

# Konepajamaalauksen laatuvaatimukset ja niihin liittyvät tarkastukset

Konepajamaalaus kuuluu prosesseihin, joissa prosessin laatua on vaikea arvioida pelkästään valmiin maalikalvon perusteella. Tästä syystä on tärkeää, että maalaus ja jokainen sen työvaihe sekä tarkastukset suunnitellaan huolellisesti. On myös erittäin tärkeää että työn aikana ohjataan ja valvotaan kaikkia niitä tekijöitä, joilla on vaikutusta maalauksen lopputulokseen.

Perinteisesti konepajoilla on suuri määrä eri pintakäsittelyvariaatioita joiden avulla konepajoilla valmistetut tuotteet saavat halutun korroosiosuojan, pintaominaisuudet, ulkonäön tai muun halutun ominaisuuden.

Konepajamaalauksen laatuvaatimukset alkavat perinteisesti jo kappaleen valmistuksesta jolloin luodaan alusta johon konepajamaalaukset suoritetaan. Tämän pinnan tulee olla mahdollisimman tasainen ilman teräviä kulmia tai muita epäjatkuvuuskohtia sekä myös pinnoitettavissa kaikilta suunnitelluilta pinnoilta.

Pintojen esikäsittely tulee suorittaa pintakäsittelysuunnitelman ja maalinvalmistajan ohjeiden mukaisesti jotta varmistetaan alustan oikean tyyppisestä esikäsittelystä maalaukselle.

Maalin levitykselle on olemassa useita eri tapoja mutta tehtäessä maalauksia konepajoilla ovat ne yleisesti sivelemällä tai ruiskuttamalla suoritettuja.

Valittujen laatuvaatimusten taso tyypillisesti määräytyy tuotteen käyttökohteen ilmastorasitusluokan ja maalausjärjestelmän vaatimusten mukaan.

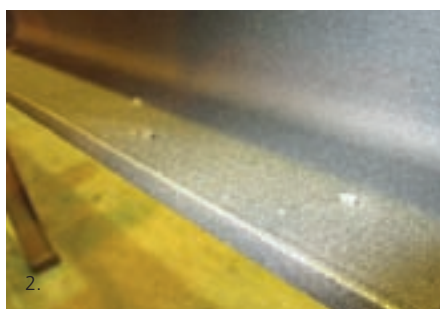
## Terästyöt

Pintakäsittelyn onnistumisen edellytyksenä on oikein tehdyt terästyöt. Puutteellisesti tai virheellisesti tehdyt terästyöt voivat aiheuttaa pintakäsittelytyön edellytykset heikoiksi tai jopa mahdottomiksi.

Terästyön virheet tulee ensisijaisesti tarkastaa jo valmistavassa konepajaympäristössä, koska tyypillisesti pintakäsittelytiloissa korjaaminen voi olla arvokasta jos niihin ei ole erikseen varattuja tiloja (kipinöivät työstöt EX-tiloissa!). Toisaalta virheet eivät ole välttämättä helposti havaittavissa ennen esim. suihkupuhdistusta.

## Esikäsittely

Pinnan esikäsittelyllä ennen maalausta varmistetaan pinnan kunto ja puhtaus maalaukselle sopivaksi. Konepajoilla tyypillisesti käytössä olevat menetelmät ovat rasvanpoisto, mekaaninen- ja kemiallinen esikäsittely.



Kuva 1: Reikä hitsausten yhtymäkohdassa.

Kuva 2: Kuoriutumista teräksen pinnalla.

Kuva 3: Avosuihkupuhdistusta suihkupuhdistuskammiossa.

## Rasvan ja muiden epäpuhtauksien poisto

Pinnan mekaanista esikäsittelyä ja maalauksen onnistumista haittaavat epäpuhtaudet poistetaan ISO 12944-4 mukaisin lian- ja rasvanpoistomenetelmin. Konepajoilla yleisessä käytössä olevat menetelmät ovat liuotin-, emulsio- tai alkalinen rasvanpoistopesu.

## Mekaaninen esikäsittely

Mekaanisessa esikäsittelyssä maalattavalta pinnalta poistetaan kiinteä lika. Tällaisia ovat tyypillisesti valssihilse, ruoste, vanha maali tai muu vastaava. Mekaanisia esikäsittelymenetelmiä ovat teräsharjaukset käsin tai koneellisesti ja suihkupuhdistus. Mekaaniset esikäsittelyt määritetään standardissa SFS-ISO 8501.

