

Antti Niemi

MAALAUUS-/HIEKKAPUHALLUSTELINEEN SUUNNITTELU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2013

MAALAUUS-/HIEKKAPUHALLUSTELINEEN SUUNNITTELU

Niemi, Antti
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2013
Ohjaaja: Teinilä, Teuvo
Sivumäärä: 31
Liitteitä: 2

Asiasanat: suunnittelu, kokoonpano, maalaus

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella pyörillä kulkeva maalaus/hiekkapuhallusteline Mellilässä toimivalle Foxjet Oy:lle. Yritys tekee teollisuuteen pääasiassa hiekkapuhallusta ja märkämaalausta. Suunnittelutyö tehtiin suhteellisen nopealla aikataululla, sillä telineelle oli tarvetta mahdollisimman nopeasti.

Työn teoriaosuudessa käsitellään metallituotteiden esikäsittelyyn ja korroosionesto-maalaukseen liittyviä oleellisia asioita. Tiedon keräämiseen käytettiin monia metallin maalaukseen ja pintakäsittelyyn liittyviä kirjoja sekä internet-julkaisuja.

Tärkein osa työtä oli sopivan rakenteen luominen telineelle. Tavoitteena oli tehdä rakenteesta kevyt, mutta kestävä. Työssä käydään läpi eri työvaiheita ja materiaalin koon ja mittojen valintoja. Työn tuloksena syntyi 3D-mallinnusohjelman avulla tehty yksinkertainen maalausteline. Suunnitteluun käytettiin SolidWorks -ohjelmistoa, jolla pystyttiin tekemään myös lujuuslaskelmat.

OTSIKKO

Niemi, Antti

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Program in Mechanical and Production Engineering

May 2013

Supervisor: Teinilä, Teuvo

Number of pages: 31

Appendices: 2

Keywords: design, coating, assembly

Subject of this thesis was to design painting/sandblasting rack on wheels for a company called Foxjet Oy located in Mellilä. The company does mostly sandblasting and wet painting for industry. The planning work was carried out at a relatively rapid pace, as the demand for the stand was quite high.

The theoretical part includes preliminary treatment and essential things of anti-corrosive painting of metal. Information was collected through a number of painting and surface treatment related books, and from Internet publications.

The most important part of the work was creating a suitable structure for the stand. The goal was to make the structure lightweight, yet durable. The thesis examines the different stages of selecting material size and choosing dimensions. As a result, a simple painting rack was made using a 3D modeling program. The design was made using SolidWorks software, which was able to make the strength calculations as well.

TERMILUETTELO

2-komponenttinen maali	Maalityyppi, johon kovettumisreaktion aikaansaamiseksi on lisättävä toinen komponentti. Komponentit reagoivat keskenään aikaansaaden kalvon kovettumisen.
Hiekkapuhallus	Suihkupuhdistuksesta käytetty termi, kun materiaalina on luonnonhiekkä.
Kuumavalssaus	Teräksen muotoilu korkeassa lämpötilassa, jossa se on helposti muokkaantuvaa.
Käyttöaika	Kaksikomponenttimaaleilla se aika, jonka seos sekoituksen jälkeen on käyttökelpoinen.
Liituuntuminen	Jauhemaisen kerroksen muodostuminen maalipintaan säätöolosuhteissa.
Maalauskoukut	Maalauskoukkuja käytetään maalaamossa tuotteiden ripustamiseen, jotta niiden maalaaminen kauttaaltaan onnistuisi helpommin. Tavallisen maalauskoukun langan paksuus on 0,5 mm – 15 mm ja kantavuus 5-500 kg.
Paikkausmaalauk	Vaurioituneen maalipinnan korjaus soveltuvaksi katsottavalla menetelmällä.
Pigmentti	Pigmentit ovat hienojakoisia värijauheita, jotka antavat maaleille värin ja peittokyvyn. Pigmentit suojaavat myös alustaa ja maalikalvoa UV-säteilyltä.
Valssihilse	Kuumavalssauksessa teräksen pintaan syntynyt sinertävä oksidikerros.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY	7
2.1	Foxjet Oy	7
2.2	Tarve telineelle alkaa muodostua	7
2.3	Teknoplast HS 150	8
2.3.1	Teräspinoille vaadittava esikäsittely	8
2.3.2	Maalaus ja maalausolosuhteet	9
3	ESIPUHDISTUS JA MAALAUUS	9
3.1	Yleistä maalauksesta	9
3.2	Suihkupuhdistus	10
3.3	Ruiskumaalaus	12
3.3.1	Sivuilmaruiskutus	12
3.3.2	Suurpaineruiskutus	13
3.3.3	Ilma-avusteinen suurpaineruiskutus	14
3.3.4	Sähköstaattinen ruiskumaalaus	14
3.3.5	Kaksikomponenttiruisku	15
3.4	Maalausolosuhteet	15
3.5	Maalityypit ja liuotteet	16
3.6	Maalikalvon paksuuden mittaaminen	17
3.7	Maalausjärjestelmät ja laadunhallinta	19
4	KONSTRUKTIO	21
4.1	Rungon mallintaminen ja lujuuslaskenta	22
4.2	Kannatinputket, maalauskoukut ja I-kisko	23
4.3	Siirtovaunun mallinnus ja lujuuslaskenta	24
4.4	Nostokorvien mallinnus ja lujuuslaskenta	25
4.5	Haarukkanostimen mallintaminen	27
4.6	Valmis maalausteline ja sen liikuttaminen	28
5	LOPPUTULOKSET JA POHDINTA	28
	LÄHTEET	30
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella Foxjet Oy:lle pyörillä kulkeva ja liikuteltava maalaus-/hiekkapuhallusteline. Firmassa on maalattu meren pohjaan tulevia putkia jo pari kuukautta, mutta niiden määrä ja paino alkoi muodostua ongelmaksi, sillä putkia tarvitsisi saada maalattua nopeammin kuin tuntuu tällä hetkellä olevan mahdollista. Työntekijät ovat alkaneet kehittää ideaa, jossa heillä olisi tarpeeksi iso teline, johon putkia voisi ripustaa roikkumaan, hiekkapuhaltaa, siirtää teline maalaamoon ja maalata telineessä roikkuvat tuotteet. Näin tuotteita ei tarvitsisi jatkuvasti nostella ja siirrellä erikseen, johon menee paljon aikaa ja voimia. Putkien käsittelyyn vaaditaan tällä hetkellä samanaikaisesti kolme henkilöä ja yksi työni tavoitteista on laskea lukua ainakin yhdellä henkilöllä.

Rungon mallintamiseen ja piirustusten tekemiseen käytetään opiskeluissa tutuksi tullutta SolidWorks 3D-mallinnusohjelmaa. Sopivan rakenteen koon ja materiaalin valinnoissa saadaan apua Foxjetin työntekijöiltä ja telineen valmistavalta Tmi Jukka Niemeltä, joka on tehnyt metallin alihankintatöitä jo yli 20 vuoden ajan.

Teoriaosuudessa selvitetään mitä kaikkea metallin maalauksessa pitää ottaa huomioon ja mitä menetelmiä missäkin teollisuudessa nykypäivänä käytetään. Tärkeänä osana teoriaosuutta on myös saavutettavan maalikalvon paksuus ja sen tarkastelu eri menetelmin. Lähteinä teoriaosuudessa käytetään netistä löytyviä julkaisuja sekä metallituotteiden maalauksesta kirjoitettuja kirjoja.

2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY

2.1 Foxjet Oy

Foxjet Oy on vuonna 1997 perustettu yritys, joka on erikoistunut raskaan kuljetuskaluston, teollisuuden sekä maatalouskoneiden ja komponenttien pintakäsittelyyn. Yrityksen toimitilat sijaitsevat Mellilässä, 9-tien varrella, noin 50 km Turusta kohti Tamperetta. Henkilöstön määrä yrityksessä on 4-8 henkeä. Foxjet Oy:n asiakkaita ovat mm. Maviteknik Oy, MV-Tuotteet Oy, Hydoring Oy, Kosken Autokeskus Oy ja KA-Rengas sekä useat lähiseudun pienyritykset. Yrityksen maalit toimittaa Nor-maali Oy, ATV Turku ja Pro-Väri Oy. Puhallushiekan toimittaa Kauniston Sora Oy.\1\

Yrityksellä on suihkupuhdistuksessa käytössä ainoastaan luonnonhiekkä. Pääsääntöisesti kaikki firmaan tulevat tuotteet hiekkapuhalletaan. Hiekkapuhalluksella voidaan saada tuotteeseen myös lopullinen pinta, mutta usein se on ainoastaan ensimmäinen pinnan esikäsittelyn vaihe. Yrityksessä käytettäviä maaleja ovat yksikerros epoksimaali, epoksipohja ja -pintamaali, polyuretaani pintamaali ja yksikerros polyuretaanimaali. Maalikalvon paksuus firmassa mitataan märkänä märkäkammalla tai kiekolla sekä kuivuneen maalin kalvonpaksuus kuivakalvomittarilla. Kaikki maalaaminen yrityksessä tehdään ruiskumaalauksena.

