



Esa-Pekka Paavola

Vesiohenteisten maalien nopeutettu kuivuminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

17.4.2024

Tiivistelmä

Tekijä: Esa-Pekka Paavola
Otsikko: Vesiohenteisten maalien nopeutettu kuivuminen
Sivumäärä: 78 sivua + 88 liitettä
Aika: 17.4.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine: Materiaali- ja pinnoitetekniikka
Ohjaajat: Lehtori Juha Kotamies
Toimitusjohtaja Jari Viikki

Tämän opinnäytetyön päätavoitteena oli tutkia ja selvittää, voidaanko vesiohenteisten maalien kuivumista nopeuttaa lämpötilaa nostamalla. Maalaustyön lisäksi työn ko-keellisen osuuden aikana maalatuille koelevyille sekä kohdeyritys Ergo-Kalusteet Oy:n itse maalaamille levyille tehtiin maalikalvon yleisimmät ominaisuuden testaukset.

Työn aikana perehdyttiin yleisellä tasolla eri maaleihin, ja tarkempi selvitys tehtiin vesi- ja liuotinohenteisille maaleille sekä niiden välisille eroavuuksille. Työssä tehtiin myös kirjallinen selvitys maalityöskentelyn työterveys- ja työturvallisuuteen, maalien VOC-päästöihin sekä maalijätteisiin ja niiden hävittämiseen liittyen.

Lopputuloksena työstä syntyi pohja tuleville jatkotutkimuksille, joiden avulla Ergo-Kalusteet Oy voi tulevaisuudessa tehdä tarkempia tutkimuksia maalien kuivumisproses- siin liittyen ja tarvittaessa rajata niitä helpommin omiin tavoitteisiinsa sopiviksi.

Avainsanat: lämpötila, suhteellinen ilmankosteus, kuivumisaika

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Esa-Pekka Paavola
Title: Accelerated Drying of Water-Solvent Paints
Number of Pages: 78 pages + 88 appendices
Date: 17 April 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Biotechnology and Chemical Engineering
Professional Major: Materials Technology and Surface Engineering
Supervisors: Juha Kotamies, Senior Lecturer
Jari Viikki, Chief Executive Officer

The aim of this thesis was to investigate whether increasing the temperature can accelerate the drying of waterborne paints. Additionally, the most common properties of the paint film were tested on painted test panels and on panels painted by the target company, Ergo-Kalusteet Oy.

During the project, an overview of various types of paints was provided, with a detailed analysis of water-based and solvent-based paints and their distinctions. The project also involved conducting a written survey on occupational health and safety risks, volatile organic compound (VOC) emissions from paints, and the disposal of paint waste.

The final outcome of the project serves as a preliminary basis for future studies. This will enable Ergo-Kalusteet Oy to conduct more detailed studies of the paint drying process in the future and, if necessary, to narrow them down more easily according to their own objectives.

Keywords: temperature, relative humidity, drying time

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Maalit	2
2.1	Maalien koostumus	3
2.1.1	Sideaineet	4
2.1.2	Liuotteet	5
2.1.3	Ohenteet	6
2.1.4	Pigmentit	6
2.1.5	Apuaineet	9
2.2	Maalityypit	9
2.2.1	Alkydimaalit	9
2.2.2	Akryyli- ja akrylaattimaalit	10
2.2.3	Epoksimaalit	11
2.2.4	Polyuretaanimaalit	11
2.2.5	Öljymaalit	12
2.2.6	Epäorgaaniset maalit	12
3	Liuotinohenteisten ja vesiohenteisten maalien eroavuudet	14
3.1	Maalien koostumuksien eroavuudet	15
3.2	Maalien ominaisuuseroavuudet	15
3.3	Maalien maalausmenetelmät	16
3.3.1	Manuaaliset maalausmenetelmät	16
3.3.2	Mekaaniset maalausmenetelmät	17
3.4	Maalien kuivumistyytit	18
3.4.1	Fysikaalinen kuivuminen	18
3.4.2	Kemiallinen kuivuminen	20
4	Maalikalvon yleisimmät ominaisuudet ja tarkastusmenetelmät	21
4.1	Maalikalvon paksuus	21
4.2	Maalikalvon visuaalinen tarkastelu	22
4.3	Maalikalvon kovuus	23
4.4	Maalikalvon irtoamiskestävyys	24
4.5	Maalikalvon väri ja kiilto	25

5	Liutin- ja vesiohenteisien maalien työterveys ja -turvallisuus	27
5.1	Liutin- ja vesiohenteisien maalien maalaamisen työterveys ja siihen liittyvät riskit	27
5.2	Liutin- ja vesiohenteisien maalien maalaamisen työturvallisuus ja mahdolliset riskit	28
6	Liutin- ja vesiohenteisien maalien VOC-päästöt	29
6.1	Maalien liuottimien VOC-päästöt	30
6.2	Liutin- ja vesiohenteisien maalien VOC-päästöjen erot	31
7	Liutin- ja vesiohenteisien maalien jätteiden käsitteleminen	32
8	Työn kokeellinen osuus	33
8.1	Koekappaleiden esikäsittely, pohja- ja pintamaalausprosessi	34
8.2	Maalikalvon ominaisuuksien määrittäminen	39
8.2.1	Maalikalvon märkä- ja kuivakalvonpaksuuden määrittäminen	40
8.2.2	Maalikalvon silmämääräinen tarkastelu	42
8.2.3	Maalikalvon naarmuuntumiskovuuden määrittäminen	42
8.2.4	Maalikalvon irtoamiskestävyyden määrittäminen	44
8.2.5	Maalikalvon värin ja kiillon määrittäminen	45
9	Tulokset ja niiden tarkastelu	47
9.1	Maalattujen koelevyjen märkäkalvopaksuuden tulokset	48
9.2	Maalien nopeutetun kuivatusprosessin tulokset	51
9.3	Koelevyjen kuivakalvopaksuusmittauksien tulokset	57
9.4	Maalikalvon silmämääräisen tarkastelun tulokset	59
9.5	Naarmuuntumiskovuus-mittauksien tulokset	59
9.6	Irtoamiskestävyysskoeken mittaustulokset	61
9.7	Maalikalvon värinmittaustulokset	63
9.8	Maalikalvon kiillonmittaustulokset	66
10	Yhteenveto	69
	Lähteet	71
	Liitteet	
	Liite 1. Laboratoriomaalaamon olosuhteiden mittaustulokset	

- Liite 2. Tikkurila Helmi-pohjamaali koelevyerän 1 märkäkalvopaksuudet
- Liite 3. Tikkurila Helmi-pohjamaali koelevyerän 2 märkäkalvopaksuudet
- Liite 4. Tikkurila Helmi-pohjamaali koelevyerän 3 märkäkalvopaksuudet
- Liite 5. Tikkurila Helmi-pohjamaali koelevyerän 4 märkäkalvopaksuudet
- Liite 6. Tikkurila Helmi-pohjamaali uusintakoelevyerän 4 märkäkalvopaksuudet
- Liite 7. Tikkurila valkoisen Helmi-pintamaalin koelevyerän 1 ja 2 märkäkalvopaksuudet
- Liite 8. Tikkurila valkoisen Helmi-pintamaalin koelevyerän 3 ja 4 märkäkalvopaksuudet
- Liite 9. Tikkurila valkoisen Helmi-pintamaalin uusintakoelevyerän 4 märkäkalvopaksuudet
- Liite 10. Tikkurila mustan Helmi-pintamaalin koelevyerän 1 ja 2 märkäkalvopaksuudet
- Liite 11. Tikkurila mustan Helmi-pintamaalin koelevyerän 3 ja 4 märkäkalvopaksuudet
- Liite 12. Teknos Teknocoat Aqua Primer 1866–10 pohjamaali koelevyerän 1 märkäkalvopaksuudet
- Liite 13. Teknos Teknocoat Aqua Primer 1866–10 pohjamaali koelevyerän 2 märkäkalvopaksuudet
- Liite 14. Teknos Teknocoat Aqua Primer 1866–10 pohjamaali koelevyerän 3 märkäkalvopaksuudet
- Liite 15. Teknos Teknocoat Aqua Primer 1866–10 pohjamaali koelevyerän 4 märkäkalvopaksuudet
- Liite 16. Teknos Teknocoat Aqua Primer 1866–10 pohjamaali uusinta koelevyerän 4. märkäkalvopaksuudet
- Liite 17. Teknos Teknocoat Aqua 2588–22 valkoisen pintamaalin koelevyerän 1 ja 2 märkäkalvopaksuudet
- Liite 18. Teknos Teknocoat Aqua 2588–22 valkoisen pintamaalin koelevyerän 3 ja 4 märkäkalvopaksuudet
- Liite 19. Teknos Teknocoat Aqua 2588–22 valkoisen pintamaalin uusinta koelevyerän 4 märkäkalvopaksuudet
- Liite 20. Teknos Teknocoat Aqua 2588–22 mustan pintamaalin koelevyerän 1 ja 2 märkäkalvopaksuudet

- Liite 21. Teknos Teknocoat Aqua 2588–22 mustan pintamaalin koelevyerän 3 ja 4 märkäkalvopaksuudet
- Liite 22. Suhteellisen ilmankosteuden teoreettinen muutos lämpötilan suhteen
- Liite 23. Lämpökaapin lämpötilan ja laskennallisen suhteellisen ilmankosteuden arvot
- Liite 24. Helmi-pohjamaalin teoreettiset ja kokeellisen osuuden mittauksen kuivumisajat
- Liite 25. Teknos Teknocoat Aqua Primer pohjamaalin teoreettiset kuivumisajat ja kokeelliset mittaussajat
- Liite 26. Tikkurila Helmi valkoisen pintamaalin teoreettiset kuivumisajat ja kokeelliset mittaussajat
- Liite 27. Teknocoat Aqua valkoisen pintamaalin teoreettiset kuivumisajat ja kokeelliset mittaussajat
- Liite 28. Tikkurila Helmi musta pintamaalin teoreettiset kuivumisajat ja kokeelliset mittaussajat
- Liite 29. Teknocoat Aqua musta pintamaalin teoreettiset ja kokeellisen osuuden mittauksen kuivumisajat
- Liite 30. Tikkurilan ja Teknoksen vesiohenteisten maalien kuivumisen mittaustulokset
- Liite 31. Referenssikoelevyjien kuivakalvopaksuuden mittaustulokset
- Liite 32. Tikkurila valkoiset koelevyt, koe-erän 1 ja 2 kuivakalvopaksuusmittaustulokset
- Liite 33. Tikkurila valkoiset koelevyt, koe-erän 3 ja 4 kuivakalvopaksuusmittaustulokset
- Liite 34. Tikkurila valkoiset koelevyt, uusintakoe-erän 4 kuivakalvopaksuusmittaustulokset
- Liite 35. Teknos valkoiset koelevyt, koe-erän 1 ja 2 kuivakalvonpaksuusmittaustulokset
- Liite 36. Teknos valkoiset koelevyt, koe-erän 3 ja 4 kuivakalvonpaksuusmittaustulokset
- Liite 37. Teknos valkoiset koelevyt, uusintakoe-erän 4 kuivakalvonpaksuusmittaustulokset
- Liite 38. Tikkurila mustat koelevyt, koe-erän 1 ja 2 kuivakalvonpaksuusmittaustulokset

Liite 39. Tikkurila mustat koelevyt, koe-erän 3 ja 4 kuivakalvonpaksuusmittaustulokset

Liite 40. Teknos mustat koelevyt, koe-erän 1 ja 2 kuivakalvonpaksuusmittaustulokset

Liite 41. Teknos mustat koelevyt, koe-erän 3 ja 4 kuivakalvonpaksuusmittaustulokset

Liite 42. Referenssilevyjen naarmuuntumiskovuuden mittaustulokset

Liite 43. Tikkurila valkoisen koelevyerän 1 ja 2 naarmuuntumiskovuuden mittaustulokset

Liite 44. Tikkurila valkoisen koelevyerän 3 ja 4 naarmuuntumiskovuuden mittaustulokset

Liite 45. Tikkurila valkoisen koelevyerän 4 uusinnan naarmuuntumiskovuuden mittaustulokset

Liite 46. Teknos, valkoisen koelevyerän 1 ja 2 naarmuuntumiskovuuden mittaustulokset

Liite 47. Teknos, valkoisen koelevyerän 3 ja 4 naarmuuntumiskovuuden mittaustulokset

Liite 48. Teknos, valkoisen koelevyerän 4 uusinnan naarmuuntumiskovuuden mittaustulokset

Liite 49. Tikkurila, mustan koelevyerän 1 ja 2 naarmuuntumiskovuuden mittaustulokset

Liite 50. Tikkurila, mustan koelevyerän 3 ja 4 naarmuuntumiskovuuden mittaustulokset

Liite 51. Teknos, mustan koelevyerän 1 ja 2 naarmuuntumiskovuuden mittaustulokset

Liite 52. Teknos, mustan koelevyerän 3 ja 4 naarmuuntumiskovuuden mittaustulokset

Liite 53. Referenssin koelevyjen hilaristikko tulokset

Liite 54. Tikkurila, valkoiseksi maalatun koelevyerän 1, 2 ja 3 hilaristikkokokeen mittaustulokset

Liite 55. Tikkurila, valkoiseksi maalatun koelevyerän 4 ja 4 uusinnan ja mustaksi maalatun koelevyerän 1 hilaristikkokokeen mittaustulokset

Liite 56. Tikkurila, mustaksi maalatun koelevyerän 2, 3 ja 4 hilaristikkokokeen tulokset

Liite 57. Teknos, valkoiseksi maalattujen koelevyerän 1, 2 ja 3 hilaristikkokokeen tulokset

Liite 58. Teknos, valkoiseksi maalatun koelevyerän 4 ja 4 uusinnan ja mustaksi maalatun koelevyerän 1 hilaristikkokokeen tulokset

Liite 59. Teknos, mustaksi maalatun koelevyerän 2, 3 ja 4 hilaristikkokokeen tulokset

Liite 60. Valkoisen referenssikoelevyn värinmittaus tulokset.

Liite 61. Tikkurila valkoisen koelevyerän 1 värinmittaustulokset

Liite 62. Tikkurila valkoisen koelevyerän 2 värinmittaustulokset

Liite 63. Tikkurila valkoisen koelevyerän 3 värinmittaustulokset

Liite 64. Tikkurila valkoisen koelevyerän 4 värinmittaustulokset

Liite 65. Tikkurila valkoisen uusintakoelevyerän 4 värinmittaustulokset

Liite 66. Teknos valkoisen koelevyerän 1 värinmittaustulokset

Liite 67. Teknos valkoisen koelevyerän 2 värinmittaustulokset

Liite 68. Teknos valkoisen koelevyerän 3 värinmittaustulokset

Liite 69. Teknos valkoisen koelevyerän 4 värinmittaustulokset

Liite 70. Teknos valkoisen uusintakoelevyerän 4 värinmittaustulokset

Liite 71. Mustan referenssikoelevyn värinmittaus tulokset

Liite 72. Tikkurila mustan koelevyerän 1 värinmittaustulokset

Liite 73. Tikkurila mustan koelevyerän 2 värinmittaustulokset

Liite 74. Tikkurila mustan koelevyerän 3 värinmittaustulokset

Liite 75. Tikkurila mustan koelevyerän 4 värinmittaustulokset

Liite 76. Teknos mustan koelevyerän 1 värinmittaustulokset

Liite 77. Teknos mustan koelevyerän 2 värinmittaustulokset

Liite 78. Teknos mustan koelevyerän 3 värinmittaustulokset

Liite 79. Teknos mustan koelevyerän 4 värinmittaustulokset

Liite 80. Referenssinäytelevyjien kiillonmittauksen tulokset

Liite 81. Tikkurila valkoisen koelevyerän 1, 2 ja 3 kiillonmittauksen tulokset

Liite 82. Tikkurila valkoisen koelevyerän 4 ja uusintakoelevyerän 4 kiillonmittauksen tulokset

Liite 83. Teknos valkoisen koelevyerän 1, 2 ja 3 kiillonmittauksen tulokset

Liite 84. Tikkurila valkoisen koelevyerän 4 ja uusintakoelevyerän 4 kiillonmittauksen tulokset

Liite 85. Tikkurila mustien koelevyerän 1 ja 2 kiillonmittauksen tulokset

Liite 86. Tikkurila valkoisen koelevyerän 3 ja 4 kiillonmittauksen tulokset

Liite 87. Teknos mustien koelevyerän 1 ja 2 kiillonmittauksen tulokset

Liite 88. Teknos valkoisen koelevyerän 3 ja 4 kiillonmittauksen tulokset

Lyhenteet

- ATEX:** Atmosphères explosibles, yhteisnimitys räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettävien laitteiden ja tuotteiden koskevalle lainsäädännölle, joiden pohjana EU:n asettamat direktiivit (94/9/EY) ja (1999/92/EY) toimivat.
- CIELAB:** Commission Internationale de l'Eclairage LAB, kansainvälinen valaistuskomission kehittämä kolmiulotteinen väriavaruusmalli, jota käytetään teollisuudessa värisävyjen tunnistamiseen L-, a- ja b-väriarvopisteiden avulla.
- HTP:** Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet, erilaisten haitallisten aineiden ohjeraja-arvot, jotka on määritelty hengityksen kautta tapahtuvana altistumisena työpaikan ilman epäpuhtauksille.
- ISO:** International Organization for Standardization, kansainvälinen standardisoimisjärjestö, joka tuottaa ja välittää kansainvälisesti eri aloilla käytettäviä yhtenäistettyjä ohjeistuksia järjestön jäseninä oleville kansallisille standardisoimisjärjestöille.
- SCE:** Specular Component Excluded, spektrofotometrisen värimittauslaitteen värianalyysi, missä mittauslaite suorittaa värianalyysin ilman kiiltokomponenttia.
- SCI:** Specular Component Included, spektrofotometrisen värimittauslaitteen värianalyysi, missä mittauslaite suorittaa värianalyysin kiiltokomponentin kanssa.
- SFS:** Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, Suomen standardisoinnin keskusjärjestö, joka on kansainvälisen standardisoimisjärjestön ISON jäsen.

- UV: Ultraviolettisäteily, lyhyen aallonpituuden sähkömagneettisista säteilyä, joka voi olla peräisin esimerkiksi auringosta, ultravioletti-lampusta tai loisteputkesta.
- VOC: Volatile Organic Compound, helposti haihtuvat orgaaniset yhdisteet, joukko kemiallisia orgaanisia yhdisteitä, jotka reagoidessaan ilmakehän typen oksidien ja muiden yhdisteiden kanssa, muodostavat ihmisten terveydelle haitallista savusumua.

1 Johdanto

Maalit ovat nykypäivänä merkittävässä osassa todella monella eri teollisuuden alalla, minkä vuoksi ne ovat isossa roolissa arkissakin asioissa. Maali on yksi pintakäsittelyaineista, joita käytetään esim. huonekalujen, ajoneuvojen, rakennusten pintojen ja muiden erilaisten pintojen tai materiaalien suojaamiseen sekä niiden ulkonäön parantamiseen.

Opinnäytetyössä oli tavoitteena selvittää, voisiko vesiohenteisien maalien kuivumisprosessia olla mahdollista nopeuttaa keinotekoisesti lämpötilaa nostamalla. Tavoitteen taustalla ovat pinnoiteteollisuuden alati tiukkenevat säädökset, joita EU sekä Ergo-Kalusteet Oy:n omat yritysasiakkaat ovat asettaneet yrityksen tuotteille. Yrityksen omana tavoitteena on vaihtaa pois tällä hetkellä maalaukseen käytetyistä liuotinohenteisistä maaleista vesiohenteisiin sekä nähdä, olisiko yrityksen tuotantoprosessia mahdollista muuttaa siten, että yrityksen ei tarvitsisi rakennuttaa uutta erillistä varastointitilaa vesiohenteisella maalilla maalattujen kappaleiden kuivattamista varten. Työn kokeellisessa osuudessa lämpötilan nostamisella nopeutettua kuivatusta testattiin Teknos Oy:n ja Tikkurila Oy:n vesiohenteisille maaleille, jotka valittiin kohdeyrityksen ehdotuksen mukaisesti.

Työn aihe on saatu Kuopion Karttulassa 1988 vuonna perustetulta Ergo-Kalusteet Oy-yritykseltä, joka työllistää noin 18 henkilöä. Ergo-Kalusteet Oy:n palveluihin kuuluu mm. kalusteiden ja komponenttien suunnittelu, valmistus, toimitus sekä tarpeen vaatiessa niiden asennus asiakkaan tarpeiden ja suunnittelun lähtökohtien mukaan. Yrityksen tuotteisiin kuuluvat erilaiset yksittäiset kalusteet leirillaisiin eri tiloihin, kalustekokonaisuudet, kaiutinkotelot, hygieniakalusteet sekä Corian-materiaalista valmistetut kalusteet ja komponentit. Yrityksellä on käytössä tuotannossaan laaja skaala erilaisia materiaaleja, joihin lukeutuvat puu, laminaatit ja levy materiaalit, komposiitit, metallit sekä muovit. [1.]

Luvussa 2 työssä esitellään maalit yleisellä tasolla, niiden koostumus, erilaiset markkinoilla saatavilla olevat maalityypit sekä maalien erilaiset levitysmenetelmät. Luvuissa 3 ja 4 käsitellään tarkemmin liuotinohenteisten sekä

vesiohenteisten maalien koostumuksien eroavaisuuksia, maaleissa käytettäviä ohenteita, maalien kuivumismekanismeja sekä kalvoille yleisimmin tehtävät omaisuusientestausmenetelmät. Luvuissa 5, 6 ja 7 on esitetty liuotin- ja vesiohenteisten maalien työturvallisuuteen ja -terveyteen, maalien VOC-päästöihin liittyviä eroja sekä maalijätteiden käsittelyä. Luvussa 8 ja 9 on esiteltynä opinäytetyön aikana tehdyn kokeellisen osuuden aikana tehty maalaustyö, työhön käytetyt menetelmät, tarvikkeet ja muut välineet sekä maalikalvon ominaisuusmittauksien tulokset. Työn lopussa esitellään opinäytetyön lopputulos sekä yhteenveto siitä, saavutettiinkö työlle asetetut tavoitteet, sekä mahdollisia jatkotoimenpiteitä.

2 Maalit

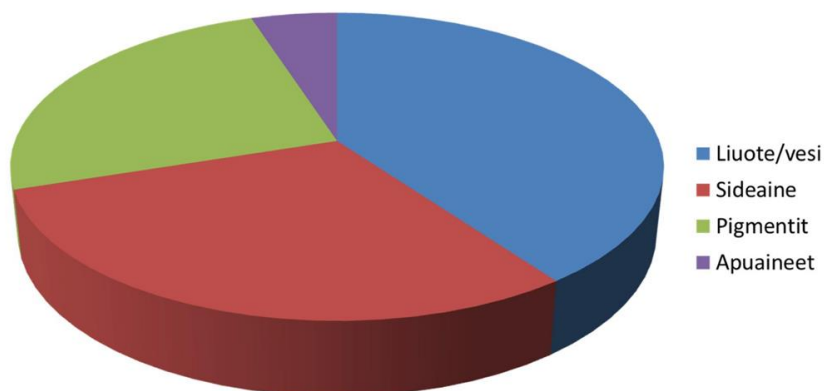
Maalit ovat joukko kemiallisia tuotteita, jotka kuivuessaan muodostavat kiinteän ja pintaa suojaavan kalvon. Maalien suuren määrän vuoksi, ne lajitellaan usein joko sideaineen, liuottimen, värin tai kuivumismekanismin perusteella. Maalit ovat ajan saatossa muuttuneet ja kehittyneet valtavasti, jolloin niiden käyttökohdeiden määrä on laajentunut valtavasti. Alkujaan maalit olivat koostumukseltaan yksinkertaisia, niiden nestemäisenä pohjana toimi usein rasvapitoinen neste, jonka joukkoon oli sekoitettu luonnosta saatuja pigmenttejä. Nämä pigmentit oli usein valmistettu luonnosta löytyvistä kasveista tai materiaaleista, kuten keltaokrasta, liidusta tai noesta. [2.]

Nykypäivän maalit ovat hyvin pitkälti kemiallisesti valmistettuja yhdisteitä, jotka voivat sisältää luonnollisia tai synteettisiä pigmenttejä. Maalien joukkoon kuuluvat myös lakat, joiden erona on, että lakat eivät sisällä lainkaan peittäviä värillisiä pigmenttejä. Nykypäivänä maaleja käytetään todella laajasti useilla eri aloilla, kuten ilmailu, rakennus ja arkkitehtuuri, auto- ja elektroniikkateollisuudessa. Muita tärkeitä teollisuuden kohteita ovat merenkulku, lääketiede, armeija, optiset, farmaseuttiset, puolijohde- ja tekstiilisovellusten alat. Nykypäivän teknologian ansiosta voidaan maaleilla maalata todella laaja kirjo erilaisia materiaaleja, kuten erilaisia puumateriaaleja, muoveja, metalleja, keraameja, betonia, luonnonkiveä, kankaita, kuituja, lasia, paperia, pahvia sekä asfalttia. [3.]

Kehityksen myötä maaleilta on voitu alkaa vaatia tiettyjä erityisominaisuuksia, jotka kohdistuvat usein maalien omiin käyttöominaisuuksiin, kuten peittävyys, kiiltoon, väriin, värin haalistumiseen, kulutuksen- ja kemiallisten aineiden kestävyys. [4.] Maalientuottajat ovat myös tuoneet markkinoille erikoiskäyttötarkoituksiin suunniteltuja maaleja, kuten sienentorjunta, paloa hidastavat tai lämmönkestävät maalit [5].

2.1 Maalien koostumus

Maalituotteet koostuvat usein sideaineesta, liuotteesta, lisäaineesta ja pigmentistä. Maalien eri ainesosien määrät voivat vaihdella pakoittain erityyppisten maalien välillä. Niiden koostumuksesta lähes puolet muodostuu liuottimesta tai vedestä, jotka antavat maaleille niiden nestemäisen koostumuksen. Seuraavaksi eniten maalit sisältävät sideainetta, joka voi olla synteettinen polymeeri tai jokin muu epäorgaaninen yhdiste. Loppuosa maalien koostumuksesta muodostuu erilaisista pigmenteistä ja apuaineista. Maalit voivat kuitenkin myös olla täysin liuotteettomia. Näistä maaleista käytetään yleisesti nimitystä jauhemaali tai kuivamaali. Maalien ainesosien lisäksi maalien kanssa käytetään usein erilaisia ohenteita laskemaan maalien viskositeettia maalin helpompaa levittämistä varten. Yleisesti katsottuna kuitenkin maalit jaotellaan usein vesi- ja liuotinohteisiin maaleihin. Kuvassa 1 on esitettyä yleisellä tasolla maalien sisältämien ainesosien määrät.



Kuva 1. Maalien yleinen koostumus [7.]

Kuvassa 1 esitetyt eri ainesosien määrät vaihtelevat usein sen perusteella, minkä tyyppisestä maalista on kyse, sillä esimerkiksi täysin liuotteettomissa tai suuriainepitoisissa maaleissa sideaineen osuus on huomattavasti suurempi kuin yleisimmin käytetyissä vesi- ja liuotinhenteisissä maaleissa.

2.1.1 Sideaineet

Maalin ainesosista tärkein rooli on sideaineella, jonka tehtävänä on tartuttaa maali pinnoitettavaan alustaan, muodostaa suojaava kalvo maalatulle pinnalle maalin kuivuttua, sekä parantaa maalikalvon säänkestävyyttä, lämpötilavaihtelun kestävyyttä, vedenkestävyyttä ja kemikaalien kestoja. [6; 7.] Yleensä maalien sideaineet ovat joko orgaanisia tai synteettisiä isomolekyylisiä polymeerejä eli muoveja tai reaktiokykyisiä lakkahartseja. Sideaine muodostaa usein kalvon pinnoitettavan alustan päälle maalin sisältämän liuottimen haihduttua tai molekyyliketjujen tartuttua toisiinsa. [7.]

