollisiin vesitaskuihin jäänyt vesi pois käyttäen paineilmaa.

Sinkopuhalluksen jälkeen tuotteisiin ei saa enää koskea paljain käsin tai likaisilla hanskoilla. Käsittely tehdään ainoastaan puhtaiden hanskojen kanssa, ja mahdollisuuksien mukaan niin, ettei tuotteisiin kosketa lainkaan käsin, vaan siirrot suoritetaan koukuista kantamalla/riiputtamalla.

28/09/2022		10:14:36		OHJAUSTALO		TEOLLISUUSAUTOMAATION SÄHKÖISTYS	
PESUVILLE		Pesun lämpötilan käyrä		Pesukone			
Pesun lämpötilan asetus/oloarvo		40	/	41	astetta		
		asetus jäljellä					
Pesun aika		169		169	sekuntia		
Pesun valutus aika		75		75	sekuntia		
Huuhtelun 1 aika		80		80	sekuntia		
Huuhtelun 1 valutus aika		75		75	sekuntia		
Huuhtelun 2 aika		80		80	sekuntia		
Huuhtelun 2 valutus aika		25		25	sekuntia		
Tuorevesihuuhtelun aika		90		90	sekuntia		

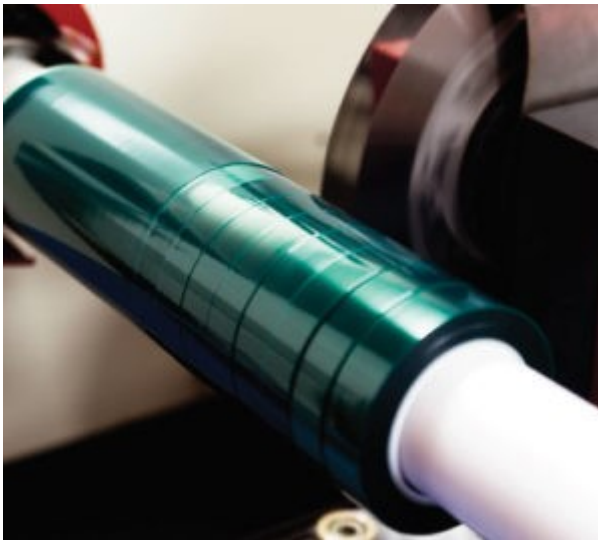
Kuva 25. Automaattipesukoneen käyttötaulu. (Nieminen.2022)



Kuva 26. Automaattipesukone (Nieminen 2022)    Kuva 27. Kuivausuuni (Nieminen.2022)

Rasvanpoiston jälkeen suojataan mahdolliset koneistetut pinnat esimerkiksi mustalla puhallusteipillä (kuva 29.). Puhallusteippi ei kestä uunin lämpöä, joten se on poistettava ennen esikäsittelyjä ja kuivausuunia. Kierteet suojataan pesun jälkeen, ennen

sinkopuhallusta, silikonitulpilla, jotka kestävät uunien korkean lämpötilan. Koneistetut pinnat ja muut suojattavat alueet voidaan suojata pesun, puhalluksen ja esikäsittelyn jälkeen käyttäen vihreää lämmönkestävää teippiä (kuva 28.). Suojaukset suoritetaan esikäsittelyjen ja pesujen jälkeen, koska näin toimimalla saadaan kierteistä ja koneistetuista pinnoista rasva ja muut epäpuhtaudet poistettua. Suojausten suhteen toimitaan asiakaskohtaisten ohjeiden mukaan, joidenkin asiakkaiden tuotteista kierteitä ei suojata maalauksessa. Asiakkaat voivat vaatia kierteiden avaamista maalauksen jälkeen, jotta kierteiden reuna-alueet jäisivät siistimmiksi eikä reikien ympärille jäisi isoja maalikertymiä. Kaikkien asiakkaiden kierteitä ei tarvitse suojata tai avata lainkaan. Tässäkin asiassa toimitaan asiakkaan omien pintakäsittelyjärjestelmien mukaisesti.



Kuva 28. Lämmönkestävät suojausteipit. (Powdertech, 2022)



Kuva 29. Sinkopuhallusteippi. (Powdertech, 2022)

### 16.1.5 Sinkopuhalluksen jälkeinen toiminta

Sinkopuhalluksen jälkeen kappaleiden pinnalta poistetaan epäpuhtaudet pesemällä pinnat rasvanpoistopesulla, jonka jälkeen kappaleiden pintaan levitetään aina esikäsittelykemikaali, joko passivointi kemikaali (DecorrDAL 660) tai Zirkonium konversiopinnoite (DecorrDAL 921).

Passivointikemikaali levitetään manuaalipesupaikalla rasvanpoiston jälkeen kappaleen pinnalle. Isommat määrät passivointikemiaa, esimerkiksi vesitaskuista, puhalletaan

paineilmalla pois kappaleen pinnalta. Passivointikemia jätetään kappaleen pinnalle pesuvaiheen jälkeen. Passivointikemian levityksen jälkeen tuotteet siirretään kuivausuuniin. Automaattipesurilla käsiteltävien kappaleiden pinnalta epäpuhtaudet poistuvat ensimmäisessä käsittelyvaiheessa. Ensimmäisessä käsittelyvaiheessa pesuliuksessa on esikäsittelykemikaali ja pesutensidi yhdessä. Automaattipesussa siis lähtevät epäpuhtaudet ja pintaan levitetään esikäsittelykemikaali.

Mikäli käsiteltäväksi tulee hiekkapuhalluksessa puhdistettuja tuotteita, tulee ne käsitellä manuaalipesulla alkalisella pesuaineella ja huuhtelun jälkeen pinnalle levitetään passivointikemikaalit. Hiekkapuhallettuja kappaleita ei voi pestä happamalla esikäsittelykemikaalilla. Manuaalipesupaikalla käsitellyt tuotteet eivät juurikaan vaihda väriään. Värisävy voi olla hiukan harmahtava käsittelyn jälkeen.

Automaattipesukoneella käsitellään kaikki kappaleet, jotka kokonsa ja rakenteensa puolesta sinne mahtuvat. Koneessa on neljä vaihetta, yhdistetty pesu- ja esikäsittelyvaihe, Huuhtelu vesijohtoverkon vedellä, huuhtelu RO- vesialtaasta ja viimeisenä huuhtelu suoraan RO-vesi säiliöstä. Zirkoniumkonversiopinnoitteen käsittely jättää tuotteet sinertäviksi. Tuotteiden värisävy voi olla violetin sininen. Mikäli väri menee ruskehtavaksi tai kultaiseksi, tulisi ottaa yhteyttä työnjohtoon. Sinkopuhalletuille tuotteille pitää muistaa vaihtaa automaattipesukoneen ohjaustaulusta pesuvaiheen ajaksi 69 sekuntia.

Esikäsittelyjen jälkeen tuotteet siirretään kuivausuuniin kuivattavaksi. Kuivausuunin lämpötila on rajoitettu 140C:een, jottei kappaleen pintalämpötila ylittäisi 140C:ta. Liian kuuma kappaleen pinta voi tuhota esikäsittelykemian kappaleen pinnalta.

#### **16.1.6 Maalausvaihe**

Maalaukseen otetaan vain vaatimukset täyttäviä virheettömiä tuotteita. Tuotteiden pitää olla kuivia ja puhtaita. Pintakäsittelyjärjestelmä varmistetaan aina ennen työn aloittamista.

Jauhemaalaukseen aloitetaan tarkastamalla maalausjärjestelmä maalattaville tuotteille. Maalausjärjestelmä on esitettyä saattokortissa (kuva 18). Maalaustyö suoritetaan asiakasvaatimukset huomioiden asiakkaiden pintakäsittelyjärjestelmien mukaisesti.

Ennen maalausta muista tarkistaa, että jauhemaalaukskaapin poistoimuri on käynnissä ja kaapin käyttö sähköt ovat kytkettyä päälle. Käyttökytkimet löytyvät ripustuspisteeltä sähkökaapin etuseinästä käyttötaulusta (kuva 32). Valaistusta maalauskaapeissa voidaan säätää kytkimistä maalauskaapin sisäpuolelta. Kytkimistä voidaan säätää valaistusta erikseen kaapin kummaltakin puolelta. Tämä mahdollistaa häikäisevän vastavalon kytkemisen pois päältä.

Puhalletut tuotteet, joissa puhallusprofiili on syvä, tai hiekkapuhalluksessa olleet kappaleet, käsitellään ensimmäisellä maalauskerralla ohuella tasaisella harsopinnalla. Harsopohja päästää puhallusprofiilin jauhemaalalle jääneen ilman poistumaan ohuen kerroksen läpi ja toimii pintaa tasoittavana pohjana. Paksu ensimmäinen maalikerros ehtii polymerisoitumaan ulkopinnasta ennen ilmataskun ilman laajenemista ja purkautumista maalikerroksen läpi. Tämä aiheuttaa neulanpistoja muistuttavia reikiä jauhemaalipintaan. Ohuen tasoisen harsopohjan jälkeen voidaan pintaan maalata kunnollinen kalvonvahvuus, jolla saavutetaan asiakaskohtaiset kokonaiskalvonvahvuudet.