Tyypillinen tuotteen prosessi yrityksessä on seuraavanlainen

1. Hiekkapuhallus
2. Puhdistus ylimääräisestä hiekasta
3. Pohjamaalaus
4. Pintamaalaus

2.2 Tarve telineelle alkaa muodostua.

Talvella yritys sai ison tilauksen humppilalaiselta Maviteknik Oy:ltä, joka on keskittynyt pääosin metallitekniisiin alihankintatöihin. Maviteknik taas oli saa-

nut ison putkitilauksensa Wärtsilä Oyj:ltä. Maviteknik Oy teki tilauksessa putkien hitsaus- ja kokoonpanotyöt, kun taas Foxjet Oy:n harteille jäi putkien pintakäsittelyt.

Ensimmäiseksi putket hiekkapuhalletaan, joten ne on nostettava hiekkapuhaltamossa koukkuihin, jotta putket saadaan puhallettua kauttaaltaan. Putkien nostamiseen tarvitaan vähintään kaksi henkilöä, mutta joustavampaan toimintaan tarvitaan mielellään myös kolmas henkilö asettamaan putkien päät maalauskoukkuihin, kahden ihmisen kannatellessa putkia. Hiekkapuhalluksen jälkeen putket otetaan alas koukuista ja siirretään lavalle, jossa ne trukin avulla ajetaan maalaamoon. Maalaamossa lava puretaan putkista ja putket nostetaan yksitellen maalauskoukkuihin. Kevyin hiekkapuhallettava/maalattava putken osa painaa noin 20 kg ja painavin noin 200 kg, joten niiden nostelu käsin noin metrin korkeuteen on erittäin raskasta. Trukin avulla on mahdollista nostaa suurimpia putkia trukin piikkien avulla ylös asti, mutta se on hyvin hidasta, eikä välttämättä kovin turvallista. Kun putket on saatu nostettua koukkuihin, voidaan aloittaa niiden maalaus. Putket maalataan Teknoksen Teknoplast HS 150 maalilla, joka on yksikerros epoksimaali. Märkiä putkia ei voi heti maalaamisen jälkeen ottaa alas, vaan niiden on annettava kuivua. Putkien kuivuttua ne otetaan jälleen alas ja pakataan lähetettäväksi takaisin Maviteknik Oy:lle.

2.3 Teknoplast HS 150

Teknoplast HS 150 on kaksikomponenttinen epoksimaali metalli- ja sinkkipintojen pohja- ja pintamaalaukseen. Se soveltuu sekä ulko- että sisäkäyttöön ja sitä voidaan käyttää sekä maan- että vedenalaisissa teräsrakenteissa.

2.3.1 Teräspinnoille vaadittava esikäsittely

Maalausta haittaavat epäpuhtaudet kuten rasva ja suola on poistettava ja maalattavan pinnan tulee olla kuiva ja puhdas. Maalattavilta pinnoilta poistetaan epäpuhtaudet, sekä vesiliukoiset suolat lian- ja rasvanpoistomenetelmin

esikäsitteilyä ja maalausta vaikeuttamasta. Kappaleet hiekkapuhalletaan ruosteenpoistoasteeseen Sa 2½. Esikäsitteilyn ajankohta ja paikka on valittava niin, ettei käsitelty pinta likaannu tai kostu ennen jatkokäsitteilyä. \8\

2.3.2 Maalaus ja maalausolosuhteet

Maalien komponentit on sekoitettava huolellisesti maalin mukana tulleiden sekoitussuhdeohjeiden mukaisesti. Määrää arvioitaessa huomioon on otettava seoksen käyttöaika. Maalaustyön ja maalin kuivumisen aikana tulee ilman, pinnan ja maalin lämpötilojen olla yli +10 celsius asteen ja suhteellisen ilmankosteuden alle 80 %. Levitys suositellaan tehtäväksi ilmattomalla ruiskulla, jotta kertakäsitteilyllä saavutetaan tarvittava kalvonpaksuus.

3 ESIPUHDISTUS JA MAALAUUS

3.1 Yleistä maalauksesta

Metallin syöpyminen eli korrosio johtuu metallin reagoimisesta ympäristön kanssa, aiheuttaen muutoksia metallin ominaisuuksiin. Varsinkin raudan käyttäminen ulko-olosuhteissa olisi melko hankalaa, ellei erilaisia suojausmekanismeja olisi keksitty. Maali on nestemäinen tai jauhemainen tuote, joka voidaan erilaisin maalausmenetelmin levittää maalattavalle pinnalle ohueksi kerrokseksi. Tämä ohut kerros kovettuu maalattavalle pinnalle kiinteäksi maalikalvoksi. Metallin maalausta kutsutaankin yleisesti nimellä korrosionestomaalaus. Maalauksella voidaan parantaa tuotteen eri ominaisuuksia kuten pinnan kestävyyttä, ulkonäköä sekä pienentämään pinnan huolto- ja puhdistuskustannuksia. Hyvän maalaustuloksen saavuttamiseen on monia toisistaan poikkeavia menetelmiä. Perinteisillä menetelmillä, kuten siveltimellä ja telalla, ei kuitenkaan päästä yhtä hyvään tarkkuuteen ja nopeuteen kuin esim. ruisku- ja jauhemaalauksella. Metallin teollisessa maalauk-

sessä niitä ei normaalisti näistä syistä käytetä kuin poikkeustapauksissa, kuten paikkamaalauksissa. \2,3,5\

Maalauksessa osa maalista menee aina hukkaan, vaikka kappale olisi muoltaan kuinka helppo maalata. Siirto-hyötysuhteella tarkoitetaan sitä prosentuaalista maalimäärää, joka siirtyy maalattavalle kappaleelle. Maalipisaran nopeudella on suora yhteys siirtohyötysuhteeseen, sillä mitä suuremmalla nopeudella hiukkanen iskeytyy maalattavaan pintaan, sitä helpommin se kimpoaa pois.\2,4\

Ennen maalausta metallipinnat täytyy kuitenkin usein esikäsitellä, jotta pinta voidaan ongelmitta pinnoittaa maalilla. Metallipinnoilla esiintyy useita erilaisia epäpuhtauksia, joista osa on helposti poistettavissa ja osan poistaminen kokonaan on hyvin vaikeaa. Hyvin ja onnistuneesti valittu tuotteen esikäsitely on maalauksessa tärkeää, sillä 50–70 % maalausvaurioista johtuu huonosta esikäsitelystä. \2,6\

Jotta maalaaminen olisi turvallista, pitää maalaajalla olla aina kunnon suojavaustus. Varusteina maalarilla on oltava haalarit, huppu jos sellainen ei haalareihin kuulu, hanskat, turvakengät sekä hengityssuojain tai koko naaman peittävä maski. Suihkupuhdistuksessa työntekijällä pitää olla edellisten lisäksi myös raitisilmalla varustettu suojakypärä.\6\

3.2 Suihkupuhdistus

Teräs- ja valurautakappaleiden ruosteenpoistoon käytetään yleisesti suihkupuhdistusmenetelmää, sillä se on tehokkain mekaaninen menetelmä valssihilseen ja ruosteen poistamiseen. Suihkupuhdistuksessa, jota merkitään lyhenteellä ”Sa”, saatetaan paineilman avulla puhdistusrakeet nopeaan liikkeeseen ja suunnataan kohti puhdistettavaa pintaa. Puhdistusrakeen osuessa kovalla nopeudella pintaan, irtoaa siitä pinnalla olevia epäpuhtauksia. Suihkupuhdistuksessa käytetään avopuhallus-, vesisuihku-, tyhjiöpuhallus- tai sinkopuhalluslaitteita. Yleisimpiä suihkupuhdistusmateriaaleja ovat luonnon-

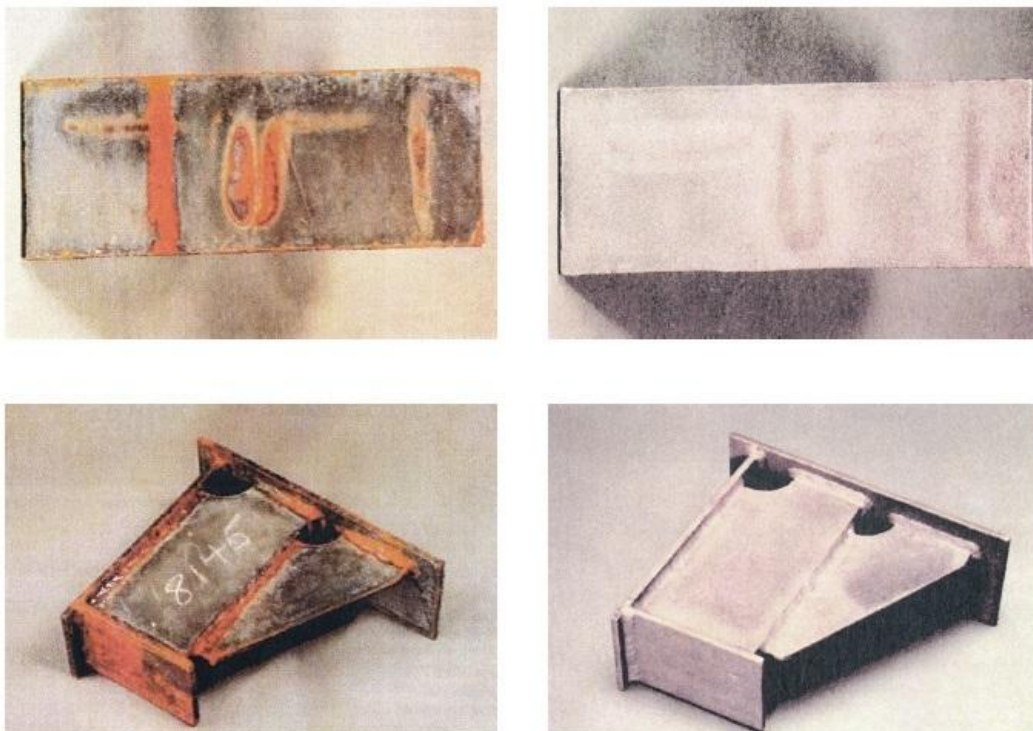
hiekkia ja teräsrakeita joko pyöreänä, särmikkäänä tai adusoituna. Marginaalisempia suihkupuhdistusmateriaaleja ovat teräslankakatko, metallikuona, lasikuula ja alumiinioksidi. \2,4\