Maaleissa yleisimmät käytetyt sideaineet ovat

- alkydihartsi
- akryylihartsi
- lateksi
- fenolihartsi
- uretaanihartsi
- epoksihartsi
- erilaiset luonnon öljyt.

Sideaineet voidaan karkeasti jaotella niiden kuivumismekanismien mukaisesti joko fysikaalisesti kuivuviin tai kemiallisesti kuivuviin. Näistä kemiallisesti kuivuvat sideaineet voidaan yleisellä tasolla jaotella vielä kolmeen alaryhmään sideaineiden kemiallisen reaktion perusteella. Yleisimmät näistä ovat yksikomponentti sideaineet ja kaksikomponentti sideaineet, joiden lisäksi kemiallisesti kuivuviin sideaineisiin lukeutuvat kosteuskuivuvat, UV-kuivuvat ja muut epäorgaaniset sideaineet, kuten kalkki, sementti ja silikaatti. [7.]

2.1.2 Liuotteet

Liuote muodostaa maalien koostumuksesta isoimman osan, joka ajan saatossa haihtuu pois maalin joukosta. Liuotteiden tehtävänä on tehdä maalista helpommin levittyvä, kostuttaa maalattava pinta, liuottaa maalin sisältämä sideaine, edesauttaa maalien tasoittumista ja levittyvyyttä sekä kuivumisnopeutta. Yleisesti maaleissa käytetään liuotteena vettä tai orgaanista ainetta, jotka ovat usein orgaanisia kemiallisia yhdisteitä. Orgaaniset liuotteet ovat kuitenkin lähes aina sekoite tai useamman orgaanisen aineen yhdistelmiä. Taulukossa 1 on esitettyä maaleissa yleisimmin käytetyt orgaaniset liuotteet. [4; 8.]

Taulukko 1. Maalien yleisimmät orgaaniset liuotteet [8.]

Maaleissa yleisimmät käytetyt orgaaniset liuotteet	
Hiilivedyt	Alifaattiset (lakkabensiini, puhdistettu bensiini), aromaattiset (ksyleeni, tolueeni), muut (tärpätti)
Alkoholit ja eetterialkoholit	Butanoli, isopropanoli, etanoli, etyyliglykoli
Esterit	Etyyliasettaatti, butyyliasettaatti
Ketonit	Asetoni, metyyli-isobutyyliektoni
Muut	tärpätti

Liuotteet voidaan sideaineen tavoin jakaa usealla eri tavalla esim. aktiiviliuotteisiin, latenttiliuotteisiin ja ohenteisiin. Maalien liuotteet voidaan jakaa myös niiden kemiallisen koostumuksen mukaan tai haihtumisnopeuden perusteella. Maalituottajat ovat viime vuosikymmenen aikana alkaneet hitaasti korvaamaan maalien sisältämiä orgaanisia liuotteita vedellä. Kuitenkin monet maaleissa käytetyt sideainepolymeerit eivät liukene suoraan veteen, minkä vuoksi vesiohenteisten maalien joukossa on usein pieniä määriä orgaanisia liuottimia joukossa.

2.1.3 Ohenteet

Ohenteet ovat kemiallisia liuottimia, joita käytetään maaleissa liuotteiden ohella. Ohenteita käytetään usein silloin, kun maalien viskositeettia tai käyttöominaisuuksia on tarve parantaa. Ohenteiden avulla voidaan parantaa kylmien maalien valumista ja levittymistä tai helpottaa huokoisten pintojen maalaamista. Yleisimmät käytetyt ohenteet ovat mm. lakkabensiini, tinneri, tärpätti. Lateksi- tai akryylimaalien tapauksessa ohenteena käytetään yleisesti vettä, kun taas öljymaalien kanssa käytetään ohenteena pellavaöljyä tai muuta vastaavaa luonnon öljyä. Maaleja käytettäessä on tärkeää selvittää, mikä ohenne sopii minkäkin tyyppiselle maalille. Mikäli maali ohennetaan vääranntyyppisellä ohenteella maali voi muuttua täysin käyttökeltottomaksi, esimerkiksi aiheuttamalla maalin saostumisen. [8.]

2.1.4 Pigmentit

Maalien pigmentit ja erilaiset apuaineet muodostavat lopun osan maalien koostumuksesta. Pigmentit eli väriaineet ovat maalien joukkoon lisättäviä hienojakoisia kiinteitä ja sideaineeseen liukenemattomia jauheita. Pigmentit dispergoidaan maalien valmistusprosessin aikana sideaineen joukkoon. Mikäli maali ei sisällä yhtään värillisiä pigmenttejä, maalia kutsutaan tällöin lakaksi. Maalit voivat myös sisältää värittömiä pigmenttejä, jolloin niitä puolestaan kutsutaan kuultomaleiksi. Pigmenttien toiminta perustuu jauheiden omaisuuteen, missä jauhepartikkelit heijastavat osan näkyvän valon säteilystä takaisin. [9.]

Pigmenttien kannalta tärkeimpiä ominaisuuksia ovat

- peittokyky
- väri ja kiilto
- tiheys
- partikkelikoko
- valonkesto ja UV-kestävyys
- kemikaalienkesto
- korroosionestokyvyn parantaminen. [9.]

Pigmentit vaikuttavat suuresti maalien peittokykyyn, joka puolestaan on riippuvainen maalien sisältämän pigmentin ja sideaineen taitekerrointen erosta ja partikkelikoosta. Muita maalin peittokykyyn vaikuttavia tekijöitä ovat kalvonpaksuus, alustan eri maalikerrosten värien voimakkuuserot sekä valon absorboituminen maalikalvoon. Maaleissa käytettyjen pigmenttien partikkelikoot voivat vaihdella 0,1–1 µm:stä aina 1 mm:iin asti. Pigmentit jaotellaan lähes aina orgaanisiin ja epäorgaanisiin pigmentteihin. Orgaaniset pigmentit ovat usein synteettisiä tai täysin luonnollisia väriaineita, minkä vuoksi ne ovat huomattavasti kalliimpia kuin epäorgaaniset pigmentit. [9.]

Epäorgaaniset pigmentit sen sijaan koostuvat usein eri metalleja sisältävistä hiukkasista, joita puolestaan saadaan eri maalajikkeista. Orgaanisten pigmenttien parhaimpia puolia ovat pigmenttien puhtaus, kirkkaat värisävyt ja kevyempi paino, mutta niiden säikestävyyden, kemikaalinkestävyys ja korroosioestokyvyn parantavuus ovat huonompia kuin epäorgaanisten. Epäorgaanisten pigmenttien hyviä puolia ovat niiden halpa hinta, hyvä sään ja kemikaalien kestävyys sekä hyvä peittävyys. Tosin pigmenttien huonona puolena ovat pigmenttien suurempi paino, värisävyjen likaisuus ja pigmenttien myrkyllisyys. Monien epäorgaanisten pigmenttien käyttö on vähentynyt vuosien saatossa alati tiukentuvien ympäristö- ja työturvallisuussäädöksiensä takia. Tämä puolestaan on ajanut pigmenttien tuottajia kehittämään uusia, vähemmän myrkyllisiä vaihtoehtoja. [4; 9.]

Pigmentit voidaan jakaa myös toisella tavalla väri-, korroosionesto- tai apupigmentteihin eli täyteaineisiin. Taulukossa 2. on esiteltyä maaleissa yleisimmin käytetyt epäorgaaniset ja orgaaniset värit ja värinantavat komponentit. [4; 9.]

Taulukko 2. Maaleissa yleisimmät käytetyt pigmentit [9.]

Maalien väripigmentit	
Pigmentin väri	Pigmentti
Valkoinen	Titaanioksidi (rutiili ja anataasi)
Punainen	Rautaoksidipunainen, toluidinpunainen, liitu, orgaaniset punaiset pigmentit (synteettinen rautaoksidi)
Keltainen	Rautaoksidikeltainen, HANSA-keltainen, nikkelititaani, lyijykromaatti, orgaaniset keltaiset pigmentit (monoarylide, isoindolini)
Musta	Rautaoksidimusta, nokimusta, hiilimusta, orgaaniset mustat pigmentit ym.
Vihreä	Kromioksidivihreä, ftalovihreä, kuparikarbonaatinvihreä, orgaaniset vihreät pigmentit ym.
Sininen	Koboltinsininen, ftalosyanidinsininen, indantronsininen, mangaaninsininen, kuparikarbonaatsininen
Korroosionestopigmentit	
Pintaa passivoivat	Lyijymönjä, sinkkikromaatti, sinkkifosfaatti, bariummataboraatti, sinkkimolybdaatti ym.
Katodisesti suojaavat	Sinkkipöly, sinkkifosfaatti
Apupigmentit eli täyteaineet	
Lehtimäiset	Rautakiille (MIOX), alumiinikiille
Muut	Raskassälpä, talkki, kalsiitti, silikaatti, kaoliini, bariumsulfaatti

Yllä esitetyistä pigmenteistä korroosionestopigmentit ovat maalaamotyöntekijöiden kannalta haitallisimpia, sillä usein korroosionestokyvyn parantamiseen tarkoitetut pigmentit ovat myrkyllisiä ihmisille. Ne myös puolestaan tekevät maalattavien kappaleiden käsittelystä vaikeampaa työntekijöille. Pigmentteihin kuuluu

myös joukko metallihohtoisia ja muita erikoispigmenttejä. Näiden pigmenttien käyttökohteet ovat todella rajallisia tai muuten hyvin tarkasti säädeltyjä. Näihin kuuluvat mm. autoteollisuudessa käytettävät metallinhohtopigmentit ja helmiäispigmentit. [4.]

2.1.5 Apuaineet

Maalien joukkoon lisätään usein myös apuaineita eli lisäaineita, joilla on tarkoitus parantaa maalien eri ominaisuuksia. Apuaineet myös helpottavat maalien valmistusta, pidentävät maalien käyttöikää, helpottavat maalaamista ja parantavat maalikalvon ulkonäköä, kuten kiiltoa. Maalien joukkoon voidaan lisätä pienissä määrin kostuttimia, dispergointiapuaineita, maalin nauhoittumista estäviä apuaineita, paksuntajia, vaahtoamisenestoaineita tai UV-suoja-aineita. Maalien joukkoon voidaan myös käyttötarkoituksen mukaan lisätä esim. biosideja, joilla voidaan maalattavaa rakennetta vaurioittavien eliöiden, kuten homesienien tai levän kasvaminen. Apuaineet voidaan maalin muiden ainesosien mukaan jaotella, kuinka apuaine vaikuttaa maaliin ennen maalausta tai maalauksen jälkeen, tai ne voidaan luokitella niiden vaikutuksien mukaan. [9.]

2.2 Maalityypit

Maalien suuren määrän ja erilaisten käyttökohteiden vuoksi maalit jaotellaan usein niiden sisältämien sideaineiden mukaan. [7.] Maalit voidaan myös jaotella käyttötarkoituksen mukaan pohja-, väli-, pinta-, korroosionestomaaleihin- tai pinnan viimeistelyyn tarkoitettuihin maaleihin. Työstettävä pinta voidaan käsitellä useammalla maalilla tarvittaessa, mutta tällöin on tärkeää selvittää maalien yhteensopivuus ennen työn aloittamista. Maalit voivat olla joko yksikomponentti- tai kaksikomponenttimaaleja tai täysin liuotteettomia eli jauhemaaleja.

2.2.1 Alkydimaalit

Alkydimaalit ovat yksikomponenttisiä maaleja, joiden sideaineena toimii niiden nimen mukaisesti alkydihartsit. Alkydihartsit itsessään koostuu polyestereistä,

joita saadaan monista eri luonnon öljyistä, kuten esimerkiksi pellavaöljystä, soijaöljystä tai mäntyrasvahapoista. [10.] Alkydimaalien alkydihartseissa käytettävä rasvahappo vaihtelee ilmakehävyyden, polttomaalattavan ja happokovettuvan välillä. [11.] Maalien valmistusvaiheessa käytetty öljytyyppi ja öljyn määrä vaikuttavat merkittävästi alkydimaalien ominaisuuksiin. Maalien hyviä ominaisuuksia ovat erinomainen tartunta, korkea kiiltoaste sekä hyvä veden-, kosteuden- ja korroosionkestävyys. [12.] Huonoina puolina ovat maalin liuotteesta haihtuvat yhdisteet eli VOC- yhdisteet, maalin kellastuminen UV-säteilyn vaikutuksesta sekä niiden matala korroosionestokyky. Alkydimaalien yleisimmät käyttökohteet ovat sisätilojen erilaiset pinnat, erilaiset metalliset pinnat sekä emalilasi- ja lasitavat. Alkydimaaleja on nykypäivänä saatavilla liuotin- sekä vesiohenteisina. [12; 13.]

2.2.2 Akryyli- ja akrylaattimaalit

Akryylimaalit ovat yksikomponenttisiä maaleja, joissa niiden sideaineena on käytetty akryylihartsi. [10.] Akryylihartsi on yleensä valmistettu joko akryylimonomereista, vinyylisetaattista tai polyakrylaatista, minkä takia hartsit voivat sisältää useampaa eri polymeeriä. Akryylimaalit voivat olla sekä liuotin- että vesiohenteisia, joista vesiohenteiset akryylimaalit ovat nykypäivänä yleisimpiä ja käytetyimpiä. Hyvänä puolena vesiohenteisissä akryylimaalissa on, että niitä voidaan ohentaa vedellä, työkalut ja tarvikkeet voidaan puhdistaa vedellä, ne kuivuvat huomattavan nopeasti ja niiden haju on paljon miedompi kuin liuotinhohteisten maalien. Akryylimaalien päälle voidaan myös tarvittaessa maalata toinen kerros, kun aikaisempi maali kerros on kuivunut, niiden hyvän peitettävyyden ansiosta. Huonoina puolena akryylimaalissa on lähinnä sen lyhyt leviytisaika. [14.] Akryylimaalit käytetään lähinnä sisätila pintojen, kuten esim. huonekalujen tai kaapistojen maalaamiseen niiden huonon säänkestävyyden vuoksi. [15.]

Akrylaattimaalit ovat akryylimaalien tavoin lähes aina yksikomponenttisiä, niiden sideaineena toimii akryylimaalien tavoin akryylihartsi. [10.] Vaikka akryyli- ja akrylaattimaalien sideaine onkin sama, ne ovat ominaisuuksiltaan erilaisia. Akrylaattimaaleja on nykypäivänä saatavana sekä vesi- että liuoteohenteisina.

Maalin hyviin ominaisuuksiin kuuluvat sen hyvä tartuntakyky, värin ja kiillon pysyvyys, vesihöyrynläpäisevyys ja kulutuksen-, veden- ja puhdistuksenkestävyys. Akrylaattimaaleja maaleja voidaan käyttää varsin monipuolisesti sekä ulkopintojen kuin erilaisten sisäpintojen maalaamiseen. [14; 16.]

2.2.3 Epoksimaalit

Epoksimaalit ovat kaksikomponenttisiä lateksiakryyli- ja epoksihartsia sisältäviä maaleja. [18.] Epoksihartsit ovat monipuolinen ryhmä erilaisia prepolymeereja ja polymeereja, jotka sisältävät usein epoksiryhminä tunnettuja glysidyyli- ja oksiraaniryhmiä. Näitä hartseja saadaan raakaöljystä tai orgaanisista raaka-aineista reaktiivisen prosessien avulla, joissa on mukana epoksidia. [18.] Epoksimaalit eroavat yksikomponenttisistä maaleista sillä, että epoksihartsit vaatii kovettumiseen erillisen kovetteen, joka lisätään maalin joukkoon ennen maalauksen aloittamista. Epoksimaaleja on saatavilla sekä liuotin- että vesiohenteisena. Yleisimmät epoksin maalaamisessa käytetyt kovetteet ovat erilaiset amiinit, anhydritit, fenolit ja tiolit. [19; 20.] Epoksihartsit ja sen kanssa käytettävä kovete vaikuttavat maalikalvon ominaisuuksiin eri tavoilla, mutta yleisesti epoksimaalit tunnetaan niiden hyvästä kemikaalien-, korroosion-, kosteudenkestävyydestä sekä mekaanisen rasituksen kestävydestä. Muita hyviä puolia ovat epoksipintojen helppo puhdistaminen, pitkä kestävyys sekä monipuolinen päälle maalatavuusominaisuus. Epoksimaalien huonoja puolia taas ovat sen rajallinen maalaus aika (pot-life), UV-valoherkkyys, maalikalvon liukkaus sekä maalikalvon hankala poistaminen. [21.] Epoksi maaleja voidaan käyttää varsin monipuolisesti erilaisten pintojen suojaamiseen, esim. julkisten tilojen lattiat, tehtaitten lattiapinnat, steriilien ympäristöjen lattiat sekä erilaisten teollisuus laitteistojen pintojen suojaamiseen. [22.]

2.2.4 Polyuretaanimaalit

Polyuretaani- eli PU-maalit ovat maaleja, joiden sideaineena toimii polyesteri-, akryyli- ja epoksihartsien yhdistelmä. Yleensä PU-maalit ovat kaksikomponenttisiä liuotin- tai vesiohenteisiä, mutta maaleja on myös saatavilla

yksikomponenttisina tai täysin liuotteettomina. [12.] Kaksikomponenttisten maalien tapauksessa maalin kanssa käytettävä kovete usein alifaattinen tai aromaattinen isosyanaatti. [12; 23.] Yksikomponenttiset polyuretaanimaalit ovat usein vesiohenteisia, jolloin ne kuivuvat joko tullessaan kosketuksiin ilman kosteuden tai hapen kanssa. [12.] Täysin liuotteettomat polyuretaanimaalit kuivataan yleisesti lämmön avulla joko uunissa tai lämpökaapissa. [24.] Maalin hyviin ominaisuuksiin kuuluvat maalin hyvä kosteuden-, sään-, UV-säteilynkestävyys, maalin tarttuvuus sekä sen värin ja kiillon pysyvyys. [25; 26.] Polyuretaanimaalien huonoihin puoliin lukeutuvat mm. maalien rajallinen maalaus aika (pot-life), maalista haihtuvan liuotteen muodostamat höyryt, maalin syttyvyys, huono lämmönkestävyys sekä maalien korkea hinta. [26.] Polyuretaanimaalien käyttökohteita ovat mm. erilaiset lattiapinnat, lentokoneet, teollisuuden laitteet ja koneistot, metalliset katot sekä tuulivoimalat. [27.]

2.2.5 Öljymaalit

Öljymaaleiksi kutsutaan lähes poikkeuksetta yksikomponenttimaaleja, joissa sideaineena toimii yleensä jonkinlainen luonnon öljy tai keinotekoisesti muokattu öljy, kuten alkydiöljy. [10; 12.] Sideaine voi maaleissa olla esim. alkydiöljy, pellavaöljy, unikkoöljy tai safloriöljy. [28; 29.] Öljymaalit ovat lähes poikkeuksetta liuotinhenteisiä maaleja, minkä vuoksi niiden ohentaminen tehdään esim. puutäpätin tai muun liuottimen avulla. Öljymaalien hyviä puolia ovat maalikalvon hyvä hengittävyys, tarttuvuus ja maalin imeytyvyys alustaan, tasainen ja kiiltävä maalikalvo sekä maalien suuri riittoisuus. Toisaalta öljymaalien haittapuolena on niiden pitkä kuivumisaika, maalin ikääntymisen aikana tapahtuvat värimuutokset, maalin syttymisherkyys sekä sen sisältämän sinkkioksidin terveydelliset haitat. [30; 31.] Vaikka öljymaaleja käytetäänkin pääasiallisesti ulko- ja sisätilojen pintojen maalaamiseen, voidaan niillä myös maalata metallisia pintoja. [32.]

2.2.6 Epäorgaaniset maalit

Epäorgaaniset maalit ovat maaleja, joissa maalin sideaineena toimii jokin ei muovinen sideainehartsi, yleensä jonkin kaltainen maa-aines. Näissä maaleissa

voidaan käyttää varsin laajasti erilaisia yhdisteitä, mutta kolme yleisintä ja parhaiten tunnettua ovat kalkki, silikaatti ja sementti. Lähes kaikissa myynnissä olevissa epäorgaanisten maalien liuotteena ja ohenteena käytetään pääasiassa vettä. [7.]

Kalkkimaalien sideaineena käytetään niiden nimen mukaisesti sammutettua kalkkia eli kalsiumhydroksidia sekä muita kiviperäisiä mineraaleja raaka-aineina. Kalkkimaalit eroavat muista epäorgaanisista maaleista, koska ne eivät yleensä sisällä yhtään muovihartseja tai muita ylimääräisiä maalin säilyvyyteen vaikuttavia apuaineita. Kalkkimaalien hyvänä puolina ovat ekologisuus, pitkä säilyvyys, maalikalvon hengittävyys ja peittävyys. Maalattavat pinnat eivät vaadi kovinkaan suuria esikäsittelyitä. Maalikalvon korkea pH-tason ansiosta mikrobit ja homesienet eivät voi kasvaa maalikalvon pinnalla. [33.] Kalkkimaalilla, kuten kaikilla maaleilla on omat huonot puolensa, kuten sen korkea hinta ja heikko kestävyys, minkä vuoksi maalipinta on lähes pakko vahata tai suojata jollain muulla tavalla sekä kalkkimaalien rajallinen väriskaala. [34.] Kalkkimaaleilla voidaan maalata laaja kirjo erilaisia materiaalin kanssa, kuten puuta, tiiliä, betonia, lasia, metallia ja kipsiä. [35.] Kalkkimaalit soveltuvat paitsi sisätilapintojen, kuten huonekalujen, seinien, kattojen sekä lattioiden maalaamiseen, myös ulkotilapintojen maalaamiseen. Ulkotilapintojen maalaamisessa on suositeltavaa käyttää kalkkisementtimaalia. [36; 37.]

Silikaattimaalit voivat olla yksi- tai kaksikomponenttinen maaleja, joissa käytetään sideaineena kalivesilasia eli kaliumsilikaattia. [13.] Ne ovat muiden epäorgaanisten maalien tavoin vesiliuotteisia, mutta riippuen maalityypistä ne voivat sisältää akrylaattidispersiota, hydrofobointiaineita tai paksuntajia. Silikaattimaalit soveltuvat niiden hyvän hengittävyyden ja höyrynläpäisevyyden takia sisä- ja kattopintojen sekä julkisivujen kivi- tai rappauspintojen maalaamista varten. Tämän tyyppiset maalit sopivat myös oikein hyvin esim. kellareihin, autotalleihin ja kylmä varastotiloja varten. Muita silikaattimaalien hyviä puolia ovat palamattomuus, suoja-aineettomuus, maalikalvon pitkä kestoisuus, ekoloogisuus sekä värien muuttumattomuus ajan saatossa. [38; 39; 40.] Silikaattimaalien kohdalla niiden huonona puolena ovat mm. maalien korkea hinta, vaativat

maalausolosuhteet, niiden sopimattomuus taipuville pinnoille ja valittavissa olevien värien vähäisyys. [41.]

Kalkki- ja silikaattimaalien lisäksi yleisimpien epäorgaanisten maalien joukkoon kuuluvat sementtimaalit. Sementtimaaleissa käytetään sideaineena usein sementtiä tai sementin ja sammutetun kalkin seosta. [13.] Koostumukseltaan sementtimaalit sisältävät n. 60 % portlandsementtiä, jonka joukkoon lisätään kalkkia, kiihdyttäjiä, kuten kalsiumkloridia, mineraalitäyteaineita ja väriaineita. [42.] Sementtimaalit soveltuvat varsin monien eri ulko- ja sisätiloissa käytettyjen materiaalien maalausta varten, kuten betoni-, kalkkisementti- ja sementtirappaus-, kevytsoraharkko-, kevytbetoni-, tiili- sekä muiden vastaavien kiviainespintojen pinnoitukseen. Tämän ansiosta sementtimaaleja voidaan käyttää asuin-, liike-, teollisuus-, varastorakennusten julkisivuissa, parvekelaattojen alapinnoissa, tutkimureissa sekä kylmissä rakenteissa. [43.] Sementtimaalien hyviä puolia ovat niiden hyvä sään- ja kosteusrasituksenkesto, halpa hinta ja pitkä kestoikä. [44.]

3 Liuotinhenteisten ja vesiohenteisten maalien eroavuudet

Vaikka maalit usein nimetään niiden sisältämien sideaineen mukaisesti, maalit jaotellaan nykypäivänä usein maalin kanssa käytettävän ohenteen mukaisesti. Tällöin ne voidaan karkeasti jakaa vesiohenteisiin, liuotinhenteisiin sekä liuotteettomiin maaleihin. Liuotinhenteiset maalit ovat yhä nykyisinkin todella suuresti käytössä niiden monien hyvien ominaisuuksien vuoksi, mutta viimevuosikymmenen aikana maalintuottajat ovat pyrkineet siirtymään yhä enemmän kohti vesiohenteisiä maaleja. Yritykset ovat valtioiden, organisaatioiden ja asiakkaiden vaatimusten ja koko ajan tiukentuvien rajoitusten ja säädösten vuoksi pyrkineet luopumaan liuotinhenteisistä maaleista. Jatkuvasti muuttuva maailman- ja taloudellinen tilanne ovat pakottaneet yrityksiä löytämään koko ajan halvempia, mutta samaan aikaan ekologisempia vaihtoehtoja.

3.1 Maalien koostumuksien eroavuudet

Kun liuotin- ja vesiohenteisten maalien koostumuksia vertaillaan, ne eivät eroa toisistaan kovinkaan suuresti side- ja apuaineiden tai pigmenttien suhteen. Näiden maalien koostumusten erottavin tekijä on niiden sisältämän kuiva-aineen määrä ja maaleissa käytetyt liuottimet. Liuotinhenteisien maalien tapauksessa maalin sideaine on lähes aina sekoitettu maalin sisältämän liuottimen joukkoon. Sen sijaan vesiohenteisien tapauksessa sideaine saadaan sekoitettua veden joukkoon dispergoinnin tai emulsion avulla. Dispergoinnilla tarkoitetaan prosessia, jossa maalin sideaine saatetaan juoksevaan nestemäiseen tilaan, mikä puolestaan mahdollistaa maalien levittämisen työstettävälle alustalle. Vesiohenteiset maalit eivät kuitenkaan ole täysin vesipohjaisia, vaan ne sisältävät usein noin 15 % liuotteita, joiden tehtävänä on helpottaa sideaineen dispergoitumista veden joukkoon. Vesiohenteiset maalit voivat myös olla emulsiomaaleja, joissa hartsisideaineet on dispergoitu liuottimeen pieninä liukenemattomina hartsihiukkasina. [8; 45.]

Yleisesti liuotinhenteisten maalien kohdalla liuotteena maaleissa toimii jonkinlainen orgaaninen yhdiste, jonka joukkoon maalissa käytetty sideaine on liuotettu. Liuotinhenteisien maalien tapauksessa niiden pohjana sekä ohentamisessa käytetään vaihtelevasti erilaisia orgaanisia yhdisteitä tai niiden seoksia. Näihin lukeutuvat erilaiset aromaattiset ja alifaattiset hiilivety-yhdisteet, alkoholit, esterit ja ketonit. Nämä yhdisteet ovat kuitenkin lähes poikkeuksetta vaarallisia ihmisille ja luonnolle. [46.]

