



# **AUTOMAALAAMON PAINEILMAVERKOSTON SUUNNITTELU**

Matias Oksanen

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2011  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Kone- ja laiteautomaatio  
Tampereen ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Kone- ja tuotantotekniikka

Kone- ja laiteautomaatio

Tampereen ammattikorkeakoulu

Matias Oksanen

AUTOMAALAAMON PAINELMAVERKOSTON SUUNNITTELU

Opinnäytetyö

Sivumäärä 48

Litteiden sivumäärä 3

Valmistumisaika Huhtikuu 2011

---

Opinnäytetyössä suunniteltiin Toyota Autotalot Oy Tammer-Auton uuteen maalaamoon soveltuva nykyaikainen paineilmaverkosto. Työssä käsiteltiin maalaamossa käytetyille paineilmalle asetettuja vaatimuksia sekä määritettiin putkikoko sekä -materiaali uuteen paineilmaverkostoon. Verkosto tuli mitoittaa viidelle esivalmistelutilalle sekä kolmelle maalauskammiolle.

Lähtökohtana projektissa oli energiatehokkaampi paineilmaverkosto kuin aikaisemmin käytössä ollut. Aikaisemmin talon sisällä oli vain yksi paineilmaverkko, josta paineilmaa puhdistettiin maalaamokäyttöön soveltuvaksi raskaiden - energiaa hukkaavien - jälkikäsitteilyiden avulla. Vanha maalaamo paineilmajärjestelmineen oli 80-luvulta.

Työn suorittamiseen ja asioiden tutkimiseen käytettiin paineilmatekniikan asiantuntijoiden haastatteluja ja eri kontakteilta saatuja lähteitä. Lisäksi yrityksen henkilökunnalta saatua tietoa pyrittiin hyödyntämään mahdollisimman paljon.

Työ mitoitettiin maalaamossa käytettävien paineilmatyökalujen perusteella. Työpaineena oli 6,2 bar loppukäyttäjälle. Virtaus putkessa tuli olla noin 1550 l/min. Varmuuskerroksena oli 2,5 eli 15 bar.

Putkimateriaaliksi työn tarkastelun jälkeen valittiin sisältä kromipinnoitettu alumiini. Alumiini sisälsi parhaimmat virtausominaisuudet, laajentamismahdollisuudet sekä muilta käyttäjiltä saamieni käyttökokemusten perusteella todettiin parhaimmaksi vaihtoehdoksi.

Projekti oli vielä suunnitteluasteella, mutta toteutumista pidettiin vain ajan kysymyksenä. Maalaamohankkeelle oli haettu rahoitusta, mutta tietoa rahoituksen myöntämisestä ei vielä ollut opinnäytetyötä tehdessä. Yrityksessä oli toteutumassa samaan aikaan muitakin uudistuksia.

**ABSTRACT**

Mechanical and Production Engineering  
Machine and Device Automation  
TAMK University of Applied Sciences  
Matias Oksanen

**DESIGN OF A PNEUMATIC PIPELINE FOR CAR PAINT SHOP**

Thesis

Number of pages	48
Number of appendices	3
Completion	April 2011

---

In this final year project the aim was to design a pneumatic pipeline for Toyota Tammer-Auto's car paint shop. The pipeline had to fulfill the quality requirements set for Toyota's car paint shops. New pneumatic pipeline had to be more energy efficient than Toyota Tammer-Auto's current pipeline which has been in use for over 30 years.

Toyota's working habits and pipeline technique came familiar through staff interviews. Also pipeline experts were interviewed.

The pneumatic pipeline was measured for different pneumatic tools. The tools set the working pressure which was 6,2 bar. In this project is calculated the airflow for pipeline. The airflow in the pipeline should be 1550 l/min and the safety factor was 2,5, 15 bar.

After research for pipeline materials aluminum was chosen for its properties, quality and expansion possibilities. Pipeline experts also recommended aluminum for material in pipelines.

This project is not yet come true but it is only a question of a time.

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	7
1.1 Opinnäytetyön tausta .....	7
1.2 Työn tavoite ja rajaus .....	8
2 TYÖNANTAJATIEDOT.....	9
2.1 Kolarivaurioprosessi.....	9
2.1.1 Maalaamo .....	10
3 PAINEILMA MAALAAMOSSA .....	12
3.1 Paineilman tuottaminen .....	13
3.2 Paineilman laatu .....	15
3.3 Paineilmalaitteisto .....	16
3.3.1 Paineilmakompressori .....	17
3.3.2 Jälkijäähdytin .....	18
3.3.3 Paineilmasäiliö .....	19
3.3.4 Esisuodatin (vedenerotin) .....	20
3.3.5 Kuivain.....	21
3.3.6 Mikro-suodatin (öljynerotussuodatin) .....	22
3.3.7 Paineilmaverkosto .....	22
4 PAINEILMAVERKOSTON SUUNNITTELU .....	25
4.1 Käyttötarve (ilmantarve) .....	25
4.1.1 Esivalmistelutila.....	25
4.1.2 Maalausammio .....	27
4.2 Paineilman kokonaistarve ja verkoston käyttöpaine .....	29
4.2.1 Piiros paineilman kulutuskohteiden sijoituksesta .....	29
4.2.2 Selvitys työkalujen yksittäisistä ilmantarpeista .....	30
4.2.3 Putkipituuksien laskenta .....	31
4.3 Kulutus ja kulutuksen vaihtelu .....	32
4.3.1 Vaihteleva käyttöpaine: $K_1$ .....	33
4.3.2 Kuluneet paineilmatyökalut: $K_2$ .....	33
4.3.3 Käyttöaste: $K_3$ .....	33
4.3.4 Yhtäaikaisuuskerroin: $K_4$ .....	34
4.3.5 Vuotolisä: $K_5$ .....	34
4.3.6 Laajennustarve: $K_6$ .....	34
4.3.7 Paineilmatarpeen laskenta .....	35
4.4 Putkiston mitoittaminen .....	35
4.4.1 Syöttö- ja runkoputkisto.....	36
4.4.2 Jakoputkisto .....	36
4.5 Energiatohokkuus .....	37
4.5.1 Painehäviö putkessa .....	37
4.5.2 Virtaus putkessa .....	38
5 PUTKIMATERIAALIT, -KUSTANNUKSET JA VALINNAT .....	40
5.1 Putkimateriaalin valinta.....	40
5.1.1 Muovi (Speedfit) .....	41

5.1.2 Alumiini (Aignep).....	41
5.1.3 Ruostumatonteräs.....	42
5.2 Kustannukset .....	42
5.3 Tehdyt valinnat.....	43
5.4 Saavutetut edut .....	45
5.4.1 Vuotuinen käyttöaika .....	45
5.4.2 Energiatehokkuus .....	45
6 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	46
6.1 Tulevaisuuden näkymät? .....	46
LÄHTEET.....	47
LIITTEET	
LIITE 1.....	49
LIITE 2.....	50
LIITE 3.....	51

## Lyhenteiden ja merkkien selitys

Selite	Tunnus	Yksikkö
Ilmankulutuksen maksimi	$q_{\max}$	l/s
Keskimääräinen absoluuttinen paine putkessa	$p_m$	bar
Kitkakerroin	f	-
Käyntiaika: tunti	t	h
Lämpötilan yksikkö: Celsiusaste	T	°C
Ominaisteho	S	kW/(m <sup>3</sup> /min)
Paineen yksikkö	p	bar
Putken sisähalkaisija	d	mm
Putken painehäviö	$\Delta p$	bar
Putken pituus	L	m
Tehon yksikkö: Watti	P	W
Tilavuusvirta (normaalilitroina)	Q	l/s
Varmuuskerroin	K	-

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Opinnäytetyön tausta

Olen ollut töissä Toyota Tammer-Autossa huoltoneuvojana toukokuusta 2008 asti opintojeni ohella. Kuulin, että yritykseen oltiin suunnittelemassa uutta maalaamoja ja ehdotin tekemääni opinnäytetyöaihetta yritykselle.

Toyota Tammer-Auto on ainoa Toyota-valtuutettu merkkikorjaamo Tampereen seudulla. Tammer-Auton asiakaspiiri ulottuu pitkälle Tampereen keskusta-alueesta ja tämän vuoksi töitä ja asiakkaita riittää. Yrityksen sisällä käsitellään yhteensä noin 2300 työmääräystä kuukauden aikana. Tämä luku sisältää huollon, pikahuollon sekä korikorjaamon yhteen lasketut työmääräykset.

Tammer-Auton automaalaamo on vakuutusyhtiöiden hyväksymä. Siellä maalataan noin 200 autoa kuukaudessa. Maalaamo täyttää kaikki automaalaamolle täytetyt laatuvaatimukset. Maalaamo on toiminut nykykuntoisenaan tammikuusta 1987 ja on nyt yrityksen suunniteltujen uudistuksien listalla.

Maalaamo on joka arkipäiväisessä käytössä ja kytkettynä kiinteistön yhteen ja ainoaan paineilmaverkostoon. Maalaamokäytössä olevalle paineilmalle asetettujen laatuvaatimusten noustessa ja energian hinnan kasvaessa entisestään, ei ole taloudellisesti kannattavaa tuottaa epäpuhdasta paineilmaa. Epäpuhdasta ilmaa joudutaan raskaiden jälkikäsitteilyiden avulla puhdistamaan loppukäyttäjälle kun sama paineilma olisi alusta alkaen tuotettavissa puhtaammin ja energiatehokkaammin.

Koska ilmamäärät ovat suuria, ja niillä on eri laatuvaatimukset ja painetasot, kannattaa mieluummin rakentaa useampia rinnakkaisia paineilmaverkostoja, kuin puhdistaa tai tuottaa koko paineilmamäärä korkeimpien vaatimusten mukaiseksi. Tähän on pyritty opinnäytetyössä kiinnittämään huomiota.

## 1.2 Työn tavoite ja rajaus

Työn tavoitteena on ottaa selvää, mitkä ovat sopivat ja järkevät paineilmajärjestelmä-hankinnat puhuttaessa nykyaikaisesta automaalaamosta. Materiaalit ja tekniikka ovat kehittyneet siitä kun tällä hetkellä käytössä oleva maalaamo paineilmajärjestelmiseen on rakennettu. Korostetaan kuitenkin, että työssä on keskitytty eniten paineilmaverkostoon ja sen energiatehokkaaseen materiaalivalintaan.

Työssä autetaan valitsemaan Tammer-Auton suunnitteilla olevaan uuteen maalaamoon energiatehokas ja nykyaikainen paineilmaverkosto. Työssä otetaan selvää mitä laatukriteerejä maalaamossa käytettävä paineilma asettaa käyttäjälle. Tämän pohjalta määritetään oikeanlaiset paineilmajärjestelmälaitteet sekä kartoitetaan oikeat putkimateriaalit.

Suunniteltu paineilmaverkosto on mitoitettu paineilmajärjestelmälle maalaamossa käytettävien paineilmatyökalujen mukaan. Työpaine paineilmaverkostosta työkalulle tulee olla 6,2 bar. Virtaus putkistossa (l/min) lasketaan käytettävien paineilmatyökalujen sekä työkaluille muodostuvien korjauskertoimien avulla. Paineilmaa ohjataan verkostossa paineilmakeskukselta viidelle esivalmistelupisteelle sekä kolmelle maalausammionle.



## 2 TYÖNANTAJATIEDOT

Toyota Autotalot Oy kuuluu Toyota-yhtiöihin ja on tehtaan eli Toyota Motor Corporationin omistama autotalo. Toyota Autotalot Oy oli Suomen suurin Toyota jälleenmyyjä. Siihen kuului aikaisemmin Toyota Itäkeskus sekä Toyota Kaivoksela, jotka ovat myyty viime vuosien aikana. Tällä hetkellä Toyota Tammer-Auto on siis ainoa Toyota yhtiöiden alaisuudessa toimiva Toyota-autotalo.

Tammer-Auto on täyden palvelun autoliike, jossa työskentelee 107 alan ammattilaista. Liike sijaitsee hyvien liikenneyhteyksien varrella Tampereen keskustan eteläpuolella Hatanpäällä. Tammer-Auto on ositeltuna useampaan eri osastoon, käyttötarkoitusten mukaan: automyynti, varaosapalvelu, vuokra-autopalvelu, huolto, pikahuolto, korikorjaamo, maalaamo sekä autopesula. Lisäksi samoissa tiloissa Tammer-Auton kanssa toimii Koskipesu Oy sekä lounasravintola Ravintola Juhlistajat. Lisäksi Tammer-Auto avasi juuri uuden huoltopisteen Ylöjärvelle Elovainioon maaliskuun alussa 2011.

Yrityksessä on käytössä AKL:n (Autoalan Keskusliitto Ry) laatu- sekä ympäristöohjelma. Viimeisin laatukatselmus on suoritettu 4.11.2010. (Inomaa 2010, 2.)