Kalvonvahvuuksia voidaan seurata uudella mittauslaitteella, jolla voidaan mitata tulevat kalvonvahvuudet ennen maalikalvon polymerisointivaihetta (kuva 30)



Kuva 30. Maalikalvon mittauslaite. Non contact mittari kalvonvahvuuden mittaamiseen. (Delfesko, 2022)

Maalausammiossa (kuva 31) sisällä suoritetaan kaikki jauhemaalauksen toiminnot. Jauhemaalauksen kammion poistopuhaltimet ja valaistus kytketään päälle keskuskaapin käyttökytkimistä. Maalausammion ovet suljetaan kammion kummaltakin puolelta ennen maalaustyön aloitusta, näin voidaan estää jauhemaalipölyn leviäminen kammion ulkopuolelle, sekä estetään epäpuhtauksien pääseminen maalattaville pinnoille. Ovet suljetaan ja avataan paineilma kytkimistä ovien vieressä. Maalausammion sähköt ja poistoilmamurit kytketään päälle ripustuspisteeltä olevasta sähkökaapista. Sähkökaapin seinällä on käyttökytkimet maalausammion päälle kytkemiseen (kuva 32).



Kuva 31. maalausammio. (Nieminen. 2022) Kuva 32. käyttökytkimet. (Nieminen. 2022)



Kuva 33. maalausammio. (Nieminen. 2022) Kuva 34. Maalauslaitteen käyttöpaneeli. (Nieminen. 2022)

Jauhemaalaukstyössä maalauslaitteen oikeat säädöt ovat tärkeässä roolissa työn laadun kannalta. Asetukset maalauslaitteelle säädetään maalattavien kappaleiden mukaisesti. Säädöt ovat tärkeää saada asetettua oikeanlaiseksi maalattavan kappaleen rakenteen mukaisesti. Oikeanlaisilla säädöillä voidaan estää erilaisten virhetilanteiden syntymistä ja yleisimpien jauhemaalauksessa esiintyvien virheiden muodostumista. yleisimpiä virheitä ovat esimerkiksi liian suuret tai pienet kalvonvavuudet, paksut muodostumat kappaleiden reuna-alueilla, sähköpurkaus kuviot tai pienet reiät maalipinnassa, appelsiini pinta tai valumat yms. Varsinkin tasaisen viuhkan ja oikeiden virta-arvojen löytäminen ovat kriittisiä asioita maalaustyön onnistumisen kannalta.

Maalauslaitteen käyttötaulusta (kuva34) voidaan säätää käytettävä ilmamäärä maalin siirtämiseen jauhemaaliletussa, sekä ilmamäärä, joka ohjataan injektorin kautta maalin nostamiseen imuputkea pitkin jauhemaaliletkuun. Nämä säädöt voidaan tehdä näyttötaulun ylimmästä valikosta. Arvojen säätäminen suoritetaan näytön oikealla puolella olevista nuolipainikkeista. Näytössä olevan lukeman ollessa 50 tarkoittaa se, että maalin siirtämiseen ja maalin määrään ohjataan saman verran ilmaa.

Seuraava alempi valikko vaikuttaa laitteen käyttämään kokonaisilmamäärään. Tämä tarkoittaa ilmamäärä, joka jaetaan ensimmäisen valikon valintojen suhteen. Tällä valikolla voidaan siis säätää maalin määrää karkealla tasolla. Ylimmän valikon säädöillä voidaan suorittaa hienosäätöä maalin määrään ja pistoolista tulevan maaliviuhkan tasaiseen muotoon. Maaliviuhkan tasaisuus on tärkeää, jotta voidaan saavuttaa tasainen ja sileä lopputulos valmiiseen maalipintaan.

Seuraavalla valikolla voidaan säätää käytettävän jännitteen suuruutta jauhemaaluspistoolin ja maalattavan kappaleen välisessä jännitekentässä. Stera Technologies Oy:llä käytössä olevilla Geman uusimmilla laitteilla jännitekentän suuruus säätyy automaattisesti pistoolin ja käsiteltävän kappaleen välisen etäisyyden mukaisesti.

Alimmainen näytön valikoista vaikuttaa virta-arvoon, joka varaa jauhemaalihuikkasen pistoolin ja kappaleen välisessä kentässä. Suurempi virta-arvo varaa hiukkasen suuremmalla varauksella, jolloin jauhemaalit tarttuu kappaleisiin kovemmin. Suuria virta-arvoja (yli 22uA)



käytetään yleisesti suuriin tasaisin pintoihin. Pienemmällä virta-arvolla (alle 22uA) maalataan monimuotoisia kappaleita ja teräviä kulmia. Uudelleen maalausohjelmalla käsitellään kappaleita, joihin on jo maalattu pohjalle pohjamaalikerros, tai kappaleita, joissa on ollut liian vähäinen kalvonvahvuus ensimmäisen maalauskerran jälkeen. Uudelleen maalauksessa käytetään yleensä pienempiä virta-arvoja (alle 10uA).

Seuraavaksi alemmassa pienessä näytössä on esillä esiasetettujen laitteen muistiin tallennettujen maalausohjelmien järjestysnumero. Ohjelmia voidaan tallentaa laitteen muistiin määrätty määrä. Ohjelma valitaan nuolinäppäimistä näytön oikealta puolelta.

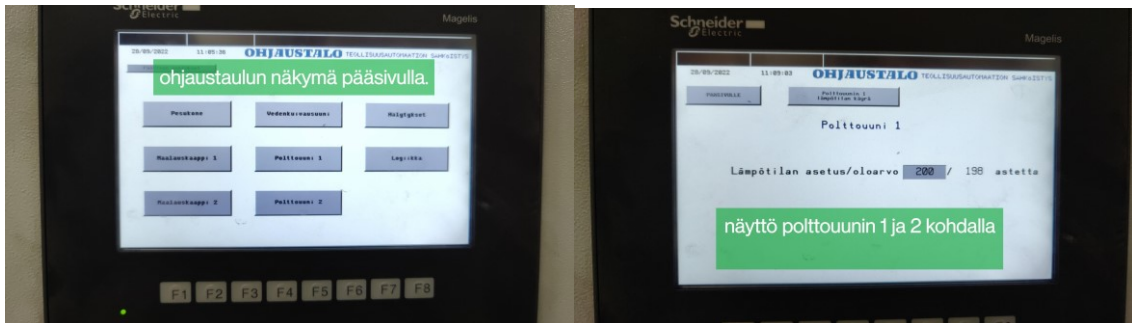
Alhaalla on valmiit tehtaalla laitteeseen tallennetut esiasetetut ohjelmat. Ohjelmia on kolme erilaisille käyttötarkoituksille. Suoralle pinnalle, monimuotoisille kappaleille, sekä uudelleen maalaukselle. Ohjelma voidaan valita painonapeista valikon kummaltakin puolelta.

Oikeassa alakulmassa on laitteen käynnistys ja sammutus kytkin. Jauhemaalauksen suorittamisen jälkeen tarkistetaan maalauksen laatu taskulamppua apuna käyttäen, jolloin voidaan nähdä maalin levittyminen kulma-alueisiin ja kappaleiden nurkkiin. Kalvon vahvuuksia voidaan tarkastella mittalaitteella, joka kertoo valmiin maalikalvon vahvuuden ennen jauhemaalain polymerisointi vaihetta. Kappaleiden tarkistamisen jälkeen mahdolliset virheet korjataan, ja hyvälaatuiset tuotteet siirretään polttouuneihin polymerisointiin.

### **16.1.7 Polymerisointi vaihe**

Polymerisointivaiheen pituus määräytyy kappaleen ainevahvuuksien, rakenteen ja kokonaisuuden mukaan. Kuvassa 38 on esitetty suuntaa antavia aikoja erilaisten kappaleiden polymerisointi ajoiksi. Polymerisointivaihe suoritetaan uuneissa, joiden lämpötila on säädetty 200 c:seen, lämpötilan säätö tapahtuu ohjauskeskuksen näyttöpaneelin kautta (kuva 35). Polymerisointivaiheen pituus säädetään uunien ovien ulkopuolella olevista kellolaitteista (kuva 36 ja 37). Kellolaitteessa polymerisointiaika on säädettävissä portaattomasti. Polymerisointiajan loputtua soi summeri ja radan päällä oleva merkkivalo alkaa välkkymään. Kappaleet tulee ottaa ulos uunista heti polymerisointisajan päätyttyä. Summeri ja merkkivalo sammuvat, kun joku uunien ovista avataan. Liian pitkä

polymerisointisaika voi aiheuttaa värimuutoksia valmiissa maalipinnassa. Pohjamaalit tulisivat jättää hiukan raaoksi, koska yliaika polymerisointi vaiheessa voi aiheuttaa pohjamaalin pinnan lasittumisen, jolloin pintamaalin tartunta pohjamaaliin voi heikentyä. Tämä koskee erityisesti epoksia sideaineena sisältäviä pohjamaaleja.