3.2 Maalien ominaisuuseroavuudet

Liuotin- ja vesiohenteisten maalien eroavaisuudet vaihtelevat suuresti jo pelkästään sideaineen tai liuottimen perusteella, mikä puolestaan vaikuttaa maalien ominaisuuksiin. Orgaanisia liuottimia sisältävät maalit ovat usein ominaisuuksiltaan huomattavasti vettä sisältäviä maaleja parempia. Liuottimia sisältävien maalien kalvon ominaisuuksiin lukeutuvat niiden hyvä kovuus, peittävyys, säätökestävyys, korroosionestokyky ja niiden yleinen hyvä mekaaninen

rasituksen kestävyys. Vesiohenteisien maalien omaisuuksiin lukeutuvat niiden hyvä levittyvyys, tarttuvuus, vesihöyrynläpäisevyys sekä hengittävyys. Muita eroja ovat maalien kuivumisaika, joka on usein lyhyempi liuotinohenteisilla maaleilla vesiohenteisiin verrattuna. Myös maalien säilyvyydessä ja varastointikestävyudessa on eroja, sillä liuotinpohjaiset maalit säilyvät usein huomattavasti paljon pidempään kuin vesipohjaiset, joissa maalien sisältämä vesi mahdollistaa bakteerien tai esimerkiksi homesienien kasvamisen maalin joukkoon. [47; 48.]

3.3 Maalien maalausmenetelmät

Maalaamisprosessissa on tärkeää suunnitella ja selvittää käytettävälle maalityypille sopivin maalausmenetelmä. Nykypäivän tekniikan ansiosta, maalaaminen voidaan tehdä usealla eri tavalla. Menetelmien suuren määrän vuoksi oikeanlaisen menetelmän valitseminen on tärkeää ja sen valitsemiseen vaikuttavat mm. maalattavien kappaleiden koko ja muoto, määrä, käytettävän maalityyppi, värisävyjen määrä, työ- ja ympäristöturvallisuus sekä lukuisat muut työhön vaikuttavat tekijät. [49, s. 30.]

3.3.1 Manuaaliset maalausmenetelmät

Manuaaliset menetelmät ovat nimensä mukaisesti joukko menetelmiä, joissa maalien levitys tehdään usein käsin työstäen erilaisien maalaukseen tarkoitettujen työvälineiden avulla. Sivelymaalaus on manuaalisista menetelmistä vanhin ja käytetyin, ja siinä maalaaminen tehdään sivellintä käyttäen. Menetelmä soveltuu hyvin pienien ja yksityiskohtaisten kappaleiden työstämiseen. Hyvänä puolena sivelymaalauksessa on, että maali tunkeutuu usein paremmin maalattavaan materiaalin huokosiin. Huonona puolena sivelymaalaamisessa on hidas maalaus aika ja työläys. Toinen huono puoli on, että maalikalvosta ei välttämättä saada usein tasalaatuista ja -paksuista, varsinkin kun maalattavat kohteet ovat suurikokoisia. [50, s. 275; 53, s. 30.] Telamaalaus soveltuu myös suurien tasaisien pintojen tai kappaleiden maalaamiseen, minkä vuoksi sitä käytetään usein sivelymaalaamisen sijasta. Tällöin on kuitenkin varmistettava, että työstettävällä pinnalla ei ole epäpuhtauksia, kuten pölyä tai roskia, jotka voisivat tarttua telaan

kiinni. Molemmissa menetelmissä haasteena on, että maalikalvosta ei saada kovinkaan helposti halutun paksuista tai tarpeeksi tasalaatuista. [49, s. 30]

3.3.2 Mekaaniset maalausmenetelmät

Mekaaniset maalausmenetelmät ovat nykypäivänä varsin pitkälle kehittyneitä, nopeuden ja tehokkuuden suhteen. Monet mekaaniset menetelmät ovat mahdollistaneet tuotteiden nopea ja tasalaatuinen maalaamisen. Mekaanisiin menetelmiin lukeutuvat mm. sivuilma-, suurpaine- ja kaksikomponenttiruiskutus sekä sähköstaattinen ruiskutus, upotus- ja valelumaalaus sekä verho- että telakone-maalaus. Näistä yleisimmin käytetyt menetelmät ovat erilaiset ruiskumaalausmenetelmät, joita käytetään laajasti eri teollisuuden aloilla.

Sivuilmaruiskutus (vanhalta nimeltään hajotusilmaruiskutus) on menetelmä, jossa levitettävä maali syötetään maalaamiseen tarkoitetun maalipistoolin läpi joko hydrostaattisen tai matalan ylipaineen avulla. Käytettävän maalin syöttömäärää voidaan säätää helposti ruiskun oman neulaventtiilin avulla. Maalisuihkun muoto määräytyy pääasiallisesti ilmasuihkun suunnan ja suuruuden mukaan. Maalausjälkeen vaikuttavat maalin viskositeetti, ruisku, ruiskutusasento sekä etäisyys. Tämän menetelmän huonona puolena on maalin suuri hävikki, paineilman tarve sekä maalin suuri ohentamistarve. [49, s. 31–32.]

Suurpaineruiskutus on toiminnaltaan samankaltainen kuin sivuilmaruiskutus. Suurpainemenetelmässä maali puristetaan suuren paine-eron avulla kulkeutumaan pienen suuttimen läpi. Suurpaineruiskutus voidaan myös tehdä käyttämällä paineilman sijaan esimerkiksi kalvo- tai mäntäpumppua. Toisin kuin sivuilmaruiskutuksessa, suurpaineruiskutuksen maalihävikki on huomattavasti pienempi ja suuri maalauskapasiteetti sekä maalin vähäinen ohentamistarve. [49, s. 32–33.] Joissain tapauksissa voidaan maalaustyö tehdä myös sähköstaattisella ruiskutuksella. Sähköstaattisessa ruiskutuksessa maalattavan pinnan ja maaliruiskun välille luodaan korkea tasavirtajännite. Menetelmän käyttöä rajoittaa se, että maalattavan pinnan on oltava sähköjohtava, minkä vuoksi

menetelmää käytetään pääasiallisesti metallisten kappaleiden pinnoittamiseen. [49, s. 34].

Muita käytettyjä mekaanisia menetelmiä ovat upotus-, valelu-, valu- ja telakone-maalaukset. Upotus- eli kastomaalausmenetelmässä pinnoitettavat tuotteet upotetaan kokonaan ns. maalikylyyn. Upotusmenetelmää voidaan käyttää niin pienien kuin isojenkin kappaleiden maalaamiseen. Valelu- ja valumaalaus (verhomaalaus) ovat lähestulkoon identtisiä toistensa kanssa. Menetelmien suurin ero on menetelmissä käytettävien maalaussuuttimien muoto. Näissä menetelmissä maalattavat tuotteet kuljetetaan valelu- tai valutunnelin läpi, missä niiden pinnalle valetaan suuri määrä maalia. Nämä menetelmät sopivat parhaiten levyäisille kappaleille. Toinen levyäisten kappaleiden maalaamiseen soveltuva menetelmä on telakonemaalaus, missä levy ohjataan kulkemaan kahden telan välissä. Telojen välistä syötetään tasaisella tahdilla maalia, joka levittyy telojen pyöriessä levyn pinnalle. [49, s. 34–36].

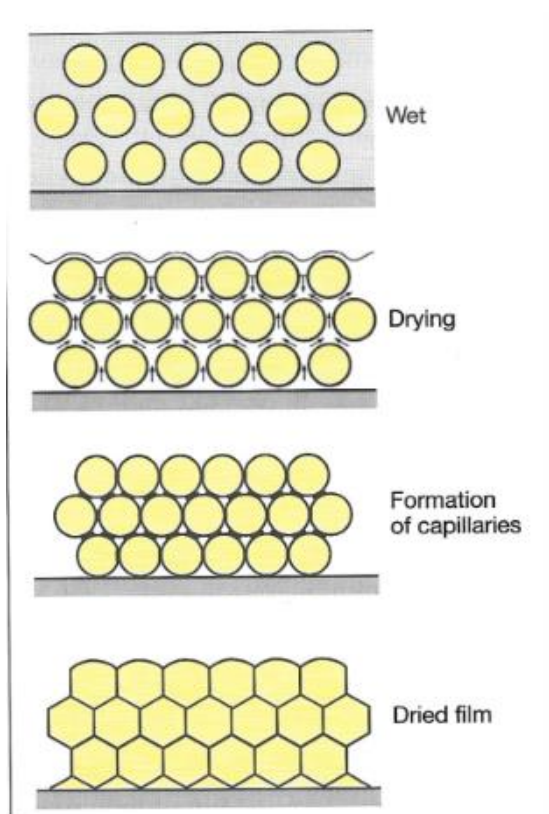
3.4 Maalien kuivumistyyppit

Nykyään arkisin on yleistä kuulla puhuttavan maalien eri kuivumistyypeistä, vaikka todellisuudessa maalien kuivuminen on riippuvainen niiden sisältämästä sideaineesta. Kuten aiemmin luvussa 2.1.1 on mainittu, sideaineet voidaan jakaa karkeasti niiden kuivumismekanismien mukaan, joko fysikaalisesti kuivuviin, yksikomponenttisiin kemiallisesti, kaksikomponenttisiin kemiallisesti tai liuotteetomiin kemiallisesti kuivuviin sideaineisiin.

3.4.1 Fysikaalinen kuivuminen

Fysikaalisesti kuivuvien sideaineiden maalikalvon muodostuminen tapahtuu, kun maalin joukossa oleva liuotin haihtuu ympäristöön ajan kuluessa. Tällä tavalla kuivuvat sideaineet ovat termoplastisia, mikä tarkoittaa, että sideaineet pehmenevät lämmön vaikutuksesta. [49, s. 15.] Fysikaalisesti kuivuvien sideaineiden kuivumisnopeuteen ympäristöolosuhteiden kannalta tärkeimmät ovat lämpötila ja suhteellinen ilmankosteus, joista erityisesti suhteellinen

ilmankosteus vaikuttaa suuresti siihen, miten nopeasti maalin joukossa oleva liuotin kykenee haihtumaan ympäröivään ilmaan. Kuivumisen aikana fysikaalisesti kuivuva sideaineen isot polymeerimolekyylit alkavat kietoutumaan toistensa kanssa, jolloin ne ristosilloittuvat toisiinsa kiinni, mikä puolestaan johtaa maalikalvon muodostumiseen. [51, s. 328.] Alla olevassa kuvassa 2 on kuvattu fysikaalisten maalien kuivuminen ja maalikalvon muodostumisprosessi.



Kuva 2. Fysikaalisesti kuivuvien sideaineiden kuivumis- ja kalvonmuodostumisprosessi. [51, s. 328]

Dispersiomaalien tapauksessa maalin joukkoon sekoitetut sideainehartsipartikkelit liimautuvat toisiinsa kiinni ja täten muodostavat maalikalvon työstetylle pinnalle. Dispersiomaalien suurin ero fysikaalisessa kuivumisessa on, että kun dispersiopartikkelit liimautuvat toisiinsa kiinni ja muodostavat tiiviin maalikalvon, niitä ei voida tämän jälkeen irrottaa toisistaan veden avulla. [51, s. 329.]

3.4.2 Kemiallinen kuivuminen

Kemiallisesti kuivuvat sideaineet kuivuvat nimensä mukaisesti kemiallisen reaktion avulla. Kemialliset reaktiot voivat tapahtua joko maalien eri osien tai ympäristön vaikutuksesta, kuten hapen, kosteuden tai UV-säteilyn vaikutuksesta. [49, s.17.] Kemiallisesti kuivuvat sideaineet muodostavat maalattavalle pinnalle kalvon, kun maalin sisältämät sideaineen pienemmät molekyylit ristosilloittuvat tai kiinnittyvät toisiinsa kemiallisen reaktion avulla. [51, s. 331–332.]

Hapettumalla kuivuvat maalit ovat usein yksikomponenttisiä maaleja, joissa sideaineena toimii usein kuivuva öljy tai jokin sen johdannainen. Hapettumalla kuivuvissa maaleissa käytetyt öljyjen rasvahappojen kaksoissidokset reagoivat ympäristön hapen kanssa, joka puolestaan aiheuttaa öljyn polyestereiden linkittymisen ja täten niiden verkkoutumisen. Hapettumalla kuivuviin maaleihin kuuluvat öljymaalit ja yksikomponenttiset alkydimaalit. [49, s. 18–19.]

Reaktiomaalit tai arkikielessä kaksikomponenttiset maalit ovat maaleja, jotka muodostavat maalikalvon huoneenlämmössä reagoidessaan toisen erillisen komponentin kanssa. Yleisimpiä käytettyjä reaktionmaaleja ovat erilaiset kaksikomponenttimaalit, joissa maalin joukkoon lisätään ennen työn aloittamista kovete. Tällöin maalin joukkoon lisätty kovete ja maalin sideaine reagoivat keskenään. Tämän vuoksi kovete reaktiomaaleilla on rajallinen työstöaika eli niin kutsuttu pot-life. [49, s. 19.] Reaktiomaaleihin kuuluvat esimerkiksi epoksimaalit ja polyuretaanimaalit.

Osa kemiallisesti kuivuvista sideainesta voidaan ainoastaan kuivattaa korotetuissa lämpötiloissa. Näitä sideaineita sisältäviä maaleja kutsutaan usein polttomaaleiksi. Kemiallisesti kuivuvat polttomaalit muodostavat maalikalvon huomattavasti korkeammissa lämpötiloissa, kuten 120–150 °C tai jopa 300–400 °C:n lämpötiloissa. Polttomaalit voivat olla nestemäisiä tai jauhemaisia maaleja. [49, s. 22–23.]

Viimeisimpänä ovat UV-kovettuvat sideaineet, jotka nimensä mukaisesti kovettuvat, kun maalikalvo altistetaan UV-säteilylle. [7.] UV-kovettuvien maalien

joukkoon lisätään erillinen UV-kovete, joka sisältää pieniä määriä fotoinitiaattoreita eli reaktion alulle panevia aineita. Kun fotoinitiaattorit altistetaan UV-valolle, ne hajoavat ja samalla hajoamisreaktiossa syntyvät reaktiotuotteet aiheuttavat sideaineen polymeerien ristosilloittumisen ja lopulta johtaen maalikalvon muodostumiseen. [52.]

4 Maalikalvon yleisimmät ominaisuudet ja tarkastusmenetelmät

Nykypäivänä maaleilta vaaditaan todella korkeatasoisia ominaisuuksia, mikä on ajan myötä johtanut siihen, että maalikalvojen ominaisuuksien testaamisesta on tullut osa maalien käyttöä. Maalikalvojen testaamisen suhteen on olemassa useita eri lähtökohtia ja syitä sekä halu varmistaa, että käytettävä maali täyttää sille asetetut laatuvaatimukset. Taustalla voi olla maalien tarkempi tutkiminen tai vertailu. Tämän vuoksi maalikalvon ominaisuuksien testaamiselle on olemassa ISO eli Kansainvälisen standardisointijärjestön kehittämät standardit. Vaikka standardien avulla maalien ominaisuuksien testaaminen on saatu tehtyä mahdollisimman selkeäksi ja suoraviivaiseksi, testien tulokset ovat usein hankalasti tulkittavissa ja arvioitavissa. Tämä puolestaan johtuu siitä, että maalien laatuvaatimukset ja vaaditut ominaisuudet vaihtelevat todella paljon eri teollisuuden alojen välillä. Esimerkiksi kone-teollisuuden maaleilta vaaditaan aivan eri asioita kuin auto- tai laivamaaleilta. [49, s. 24.]

Erilaiset testit eivät rajaudu ainoastaan maalikalvojen mekaanisten ominaisuuksien testaamiseen, vaan maaleista voidaan tutkia mm. viskositeettia, jauhatusastetta, maalin tasoittumista ja valumista, varastointikestävyyttä ja maalinpeitto-kykyä. [49, s. 24–27.] Tässä luvussa esitellään tarkemmin opinnäytetyön kannalta tärkeimmät maalikalvon testausmenetelmiä.

4.1 Maalikalvon paksuus

Maalaamisen yksi olennaisimmista testausmenetelmistä on maalikalvon paksuuden määrittäminen. Usein maalatessa maalikalvon minimipaksuus tai

optimipaksuus on ilmoitettuna maalin tuoteselosteessa. Maalikalvojen paksuuden mittaukselle soveltuva standardi määräytyy maalinkäyttökohteen mukaisesti. Maalikalvon määrittäminen voidaan tehdä maalikalvoa rikkomattomilla tai rikkovilla menetelmillä. [49, s. 341.] Maalikalvon paksuuden mittaus voidaan tehdä sekä märälle että kuivalle kalvolle. Maalikalvon paksuuteen vaikuttavat myös maalattavan pinnan materiaali, pinnankarheus ja työssä käytetty maalausmenetelmä. [51, s. 341–342.] Tässä luvussa tarkastellaan opinnäytetyössä käytetyn SFS-ISO 2808:n esittelemiä märkä- ja kuivakalvon määrittämenetelmiä. Kyseisessä standardissa luetellut menetelmät soveltuvat märkäkalvon, kuivakalvon ja kovettamattomien jauhekerrosten kalvonpaksuuden määrittämistä varten. [53, s. 6.]

Standardissa ISO 2808 on esiteltynä märkäkalvon paksuuden mittaamista varten kolme eri tapaa, jotka on puolestaan jaoteltu mekaanisiin, gravimetriseen ja fotometriin menetelmiin. Mekaanisella menetelmällä maalin märkäkalvon paksuus voidaan määrittää märkäkalvokamman, -rullan tai mittakellon avulla. Mekaaniset menetelmät soveltuvat kaikille kalvon ja alustan yhdistelmille. [53, s. 11–13.]

Standardissa on myös esitettyä maalien kuivakalvojen määrittämistä varten soveltuvat menetelmät. Tähän soveltuvia menetelmiä ovat gravimetrinen, erilaiset mekaaniset, optiset, magneettiset, radiologiset, fotometriset, akustinen sekä sähkömagneettinen menetelmä. Näistä menetelmistä tässä opinnäytetyössä sovellettiin standardin mekaanisten menetelmissä listattua syvyysmittausmenetelmää, jossa maalattujen kappaleiden kuivakalvon paksuus selvitettiin yksiteräisen kalvoleikkurin avulla.

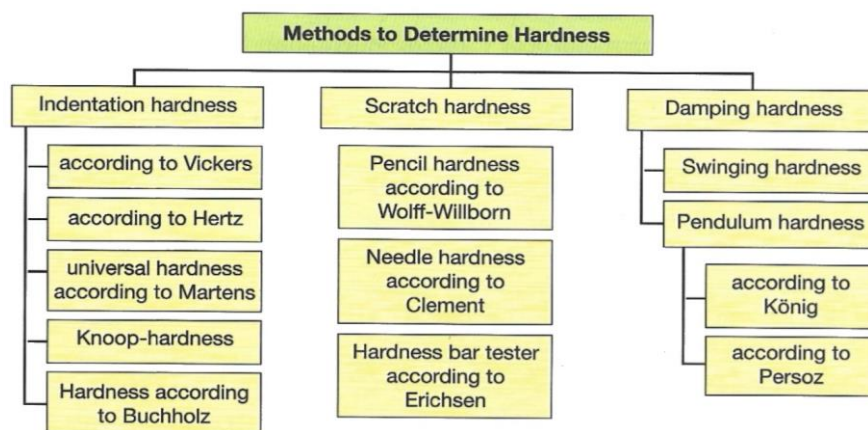
4.2 Maalikalvon visuaalinen tarkastelu

Maalikalvoille tehdään lähes poikkeuksetta visuaalinen tarkastelu maalikalvon kuivuttua. Maalikalvojen visuaaliselle tarkastelulle ei ole olemassa ISO:n mukaista testimenetelmästandardia. Visuaalinen tarkastus tehdään mahdollisten kalvon virheiden, kuten näppyöiden, rakkuloiden, halkeamien tai muiden

vaurioiden varalta. Tarvittaessa maalatun kappaleen pinta tarkastetaan mikroskoopin avulla. Mikäli maalin pinnalla on havaittavissa olevia virheitä, ne ovat yleensä merkki työstetyn pinnan huonosta esikäsittelystä, vääränlaisesta maalausmenetelmä käytöstä tai virheellisistä maalausolosuhteista.

4.3 Maalikalvon kovuus

Nykypäivänä maalikalvoilta odotetaan yleisesti hyvää kiinnipysyvyyttä, peittävyttä sekä kestävyttä. Maalikalvon kovuuden määritelmä voi vaihdella, mutta yleisesti kovuudella tarkoitetaan kalvon kykyä kestää siihen kohdistuvia mekaanista rasitusta, hankausta ja naarmuuntumista. Sen määrittämisessä on tärkeää muistaa, että kokeella saadut tulokset eivät välttämättä ole riittäviä tutkittavan maalin kaikkia käyttötarkoituksia varten. Tällöin vaatimukset riippuvat siitä, minkälaiseen ympäristöön käytettävä maali on tarkoitus sijoittaa. [49, s. 396.] Maalikalvon kovuutta voidaan testata lovi-, naarmuuntumis- tai vaimennuskovuuden mittaamenetelmillä. [49, s. 397.] Alla olevassa kuvassa 3 on esitettyä maalikalvon kovuuden määrittämiseen soveltuvat testausmenetelmät.



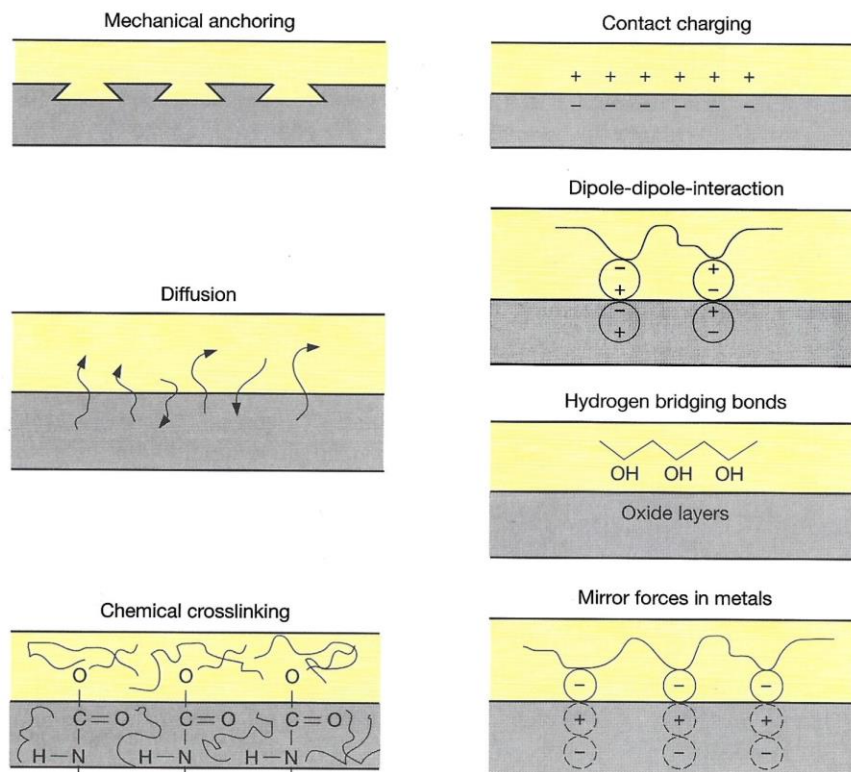
Kuva 3. Maalikalvon kovuuden määrittämiseen soveltuvat menetelmät. [49, s. 397]

Maalikalvon kovuuden määrittämiseen käytettävä menetelmä on pitkälti riippuvainen siitä, mitä maalattavalta tuotteelta pääasiallisesti vaaditaan. Riippuen

maalin käyttökohteesta tai -tarkoituksesta voidaan maalikalvon kovuudella tar-koittaa joko lovi-, naarmuuntumis- tai iskunvaimennuskovuutta.

4.4 Maalikalvon irtoamiskestävyys

Maalikalvojen yksi ehdottomasti tärkeimmistä ominaisuuksista, on maalin tarttu- vuus eli adheesio. Jotta maalit kykenisivät suojaamaan maalattua pintaa, niiden adheesio on oltava hyvä. Adheesiolla tarkoitetaan pinnoitteen ja alustan välistä vahvaa sidosta. Kun työstettävää pintaa maalataan, maalit voivat ”kiinnittyä” pintaan usealla eri tavalla alla olevan kuvan 4 mukaisesti. [49, s. 373–374.]



Kuva 4. Maalikalvon kiinnittymismekanismit. [49, s. 374]

Maalikalvojen adheesio on riippuvainen maalattavan pinnan karheudesta ja koostumuksesta. Monet materiaalit, kuten puu, muovi ja tiili voidaan maalata yleensä suoraan maalattavan pinnalle vaadittavien esikäsitteilyjen jälkeen. Sen sijaan metallisia kappaleita ei voida suoraan maalata, vaan niiden pinnoille on

tehtävä pinnankorjennus ennen kuin ne voidaan maalata. Nykypäivänä usein työstettävät kappaleet maalataan ensimmäiseksi pohjamaalilla, minkä jälkeen pohjamaalin päälle maalataan joko yksi tai useampi kerros. Pohjamaalin pääasiallinen tehtävä on luoda väli- ja pintamaaleille huokoinen kalvon, jossa sen tehtävänä on varmistaa päälle tulevien maalien kiinnipysyvyys. Maalien irtoamiskestävyys ja kiinnipysyvyys eivät kuitenkaan ole sama asia, ja siksi niille on olemassa omat testinsä. Mikäli maalien kiinnipysyvyyttä halutaan tutkia, tehdään maalatulle pinnalle tällöin adheesion vetokoetestausta. Sen avulla saadaan selvitettyä, kuinka hyvin maali on tarttunut pohjamateriaaliin. Maalin irtoamiskestävyys voidaan selvittää hilaristikkokokeen avulla, josta saadut tulokset kertovat, kuinka helposti maalikalvo irtoaa maalatusta pinnasta.

4.5 Maalikalvon väri ja kiilto

Maalikalvojen yleinen tärkeä tehtävä on tehdä ympäristöstä viihtyisämpi sen käyttäjille. Tämän vuoksi maalien värin ja kiillon määrittäminen ovat todella tärkeitä. Kuivuneen maalikalvon väri ja kiilto ovat riippuvaisia maalin sisältämästä pigmentin partikkelikoosta ja määrästä. Maalien väri ja sen sävy ovat riippuvaisia maalin sisältämän pigmenttipartikkeleiden kyvystä absorboida valon eri aallonpituuksien elektromagneettista säteilyä. Tätä kutsutaan selektiiviseksi absorptioksi. Kun näkyvä valo osuu kalvon pintaan, vain osa valosta absorboituu pigmenttipartikkeihin, mikä antaa maaleille niille määritellyn värin. [7.] Esimerkiksi, jos maalin pigmentti kykenee absorboimaan valon kaikkia aallonpituuksia, kalvon väriksi syntyy musta. Päinvastaisesti jos maalin pigmentti ei kykene absorboimaan mitään näkyvän valon aallonpituuksia, maalattu pinta näyttää tällöin valkoiselta. Maalin sisältämät pigmentit antavat sille sen värin riippuen siitä, mitä aallonpituuden värejä pigmenttipartikkelit eivät kykene absorboimaan.

Maalien väri ja sen sävy voidaan määrittää helposti tähän tarkoitettuilla värinmittausmittarilla. Mittarin antamat lukemia voidaan siten verrata erilaisien väridatapankkien tietoihin, kuten CIELABin väriavaruusmallin avulla. CIELAB väriavaruusmallissa erilaiset värisävyt määräytyvät kolmen eri arvopisteen perusteella. Näitä pisteitä ilmaistaan kirjaimilla L^* , a^* ja b^* , jotka edustavat kutakin kolmea

arvoa, jota CIELAB-väriavaruus käyttää värin mittaamiseen ja värierojen laskeamiseen. L* edustaa värien tummuutta asteikolla nollasta sataan, jossa nolla vastaa mustaa ja 100 vastaavasti valkoista. Sen sijaan taas a* ja b* edustavat itse väriä eli kromaattisuutta. Tällä asteikolla negatiivinen a* vastaa vihreää ja positiivinen a* vastaa punaista, kun taas negatiivinen b* vastaa sinistä ja positiivinen b* vastaa keltaista väriä. [54.]