### 2.1 Kolarivaurioprosessi

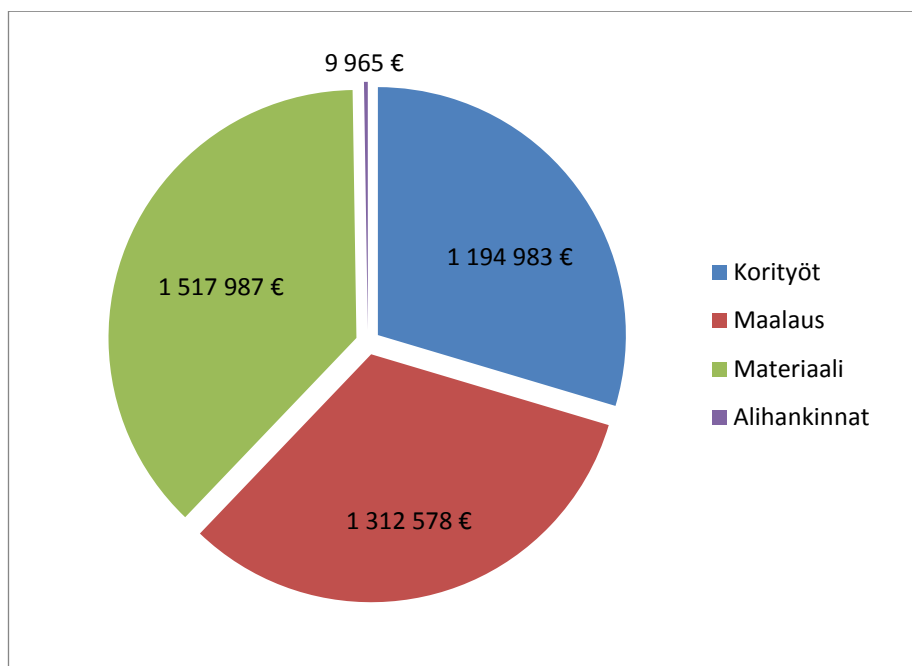
Korikorjaamo vastaa autoista, joissa on ilmentynyt vikoja tai vaurioita korirakenteessa tai korin osissa. Esimerkiksi jos asiakas ajaa autollaan kolarin; asiakas tai hinausauto tuo kolaroidun auton koripuolelle ja korikorjauksiin erikoistunut huoltoneuvoja hoitaa asiaa eteenpäin. Asiakkaan vastuulle jää vahinkoilmoituksen tekeminen vakuutusyhtiöön ja luvan myöntäminen töiden aloittamiseen kolarivaurioiden osalta.

Auton kolarivaurion korjaus on kokonaisuudessaan erittäin laaja-alainen korjausprosessi. Kyseinen prosessi voidaan eritellä erillisiin osiin: vahingon haltuunotto, vaurioanalyysi, korikorjaus, maalaus, kasaus sekä viimeistely ja luovutus. (Inomaa 2010, 2.)

Aluksi tarkistetaan asiakastiedot, jonka jälkeen lähdetään kartoittamaan mitä autolle on tapahtunut. Otetaan valokuvat ongelmakohdasta ja lasketaan korjauskustannuslaskelma

cabas-vauriolaskelman avulla. Tällaisia tapauksia saatetaan käsitellä useita päivän aikana.

Vuoden 2009 aikana cabas-vauriolaskelmia tehtiin 2538 kappaletta, joista muodostui kaikkiaan 4 035 513 euroa (Inomaa 2011, 6). Alla olevasta ympyrädiagrammista on nähtävillä cabas-vauriolaskelmista vuonna 2009 muodostuneet arvioidut kustannukset ryhmittäin (kuvio 1).



KUVIO 1 Cabas-vauriolaskelmista jakautuneet kustannukset

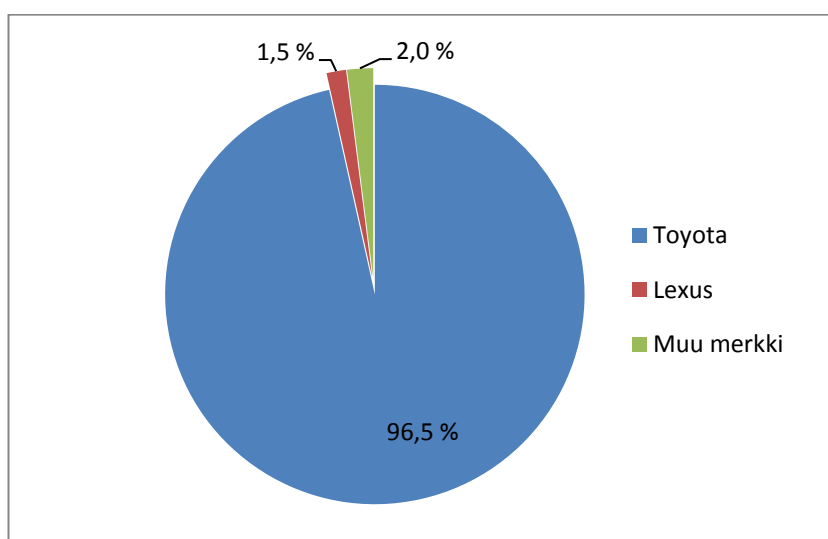
### 2.1.1 Maalaamo

Maalaamo on yksi vauriokorjaamon (korikorjaamo) oma erillinen osasto. Maalaamossa käsitellään keskimäärin noin 200 autoa kuukaudessa, joista valtaosa (96,5 %) on Toyota-merkkisiä henkilö- tai hyötyajoneuvoja (kuvio 2). Osastolla työskentelee neljä Toyota-koulutettua automaalaajaa. He työskentelevät työstä riippuen joko maalauskammiossa tai esivalmistelutilassa.

Tyypillinen maalaamossa suoritettava työ etenee seuraavalla tavalla: pohjustushionta, kittaus/saumakittaukset, hionta, hiontaväri, hionta, värimassan ruiskutus, kuivatus, kir-

kaslakkaus, kuivatus, kiillotus ja lopuksi viimeistely. Ennen ruiskutusta on vielä peiteltävä kohdat joihin ei haluta ruiskutettavaa maalia/lakkaa. (Inomaa 2010, 2–8.)

Työn vaihtelevuuden vuoksi paineilman kulutus maalaamossa on erittäin satunnaista ja jaksoittaista. Enimmillään paineilmaa kuluu ja sitä vaaditaan, kun jokaisessa viidessä esivalmistelutilassa hiotaan runsaasti ilmaa kuluttavilla epäkeskohiomakoneilla. Pienimmillään ilmankulutus vastaavasti on, kun kaikki maalarit tekevät peittelyitä ja kittailuja tarvitsematta ainuttakaan paineilmatyökalua. Paineilman kulutuksen vaihtelu pitää ottaa huomioon, kun suunnitellaan ja mitoitetetaan paineilmaverkostoa sekä järjestelmään sopivaa paineilmakompressoria.



KUVIO 2 Kuukauden aikana maalatut autot merkkikohtaisesti

### 3 PAINEILMA MAALAAMOSSA

Suurin syy paineilmatyökalujen käyttöhäiriöihin on epäpuhdas paineilma, kerrotaan Finnrest Oy:n 2010 ilmestyneessä tuoteluettelossa. Vuosia sitten asennetussa paineilmaputkistossa on ruostetta, putkihilsettä, kompressoriöljyä ja ennen kaikkea vettä tuoteluettelossa täsmennetään. Edellä mainittujen syiden vuoksi paineilmatyökalut voivat olla ruosteessa, jumissa eikä enää toimi uutta vastaavalla maksimiteholla. Ilman epäpuhtaudesta aiheutuva työkalujen huono toimivuus johtaa taloudellisiin menetyksiin. (Finnrest Oy 2010, 34.)

Kuutiometrissä ilmaa voi olla parhaimmillaan jopa 190 miljoonaa lika-, virus- ja bakteerihukkasta. Paineilmakompressorilla tuotettu paineilma tiivistää nämä epäpuhtaudet ja saattaa lisätä niiden määrää entisestään. Puristettaessa kompressoriin imettyä ilmaa kasaan, siinä oleva vesi tiivistyy (kuvio 3) ja aiheuttaa paineilmajärjestelmään, paineilmatyökaluihin ja työkohteisiin muun muassa korroosiovaurioita. Paineilman laadulla voidaan näin vaikuttaa suoraan tuotantokustannuksiin. Maalaamossa hyvälaatuista paineilmaa ei voidakaan pitää ylellisyytenä ja kilpailuetuna naapurimaalaamoon, vaan pikemminkin laatuvaatimusten noustessa sitä on pidettävä välttämättömyytenä. (Hämeen Laitehuolto Oy.)

On yleisessä tiedossa, että maalaamossa käytettävät kemikaalit: maalit, ohenteet ja lakat ovat helposti syttyviä aineita. Tästä syystä maalaamoissa käytetään paineilmalaitteita eikä sähkölaitteita. Sähkölaitteiden suurena heikkoutena ovat niiden huono paloturvallisuus. Paineilmalla toteutettua järjestelmää voidaan pitää myös erittäin luotettavana kokonaisuutena. Monesti paineilmalaitteet ovat sähkölaitteita helppokäyttöisempiä, pitkäikäisempiä, mutta myös hieman kalliimpia. Isto Jokisen opetushallituksessa tekemän metallimaalausmenetelmä valintaoppaan mukaan useita laitteita ei ole edes mahdollista toteuttaa sähkötoimiseksi. Oppaassa tarkennetaan, että tällaisia laitteita ovat hajotusilmaruiskut, suihkupuhdistuslaitteet ja paineilmapillit. (Jokinen 2010, 1–2.)

Lähtökohtana automaalaamossa on, että käytettävä paineilma ei saa sisältää vettä, öljyä eikä muitakaan epäpuhtauksia. Toisaalta paremmalla (puhtaammalla) ilmalla ei saavuteta kustannuksia vastaavaa hyötyä kuten sairaala-, lääke- ja elintarvikekäytössä.

Maalaamopaineilmassa oleva vesi aiheuttaisi muun muassa seuraavanlaisia ongelmia:

- vesipisaroita sumutetussa maalikalvossa
- paineilmalaitteiden toimintahäiriöitä
- paineilmalaitteiden kulumista
- maalausjauheen paakkuuntumista jauhemaalauksessa

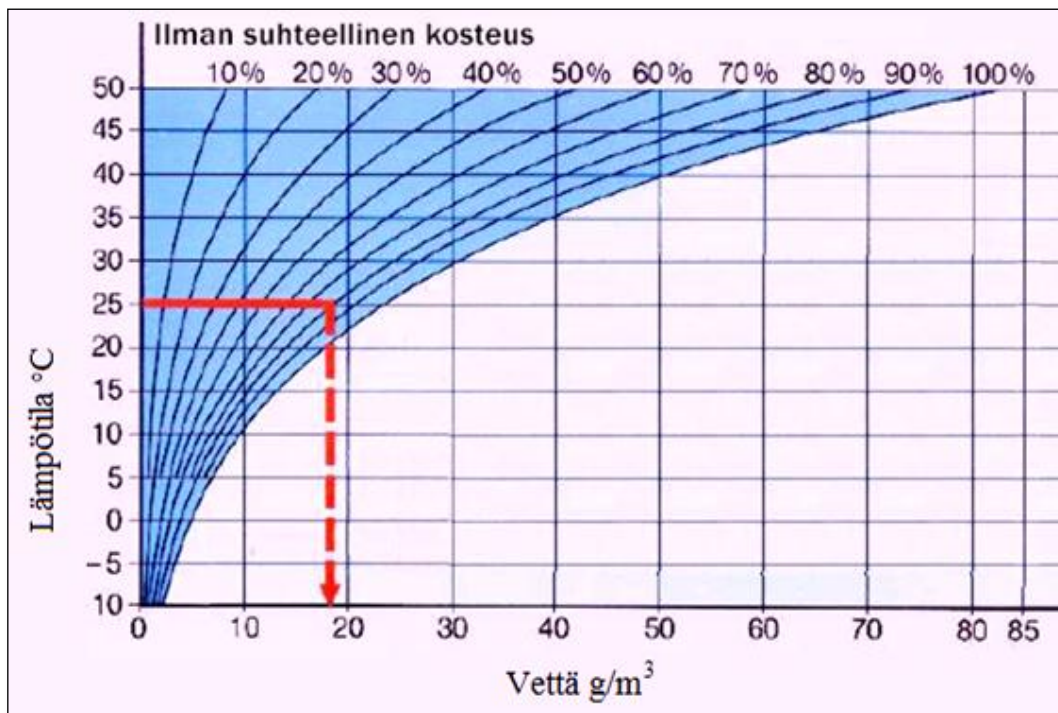
Jokinen muistuttaa oppaassa, että öljyn erotus paineilmasta on vieläkin tärkeämpää kuin veden erotus. Maalaamon paineilmaverkkoon päässyt öljy aiheuttaisi pitkäaikaisia ongelmia maalaustöissä. Edellisten syiden vuoksi paineilma tulee kuivata, ja siitä tulee erottaa öljy ennen kuin sitä päästetään paineilmaverkkoon. (Jokinen 2010, 5.)

Kuten paineilman tuottoon ja paineilmanlaadun jalostamiseen erikoistuneen Tamrotor Oy:n laatimassa paineilmalaitteiden suunnitteluohjeesta voidaan todeta, niin paineilman jälkikäsitteily kasvattaa aina painehäviöitä ja kuluttaa energiaa. Ohjeessa korostetaan, että puutteellinen tai vähäinen jälkikäsitteily voi aiheuttaa korroosiota ja haittoja paineilmaverkostossa sekä työstölaitteissa. Ohjeessa kerrotaan, että jälkikäsitteilyn aiheuttamat painehäviöt ovat tyypillisesti noin 0,3-1,0 bar luokkaan riippuen tietenkin jälkikäsitteilylaitteiden määrästä ja laadusta. Paineilman käyttökohde sanelee kuinka tarkasti paineilman jälkikäsitteilyaste on suunniteltava ja toteutettava. (Tamrotor Kompressorit Oy, 5–12.)