Kuva 35. Ohjauspaneeli pääkeskuksessa. (Nieminen.2022) Kuva 35. Uunien ohjausnäyttö. (Nieminen.2022)



Kuva 36. Polttouunin kellolaite. (Nieminen.2022)

Kuva 37. Polttouuni 1 edestä. (Nieminen 2022)

Polymerisointi ajat ja esikäsitteleminen	
Polymerisointi aikoja, aika riippuu ainevahvuudesta ja kappaleen rakenteesta. Ohessa olevat ajat ovat ainoastaan suuntaa antavia noin aikoja.	
Ainevahvuudet	Polymerisointi aika arvio
alle 3mm	30min
6-3mm	35min-45min
6-8mm	noin 45min
8-10mm	45min-50min
10-12mm	50min-60min
12-15mm	noin 60min
yli 15mm	noin-90min mikäli kookas ja raskas osa
<b>i Pohjamaali polymerisointi</b>	
Aika riippuu kappaleesta, mutta <b>yli 25min aikoja vältettävä</b> pohjamaalia maalattaessa.	
Mikäli pohjamaalissa on epoksia pinta lasittuu helposti, jolloin pintamaali ei pysy kiinni pohjamaalissa. Tästä mallilevy olemassa.	
Mikäli kappaleen maalaus joudutaan tekemään useampia kertoja, on kiinnipysyvyys tarkistettava hilaristikkotestillä ja Mek -testillä väh. yhdestä kappaleesta koko maalattavasta sarjasta, tämä on tehtävä <b>aina</b> , kun maalaus joudutaan tekemään useaan kertaan!	
Esikäsitteilyn laatua on seurattava, huonoa esikäsitteilytulosta <b>ei saa maalata!</b> Mikäli epäselvyyksiä soitto tai viesti <b>Kaisalle</b> tai Mikolle. Mallilevyt esikäsitteilyn laadusta pakkauspyydällä.	

Kuva 38. Suuntaa antavat polymerisointiajat ja polymerisoinnin ohjeita. (Nieminen.2022)

### 16.1.8 Pakkaus ja laadunvarmistus

Valmiita pintakäsitteltyjä tuotteita ei saa enää koskea paljain käsin eikä likaisilla hanskoilla. Valmiiden tuotteiden pinta tarkistetaan pakkauspisteellä (kuva 39) aina visuaalisesti niiden vielä roikkuessa maalausradalla. Tuotteiden pakkaaminen ja muut laatutarkastustoimenpiteet suoritetaan vasta, kun on varmistuttu kappaleiden visuaalisesta laadusta, sekä tarvittavista kalvonvahvuuksista. Kalvonvahvuudet mitataan kappaleista siihen tarkoitetuilla mittareilla (kuva 40). Kalvonvahvuusvaatimukset määräytyvät asiakaskohtaisten pintakäsittelyvaatimusten mukaisesti. Kalvonvahvuusmittauksista on tehty erillinen työohje, jonka mukaisesti mittaukset suoritetaan. kalvonvahvuuksien ja visuaalisen ulkonäön tarkistamisen jälkeen voidaan suorittaa mahdolliset paikkaus toimenpiteet, mikäli paikkaukset ovat asiakkaan pintakäsittelyohjeen mukaisesti hyväksytyjä. Laadun ollessa hyvä, voidaan aloittaa pakkaustoimenpiteet. Pakkaamisista on olemassa mallikuvia hyväksi todetuista tavoista toteuttaa pakkaaminen. Asiakkailla on erilaisia pakkausvaatimuksia koskien pakkausten tekemistä ja niiden kokoa. Kalvonvahvuusmittaukset, hilaristikkotesti (Kuvat 41 ja 42) ja MEK-testit (Kuva 43) ovat tärkeimmät toimenpiteet, joita voidaan

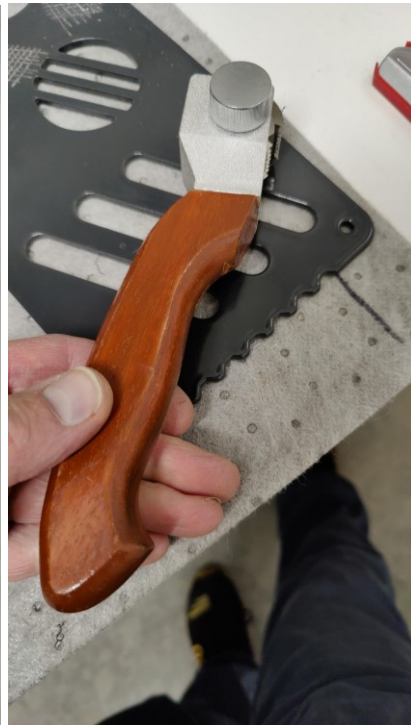
kenttäkokein suorittaa, pintakäsittelyn laadun varmistamiseksi. Laadunvarmistamisessa toimitaan standardien mukaisesti. Valmiista maalipinnasta ei silmämääräisesti pysty tarkistamaan pintakäsittelyn laatua, joten säännöllinen tarkistustoiminta on ainoa tapa varmistua hyvästä pintakäsittelyn laadun tasosta.



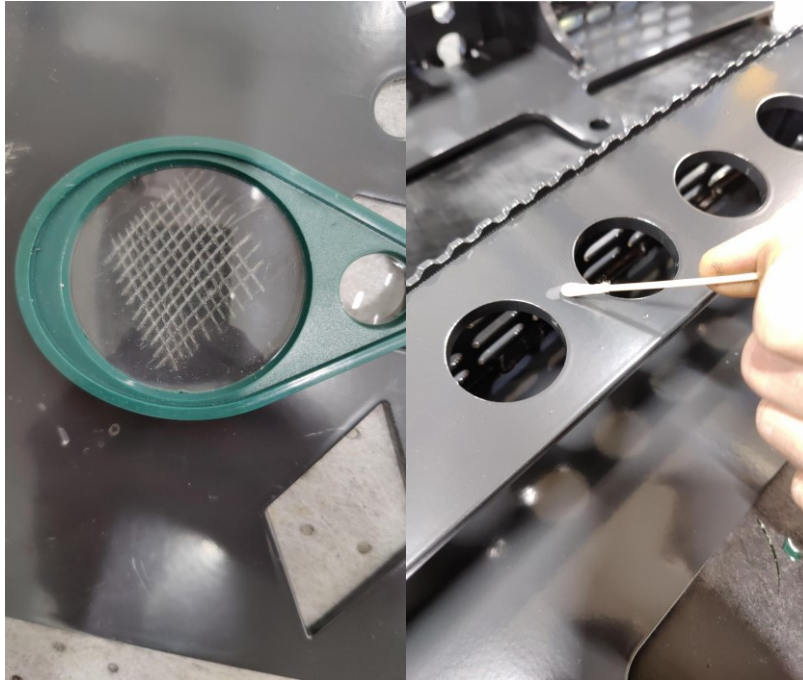
Kuva 39. Pakkauspiste. (Nieminen.2022)



Kuva 40. Kalvonvahvuus mittari. (Nieminen.2022)



Kuva 41. Hilaristikkotestin veitsi. (Nieminen.2022)



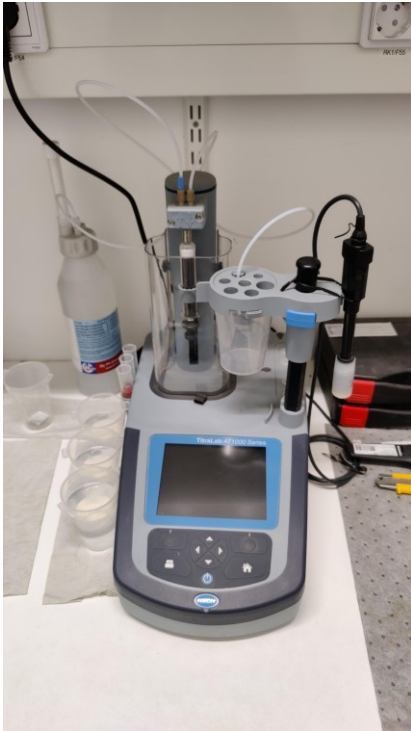
Kuva 42. Valmis hilaristikko testi. (Nieminen.2022) Kuva 43. MEK- testin tekeminen. (Nieminen.2022)

Laadun varmistamiseksi Stera Technologies Oy investoi erilliseen laboratoriotilaan (kuva 44), jossa on mahdollista tehdä erilaisia analyysyjä kattavasti. Laboratorio laitteisiin ja erilaisiin kemikaaleihin päädyttiin haastattelujen ja kattavien selvitystöiden jälkeen. Laitteistot ja tarvikkeet valikoituivat laadun ja käyttökohteiden mukaisesti. Tärkeimpinä työkaluina toimivat esikäsitellyjen titraamiseen tarkoitettu titraattori laitteisto (kuva 46), sekä mittarit PH:n ja Johtokyvyn mittaamiseen (Kuva 47), vetonuppitesti laitteisto (kuva 48), kalvonvahvuusmittari elcometer bluetooth raportointi mahdollisuudella (kuva 49), sekä laitteisto, jolla voimme toteuttaa Machu-testin eli kemiallisesti nopeutetun suolasumutestin (kuva 45).