Maalin kiilto on värin tavoin riippuvainen maalin sisältämän pigmentin partikkelikoosta ja partikkeleiden jakautumisesta. Kiillolla on suuri vaikutus kalvon värin kylläisyyteen ja tummuuteen. Maalien eri kiillolle on määritelty MaalausRYL 2012-asiakirjassa kiiltoasteet, arkikielessä kiiltoryhmät. Tällöin maalit jaetaan 60 asteen heijastuskulmassa mitatun kiillon mukaisesti kuuteen eri ryhmään. [55.] Kiiltoryhmien kiiltoyksiköt on määritetty asteikolla 0–100. Eri kiiltoasteen maaleja käytetään eri tarkoituksia varten, esimerkiksi himmeitä maaleja käytetään usein huoneiden kattopinnoissa, kun taas keittiöiden pinnoissa on yleistä käyttää kiiltäviä maaleja. Alla olevassa taulukossa 3. on esitettyä maalien eri kiiltoryhmät.

Taulukko 3. MaalausRYL 2012:n mukaiset maalien kiiltoryhmät 60°:n heijastuskulmalla. [55.]

Kiiltoryhmä	Kiiltoaste	Kiiltoyksikkö
1	Täyskiiltävä	>80 yksikköä
2	Kiiltävä	61–80
3	Puolikiiltävä	36–60
4	Puolihimmeä	11–35
5	Himmeä	6–10
6	Täyshimmeä	0–5

Maalin kiillon määrittäminen tehdään yleisesti kiillonmäärittäsmittarilla. Nykypäivänä kiillonmäärittäsmittareilla maalikalvon kiilto voidaan mitata useamman heijastuskulman avulla yhtäaikaisesti joko 20°, 60° ja 85°:n heijastuskulmalla.

Kiillonmittaus perustuu tiettyyn suuntaan heijastuneen valon mittaukseen, missä heijastuneen valon intensiteetti mitataan määritellyltä kulma-alueelta heijastuskulman ympäriltä. Heijastuneen valon intensiteetti on riippuvainen pinnan materiaalista ja siihen tulevan valon kulmasta. Mitä suurempi kiillonmittauksessa käytetty kulma on, sitä suurempi on pinnoitteen heijastaman valon määrä. Loppu osuvasta valosta taittuu ilman tai itse pinnoitteen rajapinnassa, josta valo joko siroaa eri suuntiin tai absorboituu pinnoitteessa oleviin pigmenttipartikkeleihin. [56.]

5 Liuotin- ja vesiohenteisien maalien työterveys ja -turvallisuus

Tämän työn sekä monien teollisuuden yritysten kannalta työterveydelliset ja -turvallisuuteen liittyvät tekijät ja säädökset ovat yksi suurin vesiohenteisiin maaleihin vaihtoa ajava tekijä. Vaikka liuotinohenteisien maalien ominaisuudet ja kuivumisajat ovatkin vesiohenteisiä nopeampia, niiden sisältämät orgaaniset liuottimet ovat yleisesti pienissäkin määrin haitallisia työntekijöille. Usein maalien ohentamiseen käytettävät orgaaniset yhdisteet luokitellaan ATEX-tuotteiksi, orgaanisten liuottimien matalan leimahduspisteiden vuoksi.

5.1 Liuotin- ja vesiohenteisien maalien maalaamisen työterveys ja siihen liittyvät riskit

Liuotin- ja vesiohenteisilla maaleilla työskenneltäessä on työntekijällä aina riski altistua maalien sisältämille kemiallisille yhdisteille työn eri vaiheissa. Maalaamojen, työmaiden ja muiden teollisuuden alan työntekijöiden terveyshaitat tai -ongelmat syntyvät yleensä maalien sisältämien liuottimien ja sideaineiden yhteisvaikutuksesta. Monissa tapauksissa työntekijät altistuvat usealle eri orgaaniselle liuottimelle yhtäaikaisesti, mitä kutsutaan monialtistumiseksi. Yleisimmät kemialliset vaaratekijät, joille työntekijät voivat altistua työssään, ovat maalien sisältämät liuottimet, maalaustyön aikana syntyvät maalisumu sekä erilaiset herkistävät aineet, kuten esimerkiksi epoksit ja maalien sisältämät säilöntäaineet. Maalien liuottimet ja sideainehartsit voivat aiheuttaa allergista ihottumaa

tai ärsytysihottumaa. [57.] Kuitenkin yleisin altistumistapa tapahtuu hengitystien kautta. Hengitystiealtistuminen voi aiheuttaa esimerkiksi astmaa tai allergista nuhaa. [58.] Vaikka vesiohenteiset maalit eivät sisällä yhtä paljon terveydelle haitallisia yhdisteitä tai muita lisäaineita, on tärkeä tiedostaa, että vesiohenteiset epoksi- ja polyuretaanimaalit sekä niiden kanssa käytettävät kovetteet sisältävät silti terveydelle haitallisia yhdisteitä, kuten isosyanaattia, epokseja, amiiniyhdisteitä. Tällöin niiden terveysvaikutukset ovat täysin samat riippumatta siitä, onko käytetty maali liuotin- vai vesiohenteinen. [59.]

Suomessa liiallista kemikaali-altistumista on pyritty ehkäisemään mm. haitalliseksi tunnetut pitoisuusarvojen eli HTP-arvojen avulla. HTP-arvot ovat työpaikkojen ilman epäpuhtauksille asetettuja raja-arvoja, jotka työnantajan on otettava huomioon työn vaarojen selvittämisessä ja arvioinnissa. [60.] Valtionneuvoston HTP-arvot 2020-julkaisun mukaan, ”Määritetyt HTP-arvot on vahvistettu työturvallisuuslain (738/2002) 38 § 4 momentin nojalla annetulla sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (654/2020)” [60.] Liuottimille tai muille haitallisille yhdisteille altistuminen voi tapahtua lähes missä vaiheessa tahansa maalausprosessin aikana, kuten esikäsitteilyyn, itse maalausprosessin, jälkikäsitteilyyn tai maalausvälineitä puhdistessa. [61.] Tämän vuoksi maalien kanssa työskennellessä on tärkeää kiinnittää huomiota, että työn aikana käytetään asianmukaisia ja työhön soveltuvia henkilökohtaisia suojavarusteita. Mikäli työn aikana muodostuu suuri määrä maaliumua tai liuotinhöyryjä, työntekijällä on tällöin oltava hengityssuojain.

5.2 Liuotin- ja vesiohenteisten maalien maalaamisen työturvallisuus ja mahdolliset riskit

Maalien työstämiseen liittyvät työterveysriskit ovat riippuvaisia niihin liittyvistä työturvallisuusseikoista ja siitä, minkälaisia suojavarusteita työskenneltäessä käytetään. Liuotinohenteisten maalien tapauksessa työturvallisuuteen tulee kiinnittää erityisen suurta huomiota niiden sisältämien sideaineiden, liuottimien, pigmenttien ja lisäaineiden takia. Suuri erottava tekijä vesi- ja liuotinohenteisten maalien välillä on niistä haihtuvien haitallisten yhdisteiden määrä. Tämä ei ole

pelkästään työntekijän terveyden kannalta tärkeää vaan myös työn teon osalta. Liuotinhenteisien maalien tapauksessa ne voidaan joissakin tapauksissa luokitella ATEX-tuotteiksi. Maalien ATEX-tuotteet ovat direktiivin pohjalta joukko määritelty kemiallisia yhdisteitä, jotka ovat suurissa määrissä räjähdysalttiita. [62, s. 3–4.] Maalaustyöympäristöjen suunniteltaessa myös laitteita koskeva ATEX-laitedirektiivi (94/9/EY) on tärkeä osa. Mikäli räjähdysalttiin ilmaseoksen syntymistä ei voida estää, silloin on tärkeää pyrkiä estämään sen syttyminen. Räjähdysriskiä voidaan ehkäistä helposti esimerkiksi tehokkaan ilmavaihto- ja korvausilmajärjestelmän avulla. [62, s. 10.]

Orgaanisia liuottimia käytettäessä on tärkeää muistaa huomioida, että yleisimmin käytettyjen maalien liuottimien leimahduspisteet ovat varsin matalia. Tämä puolestaan nostaa mahdollisten tulipalojen mahdollisuutta, mikäli maalaamon ilmanvaihto ei ole tarpeeksi tehokas maaliumun tai helposti syttyvien höyryjen poistamiseen. Liuotehöyry-ilmaseoksen syttymisen tai räjähtämisen voi aiheuttaa mm. avoliekki, hitsauskipinä tai jokin muu tekijä, kuten esim. staattisen sähkövarauksen purkautuessa syntyvä kipinä. Vesiohenteisien maalien tapauksessa maalien tulipalon riski on merkittävästi matalampi, niiden sisältämien helposti syttyvien liuottimien alhaisen määrän vuoksi. [63.]

6 Liuotin- ja vesiohenteisien maalien VOC-päästöt

Nykypäivän maaliteollisuus on jatkuvasti erilaisien organisaatioiden rajoitteiden ja säädösten kohteena, ja vaikka maalien valmistajat tekevät jatkuvasti kehitystyötä maalien saralla, maalit eivät siltikään ole täysin päästöttömiä. Myös yritykset ovat alkaneet miettimään ja huomioimaan maalien aiheuttamia päästöjä. Tämä puolestaan on johtunut siihen, että yritykset pyrkivät mahdollisuuksien mukaan vaihtamaan tai kehittämään omia prosessejaan maalien aiheuttamien VOC-päästöjen minimoimiseksi. Vaikka maalien valmistus tai maalaaminen ei itsessään luo kovinkaan suuria päästöjä, maalien aiheuttamat päästöt syntyvät vielä pitkään maalin ensisijaisen kuivumisen jälkeen. Näiden päästöjen syntymistä on pyritty rajoittamaan EU-direktiivien sekä Suomen valtioneuvoston asetusten avulla.

6.1 Maalien liuottimien VOC-päästöt

Vaikka maalien tuotekehitys onkin kehittynyt suuresti viimevuosien aikana, maalit eivät siltikään ole täysin VOC-päästövapaita. Asia on kuitenkin huomattavasti parempi nykyään, sillä vähäpäästöiset maalit, kuten vesiohenteiset ja korkeakuiva-ainepitoiset maalit ovat alkaneet yleistyä yhä enemmän. VOC- eli helposti haihtuvat yhdisteet on nimitys maaleista haihtuville orgaanisille yhdisteille, joiden kiehumispiste normaali-ilmanpaineessa mitattuna on enintään 250 °C. [64.] Maalien sisältämien helposti haihtuvat orgaaniset yhdisteet ovat suurina pitoisuuksina ihmisen terveydelle haitallisia. Tämän lisäksi ne lisäävät alailmakehän otsonipitoisuutta, kun yhdisteet reagoivat ilmakehän sisältämän otsonin ja erilaisten epäpuhtauksien kanssa. Alailmakehässä nämä yhdisteet muodostavat kasveille sekä ihmisille haitallista savusumua. Suurin osa tuotantolaitoksista syntyvistä päästöistä voidaan toki polttaa, mutta tällöin tuotantolaitoksen energian kulutus kasvaa, mikä puolestaan lisää yrityksen kuluja. Maalien käyttövaiheesta syntyviä päästöjä taasen on käytännössä täysin mahdotonta hallita. Juuri tämän vuoksi monet maalienvalmistajat ovat siirtyneet yhä enemmän vesiohenteisten maalien kehittämiseen ja tuottamiseen. [65.]

Maaleista syntyvien VOC-päästöjä rajoittavien säädösten pohjana Suomessa toimii EU:n (2004/42/EY) direktiivi, jossa on määritelty eri maali- ja lakkatuotteille suurimmat sallittu enimmäispitoisuuden raja-arvot. Direktiivin artiklan 2. kohdan 6 mukaan VOC-pitoisuuksiin ei lasketa mukaan tuotteessa olevia haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, jotka kuivuessaan reagoivat kemiallisesti muodostaakseen osan pinnoitteesta tai maalista. [66.] Direktiivissä on myös määritetty, mitkä kemialliset yhdisteet luokitellaan helposti haihtuviksi orgaanisiksi yhdisteiksi:

VOC-yhdistettä, jota käytetään sellaisenaan tai yhdessä muiden aineiden kanssa raaka-aineiden, tuotteiden tai jäteaineiden liuottamiseen tai ohentamiseen tai joita käytetään puhdistusaineena epäpuhtauksien liuottamiseen tai dispergointiaineena, viskositeetin säätäjänä, pintajännityksen säätäjänä, pehmittimenä tai säilöntäaineena. [66, § 2.]

Tämän lisäksi direktiivissä on määritelty, mitä eri käyttötarkoituksen maalien ja lakkojen VOC-päästöjä raja-arvot koskevat. Määriteltyjä säädöksiä voidaan soveltaa ”Maaleihin ja lakkoihin, joita käytetään rakennuksiin, niiden koristeisiin ja kiinteisiin kalusteisiin sekä rakennuksiin liittyviin rakenteisiin toiminnallisessa, somistamis- tai suojaamistarkoituksessa, aerosoleja lukuun ottamatta”. [66.] Suomessa VOC-päästöjä rajoittaa valtioneuvoston asetus (189/2022), jonka tavoitteena on ehkäistä ympäristön ja erityisesti ilman pilaantumista. [67].

6.2 Liuotin- ja vesiohenteisien maalien VOC-päästöjen erot

Kuten aikaisemmassa luvussa on mainittu, liuotin- ja vesiohenteisien maalien merkittävin erottava tekijä on niistä haihtuvien VOC-yhdisteiden määrä. Erityisesti liuottimella ohennettavien maalien haihtuvien yhdisteiden määrä on huomattavasti suurempi kuin useimpien markkinoilla olevien vesiohenteisten tai korkea kuiva-ainepitoisten maalien. Vesiohenteisien maalien VOC-päästöt ovat yleisesti katsottuna matalia, erityisesti asuintalojen sisätiloihin tarkoitetuilla tuotteilla. EU-alueella toimivien maalin valmistajien on ilmoitettava direktiivin 2004/42/EY määräysten piiriin kuuluvien maalien sisältämä VOC-yhdisteiden määrä (g/l) tuotteiden tuoteselosteessa tai turvallisuus selosteessa. Alla olevassa taulukossa 4. on esitettyinä muutamien Suomessa ja EU-alueella toimivien maalinvalmistajien omissa tuoteselosteissa ilmoitettujen liuotin- että vesiohenteisien maalien VOC arvojen vaihteluvälejä.

Taulukko 4. Maalien sisältämien VOC-yhdisteiden määrä eri maalinvalmistajien tuotteissa. [68; 69; 70; 71; 72; 73; 74; 75; 76; 77; 78; 79; 80; 81; 82; 83; 84; 85]

Maalin valmistaja	Liutinohenteisten maalien VOC (g/l)	Vesiohenteisten maalien VOC (g/l)
Tikkurila Oy	400–500	40–140
Teknos Oy	200–430	24–140
Nor-Maali Oy	310–450	30–55
Sherwin Williams Co.	474–552	10–57
Akzo Nobel N.V.	529–625	59–103
Hempel A/S	326–458	18–52

Huomioitavaa on, että yllä olevassa taulukossa esitetyt arvot ovat vain suuntaa antavia, eivätkä ne käsitä kaikkia yritysten tuottamia maaleja. Esitetyistä arvoista voidaan silti huomata maalien sisältämien VOC-yhdisteiden suuruuserot. Kuitenkin on tärkeää muistaa, että kaikki maalit eivät ole EU (2004/42/EY) -direktiivin alaisia tuotteita, jolloin niiden sisältämien helposti haihtuvien yhdisteiden määrää ei ole rajoitettu yhtä paljon kuin muissa maalituotteissa. Vaikka nykypäivänä VOC-päästöjä on pyritty vähentämään, on silti kuitenkin tärkeää tiedostaa, että vesiohenteisten maalien täysi käyttöönotto on mahdotonta. Tiettyissä käyttötarkoituksissa vesiohenteiset maalit eivät kykene täyttämään vaadittuja laatu- tai ominaisuusvaatimuksia, minkä vuoksi liutinohenteisten maalien käytöstä ei voida täysin luopua.

7 Liutin- ja vesiohenteisten maalien jätteen käsittely

Maalausprojekteissa syntyy todella usein maalausjätettä vaihtelevissa määrin, mikä puolestaan on todella paljon riippuvainen maalaustyön laajuudesta, maalin tarpeesta sekä käytettävästä maalausmenetelmästä. Suomessa maalijätteenä lasketaan kaikki nestemäiset pinnoitteet sekä maalausvälineiden puhdistamiseen käytetty vesi tai liuottimet. Maalausjätteet puolestaan luokitellaan ympäristölle vaaralliseksi jätteenä, minkä vuoksi tämänkaltaiset jätteet tulisi aina kuljettaa niille tarkoitettuun kierrätyspisteeseen. Maalijätteen syntymistä voi ehkäistä

kaikista parhaiten laskemalla tarvittava maalin määrä etukäteen. Käytettävien maalien menekit vaihtelevat paljon maalattavan pinnan materiaalin, karheuden, halutun sävyn sekä maalausmenetelmän mukaan. Toinen tapa ehkäistä maali-jätteen syntymistä on käyttää maalaustyöstä ylijäänyttä maalia muissa projekteissa tai käyttökohteissa. [86.]

Lähes kaikki maalaustyöstä syntyvä jäte on lajiteltava vaarallisen jätteen kierrätykseen. Tähän lukeutuvat nestemäiset maalit, lakat ja ohenteet sekä maalaus-työvälineiden pesuun käytetty vesi. Maalipurkki, jonka sisällä oleva maali on täysin kuivunut, voidaan kierrättää joko seka- tai metallijätteenä pakkauksen materiaalin mukaan. [86.] Mikäli työssä käytetään useita eri maaleja, niistä syntyvien jätteiden yhdistämistä tulisi välttää mahdollisimman paljon, sillä eri maalien sisältämät kemikaalit voivat tietyissä tapauksissa alkaa reagoimaan keskenään ja täten aiheuttaa vaaratilanteita.

Tuotteita ja jätteitä, joita ei saa yhdistää keskenään ovat mm. teollisuuskäyttöön tarkoitetut kaksikomponenttiset epoksimaalit, epäorgaaniset maalit, kuten siliikaatti- ja kalkkimaalit, pesuaineet ja puhdistusliuokset sekä maalinpoistoaineet. Myöskään vesi- ja liuotin ohenteisia maaleja ei tule sekoittaa keskenään kemiallisen reaktio riskin vuoksi. [87.] Öljymaalien tapauksessa jätteiden kohdalla on tärkeää muistaa, että öljymaalia sisältävät huokoiset materiaalit voivat syttyä palamaan itsestään ilman lämpötilan noustessa tarpeeksi korkeaksi. Tulipalovaaran estämiseksi öljymaalijätteet tulee kostuttaa runsaalla vedellä, minkä jälkeen se tulee toimittaa vaarallisen jätteen keräykseen. [88.] Maalaukseen käytetyt kuivuneet työvälineet lasketaan sekajätteeksi, mutta mikäli työvälineiden pinnalla on jäljellä vielä märkää maalia, ne lajitellaan suoraan vaarallisten jätteiden joukkoon muiden maalijätteiden tavoin.

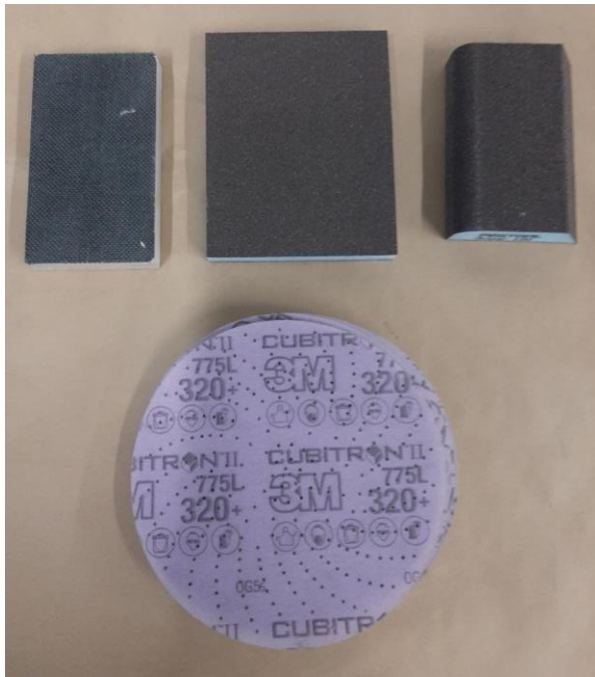
8 Työn kokeellinen osuus

Opinnäytetyön kokeellinen osuus toteutettiin Vantaan Myyrmäen Metropolia kampuksen pinnoite- ja materiaalilaboratorion työtiloissa. Tässä luvussa on esiteltynä kokeellisen osuuden aikana koekappaleille tehty esikäsittely,

maalausprosessi, maalattujen kappaleiden kuivutusprosessi sekä maalikalvon ominaisuuksien mittaamiseen käytetyt testimenetelmät. Koelevyjen maalaaminen tehtiin kohdeyrityksen oman maalausprosessin mukaisesti siten, että koelevyt maalattiin kertaalleen pohja- ja pintamaaleilla. Työssä maalatut näytelevyt olivat noin 150 x 150 mm:n kokoisia, 13 mm:n paksuisia neliömäisiä MDF-puukuitulevyjä, jotka kohdeyritys oli valmistanut opinnäytetyötä varten.

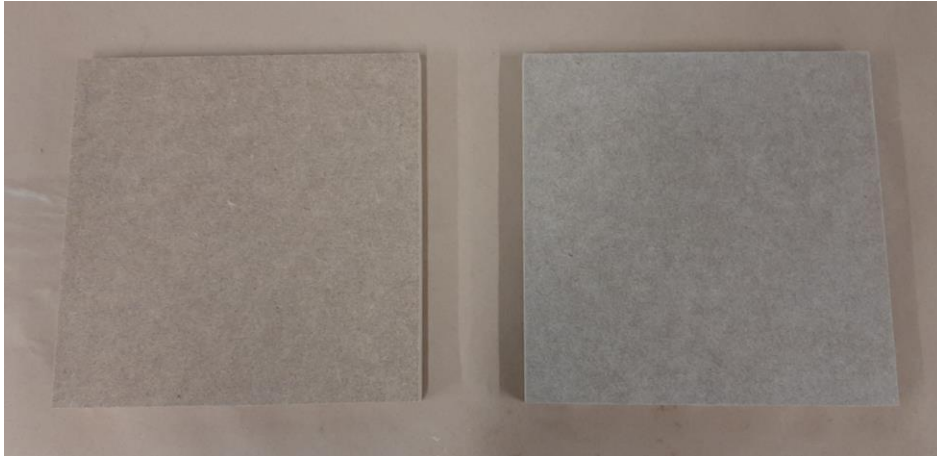
8.1 Koekappaleiden esikäsittely, pohja- ja pintamaalausprosessi

Kokeellisen osuuden työprosessi aloitettiin esikäsittelyhiomalla koelevyt kuvassa 5. olevilla karkealla raekoon 320+ hiomapaperilla ja hiomasienillä.



Kuva 5. Koelevyjen esikäsittelyyn käytetty hiomapaperi ja hiomasienet.

Esikäsittelyhiomann avulla MDF-puukuitulevyjen pintaa karhennettiin, minkä tarkoituksena oli varmistaa, että käytettävät pohjamaalit tarttuisivat mahdollisimman hyvin koelevyjenpintaan. Alla olevassa kuvassa 6 on esiteltynä esikäsittelemätön koelevy vasemmalla sekä esikäsitelty koelevy oikealla.



Kuva 6. Ei-hiottu ja hiottu MDF-koelevy.

Ennen levyjen pohjamaalauksen aloittamista, hiottujen levyjen pinnat puhdistettiin mahdollisesta pölystä ja muusta liasta ja työssä käytettävien maalien viskositeetti tarkistettiin DIN-kupin avulla. Tämän lisäksi maalaamon ilmankosteus sekä lämpötila mitattiin joka kerta ennen maalaustyön aloittamista lämpötila- ja ilmankosteusmittarin avulla. Lämpötilan ja ilmankosteuden mittauksella haluttiin seurata maalaamon olosuhteita. Ensimmäiset 48 kpl koelevyjä maalattiin Teknoksen vesiohenteisella Teknocoat Aqua Primer 1866–10 ja toiset 48 kpl Tikkurilan vesiohenteisellä Helmi-pohjamaalilla IWATA AirGunsa AZ3 HTE-S Impact mallin matalapaineruiskua käyttäen. Kuvassa 7. on esiteltynä maalaamiseen käytetty matalapaineruisku.



Kuva 7. IWATA AirGuns AZ3 HTE-S Impact -matalapaineruisku. [89.]

Maalaustyössä maalikalvon paksuus pyrittiin pitämään mahdollisimman ohuena kohdeyrityksen toiveiden mukaisesti. Työn kannalta on kuitenkin tärkeää huomioida, että opinnäytetyön kohdeyritys ei itse tee maalikalvon paksuuden mittauksia, minkä vuoksi yritys ei voinut antaa tiettyä määriteltyä ominaiskalvonpaksuutta. Teknoksen pohjamaalia ei ohennettu, sillä kyseinen valittu pohjamaalin viskositeetti oli valmiiksi sopiva matalapaineruiskumaalausta varten. Tikkurilan pohjamaalia sen sijaan piti ohentaa, sillä työssä käytetty Helmi-pohjamaali ei ollut suoraan soveltuva matalapaineruiskulla maalaamista varten. Sen ohennus tehtiin kuitenkin maalin tuoteselosteen mukaisesti, jolloin sitä ohennettiin vedellä viiden tilavuusprosentin verran. Jokaisen levyn maalaamisen jälkeen, niistä mitattiin mahdollisimman nopeasti märkäkalvonpaksuus märkäkalvokamalla.

Märkäkalvomittauksen jälkeen kappaleet siirrettiin kuivumaan lämpökaappiin. Neljä eri koelevyerää kuivatettiin neljässä eri lämpötilassa (25 °C, 30 °C, 35 °C ja 40 °C). Pohjamaalattujen levyjen kuivumista tarkkailtiin tasaisesti 2–3 minuutin väliajoin. Tämän lisäksi, maalattujen kappaleiden kuivumista seurattiin kuvan 8. mukaisella Humimeter BWL -puunkosteusmittarin avulla.



Kuva 8. Humimeter BWL -puunkosteusmittari.

Koelevyjen kuivatusta jatkettiin niin kauan, kunnes koelevyjen maalikalvo oli hiomakuiva. Tämän jälkeen maalipinta hiottiin uudestaan karkealla hiomapaperilla ennen pintamaalausta. Kuvassa 10. on esitettyä esimerkki pohjamaalattusta koelevystä.



Kuva 9. Hiomakuiva, pohjamaalattu koelevy

Välihiannon jälkeen koelevyille tehtiin pintamaalaus Teknoksen vesiohenteisella Teknocoat Aqua 2580–22 -maalilla ja seuraavat 48 koelevyä maalattiin Tikkurilan vesiohenteisella Helmi-pintamaalilla. Pintamaalauksessa molemmista pinta-maaleista käytettiin sekä valkoiseksi että mustaksi sävytettyjä tuotteita. Maalaus suoritettiin siten, että koelevyt maalattiin kuuden levyn ryhmissä ja neljässä erässä. Ensin koelevyistä 24 kpl maalattiin Tikkurilan valkoiseksi sävytetyllä Helmi-pintamaalilla ja seuraavat 24 kpl Teknoksen valkoisella Teknocoat Aqua 2580–22 -pintamaalilla. Tämän jälkeen seuraavat 24 koelevyä maalattiin mustaksi sävytetyllä Tikkurilan Helmi-pintamaalilla ja Teknocoat Aqua 2580–22 -pintamaalilla.