### **3.1 Paineilman tuottaminen**

On tarkkaan suunniteltava mistä kompressorille tuleva ilma otetaan kertovat paineilmalaitteiden asennus- ja kunnossapitokirjassa Bruhn ja Nordin (1980, 3). Kirjassa käsitellään kuinka tärkeää on, että imuilmassa olevat suuret epäpuhtaudet poistetaan suodattimilla aikaisessa vaiheessa. Esimerkiksi imuilmaan päässyt pöly tukkii imusuodattimen, aiheuttaa painehäviötä ja kasvattaa näin energian kulutusta. Kirjassa kerrotaan, että noin 1 kPa painehäviön lisäys imusuodattimessa vähentää kompressorin ilmavirtaa ja hyötysuhdetta noin 1 %. Tämä hyötysuhteen aleneminen pitkällä aikajanelalla on merkittävän suuri. Kirjassa Bruhn ja Nordin lisäksi muistuttavat, että ilmakehässä oleva ilma sisältää aina tietyn määrän kosteutta (kuvio 3) riippuen ilman lämpötilasta. Tämä kompressorille

imettävän ilman mukana tullut vesi ei tee hyvää maaliruiškuun päästessään. Kuvion 3 alapuolella on esimerkki (esimerkki 1) aiheesta.

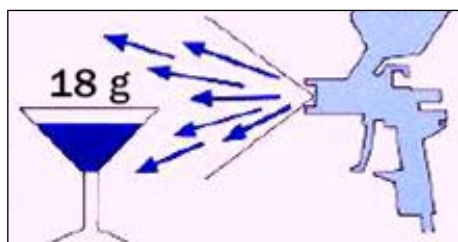


KUVIO 3 Ympäröivän ilman vesipitoisuus (Ykkösväri Oy, 2010)

Esimerkki 1.

Maaliruiškuun ilmankulutus on 350 l/min, ilmankosteus 80 % ja ilman lämpötila 25 °C.

Tämän seurauksena muodostuu liki 18 grammaa vettä (kuvio 4).



KUVIO 4 Esimerkki 1 (Ykkösväri Oy, 2010)

Motiva Oy laatimassa teoksessa Lauri Suomalainen on kertonut, että ilman sisäänottoaukon ja kompressorin välisen reitin on oltava lyhyt ja suora. Suomalainen tarkentaa, että jokainen noin 3 °C lämpötilan nousu imuilman lämpötilassa alentaa tuottoa 1 %. Koska kompressorin tavallisesti imee imuilmansa kompressorihuoneesta, tilan lämpötilan

on oltava normaalisti vähintään noin 5 °C, kuitenkin yli 0 °C perustelee Suomalainen kertomaansa. Nolla asteen alapuolelle mennessä on tietenkin olemassa jäätymisvaara. (Suomalainen 2002, 2.)

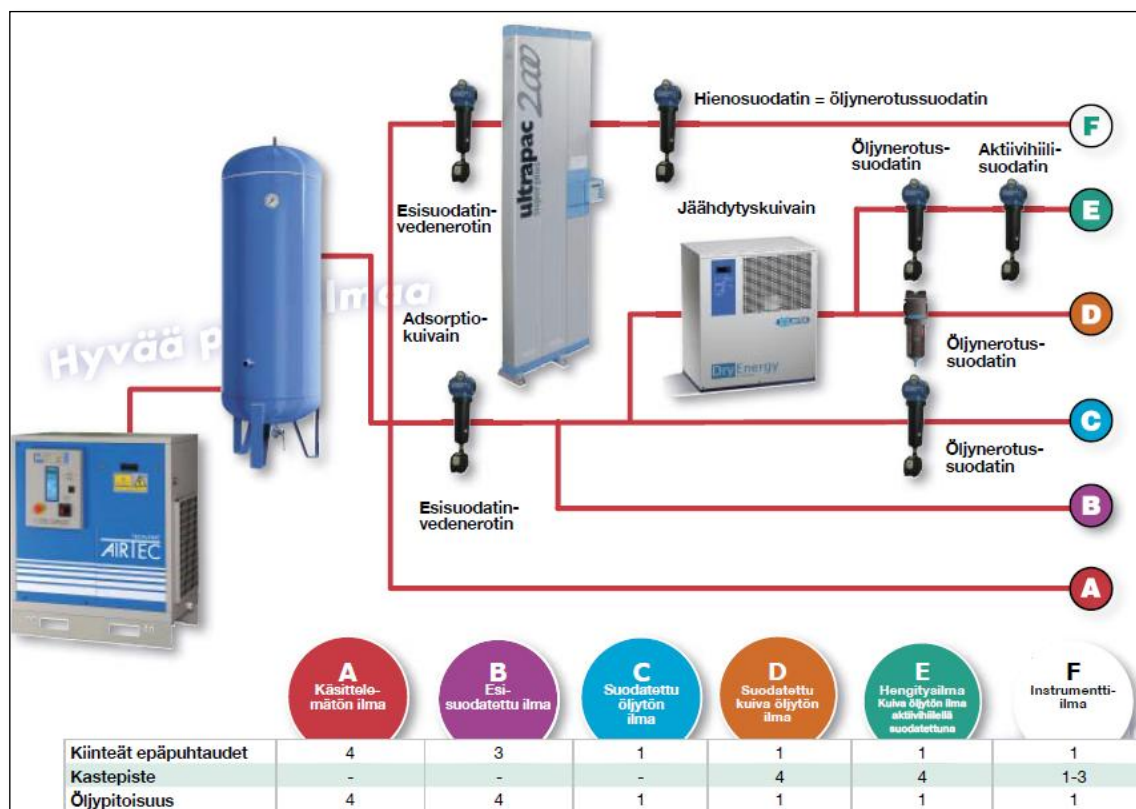
### 3.2 Paineilman laatu

Paineilman laatumäärittystä varten on kehitetty laatustandardi ISO 8573-1 (taulukko 1). Taulukon arvot on saatu ulvilalaisen ROCCA Group Oy:n Internet-kotisivuilta. Laatu-standardissa määritellään paineilman hyväksyttävät jäännöspitoisuudet veden, öljyn ja kiinteiden epäpuhtauksien (pölyn) osalta. Sivustolla kerrotaan, että hyväksyttävät tasot määritellään laatuluokittain (1, 2, 3, ...), esimerkiksi laatuvaatimus 8573-1-1.3.2 kertoo, että jäännöspölypitoisuus tulee olla luokan 1 mukainen (100 µm), jäännösvesipitoisuus luokan 3 mukainen (kastepiste -20 °C) ja jäännösöljypitoisuus luokan 2 (0,1 mg/m<sup>3</sup>) mukainen.

TAULUKKO 1 ISO 8573-1 -standardin mukaiset paineilman laatuluokat (ROCCA Group Oy)

Laatuluokka	Kiinteiden hiukkasten suurin määrä/m <sup>3</sup>			Paineenalainen kastepiste [°C]	Öljypitoisuus [mg/m <sup>3</sup> ]
	0,1-0,5 µm	0,5-1,0 µm	1,0-5,0 µm		
1	100	1	0	-70	0,01
2	100 000	1 000	10	-40	0,1
3	-	1 0000	500	-20	1
4	-	-	1 000	+3	5
5	-	-	20 000	+7	25
6	-	-	-	+10	-

Eri laatuluokkien asettamiin puhtausasteisiin pääsemiseksi on käytettävä oikeanlaisia erottimia, kuivaimia sekä suodattimia. Tämä on hyvin nähtävillä Tecalemit Environment Oy (2010, 14) esitteessä olevasta kuvasta (kuvio 5). Kuvassa kohta D on maalaa-mossa käytettävä ”suodatettu kuiva öljytön ilma”. Kyseinen ilmalukitus sisältää kiinteitä epäpuhtauksia 5 µm, vesipitoisuus on 6 g/m<sup>3</sup> (+3 °C) sekä kokonaisöljymäärä on 0,01 µm. Tähän laatuluokitukseen päästessä, tulee ilma johtaa vedenerottimen, adsorptiokuivaimen sekä öljynerotussuodattimen läpi.



KUVIO 5 Laitteiden valinta ISO 8573-1 laatuluokkien määrittämiin puhtausasteisiin pääsemiseksi (Tecalemit Environment Oy 2010, 14)

### 3.3 Paineilmalaitteisto

Käydään seuraavaksi läpi lyhyesti maalaamokäyttöön soveltuva paineilmalaitteisto. Laitteisto muodostuu seuraavista komponenteista:

1. paineilmakompressori, (tuottaa paineilman, ks. 3.3.1)
2. jälkijäähdytin (kuivaa tuotettua ilmaa, ks. 3.3.2)
3. paineilmasäiliö (varastoi tuotettua paineilmaa, ks. 3.3.3)
4. esisuodatin (5 mikronia) = vedenerotin (ks. 3.3.4)
5. kuivain (poistaa jälkijäähdyttimen jälkeen paineilmaan mahdollisesti jääneen veden, ks. 3.3.5)
6. mikro-suodatin (0,01 mikronia) = öljynerotussuodatin (ks. 3.3.6)
7. paineilmaverkosto (runko-, liitäntäputket sekä jakelupisteet, ks. 3.3.7)



### 3.3.1 Paineilmakompressori

Voidaan olettaa kaikkien tietävän, että tyypillisesti paineilmaa tuotetaan kompressoreilla. Pyy Penttinen (2009, 15) määrittelee paineilmakompressorin siten, että mikäli laite nostaa imettävän ja ulospuhallettavan ilman paineen vähintään kaksinkertaiseksi, puhutaan tällöin paineilmakompressorista. Penttinen kertoo lisäksi, että samalla kun ilmaa puristetaan kompressorilla korkeaan paineeseen, tiivistyy ilmassa oleva vesihöyry vedeksi ja tämä tuottaa monesti ongelmia käytettävissä paineilmalaitteissa ja -työkaluissa.

Yleisimmät kompressorityypit ovat mäntä- ja ruuvikompressori (kuvio 6), joista jälkimmäistä suositaan nykyään enemmän. Yksiselitteistä ohjetta kompressorin hankintaan ei ole olemassa. Valinta on aina tapauskohtainen. (Motiva Oy 2005, 12.)

Kompressoria valittaessa on selvítettävä paineilman tarpeen määrä. Paineilman tarpeen määrään vaikuttavia tekijöitä on useita. Työssä on laskettu ilmantarve korjauskertoimien avulla (lisää kappaleessa 4.3). Taulukossa 2 on mäntä- ja ruuvikompressorien tyypillinen tuottoalue eli tilavuusvirta ( $Q$ ) sekä ominaistehontarve ( $S$ ). Kompressoria hankittaessa on lisäksi huomioitava, että paineilman tarve saattaa tulevaisuudessa lisääntyä. (Penttinen 2009, 15.)

TAULUKKO 2 Kompressorityyppien tuottoalue sekä ominaistehontarve (Suomalainen 2002, 3)

Kompressorityyppi	Tuottoalue $\text{m}^3/\text{min}$	Ominaistehontarve $\text{kW}/(\text{m}^3/\text{min})$
Mäntäkompressori		
– ilmajäähdytteinen	1...10	7,8...6,8
– vesijäähdytteinen	10...70	5,5
Ruuvikompressori	10...50	6,5...5,5



KUVIO 6 Ruuvikompressorin 200 litran paineilmasäiliöllä

### 3.3.2 Jälkijäähdytin

Jälkijäähdyttimen tarkoituksena on jäähdyttää paineilman puristuksessa nousutta lämpötilaa lämmönvaihtimen avulla kertovat Bruhn & Nordin (1980, 4) kirjassaan. Samalla jälkijäähdytin toimii paineilmaan sitoutuneen veden esierottelijana, eli paineilma esikuivataan jälkijäähdyttimillä. Jälkijäähdytin tulee sijoittaa verkostoon heti kompressorin jälkeen. Nykyaikaisimmissa ruuvikompressoreissa paineilman jälkijäähdytin on integroituna kompressorin sisälle.

Kompressorin puristama paineilma on kuumaa yleensä noin 60–80 °C ja suhteellinen kosteuspitoisuus on lähes 100 %, koska silloin jälkijäähdytin kykenee sitomaan ilmassa olevan vesihöyryn ilman, jotta vesihöyry tiivistyisi vedeksi. Jälkijäähdytin jäähdyttää tuotettua paineilmaa, jolloin siinä olevasta vesihöyrystä osa tiivistyy vedeksi, ja täten se voidaan poistaa yhden tai useamman veden erottimen avulla. Ainoastaan tiivistynyttä vettä voidaan poistaa paineilmaasta. Vesihöyryä ei pystytä poistamaan sellaisenaan. Jälkijäähdyttimen avulla voidaan tuotetun paineilman lämpötila laskea lähelle imuilman lämpötilaa, joka on yleensä noin 20 °C. (Jokinen 2010, 8.)

### 3.3.3 Paineilmasäiliö

Paineilmakulutukseen nähden sopiva paineilmasäiliö (kuvio 7), tasaa kulutushuippuja, toimii puskurina lyhyissä häiriötilanteissa sekä erottaa lauhdetta. Säiliö tulee aina valita käyttötarpeen ja -kohteen mukaan. Useimmat säiliöt ovat valmiiksi varusteltuja ja niistä löytyy: varoventtiili, painemittari sekä automaattinen lauhteenpoistin. Lopulta kuitenkin kaikki tapahtuu sen pohjalta, mitä ominaisuuksia säiliöltä halutaan ja vaaditaan.