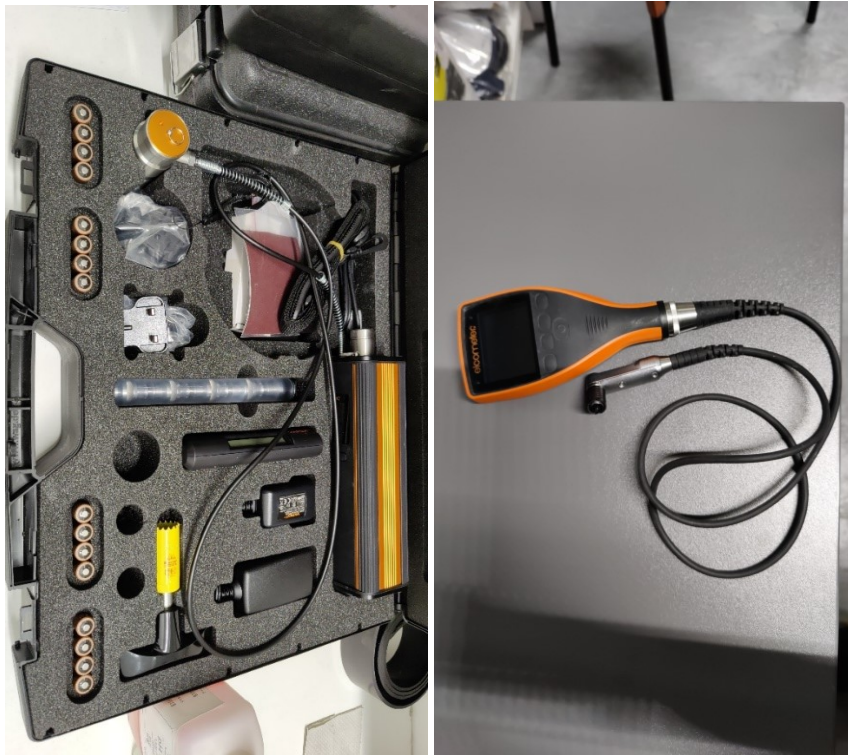
Kuva 44. Laboratorio tila. (Nieminen.2022)

Kuva 45. Machu testi kaappi. (Nieminen.2022)



Kuva 46. Titraattori. (Nieminen.2022)

Kuva 47. PH ja Cd mittari. (Nieminen.2022)



Kuva 48. Vetonuppitesteri. (Nieminen.2022) Kuva 49. Kalvonvahvuusmittari. (Nieminen.2022)

## 17 Tulosten analysointi

Projektin tulosten analysointi on vaikeaa, koska toimintoja on kehitetty jatkuvasti. Edelleen on kesken monta erilaista projektia, joilla pyritään parantamaan lähinnä tuotantotehokkuutta ja laadunhallintaa, sekä tuotannon tehokkuuden seurantaan. Laadullisesti tulokset ovat olleet hyviä, osittain jopa loistavia. Esikäsittelyihin ja niiden toimintaan ja hallintaan ohjatut investoinnit ovat olleet hyviä. Esikäsittelyjen tulokset ovat olleet todella hyviä. Tulosten laatu on osittain jopa ylittänyt kaikki odotukset niiden toimivuudesta. Esikäsittelyjen seurantaan investoidut laitteistot takaavat kemikaalien ja käsittelyjen seurannan laadun ja tehokkuuden. Viimeisin suuri investointi automaattiseen suureen osapesukoneeseen on alun perusteella toiminut hyvin, ja se on vapauttanut paljon kapasiteettia linjaston alkupäästä. Aluksi linjaston alkupää oli tuotannon suurin pullonkaula, koska kaikki tuotteet tyytyivät ripustella aluksi linjastolle esipesua varten. Esipesu on pakollinen vaihe ennen sinkopuhallusta. Nyt osapesukoneen myötä linjastolle ei tarvitse ripustella esipesua varten juuri mitään. Osapesukone vapautti kapasiteettia linjaston alkupäästä noin 50 %.

Laadunhallinnan ohjeistukset -ja työohjeet kaikkiin eri vaiheisiin tuotannossa ovat selkeyttäneet toimintaa ja auttaneet varsinkin uusien työntekijöiden työsuhteen alussa tuotannon toimien sisäistämässä. Laatu- ja toimintaohjeita on tehty suuremman volyymin tuotteille erikseen. Ohjeistusten myötä laatuongelmista on päästy eroon, ja tuotantoa on saatu tehostettua selkeästi.

Suurimpia ongelmia tuotannon läpimenoissa on alussa ollut korjaustoiminnat, joita on ollut pakollista suorittaa maalausvirheiden vuoksi. Maalausvirheiden vähentämiseksi on toteutettu runsaasti erilaisia kehitysprojekteja, kuten maalauskaappien valaistuksen lisääminen ja mahdollisuus valojen käyttämiseen erikseen kaapin kummallakin puolella. Maalauskaapissa on siis mahdollista toimia niin, että häikäisevästä vastavalosta ei ole haittaa työn suorittamisessa. Maalin kalvonvahvuuksien seuraamiseen ja kalvonvahvuusvirheiden vähentämiseksi Stera investoi non-contact mittalaitteeseen. Mittalaitteella on mahdollista mitata kalvonvahvuuksia maalauskammiossa ennen jauhemaalien polymerisointia. Normaalisti kalvonvahvuudet kytetään mittaamaan vasta polymerisoinnin jälkeen. Ennen polymerisointia tapahtuvalla mittauksella on mahdollista vähentää virhetilanteita. Mikäli maalauskaapissa todetaan, että kappaleessa ei ole tarpeeksi kalvonvahvuutta, voidaan maalia vielä lisätä ennen kappaleiden siirtämistä polymerisointiin. Liian suuri kalvonvahvuus voidaan korjata puhaltamalla ylimääräinen varautunut jauhemaali pois kappaleen pinnalta.

Tuloksia olen analysoinut itse ja vertaillut itsetehtyjä analyyskejä ja tuloksia ulkopuolella tehtyihin testeihin. Testaustoimintaa teetettiin myös ulkopuolisilla tahoilla, kuten asiakkaiden ja toimittajien laboratorioissa. Tuloksia analysoitiin myös yhdessä erialojen ammattilaisten kanssa. Tuloksia vertailtaessa käytettiin apuna olemassa olevaa kirjallista informaatiota sekä asiantuntijoiden analyyskejä.

Kuvissa 50–53 on esitetty esikäsittelytuloksen ulkonäkö ja 480 h suolasumutestin tulokset. Suolasumutesti tehtiin asiakkaan omassa laboratoriossa. Kuvista näkyvä tulos on 480 h jälkeen vielä todella hyvä. Esikäsittelyn taso on saatu testaustoiminnalla ja kehitystyöllä todella hyvälle tasolle. Kuvat 50–53 toimivat esimerkkinä testaustoiminnasta, jota esikäsittelyn eteen on tehty. Vastaavia testejä on eri esikäsittelyvaiheille toteutettu useita satoja, jotta toiminta on saatu hyvälle tasolle. Esikäsittelyjen ylläpidosta olen tehnyt oman



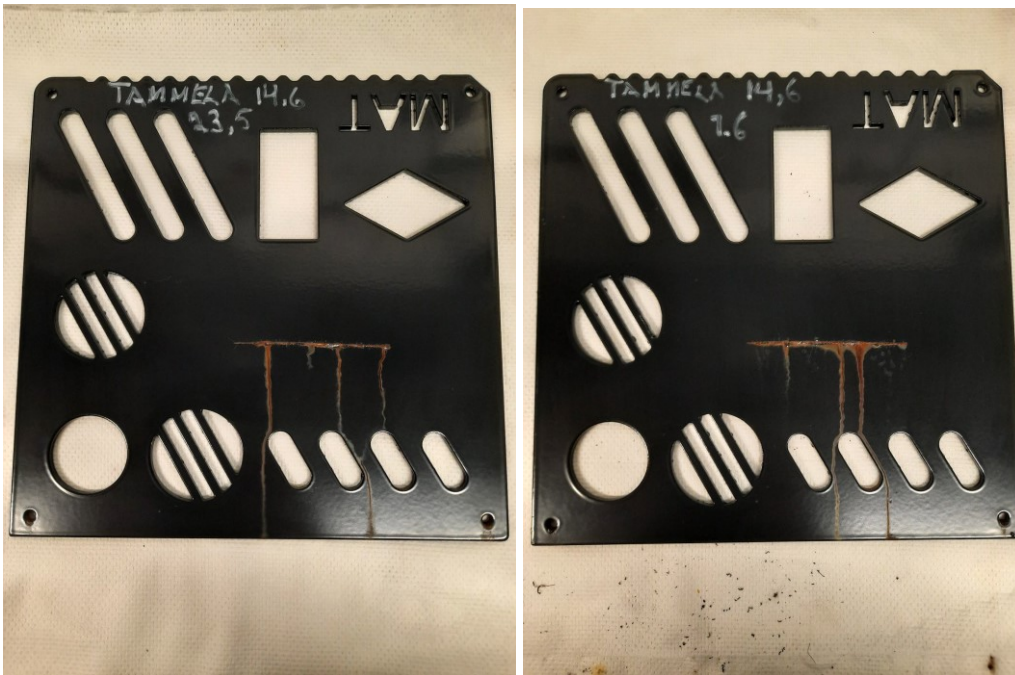
kirjallisen ohjeistuksen, ja laadunvarmistamiseksi Stera investoi kemikaalien etäohjaukseen. Etäohjauksella voidaan ohjata kemikaalien annostelupumppuja ja seurata automaattipesukoneen eri vaiheiden PH:ta ja CD:tä. Etäohjauksen lisäksi uusi ohjausyksikkö muodostaa automaattisesti tilastoa esikäsittelyjen kunnosta 15min välein. Tilaston saa muutettua suoraan Excel-taulukkoon, jonka voi tallentaa yrityksen tietojärjestelmiin. Etäohjausyksikkö on parantanut laadunvarmistusta ja laadunhallintaa esikäsittelyvaiheissa.