Samalla tavoin kuin pohjamaalauksen kanssa myös pintamaalattujen levyjen märkäkalvopaksuus mitattiin aina levyjen maalaamisen jälkeen. Pintamaalattujen kappaleiden kuivatusprosessissa tehtiin samalla tavoin kuin pohjamaalattuille levyille, missä kaikki neljä, kuuden levyn koe-erä kuivatettiin 25, 30, 35 ja 40 °C:n lämpötiloissa. Koelevyjen kuivumista tarkkailtiin tasaisesti n. 2 minuutin välein niin kauan, kunnes koelevyjen pinta voitiin todeta hiomakuivaksi. Koekappaleiden kuivumista seurattiin Humimeter BWL -puunkosteusmittarilla sekä hiomapaperin avulla samalla tavoin kuin pohjamaalattujen kappaleiden kuivumisprosessin aikana. Kuvassa 10. esitettynä valmiiksi maalattu valkoinen ja musta koelevy.



Kuva 10. Valkoinen ja musta pintamaalattu koelevy.

Valkeiden pintamaalattujen kappaleiden tapauksessa, 40 °C:n lämpötilan kuivaus tehtiin uudestaan sekä Tikkurilan että Teknoksen valkoisille pintamaaleille.

8.2 Maalikalvon ominaisuuksien määrittäminen

Tässä luvussa on esitetty valmiiksi maalatuille kappaleille tehdyt maalikalvo ominaisuustestit. Opinnäytetyössä maalatuille koelevyille tehtiin kuusi yleistä maalikalvon tutkimiseen tarkoitettua testiä. Kalvojen ominaisuuksien määrittämisen testit tehtiin mahdollisuuksien mukaan SFS-ISO -standardien ohjeiden mukaisesti. Tehdyistä testeistä silmämääräiselle tarkastelulle ei ole olemassa ISO:n määrittelemää ohjeistusstandardia. Kaikki kuusi maalikalvon ominaisuuksien määrittämiseen tarkoitettua testiä suoritettiin vesiohenteisilla maaleilla maalatuille levyille sekä kohdeyrityksen itse liuotinohenteisilla maaleilla maalatuille levyille. Kohdeyritys oli maalannut viisi koelevyä Teknos Wedett Surfacer Tix White -pohjamaalilla ja Teknos Wedett 30 Tix (NCS S 0502-Y) valkoisella katalyytipintamaalilla. Viisi mustaa koelevyä kohdeyritys oli maalannut Teknocoat Primer 1604–20 -pohjamaalilla ja Teknocoat 1676–03 (NCS S 9000-N) happokovettuvalla pintamaalilla käyttämällä. Liuotinohenteisilla maaleilla maalatuista koelevyistä saadut testitulokset toimivat kokeellisessa osuudessa vertailureferensseinä vesiohenteisilla maaleilla maalattujen koelevyjen tuloksille.

8.2.1 Maalikalvon märkä- ja kuivakalvonpaksuuden määrittäminen

Työssä märkäkalvon sekä kuivakalvonpaksuuden määrittäminen tehtiin SFS-EN ISO 2808 -standardin ohjeistuksen mukaisesti. Märkäkalvon määrittäminen tehtiin standardin kohdan 4.2.4, menetelmän 1A mukaisesti kuvan 11. kaltaisella märkäkalvokammalla.



Kuva 11. Elcometer-märkäkalvokampa. [90.]

Märkäkalvonpaksuus mitattiin maalattujen koelevyjen märästä maalikalvosta asettamalla kalvokampa kohtisuoraan märkää maalipintaa vasten, minkä jälkeen kamman hampaiden annettiin kostua kunnolla ennen kuin kampa nostettiin pois. Märkäkalvonpaksuudeksi kirjattiin suurin pinnoiteaineen kastelema hampaan lukema. Kuivakalvon paksuuden määrittäminen on tehty samassa standardissa esitetyn 6B-kiilauramenetelmän ohjeistuksen mukaisesti maalipaksuuden mittaamiseen tarkoitetulla Elcometer 121/4 -maalimittarilla. (kuva 12)



Kuva 12. Elcometer 121/4 Standard & Top Paint Inspection Gauges (P.I.G.).
[91.]

Kuivakalvopaksuus mitattiin Elcometer 121/4 -maalimittarilla asettamalla mittari vaakatasossa olevan maalatun levyn pintaan vasten. Tämän jälkeen, mittaria työnnettiin tasaisella nopeudella poispäin, siten että maalikalvoon syntyi selkeä kuvassa 13. näkyvä viivamainen jälki.



Kuva 13. Kuivakalvopaksuuden määrittäminen mustaksi maalatulle levylle.

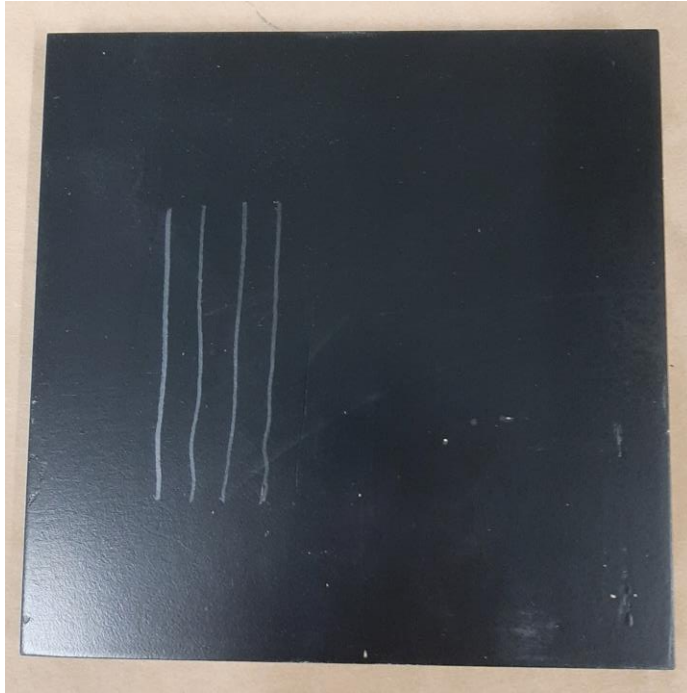
Kuivakalvon paksuuden määrittäminen tehtiin jokaiselle eri lämpötilassa kuivatettujen koelevyerän kahdelle rinnakkaiselle levyille. Koe tehtiin sekä valkoiseksi että mustaksi maalatuille levyille. Seuraavaksi mittari asetettiin viiltokohdan päälle, josta maalikalvon paksuus saatiin mitattua mittariin rakennetulla suurennuslasilla ja siinä olevan mitta-asteikon avulla. Kuivakalvon paksuus mitattiin jokaisen eri kuivatuslämpötilakoe-erän kahdesta levystä. Kahden saman koe-erän rinnakkaisten levyn kuivakalvonpaksuus mitattiin kaikkiaan kolmesta eri kohdasta.

8.2.2 Maalikalvon silmämääräinen tarkastelu

Maalikalvon silmämääräiselle tarkastelulle ei ole olemassa ISO:n omaa määrittelemää standardia, minkä vuoksi tässä työssä maalattujen kappaleiden pintoja tarkasteltiin maalausprosessin sekä kuivatuksen jälkeen silmämääräisesti. Silmämääräisessä tarkastelussa maalikalvon pinnalta pyrittiin löytämään mahdollisia maalausvirheitä tai muita kalvon epämuodostumia, kuten esimerkiksi valumia, kuplia, roiskeita, halkeamia tai ns. ”appelsiinkuorikohtia”.

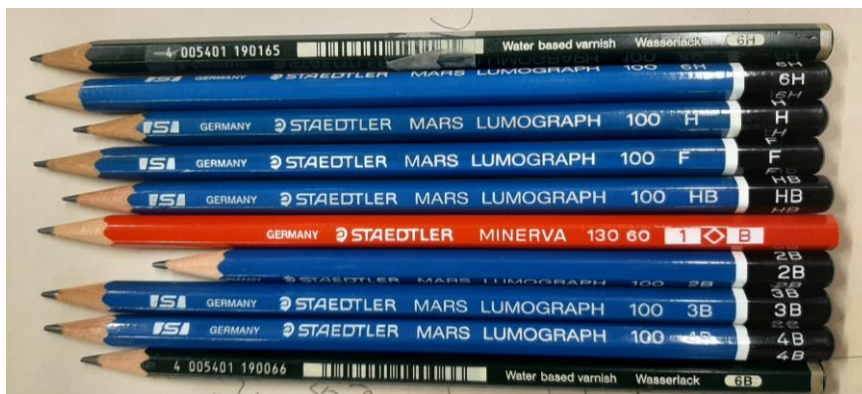
8.2.3 Maalikalvon naarmuuntumiskovuuden määrittäminen

Tässä opinnäytetyössä maalikalvon kovuus määritettiin SFS-EN ISO 15184 -standardin mukaisesti. Nimetyssä standardissa on annettu ohjeistus maalikalvon naarmuuntumiskovuuden määrittämiselle lyijykynäkokeen avulla. Kokeellisen osuudessa koelevyjen kalvojen kovuusmittauskoe tehtiin työntämällä kovuudeltaan tunnettuja lyijykyniä kalvon pintaa vasten kuvan 14. mukaisella tavalla siten, että levyn pintaan jäi selkeä jälki.



Kuva 14. Naarmuuntumiskovuuden määrittäminen mustaksi maalatulle levyllä.

Testiä jatkettiin niin kauan, kunnes yksi kuvassa 15. esitetyistä lyijykynistä aiheutti kalvoon näkyvän, vähintään 3 mm pitkän naarmuuntumisjäljen. Lyijykynäkokeessa lyijykynien lyijyn kärki tasoitettiin hiomapaperin avulla standardin ohjeen mukaisesti litteäksi jokaisen testikerran jälkeen. Naarmuuntumiskoe tehtiin eri koe-erien yhdelle koelevylle ja tarpeen vaatiessa kahteen eri kohtaan maalikalvossa.



Kuva 15. Naarmuuntumiskokeessa käytetyt Staedtler- ja Faber-Castell-lyijykynät.

Tämän testikokeen tapauksessa on kuitenkin tärkeää huomioida, että kokeessa ei ole kyetty käyttämään kaikkia EN ISO 15184 -standardissa esitettyjä erikövuisia lyijykyniä.

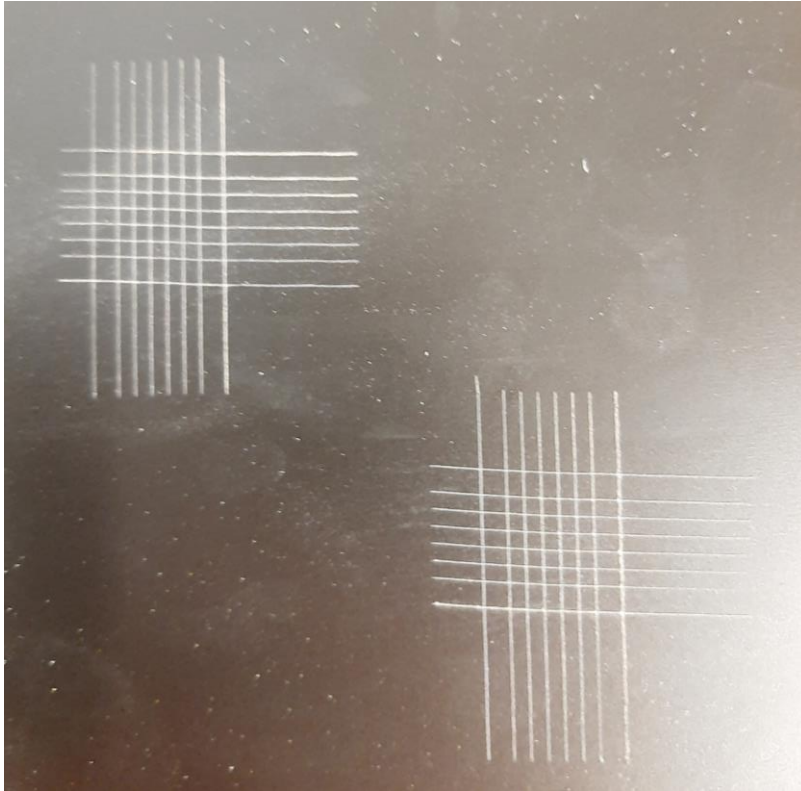
8.2.4 Maalikalvon irtoamiskestävyyden määrittäminen

Maalikalvon irtoamiskestävyystesti suoritettiin SFS-EN ISO 2409 -standardin ohjeistuksen mukaisesti hilaristikkokokeen avulla. Testi suoritettiin siten, että maalikalvoon tehtiin kolmeen kohtaan moniteräisellä leikkurilla risteävät leikkausurat. Tässä työssä hilaristikkokoe tehtiin kuvassa 16. näkyvällä käsikäyttöisellä moniteräisellä leikkurilla. Testissä käytetyn käsikäyttöisen leikkurin leikkausurien välinen etäisyys oli 3 mm standardissa määritellyn testimenetelmäohjeistuksen mukaisesti.



Kuva 16. Elcometer 107 Cross Hatch Cutter -hilaristikkoleikkuri

Hilaristikkokoe tehtiin jokaiselle eri koelevyerän kolmelle rinnakkaiselle näyte-kappaleelle, vähintään kolmeen eri kohtaan. Kuvassa 17. on esitettyä mustaksi maalatulle levylle tehdyt kaksi hilaristikkkoa.



Kuva 17. Hilaristikkokoe mustaksi maalatussa koelevyssä.

Koelevyihin tehtiin tarpeen vaatiessa kaksi lisähilaristikkokoetta levyn pintaan, mikäli yksi kolmesta ensimmäisestä hilaristikkomäärityksestä epäonnistui.

8.2.5 Maalikalvon värin ja kiillon määrittäminen

Jokaisesta eri koe-erästä valittiin yksi koelevy maalikalvojen värin määrittystä varten. Ennen värimittauksien aloittamista värimittarille tehtiin referenssimittaus tummaa sekä laitteen mukana olevaa valkoista pintakappaletta vasten. Työssä käytettiin kuvan 18. kaltaista Konica Minolta Spectrophotometer CM-2500d -värimittauslaitetta.



Kuva 18. Konica Minolta Spectrophotometer CM-2500d [92.]

Maalin väri mitattiin koelevyjen pinnalta kolmesta eri kohdasta. Mittauksessa käytetty Konica Minolta Spectrophotometer -värimittari antoi L^* -, a^* - ja b^* -väriarvopisteet sekä heijastuskomponentin kanssa (SCI), että ilman heijastuskomponenttia (SCE). Jokaisen mittauksen jälkeen mittarin antamat väriarvopisteet heijastuskomponentin ja ilman heijastuskomponenttia kirjattiin muistiin.

Kiillon määrittäminen tehtiin SFS-EN ISO 2813:n ohjeistuksen mukaisesti samoista levyistä kuin värinmittaus. Tässä työssä maalikalvojen kiilto mitattiin 60° :n kiiltokulmalla kolmesta eri kohdasta, kuvan 19. mukaisella Elcometer-kiiltomittarin avulla.

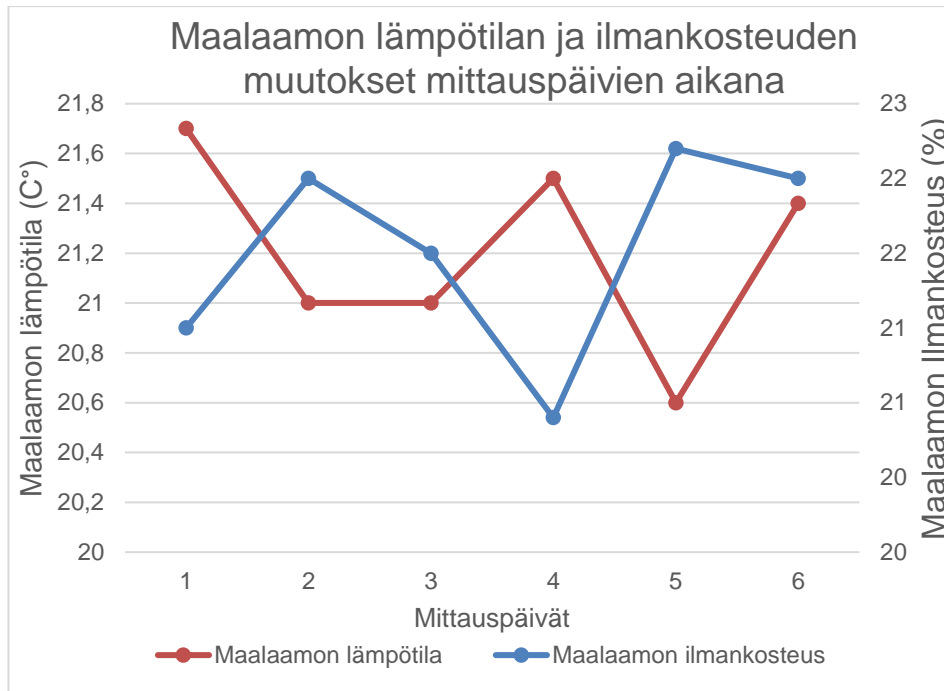


Kuva 19. Elcometer 480 Glossmeter -kiiltomittari [93.]

Testin aikana kiiltomittari uudelleen kalibrointiin aina kuuden mittauskohdan jälkeen kiiltomittarin suojakannessa olevan nollanäytteen avulla.

9 Tulokset ja niiden tarkastelu

Tässä luvussa on esitettyä maalikalvojen kuivatusprosessin sekä maalikalvoille tehtyjen ominaisuuskoetestien tulokset sekä niille tehdyt tulosten tarkastelu ja analysointi. Työn tuloksissa on tärkeää huomioida, että maalaus- ja kuivatusprosessi sekä maalinomaisuustestit on tehty olosuhteellisesti kontrolloidussa laboratorioympäristössä. Kokeellisen osuuden aikana Metropolian materiaali- ja pinnoitelaboratorion maalaamon lämpötila ja ilmankosteus mitattiin aina maalauspäivän alussa ennen itse työn aloittamista. Kuuden maalauspäivän aikana mitatut lämpötilan ja ilmankosteuden olosuhdearvot ovat esiteltyinä kuvassa 20 ja liitteessä 1.



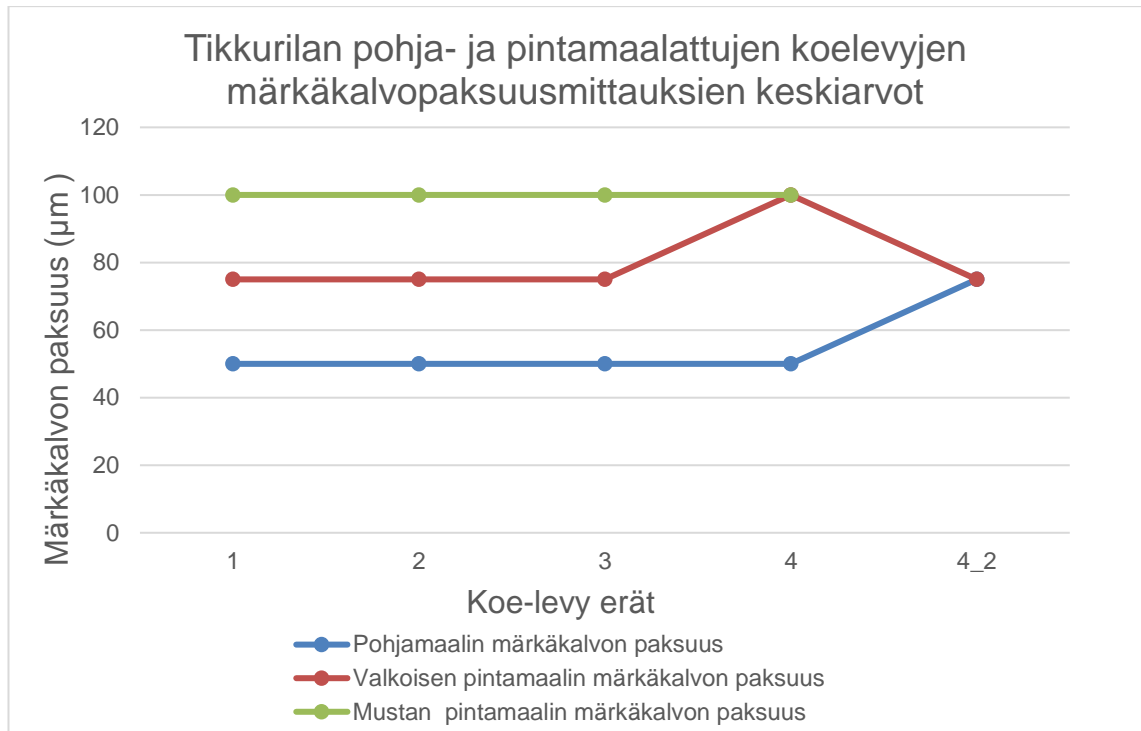
Kuva 20. Materiaali- ja pinnoitetekniikan laboratorio maalaamon lämpötilan ja ilmankosteuden muutos eri mittauspäivien aikana

Olosuhdemittauksien lämpötilan sekä ilman kosteuden tuloksien virhearvioksi on annettu $n. \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ja kosteudelle $n. \pm 2 \%$. Saadut tulokset kuitenkin osoittavat, että maalaamon lämpötilan tai ilmankosteuden suhteen ei tapahtunut merkittäviä muutoksia kuutena mittauspäivinä, jolloin koelevyjen maalaus- ja kuivatus työ tehtiin.

9.1 Maalattujen koelevyjen märkäkalvopaksuuden tulokset

Kuten luvussa 8.1 aikaisemmin mainittiin, kaikille maalatuille levyille tehtiin aina märkäkalvopaksuuden määrittäminen siihen soveltuvan kamman avulla mahdollisimman nopeasti maalaamisen jälkeen. Kaikkiin märkäkalvojen paksuuksiin on annettu $\pm 25 \text{ }\mu\text{m}$:n virhearvio, joka vastaa paksuudenmittauksessa käytetyn märkäkalvonkamman kahden hampaan väliä.

Kuvassa 21. on esitettyä kaikkien Tikkurilan Helmi-pohjamaalilla sekä valkoisella ja mustalla Helmi-pintamaalilla maalattujen koelevyerien märkäkalvopaksuuksien keskiarvot.

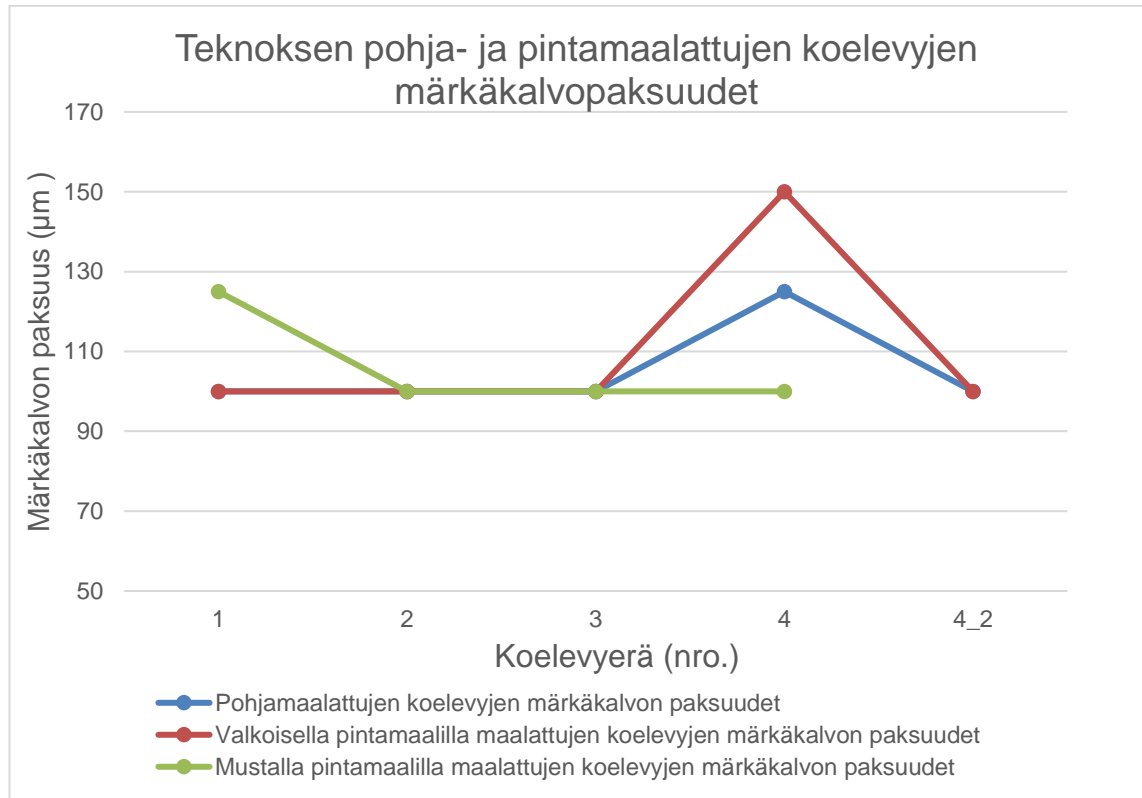


Kuva 21. Tikkurilan pohja- ja pintamaalien märkäkalvopaksuudet.

Yllä olevasta kuvaajasta nähdään, että levyjen märkäkalvopaksuudet ovat viimeistä uusintaa lukuun ottamatta yhtä suuria. Tämä kertoo siitä, että koelevyjen pohja- ja pintamaalaus on onnistuttu tekemään hyvin samankaltaisesti koe-erittäin. Kuvan 21. tulokset näyttävät selkeästi, kuinka uudelleen maalatun neljännen koe-erän pohjamaalikerros on paksumpi, mutta pintamaalikalvo sen sijaan ohuempi. Mustalla pintamaalille ja neljännen uusinta koe-erän pohjamaalin paksumpi märkäkalvo on voinut syntyä maalin virheellisen ohentamisen, maalaamiseen käytetyn matalapaineruiskun virheellisten säätöjen tai liian hitaan maalausnopeuden seurauksena.

Tikkurilan Helmi-pohjamaalin märkäkalvopaksuuden mittaustulokset on esiteltyä liitteissä 2–6. Tikkurilan valkoiseksi sävytetyn Helmi-pintamaali koe-erien märkäkalvopaksuustulokset ovat esitettyä liitteissä 7–9. Mustaksi sävytetyn Helmi-pintamaalilla maalattujen koelevyjen kaikki märkäkalvopaksuuden mittaustulokset löytyvät liitteissä 10–11.

Kuvassa 22. on esitetty Teknoksen Teknocoat Aqua Primer pohjamaalilla ja Teknocoat Aqua 2588–22 valkoisella ja mustalla pintamaaleilla maalattujen koelevyjen märkäkalvonpaksuuksien keskiarvot.