KUVIO 7 Paineilmasäiliö

Kun valitaan paineilmasäiliö, joka jää voimaluvun kolme alle ei tarvita säiliön uusinta tarkastusta. Voimaluku lasketaan yhtälön (1) mukaisesti paine ( $p$ ) kerrottuna tilavuudella ( $V$ ):

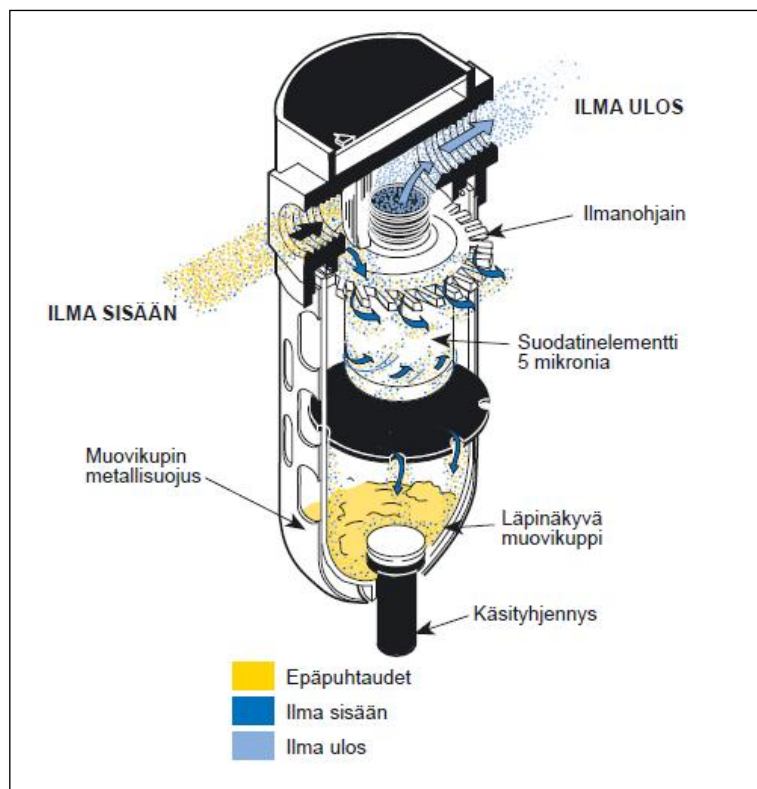
$$\text{voimaluku} = p \text{ (bar)} \cdot V \text{ (m}^3\text{)} \quad (1)$$

Yleisemmin käytettävät paineilmasäiliöt ovat 270 l / 11 bar ja 200 l / 15 bar, joiden molempien voimaluku on alle kolme. (Tecalemit Environment Oy 2010, 8.)

### 3.3.4 Esisuodatin (vedenerotin)

Paineilmassa oleva vesi voidaan poistaa erilaisilla kuivausmenetelmillä. Jälkijäähdyttimen jälkeen osa vedestä kondensoituu. Kondensoitunut vesi erotetaan esisuodattimella eli arkikielillä sanottaessa vedenerottimella. Vedenerottimen tehtävänä on poistaa paineilmaputkistoihin tiivistyvä vesi, joka haittaa paineilmajärjestelmien käyttöä ja voi vaurioittaa paineilmatyökaluja jatkossa. Mikäli paineilmaputkistot tai ainakin edes osa niistä sijaitisi ulkoilmassa, niin myös paineilmaputkistojen ja -venttiilien jäätyminen sekä korroosion vähentämiseksi on asennettava vedenerottimet. (Hämeen Laitehuolto Oy.)

Esisuodattimia käytetään yli 5µm kokoisten kiinteiden likahiukkasten ja nestemäisen veden poistamiseen tuotetusta paineilmasta. Esisuodattimia käytetään lähes jokaisessa ulosottopisteessä poistamaan vettä, öljyä ja likahiukkasia. Esisuodatinta käytetään nimensä mukaan mikrosuodattimen (öljynerotussuodattimen) esisuodattimena. Komponentin toimintaperiaate on nähtävillä kuvioista 8. (Tecalemit Oy, 6.)



KUVIO 8 Esisuodattimen toimintaperiaate (Tecalemit Oy, 6)

### 3.3.5 Kuivain

Paineilmaverkoston muodostunut vesihöyry poistetaan adsorptio- tai jäähdytyskuivauksella. Paineilman kuivaustarve riippuu paineilman käytöstä ja paineilmaverkosta. Kuivauksella estetään putkiston ruostuminen ja jäätymisvaara. Paineilman kuivain jäähdyttää paineilman noin +3 °C:een, jolloin siinä oleva vesihöyry tiivistyy lähes kokonaan vedeksi, joka poistetaan myöhemmin paineilmasta vedenerottimen avulla. Tällä toimintamenetelmällä ei kuitenkaan saada kaikkea vettä pois putkistosta, joten se vaihtoehto on unohdettava. (Sarlin Oy Ab.)

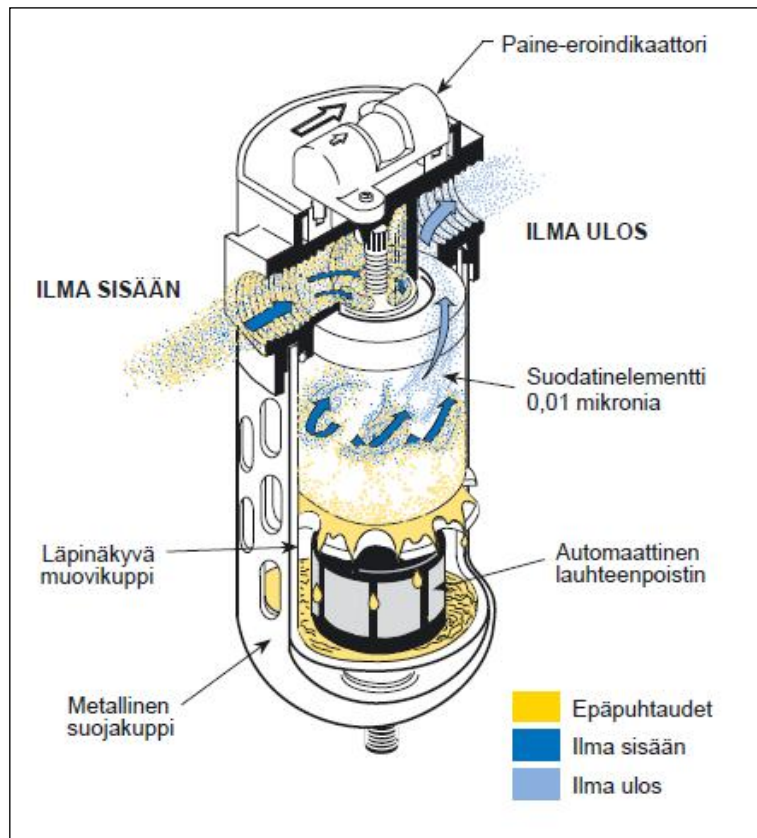
Adsorptiokuivauksella saavutetaan paineenalainen kastepiste -40 °C (jopa -70 °C). Tällöin paineilmaverkostossa ei ole pelkoa kosteuden tiivistymisestä paineilmaputkistoon. Maalaamokäyttöön adsorptiokuivain (kuvio 6) on ehdoton valinta veden poistamiseksi putkistoista. (Lahti 2011).



KUVIO 9 Adsorptiokuivain (Tecalemit Environment Oy 2010, 5)

### 3.3.6 Mikro-suodatin (öljynerotussuodatin)

Mikro-suodatin on suunniteltu poistamaan ilmasta kaikki epäpuhtaudet, jotka ovat suurempia kuin 0,01 µm. Oli kyse sitten vedestä, öljystä tai likahiukkasista. Mikro-suodattimen toimintaperiaate on havainnollistettu kuviossa 10. (Tecalemit Oy, 6.)



KUVIO 10 Mikro-suodattimen toimintaperiaate (Tecalemit Oy, 6)

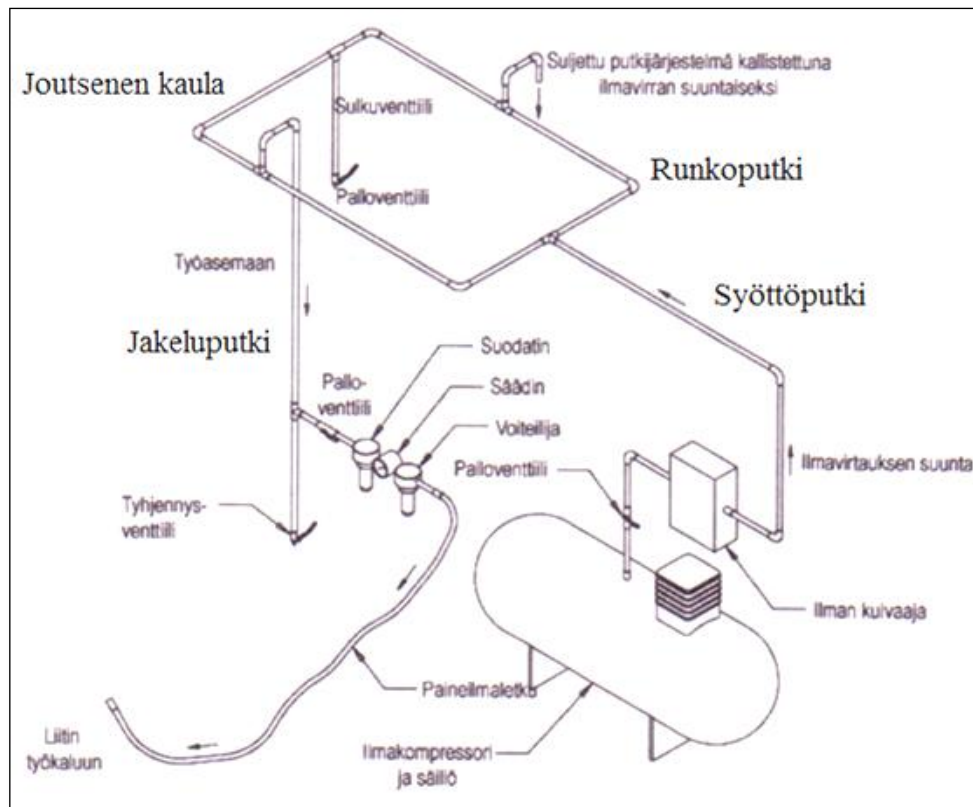
### 3.3.7 Paineilmaverkosto

Paineilmaputkistot sekä paineilman jakelupisteet yhdessä muodostavat paineilma-verkoston. Siinä paineilma keskuksessa sijaitsevalta kompressorilta paineistettu ilma siirretään paineilmaputkistoverkkoa pitkin loppukäyttäjälle. Paineilma johdetaan aluksi syöttöputkella runkoputkeen. Runkoputki on kiinnitetty seinä- ja/tai kattorakenteeseen. Runkoputkesta paineilma johdetaan jakeluputkella työkalujen ja laitteiden liitäntöihin. Tapauskohtaisesti jakeluputken ja työkalun välissä käytetään paineilmaletkua. Tammer-Auton tapauksessa paineilmansiiro paineilma keskuksessa tapahtuu esivalmistelutiloihin

sekä maalausammioihin. Paineilmaverkoston mallit ovat suoraverkko, rengasverkko tai näiden yhdistelmä. Verkkojen eri osat voidaan erottaa sulkuventtiileillä.

Yleensä ei pystytä 100 % hyödyntämään kompressorin tuottamaa painetta, sillä paineilmaputkistojen aiheuttama kitka synnyttää painehäviötä. Työn kohdalla katsotaan, onko entisestä suorasta paineilmaverkosta järkevää hyödyntää vanhoja putkia vai tehdäänkö kaikki alusta alkaen uudesta.

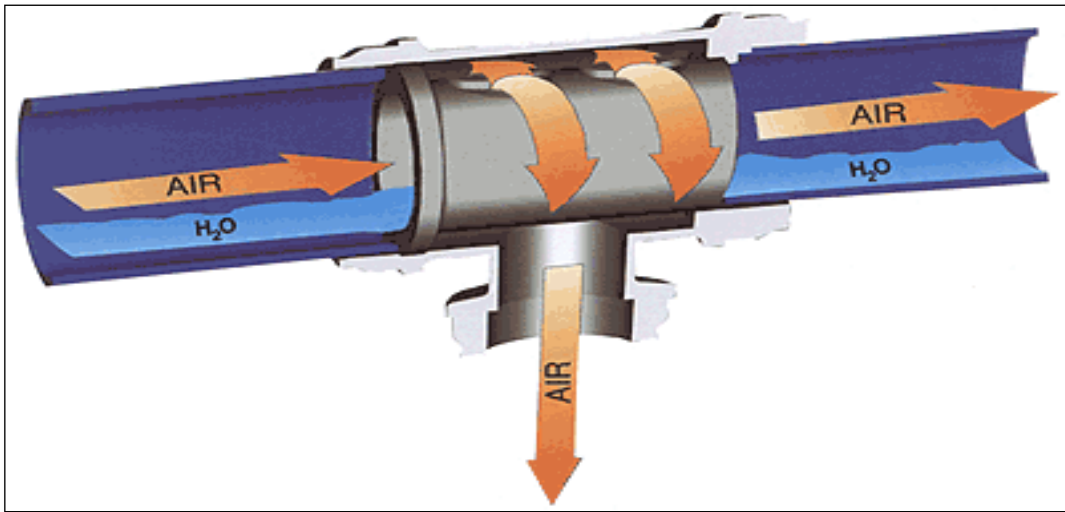
Jakeluputki otetaan yleensä niin kutsutulla joutsenkaulan avulla (kuvio 11) runkoputken päältä. Tämän avulla pois suljetaan mahdollisen lauhdeveden pääsy käyttökohteeseen ja paineilmatyökaluun. (Ellman, Hautanen, Järvinen & Simpura 2002, 61).