Kuva 50. Testilevy esikäsiteltynä 01.06.2022



Kuva 51. Testilevy esikäsiteltynä 23.05.2022



Kuva 52. Testilevy tulos 23.05.2022

Kuva 53. Testilevy tulos 01.06.2022

Tuloksia prosessin toimivuudesta analysoitiin Stera Technologies Oy:n Tammelan tehtaassa omassa laboratorioissa toteutetuilla kenttätesteillä, kuten vetonuppi testi, hilaristikko- ja MEK testit, kalvonvahvuusmittaukset, elektronisella mikroskoopilla pinnan tutkimista, MACHU testillä, eli kemiallisesti nopeutetulla suolasumutestillä, sekä muilla tarvittavilla testausmenetelmillä. Tuloksia tuotannon prosessien toimivuudesta saimme myös asiakkaiden ja tavarantoimittajien tekemillä laboratorio testeillä kuten, suolasumutesteillä, sekä muilla prosesseja tutkivilla menetelmillä.

Pääsääntöisesti kehitysprojekti on onnistunut hyvin. Maalausvirheiden osalta korjaustoimintaa maalauksen jälkeen esiintyy edelleen liikaa, jatkuvista kehitystoiminnoista huolimatta. Tältä osin projekti ei ole vielä täyttänyt täysin sille asetettuja tavoitteita. Tarkastustoiminta ja laadunvalvonta on kuitenkin toiminut hyvin, eikä virheellisiä tuotteita ole päässyt asiakkaille asti. Kehitystoimenpiteet korjaustoiminnan vähentämiseksi jatkuu edelleen. Non-contact mittarin laajempi käyttö ja maalaustyötä suorittavan henkilöstön koulutus ovat seuraavia parantamisen kohteita. Tuloksien kannalta tärkeää on ollut vähäinen reklamaatioiden määrä. Ensimmäisen vuoden aikana reklamaatioita on ollut hyvin vähän.

## 18 Luotettavuuden pohdinta

Prosessien testaustuloksia voidaan pitää luotettavana informaationa, koska osa testituloksista toteutettiin asiakkaiden toimesta. Kenttätesteissä ja omassa laboratoriossa tehdyissä testeissä osassa oli mukana myös tavarantoimittajien edustajia. Varsinkin kemikaalien toimittajan edustajat olivat todella aktiivisesti läsnä kemikaalien käyttöönotossa, sekä alkuseurannassa. Kemikaalin toimittajan kemistin kanssa teimme suuria määriä testilevyjä erilaisten säätötoimenpiteiden jälkeen ja vertailimme tuloksia laboratoriossa teetettyihin testituloksiin. Omaan laboratorioon saimme todella kattavan määrän erilaisia luotettavia ja laadukkaita välineitä, joilla prosessien laatua on mahdollista seurata. Välineiden toimittajat antoivat hyvät ja selkeät käyttöönotto opastukset, ja ovat olleet aina valmiita antamaan neuvontaa erilaisissa ongelmatilanteissa. Omaa laboratoriotamme voidaankin pitää varsin kattavana ja luotettavana testauspaikkana esikäsitteilykemikaalien testaamisessa koko Suomen mittakaavassa. Kovinkaan monella pintakäsittelyä tarjoavalla yrityksellä Suomessa ei ole vastaavaa laboratoriota olemassa. Stera Technologies Oy onkin panostanut pintakäsittelyn laatuun varsin kiitettävästi ja kattavasti.

Tällaisesta selvitystyöstä, varsinkin esikäsitteilystä ja siihen vaikuttavista tekijöistä, ei ole vielä informaatiota kirjallisessa muodossa helposti saatavilla. Jauhemaalauksesta itsessään informaatiota on viime aikoina tullut saataville myös kirjallisessa muodossa, joten joiltakin osin informaation löytäminen on jo helpompaa. Vaikeampaa on löytää luotettava informaatiota esimerkiksi TFT- pinnoitteista, nanopinnoitteista ja niiden toimintaperiaatteista. Tutkimukset esikäsitteilykemikaalien osalta ovat lähinnä kemikaalien valmistajien itse tekemiä, tai teettämiä tai ne ovat tuotettu jälleenmyyjien toimesta. Tällaisten tutkimusten luotettavuutta on syytä arvioida kriittisesti. Esikäsitteilykemikaalien osalta vertailinkin usean eri lähteen informaatiota keskenään. Ulkomaisten riippumattomien tutkimusten informaatiota vertailemalla eri valmistajien tuottamiin tutkimuksiin olikin mahdollista saada luotettavaa informaatiota eri menetelmien toimivuudesta.

Laadullisista asioista, kuten työhohjeista, sain tietoa palautteiden muodossa tuotannosta. Työhohjeet ja niiden selvä rakenne parantavat työn tekemisen laatua, varsinkin uusien

työntekijöiden kanssa. Hyvät ja selkeät työohjeet eri vaiheista helpottavat perehdytysprosessia ja tukevat uusien henkilöiden sisäänajoa tuotannon eri prosessivaiheisiin. Perehdytysprosessia tukemaan teimme myös perehdytyskortin sovellettuna omien prosessien mukaan.

Pintakäsittelylaitoksen laatujärjestelmä toimii osana Stera Technologies Oy:n laatujärjestelmää. Pintakäsittelylaitoksen laatujärjestelmä koostuu analyysien pohjalta luotuihin ohjeistuksiin, sekä kaikkien osapuolien asettamiin laatuvaatimuksiin.

Työn tuloksien luotettavuus pitäisi siis olla korkealla tasolla, kun osa testeistä tehtiin ja analysoidaan ulkopuolisilla toimijoilla. Apuna luotettavien tulosten saamisessa käytettiin ulkopuolisia laboratorioita, sekä esimerkiksi asiakkaiden ja tavarantoimittajien omien kemistien tekemiä testejä. Kirjallista informaatiota aiheesta ei vielä ollut olemassa kovin runsaasti, mutta työssä käytettiin luotettavia lähteitä, joita ovat mm. pintakilta, Teknos, Teräsrakenneyhdistys, Summa Ry jne. Luottavaa asiantuntija apua on saatavilla esimerkiksi Summa Ry:n ja Pintakillan kautta. Tavarantoimittajien kautta tuleva informaatio ei aina ole puolueetonta, joten sieltä tulevaan informaatioon tulisi suhtautua varauksellisesti. Parhaan ja luotettavimman tulosten analysoinnin saavuttamiseksi onkin suotavaa vertailla eri tavarantoimittajien tuottamaa informaatioita keskenään. Lisäksi vertailussa voidaan käyttää riippumattomien toimijoiden tutkimustuloksia, sekä kirjallisiin lähteisiin perustuvaa informaatioita. Onkin aina suotavaa vertailla useamman tutkimuksen tuottamaa dataa, koska aina ei voida olla täysin varmoja tutkimustulosten riippumattomuudesta.

Kaikista eri testeistä tein kirjallisia raportteja, joita ei kokonaisuudessaan ole järkevää tähän työhön liittää. Informaatiota joistain testauksista olen lisännyt raportin liitteisiin.

Pintakäsittelyprosessi on saatu Tammelassa loistavaan kuntoon. Palaute asiakkailta on ollut positiivista, eikä reklamaatioita ensimmäisen vuoden osalta ole tullut, muutamaa pakkausvirhettä lukuun ottamatta. Esikäsittelytuloksesta tein testin testilevyllä, joka singottiin ja käsiteltiin nanopinnoitteella linjalla. Testilevy laitettiin hallin ulko-ovelle lattialle hallin sisäpuolelle. Testilevy altistui lämpötilavaihteluille ja osittain muille säätötilan vaihteluille, sekä kosteudelle. Nosto-ovi, jonka aukon vierellä levy oli, on auki käytännössä vähintään puolet työajasta. Varsinkin kesä aikana ovea pidettiin auki koko työpäivän ajan.

Testilevy laitettiin ovelle 21.1.2022 ja otettiin sieltä pois 07.09.2022. Testilevy oli alkanut ruostumaan oven puoleiselta reunalta, mutta toiselta reunalta levy oli täysin ruosteeton. Esikäsitteilytulos oli siis todella hyvä, jopa ilman suojaavaa maalikerrosta. Toki tilanne olisi ollut toinen, mikäli levy olisi sijoitettu kokonaisuudessaan rakennuksen ulkopuolelle.

Laadunhallinnan ja siihen luotujen ohjeistusten onnistumista voidaan ajatella mitattavan asiakasreklamaatioiden kautta. Sisäisiä reklamaatioita on vuodenaikana tullut, mutta asiakasreklamaatioiden määrä on ollut pieni. Laadunvarmistaminen on toiminut siis hyvin. Vaikka henkilökunnalla ei ole kovinkaan pitkää kokemusta alalta, on laadunmittaamisen toimintamallit omaksuttu hyvin. Maalauksen laadun suhteen on vielä kehitettävää, koska uudelleen maalauksia tuotannossa tulee tällä hetkellä liikaa. Tuotteet ovat haastavia käsiteltäviä, ja niiden laatuvaatimukset ovat kovia. Uudella mittauslaitteella, jolla kalvonvahvuus voidaan mitata levitetystä polymerisoimattomasta pinnasta toivon olevan apua tähän ongelmaan.