Kuva 22. Teknoksen pohja- ja pintamaalien märkäkalvopaksuudet

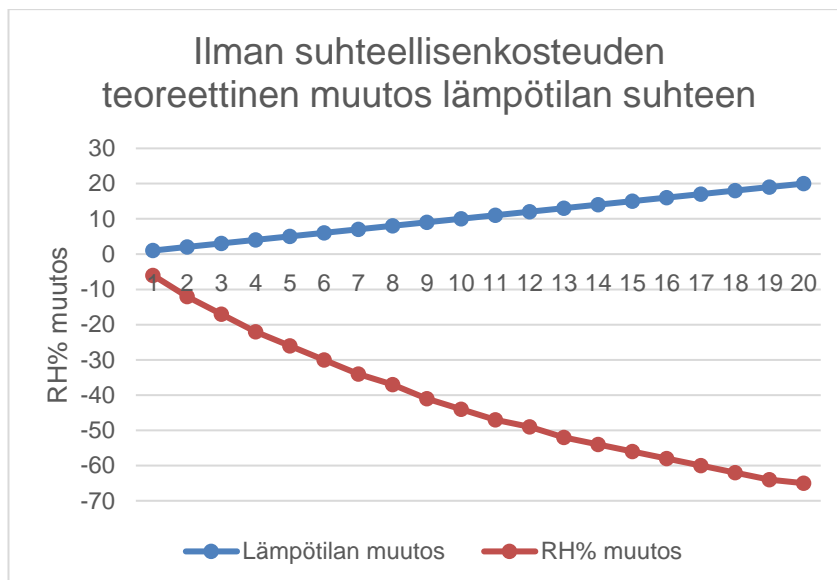
Koelevyjä maalatessa Teknoksen pohjamaalilla, koelevyjen märkäkalvopaksuudet olivat neljättä erää lukuun ottamatta saman paksuisia. Tämä kertoo, että maalaustyö on onnistuttu tekemään lähes samanlaisesti jokaisen eri koelevyerän kohdalla. Yllä olevasta kuvan 22 kuvaajasta nähdään, kuinka neljännen valkoiseksi pintamaalattun koelevyerän kalvonpaksuudet ovat olleet merkittävästi paksumpia kuin kolmen aikaisemman, minkä vuoksi neljännelle koe-erälle tehtiin uusinta, joka on onnistunut huomattavasti paremmin kuin edellinen erä. Paksumpi märkäkalvo alkuperäisen neljännen koelevyerän kohdalla on voinut syntyä matalapaineruiskun suihkutetun maalin suuremman määrän tai hitaamman maalausnopeuden seuraamuksena.

Teknoksen pohjamaalattujen koelevyjen mittaustulokset ovat esiteltynä liitteissä 12–16. Valkoiseksi sävytetyn Teknocoat Aqua maalilla pintamaalattujen koe-kappaleiden mittaustulokset ovat esitettynä liitteissä 17–19. Teknoksen mustaksi sävytetyn pintamaalin märkäkalvopaksuuden mittaustulokset ovat esitettyinä liitteissä 20–21.

9.2 Maalien nopeutetun kuivatusprosessin tulokset

Tässä luvussa esitetään ja tarkastellaan kokeellisen osuuden aikana maalattujen koelevyjen kuivattamiseen liittyviä tuloksia. Koelevyjen kuivumista tarkkailtiin tasaisesti n. 2 minuutin aikaväleihin niin kauan, kunnes kappaleiden maalipinta pystyttiin toteamaan hiomakuivaksi. Kappaleiden kuivumiseen kulunutta aikaa tarkkailtiin sekä pohja- että pintamaalien kuivumisen aikana.

Kuvassa 23. on esitettynä lämpötilan teoreettinen vaikutus ympäristön suhteelliseen ilmankosteuteen, minkä mukaan ilmankosteuden pitäisi laskea ilman lämpötilan noustessa. Suhteellisen ilmankosteuden muutoksen arvot lämpötilan suhteen ovat myös esitettynä liitteessä 22.



Kuva 23. Ilmankosteuden teoreettinen muutos lämpötilan suhteen.

Opinnäytetyössä koelevyjen kuivattamiseen käytetyn lämpökaapin tarkasta lämpötilasta ja sen sisäisestä ilmankosteudesta ei voida olla täysin varmoja, minkä vuoksi maalien kuivumiselle saatujen aikojen täydellistä paikkansa pitävyyttä ei voida varmistaa. Maalaamon lämpötilan ja suhteellisen ilmankosteuden teoreettisen muutoksen arvojen avulla, Tikkurilan ja Teknoksen pohja- ja pintamaaleille on laskettu teoreettiset kuivumisajat. Liitteessä 23. on esitetyt lämpötilan ja ilmankosteuden muutoksen arvot on saatu laskettua liitteessä 22. esitettyjen arvojen avulla kaavan 1. mukaisesti. Kaavan 1. RH_0 on maalaamon suhteellisen ilmankosteuden mittausarvojen keskiarvo (21,5 %).

$$RH_1 = RH_0 - (RH_{\Delta} * RH_0) \quad (1)$$

$$21_{RH0} - (-6\%_{RH\Delta1} * 21_{RH0}) = 19,7_{RH1}$$

jossa

RH_1 = lämpökaapin sisäinen suhteellinen ilmankosteuden prosentuaalinen määrä

RH_0 = maalaamon suhteellisen ilmankosteuden mittausarvojen keskiarvo

RH_{Δ} = suhteellisen ilmankosteuden muutos

Kaavan 1. avulla on saatu laskettua liitteessä 23. esitetyt suhteellisen ilmankosteuden laskennalliset arvot, joiden avulla on voitu laskea maaleille niiden teoreettiset kuivumisajat eri lämpötiloissa kaavan 2. avulla.

$$t_1 = \frac{RH_2}{RH_1} * t_0 \quad (2)$$

$$\frac{19,7_{RH1}}{21_{RH0}} * 38,4_{t0} = 36,1_{t1} \text{ min}$$

jossa

t_1 = laskennallinen kuivumisaika

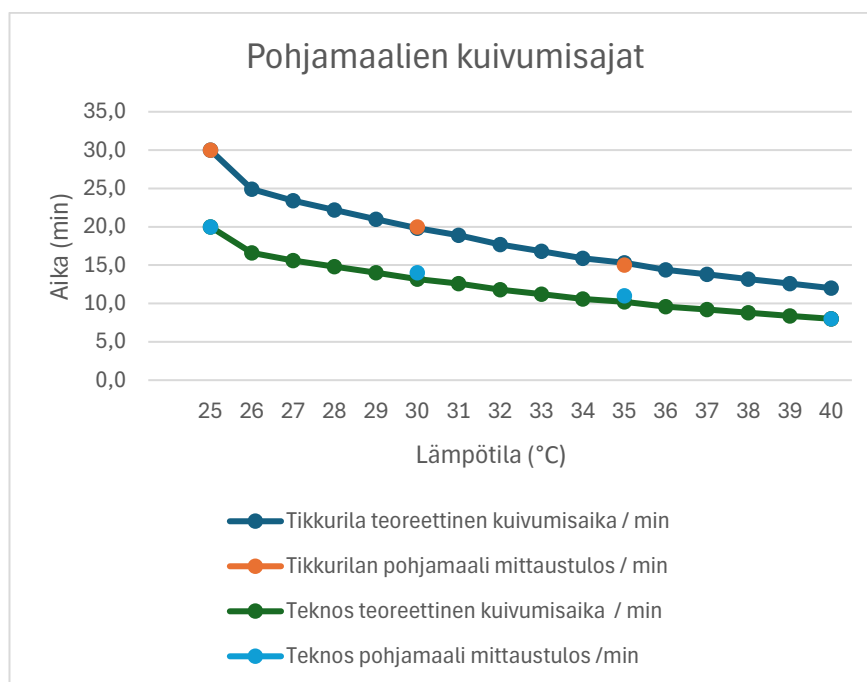
RH_2 = yhden lämpötila asteen nousua vastaava ilmakesteyden arvon muutos lämpökaapissa

RH_1 = lämpökaapin sisäinen suhteellinen ilmakesteyden prosentuaalinen määrä

t_0 = kuivumisajan lähtöarvo

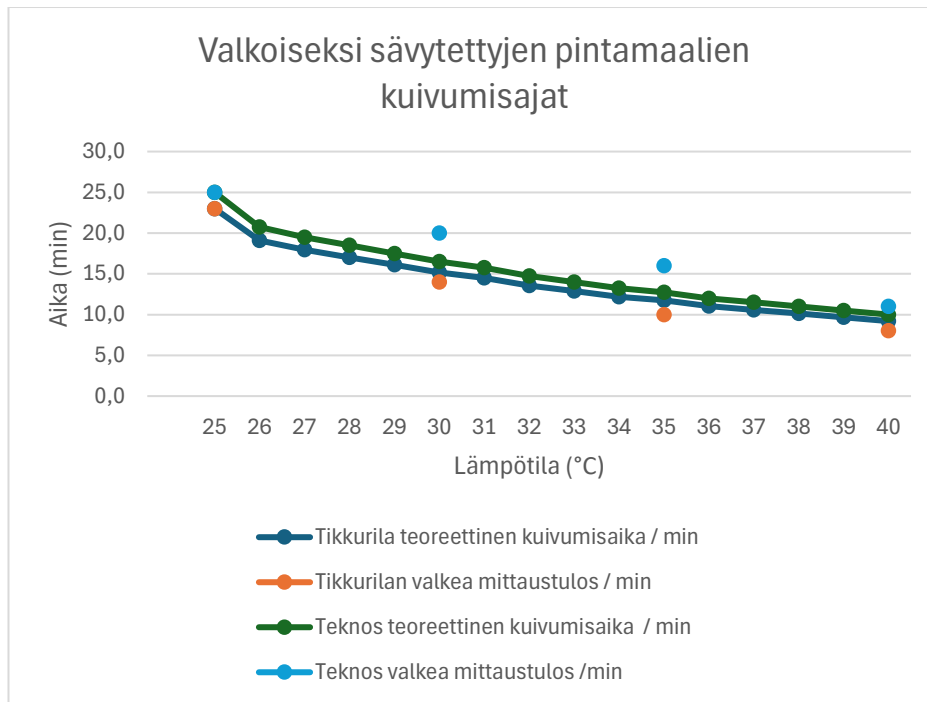
Kaavassa 2. t_0 kuivumisajan lähtöarvoksi on valittu sekä pohja- että pintamaalattujen koelevyjen 25 °C:n lämpötilassa koekappaleiden kuivumiseen kulunut aika. Tämän arvon pohjalta on voitu siten laskea kaavan 2. avulla loput teoreettiset kuivumisajat sekä Tikkurilan, että Teknoksen pohja- ja pintamaaleille lämpötila välille 25–40 °C.

Alla olevassa kuvassa 24. on esitettyä Tikkurila Helmi ja Teknocoat Aqua pohjamaaleille saadut kokeellisen osuuden aikana mitatut kuivumisajat sekä molemmille pohjamaaleille lasketut teoreettiset kuivumisajat. Tikkurilan Helmi-pohjamaalin sekä Teknoksen Teknocoat Aqua Primer pohjamaalien kuivumisaika mittaustulokset sekä teoreettiset kuivumisajat ovat esitettyinä liitteissä 24–25.



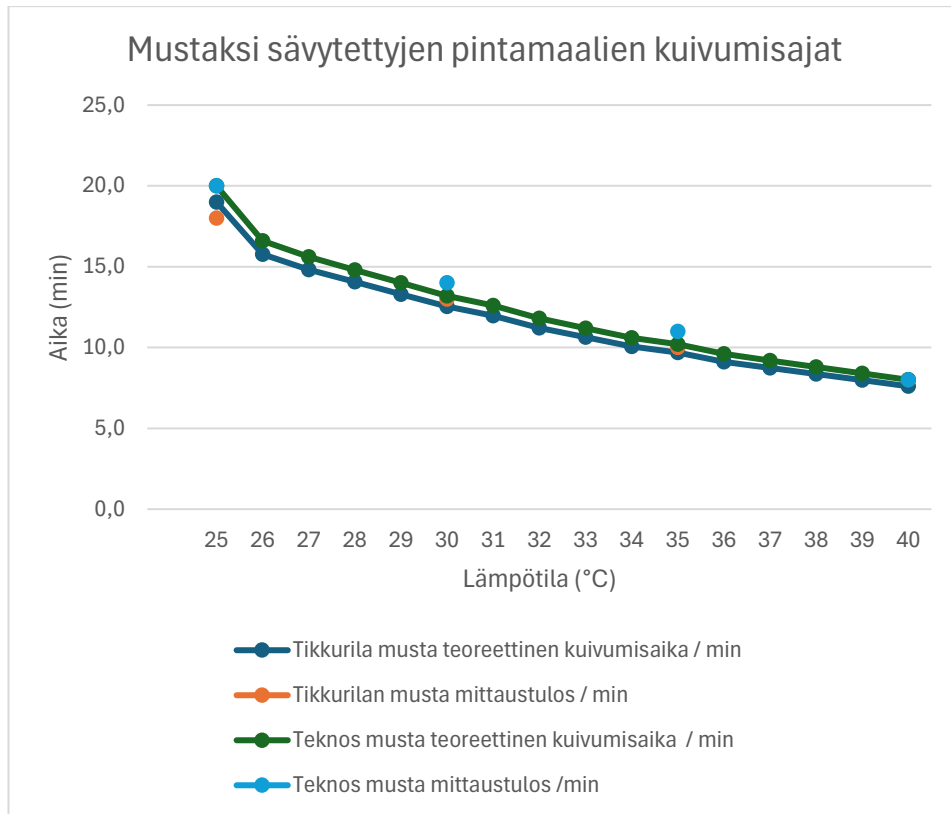
Kuva 24. Tikkurilan ja Teknoksen pohjamaalien kuivumisen tulokset.

Kuvassa 25. on esitettyinä valkoiseksi sävytetyn Helmi-pintamaalin ja Teknocoat Aqua pintamaalin mittaustulokset sekä niille lasketut teoreettiset kuivumisajat. Molempien pintamaalien tarkemmat teoreettiset kuivumisajat ja mittaustulosajat ovat esitettyinä liitteissä 26–27.



Kuva 25. Tikkurilan ja Teknoksen valkoisten pintamaalien kuivumisen tulokset

Kuvan 26. kuvaajassa on vastaavasti esiteltyinä mustaksi sävytetyn Helmi-pintamaalin ja Teknocoat Aqua-pintamaalin mittaustulokset sekä molempien maalien teoreettiset kuivumisajat. Mustien pintamaalien tarkat teoreettiset kuivumisajat ja mitatut kuivumisajat ovat esitettyinä liitteissä 28–29.



Kuva 26. Tikkurilan ja Teknoksen mustien pintamaalien kuivumisen tulokset

Alla olevassa taulukossa 5. on esitetty Tikkurilan ja Teknoksen vesiohenteisten pohja- ja pintamaalien yhteenlasketut kokonaiskuivumisajat, joiden virhearvioksi voidaan antaa n. +5 minuuttia. Jokaisen eri maalin omat erilliset kuivumisajat ovat esitettyä liitteen 30. taulukossa 1. ja taulukossa 2.

Taulukko 5. Vesiohenteisien maalien kokonaiskuivumisajat.

Kuivatus- lämpötila (°C)	Tikkurilan maalien kokonaiskuivumisajat (min)		Teknoksen maalien kokonaiskuivumisajat (min)	
	Helmi pohjamaali + valkoinen pintamaali	Helmi pohjamaali + musta pintamaali	Teknocoat Aqua pohjamaali + valkoinen pintamaali	Teknocoat Aqua pohjamaali + musta pintamaali
25	53	48	45	20
30	34	33	34	28
35	25	25	27	22
40	16	16	19	16

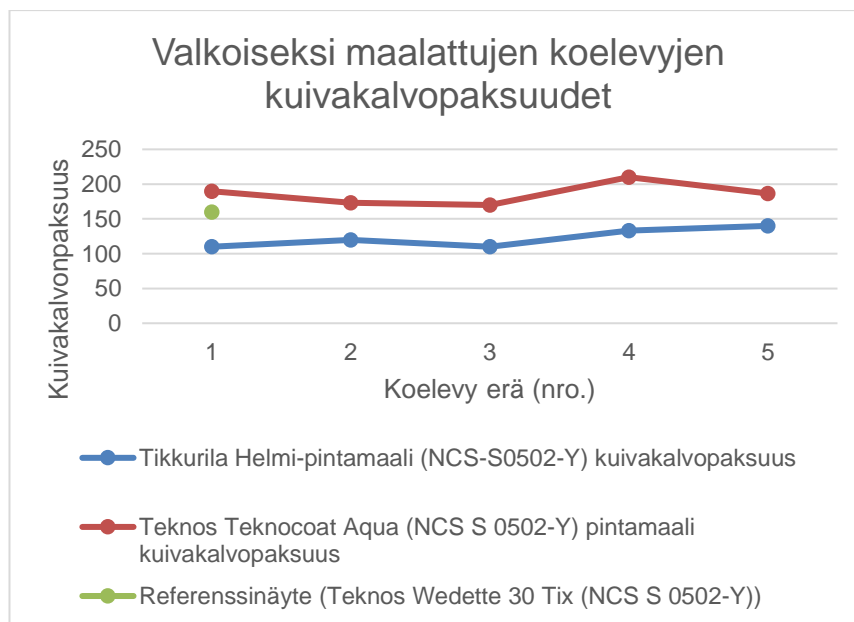
Kun kaikille maaleille saatuja tuloksia tarkastellaan yhdessä, tulokset näyttävät selkeästi, että Tikkurilan ja Teknoksen pohja- sekä molempien pintamaalien kuivumiseen on kulunut suurin piirtein yhtä paljon aikaa. Liitteessä 30. olevan taulukon 1. ja taulukon 2. tuloksista nähdään, että Teknoksen pohjamaali on kuivunut Tikkurilan pohjamaalia nopeammin. Samassa liitteessä 30. taulukosta 1. ja taulukosta 2. nähdään, että pintamaalien tapauksessa Tikkurilan valkoinen ja musta pintamaalit ovat taas puolestaan kuivuneet nopeammin kuin Teknoksen valkoinen ja musta pintamaali. Tulokset kuitenkin osoittavat, että korkeampi kuivatus lämpötila on selkeästi nopeuttanut kaikkien koelevyjen maalikalvojen kuivumista. Valkoisten ja mustien pintamaalien väliset kuivumisaika erot ovat selitettävissä sillä, että musta maalikalvo on oletettavasti sitonut itseensä enemmän lämpöä kuin valkoinen maali.

Kaiken kaikkiaan tuloksista voidaan sanoa, että maalien kuivuminen näyttäisi nopeutuvan korkeammassa lämpötilassa, mutta tuloksien tapauksessa on tärkeää muistaa, että työssä koekappaleiden kuivattamiseen käytetyn lämpökabin sisäinen ilmankosteus on oletettavasti ollut alle 10 %, erityisesti 40 °C:n lämpötilassa.

9.3 Koelevyjen kuivakalvopaksuusmittauksien tulokset

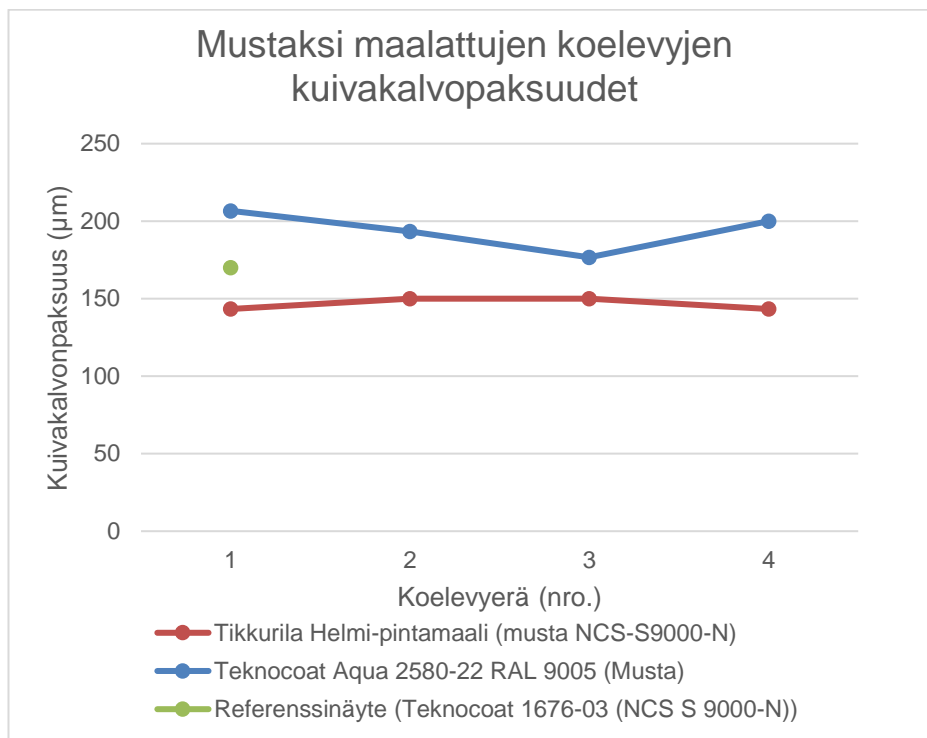
Jokaiselle näytelevylle tehtiin märkäkalvopaksuusmittauksen tavoin myös kuivakalvopaksuusmittaus. Jokaisen koelevyerän tapauksessa kuivakalvonpaksuus mitattiin kahdesta rinnakkaisesta koelevystä, kolmesta eri kohdasta levyjen pinnalta. Kolmen rinnakkaisella mittauspisteen avulla saatiin myös samalla tutkittua paremmin maalikalvojen paksuuden vaihteluita levyjen reunojen ja keskiosan välillä. Kuivakalvopaksuuden mittaustuloksien virhearvio on n. $\pm 20 \mu\text{m}$.

Kuvassa 30. on esitetty valkoiseksi maalattujen liuotinhenteisillä maaleilla maalattujen referenssikoelevyjen, Tikkurilan sekä Teknoksen testilevyjen kuivakalvopaksuudet. Liitteen 31. taulukossa 1 on esitettyinä valkoiseksi maalattujen referenssinäytteiden kuivakalvopaksuusmittauksen tulokset. Tikkurilan valkoiseksi maalattujen koelevyjen kuivakalvopaksuusmittauksen tarkemmat tulokset ovat esitettyinä liitteissä 32–34. Teknoksen valkoisella pintamaalilla maalattujen koekappaleiden kuivakalvopaksuusmittauksen tulokset ovat esitettyinä liitteissä 35–37.



Kuva 27. Valkoisten koelevyjen kuivakalvopaksuudet

Kuvassa 28. on esitettyä mustaksi maalattujen referenssikoelevyjen, Tikkurilan sekä Teknoksen testilevyjen kuivakalvopaksuudet. Mustaksi maalattujen referenssitestilevyjen kuivakalvopaksuusmittauksen tulokset ovat esitettyinä liitteen 31. taulukossa 2. Tikkurilan mustaksi maalattujen testilevyjen kuivakalvopaksuuden kaikki mittaustulokset ovat esitettyinä liitteissä 38–39. Teknoksen mustaksi pintamaalattujen koelevyjen mittaustulokset ovat puolestaan esitettyinä liitteissä 40–41.



Kuva 28. Mustien koelevyjen kuivakalvopaksuudet

Yllä olevista kuvaajista nähdään selkeästi, että valkoiseksi maalattujen levyjen kuivakalvo paksuuksien erot ovat huomattavasti isompia kuin mustaksi maalattujen koelevyjen. Tulokset näyttävät myös, että vesi- sekä liuotinhenteisillä maaleilla on päästy lähes samansuuruisiin maalikalvopaksuuksiin matalapaine-ruiskumaalauksen avulla. Tuloksissa ilmenevät erot ovat olettavammin syntyneet hyvin pitkälti ihmisten virheiden takia kokeellisen osuuden maalaustyön aikana, kuten esim. hitaamman maalausnopeuden, maalin virheellisen ohentamisen, huonon maalaussuunnan tai liian suuren maalisuihkun seurauksena.

Poikkeavuudet kuivakalvonpaksuuksissa ovat kuitenkin varsin pieniä, minkä vuoksi mittaustuloksia voidaan kuitenkin pitää varsin luotettavina ja vertailukelpoisina.

9.4 Maalikalvon silmämääräisen tarkastelun tulokset

Kokeellisen osuuden aikana maalatuille levyille tehtiin myös silmämääräisen tarkastelu. Työn aikana maalattujen levyjen pinnalla ei havaittu näkyviä eikä muita virheitä, kuten rypistymiä, halkeamia, roiskeita, kuplia tai valumia. Koelevyjen maalikalvoilta ei kyetty havaitsemaan mitään paljaalla silmällä nähtäviä virheitä tai poikkeamia missään kokeellisen osuuden vaiheessa. Nämä tulokset kertovat siitä, että koelevyjen puhdistus ja maalaustyö on tehty tarpeeksi hyvin ja perusteellisesti, jolloin lopputuloksena on saatu aikaan tasaisia ja visuaalisesti hyväksyttävän näköisiä maalattuja levyjä.

9.5 Naarmuuntumiskovuus-mittauksien tulokset

Jokaiselle eri koelevyerällä tehtiin myös maalikalvon naarmuuntumiskovuuden mittausta lyijykynä kokeen avulla. Koe tehtiin yhdelle, jokaisesta koe-erästä valitulle yhdelle levyille. Alla olevassa taulukossa 6. on esitettyinä naarmuuntumiskokeiden tulokset kaikkien eri koelevyerille.

Taulukko 6. Naarmuuntumiskovuustestin mittaustulokset

Lyijykynäkovuuskoee mittaustulokset		
	Valkoinen	Musta
Referenssilevyt	2B	2B
Pintamaalin väri - kuivatuslämpötila (°C)	Lyijykynäkovuus (Tikkurila)	Lyijykynäkovuus (Teknos)
Valkoinen - 25	2B	2B
Valkoinen - 30	2B	2B
Valkoinen - 35	2B	2B
Valkoinen - 40	2B	2B
Valkoinen - 40 (Uusinta)	2B	2B
Musta - 25	2B	2B
Musta - 30	2B	2B
Musta - 35	2B	2B
Musta - 40	2B	2B

Kohdeyrityksen valkoiseksi ja mustaksi maalaamien referenssinäytelevyille saadut mittaustulokset ovat esitettyinä liitteessä 42. Tikkurilan valkoiseksi maalattujen levyjen naarmuuntumistestin mittaustulokset ovat esitettyinä liitteissä 43–45. Teknoksen valkoiseksi pintamaalattujen koelevyerien tulokset ovat esitettyinä liitteissä 46–48.

Mustaksi maalattujen koelevyjen naarmuuntumiskovuuden mittaustuloksista, Tikkurilan mustaksi sävytetyn Helmi-pintamaalin tulokset ovat esitettyinä liitteissä 49–50. Teknoksen mustaksi sävytetyn pintamaalattujen koelevyjen naarmuuntumiskovuusmittauksen tulokset ovat esitettyinä liitteissä 51–52.

Taulukossa 5. esitetyt testitulokset näyttävät, että Teknoksen ja Tikkurilan valkoiseksi ja mustaksi sävytettyjen maalien lyijykynäkovuus on 2B, mikä on standardissa SFS-EN ISO 15184 esitetyn kovuusasteikon perusteella toiseksi kovin

pehmeäksi luokitelluista lyijykynistä. Kun kokeesta saatuja tuloksia vertaillaan referenssilevyistä saatuihin tuloksiin, nähdään että lämpötilan nostamisella ei ole ollut vaikutusta maalikalvon naarmuuntumiskovuuteen ja että vesi- sekä liuotinhenteisien maalien kalvon naarmuuntumiskovuus on ollut yhtä suuri.

9.6 Irtoamiskestävyyskokeen mittaustulokset

Irtoamiskestävyysmittaus tehtiin jokaiselle eri koelevyerällä, siten että levyerästä valittiin kolme levyä. Jokaisen koe-erän kolmeen levyyn tehtiin vähintään kolme rinnakkaista hilaristikkokoetta, ja tarpeen vaatiessa kaksi lisäkoetta, mikäli yksi kolmesta ensimmäisestä kokeesta todettiin hylätyksi tai muuten epäonnistuneeksi. Koelevyjen pinnalle tehtyjä hilaristikoita verrattiin standardista SFS-EN ISO 2409 löytyvän koetulosten luokitustaulukon avulla. Hilaristikkokokeiden mittaustuloksien ovat esitettyinä alla olevassa taulukossa 7. Taulukon 7. mittaustulokset ovat keskiarvoja kolmen rinnakkaisen testilevyn mittaustuloksista.

Taulukko 7.Hilaristikkokokeen tuloksien luokitukset rinnakkaismittauksien keskiarvona.