KUVIO 11 Yksinkertainen esimerkki paineilmaverkostosta (Mirka 2007, 60)

Joutsenkaulaa voidaan pitää vanhana, mutta varmatoimisena keksintönä veden pääsyn estämiseksi jakoputkistoon. Aignep -niminen paineilmatarvikkeiden valmistaja on kehittänyt patentoidun paineilmalähtimen (kuvio 12), joka vie paineilman käyttöpisteisiin ilman kondenssivettä. Myöhemmin vesi voidaan poistaa verkosta vaivattomasti. (Finn-

test Oy 2010, 34). Kyseisen valmistajan paineilmaliittimeen on joutsenkaula ikään kuin sisään rakennettuna.



KUVIO 12 Aignep patentoitu paineilmaliitin (Finntest Oy 2010, 34)



## 4 PAINEILMAVERKOSTON SUUNNITTELU

On tärkeää huomioida paineilmaputkiston ja tarvittavien jälkikäsitteilylaitteiden aiheuttamat painehäviöt kun mitoittaa kompressorin tuottopainetta. Paineilmatyökalujen paineilman kulutus on suoraan verrannollinen absoluuttiseen paineeseen eikä ylimääräisellä paineella saavuteta kustannuksia vastaavaa etua. Pienemmälle ilmanpaineelle mitoitettut laitteet ovat vastaavasti suurempia kooltaan ja ilmantarve vastaavasti kasvaa. Mikäli putkisto on liian pieni tarvittavaan ilmamäärään nähden, viimeisille käyttökohteille ei tule riittävästi ilmaa.

### 4.1 Käyttötarve (ilmantarve)

Uuden paineilmaverkoston käyttö tulee olemaan vain ja ainoastaan maalaamolle. Tämän vuoksi käytettävän paineilman tulee täyttää maalaamolle asetetun laatustandardin ISO 8573-1 mukainen laatuluokitus (kuvio 5, kohta D).

Uusi maalaamo tulee sisältämään kolme maalauskammiota sekä viisi esivalmistelutilaa. Huolto, pikahuolto ja korikorjaamo jäävät käyttämään vanhaa paineilmaverkostoa, jossa paineilman laatuluokitukset eivät ole niin tarkat kuin maalaamossa.

#### 4.1.1 Esivalmistelutila

Maalaamoon tulee yhteensä viisi esivalmistelutilaa (kuvio 13). Ne ovat kaikki Italialaisen Autoimpianti FAF:n valmistamia. Italialainen yritys on keskittynyt ainoastaan maalauskammioiden ja esivalmistelutiloiden (Ykkösväri Oy). Esivalmistelutilassa valmistellaan maalattava pinta hiomalla, kittaamalla ja lopuksi peittelemällä kohdat joihin ei haluta maaliumua. Myös mahdolliset pohjustus- ja tartunta-aineet työstetään tapauskohtaisesti esivalmistelutiloissa.



KUVIO 13 Autoimpianti FAF:n valmistama esivalmistelutila (Autoimpianti FAF)

Esivalmistelutiloissa on käytössä erilaisia epäkeskohiomakoneita työstettävän pinnan muodon ja materiaalin mukaan. Mirka ROS650CV (kuvio 14) on runsaasti käytössä oleva epäkeskohiomakone, jonka pyörintänopeus valmistajan ilmoittaman mukaan täydellä teholla (6,2 bar) on 12 000 kierrosta minuutissa (Mirka 2007, 59). Luonnollisesti laite toimii pienemmälläkin paineella, mutta ei tällöin maksimitehollaan. Suositeltava ilmaletkun enimmäispituus epäkeskohiomakoneelle on valmistajan ilmoittaman mukaan kahdeksan metriä. Tällä tarkoitetaan ilmaletkua jakeluputkelta työkalulle. Ilmaletkun minimisisähalkaisija on 10 mm. Ilmankulutus maksimissaan 481 l/min. (Mirka.)



KUVIO 14 Mirka ROS650CV (Mirka Ltd)

Esivalmistelutiloissa käytetään myös 3M Dynamic Mixing Gun ilmanpaineella toimivaa liimapuristinta (kuvio 15). Puristimen avulla liimaa ja kittää suuremmankin pinta-alan

helposti ja nopeasti verrattuna manuaalisesti käytettäviin kitti- ja liimatyökaluihin. Valmistajan ilmoittaman mukaan laitteen käyttöpaineen tulisi olla 6,0–8,5 bar luokkaa. (3M™.)



KUVIO 15 3M liimapuristin (3M™)

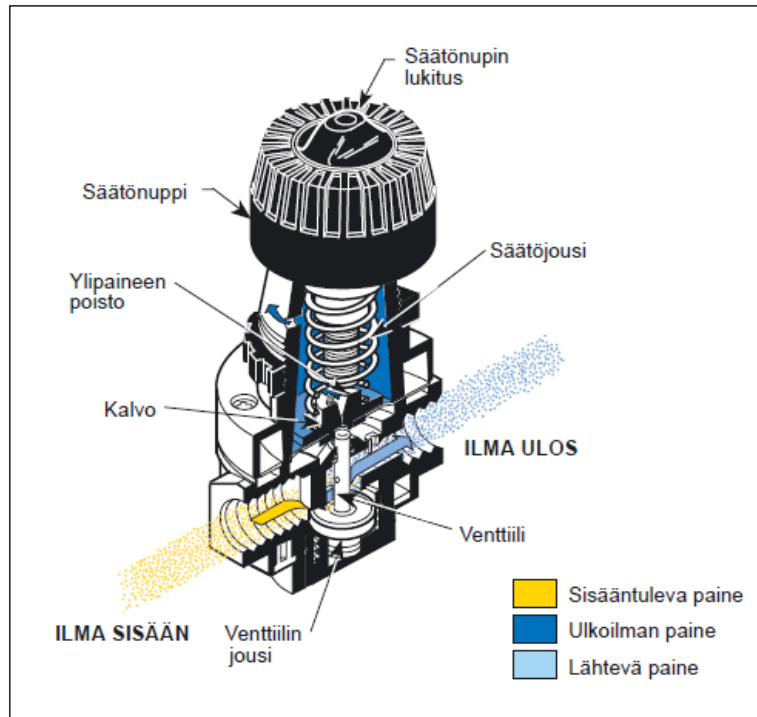
#### 4.1.2 Maalausammio

Maalaamoon hankinnassa olevat maalausammiot ovat saman valmistajan (Autoimpianti FAF) tekemiä kuin esivalmistelutilatkin. Kaikki kolme uutta maalausammiota (kuvio 16) toimitetaan valmiina kokonaisuutena suoraan perille ja asennetaan käyttövalmiiksi paikoilleen.



KUVIO 16 Autoimpianti FAF:n valmistama maalausammio (Autoimpianti FAF)

Maalausammioihin on asennettava paineensäätimet (kuvio 17) sekä veden ja öljyn erottimet. Tätä säätimestä ja erottimista muodostuvaa kokonaisuutta kutsutaan suodinsäädinyksiköksi (kuvio 21). Paineenalentimien avulla ruiskut saadaan toimimaan valmistajan ilmoittaman (optimaalisen) työpaineen mukaan. Täten maalausammioille jaettava ilma voi olla samaa paineluokkaa kuin esivalmistetiloihin jaettava.



KUVIO 17 Paineensäätimen toimintaperiaate (Tecalemit Oy, 10)

Ruiskuissa käytettävän paineilman syöttö tulee olla noin 5-8 bar luokkaa ennen veden ja öljyn erotinta, joka sijaitsee ennen ruiskuun menevää letkua. Esimerkiksi veden ja öljyn erottimia valmistama SATA suosittelee erottimiinsa 5-6 bar syöttöpainetta, jolloin laitteen toimintavarmuus on parhaimmillaan. (Salminen 2011.)

Maalausammioissa käytettävät ruiskut ovat korkealuokkaisia ja laadukkaita ammattilaiskäyttöön tarkoitettuja työkaluja. Ruiskuja on useita erilaisia (10 kpl) eri valmistajilta ja oikea ruisku valitaan aina maalattavan kohteen, materiaalin sekä ruiskutettavan aineen mukaan.

Alapuolella esitetystä kuvasta (kuvio 17) on nähtävillä kaksi DeVillbiss GTI PRO –sarjan imusyöttö ja -paineruiskua, jotka sopivat useille eri maaleille, värjäysaineille,

petsiväreille, lasitteille ja lakoille. Valmistajan ilmoittaman mukaan ruiskujen suositeltu työpaine on 2,0 bar. Kyseisellä paineella ilmavirtaus on eri suuttimesta riippuen. Esimerkiksi H1-suuttimella ilmavirtaus on 450 l/min ja T2-suuttimella 350 l/min. (DeVillbiss 2008, 14.)



KUVIO 18 DeVillbiss GTI PRO ruiskut (DeVillbiss 2008, 1)

## 4.2 Paineilman kokonaistarve ja verkoston käyttöpaine

Paineilmajärjestelmää suunniteltaessa lasketaan ensin paineilman tarve. Työkalujen valmistajat antavat tietoja työkalujen ilmantarpeesta. Nämä valmistajan antamat tiedot liittyvät yleensä jatkuvan käytön ilmantarpeeseen.

Ilmantarvetta laskiessa on aluksi aina:

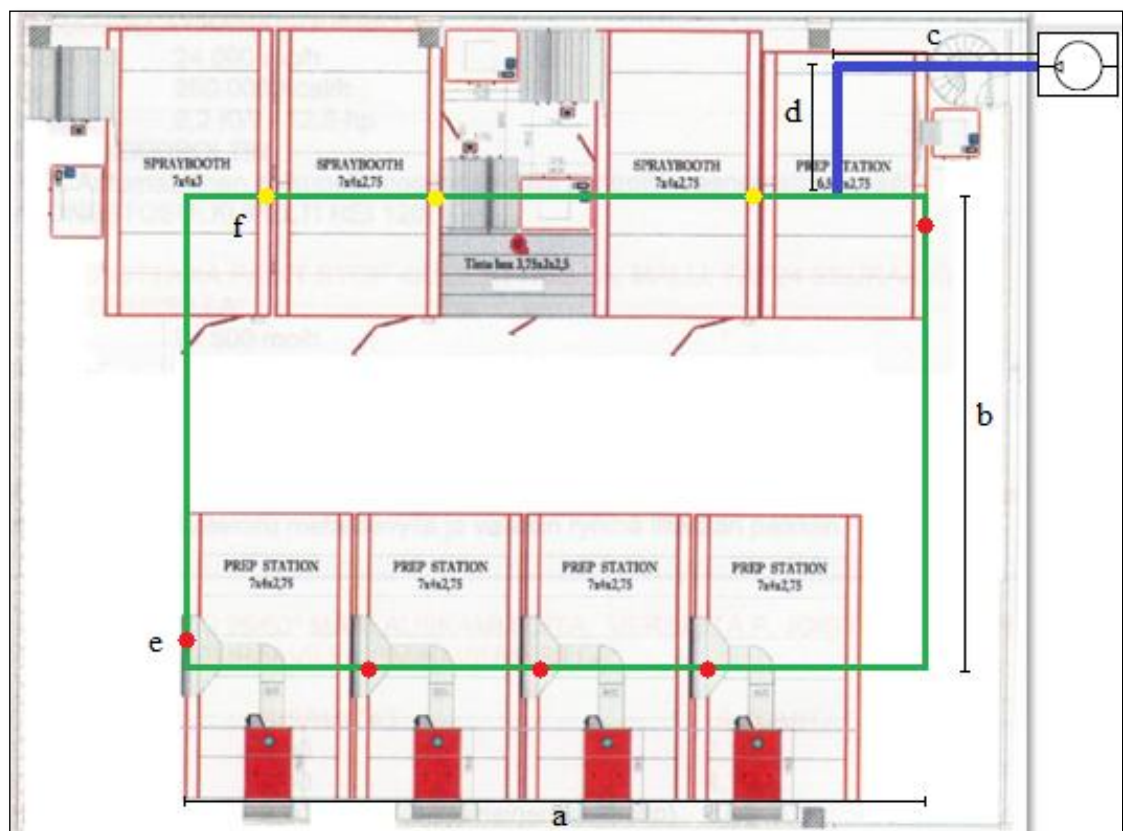
1. laadittava piirros paineilman kulutuskohteiden sijoituksesta (ks. 4.2.1)
2. selvitettävä kaikki yksittäiset ilmantarpeet (ks. 4.2.2)
3. laskettava kaikki putkipituudet (ks. 4.2.3)

### 4.2.1 Piirros paineilman kulutuskohteiden sijoituksesta

Seuraavalla sivulla esitetty kuva (kuvio 19) on muokattu pohjakuvasta (liite 2). Kuvasta käy ilmi, että maalaamon paineilma-keskus tulee olemaan maalaamohallin päädyssä seinän takana välikatolla. Paineilmakeskukseen on pääsy helposti kierreportaiden avulla.

Korkeammalle seinän taakse sijoitettu paineilmakeskus on hyvä valinta, sillä tila on tyhjänä käyttämättömänä. Lisäksi tila sijaitsee kiinteistön länsi puolella auringon lämmöltä suojassa. Korkeammalle sijoitettu paineilmakeskus mahdollistaa myös sen, että syöttöputki (sinisellä viivalla merkitty) saadaan valmiiksi samalle tasolle runkoputkien kanssa ja säästytään näin syöttöputken pituudessa.

Kuviosta 19 käy lisäksi ilmi, että paineilmaverkon malliksi on järkevintä valita rengas-malli. Kaikki jakoputkiston ulosottopisteet (8 kpl, punaisella ja keltaisella ympyrällä merkityt) sijaitsevat samalla suorakaiteen muotoisella linjalla runkoputkistossa (vihreällä viivalla merkitty) sekä samalla etäisyydellä (a ja b) vastakkaiseen ulosottopisteeseen nähden.