Suihkupuhdistuksen esikäsitteilyasteet löytyvät SFS Standardista SFS-ISO 8501-1. Yleisimmin käytetty suihkupuhdistusaste on Sa 2½, jolla saavutetaan usein riittävä esikäsitteily maalauksen onnistumiseksi. Vaativiin kohtiin voidaan käyttää puhdistusastetta Sa 3, mutta usein sitä vältetään sen korkeiden kustannusten vuoksi. \7\

Taulukko 1. Suihkupuhdistuksen esikäsitteilyasteet (SFS-ISO 8501-1)

Sa 1	Kevyt suihkupuhdistus	Paljain silmin tarkasteltaessa ei pinnalla saa olla näkyvää öljyä, rasvaa, likaa eikä heikosti kiinni tarttunutta valssihilsettä, ruostetta, maali-pinnoitteita tai vieraita aineita.
Sa 2	Huolellinen suihkupuhdistus	Paljain silmin tarkasteltaessa ei pinnalla saa olla näkyvää öljyä, rasvaa tai likaa ja siinä saa olla vain vähän valssihilsettä, ruostetta, maalia tai vieraita aineita. Jäljellä olevien epäpuhtauksien tulee olla tiukasti kiinni tarttuneita.
Sa 2½	Hyvin huolellinen suihkupuhdistus	Paljain silmin tarkasteltaessa pinnalla ei saa olla näkyvää öljyä, rasvaa tai likaa eikä valssihilsettä, ruostetta, maalia tai vieraita aineita. Jäljellä olevien epäpuhtauksien jäämät saavat näkyä ainoastaan lievinä pistemäisinä tai raitamaisina tahroina.
Sa 3	Suihkupuhdistus metallinpuhtaaksi	Paljain silmin tarkasteltaessa pinnalla ei saa olla näkyvää öljyä, rasvaa tai likaa eikä valssihilsettä, ruostetta, maalia tai muita vieraita aineita. Pinnalla tulee olla yhtenäinen metallinen väri.

Kuvassa 1 tehdään vertailua esikäsittelemättömien ja suihkupuhdistettujen kappaleiden välillä. Oikealla olevat kappaleet on puhdistettu suihkupuhdistusasteeseen 2½.



Kuva 1. Esikäsittelemättömien ja suihkupuhdistettujen kappaleiden vertailua.

3.3 Ruiskumaalaus

Ruiskumaalaus on maalaustekniikka, jossa maali siirretään joko paineilman avulla maalattavalle pinnalle, tai syöttämällä maali suurella paineella pienen suuttimen läpi, jolloin paine-eron ja ilmanvastuksen vaikutuksesta maali sumuuntuu. Ruiskumaalauksen etuja ovat nopeus, hyvä pinnanlaatu ja tasalaatuinen maalikalvo. Ruiskumaalauksella käytetään mm. autoteollisuudessa, puusepänteollisuudessa, raskasteollisuudessa, keramiikkateollisuudessa ja rakennusmaalauksessa. \2,4\

3.3.1 Sivuilmaruiskutus

Sivuilmaruiskutusmenetelmälle on käytössä useita eri termejä kuten hajoitusilma- ja matalapaineruiskutus. Kaikissa näissä on käytössä sama mene-

telmä, jossa maali hajotetaan hienoksi sumuksi eri puolilta maaliin suunnatuilla ilmasuihkuilla. Sivuilmaruisku on pitänyt pintansa autoteollisuudessa edelleen yhtenä yleisimmistä maalausmenetelmistä, sillä ulkonäöllisesti maalipinnan laadusta saadaan paras tällä menetelmällä. Sivuilmaruisku ei vaadi suuria investointeja, joten sen avulla pienetkin firmat voivat selviytyä laadukkaasti teollisesta maalauksesta. Sivuilmaruiskutuksen heikkoutena on heikko siirtohyötysuhde, riippuvuus paineilmasta ja maalin ohentamisen tarve. Kuvas-
 ssa 2 on kaksi erilaista sivuilmaruiskua. Vasemmalla on yläkannulla varustettu sivuilmaruisku ja oikealla alakannulla varustettu sivuilmaruisku. \2,4\



Kuva 2. Sivuilmaruiskuja

3.3.2 Suurpaineruiskutus

Yleisesti korkeapainemaalaukseksi tai ilmattomaksi ruiskutukseksi nimitetyssä tekniikassa maalin hajottamiseen sumuksi ei käytetä lainkaan paineilmaa maalin hajottamiseen. Menetelmässä maali pumpataan kovalla paineella letkua pitkin maalipistooliin, jossa maali pakotetaan pieniaukkaisen kovametallisuuttimen läpi. Maalin tullessa ulos suuttimesta maalin ja ympäröivän ilman paine-ero saa aikaan maalin sumuuntumisen. Paine saadaan aikaan mäntä- tai kalvopumpulla, jonka käyttövoimana voi olla esim. paineilma tai sähkö. Nykyään suurpaineruiskutusmenetelmä on eniten käytetty maalien levitysmenetelmä konepajoissa, rakennusmaalauksissa, telakoilla sekä yleisesti ottaen koko korroosionestomaalauksessa. Suurpaineruiskutuksen etuja ovat menetelmän nopeus, vähäinen maalin ohennustarve ja kerralla saatavan maalikalvon paksuus, joka voi olla yli 500 ym. Haittoina taas voidaan mainita laitteiston hankintahinta, joka on melko korkea sekä pienien kappaleiden

ruiskutus menetelmällä ei ole kovin suotuisaa. Kuvassa 3 on tyypillinen suurpaineruiskutuslaitteisto. \2,4\



Kuva 3. Suurpaineruiskutuslaitteisto.

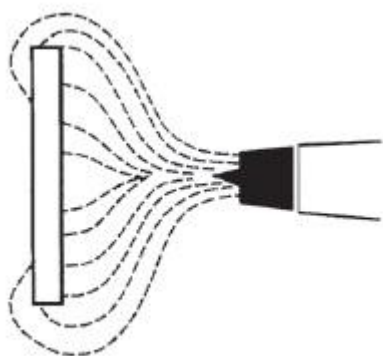
3.3.3 Ilma-avusteinen suurpaineruiskutus

Ilma-avusteisessa suurpaineruiskutuksessa on yhdistetty suurpaine- ja sivuilmaruiskutuksen tekniikka, jolloin saavutetaan molempien menetelmien etuja. Laitteisto muistuttaa suurpaineruiskua, mutta siihen on lisätty ilmasuutin pistooliin. Menetelmällä saavutetaan parempi pinnanlaatu kuin suurpaineruiskulla ja sillä voidaan käyttää paksumpia maaleja kuin sivuilmalaitteella. Menetelmän tyypillisiä käyttökohteita ovat metallituotemaalaukset ja huonekaluteollisuus. \2,4\

3.3.4 Sähköstaattinen ruiskumaalaus

Sähköstaattisessa ruiskumaalauksessa luodaan korkea tasavirtajännite maalattavan pinnan ja maaliruiskun välille muuntajan avulla. Maali tai jauhe hajo-

tetaan pistoolissa esim. hajotusilmalla tai suurpaineella. Menetelmää käytettäessä maalin ohiruiskutus pienenee ja kappaletta ei tarvitse maalata niin monesta suunnasta kuin tavallisilla ruiskutusmenetelmillä. Sähköstaattisen ruiskutuksen haittoja ovat laitteiston suhteellisen kallis hinta sekä huolellisuuden tarve puhdistuksen ja käytön suhteen. Esimerkiksi kipinöinnin estämiseksi kaikki ympäristössä olevat laitteet ja tavarat on maadoitettava. Kuvassa 4 näkee sähköstaattisen ruiskutuksen periaatteen, jossa maali hakeutuu maalattavan kappaleen pintaan. \2,5\



Kuva 4. Sähköstaattinen ruiskutus.