Hilaristikkokokeiden mittaustulokset		
	Valkoinen	Musta
Referenssilevyt	0	1
Pintamaalin väri - kuivatuslämpötila (°C)	Maalin irtoamisluokitus (Tikkurila)	Maalin irtoamisluokitus (Teknos)
Valkoinen - 25	1	1
Valkoinen - 30	1	1
Valkoinen - 35	1	1
Valkoinen - 40	1	1
Valkoinen - 40 (Uusinta)	1	1
Musta - 25	1	1
Musta - 30	1	1
Musta - 35	1	1
Musta - 40	1	1

Referenssin koekappaleiden hilaristikkokokeen tulokset ovat esitettyinä liitteessä 53. Tikkurilan valkoiseksi maalattujen koelevyjen hilaristikkokokeiden tulokset ovat esitettyinä liitteissä 54–55. Tikkurilan mustaksi maalattujen koelevyjen mittaustulokset ovat esitettyinä liitteissä 55–56. Teknoksen valkoiseksi maalattujen kappaleiden hilaristikkokokeen tulokset ovat esitettyinä liitteissä 57–58. Teknoksen mustaksi sävytetyllä pintamaalilla maalattujen kappaleiden hilaristikkokokeen tulokset ovat esitettyinä liitteissä 58–59.

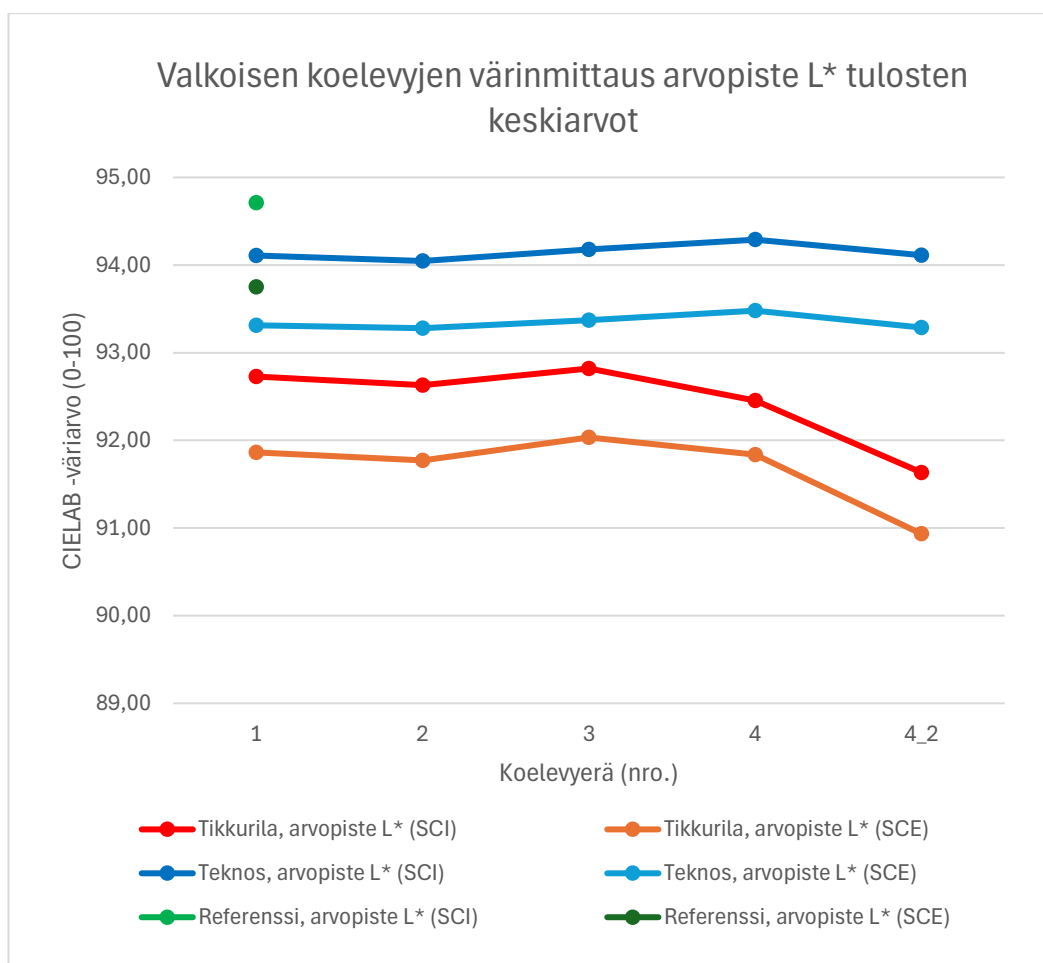
Tuloksista nähdään, ettei kuivatuslämpötilan nostamisella ole ollut näyttävästi mitään vaikutusta koelevyjen maalikalvon irtoavuuteen. Tulokset kertovat myös, että koelevyjen pinnat on saatu puhdistettua tarpeeksi perusteellisesti, minkä ansiosta pohja- ja pintamaalikalvojen väliin ei jäänyt pölyä tai muuta likaa, joka

olisi voinut mahdollisesti estää pintamaalia tarttumasta kunnolla kiinni pohjamaaliin. Tehdyt hilaristikkokokeet todistavat, että liuotin- ja vesiohenteisien maalien irtoamiskestävyudessa ei ole näyttäisi olevan merkittäviä eroja. Ainoa huomioitava hilaristikkokoe tulos saatiin valkoisesta referenssilevystä, jonka maalikalvo ei hilseillyt tai irronnut yhdenkään kolmen rinnakkaisen hilaristikkokokeen aikana. Tämä on merkki siitä, että valkoisen referenssilevyn maalaamisessa käytetty pintamaali on tarttunut todella hyvin levyn pohjamaalikerrokseen, minkä ansiosta maalikalvo ei ole hilseillyt tai irronnut, kun maalikalvoon kohdistui leikkaava voima.

9.7 Maalikalvon värinmittaustulokset

Maalikalvojen kiilto ja väri mitattiin jokaisesta koelevyerästä valitusta, yhdestä koelevystä. Värin määrittämisen tapauksessa tuloksissa on esitetty erikseen valkoiseksi ja mustaksi maalattujen koekappaleiden arvot. Tulokset ovat esitettyinä kiiltokomponentin kanssa (SCI) sekä ilman kiiltokomponenttia (SCE). Tulokset, joissa kiiltokomponentti on ollut mukana, kertovat maalattujen pintojen tarkan värin, kun taas värinmittaus tulokset ilman kiiltokomponenttia kertovat koekappaleiden ”silmämääräisen” värin, jonka ihmissilmä kykenee näkemään kappaleita tarkastellessa.

Alla olevassa kuvassa 30. on esitettyinä valkoiseksi maalatun referenssinäytteen, Tikkurilan valkoisen Helmi-pintamaalin ja Teknoksen valkoisen Teknocoat Aqua pintamaalin värinmittauksien L*-arvopisteiden keskiarvon tulokset, kiiltokomponentin kanssa (SCI) sekä ilman kiiltokomponenttia (SCE).



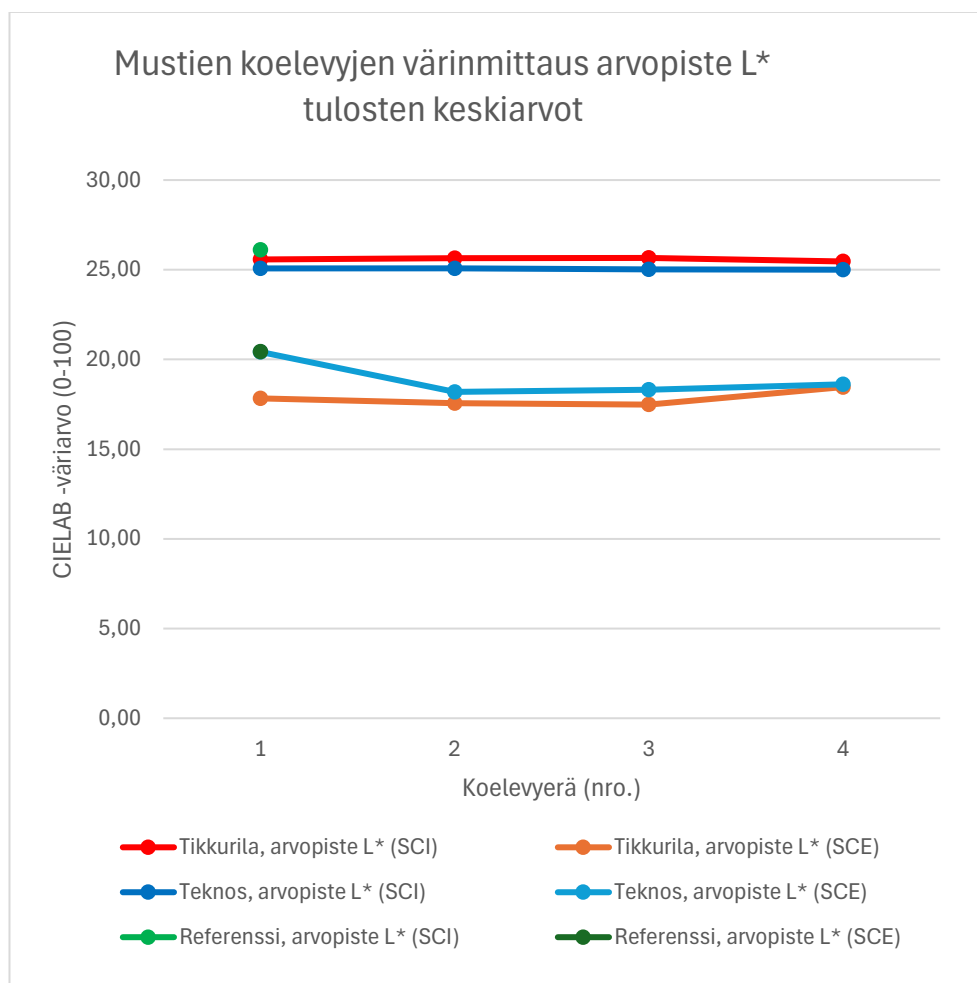
Kuva 29. Valkoisten koelevyjen värinmittauksen L*-arvopisteiden tulokset.

Kuvan 30. esitetyistä tuloksista nähdään, että referenssilevyn valkoinen maali on SCI- ja SCE-värianalyysien perusteella kaikista lähimpänä täydellistä valkoista sävy. Seuraavaksi lähimpänä täydellistä valkoista väriä on Teknosin valkoiseksi sävytetty Tenkocoat Aqua pintamaali ja kauimmaisena täydellisestä valkoisesta väristä on ollut Tikkurilan valkoiseksi sävytetty Helmi-pintamaali.

Valkoisen referenssilevyn tarkemmat värinmittaustulokset ovat esitettynä liitteen 60. taulukossa 1. Tikkurilan valkoisella pintamaalilla maalattujen koelevyjen värinmittaustulokset ovat esitettynä liitteissä 61–65. Teknosin valkoisella pintamaalilla maalattujen koelevyjen värinmittauksen tulokset ovat esitettynä liitteissä 66–70.

Valkoiseksi maalattujen koelevyjien liitteissä esitetyt tulokset osoittavat, että vaikka Tikkurilan, Teknosin ja referenssikappaleiden maali on ollut sävyiltään pääosin valkoinen, sävy ei ole täysin valkoinen, vaan hieman keltaisen suuntaan nojautuva, mikä on nähtävissä positiivisista b^* arvopisteiden tuloksista.

Alla olevassa kuvassa 31. on seuraavaksi esitettynä mustaksi sävytettyjen Tikkurilan Helmi-pintamaalin, Teknosin Teknocoat Aqua pintamaalin sekä kohdeyrityksen maalaaman referenssinäytelevyn värinmittauksen L^* -arvopisteiden keskiarvotulokset.



Kuva 30. Mustien koelevyjien värinmittauksen L^* -arvopisteiden tulokset.

Kuvan 31. kuvaajan tuloksista nähdään, että kaikki käytetyt mustaksi sävytetyt maalit ovat varsin tummia sävyiltään, joista Tikkurilan mustaksi sävytetty Helmi-

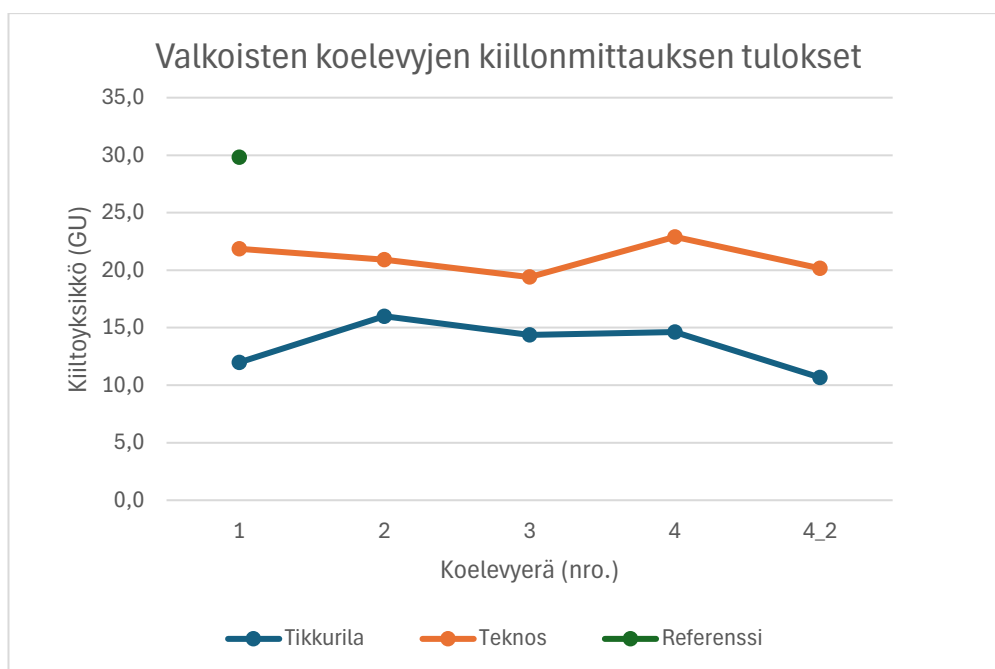
pintamaali on ollut tummin SCE-analyysissa. Seuraavaksi tummin maali SCE-värimittauksen mukaan on ollut Teknoksen mustaksi sävytetty Teknocoat Aqua maali. Toisaalta SCE-väriarvojen tapauksessa referenssilevyn maali on ollut vastaavasti yhtä tummaa kuin Teknoksen vesiohenteinen maali. Mikäli tuloksia tarkastellaan SCI-analyysitulosten pohjalta, on Teknoksen maali ollut tässä tapauksessa tummin, minkä jälkeen Tikkurilan musta Helmi-maali on ollut toiseksi tummin ja kolmanneksi tummin on ollut referenssilevyissä käytetty maali. Tuloksissa on kuitenkin suuri ero kiiltokomponentin sisältäneen L*-arvopisteen (SCI) ja ilman kiiltokomponenttia sisältäneen (SCE) L*-arvopisteen välillä. Ero on kuitenkin looginen, sillä SCE-värianalyysin tulokset vastaavat suurin piirtein sitä värin sävyä mitä ihmisen silmä kykenee havaitsemaan. Kun kiilto otetaan huomioon, mustien maalien värisävy on muuttunut vain hyvin vähän vaaleammaksi.

Mustaksi maalatun referenssinäytteen värimittauksen kaikki arvopistetulokset ovat esitettynä liitteen 71. taulukossa 1. Tikkurilan mustalla pintamaalilla maalatut levyjen värimittausarvot ovat esitettynä liitteissä 72–75. Teknoksen mustaksi sävytetyllä maalilla maalatut koelevyjen arvopisteiden tulokset ovat esitettynä liitteissä 76–79.

Tulokset osoittavat varsin hyvin, että referenssinlevyjen maalaamisessa käytettyjen maalien värisävy on ollut valkoisten maalien osalta valkoisempi kuin vesiohenteisten maalien. Sen sijaan taas vesiohenteisten maalien musta sävy on ollut liuotinohenteista maalia tummempi. Tulokset kuitenkin todistavat sen, että lämpötilan nostamisella ei ole minkäänlaista vaikutusta maalikalvon väriin.

9.8 Maalikalvon kiillonmittaustulokset

Koelevyille, joille tehtiin maalikalvon värinmittaus, tehtiin myös kiillonmittaus. Kiillonmittauksessa maalin kiiltoarvot mitattiin koelevyjen kolmesta eri kohdasta. Tässä luvussa esitetyissä kuvaajissa olevat tulokset käyttävät kiillonmittauksen tulosten keskiarvoja. Alla olevassa kuvassa 32. on esitettynä valkoisille levyille saadut kiillonmittauksen tulokset.



Kuva 31. Valkoiseksi maalattujen koelevyjen kiillonmittaustulokset

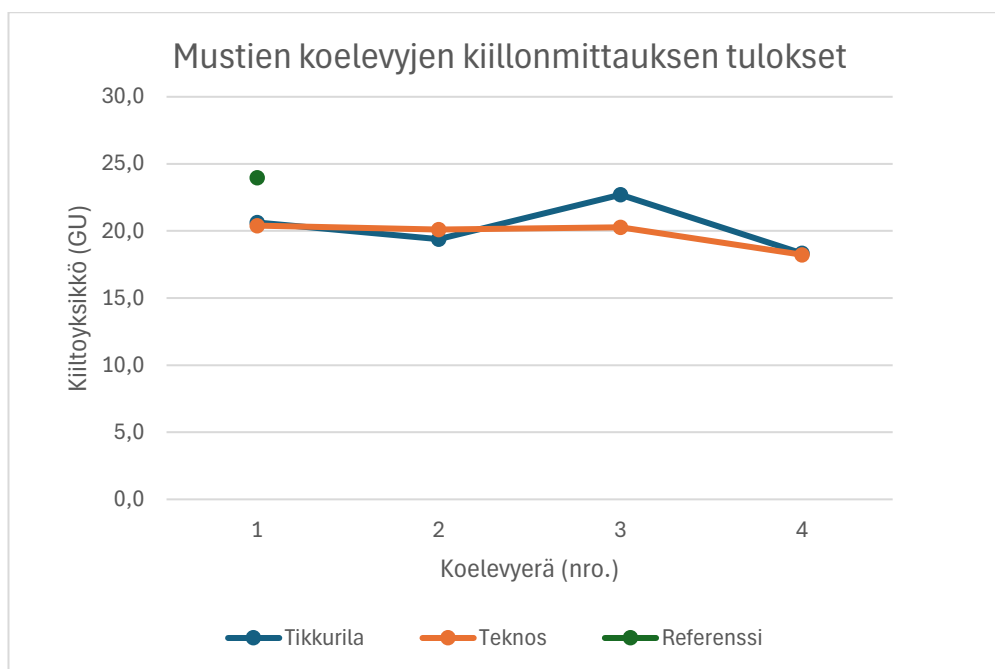
Kuvan 32. kuvaajan tuloksista nähdään, että valkoisen referenssinäytteen maalikalvo kiiltoarvo on ollut kaikista suurin. Seuraavaksi kiiltävin on ollut Teknosken valkoinen maali ja viimeisenä Tikkurilan valkoinen maali, joka on ollut kaikista himmein kolmesta tutkitusta maalista.

Tikkurilan oman antaman tuoteselosteen mukaan, Tikkurila Helmi-pintamaalin kiiltoaste tulisi olla puolihimmeä, jolloin sen kiiltoasteen arvon pitäisi olla taulukko 2:n mukaisesti 11–35 kiiltoyksikön (GU) verran. Teknosken Tekncoat Aqua-maalin tuoteselosteen mukaan kyseisen pintamaalin kiiltoryhmän pitäisi olla n. 20–30 kiiltoyksikköä, eli tällöin maalin tulisi olla puolihimmeä. Kohdeyrityksen itse käyttämän valkoisen pintamaalin Teknos Wedett 30 Tix-katalyytti-maalin kiiltoasteen pitäisi olla 30. Kiiltomittauksesta saadut tulokset vastaavat hyvin pitkälti maalinvalmistajien itse ilmoittamia arvoja, sillä kaikki kolme maalia lukeutuvat taulukossa 2. esitettyjen kiiltoyksikön arvovälien perusteella puolihimmeisiin maaleihin.

Valkoisen referenssilevyn kiillonmittauksen tulokset ovat esitettyinä liitteen 80, taulukossa 1. Valkoisella Tikkurilan pintamaalilla maalattujen levyjen

kiillonmittaustulokset ovat esitettynä liitteissä 81–82. Teknoksen valkoisella pintamaalilla maalattujen koelevyjen kiillonmittaustulokset ovat esitettynä liitteissä 83–84.

Kuvassa 33. on esitettynä mustaksi maalattujen levyjen kiillonmittausten tulokset.



Kuva 32. Mustaksi maalattujen koelevyjen kiillonmittaustulokset

Mustien koelevyjen kiiltomittaustulosten kohdalla levyjen kiiltoarvot vastaavat Tikkurilan ja Teknoksen maalien tuoteselosteissa ilmoitettuja arvoja, jotka ovat samat kuin valkoiseksi maalatuilla levyillä. Mustien levyjen tuloksista kuitenkin nähdään, että referenssinäytelevy olisi kiiltoasteeltaan valkoisten maalien tavoin korkein kiiltoaste. Referenssinäytteessä käytetyn Teknocoat 1676–03 (NCS S 9000-N) happokovettuvan pintamaalin kiiltoasteen tulisi olla 30. Kiiltomittauksesta saatu tulos on varsin hyvin linjassa maalille ilmoitetun kiiltoasteen arvon kanssa. Kuvan 33. kuvaajan tuloksien perusteella Teknoksen ja Tikkurilan mustaksi sävytettyjen pintamaalien kiiltoarvot ovat lähes samat, Tikkurilan kolmatta koe-erää lukuun ottamatta.

Mustan referenssikoelevyn kiillonmittaustulokset ovat esitettyinä liitteen 80. taulukossa 2. Tikkurilan maalilla maalattujen kappaleiden kiillonmittaustulokset ovat esitettyinä liitteissä 85–86. Vastaavasti Teknoksen mustan pintamaalin kiillonmittauksen tulokset ovat esitettyinä liitteissä 87–88.

Kaiken kaikkiaan kiillonmäärityksen tulosten paikkansapitävyys voidaan todeta oikeaksi, sillä mittauksen aikana saadut tulokset vastaavat maalinvalmistajien omia antamia kiilto luokituksia.

10 Yhteenveto

Opinnäytetyön kokeellisen osuuden tulokset osoittavat, että vesiohenteisien maalien kuivumisprosessi näyttäisi nopeutuvan, kun kuivatustilan lämpötilaa nostetaan. Maalien nopeampi kuivuminen on kuitenkin myös todella paljon riippuvainen kuivatustilan ilman suhteellisesta kosteudesta, joka voi vaihdella todella paljon vuodenajan, tilan tuuletuksen ja lämpötilan mukaisesti. Kuivumisajan mittaustulokset ovat hyvin pitkälti vain suuntaa antavia eikä niiden pohjalta voida täysin varmasti sanoa, nopeutuisiko vesiohenteisten maalien kuivuminen kohdeyrityksen omissa tuotantotiloissa. Kokeellisessa osuudessa maalikalvon ominaisuuksien mittauksien tulokset osoittavat kuitenkin, että kuivatuslämpötilan nostaminen ei vaikuta kalvon ominaisuuksiin lähes ollenkaan.

Muita työn tuloksien kannalta huomioitavia tekijöitä ovat mm. opinnäytetyössä käytetyn maalaamon matala suhteellinen ilmankosteus, maalattujen kappaleiden pieni koko ja yksinkertainen muoto sekä maalikalvon paikoittaiset paksuuden vaihtelevuudet. Edellä listatut tekijät ovat vaikuttaneet siihen, miten nopeasti koekappaleet ovat kuivuneet. Myös lämpökaapin sisäinen ilmankosteus on voinut olla todella paljon alhaisempi kuin työssä saadut ja esitetyt laskennalliset arvot, jolloin maalien kuivuminen on ollut vielä nopeampaa.

Opinnäytetyölle asetettu tavoite oli vesiohenteisien maalien kuivumisnopeuden tutkiminen. Saadut tulokset ovatkin hyvin pitkälti vain suuntaa antavia. Työn tulokset antavat kuitenkin karkean pohjan seuraaville kohdeyrityksen

jatkotutkimuksille, joita kohdeyrityksen mukaan olisi tarkoitus tehdä maalintuottajien kanssa parin seuraavan vuoden aikana. Tässä opinnäytetyössä saadut tulokset osoittavat selkeästi, että myös ilman suhteellisen kosteudella on suuri vaikutus maalien kuivumiseen.

Vesiohenteisien maaleihin liittyvissä jatkotutkimuksissa olisi tärkeää tehdä tarkempi ja pitemmän aikavälin seuranta tutkimuksia ympäristössä, jonka olosuhteet vastaisivat paremmin kohdeyrityksen omia maalaus- ja kuivatusolosuhteita sekä tutkia maalien käyttäytymistä mahdollisimman monipuolisesti vaihtelevissa olosuhteissa, kuten esimerkiksi matalissa lämpötiloissa. Vaihtoehtoisesti tutkimuksia voitaisiin tehdä myös UV-kovettuville maaleille, jotka olisivat mahdollisesti ehkä jopa parempi vaihtoehtoinen korvike liuotinohenteisille maaleille kuin vesiohenteiset maalit. On myös huomioitava, että vaikka lämpötilan nostaminen nopeuttaisi maalien kuivumista, ison teollisuustilan lämmittäminen talvikaudella ei todella matalilla lämpötiloilla ole välttämättä taloudellisesti kannattavaa.

Lähteet

- 1 Ergo-Kalusteet Oy:n yritysesitys. 2024. Yrityksen sisäinen dokumentti. Ergo-Kalusteet Oy. Luettu. 23.2.2024
- 2 Historiaa. Verkkoaineisto. Tikkurila Oy. <<https://tikkurila.fi/pro/artikkeli/historiaa>>. Luettu 29.1.2024.
- 3 Industrial Paints Information. Verkkoaineisto. Global Spec. <https://www.globalspec.com/learnmore/materials_chemicals_adhesives/industrial_sealants_coatings/industrial_paints>. Luettu 29.1.2024.
- 4 Maalaus. Verkkoaineisto. Materiaali.fi <<http://materiaali.osao.fi/hau/Maalaus/data/maalaus.htm#maalaus>>. Luettu 29.1.2024.
- 5 Special Types of Paint. Verkkoaineisto. Interiordezin. <<https://www.interiordezin.com/color/special-types-of-paint/>>. Luettu 29.1.2024.
- 6 Maalituotteet. Verkkoaineisto. Puuproffa. <<https://puuproffa.fi/puutieto/pintakasittelytavat/maalituotteet/>> Luettu 29.1.2024.
- 7 Laitinen, Timo. 2020. Maalikemia osa 1. Luentomateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Luettu 30.1.2024.
- 8 Laitinen, Timo. 2020. Maalikemia osa 2. Luentomateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Luettu 30.1.2024.
- 9 Laitinen, Timo. 2020. Maalikemia osa 4. Luentomateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Luettu 30.1.2024.
- 10 Pieni maalisanasto. Verkkoaineisto. Teknos Oy. <<https://www.teknos.com/fi-FI/kuluttajat-ja-ammattilaiset/maalausohjeet/pieni-maalisanasto/>>. Luettu 31.1.2024.
- 11 Sideaineiden ja maalityyppien kehityksestä. Verkkoaineisto. Tikkurila Oy. <<https://tikkurila.fi/pro/artikkeli/sideaineiden-ja-maalityyppien-kehityksesta>>. Luettu 31.1.2024.
- 12 Maalialan sanasto aakkosjärjestyksessä. Verkkoaineisto. Tikkurila Oy. <<https://tikkurila.fi/ohjeet/maalialan-sanasto>>. Luettu 31.1.2024.
- 13 Alkyds. Verkkoaineisto. Thomas Coating Industries. <<https://www.thomasindcoatings.com/alkyds/>>. Luettu 31.1.2024.