Ongelmat maalauksessa ovat 80 % maalikalvonvahvuuteen liittyviä ongelmia. Liian alhainen maalikalvon vahvuus aiheuttaa ongelmia myös maalikerrosten välisessä adheesiossa. Uudelleen maalattu maalikalvo saattaa joissain tapauksissa irrota alemmasta maalikalvosta. Syitä tähän on oikeastaan vain kolme.

Alemman maalikalvon ylipolymerisointi saattaa tehdä maalikalvosta liian kovan ja tiiviin kerroksen, johon uusi maalipinta ei välttämättä tartu kiinni kunnolla. Tätä esiintyy erityisesti epoksia sisältävissä maaleissa. Epoksi voi "lasittaa", jolloin päälle maalattu pinta ei pysty muodostamaan siihen tarvittavan lujaa adheesiota.

Mikäli uudelleen maalattava pinta on päässyt likaantumaan pölystä, rasvasta tai sitä on pidelty paljain käsin, joudutaan tuotteet pesemään uudelleen ennen maalausta. Paljain käsin pidettyyn maalipintaan jää sormista jälkiä. Sormissa oleva rasva jää maalipintaan, jolloin päälle maalattu uusi kalvo irtoaa rasvaisten sormenjälkien kohdalta. Pestyyn maalipintaan voi jäädä huuhteluvedestä jäämiä suolasta, kloorista tms. Mikäli maalipintaan jää kosteutta esimerkiksi pisarajälkinä, adheesio voi olla kyseisestä kohdasta heikko. Maalikalvon päälle jäänyt kosteus voi kuivausuunissa maalikalvon alkaessa polymerisoitumaan, eli pinnan

alkaessa avautumaan, imeytyä maalikerroksen sisään. Maalausvaiheen jälkeen tuotteen mennessä polymerisointiin, maalipinta alkaa avautumaan uudelleen, ja imeytynyt kosteus nousee maalikalvon sisältä maalattujen pintojen väliin. Tällaisessa tapauksessa maalikalvojen adheesio yleensä pettää.

Kolmas asia on ylimmän maalikerroksen liian lyhyt polymerisointi aika. Tällaisessa tapauksessa viimeisin maalikerros ei ole vielä muodostanut kunnollista pintaa, eikä ole vielä luonut kovaa valmista maalipintaa. Liian vähäinen polymerisointi aiheuttaa sen, että ylin kerros ei ole vielä sulautunut kiinni alimmaiseen maalikerrokseen.

Toimivalla laadunvalvonnalla tällaiset tapaukset saadaan kiinni pakkausvaiheessa. Toimivia tarkastustoimia tällaisille ovat hilaristikkotesti adheesiovarmistamiseksi ja MEK testi riittävän polymerisoinnin varmistamiseksi. Olen ohjeistanut uudelleen maalauksissa alemman maalikerroksen pinnan karhentamisen, ja jokaisesta erästä uudelleen maalattavista tuotteista tehtäväksi hilaristikkotestin ja MEK testin. Näillä keinoilla uudelleen maalauksesta johtuvat laatuvirheet on saatu kiinni pakkausvaiheessa. Uudelleen maalattavista pinnoista ei ole ohjeistuksen jälkeen tullut reklamaatioita viimeisen maalikerroksen adheesiovarmistamisesta.

Maalikalvon vahvuudesta johtuvat ongelmat olisi syytä saada hallintaan. Keinoina tähän ovat maalaustoimesta vastaavien henkilöiden kouluttaminen ja opastaminen, sekä mittalaitteet. Uusi kalvonvahvuusmittari oli investointina kohtalaisen suuri, mutta se maksaa itsensä takaisin, mikäli sen avulla saamme kalvonvahvuusongelmat hallintaan.

Projektin tulokset ovatkin muilta osin onnistuneet hyvin ja tulokset ovat olleet luotettavia. Pidän asiakasreklamaatioiden määrää hyvänä mittarina laadunhallinnan luotettavuudesta. Samalla asiakasreklamaatioiden määrä kertoo esikäsittelyiden toimivuudesta. Vuoden aikana ei asiakkailta ole tullut ainoatakaan reklamaatioita, joka johtuisi esikäsittelyistä ja niiden toimivuudesta.

## Lähteet

- Aalto yliopisto school of chemical technology. (06. 11 2015). *Korroosionestotekniikan perusteet*. Noudettu osoitteesta <https://docplayer.fi/23988110-Mt-korroosionestotekniikan-perusteet.html>
- Ammattikorkeakoulujen rehtorineuvosto Arene ry. (2020). *Ammattikorkeakoulujen opinnäytetyöiden eettiset suositukset*. Helsinki: Arene.
- Askeland. (1996). *The science and engineering of materials*. London: Chapman & Hall.
- Brun, L. &. (March 2010). *THE DEVELOPMENT AND DIFFUSION OF POWDER COATINGS IN THE UNITED STATES AND EUROPE*. Noudettu osoitteesta [https://www.researchgate.net/publication/228590220\\_THE\\_DEVELOPMENT\\_AND\\_DIFFUSION\\_OF\\_POWDER\\_COATINGS\\_IN\\_THE\\_UNITED\\_STATES\\_AND\\_EUROPE](https://www.researchgate.net/publication/228590220_THE_DEVELOPMENT_AND_DIFFUSION_OF_POWDER_COATINGS_IN_THE_UNITED_STATES_AND_EUROPE)
- Carvalho, M. &. (10. 03 2020). *Corrosion resistance evaluation of carbon steel plates protected by zirconium and titanium nanoceramic coatings*. Noudettu osoitteesta [https://www.researchgate.net/publication/339849960\\_Corrosion\\_resistance\\_evaluation\\_of\\_carbon\\_steel\\_plates\\_protected\\_by\\_zirconium\\_and\\_titanium\\_nanoceramic\\_coatings](https://www.researchgate.net/publication/339849960_Corrosion_resistance_evaluation_of_carbon_steel_plates_protected_by_zirconium_and_titanium_nanoceramic_coatings)
- Chemetall. (2019). *Käyttöturvallisuustiedote Oxsilan MM 0706*. Tampere: Chemetall .
- Chico B1, D. d. (2007). *Corrosion resistance of steel treated with different silane / paint systems*. 8 – 28040 Madrid: Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM), CSIC, Avda. Gregorio del Amo.
- Chico, B. d. (2009). *Corrosion resistance of steel treated with different silane / paint systems*. Madrid: Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas.
- Delfesko, C. (2022). *Delfesko positest*. Noudettu osoitteesta <https://www.defelsko.com/positest-pc>
- Eivaz Mohammadloo, H. &. (2012). *Nano-ceramic hexafluorozirconic acid based conversion thin film: Surface characterization and electrochemical study*. *Surface and Coatings Technology*. 206. . Surface and Coatings Technology. 206.
- Hartikainen, A. (2015). *Kehitysprojektin prosessien kuvaus*. Metropolia ammattikorkeakoulu.

- Hirsjärvi, S. H. (2008). *Tutkimushaastattelu : teemahaastattelun teoria ja käytäntö*. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press.
- hämeeenlinna, P. (9. 7 2019). *Alustamateriaalin pintatyypit, pinnan esikäsittely ja esikäsittelyn laadunvarmistus*. Noudettu osoitteesta <https://pintakilta.fi/esikasittelyt/alustamateriaalin-pintatyypit-pinnan-esikasittely-ja-esikasittelyn-laadunvarmistus/>
- Jokinen, I. A. (2001). *Metallituotteiden maalaus*. jyvaskylä: Gummerus Oy.
- Jokinen, i. K. (2012). *Pinnalla 2- Metallituotteiden maalaus*. Opetushallitus.
- Karlsson, J. 2. (2011). *Master of Science Thesis, Corrosion Mechanisms under Organic Coatings, A study in relation to Next Generation' & Pretreatments*. Chalmers University of technology, Department of Chemical and Biological Engineering.
- Kymäläinen, H.-R. L. (2016). *Opas projektityöskentelyyn*. Helsinki: Tieteestä toimintaa - verkoston julkaisu, Helsingin yliopisto.
- L.Nummenmaa. (2009). *Käyttätymistieteiden tilastolliset menetelmät*. Helsinki: Tammi.
- Lecklin, O. (2006). *Laatu yrityksen menestystekijänä*. Helsinki: Talentum.
- Milošev, I. &. (2018). *Review—Conversion Coatings Based on Zirconium and/or Titanium*. . Journal of The Electrochemical Society.
- Opetushallitus. (ei pvm). *Korroosionesto: esiintymismuodot*. Noudettu osoitteesta [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka\\_f2\\_korroosionesto\\_esiintymismuodot.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_f2_korroosionesto_esiintymismuodot.html)
- Powdertech, O. (2022). *Kuumankestoteipit*. Noudettu osoitteesta Teipit: <https://powdertech.fi/teipit/>
- Saaranen, K. P. (2006). *KVALIMOTV mitä laadullinen tutkimus on:lyhyt oppimäärä*. Noudettu osoitteesta [https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L1\\_2.html](https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L1_2.html)
- Sainio, N. (2012). *Korroosio ja sähköinen korroosion esto*. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu.
- Salonen J., 2. T. (2011). *Gardobond AP/EPP ja Oxsilan . Ympäristöystävällinen metallin esikäsittelymenetelmä*. Tampere: chemetall.
- SFS, SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO Ry;. (ei pvm). *Laadunhallinnan periaatteet*. Noudettu osoitteesta Suomen standarisoimisliitto: <https://sfs.fi/osallistu-ja-vaikuta/aihealueet/johtaminen/laadunhallinnan-periaatteet/>