3.3.5 Kaksikomponenttiruisku

Tiettyjen 2-komponenttimaalien kovettumisreaktio on niin nopea, että niitä varten on suunniteltu erityisiä kaksikomponenttiruiskuja. Kovete ja muoviosa pumpataan erillisistä säiliöistä ja komponentit sekoitetaan automaattisesti keskenään sekoitusputkessa, mahdollisimman lähellä maalauspistoolia. Ruiskutukseen käytetään tavallista käsipistoolia. \2,5\

3.4 Maalausolosuhteet

Maalattavien pintojen esikäsitteily ja maalaustyö tulee tehdä maalintoimittajan ohjeiden mukaisesti. Vaikuttavia tekijöitä maalausolosuhteissa ovat ilman kosteus, ilmanvaihto ja ilman sekä maalattavan kappaleen lämpötilat. Maalattavan kappaleen koko vaikuttaa luonnollisesti maalaustilan valintaan: Suuria

kappaleita maalataan isoissa halleissa ja pienempiä tuotesarjoja esim. maalaukslinjojen kaapeissa. Kaikille maalaustiloille yhteisiä vaatimuksia ovat mm. riittävä ilmanvaihto sekä lämpötilan pysyminen tarpeeksi korkeana suuresta ilmanvaihdosta huolimatta maalauksen ja maalin kovettumisen aikana. Maalin kuivumisen nyrkkisääntönä on, että mitä korkeampi lämpötila, sitä nopeampaa on myös kuivuminen.\4,5\

3.5 Maalityypit ja liuotteet

Monet maalien ominaisuuksista kuten kuivuminen, kestävyys ja maalin ottaminen kiinni maalattavaan kohteeseen määräytyy pitkälti sideaineen perusteella. Tämän vuoksi maalityyppejä usein nimetäänkin sideaineen mukaan. Sideaineen kuivumistavan perusteella maalit jaetaan palautettaviin, eli fyysisesti kuivuviin maaleihin ja palautumattomiin maaleihin. Palautumattomat maalit jaetaan edelleen ilmakehään, vesiohenteisiin dispersiomaaleihin ja kemiallisesti kuivuviin maaleihin. Maaleja nimitetään sideaineen mukaan, esim. akryyli-, alkydi-, epoksi- tai polyuretaanimaaleiksi. \4,5\

Liuotteiden tehtävä on liuottaa sideaine ja tehdä maalista helpommin levitettävä. Liuotteet haihtuvat maalikalvosta maalauksen jälkeen, mutta niillä on silti tärkeä rooli maalikalvon muodostumiseen ja ominaisuuksiin. Liuotteet ovat tulenarkoja nesteitä ja useimmat niistä kehittävät haihtuessaan terveydelle haitallisia höyryjä. \4,5\

Taulukko 2. Maalityypit ja lyhenteet.

Akryylimaalit AY	Yleensä yksikomponenttisiä maaleja, fyysisesti nopeasti kuivuvia. Hyvä säänkestävyys.
Alkydimaalit AK	Yksikomponenttisiä perinteisiä ja helppokäyttöisiä maaleja, jotka verkkoutuvat ilman hapen vaikutuksesta.
Epoksimaalit EP	Kaksikomponenttisiä reaktiomaaleja, joiden etuja ovat hyvä tarttuvuus alustaan, hyvä kemikaalikestävyys sekä mekaaninen kestävyys. Liituuntumisen

	vuoksi epoksimaalit kannattaa pintamaalata polyuretaanimaaleilla.
Polyuretaanimaalit PUR	Kaksikomponenttisiä reaktiomaaleja, jotka kestävät hyvin sää- ja kulutusrasitusta. Liituamaton kiiltävyytensä ja sävyensä säilyttävä pinta.
Sinkkisilikaattimaalit ESIZn®	Kaksikomponenttisiä reaktiomaaleja, jotka suojaavat terästä katodisesti. Kestää hyvin mekaanista kulu- tusta, liuottimia, säärasitusta ja korkeaa kuivaa läm- pötilaa
Silikonimaalit SI	Yksikomponenttisiä, lämmönkestäviä maaleja.
Sinkkiepoksimaalit EPZn®	Kaksikomponenttisiä, sinkkipölyä sisältäviä epoksi- maaleja. Sinkkipöly suojaa terästä katodisesti. Käy- tetään voimakkaan ilmastorasituksen alaisten teräs- pintojen pohjamaalina eri maaliyhdistelminä.

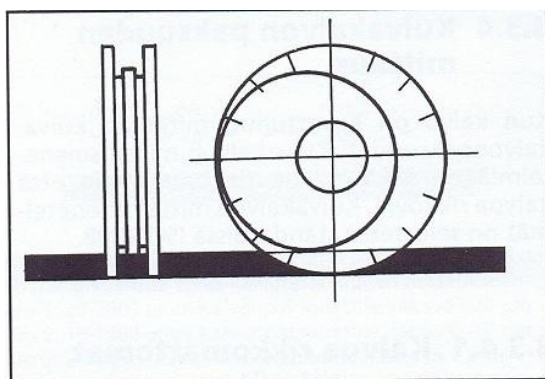
3.6 Maalikalvon paksuuden mittaaminen

Maalikalvon haluttuun kalvonpaksuuteen vaikuttavat käytetty maali, maali- pinnan haluttu kestoikä sekä ympäristön rasisitusluokka. Maalausstandardeis- sa ja -ohjeissa kalvonpaksuudet esitetään nimelliskalvonpaksuuksina. Maala- tun maalikalvon paksuuden voi mitata joko maalin vielä ollessa märkää tai maalin jo kuivuttua. \4,7\

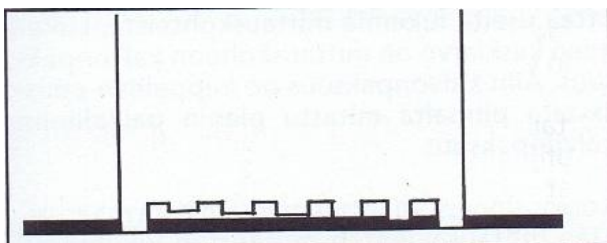
Märkänä maalikalvon paksuus voidaan mitata joko mittauskammalla tai mär- käkalvon mittaukseen tehdyllä kiekolla jo maalauksen aikana, välittömästi maalin levityksen jälkeen ennen maalin liuotteiden haihtumista kalvosta. Mit- tauskammassa on erimittaisia piikkejä, joista reunimmaisat ovat pidempiä kuin keskellä olevat. Painettaessa kampa märkään maaliin, niin että reunim- maiset hampaat ottavat kiinni pohjamateriaaliin. Kammasta kastuvat keskeltä ne piikit joihin maalipinta yltää. Lukema otetaan viimeisestä hampaasta, jo- hon maali on tarttunut kiinni (Kuva 6).

Mittauskiekon ulkoreunan kehät ovat keskenään samalla korkeudella. Keskellä olevan kehän korkeus muuttuu reunimmaisiin nähden. Kiekkoa pyöritetään maalikalvon pinnalla, maali tarttuu kiekon keskikehään niin kauan kun maalikalvo siihen yltää. Mittaus tehdään pyörittämällä kiekko maalikalvon yli. Aloittaessa kiekon nollakohta tulee olla maalipintaa vasten. Maalipaksuuden arvo saadaan kohdasta, jossa maali keskikehässä päättyy (Kuva 5).

Märkäkalvomittausmenetelmällä ei saada kovin tarkkoja tuloksia, mutta yleisesti kiekkoa voidaan pitää kampa tarkempuna märkäkalvon mittarina. \7\



Kuva 5. Märkäkalvon mittaus kiekolla.



Kuva 6. Märkäkalvon mittaus kammalla.

Kuivuneen maalikalvon eli kuivakalvon mittauksessa käytetään pyörrevirtamenetelmää, joka tunnistaa metallipinnan etäisyyden maalin alta. Tällä periaatteella toimivia mittareita on monia erilaisia. Mittarit sisältävät usein muistia, johon mitatut tulokset voidaan tallentaa ja myöhemmin tulostaa. PC-ohjelmilla on mahdollista myös tuottaa erilaisia raportteja mittaustuloksista. Ennen kuivan maalikalvon mittaamista mittari tulee kuitenkin kalibroida alustan materiaalin mukaan. Mittaaminen tapahtuu työntämällä mittarin mittapää kohtisuoraan mitattavaa pintaa vasten. \5,7\

Edellä mainittu pyörrevirtamenetelmä kuivakalvon mittaukseen onnistuu rikkomatta maalikalvoa. On kuitenkin myös menetelmiä, joilla haluttaessa kalvo voidaan rikkoa. Tällaisia menetelmiä ovat mm. kuivakalvon mittaus mikrometrillä, mittakellolla ja kiilauran leikkaavalla laitteella. Kuvassa 7 on tavallinen kuivakalvonpaksuusmittari. \5\



Kuva 7. Kuivakalvonpaksuusmittari.