## Suihkupuhdistus

Raesuihkupuhdistuksessa raemateriaali suihkutetaan puhdistettavalle pinnalle paineilmaa tai sinkopyörää käyttäen. Puhdistuksen lisäksi raesuihku tuottaa halutunlaisen pinnan profiilin kappaleen pintaan. Suihkupuhdistus on konepajamaalauksessa käytetyin esikäsittelymenetelmä kuumavalssatuille teräksille. Suihkupuhdistus suoritetaan haluttuun suihkupuhdistusasteeseen Sa, standardin SFS-ISO 8501-1 mukaisesti.

## Puhdistus käsi- ja konetyökaluilla

Puhdistus tehdään käsityökaluilla tai koneellisesti harjaamalla tai hiomalla. Puhdistus käsi- tai konetyökaluilla suoritetaan haluttuun puhdistusasteeseen St, standardin SFS-ISO 8501-1 mukaisesti. Puhdistusta käsi- tai konetyöka-

luilla käytetään tyypillisesti pinnoille joita ei muuten saada puhdistettua tai pinnoille joiden maalausjärjestelmä tai ympäristöolosuhteet sen sallivat. Tyypillinen puhdistusaste on St 3.

## Muut puhdistusmenetelmät

Muita pinnan puhdistusmenetelmiä ovat liekipuhdistus (Fl) ja vesisuihkupuhdistus (Wa). Liekipuhdistus on puhdistusmenetelmä jossa pinnalla oleva vanha maali, ruoste tai valssihilsekerros irrotetaan käyttäen happi-asetyleeni- liekkiä. Vesisuihkupuhdistuksessa suihkutetaan vettä suurella paineella (yli 700 bar) puhdistettavalle pinnalle. Vesisuihkupuhdistuksessa ei käytetä rakeita tai muita hiovia aineita edistämään työn tulosta.

## Kemiallinen esikäsittely

Tavallisimmat kemialliset esikäsittelyt puhtaalle teräspinnalle ennen maalausta ovat konversiokäsittelyt kuten fosfatoi, nanopinnoitus (zirkonium, silaani). Nämä kemialliset käsittelyt edistävät maalin tarttuvuutta metallin pintaan ja hidastavat maalikalvon alla tapahtuvaa korroosiota.

Esikäsittelyt suoritetaan yleensä automaattipesukoneissa taikka linja tyypisissä pesutunneleissa ja niiden laadullinen hallinta tapahtuu kylpyjen arvoja säätämällä.

## Konversiokäsittely

Konversiokäsittelyt eli rauta- ja sinkkifosfatoi ja ns. nanopinnoitteet soveltuvat käytettäväksi teräspinnoille. Konversiokäsittelyä käytetään pääasiassa kylmävalssatuille ohutlevytuotteille, varsinkin jauhemaalauksen esikäsittelynä.

Fosfatoinnissa muodostetaan maalattavalle metallipinnalle kiinteästi tarttuva, ohut, hienokiteinen fosfaatti- tai nanopinnoitekerros joka soveltuu erinomaisesti maalausalustaksi.

### Muut

Muita konepajamaalauksessa käytettäviä esikäsitteilymenetelmiä ovat peittäus ja tartunta-pohjamaalaus.

### Maalaus

Maalin levittämistä kappaleen pintaan kutsutaan maalaukseksi. Konepajamaalauksissa maali tyypillisesti levitetään kappaleen pintaan märkämaalauksessa sivelemällä, ruiskuttamalla tai jollain muulla tavalla ja jauhemaalauksessa ruiskuttamalla.

Maalaus onnistuakseen vaatii hyvät ympäröivät olosuhteet. Ympäröivien olosuhteiden tulee tyypillisesti olla ilmankosteus alle RH 80%, ilman lämpötila yli 10 °C ja kappaleen pinnan lämpötilan vähintään 3 °C yli kastepisteen. Mikäli nämä eivät toteudu, maalausta ei tulisi suorittaa.

### Märkämaalaukset

Märkämaalauksessa laadukkaan työn tuloksen saavuttaminen vaatii työn tarkkailua koko työväheen ajan. On tärkeää osata huomioida ympäröivän ilmastoon soveltuvuus maalaukselle ja maaleille, maalien komponenttien mittaamisen valmistajan ilmoittamalla tavalla, maalin ohentamisen ja maalin levittämisen vaikutukset maalauksen lopputulokseen.