KUVIO 19 Paineilmaverkoston suunnittelu (muokattu pohjakuvasta liite 2)

#### 4.2.2 Selvitys työkalujen yksittäisistä ilmantarpeista

Kulutuskohteiden ilmantarve ilmoitetaan arvoina l/s, m<sup>3</sup>/min tai l/min vapaata ilmaa. Ohessa ovat kaikki tarvittavat tekniset tiedot eniten maalaamossa ilmaa kuluttavista

paineilmatyökaluista kategorioittain (taulukko 3). Tiedot ovat laitteen valmistajan ilmoittamia.

TAULUKKO 3 Paineilmalaitteiden tekniset tiedot (Mirka 2007, 59; DeVillbiss 2008, 14; 3M™)

Tekniset tiedot	Mirka ROS650CV epäkeskiohiomakone	DeVillbiss GTI PRO ruisku		3M liimapuristin
		H1-suutin	T2-suutin	
Max. ilmankulutus [l/min]	481	450	350	ei ilmoitettu
Min. käyttöpaine [bar]	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu	6,0
Max. käyttöpaine [bar]	6,2	2,0	2,0	8,5

#### 4.2.3 Putkipituuksien laskenta

Taulukossa 4 on esitetty pohjakuvasta (liite 2) mitatut tarvittavat suoran putken pituudet L. Mitat ovat suuntaa antavia, sillä pohjakuva ei ole mittakaavassa. Lisäksi taulukkoon on laskettu paineilmaverkostossa olevista mutkista, supisteista ja venttiileistä muodostuvat painehäviöt. Näiden aiheuttama kertavastus on ilmoitettu ekvivalenttina putkipituutena, jota kutsutaan vastaavuus pituudeksi. Virtausvastus putkenpituutena löytyy liitteestä 3.

TAULUKKO 4 Paineilmaverkon suoran putkiston L mitat

Käyttökohde	Putkikoko	Pituus (vastaavuus pituus)	Pituus yhteensä
Syöttöputkisto (sin.) c	¾"	1 x 5,0 m	8,5 m
Syöttöputkisto (sin.) d		1 x 3,5 m	
1 kpl putkikäyrä R		1 x 0,4 m	0,4 m
Runkoputkisto (vihr.) a		2 x 18,5 m	61,0 m
Runkoputkisto (vihr.) b		2 x 12,0 m	
4 kpl putkikäyrä R		4 x 0,3 m	1,2 m
2 kpl vedenerotin		2 x 4,0 m	8,0 m
Jakoputkisto (pun) e	½"	5 x 1,0 m	17,0 m
Jakoputkisto (kelt.) f		3 x 4,0 m	
8 kpl jakoputkenliitos		8 x 1,2 m	9,6 m
8 kpl supistus		8 x 0,4 m	3,2 m
yhteensä:			108,9 m

Jakoputkien liitännät runkoputkeen on esitetty kuviossa 19 keltaisilla (f) ja punaisilla (e) pisteillä. Sama asia on havainnollistettu kuviossa 20, mutta eri kulmasta katsottuna.



KUVIO 20 Jakoputket haarotettu runkoputkilta (Finntest Oy 2010, 34)

Maalausammioille tulevat jakoputket 3 kpl (f) toimivat ikään kuin läpivientinä maalausammiossa käytetyille ruiskuille. Liitäntään on runkoputkelta matkaa 4,0 m. Esivalmistelutiloissa 5kpl (e) tarvitaan paineilmaletkuja jakoputkiston jatkeeksi. Tämä mahdollistaa paineilmatyökalun käytön koko esivalmistelutilan pinta-alalla. Jakoputket tuodaan 1,0 m alaspäin runkoputkelta.

### 4.3 Kulutus ja kulutuksen vaihtelu

Tarvittavan ilmamäärän laskemiseen tarvitaan avuksi korjauskertoimet. Kertoimien saamisen avuksi pitää olla tiedossa käytettävien paineilmatyökalujen tiedot.

1. vaihteleva käyttöpaine:  $K_1$  (ks. 4.3.1)
2. työkalujen kuluneisuus:  $K_2$  (ks. 4.3.2)
3. käyttöaste:  $K_3$  (ks. 4.3.3)
4. yhtäaikaisuuskerroin:  $K_4$  (ks. 4.3.4)
5. vuotolisä:  $K_5$  (ks. 4.3.5)
6. laajennustarve:  $K_6$  (ks. 4.3.6)



### 4.3.1 Vaihteleva käyttöpaine: $K_1$

Paineilmatyökalujen teho on lähes samassa suhteessa absoluuttiseen paineen neliöön. Esimerkiksi kun paine laskee 700 kPa:sta 600 kPa:iin, vähenee teho suhteessa:

$$7^2 : 6^2 = 49 : 36 \approx 26 \%$$

Käyttöpainesta määräytyvä korjauskerroin on esitetty taulukossa 5.

TAULUKKO 5 Käyttöpainesta määräytyvä korjauskerroin  $K_1$

Käyttöpaine (kPa)	Korjauskerroin
500	0,80
600	1,00
700	1,20
800	1,40

### 4.3.2 Kuluneet paineilmatyökalut: $K_2$

Paineilmatyökalujen kuluneisuutta ei oteta huomioon, sillä maalaamossa käytettävät paineilmalaitteet ovat kaikki lähes uusia ja hyvin huollettuja. Korjauskerroin on tällöin  $K_2=1,05$ .

### 4.3.3 Käyttöaste: $K_3$

Paineilmatyökalut ovat harvoin käytössä kokoaikaisesti. Käyttökerroin  $K_3$  lasketaan yhtälön (2) mukaisesti. Hyväksikäyttöaste on esitetty taulukossa 6.

$$K_3 = \frac{\text{käyttöaika}}{\text{aikayksikkö}} = \text{esim. } \frac{12 \text{ s}}{60 \text{ s}} = 0,20 \quad (2)$$

TAULUKKO 6 Hyväksikäyttöaste  $K_3$ 

Paineilmatyökalu	Käyttöaste $K_3$
Epäkeskoiomakone	0,20...0,40
Ruisku	0,10...0,30
Liimapuristin	0,05...0,10

#### 4.3.4 Yhtäaikaisuuskerroin: $K_4$

Koska käytössä saattaa olla useita laitteita yhtäaikaisesti eri maalareiden kesken, voidaan maksimikulutusta arvioida niin kutsutun yhtäaikaisuuskertoimen  $K_4$  avulla (taulukko 7), jolloin maksimitarve jää merkittävästi kulutusten yhteissummaa alemmaksi. (Tamrotor Kompessorit Oy, 7.)

TAULUKKO 7 Paineilmalaitteiden yhtäaikaisuuskerroin  $K_4$ 

Paineilmatyökalujen lukumäärä	Yhtäaikaisuuskerroin $K_4$
vähemmän tai 2	0,96
4	0,90
6	0,85
8 tai enemmän	0,80

#### 4.3.5 Vuotolisä: $K_5$

Paineilmaverkoston vuotöhäviöiden kattamiseksi on paineilmajärjestelmän tehoa lisättävä noin 10 % ( $K_5=1,10$ ). Esimerkkinä paineen noustessa 6 bar > 10 bar on vuodon lisäys noin 40 %.

#### 4.3.6 Laajennustarve: $K_6$

Laajentamista ei Tammer-Autossa ole suunniteltu, mutta tämä on hyvä ottaa huomioon prosentuaalisena lisäyksenä kompressorin tuottoa määrittäessä.

Esimerkiksi, jos tuleva laajennus vaatisi 15 % lisää ilmaa.  $K_6$  on tällöin 1,15.

### 4.3.7 Paineilmatarpeen laskenta

Taulukossa 8 on laskettu edellä esitettyjen kertoimien ( $K_1$ ,  $K_2$ , jne.) avulla laskettu paineilman tarve. Saadun tuloksen perusteella pystymme mitoittamaan paineilmakompressorin ja -putkiston. Työkaluiksi laskuun on valittu eniten ilmaa kuluttavat mallit. Ulosotto pisteitä on yhteensä 8 kpl, joka rajoittaa ilmantarvetta.

TAULUKKO 8 Paineilmatarpeen laskenta kun tarvittava käyttöpaine 6 bar

Työkalu	Lukumäärä	Maksimi ilmantarve	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_{\text{laskenta-arvo}}$
Epäkeskoihiomakone	5 kpl	5 x 481 l/min	1,00	1,05	0,40	1010,10 l/min
Ruisku	3 kpl	3 x 450 l/min	1,00	1,05	0,30	425,25 l/min
yhteensä:						1435,35 l/min

Muuttuva paineilman tarve saadaan yhtälöstä (3):

$$K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_{\text{laskenta-arvo}} \quad (3)$$

$$0,85 \cdot 1,10 \cdot 1,15 \cdot 1435,35 \text{ l/min} = 1543,36 \text{ l/min}$$

### 4.4 Putkiston mitoittaminen

Paineilmaverkostossa käytettävän putken mitoittamiseen käytetään (liite 1) nomogrammeja. Nomogrammin tulkinnan avuksi tiedossa pitää olla käytettävän työpaineen arvo sekä putkiston vastaavuus pituus.

Ykkösväri Oy:n (2010, 6) tekemästä tuotekoulutusmateriaalista käy ilmi, että varmuuskertoimen  $K$  on oltava 2,5. Tuotekoulutusmateriaalissa kerrotaan, että vaikka työpaine verkostossa olisi ”vain” 6,2 bar, tulee paineilma verkoston kestää siitä huolimatta 15 bar käyttöpainetta. Tämä pitää huomioida valittavan putken seinämävahvuudessa.

Oleellista on muistaa, että virtaus putkessa pitää pysyä suunnilleen samana, otetaan ulosotto mistä vain verkosta (Lahti 2011). Olisi noloa, jos paineilma verkossa virtaus ei riittäisi ja esimerkiksi hiomakone ei toimisi suunnitellusti.

#### 4.4.1 Syöttö- ja runkoputkisto

Paineilmaputkien mitoitusta ei yleensä voi tehdä liian isolle putkihalkaisijalle. Sen sijaan liian ahtaille putkille mitoituksia tehdään turhankin usein myyntipäällikkö Lahti (2011) kertoo. Putkiston pituuden oltaessa noin 60-70 metriä, riittää kolmen vartin (R ¾”) putki hyvin runkolinjaan Lahti jatkaa. Syöttöputki voi hyvin olla samalla halkaisijalla kuin runkoputkikin Lahti muistuttaa.

Runkoputkessa tulee olla aina laskua virtaussuuntaan. Alempana olevaan päähän asennetaan magneettiventtiili, jonka avulla putken sisälle mahdollisesti kertynyt vesi voidaan poistaa automaattisesti.

Taulukossa 9 on esitetty paineilmaverkoston syöttö- ja runkoputkeen soveltuvia minimihalkaisijoita. Esitetyissä arvoissa laskentaperusteena on käytetty 6,0 bar käyttöpainetta.

#### 4.4.2 Jakoputkisto

Jakoputkia mitoittaessa tulee huomioida valmistajan ilmoittamat tekniset tiedot käytettäville toimilaitteille. Useimmiten suurin käyttöön tuleva paineilmalaitte määrää koon.

Tavanomainen jakoputken (alas oton) halkaisija on 0,5 tuumaa (R ½”). Alas oton päähän asennetaan lisäksi suodinsäädinyksikkö (kuvio 21), jonka avulla maalausammioon saadaan toimitettua suodatettua ja säädettyä ilmaa. (Lahti 2011.)



KUVIO 21 Suodinsäädinyksikkö (Tecalet Oy, 24)

Esivalmistelutiloissa olevat ulosotopisteet toteutetaan paineilmaletkukeloilla. Kelat ovat kiinnitettyinä ylös noin 3,0 metrin korkeudelle lattiapinnasta. Paineilmaletku kela muodossa mahdollistaa pitkän toimintasäteen yhdistettynä helppoon takaisinkelaukseen sekä siistiin ulkonäköön. Käytettävät paineilmaletkut ovat joustavia ja helposti sisäänkelattavia. Ulosotot standardoidaan samankokoisiksi pikaliittimien ja venttiileiden avulla vaihtokelpoisuutta, huoltoa ja kytkentää ajatellen.

TAULUKKO 9 Oikeankokoisen putkiston mitoittaminen (ROCCA Group Oy 2008, 5)

Virtaus		Paineilmakeskuksen ja loppukäyttäjän etäisyys							
l/min	m <sup>3</sup> /h	25 m	50 m	100 m	150 m	200 m	300 m	400 m	500 m
230	14	20	20	20	20	20	20	20	20
650	39	20	20	20	20	25	25	25	25
900	54	20	20	20	25	25	25	32	32
1200	72	20	20	25	25	25	32	32	32
1750	105	20	25	25	32	32	32	40	40
2000	120	25	25	32	32	32	40	40	40
2500	150	25	25	32	32	40	40	40	40
3000	180	25	32	32	40	40	40	50	50
3500	210	25	32	40	40	40	50	50	50
4500	270	32	32	40	40	50	50	50	50
6000	360	32	40	50	50	50	63	63	63
7000	420	40	40	50	50	50	63	63	63
8500	510	40	40	50	63	63	63	63	63

## 4.5 Energiategokkuus

### 4.5.1 Painehäviö putkessa

Putkiston painehäviö ( $\Delta p$ ) riippuu paineilman tilavuusvirrasta ( $Q$ ) ja paineesta ( $p$ ), putken sisähalkaisijasta ( $d$ ) ja putken vastaavuus pituudesta ( $L$ ).