- Shahini, M. e. (2021). *Recent advances in steel surface treatment via novel/green conversion coatings for anti-corrosion applications: a review study*. Journal of Coatings Technology and Research 19 (2021): 159-199.
- standardisoimisliitto, S. (23. 10 2021). *Laadunhallinnan periaatteet*. Noudettu osoitteesta Laadunhallinnan standardit: <https://sfs.fi/osallistu-ja-vaikuta/aihealueet/johtaminen/laadunhallinnan-periaatteet/>
- Stera, t. O. (2018). *Stera Technologies Oy*. Noudettu osoitteesta <https://www.stera.com/yritys/yritysesittely/>
- Teknos Oy. (12 2015). *Jauhemaalauksen korroosionestomenetelmä*. Noudettu osoitteesta chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.teknos.com%2Fglobalassets%2Fteknos.fi%2Fteollisuuteen%2Fjauhemaalauksen\_korroosionesto\_esite\_fi.pdf&clen=1278322&chunk=true
- Teknos, O. (2013). *Korroosionestomaalauksen käsikirja*. Noudettu osoitteesta [https://www.teknos.com/globalassets/teknos.fi/teollisuuteen/aineisto/fi\\_korroosionestomaalauksen\\_kasikirja\\_2013.pdf](https://www.teknos.com/globalassets/teknos.fi/teollisuuteen/aineisto/fi_korroosionestomaalauksen_kasikirja_2013.pdf)
- teräsrakenneyhdistys. (n.d). *Jauhemaalauksen perusteet*. Noudettu osoitteesta chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/154/ac8d2e4/try\_jauhemaalauksen\_perusteet.pdf
- Teräsrakenneyhdistys. (n.d.). *Maalaus korroosionestomenetelmä*. Noudettu osoitteesta chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.terasrakenneyhdistys.fi%2Fdocument%2F1%2F157%2Ffb22406%2Ftry\_maalaus\_korroosionestomenetelmana.pdf&clen=67788&chunk=true
- Teräsrakenneyhdistys, a. (ei pvm). *Teräsrakenneyhdistys*. Noudettu osoitteesta <https://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/toiminta-julkaisut/try-pintakasittelyn-asiantuntijaryhma/>
- tietokortti, K. (ei pvm). *Tietokortti kemiallisesta altistumisesta metalli- ja autoalojen työtehtävissä*. Noudettu osoitteesta <https://docplayer.fi/16400051-Metallin-rasvanpoisto.html>

Tikkurila Oy, industrial coatings. (ei pvm). *Metallipintojen teollinen maalaus*. Noudettu osoitteesta <https://www.yumpu.com/fi/document/read/38867566/metallipintojen-teollinen-maalaus-pdf-tikkurila>

Tunturi, P. &. (1983). *Metallien pinnoitteet ja pintakäsittelyt. Metalliteollisuuden*. Metalliteollisuuden kustannus Oy.

## Liite 1: Automaattipesukoneen ohjearvojen taulu



RAJA-ARVOT PROSESSEISSA	PH	Johtokyky	Lämpötila	Huomioita
VAIHE 1 - Decordal 921 + Netzmittel 200-4	4,0-4,5	1000-2500 $\mu$ S	40-45 C	Käyttöpitoisuudet: Decordal 921 nanopinnoite 1-1,5 %, Netzmittel 200-4 pesutensidi 0,1-0,3 %
VAIHE 2 - Huuhtelu (RO tai RAAKAVESI)	5,0-6,0	<500 $\mu$ S	20-40 C	Kylvyvaihtojen yhteydessä vaihdetaan myös huuhtelun 1. vesi.
VAIHE 3 - Huuhtelu (RO)	7,0-9,0	<130 $\mu$ S	20-40 C	Tarkoituksen mukaan, Max 300 $\mu$ S
VAIHE 4 - Huuhtelu (RO)		<30 $\mu$ S	20-40 C	RO- vesi huuhtelu, Tarkista puhdasvesi- säiliön vesi määrä, Pesukonetta ei saa käyttää, jos vesisäiliön veden taso on aliraja, Tällöin vaiheen 4 puhdasvesi- huuhtelu ei toimi

Kaikista vaiheista mitataan vedenjohtokyky ja PH joka päivä. Tarkista veden paineet kaikista vaiheista pesukoneen käydessä, paineet 1,3-1,5 bar. Tarkista vaiheen 1 lämpötila ja kaasupolttimen toiminta. Tyhjennä verkkokorit valutusaukosta, pesu kuumavesipesurilla tarvittaessa. Vaiheen 1 pesunesteestä mitataan myös pitoisuus automaattititraattorilla vähintään kerran viikossa.

**Liite 2: Manuaalipesupaikan ohjetaulu**

## Manuaalipesun ohjeita

---

Muistathan, että raskaiden taakkojen a~~lle~~ menemistä on v~~äl~~tettävä.

Muistathan käyttää asianmukaisia suojavä~~l~~ineitä pesutoimenpiteitä suorittaessasi.

Muistathan ensimmäiseksi laittaa manuaalipesupaikan poistoimurin pääl~~le~~ ennen pesun aloittamista.

Muistathan sammuttaa pumput pesun ja passivoinnin jälkeen. RO-vesi huuhtel~~l~~ussa painevesiautomaatti, paineet aina pääl~~lä~~.

Muistathan kerätä letkut telineisiin pesun jäl~~ke~~en, maassa o~~l~~evat letkut ovat turv~~all~~isuus riski.

Muistathan sammuttaa kuumavesipesurin ja laittaa vesihanan kiinni il~~t~~avuoron jäl~~ke~~en.

Muistathan puhalttaa paineil~~m~~alla kotel~~o~~rakenteet ja muut kohdat, joihin vesi/passivointi aine voi jäädä lam~~m~~ikoiksi.

Passivointia ei tarvitse huuhtel~~l~~a pois kappal~~e~~iden pinnal~~t~~a.

Muistathan, ettei sinkopuh~~al~~ukseen meneviin tuotteisiin tarvitse laittaa passivointiainetta.

Muistathan katsoa kuivausuunin ajan niin, että kappal~~e~~en pinta~~l~~ämpötila ei saa nousta y~~l~~i 140 C kuivauksen aikana.

Maal~~au~~kseen pesun jäl~~ke~~en menevät jo kertaal~~l~~een maalatut tuotteet tulee puhalttaa paineil~~m~~alla niin, ettei pintaan jää pisaroita.