### Siveltimellä

Sivellinmaalauksessa maali levitetään siveltimellä kappaleen pintaan. Konepajamaalauksissa tätä työmenetelmää käytetään yleensä vahvistusmaalauksien tekemiseen nurkkiin, kulmiin, hitsisaumoihin ja paikkoihin joihin ruiskumaalauksella ei saada riittävän paksua maalikalvoa.

### Ruiskulla

Ruiskumaalaus on konepajamaalauksen märkämaalauksimenetelmistä käytetyin. Ruiskumaalauksessa maali levitetään pieninä pisaroina kappaleen pintaan jolloin saadaan tasainen hyvä maalausjälki. Konepajoilla käytettäviä ruiskutusmenetelmiä on matalapaineinen sivuilmaruiskutus, suurpaineruiskutus, ilmaavusteinen suurpaineruiskutus ja sähköstaattinen ruiskutus. Ylivoimaisesti käytetyin ruiskutusmenetelmä on suurpaineruiskutus, jossa voi olla yhdistettynä ilma-avustus tai sähköstaattikka.

### Muut levitystavat

Telaamalla: Telamaalauksessa maali levitetään kappaleen pintaa telaamalla. Telamaalauksessa maalausjälki on tyypillisesti huonompi kuin ruiskumaalauksessa mutta parempi kuin sivellinmaalauksessa.

Kastamalla: Kastomaalauksessa kappale upotetaan maaliin. Kyseinen maalin levitystapa soveltuu monimutkaisille kappaleiden pohjamaalaukseen.

Valelemalla: Valelumaalauksessa kappale vaillellaan virtaavalla maalilla kauttaaltaan.

Taulukko 1. Yleisimmät käytössä olevat tarkastus ja testaus menetelmät konepajamaalauksessa.

Tarkastus	Mittaus tapa	Tyypilliset hyväksymiskriteerit
Ympäröivät olosuhteet	Mittaus osuuhdemittarilla. Ilman ja kappaleen lämpötila °C. Suhteellinen kosteus RH-%. SFS-ISO 8502-4	Ilman ja kappaleen lämpötila sekä suhteellisen kosteuden tulee olla vähintään maalinvalmistajan ilmoittamalla tasolla koko maalausprosessin ajan.
Terästyöt	Visuaalinen tarkastus SFS-ISO 8503-1	Laatuvaatimus esim. P2, SFS-ISO 8503-1. Laatuvaatimus esim. O4, SFS 8145
Pinnan puhtaus	Visuaalinen tarkastus SFS-ISO 12944-4	Ei öljyä, rasvoja tai muita epäpuhtauksia
Suihkupuhdistusaste	Visuaalinen tarkastus SFS-ISO 8501-1	Täyttyvätkö laatuvaatimukset esim. Sa 2½
Pinnan karheus	Vertailulevy tai testex replica teippi SFS-ISO 8503	Pintakäsittelysuunnitelman tai maalinvalmistajan vaatimuksen mukaan. Yleisesti keskiarhea 60-100µm.
Suolatesti	Bresle metodi SFS-ISO 8502-6	Pintakäsittelysuunnitelman mukaisesti. Tyypillisiä raja-arvoja: Offshoreteollisuudessa 20mg/m², yleisessä teollisuudessa upotusrasitus 50mg/m², yleisessä teollisuudessa ilmastorasitus 70mg/m².
Maalauksen ulkonäön tarkastus	Visuaalinen tarkastus	Pintakäsittelysuunnitelman mukaisesti. Yleensä ei sallita valumia, appelsiinipintaa, reikiä, kuplia tai liuotinvärjäymiä. Värisävy on määritellyn mukainen esim. RAL 3000. Kiilto on määritellyllä tasolla esim. 80 mitattuna 60° kulmassa.
Huokostestaus	Korkea- tai matalajännitteinen testeri	Käytettävä jännite riippuu testattavan maalikalvon paksuudesta. esim. 500µm kalvonpaksuudelle käytettävä jännite on 1,5 kV
Kalvonpaksuuden mittaus	Elektroninen kalvonpaksuusmittari. Kalvonpaksuuden mittaaminen sileiltä pinnoilta SFS-ISO2808 ja karheilta pinnoilta SFS-ISO 19840	Pintakäsittelysuunnitelman mukaiset maalikalvot. Yleisesti käytössä standardin SFS-ISO 19840 mukainen 80/20 sääntö kalvonpaksuuden määrittämisessä.
Adheesio/koheesio	-Alle 250 µm kalvoille Hilaristikkokoe SFS-ISO 2409 -Yli 250µm kalvoille Irtivetokoe SFS-ISO 4624	Hilaristikkokokeessa tyypillinen maksimitulos on 0 tai 1. Irtivetokokeessa tyypillinen vetokokeen minimitulo on 5 MPa.
Myös muita tarkastukseen ja testaukseen tarkoitettuja standardeja ja ohjeistuksia on olemassa ja käytössä. Tällaisia ovat esimerkiksi kemiallisen esikäsitteily tarkastus ja testausmenetelmät joista on tyypillisesti olemassa kemikaalinvalmistajan ohjeet.		