Putkivirtauksen painehäviö muoviputkelle saadaan kaavalla (4).

$$\Delta p = 2,9 \cdot 10^5 \cdot Q^{1,85} \cdot \frac{L}{(d^5 \cdot p)} \quad (4)$$

Kaavoilla laskeminen jokaisen putkiston osalta on melko työlästä. Yleensä mitoituksessa käytetään laskentaohjelmia, nomogrammeja tai valmiiksi laskettuja taulukoita. Taulukossa 10 on esitetty putkiston painehäviöille lasketut valmiit arvot (Ellman ym. 2002, 63).

TAULUKKO 10 Putkiston painehäviöt (Ellman ym. 2002, 63)

Putkityyppi	Painehäviö [bar]
Jakeluputket	0,03
Runkoputket	0,05
Syöttöputket	0,02
Kokonaispainehäviö	0,10

Alla esitetyssä taulukossa (taulukko 11) on nähtävillä paineilmaletkussa oleva painehäviö. Tarkastelukohteena on 6 mm sekä 9 mm sisähalkaisijaltaan olevat letkut (Ykkösväri Oy, 2010).

TAULUKKO 11 Painehävikki paineilmaletkussa (Ykkösväri Oy, 2010)

Paineilmaletkun sisähalkaisija d (mm)	Käyttöpaine p (bar)	Painehäviö letkuissa joiden pituus on		
		5 m	10 m	15 m
6	3	0,7	1,2	1,8
	4	1,0	1,6	2,2
	5	1,3	1,9	2,5
	6	1,5	2,2	2,8
9	3	0,23	0,38	0,60
	4	0,34	0,55	0,81
	5	0,43	0,63	0,92
	6	0,60	0,80	1,10

#### 4.5.2 Virtaus putkessa

Paineilman virratessa putkistossa syntyy kitkan sekä suunnanmuutosten johdosta painehäviöitä, jotka vaikuttavat aina, kun ilmaa kulutetaan. Painehäviö putkistossa aiheuttaa

energiähäviön ja lisää näin käyttökustannuksia. Lähtökohtana pidetään, että putkessa oleva painehäviö ei saisi ylittää arvoa 0,1 bar.

Putkistossa vallitsevalla paineella on oleellinen merkitys putken halkaisijan valintaan. Paineilmaverkoston asennuskustannukset nousevat helposti suuremmiksi kuin materiaalikustannukset. Tarvittaessa suuremman putkikoon käyttäminen on usein vain eduksi, koska tällöin paineilmaverkko toimii myös säiliönä tasaten kulutushuippuja ja jopa parantaen kompressorin hyötysudetta.

Alla on esitetty kaava (5) painehäviön laskemiseksi.

$$\Delta p = \frac{f \cdot L \cdot Q^2}{d^5 \cdot p_m} \quad (5)$$

## 5 PUTKIMATERIAALIT, -KUSTANNUKSET JA VALINNAT

### 5.1 Putkimateriaalin valinta

Putkimateriaalivalinta on tehtävä riippuen paineilman tuottoarvoista, laadusta ja ympäröivistä olosuhteista. Maalaamokäyttöön tulevaan paineilmaverkostoon on valittava putket hyvin ja laadukkaasti. Putket eivät missään nimessä saa ruostua, joten edulliset metalliputket on poissuljettava. Tavallisimpia materiaaleja ovat: kupari, ruostumaton teräs, alumiini ja muovi. Muita paineilmaputkina käytettyjä materiaaleja ovat galvanoitu teräs sekä erilaisilla sisäpinnoitteilla valmistetut putket. (ROCCA Group Oy 2008, 4; Finntest Oy 2010, 34.)

Maalaamon ja paineilmakeskuksen sijaitessa sisätiloissa samassa hallissa ei paineilmaverkostolta vaadita erityistä lämpötilan tai pakkasen kestoa. Pitää kuitenkin muistaa, että vaikka useampi putkimateriaali olisi käyttötärpeeseen ja budjettiin sopiva, on materiaalien välillä eroja virtausvastuksessa. Suunniteltaessa energiatehokasta verkostoa on putkiston sisäpinta oltava sileä ja virtausvastus erittäin vähäinen. Tällöin paineilma pääsee kulkemaan putkistossa tehokkaasti. Materiaalien välisiä eroja virtausvastuksessa voidaan vertailla putken pinnan absoluuttisella karheudella (taulukko 12). (Tamrotor Kompressorit Oy, 8–10.)

TAULUKKO 12 Putkimateriaalien pinnan karheus (Direct Industry 2011; Tamrotor Kompressorit Oy, 9)

Putken materiaali ja laatu		Absoluuttinen karheus [mm]
Alumiini (kromipinnoitettu)	Uusi	0,0004...0,0006
Kupari		0,0013...0,0015
Muovi		~0,001
Teräs (saumaton)		0,02...0,06
Teräs (raakapinta)	Käytetty	0,04...0,10
Teräs (ruostunut)		0,1...0,2



### 5.1.1 Muovi (Speedfit)

Toisin kuin aluksi voisi kuvitella, muovista valmistetut paineilmaverkostot ovat nykyaikaisimmissa maalaamoissa käytetyimpiä materiaalin kestävyuden johdosta. Muoviputkia käyttämällä putken sisäinen korroosio on nolla. Myös absoluuttinen pinnan karheus muovilla on todella pieni, jonka johdosta se on äärimmäisen energiatehokas. (Salminen 2011.)

Ennen muoviputkien valinnan tyrmäsivät niiden huonot liitokset, jotka oli toteutettu joko liimaamalla tai hitsaamalla. Kumpikaan toimintatavoista ei ollut hyvä. Liimattavan version koeponnistukset päästiin tekemään vasta seuraavana päivänä asennuksesta. Hitsattavan mallin heikkous oli vaativa asennustapa. Nykyään muoviputkien liitokset ovat niin kutsutuilla pistoliittimillä. Pistoliittimet ovat pääosin ruostumattomasta teräksestä valmistetut. Siinä kappaleet kiinnitetään toisiinsa ja vedetään tyhjtä pois. Tuloksena tiivis ja luotettava liitos kerrotaan. Ulosotot ovat pääosin messinkiä. Muoville luvataan 10 bar paineenkesto lämpötilan ollessa 23 °C. (Hirvelä 2011.)

### 5.1.2 Alumini (Aignep)

ROCCA Group Oy:n (2008, 1–5) asiakaslehdessä kerrotaan, että alumini paineilmaputkissa tarjoaa laajat ominaisuudet ja on hyvä valinta. Tällaisia ominaisuuksia ovat kestävyys, yhdisteltävyys, muunnosmahdollisuudet ja siisti ulkonäkö. Putken pinta on eloksoitu, jonka vuoksi alumiinin luontainen korroosionkestävyys ja kestoikä pitenee, lehdessä kerrotaan. Tämän lisäksi lehdessä mainostetaan, että alumini on edullinen, kevyt ja helposti asennettava vaihtoehto.

Aignep paineilmaputkiston suurin sallittu paine on 15 bar. Pienin paine -0,99 bar, joten soveltuu myös alipaineputkistikoksi. Käyttölämpötila -20 ... + 80 °C. Lisäksi putkessa on sähköstaattisesti maalattu pinta. (Finntest Oy 2010, 34.)

### 5.1.3 Ruostumatonteräs

Ruostumatonta terästä voidaan pitää järeänä vaihtoehtona. Se ei kuitenkaan välttämättä ole enää uusin keksintö eikä missään nimessä energiatehokkain verrattuna muoviin tai alumiiniin. Pinnankarheus on liki 20 kertaa suurempi kuin muovilla ja lähes 50 kertainen alumiinin verrattuna.

## 5.2 Kustannukset

Ruostumattomasta putkesta tehtyjen linjojen valmistuskustannukset ovat noin 1,3 kertaiset teräsputkiin verrattuna (ProVäri). Taulukosta 13 käy ilmi, että muoviset putket ovat yli puolet alumiinisia putkia edullisempia. Hinnat sisältävät arvonlisäveron ja ovat laskettuina metriä kohden. Muovi- ja alumiiniputket toimitetaan 3 metrin ja ruostumatonteräs 6 metrin mittaisina tankoina.

TAULUKKO 13 Putkimateriaalien hintavertailuja (Hirvelä 2011; Pitkänen 2011)

Putken ulkohalkaisija sekä seinävahvuus (RST)	Valmistemateriaali		
	Muovi	Alumiini	Ruostumatonteräs
18 mm	5,54 €/m	13,01 €/m	-
21,3 mm x 2,0 mm	-	-	8,10 €/m
22 mm	6,97 €/m	14,51 €/m	-
26,9 mm x 2,0 mm	-	-	10,33 €/m
28 mm	11,07 €/m	22,51 €/m	-
33,5 mm x 2,0 mm	-	-	12,40 €/m

Prosentuaalisesti laskettuna paineilmaverkosto alumiinista on 45 % arvokkaampi toteuttaa kuin muovista ja 33 % arvokkaampi toteuttaa kuin ruostumattomastateräksestä. Toki pitää huomioida, että suorien putkien lisäksi verkoston rakentamiseen kuluu lukuisia liittimiä, supisteita, tulppia ja kiinnikkeitä.

### 5.3 Tehdyt valinnat

Kuten voidaan todeta, niin maalaamo käyttöön tulevassa paineilmajärjestelmässä on monta muuttujaa. Paineilmaverkoston mitoittamisessa ja suunnittelemisessa tulee ottaa huomioon useita asioita. Alla on kerättynä oleellisimpia.

- Luotettavan ja taloudellisen paineilmaverkoston tunnusmerkkejä ovat kompressoriaseman ja paineilmatyökälun välinen pieni painehäviö, mielellään alle 0,1 bar. Tämän mahdollistaa riittävän suuri putkihalkaisija, sileät putket sekä yksinkertainen rakenne.
- Järjestelmän paine, määrä ja laatu vaikuttavat putkimateriaaleihin.
- Paineilmajärjestelmässä ei saa olla vuotoja, joka on helposti toteutettavissa yksinkertaisen rakenteen, luotettavien ja laadukkaiden liitosten/liittimien avulla (putkien liittäminen toisiinsa hitsauksen avulla lienee tiivein vaihtoehto, mutta ehdottomasti vaikein huollettava).
- Vaikka kohde olisi mitoitettu lattiapinta-alaltaan jo täyteen, voi myöhemmin paineilmaverkostoon tulla silti laajentamistarvetta. Tämä on hyvä huomioida.
- Järjestelmää ei kannata ikinä mitoittaa ”liian” tarkasti. On aina parempi mitoittaa hieman yläkanttiin. (Lahti 2011.). Sama asia pätee myös käytettäviin suodattimiin.

Maalaamon vanha suorapaineilmaverkko on pääosin toteutettu kupariputkesta. Vanhoja kupariputkia ei tulla uudelleen käyttämään, sillä putken sisäpinnan laadusta ei ole täyttä varmuutta. Voidaan olettaa, että vuonna 1987 asennetut kupariputket ovat hilseilleet, menettäneet parhaat virtausominaisuutensa ja olisivat riski uudessa paineilmaverkostossa.

Paineilmakompressoriksi valitaan ruuvikompressor, jonka tuotto on vähintään lasketun 1550 l/min verran. Paineilmasäiliöksi valitaan malli, jonka voimaluku on alle kolme. Lisäksi on hyvä investoida hieman enemmän ja valita valmiiksi varusteltu säiliömalli. Kompressorin liitetään paineilmasäiliöön joustavan yhdysletkun avulla (R  $\frac{3}{4}$ ”).

Putkimateriaaliksi valitaan alumiini. Aignep kromipinnoitettu alumiiniputki mahdollistaa uskomattoman pienen virtausvastuksen. Lisäksi valmistajan patentoitu keksintö auttaa siirtämään mahdollisesti syntyvän kondenssiveden pois ilman pelkoa veden joutumi-

sesta työkaluun. Putki kestää varmuuskertoimen asettaman 15 bar (toisin kuin muoviputki, jolle valmistajan ilmoittama  $p_{\max}$  on 10 bar). Hinta materiaalivalinnalle ei ole edullisin, mutta sijoitus on pitkäikäinen ja tuotteesta on kuulunut pelkästään hyvää muilta käyttäjiltä.

Syöttöputkeksi riittää hyvin R 3/4". Lähtö runkoputkelle paineilmasäiliöltä on samalla korkeudella. Runkolinjan esisuodattimet asennetaan paineilmasäiliön jälkeiseen syöttöputkeen ennen adsorptiokuivainta.

Öljynerotussuodattimien suositeltava asennuspaikka on adsorptiokuivaimen jälkeen. Suodattimet poistavat paineilmassa olevaa vettä ja öljyä parhaiten, kun ne asennetaan viileään paikkaan välikatolle paineilma-keskukseen. Suodatin valitaan maksimivirtauksen ja minimipaineen mukaan. Suodatin on aina hyvä ylimitoittaa.

Suodattimien valinnassa ei kannata nuukailla. Hyvä ja laadukas suodatin on arvokas, mutta välttämätön valinta maalaamossa. CORA Refinish Oy:n avainasiakaspäällikkö Jani Salmisen (2011) kertoman mukaan, paineilmalaittevalmistajan SATA -puhdistimet puhdistavat paineilman hiukkasista, vedestä ja öljystä 99,998 prosenttisesti.

Runkoputken malliksi valitaan ympyrämalli. Putken kokona käytetään samaa R 3/4" kuin syöttöputkella. Mutkat ja liitokset toteutetaan laadukkaista komponenteista. Putki kiinnitetään kattorakenteeseen kiinteästi. Osa vanhan verkoston kiinnikkeistä voidaan käyttää uudelleen.