Liite 3: Vaihe merkinnät automaattipesuri

**STERA**

**Vaihe 1, pesuvaihe.  
Nanopinnoite ja pesutensidi**

**STERA**

**Vaihe 2, huuhtelu 1.  
Raakavesi vesiverkosta**

**STERA**

**Vaihe 3, huuhtelu 3.  
RO-vesi, vesisäiliöstä**

**STERA**

**Vaihe 4, huuhtelu 4.  
Ro-vesi, vesisäiliöstä**

Liite 4: Vaihemerkinnät manuaalipesu

**STERA**

**Manuaalinen pesu,  
alkalinen rasvanpoisto**

**STERA**

**Manuaalipassivointi,  
pinnan passivointi**

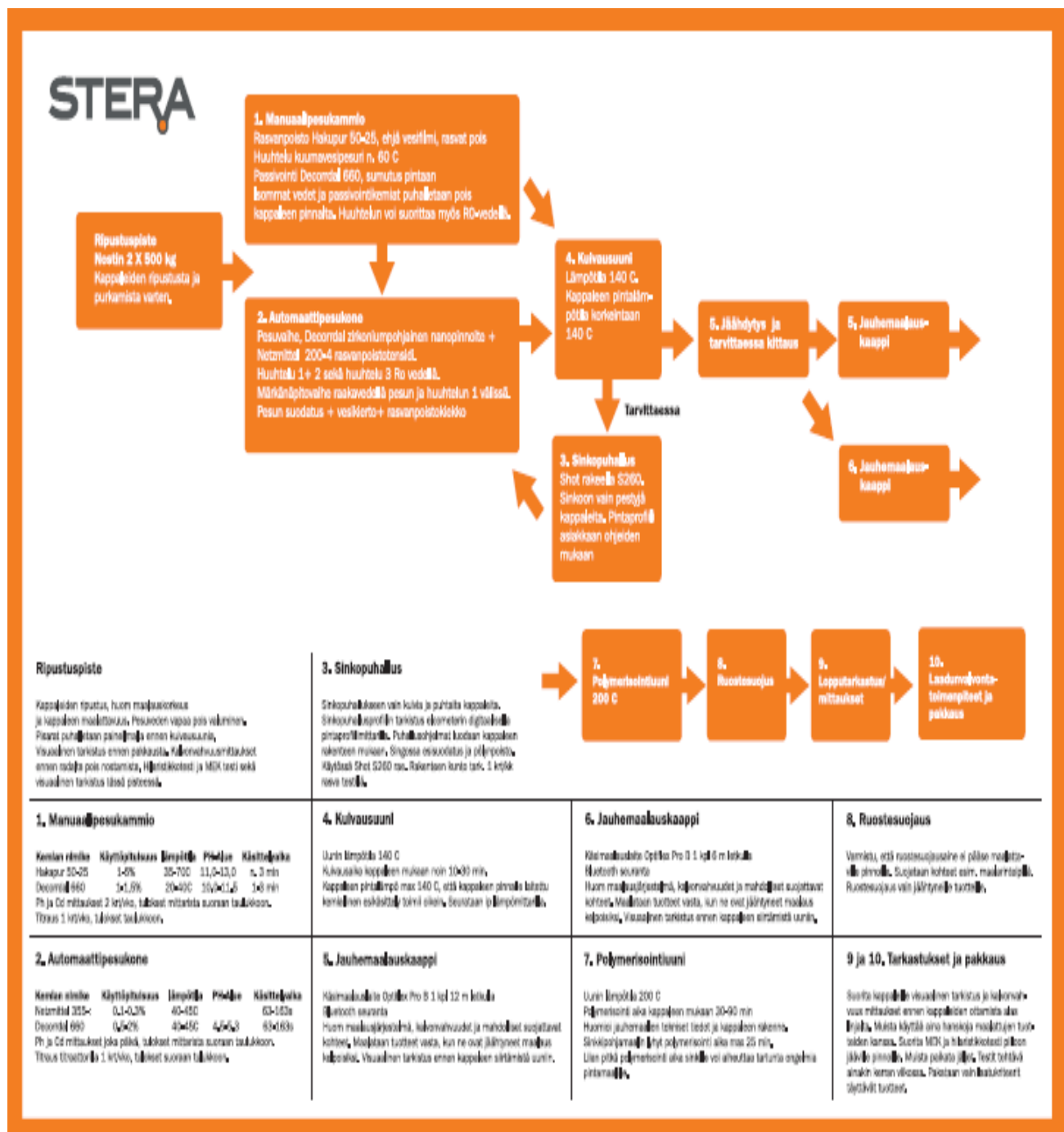
## Liite 5: Manuaalipesukoneen ohjearvojen taulu



Manuaalipesun ohjeita	PH	Johtokyky	Lämpötila	Huomioita
MANUAALIPESU				Nesteet uusiutuvat käytetyn nesteen korvauksella, vesi tulee puhtasvesisäiliöstä. Vaahtoamisen estämiseksi lisätään Netzmittel 355-2 tensidiä 1,0 litraa joka toinen päivä.
PESU - Hakapur 50 - 25	11-13	18-21 mS	35-70 C	Käyttöpitoisuus: 1.0-5.0 %, alkalinen rasvanpoisto
PASSIVOINTI - Decorrda 660	10.0-11.5	190-250µS	20-40 C	Käyttöpitoisuus: 1.0-1.5 %, pinnan passivointiaine

PH ja vedenjohtokyky mitataan vähintään kaksi kertaa viikossa. Titraukset kerran viikossa. Tarkista joka aamu, että puhtasvesisäiliössä on riittävästi vettä, tarkista RO- laitteen tila. Huuhtelu kuumavesipesurilla ja/tai puhtasvesiletkulla.

## Liite 6: Prosessikaavio maalaamo





## Liite 7: Pesukoneen ylläpito ohjeet ja parametrit

Pesukoneen ylläpito			Mikko Nieminen 28.09.2022
Työvaihe	Tarkistusväli	Huomiot	Arvot
<b>Pesunesteen kunto vaihe 1</b>			
-Pitoisuuden määrittäminen autom titraattori tai käsin titraus	1 krt/vko	Automaattititraattorin kalibrointi kerran viikossa, laite ilmoittaa, kun kalibrointi on vanhentunut	Decorrdal 921 Pitoisuus 1 - 1.5%. PH 4.0 - 4.5
-Ph mittaus ja vedenjohtokyky käsimitarilla	1 krt/vko	Kalibrointi anturit kerran kuukaudessa	Netzmittel 200-4 pesutensidi 0.1 - 0.3%
-Ph seuranta annostelupumppujen ohjauksyksiköltä.	joka päivä	Vertaa yksikön näyttämää lukemaa käsimitarin näyttämään lukemaan. Kalibrointi tarvittaessa	Lämpötila 40 - 45C
-Veden lämpötilan tarkistus	Joka päivä	Lämpötila näkyy mittauslaitteissa, vertaa lukemia sähkökaapin ohjausnäytön lukemaan. Tarkista ja kuittaa poltinhäiriöt.	
-Annostelupumppujen ohjauksyksikön PH anturin kunnon tarkistus	1 krt/vko	Vertaa yksikön näyttämää lukemaa käsimitarin näyttämään lukemaan. Kalibrointi tarvittaessa	
-Varmista kemikaalipumppujen toiminta	joka päivä	Suorita testi kääntämällä pumpun tilan nuppi test asentoon. Seuraa onko letkuissa ilmaa välissä. Suorita ilmaus tarvittaessa	
-Pesunesteen kierrätysveden suodatinpussin vaihto	1 krt/3kk	Vaihda suodatinpussi aina pesunesteen vaihdon yhteydessä.	
-Pesunesteen vedentaso	joka päivä	Tason tulisi olla noin 15cm altaan yläreunasta alaspäin. Laitteiston pitäisi pitää taso halutulla tasolla automaattisesti.	
-Suodatinverkon tyhjennys ja pesu	1 krt/kk	Suodatin verkko on kori veden pesukammioista valutuksen alapuolella.	
-Pesunesteiden vaihto ja altaan pesu	1 krt/3kk		
-Tarkista vaiheen paineet.	joka päivä	Painemittarilta, paineet voi tarkistaa vaiheen ollessa päällä. Säädä tarvittaessa. Säätimet annostelu yksiköiden päällä.	
<b>Huuhtelu 1 vaihe 2</b>			
-Veden PH ja vedenjohtokyky mittaus käsimitarilla		Kalibrointi anturit kerran kuukaudessa	PH 5.0-6.0
-Veden tason varmistus			Veden johtokyky <500µS
-Veden kierrätys tarvittaessa		ylijuoksuta huuhtelu 2 vettä puhdasvesisäiliötä. avaa hana harmaasta putkesta huuhtelu 2 altaan yläpuolelta, näin voi pienentää vedenjohtokykyä kummassakin huuhtelualtaassa.	Lämpötila 20 - 40C
-Suodatinverkon tyhjennys ja pesu			
-Veden vaihto ja altaan pesu	1krt/3kk		
-Tarkista vaiheen paineet		Painemittarilta, paineet voi tarkistaa vaiheen ollessa päällä. Säädä tarvittaessa. Säätimet annostelu yksiköiden päällä.	
<b>Huuhtelu 2 vaihe 3</b>			
-Veden PH ja vedenjohtokyky käsimitarilla		Kalibrointi anturit kerran kuukaudessa	Ph 7.0-9.0
-Varmista, että annostelija toimii, päällä vain huuhtelupumpun ollessa päällä.			Vedenjohtokyky <130µS, käytön mukaan alle 300µS
-Tarkista, että annostelijan kannussa on riittävästi Tones A5:ttä			Lämpötila 20 - 40C
-Veden tason varmistus			
-Veden vaihto tarvittaessa, avaa hana puhdasvesisäiliöstä, anna juosta yli huuhtelu 1 altaaseen, kunnes vedenjohtokyky alittaa vaatimukset.			
-Suodatinverkon tyhjennys ja pesu			
-Veden vaihto ja altaan pesu	1krt/3kk		
-Tarkista vaiheen paineet		Painemittarilta, paineet voi tarkistaa vaiheen ollessa päällä. Säädä tarvittaessa. Säätimet annostelu yksiköiden päällä.	
<b>Huuhtelu 3 vaihe 4</b>			
-Veden PH ja vedenjohtokyky käsimitarilla		Kalibrointi anturit kerran kuukaudessa, Mitataan säiliöstä pesukoneen takana.	Vedenjohtokyky <30µS
-Veden taso puhdasvesisäiliössä		Tason näkee läpinäkyvästä letkusta säiliön kyljessä. Letu on pystyasennossa säiliön alhaalta ylös, singon puoleisella kyljellä RO-laitteen vieressä	Lämpötila 20 - 40C
-Puhdasvesijärjestelmän pumpun toiminnan varmistaminen			Ph alue 5.0 - 7.0
-Tarkista vaiheen paineet		tarkistetaan painemittarilta, paineet voi tarkistaa vaiheen ollessa päällä. Säädä tarvittaessa. Säätimet annostelu yksiköiden päällä.	
<b>RO-laitteen toiminta</b>			
-Varmista, että puhdasvesilaitte ei ole häiriöllä. Näyttö punaisella.		Kuittaa mahd. häiriöt ja vahdi, että laite jää päälle. Kuittaus näytön ohjeen mukaan. Viim. huuhtelu ei toimi, mikäli puhdasvesisäiliö on tyhjä.	
-Varmista säiliöstä veden PH ja Veden johtokyky käsimitarilla	1krt/kk	Kalibrointi anturit kerran kuukaudessa	
-Vaihda veden lankasuodatinpatruuna, sininen kansi ja kirkas kuppi.	1krt/2kk		
-Lisää siniseen säiliöön tiskipöydän alla vedenpehmentimen suolaa tarvittaessa. Suolaa niin paljon, että se peittää veden pinnan. Säkki kerralla.	1krt/kk	Säkit hyllyssä singon takana	