### Jauhemaalaukset

Jauhemaalaukset suoritetaan tyypillisesti ruiskuttamalla maali kappaleen pintaan sähköstaattisella ruiskulla.

### Märkämaalauksen kuivaus ja jauhemaalauksen polymerointi

Märkämaalit vaativat kuivaakseen hyvät olosuhteet kuten itse maalauksin. Märkämaalauksen kuivumisen aikana olosuhteet tulee olla maalinvalmistajan ilmoittamissa rajoissa ja niitä tulee tarkkailla koko kuivumisprosessin ajan.

Jauhemaalauksen polymerointi eli verkko-



Kuva 4: Pensselillä vahvistusmaalatut kulmat ja reunat.

Kuva 5: Tuotteen jauhemaalauksella robotilla.

Valokuvat: FSP Finnish Steel Painting Oy

minen tapahtuu tyypillisesti sille varatussa uunissa +160 - 220 °C lämpötilassa. Liian alhainen lämpötila tai liian lyhyt uunitusaika voivat pilata polymeroinnin onnistumisen.

## Tarkastukset

Konepajamaalauksien tarkastuksia tehdään tyypillisesti tarkkailemalla esikäsitteilyn tulosta silmämääräisesti ja mittaamalla maalikalvojen kokonaispaksuutta. Myös muita tarkastuksia ja testauksia maalauksien laadun varmistamiseksi olisi hyvä tehdä. Tarkastuksien ja testauksien määrä riippuu tietenkin maalauksprosessista ja sen hallinnasta.

Maalauksen tarkastuksia tehtäessä tulisi tarkastajalta löytyä vähintään seuraavat tarkastusvälineet:

- Olosuhdemittari
- Kalvonpaksuusmittari
- Myös taskulamppu, peili, veitsi, suurennuslasi
- Maaluserittely
- Maalien tuoteselosteet
- Sovellettavat standardit

Oheisessa taulukossa on korroosionesto-maalauksessa tyypillisesti käytössä olevat tarkastusmenettelyt hyväksymiskriteereineen.

Konepajamaalauksen kaikista tarkastuksista testauksista tulisi tehdä pöytäkirja. Pöytäkirjaan tulisi merkitä vähintään seuraavat asiat:

- Käsiteltävä tuote
- Olosuhteet koko prosessin ajan sovituilta kohdilta
- Teräksen ruostumisaste
- Pesumenetelmä
- Suihkupuhdistus aste ja käytetty puhallusmateriaali
- Käytetyt maalit tuoteniminen ja eräkoodeineen. Myös ohentimet ja niiden käyttömäärät tulisi mainita
- Kuivakalvonpaksuudet jokaiselta kalvolta mitattuna. Myös tavoitellut märkäkalvonpaksuudet tulisi mainita
- Muut maalaukseen kohdistuneet tarkastukset ja testaukset
- Mahdolliset korjaukset ja niiden tulokset

Maalipintojen tarkastuksia voidaan toisinaan joutua tekemään myös jonkin ajan kuluttua itse maalaustapahtumasta. Tällaisia tarkastuksia voivat olla takuisiin liittyvät tarkastukset tai tarkastukset suunniteltaessa tuotteen huoltomaalauksista.

Vanhentuneiden maalipintojen tarkasteluun ja arviointiin on olemassa SFS-ISO 4628 standardisarja. Standardisarjassa esitetään yleiset periaatteet joiden mukaan maalipintojen virheiden määrä ja koko voidaan luokitella.