3.7 Maalausjärjestelmät ja laadunhallinta

Maalausjärjestelmä muodostuu maalattavan pinnan esikäsitteystä ja käytettyjen maalien muodostamasta maalikalvosta. Siihen saattaa kuulua vain yksi maali, jota levitetään kerran tai useasti halutun paksuisen maalikalvon saamiseksi. Useimmiten maalausjärjestelmään kuuluu kuitenkin useampia maaleja, joita nimetään käyttöjärjestyksen mukaan pohja-, väli-, ja pintamaaleiksi. Eri maalit saattavat suojata eri tavoin, esimerkiksi pintamaalilla voi olla suuri sähkönvastus ja pohjamaalissa korroosionestopigmentointi. Kuvassa 8 on eräs esimerkki maalausjärjestelmän merkinnästä. \4,5\

Esimerkki standardin SFS-EN ISO 12944 mukaisesta metallipintojen käsittely-yhdistelmien merkinnästä

TP20 SFS-EN ISO 12944-5/A2.07 (EPPUR 160/2 – FeSa2½)	
TP20	Tikkurilan tunnus, joka viittaa Tikkurilan käsittely-yhdistelmälehteen
SFS-EN ISO 12944-5	Standardin tunnus
A2.07	Suojamaali-yhdistelmän tunnus
EPPUR	Maalityypin tunnus (EP = epoksi, PUR = polyuretaani)
160/2	Nimelliskalvonpaksuus (µm) / maalauskerrosten lukumäärä
Fe	Alustatyyppi (Fe = teräspinnat)
Sa2½	Alustan esikäsittely (Sa2½ = hyvin huolellinen suihkupuhdistus)

Kuva 8. Esimerkki Tikkurila Oy:n maalausjärjestelmämerkinnästä

Korroosionestomaalauksen prosessi johtuu hyvin monista eri tekijöistä, joten on tärkeää, että maalaus suunnitellaan huolellisesti ja työn aikana ohjataan ja valvotaan kaikkia niitä tekijöitä, joilla on vaikutusta maalauksen lopputulokseen. Maalauksen tilaajat vaativat usein kirjallista tai muuta todistusaineistoa maalauksen laadusta ja laatuun vaikuttavista toiminnoista. Kuvassa 9 on maalauksen haluttuun laatuun vaikuttavat tekijät listattu prosessin etenemisjärjestyksessä.

Maalauksen onnistumiseen vaikuttavat tekijät



Kuva 9. Maalauksen onnistumiseen vaikuttavat tekijät.

4 KONSTRUKTIO

Telineen suunnittelu lähti vaatimuslistan tekemisestä (Taulukko 3). Vaatimuslistaan kerättiin yleisiä vaatimuksia ja teknisiä rajoituksia, joiden avulla saatiin kuva rungon käyttötarkoituksesta ja käytön rajoista. Lujuuslaskuja ei sisällytetty työn raporttiosuuteen, vaan ne löytyvät liitteenä työn lopusta. Kaikki maalaustelineessä käytetyt teräkset vastaavat lujuudeltaan vähintään rakeneterästä S355. S355 materiaalin myötölujuus on 355 N/mm^2 , joka tarkoittaa samaa kuin MPa, jota myöhemmin käytetään kuvaamaan rasituksia. Myötölujuus kertoo, paljonko jännitystä materiaali kestää, ennen kuin siihen syntyy pysyviä muodonmuutoksia.

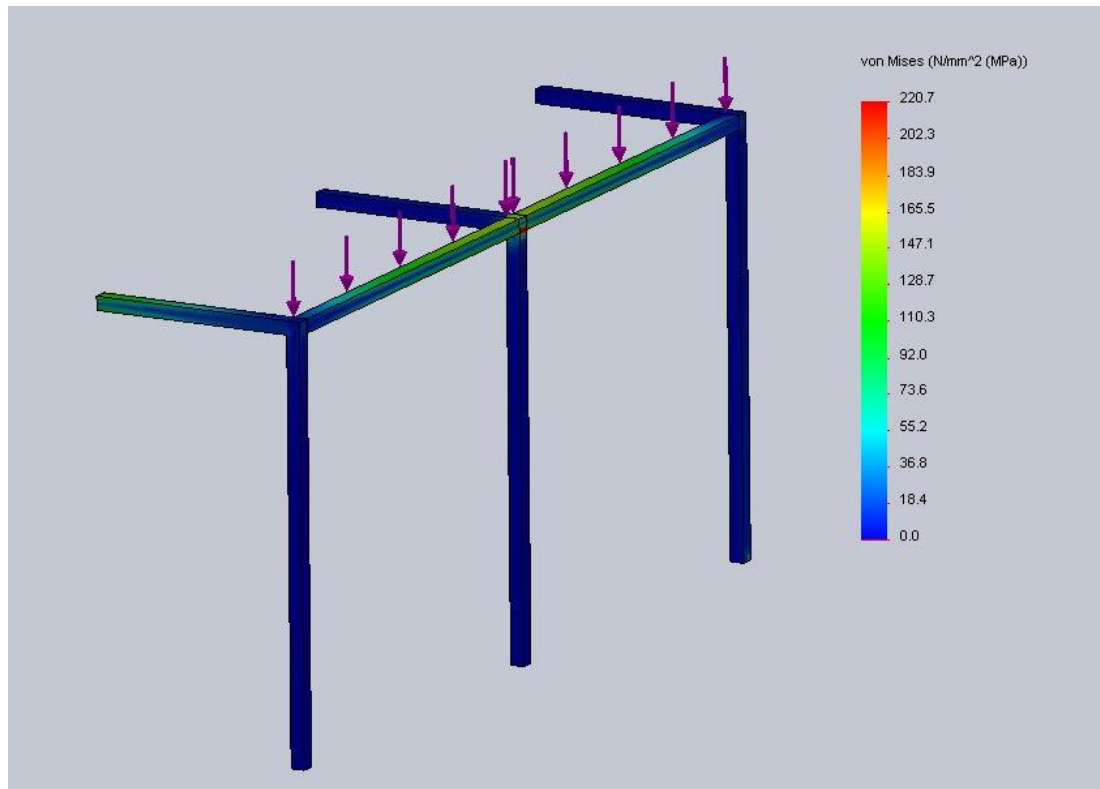
Taulukko 3. Maalaustelineen vaatimuslista

Maalaustelineen vaatimuslista	
Vaatus/Toivomus	T/V
Teline oltava siirreltävässä trukin avulla	V
3m leveä ja korkea	V
Telineen alle on päästävä ajamaan molemmista suunnista trukin kanssa	V
Rakenteen kestävä 1000 kg painoa	V
Rakenteessa mukana nosturi	T
Rakenteen oltava suhteellisen kevyt, mutta tukeva, jotta sitä on suhteellisen helppo siirrellä maalaamojen välillä trukilla	V
Telinettä on turvallinen käyttää	V
Soveltuu vähintään 2 metristen putkien maalaukseen	V
Materiaalin oltava helposti hitsattavaa rakeneterästä S355 tai lujempaa	V
Keskeiset palkit 100x100x4 RHS-putkesta	T

4.1 Rungon mallintaminen ja lujuuslaskenta

Telineen mallintamiseen käytettiin SolidWorks 3D-suunnitteluohjelmistoa, jota käytetään yleisesti hyvin erilaisten laitteiden ja koneiden suunnitteluun. Mallintaminen lähti alkuun rungon suunnittelusta käyttäen 100x100x4 RHS-putkia. Telineen korkeuteen ja leveyteen vaikuttivat olennaisesti maalaamon ovien mitat, joista kapein oli 3,50 m leveä ja 4,0 m korkea. Molemmille puolille telinettä haluttiin jättää leveyssuunnassa 25 cm vara, joten telineen leveyden ulkomitaksi muodostui 3 m. Telineen korkeudeksi päätettiin sama mitta, sillä se tuntui riittävältä. Telineen pituudeksi tuli 6m, jonka ajateltiin sopivan maalamoihin parhaiten. Rungon tueksi tehtiin 14 kpl tukipalkkeja 50x50x3 putkipalkista, joita ei huomioitu lujuuslaskuissa. Telineen rungon mittojen valmistuttua siirryttiin yksityiskohtiin, kuten nostokorvien, I-palkin ja rungon päälle tulevien kannatinputkien suunnitteluun ja mallintamiseen. Pyörät olivat ainoa osa, johon tässä työssä ei kiinnitetä mitään huomiota, sillä pyörät ja pyörien navat tulivat Foxjetin kautta valmiina.

Rakenteeseen kohdistuvia jännityksiä tarkasteltiin SolidWorks -ohjelman simulointitoiminnon avulla. Teline jaettiin kahtia ja testattiin sen kestävyyttä yhdelle puolelle 1000 kilon rasiuksella, jota telineen ei pitäisi tarvita kantaa, elleivät kaikki siinä maalattavat tuotteet roiku samalla puolella. Suurin rasitus kohdistuu keskimmäisen putken liitoskohtiin, mutta laskelmissa ei ole huomioitu rakenteessa olevia tukiputkia. Suunnilleen 220 MPa:n saatu rasitus pahimmassa kohtaa on riittävä, sillä varmuuskerroin tässä kohdassa noin 1,5 myötölujuuteen verrattuna. Kuvassa 10 teline on jaettu keskeltä kahtia ja sitä rasietaan 1000 kg:lla.

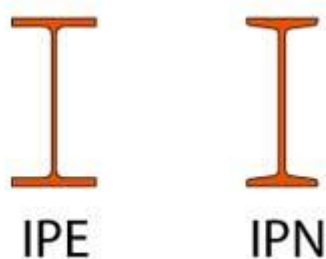


Kuva 10. 1000 kg:n pituussuuntainen raskuus telineen puolikkaalle.