Jakoputkisto otetaan runkoputkelta metrin verran alaspäin esivalmistelutiloissa käytettyille paineilmaletkukeloille. Maalausammioille matkaa tulee 4,0 m alaspäin. Jakoputken koko R 1/2".

Paineilmaletkukeloiksi (5kpl) valitaan 10 mm sisähalkaisijaltaan olevat 8 m pitkät kääntyvällä kiinnikkeellä olevat 15 bar kestävät letkukelat. Tämä takaa hyvän ja turvallisen vaihtoehdon paineilmatyökalun käytölle. Kyseinen valinta täyttää myös kaikki valmistajan asettamat vaatimukset.

## **5.4 Saavutetut edut**

### **5.4.1 Vuotuinen käyttöaika**

Paineilmakompressorin käydessä jatkuvasti täydellä tuotolla, on pienikin hyötysuhteen ero ratkaiseva taloudelliselta kannalta. Käyntiaika täydellä tuotolla vaikuttaa myös itse kompressorin mekaaniseen ja toiminnalliseen kestävyYTEEN. Tästä seuraa taas arvokkaat huoltokustannukset ja mahdollinen seisokki.

Tammer-Auton kohdalla kompressorin vuotuinen käyttöaika ei ole lähellekään koko vuotta (8760 tuntia). Maalaamo on auki arkipäivisin kello 7:30 - 16:00, joka tekee noin 2096 tuntia vuotta kohden. Mahdolliset ylityöt ja omien autojen laittoillat kompensoivat juhlapyhistä muodostuvia vapaapäiviä.

### **5.4.2 Energiatehokkuus**

Lähtökohtana uutta paineilmaverkosta voidaan pitää energiatehokkaana vanhaan paineilman jakelutapaan verrattuna. Uusi verkosto on räätälöity yhteen ja tiettyyn käyttötarkoitukseen. Laatustandardit on tarkkaan huomioitu. Paineilmaputket ovat kiinteistön yhdessä ja samassa hallissa. Putkirakenne on valittu yksinkertaiseksi ja materiaaliksi varmasti yksi tämän hetken energiatehokkaimmista vaihtoehdoista.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Ihminen kiinnittää ensimmäiseksi huomion ulospäin näkyvään asiaan. Oli kyse sitten talojen kohdalla julkisivusta tai uimarannan kohdalla vesistön kirkkaudesta ja hiekkarannan kunnosta. Auton kohdalla se on muoto, väri ja viimeistelytaso. Maalaamossa tehtävät työt ovat yksi näkyvimmistä osa-alueista asiakkaalle. Täten maalaamohanketta voidaan pitää erittäin tärkeänä uudistuksena yritykselle.

Paineilmajärjestelmän suunnittelu on tarkkaan mietittävä ja laskettava. Putkistojen ja suodattimien mitoitus on aina mitoitettava ennemmin yläkanttiin kuin liian pieniksi. On todella tärkeää myös muistaa kuunnella työntekijöiden mielipiteitä. Hehän siellä lopulta työskentelevät ja käyttävät suunniteltuja laitteistoja.

Käytettävät materiaalit pitää olla huippuluokkaa ja vain ammattikäyttöön tarkoitettuja. Maalaamo, jossa maalataan noin 200 autoa kuukauden aikana, ei tule toimeen tavalliselle kuluttajalle tarkoitetuilla työkaluilla ja tarvikkeilla. Tämän vuoksi putkimateriaalin tulee olla vaihtoehto, joka 100 % varmuudella pitkäkestoinen, tiivis ja luotettava.

### 6.1 Tulevaisuuden näkymät?

Uusi maalaamohankeprojekti on vasta suunnittelu- ja harkinta-asteella. Rahoitusta on alustavasti kyselty, mutta mitään vastauksia ei ole tullut suuntaan eikä toiseen. Tämän lisäksi maalaamoprojekti hieman jäänyt paikoilleen makaamaan, sillä Tammer-Autossa on ollut menossa muitakin uudistuksia ja investointeja.

Toyotan markkinaosuus Pirkanmaan seudulla on hyvä ja vakaa. Toyota oli vuonna 2010 myydyin automerkki kyseisellä seudulla. Tämän vuoksi Toyota Tammer-Autossa riittää töitä ja kysyntää. Tämä puolestaan johtaa siihen, että toimitilat Hatanpään valtatie 38:ssä jäivät väkisin liian pieniksi ja on jouduttu laajentamaan.

Noin kilometrin päästä (Lokomon kulma) hankittiin lisää korjaamotilaa tammikuussa 2011. Ylöjärvelle Elovainioon avattiin uusi huoltopiste maaliskuussa 2011. Henkilökuntaa on täytynyt palkata ja kouluttaa lisää. Alkuvuoden 2011 aikana Tammer-Autossa on aloittanut yhteensä kahdeksan uutta työntekijää, joista 5 kpl huoltoasentajia ja 3 kpl huollon työnjohtajia.

## LÄHTEET

- 3M™. Dynamic Mixing System Products. Luettu 16.2.2011.  
[http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en\\_US/3MAutomotive/Aftermarket/Products/Product-Catalog/?PC\\_7\\_RJH9U5230GE3E02LECFDQCEK3\\_nid=WLNCN047F3gsFDKXQL309JglSG4ZJ66KQKbl](http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/3MAutomotive/Aftermarket/Products/Product-Catalog/?PC_7_RJH9U5230GE3E02LECFDQCEK3_nid=WLNCN047F3gsFDKXQL309JglSG4ZJ66KQKbl)
- Autoimpianti FAF. 2010. Cabina forno per la verniciatura autovetture. Luettu 17.1.2011. <http://www.fafimpianti.it/cabvern.html>
- Autoimpianti FAF. 2010. Prep station per la preparazione alla verniciatura. Luettu 17.1.2011. <http://www.fafimpianti.it/prepst.html>
- Bruhn, B. & Nordin, K. 1980. Paineilmalaitteiden asennus- ja kunnossapito. Espoo: Mecman.
- DeVillbiss GTI PRO – imusyöttö ja -paineruiskut. 2008. Käyttöohjekirja.
- Direct Industry. 2011. News: Pneumatic: Cylinders, Pumps, Solenoid Valves. Luettu 28.2.2011. <http://news.directindustry.com/press/pneumatics-cylinders-pumps-solenoid-valves-V.html>
- Ekopinta Oy. 2007. Öljynerottimien mitoittaminen. Luettu 4.2.2011.  
<http://www.ekopinta.fi/tiedostot/erottimet/Oljynerottimien%20mitoittaminen.pdf>
- Ellman, A., Hautanen, J., Järvinen, K. & Simpura, A. 2002. Pneumatiikka. Helsinki: Edita Prima Oy
- Finntest Oy. 2010. Autokorjaamolaitteet ammattilaisille. Tuoteluettelo.
- Hirvelä, A., 2011. Puhelinkeskustelu kevät 2011. ProVäri. Salo.
- Hämeen Laitehuolto Oy. Paineilmanhuoltolaitteet. Luettu 4.2.2011.  
<http://www.hameenlaitehuolto.fi/>
- Inomaa, I. 2010. Korikorjausprosessi. Korikorjaamon työnjohtajan erikoisammattitutkinto. TTS-Työtehoseura. Korikorjausprosessin näyttötyö.
- Inomaa, I. 2011. Taloudellinen toiminta. Korikorjaamon työnjohtajan erikoisammattitutkinto. TTS-Työtehoseura. Korikorjausprosessin näyttötyö.
- Jokinen, I. 2011. Opetushallitus. Metallimaalausmenetelmän valinta. Luettu 27.1.2011.  
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/metallituotemaalaus/osa1.pdf>
- Lahti, J. Myyntipäällikkö. 2011. Puhelinkeskustelu kevät 2011. Tecalemit Oy. Vantaa.
- Mirka. 2007. 12,000 RPM 125 mm (5”) & 150 mm (6”) Epäkeskhiomakoneet. Käyttöohjekirja.

Mirka Ltd. Epäkeskokoneiden tekniset tiedot. Luettu 16.02.2011.  
[http://www.mirka.fi/oheistuotteet/epakeskokone\\_ROS650CV\\_teknisettiedot](http://www.mirka.fi/oheistuotteet/epakeskokone_ROS650CV_teknisettiedot)

Motiva Oy. 2005/2006. PATE-analyysi – Paineilman energia-analyysimalli. Luettu 12.1.2011. [http://www.motiva.fi/files/313/Paineilman\\_energia-analyysi\\_raportti\\_paivitys\\_060125\\_uusi.pdf](http://www.motiva.fi/files/313/Paineilman_energia-analyysi_raportti_paivitys_060125_uusi.pdf)

Penttinen, P. 2009. Teollisuuden paineilmaenergia-analyyseissä havaittujen säästötoimenpiteiden toteutusaste ja saavutettu säästö. Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta. Energiatekniikanlaitos. Diplomityö.

Pitkänen, A., 2011. Puhelinkeskustelu kevät 2011. Temeko Oy. Hämeenlinna

ProVäri. Muoviset ja alumiiniset Speedfit paineilmaputkistot. Hinnasto. Luettu 10.2.2011. <http://www.provari.fi/esite/joghin.pdf>

ROCCA Group Oy. 2008. Asiakaslehti 2/2008. Luettu 16.2.2011. [http://www.rocca-group.com/upload/julkaisut/pdf/paineilmasanomat\\_kesakuu08.pdf](http://www.rocca-group.com/upload/julkaisut/pdf/paineilmasanomat_kesakuu08.pdf)

ROCCA Group Oy. Yleisimmän paineilmastandardit. Luettu 26.1.2011.  
[http://www.rocca-group.com/fi/palvelu\\_tyokalut/standardit.html](http://www.rocca-group.com/fi/palvelu_tyokalut/standardit.html)

Salminen, J. Avainasiakaspäällikkö. 2011. Sähköpostikeskustelu kevät 2011. CORA Refins Oy. Vantaa.

Sarlin Oy Ab, Paineilman jälkikäsitteily. Luettu 17.1.2011.  
<http://www.sarlin.com/?Deptid=6454>

Suomalainen, L. 2002. Paineilma-opas. Teoksessa Motiva Oy. Luettu 14.2.2011.  
<http://www.energiansaastoviikko.fi/midcom-serveattachmentguid-c365c98759f77ac231ec7f232e2e09bd/Teo-paineilma-opas-net.pdf>

Tamrotor Kompessorit Oy. Paineilmajärjestelmien suunnittelu. Luettu 13.1.2011.  
[http://www.compressor.fi/www/media/EsitePDF/Paineilmajarjestelmien\\_suunnittelu.pdf](http://www.compressor.fi/www/media/EsitePDF/Paineilmajarjestelmien_suunnittelu.pdf)

Tecalemit Environment Oy, 2010. Hyvää paineilmaa. Luettu 23.2.2011.  
<http://www.tecalemit.fi/files/File/PDF/Hyvaapaineilmaa2010.pdf>

Tecalemit Oy. Wilkerson paineilman huoltolaitteet 6/2006. Luettu 23.2.2011.  
<http://www.tecalemit.fi/layout/dokumentit/1174637294-Wilkerson.pdf>

Ykkösväri Oy. Maalauskammiot ja esivalmistelutilat. Luettu 17.1.2011.  
<http://www.ykkosvari.fi/maalaus.htm>

Ykkösväri Oy. 2010. Kunnan työkaluja työntekoon. Tuotekoulutus. Koulutusmateriaali PowerPoint.







Putkenosa	Vastaava suoran putken pituus L [m]													
	Putken sisähalkaisija d [mm]													
	13	16	20	25	40	50	80	100	125	150	200	250	300	400
Palloventtiili, täysin auki	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,6	1,0	1,3	1,6	1,9	2,6	3,2	3,9	5,2
Kalvoventtiili, täysin auki	0,8	1,0	1,2	1,6	2,5	3,0	4,5	6	8	10	-	-	-	-
Lautasvastaventtiili, täysin auki	2,0	2,4	3	1	6	7	12	15	18	22	30	36	-	-
Istukkaventtiili, täysin auki	4,0	4,1	6	7,5	12	15	24	30	38	45	60	-	-	-
Vastaventtiili, täysin auki	1,0	1,3	1,6	2,0	3,2	4,0	6,4	8	10	12	16	20	24	32
Putkikäyrä, R = 2d	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,6	1,0	1,2	1,5	1,8	2,4	3,0	3,6	4,8
Putkikäyrä, R = d	0,2	0,3	0,3	0,4	0,6	0,8	1,3	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	4,8	6,4
Kulma 90°	0,8	1,0	1,2	1,5	2,4	3,0	4,5	6,0	7,5	9	12	15	18	24
T-putki, läpivirtaus	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	1,0	1,3	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0
T-putki, virtaus sivuun	0,8	1,0	1,2	1,5	2,4	3,0	4,8	6,0	7,5	9	12	15	18	24
Supistus	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	2,0	2,5	3,1	3,6	4,8	6,0	7,2	9,6
Vedenerotin	2,0	2,4	3	4	6	7	12	15	18	22	30	-	-	-
T-jakoputki	0,8	1,0	1,2	1,5	2,4	3,0	4,8	6,0	7,5	9	12	15	18	24
Jakoputken liitos	0,8	1,0	1,2	1,5	2,4	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Jakoputken liitos joutsenkaulalla	1,3	1,6	2,0	2,5	4	5	-	-	-	-	-	-	-	-
Putkikäyrä	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,2	1,5	1,8	2,4