**Jukka Lähde, teknologiajohtaja**  
**FSP Finnish Steel Painting Oy /TRY Pintakäsittelyjaoston puolesta**

# Maailma pyörii, rakenteet joustavat

Ennakointi vaikeutuu nykymaailmassa jatkuvasti. Muutoksen sykli lyhentyä ja on jo vaikea tietää, millaisessa toimintaympäristössä elämme parin vuoden päästä. Kuinka voimme siis arvioida millaisia tilatarpeita yrityksillä tai kaupoilla on kymmenen vuoden päästä? Tai miten nykypäivän teini-ikäiset haluavat vanhuksina asua? Tilanne haastaa toden teolla meidät ehkä hieman jäykähkötkin kiinteistö- ja rakentamisan ammattilaiset, jotka olemme tottuneet tekemään pysyviä "monumentteja".

Samanaikaisesti resurssit vähenevät ja niitä tulee jo kestävyden nimissäkin käyttäen entistä harkitummin. Emme siis voi lähteä kertakäyttöisen rakentamisen tielle, vaan ratkaisut on löydettävä muualta. Onneksi tähän on jo kehitetty tapoja ja vastaus voi löytyä avoimesta rakentamisesta. John Habraken ja Age van Randen kehittivät 1960-luvulla ajatuksen rakennuksen jakamisesta kiinteään runko-osaan ja muuntuvaan tilaosaan. Näin alijärjestelmiä voidaan jaotella ja yhdistää ilman keskinäisiä riippuvaisuuksia.

Joustavuusominaisuudet ovat sitä tärkeämpiä, mitä epävarmempia ollaan tilan käyttäjästä. Ja nykytilanteessahan on erittäin usein niin, ettei tilanne tältäkään osin pysy stabiilina vuosikymmeniä. Muuntojoustavuus on kiinteistöomistajan strateginen valinta. Kun panostaa hieman enemmän suunnitteluun ja investoi esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmän riittävään mitoitukseen erilaisissa käyttötarkoituksissa, laskevat myöhemmät muutostalustukset huomattavasti. Nopean syklin käyttöjoustavuus puolestaan edellyttää esimerkiksi tilan ja talotekniikan säädettävyyttä, mikä helpottaa kevyttä muuntelua.

Avoin rakentaminen muuttaa myös hankkeen aikaista toimintaa, kun alussa lyödään lukkoon vain kiinteä perusosa ja muuntuvaa tilaosaa voidaan suunnitella vielä hankkeen edetessäkin. Kokemukset ovat osoittaneet, että näin syntyy parempaa jälkeä. Ajatukset käyttäjän tarpeista voivat matkan varrella tarkentua, ja joustavasti toimiessa näitä voidaan huomioida lähes tilojen käyttöönottoon asti. Onhan tämä huomattavasti järkevämpää ja usein myös kustannustehokkaampaa kuin paniikkikorjaukset ja lisätyöt tilojen ollessa jo valmiit.

Uskoisin, että kiinteistönomistajat edellyttävät jo aika usein toimisto- ja liiketilahankkeissa sekä julkisissa rakennuksissa muuntojoustavuutta ja avoimia tilaohjelmia. Näissä käyttäjät vaihtuvat joskus tiuhaankin ja elinkaarikustannusten alentaminen muunneltavuuden avulla on tarkoituksenmukaista. Siihen on ehkä vielä hieman enemmän matkaa,



että asunnoissakin päästäisiin vapaampaan ajatteluun kantavien seinien kurimuksesta. Ainakin vielä toistaiseksi asunnot näytetään rakennettavan pysyviksi, vaikka juuri väestörakenteessa ja perhekoissa olemme isossa murroksessa, jos jossakin.

Ajatus kankeiden materiaalien, kuten teräksen, betonin tai laudan muovailtavuudesta voi tuntua vieraalta. Onnistuneita avoimen rakentamisen toteutuksia on kuitenkin jo monissa kohteissa nähtävissä, ja rajutkin muutokset voivat olla toteutettavissa melko sujuvasti, kun lähtötilanteessa on toimittu huolellisesti.

Osaamista on olemassa ja opastusta aiheeseen löytyy esimerkiksi hankkeen johtamisen ja suunnittelun tehtäväluteloista. Nyt meidän pitää löytää teknisen taitomme rinnalle riittävästi tahtoa toimintatapojen uudistamiseen sekä uskoa siihen, että pitkäjänteinen ajattelu tuottaa tässäkin asiassa parhaan tuloksen.

**Jyrki Laurikainen**  
**toimitusjohtaja**  
**RAKLI ry**