4.2 Kannatinputket, maalauskoukut ja I-kisko

Rungon päälle tulee pituussuunnassa neljä kappaletta 60 \varnothing kannatinputkia, jotka vastaavat maalauskoukujen päiden taivutuksen kokoa. Maalauskoukut on helppo nostaa roikkumaan mihin tahansa kohtaan näitä putkia, jolloin maalauskoukkuihin ripustettavan tuotteen maalauskorkeus on koukun pituudesta riippuen noin 1 – 1,5 m. Maalauskoukut tehdään telinettä varten erikseen 14 \varnothing akselista ja yhden maalauskoukun maksimikantavuus on 500 kg. Kannatinputket ovat aina kolmen metrin matkalla ilman kannatusta, joten niiden kantavuudeksi yhdellä välillä saatiin 250 kg yhtä 60 \varnothing kannatinputkea kohden.

Kuva 11 havainnollistaa erilaisten I-palkkien eron, sillä I-palkkeja on kahta eri mallia, IPN ja IPE.



Kuva 11. IPE- ja IPN-palkkien ero.

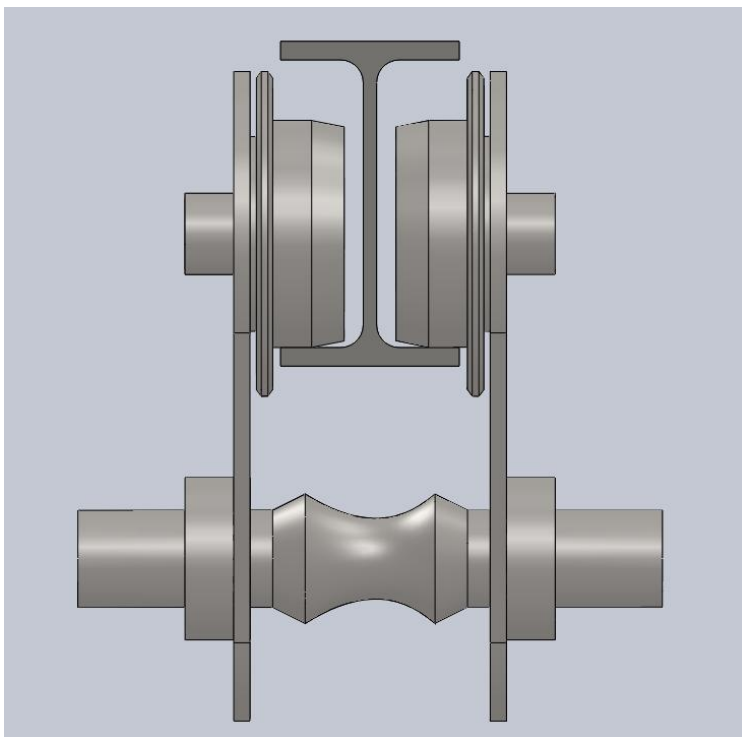
I-palkiksi valittiin IPE-mallinen kisko, sillä siirtovaunun tekeminen IPE-malliseen palkkiin on huomattavasti helpompaa kuin IPN-malliseen, jossa laippapyöristä vain pieni osa ottaisi kiinni itse palkkiin, kun taas IPE-mallin profiilissa laippapyörä saa I-profiilin tasaisemmasta osuudesta paremman tuen.

4.3 Siirtovaunun mallinnus ja lujuuslaskenta

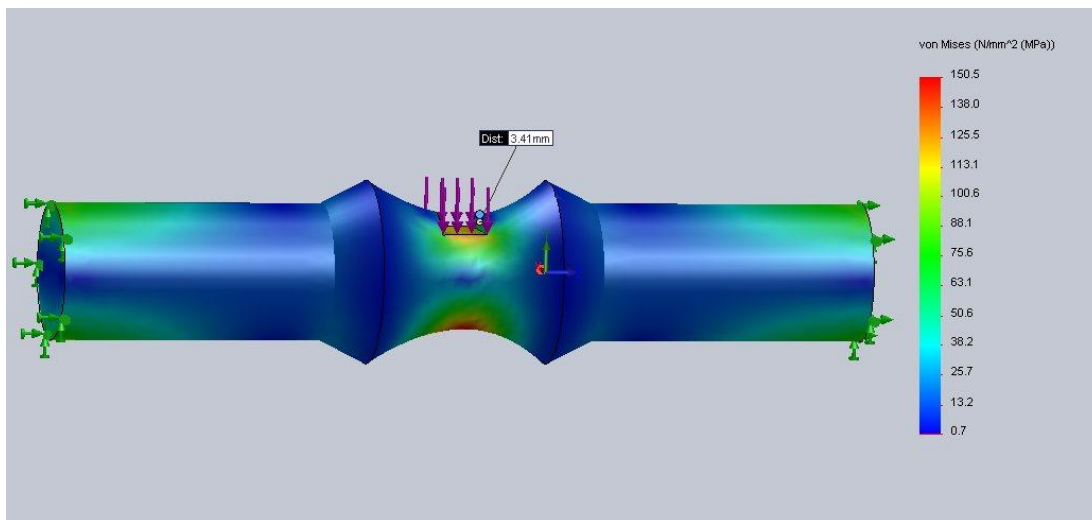
Siirtovaunusta olisi ollut mahdollista tehdä myös sivuttain liikkuva, mutta päätettiin, että ainoastaan pituussuunnassa liikkuva vaunu on riittävä, sillä pidemmät putket on helppo nostaa keskipisteestään ylös keskellä rakennetta olevasta kiskosta, kun taas pienemmät ja kevyemmät kappaleet voidaan nostaa käsin tai nosturilla keskimmäisiin tukiputkiin roikkumaan.

Siirtovaunusta piti tulla alun perin maksimikantavuudeltaan 500 kg, mutta Machine Tool Oy:ltä, josta laippapyörät tilattiin, oli 125 kg kantavat laippapyörät loppu, joten työn kiireellisyyden takia päätettiin tilata 250 kg kantavat pyörät, joita heidän varastostaan löytyi. Tämä nostaa laippapyörien salliman maksimikuorman 1000 kilogrammaan ($4 \times 250 \text{ kg} = 1000 \text{ kg}$). Tästä johtuen koko siirtovaunu suunniteltiin kestävänsä 1000 kg rasitus. Siirtovaunuun oli laippapyörien lisäksi suunniteltava tasausvipu, joka tehtäisiin 40 mm akselista sorvaamalla. Sorvatun akselin ohuin kohta on 25 mm. Siirtovaunun muiden osien mitoitus tehtiin internetistä löytyvien muiden siirtovaunujen mittoja käyttämällä. Tasausvivun tehtävä on tasata paino siirtovaunun keskelle. Ku-

vassa 12 on SolidWorksilla mallinnettu siirtovaunu IPE100-palkissa ja kuvas-
sa 13 on kuvattu 1000 kg raskuus siirtovaunun tasausvipuun.



Kuva 12. Siirtovaunu suoraan edestä/I-palkin päästä katsottuna.

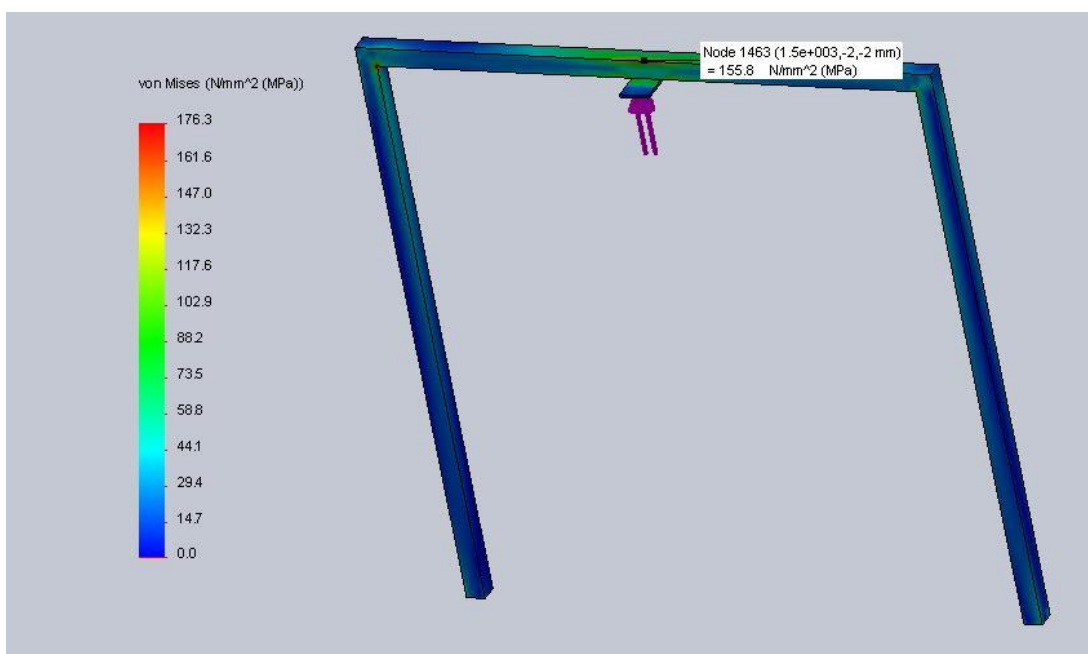


Kuva 13. Tasausvipun raskuus 1000 kg:lla. Varmuuskerroin on yli 2, vaikka ohuim-
masta kohtaa leikattu yli 3 mm pois lujuussimulaation tekemiseksi.

4.4 Nostokorvien mallinnus ja lujuuslaskenta

Aluksi nostokorvia oli tarkoitus tehdä yksi telineen toisen päädyn keskelle,
josta telineen voisi nostaa haarukkanostimen avulla ilmaan. Myöhemmin nii-

den määrää kuitenkin kasvatettiin, sillä jos kuorma ei ole lähellekään tasaisesti telineen molemmin puolin ja sitä trukilla nostetaan korvasta keskeltä, voi se pahimmassa tapauksessa saada toisen pään telineen toisen renkaista nousemaan ilmaan ja vääntämään rakennetta. Tästä johtuen nostokorvia tehtiin kolme kappaletta, yksi molemmin puolin 150 mm keskellä olevasta katsottuna. Nostokorvat tehtiin 15 mm paksusta lattaraudasta ja niihin tehtiin 60 mm reikä haarukkanostimen päässä olevaa 40 \varnothing tappia varten. Nostokorvat liitetään runkoon hitsaamalla. Kuvassa 14 on SolidWorksilla mallinnettu nostokorvan rasitus 1000 kg:n voimalla.

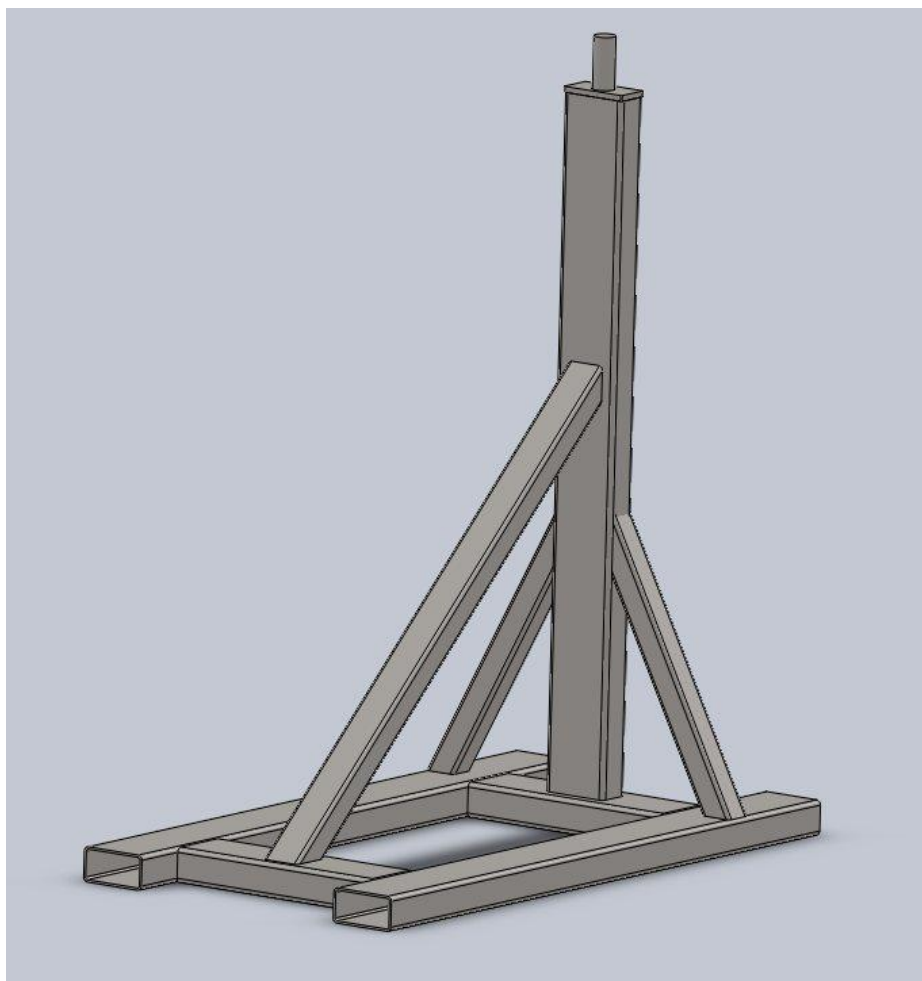


Kuva 14. Nostokorvan lujuuslaskenta

Nostokorvan lujuuslaskennassa tulokseksi saatiin noin 150 MPa 1000 kg:n rasituksella, joten varmuuskertoimeksi tulee myötälujuuteen verrattuna noin kaksi. Suurin rasitus (noin 176 MPa) kohdistuu rakenteen kulmiin, mutta ne saadaan kumpaankin kulmaan tulevien kolmen tuen kanssa siirrettyä pois hitsauskohtia rasittamasta.

4.5 Haarukkanostimen mallintaminen

Maalaustelineen nostamiseksi trukilla toisesta päästä täytyi trukin piikkeihin suunnitella nostohaarukka (Kuva 15). Lähtökohtana oli trukin piikkien koko sekä etäisyys toisistaan, joka yleensä on trukeissa muutettavissa. Haarukkanostimen runkoputket tehtiin 120x60x4 putkipalkeista ja niiden etäisyydeksi toisistaan muodostui 520 mm. Lyhyempinä tukiputkina käytettiin 50x50x3 putkipalkkeja sekä pidemmälle tuelle 70x50x3 putkipalkkia. Haarukkanostimelle muodostui lopulta korkeutta 1350 mm ja painoa noin 58 kg. Haarukkanostimeen tehtiin pystyssä olevan 120x60x4 putkipalkin päähän tukkeeksi lattarauta, johon tulppahitsattiin 40 \varnothing akselista 120 mm pituinen pätkä putkipalkissa olleiden reikien avulla.



Kuva 15. Haarukkanostin.

4.6 Valmis maalausteline ja sen liikuttaminen

Telineelle tuli lopulta painoa noin 700 kg ilman pyöriä ja kuormaa. Maalaustelineettä pystytään siirtämään trukkiin kiinnitettävällä haarukanostimella. Toisen pään telineestä kantavat Foxjetin hankkimat pyörät, joiden pyörännapojen kantavuus on IKH:n pyöräluettelon vastaavanlaisen 6-pulttisen, halkaisijaltaan 60 mm pyörännapojen mukaan 2500 kg. \9\

5 LOPPUTULOKSET JA POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tekeminen opetti minulle, että yksinkertaisenkin konstruktion suunnittelu ja tekeminen vaatii yllättävän paljon eri asioita huomioitavaksi, jotta siitä tulisi kestävä ja turvallinen käyttää. Suunnittelutyö ja varsinainen toteutus tehtiin yhteistyössä Foxjet Oy:n ja maalaustelineen valmistaneen Tmi Jukka Niemen kanssa. Tämä oli mielestäni hyvä tapa työn aloittamiseksi, jotta maalausteline oli kaikkien kannalta mahdollisimman miellyttävä tehdä ja käyttää. Näin saatiin kokemusta monelta eri osaamisalueelta heti suunnittelun alussa. Tästä oli varmasti hyötyä myös siinä, että kaikki työn alussa vaatimuslistaan määritellyt vaatimukset ja toiveet saatiin toteutettua.

Tietämykseni maalaamisesta ja metallin pintakäsittelystä oli ennen työn aloittamista hyvin vaatimatonta, mutta tämä työ laajensi tietämystäni maalaustavoista, laitteista ja yleensäkin maalaamisen tärkeydestä hyvin paljon. Maalauksesta löytyi tietoa useista eri paikoista, joten kaikkeen maalauksesta löydettyyn tietoon löytyi useita eri lähteitä, eikä ainoastaan maalausfirmojen omia tuotoksia.

Ennen kun opinnäytetyön kirjallinen osio tuli valmiiksi, teline joka suunniteltiin firmaan, oli saatu jo valmiiksi Tmi Jukka Niemen pajalla ja toimitettu Foxjetille. Teline nopeutti putkien maalausta niin paljon, että lähes heti ensimmäisen

telineen käyttöön saatuaan, he tilasivat jo toisen samanlaisen maalaustelineen.

Työn nyt valmistuttua, olen tyytyväinen saamaani lopputulokseen, varsinkin kun palaute on ollut niin positiivista firman puolelta. Putkien ripustaminen onnistuu nyt yhdeltä ihmiseltä siirtovaunussa olevaa, paineilmalla toimivaa nosturia apuna käyttäen. Maalattavan putken voi nostinliinan avulla nostaa maalaus koukkujen tasolle siirtovaunussa olevalla nosturilla, jonka jälkeen voi toisen pään putkesta laittaa kannatukselle maalaus koukkuun, sitten toisen pään putkesta kannatukseen toiseen maalaus koukkuun, jonka jälkeen voikin nostinliinan irrottaa putkesta. Näin hommassa johon ennen tarvittiin kolme ihmistä, voi nykyään pärjätä yksin. Myös työergonomisesti asiat ovat nyt paljon paremmalla tolalla, kun kenenkään ei tarvitse nostella raskaita putkia yli metrin korkeuteen.

Ihan kaikkea ei kuitenkaan suunnittelutyön kiireellisyyden takia ehditty toteuttaa, joten kehitettävää jäi myöhemmin toteutettavaksi, mikäli samankaltaisia telineitä vielä valmistetaan.

LÄHTEET

1. Foxjet Oy. Yrityksen viralliset WWW-sivut. <http://www.foxjet.fi> [viitattu 5.3.2013]
2. Jokinen, Kuusela, Nikkari. 2001. Metallituotteiden maalaus. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy.
3. Tunturi, P & Tunturi, P. 1999. Metallien pinnoitteet ja pintakäsittelyt. Tampere. Tammer-Paino Oy.
4. Flink, Killström, Kilpinen, Kotilainen, Tuisku. 2009. Metallipintojen teollinen maalaus. Tikkurila Oy Industrial Coatings 2009.
5. Teknos Oy. 2012. Korroosionestomaalauksen käsikirja. <http://www.mz.teknos.com/marketingzone/getitem.asp?id={86EF64EA-D385-4EB5-915B-51F5EB64B417}> [viitattu 11.4.2013]
6. Teräsrakenneyhdistys ry. <http://www.terasrakenneyhdistys.fi/> [viitattu 5.4.2013]
7. Opetushallituksen Metallituotemaalaus-aineisto, Isto Jokinen <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/metallituotemaalaus/lab02.html>
8. Teollisuuden tuote- ja korroosionestomaalit. Yleinen esite. Teknos Oy.
9. IKH Oy. <http://www.ikh.fi/> [viitattu 12.4.2013]

Kuva 1. Esikäsittelemättömien ja suihkupuhdistettujen kappaleiden vertailua. Flink, Killström, Kilpinen, Kotilainen, Tuisku. 2009 Metallipintojen teollinen maalaus. Tikkurila Oy Industrial Coatings.

Kuva 2. Sivuilmaruiskuja.

<http://www.mz.teknos.com/marketingzone/getitem.asp?id={86EF64EA-D385-4EB5-915B-51F5EB64B417}>

Kuva 3. Suurpaineruiskulaitteisto.

Jokinen, Kuusela, Nikkari. 2001. Metallituotteiden maalaus. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy.

Kuva 4. Sähköstaattinen ruiskutus.

Flink, Killström, Kilpinen, Kotilainen, Tuisku. 2009 Metallipintojen teollinen maalaus. Tikkurila Oy Industrial Coatings.

Kuva 5. Märkäkalvon mittaus kiekolla.

Jokinen, Kuusela, Nikkari. 2001. Metallituotteiden maalaus. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy.

Kuva 6. Märkäkalvon mittaaminen kiekolla.

Jokinen, Kuusela, Nikkari. 2001. Metallituotteiden maalaus. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy.

Kuva 7. Kuivakalvonpaksuusmittari.

<http://www.mz.teknos.com/marketingzone/getitem.asp?id={86EF64EA-D385-4EB5-915B-51F5EB64B417}>.

Kuva 8. Esimerkki Tikkurila Oy:n maalausjärjestelmämerkinnästä.

http://www.tikkurila.fi/files/7079/Teollinen_pintakasittely.pdf

Kuva 9. Maalauksen onnistumiseen vaikuttavat tekijät.

<http://www.mz.teknos.com/marketingzone/getitem.asp?id={86EF64EA-D385-4EB5-915B-51F5EB64B417}>

Kuva 11. IPE- ja IPN-palkkien ero.

<http://www.infosteel.be/nl/profielen.php>

Keskeltä kuormitetun palkin
suurimman taivutusmomentin yhtälö

$$M_{tmax} := \frac{F \cdot l}{4}$$

Taivutuksen aiheuttama suurin jännitys IPE-palkkiin 3m matkalla pistemäisenä voimana. Materiaalin myötölujuus 355 MPa, mutta laskuissa käytetään lukua 200 MPa, jotta saadaan varmuusluvuksi 355/200 MPa = 1,775

IPE100 taivutusvastus $W = 34200 \text{ mm}^3$

Taivutuksen aiheuttama jännitys voidaan laskea, kun taivutusmomentin paikalle sijoitetaan edellinen yhtälö ja asetetaan sallituksi jännitykseksi 200 N/mm².

$$l := 3000 \text{ mm}$$

$$\sigma_{sall} := 200 \text{ MPa}$$

$$W := 34200 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_t := \frac{M_t}{W} \Rightarrow \frac{F \cdot l}{4 \cdot W} \quad F := \left(\frac{4 \cdot \sigma_{sall} \cdot W}{l} \right) = (9.12 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$F := (930 \text{ kg})$$

100x100x4 RHS-putkipalkit lasketaan edellisen laskun tyylin mukaan.

100x100x4 putkipalkin taivutusvastus 45300 mm^3

$$l = 3 \text{ m}$$

$$\sigma_{sall} = (2 \cdot 10^8) \text{ Pa}$$

$$W := 45300 \text{ mm}^3$$

$$F := \left(\frac{4 \cdot \sigma_{sall} \cdot W}{l} \right) = (1.208 \cdot 10^4) \text{ N}$$

$$F := (1540 \text{ kg})$$

Samoin rungon päällä olevat 60Ø kannatinputket (4 kpl), joiden seinämänpaksuus 4mm ja taivutusvastus 9200 mm^3

$$l = 3 \text{ m}$$

$$\sigma_{sall} = (2 \cdot 10^8) \text{ Pa}$$

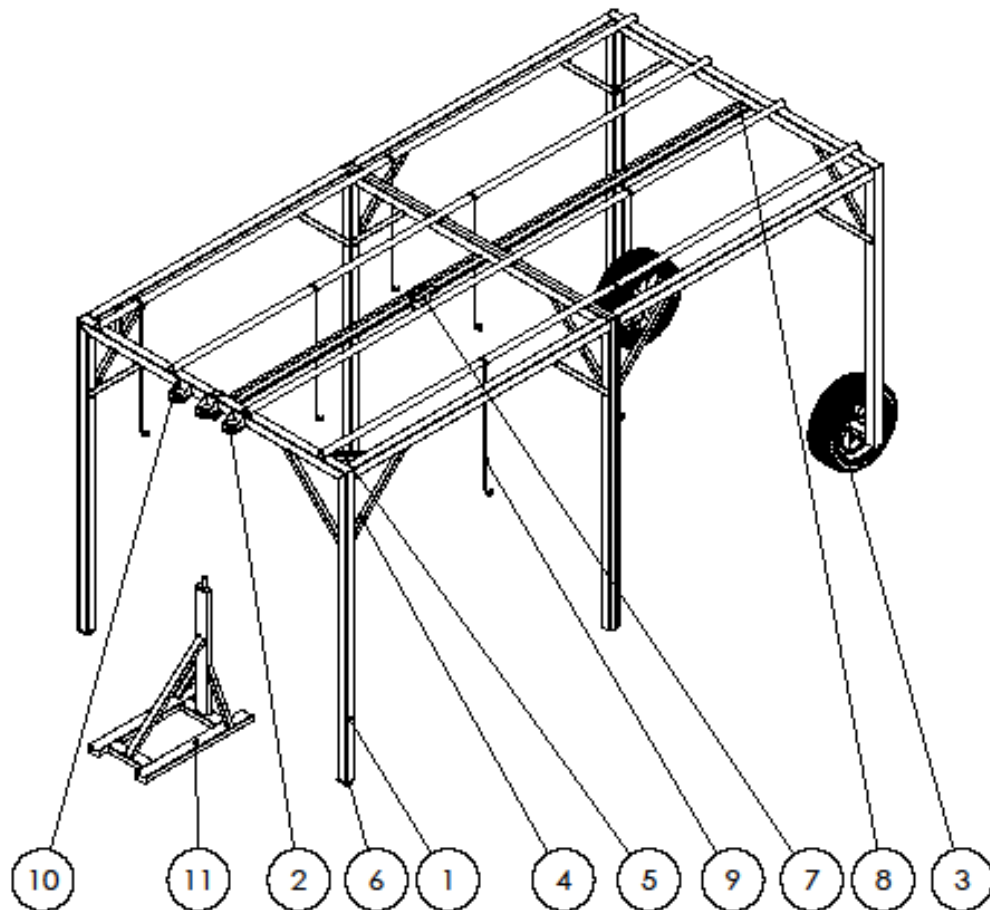
$$W := 9200 \text{ mm}^3$$

$$F := \left(\frac{4 \cdot \sigma_{sall} \cdot W}{l} \right) = (2.453 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$F := 250 \text{ kg}$$

Yksi kannatinputki kantaa yhdeltä 3m väliltä siis 250 kg.

Välejä yhteensä 8 kpl = 250 kg x 8 = 2000 kg



Osanro	Osan nimi	DESCRIPTION	QTY.
1	Runko		1
2	Reikälatta	Nostokorva	3
3	Pyörä		2
4	Putkipalkki	Tukiputket l=900mm	14
5	Putkipalkki	Rungon yläosan tukipalat l=400mm	2
6	Apulatta	Nostopään apulatta	2
7	Siirtovaunu		1
8	Apulatta	I-palkin ja RHS-putken väliin	2
9	Maalauskoukku		-
10	Kulmapala	Nostokorvan tuki	6
11	Haarukkanostin		1