- 14 Nielsen, Jørn. 2011. Kaksintaistelu: Alkydimaali – akryylimaali. Verkkoaineisto. <<https://teeitse.com/materiaalit/maalit/kaksintaistelu-alkydimaali-akryylimaali>>. Luettu 31.1.2024.
- 15 Erilaiset maalit ja lakat. Verkkoaineisto. Skil. <<https://www.skil.fi/vaiheittaiset-ohjeet/erilaiset-maalit-ja-lakat.html>>. Luettu 1.2.2024.
- 16 Minkälaisella maalilla talon maalaus on mahdollista tehdä? – Kartta talonmaalien monipuoliseen maailmaan. Verkkoaineisto. Talonmaalaus Pro. <<https://talonmaalaus.pro/minkalaisella-maalilla-talon-maalaus-kannattaa-tehda/>>. Luettu 1.2.2024.
- 17 Nash, Stacey L. 2023. Everything You Need to Know About Epoxy Paint. Agni. <<https://www.angi.com/articles/what-is-epoxy-paint.htm>>. Päivitetty 23.10.2024. Luettu 2.2.2024.
- 18 The science behind epoxies. Verkkoaineisto. Epoxy Europe. <<https://www.epoxy-europe.eu/epoxies/the-science-behind-epoxies/>>. Luettu 2.2.2024.
- 19 Choosing the Right Epoxy Hardener for Fast, Low-temperature Curing. 2022. Verkkoaineisto. SpecialChem. <<https://coatings.specialchem.com/tech-library/article/epoxy-hardener-selection>>. 28.2.2022. Luettu 2.2.2024.
- 20 Lewarchik, Ron. Chemistry of Ambient Cure Epoxy Resins and Hardeners. 2022. <<https://www.ulprospector.com/knowledge/12910/pc-chemistry-of-ambient-cure-epoxy-resins-and-hardeners/>>. 30.3.2022. Luettu 2.2.2024.
- 21 Mymove. Epoxy Paint: What Is It Used For? 2022. Mymove. <<https://www.mymove.com/home-inspiration/painting/epoxy-paint/>>. Päivitetty 13.6.2022. Luettu 2.2.2024.
- 22 Epoxy Coating Uses. Verkkoaineisto. Advanced Environmental Services, Inc. <<https://www.epoxyflooringandconcretetestain.com/epoxy-coating-uses.html>>. Luettu 2.2.2024.
- 23 The Many Uses of Polyurethane Paint and Coatings Verkkoaineisto. Bottom Paint Store. <<https://www.bottompaintstore.com/blog/polyurethane-paint-coatings-foam/polyurethane-paint-coatings/>>. Luettu 2.2.2024.
- 24 Polyurethane Coatings: A Comprehensive Guide. Verkkoaineisto. SpecialChem. <<https://coatings.specialchem.com/selection-guide/polyurethane-coatings>>. Luettu 2.2.2024.

- 25 What are polyurethanes? Verkkoaineisto. Dulux, Protective Coatings. <https://www.duluxprotectivecoatings.com.au/media/1556/311_polyurethanes.pdf>. Luettu 2.2.2024.
- 26 Advantages and Disadvantages of using different Coatings. Verkkoaineisto. Ultrimax. <<https://www.ultrimaxstore.com/files/ww/Products/The%20Advantages%20and%20Disadvantages%20of%20using%20different%20Coatings%20v3.pdf>>. Luettu 2.2.2024.
- 27 Uses for Polyurethane Coatings. 2018. Verkkoaineisto. Performance Coatings. <<https://www.performance-painting.com/uses-for-polyurethane-coatings/>>. 17.10.2018. Luettu 2.2.2024.
- 28 Oberoi, Shimon. What are oil paints? 2023. Verkkoaineisto. Housing. <<https://housing.com/news/oil-paint/>>. 29.9.2023. Luettu 5.2.2024.
- 29 Understanding oil paint: composition and history. Verkkoaineisto. CassArt. <<https://www.cassart.co.uk/an-introduction-to-oil-paint/>>. Luettu 5.2.2024.
- 30 The pro's & cons of water & oil-based paint. 2021. Verkkoaineisto. Hamilton. <<https://www.hamiltondecoratingtools.co.uk/knowledge-room/guides/the-pros-cons-of-water-oil-based-paint/>>. 18.8.2021. Luettu 5.2.2024.
- 31 Jennings, Elizabeth. The Advantages & Disadvantages of Oil Paint. Verkkoaineisto. ehow. <https://www.ehow.com/list_6910066_advantages-disadvantages-oil-paint.html>. Luettu 5.2.2024.
- 32 Oil-Based Paints. Verkkoaineisto. Networx. <<https://www.networx.com/article/oil-based-paint>>. Päivitetty 13.5.2018. Luettu 5.2.2024.
- 33 Suomen Luonnonmaalit. Kalkkimaalia ja sitten sitä höpöhöpökalkkimaalia. 2018. Verkkoaineisto. Suomen Luonnonmaalit. <<https://suomenluonnonmaalit.fi/kalkkimaalia-vai-hopohopo-kalkkimaalia/>>. 20.03.2018. Luettu 6.2.2024.
- 34 A complete guide on chalk paint: Its advantages, disadvantages, and prices. 2023. Verkkoaineisto. 99acres. <https://www.99acres.com/articles/chalk-paint.html#Advantages_and_disadvantages_of_using_chalk_paint>. 22.9.2023. Luettu 6.2.2024.
- 35 Aloittelijan opas kalkkimaalauksen saloihin. Verkkoaineisto. Kalkkimaalikauppa. <<https://www.kalkkimaalikauppa.fi/kalkkimaalausopas-kalkkimaalauksen-saloihin>>. Luettu 6.2.2024.

- 36 Turunen, Kirsi. Kalkkimaali tekee kauniin mattapinnan. 2017. Verkkoaineisto. Meillä kotona. <<https://www.meillakotona.fi/artikkelit/kalkkimaali-tee-kauniin-mattapinnan>>. 27.2.2017. Luettu 6.2.2024.
- 37 Julkisivun pintakäsittelyt. Verkkoaineisto. Kivitalo Info. <<https://kivitaloinfo.fi/rappaus/julkisivun-pintakasittelyt/>>. Luettu 6.2.2024.
- 38 Silikaattimaali - Mistä se koostuu? Verkkoaineisto. Insinööritoimisto Sulin. <<https://sulino.fi/mita-ovat-silikaattimaalit/>>. Luettu 6.2.2024.
- 39 Silikaattimaalien käyttö sisäpinnoilla. Verkkoaineisto. Tikkurila Oy. <<https://tikkurila.fi/pro/artikkeli/silikaattimaalien-kaytto-sisapinnoilla>>. Luettu 6.2.2024.
- 40 Keim silicate paints - the mineral principle. Verkkoaineisto. Keim. <<https://www.keim.com/silicate-paint/>>. Luettu 6.2.2024.
- 41 Silicate paint advantages and disadvantages. Verkkoaineisto. Novin Trades. <<https://www.novintrades.com/articles/1295?title=silicate-paint-advantages-and-disadvantages>>. Luettu 6.2.2024.
- 42 Cement based paint and finishing composition. Verkkoaineisto. HITEK Fine Chemicals Pvt Ltd, Google Patents. <<https://patents.google.com/patent/US5281271A/en>>. Luettu 6.2.2024.
- 43 Finnseco Sementtimaali. Verkkoaineisto. Tikkurila Oy, tuotearkisto. <https://tuotearkisto.tikkurila.fi/ammattilaiset/tuotteet/tuotteet_aakkosjarjestyksessa/tuotearkisto/finnseco_sementtimaali.19503.shtml>. Luettu 6.2.2024.
- 44 Where to apply cement paint. Verkkoaineisto. Gharexpert. <http://www.gharexpert.com/tips/articles/Construction/1637/Paint-1637-Tips-Cement-Paint_0>. Luettu 6.2.2024.
- 45 Kopeliovich, Dmitri. Water-borne paints. Verkkoaineisto. SubstTech. <https://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=water-borne_paints>. Luettu 7.2.2024.
- 46 Pandey, Padmini. Solvent based paint and its impact on environment and human beings environment and society. 2021. Verkkoaineisto. Researchgate. <https://www.researchgate.net/figure/Hydrocarbon-Solvents-used-for-Solvent-Based-Paint-Formulation_tbl1_348688352>. Luettu 7.2.2024.
- 47 Water-based Paints - Advantages and Disadvantages. Verkkoaineisto. Ultrimax. <<https://www.ultrimaxstore.com/training-resources/knowledge>>

- centre/waterbased-paints-advantages-and-disadvantages>. Luettu 7.2.2024.
- 48 Uzmani, Korozyon. Curing Mechanisms. 2016. Verkkoaineisto. Korozyon Uzmani. <<https://www.korozyonuzmani.com/en/kurlenme-mekanizma-lari/>>. 6.9.2016. Luettu 7.2.2024.
- 49 Holger, Alén. 1999. Maalit ja niiden käyttö. 2., uudistettu painos. Helsinki: Hakapaino Oy. Luettu 7.2.2024.
- 50 Brock, Thomas; Groteklaes, Michael & Mischke, Peter. 2000. European Coatings Handbook. Germany, Hannover: Th. Schäfer. Luettu 7.2.2024.
- 51 Goldschmidt, Artur & Streitberger, Hans-Joachim. 2003. Basics of Coating Technology. Germany, Hannover: Primedia. Luettu 7.2.2024.
- 52 Liu, Corona. What is UV curing? What is UV coating curing principle? 2021. Verkkoaineisto. <<https://www.linkedin.com/pulse/what-uv-curing-coating-principle-corona-liu/>>. 10.6.2021. Luettu 7.2.2024.
- 53 SFS-EN ISO 2808. Maalit ja lakat. Kalvonpaksuuden määrittäminen. 2019. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Luettu 8.2.2024.
- 54 Phillips, Ken. What Is CIELAB Color Space? 2023. Verkkoaineisto. Hunterlab. <<https://www.hunterlab.com/blog/what-is-cielab-color-space/>>. 27.12.2023. Luettu 8.2.2024.
- 55 Mitä ovat maalin kiiltoasteet? Verkkoaineisto. Tikkurila Oy. <<https://tikkurila.fi/pro/artikkeli/mita-ovat-kiiltoasteet>>. Luettu 8.2.2024.
- 56 SFS-EN ISO 2813. Maalit ja lakat. Kiillon määrittäminen kulmilla 20°, 60° ja 85°. 2014. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Luettu 8.2.2024.
- 57 Maalari. Verkkoaineisto. Työterveyslaitos. <<https://www.ttl.fi/teemat/tyoterveys/rakennusalan-ammattikohtaiset-tyopaikkaselvitykset-rats/maalari>>. Luettu 9.2.2024.
- 58 Liesivuori, J. 2005. Kemikaalit ja Työ. Verkkoaineisto. Julkari. <<https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/131976/kemikaalit-ja-tyo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Luettu 9.2.2024.
- 59 Vastuullisempia valintoja maalausprosessiin – vesiohenteiset teollisuusmaalit. 2022. Verkkoaineisto. Nor-Maali. <<https://www.nor-maali.fi/2022/09/vastuullisempia-valintoja-maalausprosessiin-vesiohenteiset-teollisuusmaalit/>>. 7.9.2022. Luettu 9.2.2024.

- 60 HTP-arvot 2020: Haitalliseksi tunnetut arvot. 2020. Verkkoaineisto. Valtioneuvosto. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162457/STM_2020_24_J.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Luettu 9.2.2024.
- 61 Tietopaketti-teollisuusmaalaus. 2023. Verkkoaineisto. Työterveyslaitos. Luettu 9.2.2024.
- 62 Atex, Räjähdyksivaarallisten tilojen turvallisuus. 2015. Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/documents/5470659/6406815/ATEX+r%C3%A4j%C3%A4hdysvaarallisten+tilojen+turvallisuus/310d29f5-57bc-431a-90e5-27bf0b6e0f8d?version=1.0>>. Luettu 9.2.2024.
- 63 Paloturvallisuus. Verkkoaineisto. Tikkurila Oy. <<https://tikkurila.fi/pro/artikkeli/paloturvallisuus>>. Luettu 9.2.2024.
- 64 Tuote-VOC: rakennus- ja korjausmaalit. Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/kemikaalit/tuote-voc-rakennus-ja-korjausmaalit>>. Luettu 10.2.2024.
- 65 Maaleja haihtuu taivaan tuuliin. 2019. Verkkoaineisto. Joutsen merkki. <<https://joutsenmerkki.fi/maaleja-haihtuu-taivaan-tuuliin/>>. 14.6.2019. Luettu 10.2.2024.
- 66 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi. 2004. 2004/42/EY.
- 67 Valtioneuvoston asetus orgaanisten liuottimien käytöstä eräissä maaleissa ja lakoissa sekä ajoneuvojen korjausmaalaustuotteissa aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta. 2022. 189/2022. Luettu 10.2.2024.
- 68 Temadur 20. Verkkoaineisto. Tikkurila Oy. <<https://tikkurila.fi/teollisuus/tuotteet/temadur-20>>. Luettu 11.4.2024.
- 69 Temadur 90. Verkkoaineisto. Tikkurila Oy. <<https://tikkurila.fi/teollisuus/tuotteet/temadur-90>>. Luettu 11.4.2024.
- 70 Finngard 150. Verkkoaineisto. Tikkurila Oy. <<https://tikkurila.fi/pro/tuotteet/finngard-150>>. Luettu 11.4.2024.
- 71 Fontefloor EP 100. Verkkoaineisto. Tikkurila Oy. <<https://tikkurila.fi/pro/tuotteet/fontefloor-ep-100>>. Luettu 11.4.2024.
- 72 Inerta 270. Verkkoaineisto. Teknos Oy. <<https://www.teknos.com/fi-FI/tuotteet/inerta-270/>>. Luettu 11.4.2024.

- 73 Teknodur-0050. Verkkoaineisto. Teknos Oy. <<https://www.teknos.com/fi-FI/tuotteet/teknodur-0050/>>. Luettu 11.4.2024.
- 74 Aquaprimer 3140–00. Verkkoaineisto. Teknos Oy. <<https://www.teknos.com/fi-FI/tuotteet/aquaprimer-3140-00/>>. Luettu 11.4.2024.
- 75 Teknofloor Aqua Pro. Verkkoaineisto. Teknos Oy. <<https://www.teknos.com/fi-FI/tuotteet/teknofloor-aqua-pro/>>. Luettu 11.4.2024.
- 76 Epotex HB. Verkkoaineisto. Nor-Maali Oy. <<https://www.normaali.fi/tuote/epotex-hb/>>. Luettu 11.4.2024.
- 77 Epocoat-21. Verkkoaineisto. Nor-Maali Oy. <<https://www.normaali.fi/tuote/epocoat-21-n/>>. Luettu 11.4.2024.
- 78 Steelmaster 1200WF. Verkkoaineisto. Nor-Maali Oy. <<https://www.normaali.fi/tuote/steelmaster-1200wf/>>. Luettu 11.4.2024.
- 79 Normafloor Aqua. Verkkoaineisto. Nor-Maali Oy. <<https://www.normaali.fi/tuote/normafloor-aqua/>>. Luettu 11.4.2024.
- 80 Resource Library. Verkkoaineisto. Sherwin Williams Co. <<https://industrial.sherwin-williams.com/emeai/gb/en/industrial-wood/products-by-industry/datasheets.html>>. Luettu 11.4.2024.
- 81 HMS Datablad. Verkkoaineisto. Akzo Nobel N.V. <http://hms.akzonobel.no/hms/search_result.asp?SiteID=16,32,33&langID=8>. Luettu 11.4.2024.
- 82 Hempadur-15460. Verkkoaineisto. Hempel A/S. <<https://www.hempel.com/products/hempadur-15460-15460>>. Luettu 10.2.2024.
- 83 Hempel's Galvosil Fibre 15750. Verkkoaineisto. Hempel A/S. <<https://www.hempel.com/products/hempels-galvosil-fibre-15750-15750>>. Luettu 10.2.2024.
- 84 Contex Topcoat Matt. Verkkoaineisto. Hempel A/S. <<https://www.hempel.com/en-me/products/contex-topcoat-matt-48610>>. Luettu 10.2.2024.
- 85 Hemucryl Shopprimer 1825K. Verkkoaineisto. Hempel A/S. <<https://www.hempel.com/products/hemucryl-shopprimer-1825k-1825k/downloads/1000>>. Luettu 10.2.2024.

- 86 Opas Maalijätteelle. Verkkoaineisto. Teknos Oy. <<https://www.teknos.com/fi-FI/kuluttajat-ja-ammattilaiset/ideat/maalijatteen-kierratys/>>. Luettu 11.2.2024.
- 87 Hävitä kodin maalijätteet turvallisesti ja kierrätä metallipurkit! Verkkoaineisto. Väreiteollisuusyhdistys. <https://variteollisuus.fi/hallinta/wp-content/uploads/2021/03/Maalipakkausten_kierratysohje.pdf>. Luettu 11.2.2024.
- 88 Ylijäämämaalin hävittäminen. Verkkoaineisto. Tikkurila Oy. <<https://tikkurila.fi/ohjeet/maalin-kierratys-ja-havittaminen/ylijaamamaalin-havittaminen>>. Luettu 11.2.2024.
- 89 IWATA AirGunsä AZ3 HTE-S Impact. Verkkoaineisto. Lackman. <<https://www.lackman.se/produkter/sprutrustning/sprutpistoler/az-3-impact-hte-s1-pistol-o1-4.html>>. Luettu 21.3.2024
- 90 Elcometer märkälakvokammat. Verkkoaineisto. YTM-shop. <<https://www.ytmshop.fi/mittauslaitteet/2945/elcometer-markakalvokammat>>. Luettu 21.3.2024.
- 91 Elcometer 121/4 Standard & Top Paint Inspection Gauges (P.I.G.). Verkkoaineisto. Elcometer. <<https://www.elcometer.com/en/elcometer-121-4-standard-top-paint-inspection-gauges-p-i-g.html>>. Luettu 21.3.2024.
- 92 Konica Minolta CM-2500d/CM-2600d. Verkkoaineisto. Lettero. <<https://lettero.com.pl/en/color-control/measuring-devices-konica-minolta/konica-minolta-cm-2500d-cm-2600d/>>. Luettu 21.3.2024.
- 93 Elcometer 480 Glossmeter. Verkkoaineisto. Elcometer. <<https://www.elcometer.com/en/elcometer-480-glossmeter.html>>. Luettu 21.3.2024.
- 94 SFS-EN ISO 2409. Maalit ja lakat. Hilaristikkokoe. 2020. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 95 Fukt – Absolut och Relativ Fuktighet. Verkkoaineisto. Ljungby Fuktkontroll & Sanering AB. <<https://www.lfs-web.se/fukt.htm>>. Luettu 21.3.2024.

Liite 1. Laboratoriomaalaamon olosuhteiden mittaustulokset

Taulukko 1. Olosuhdemittausarvot

Mittaus- päivämää- rät	2.3.2024	11.3.2024	12.3.2024	13.3.2024	14.3.2024
Lämpötila (T) [± 2°C]	21,7	21	21	21,5	20,6
Ilmankos- teus (RH) [± 2 %]	21	22	21,5	20,4	22,1

**Liite 2. Tikkurila Helmi-pohjamaali koelevyerän 1 märkäkalvo-
paksuudet**

Taulukko 1. Koe-erä 1 märkäkalvopaksuudet

Tikkurila Helmi-pohjamaali - kuivatus 25°C – koe-erä 1	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
1	50
2	50
3	50
4	50
5	50
6	50
7	50
8	50
9	50
10	50
11	50
12	50

**Liite 3. Tikkurila Helmi-pohjamaali koelevyerän 2 märkäkalvo-
paksuudet**

Taulukko 1. Koe-erä 2 märkäkalvopaksuudet

Tikkurila Helmi-pohjamaali - kuivatus 30°C – koe-erä 2	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
13	50
14	50
15	50
16	50
17	50
18	50
19	50
20	50
21	50
22	50
23	50
24	50

**Liite 4. Tikkurila Helmi-pohjamaali koelevyerän 3 märkäkalvo-
paksuudet**

Taulukko 1. Koe-erä 3 märkäkalvopaksuudet

Tikkurila Helmi-pohjamaali - kuivatus 35°C – koe-erä 3	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
25	50
26	50
27	50
28	50
29	50
30	50
31	50
32	50
33	50
34	50
35	50
36	50

**Liite 5. Tikkurila Helmi-pohjamaali koelevyerän 4 märkäkalvo-
paksuudet**

Taulukko 1. Koe-erä 4 märkäkalvopaksuudet

Tikkurila Helmi-pohjamaali - kuivatus 40°C – koe-erä 4	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
37	50
38	50
39	50
40	50
41	50
42	50
43	50
44	50
45	50
46	50
47	50
48	50

Liite 6. Tikkurila Helmi-pohjamaali uusintakoelevyerän 4 märkäkalvopaksuudet

Taulukko 1. Uusintakoe-erä 4 märkäkalvopaksuudet

Tikkurila Helmi-pohjamaali - kuivatus 40°C – uusintakoe-erä 4	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
37_2	75
38_2	75
39_2	75
40_2	75
41_2	75
42_2	75

Liite 7. Tikkurila, valkoisen Helmi-pintamaalin koelevyerän 1 ja 2 märkäkalvopaksuudet

Taulukko 1. Koe-erä 1 märkäkalvopaksuudet

Tikkurila Helmi-pintamaali (valkoinen NCS-S0502-Y) - kuivatus 25°C – koe-erä 1	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
1	75
2	75
3	75
4	75
5	75
6	75

Taulukko 2. Koe-erä 2 märkäkalvopaksuudet

Tikkurila Helmi-pintamaali (valkoinen NCS-S0502-Y) - kuivatus 30°C – koe-erä 2	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
13	75
14	75
15	75
16	75
17	75
18	75

**Liite 8. Tikkurila valkoisen Helmi-pintamaalin koelevyerän 3 ja 4
märkäkalvopaksuudet**

Taulukko 1. Koe-erä 3 märkäkalvopaksuudet

Tikkurila Helmi-pintamaali (valkoinen NCS-S0502-Y) - kuivatus 35°C – koe-erä 3	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
25	75
26	75
27	75
28	75
29	75
30	75

Taulukko 2. Koe-erä 4 märkäkalvopaksuudet

Tikkurila Helmi-pintamaali (valkoinen NCS-S0502-Y) - kuivatus 40°C – koe-erä 4	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
37	100
38	100
39	100
40	100
41	100
42	100

**Liite 9. Tikkurila valkoisen Helmi-pintamaalin uusintakoelevy-
erän 4 märkäkalvopakkuudet**

Taulukko 1. Uusinta koe-erä 4 märkäkalvopakkuudet

Tikkurila Helmi-pintamaali (valkoinen NCS-S0502-Y) - kuivatus 40°C – uusinta koe-erä 4	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
37_2	75
38_2	75
39_2	75
40_2	75
41_2	75
42_2	75

**Liite 10. Tikkurila mustan Helmi-pintamaalin koelevyerän 1 ja 2
märkäkalvopaksuudet**

Taulukko 1. Koe-erä 1 märkäkalvopaksuudet

Tikkurila Helmi-pintamaali (musta NCS-S9000-N) - kuivatus 25°C – koe-erä 1	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
7	100
8	100
9	100
10	100
11	100
12	100

Taulukko 2. Koe-erä 2 märkäkalvopaksuudet

Tikkurila Helmi-pintamaali (musta NCS-S9000-N) - kuivatus 30°C – koe-erä 2	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
19	100
20	100
21	100
22	100
23	100
24	100

**Liite 11. Tikkurila mustan Helmi-pintamaalin koelevyerän 3 ja 4
märkäkalvopakkuudet**

Taulukko 1. Koe-erä 3 märkäkalvopakkuudet

Tikkurila Helmi-pintamaali (musta NCS-S9000-N) - kuivatus 35°C – koe-erä 3	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
31	100
32	100
33	100
34	100
35	100
36	100

Taulukko 2. Koe-erä 4 märkäkalvopakkuudet

Tikkurila Helmi-pintamaali (musta NCS-S9000-N) - kuivatus 40°C – koe-erä 4	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
43	100
44	100
45	100
46	100
47	100
48	100

**Liite 12. Teknos Teknocoat Aqua Primer 1866–10-pohjamaali
koelevyerän 1 märkäkalvopaksuudet**

Taulukko 1. Koe-erä 1 märkäkalvopaksuudet

Teknocoat Aqua Primer 1866–10 - Kuivatus 25°C	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
49	100
50	100
51	100
52	100
53	100
54	100
55	100
56	100
57	100
58	100
59	100
60	100

**Liite 13. Teknos Teknocoat Aqua Primer 1866–10-pohjamaali
koelevyerän 2 märkäkalvopaksuudet**

Taulukko 1. Koe-erä 2 märkäkalvopaksuudet

Teknocoat Aqua Primer 1866–10 - Kuivatus 30°C	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
61	100
62	100
63	100
64	100
65	100
66	100
67	100
68	100
69	100
70	100
71	100
72	100

**Liite 14. Teknos Teknocoat Aqua Primer 1866–10-pohjamaali
koelevyerän 3 märkäkalvopakkuudet**

Taulukko 1. Koe-erä 3 märkäkalvopakkuudet

Teknocoat Aqua Primer 1866–10 - Kuivatus 35°C	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
73	100
74	100
75	100
76	100
77	100
78	100
79	100
80	100
81	100
82	100
83	100
84	100

**Liite 15. Teknos Teknocoat Aqua Primer 1866–10-pohjamaali
koelevyerän 4 märkäkalvopakkuudet**

Taulukko 1. Koe-erä 4 märkäkalvopakkuudet

Teknocoat Aqua Primer 1866–10 - Kuivatus 40°C	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
85	125
86	125
87	125
88	125
89	125
90	125
91	125
92	125
93	125
94	125
95	125
96	125

**Liite 16. Teknos Teknocoat Aqua Primer 1866–10-pohjamaali
uusinta koelevyerän 4 märkäkalvopaksuudet**

Taulukko 1. Uusinta koe-erä 4 märkäkalvopaksuudet

Teknocoat Aqua Primer 1866–10 - Kuivatus 40°C	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
85_2	100
86_2	100
87_2	100
88_2	100
89_2	100
90_2	100

Liite 17. Teknos Teknocoat Aqua 2588–22 valkoisen pintamaalin koelevyerän 1 ja 2 märkäkalvopaksuudet

Taulukko 1. Valkoisen pintamaali koe-erä 1 märkäkalvopaksuudet

Teknocoat Aqua 2588–22 - NCS S 0502-Y (Valkoinen) - kuivatus 25°C – koe-erä 1	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
49	100
50	100
51	100
52	100
53	100
54	100

Taulukko 2. Valkoisen pintamaali koe-erä 2 märkäkalvopaksuudet

Teknocoat Aqua 2588–22 - NCS S 0502-Y (Valkoinen) - kuivatus 30°C – koe-erä 2	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
61	100
62	100
63	100
64	100
65	100
66	100

Liite 18. Teknos Teknocoat Aqua 2588–22 valkoisen pintamaalin koelevyerän 3 ja 4 märkäkalvopaksuudet

Taulukko 1. Valkoisen pintamaali koe-erä 3 märkäkalvopaksuudet

Teknocoat Aqua 2588–22 - NCS S 0502-Y (Valkoinen) - kuivatus 35°C – koe-erä 3	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
73	100
74	100
75	100
76	100
77	100
78	100

Taulukko 2. Valkoisen pintamaali koe-erä 4 märkäkalvopaksuudet

Teknocoat Aqua 2588–22 - NCS S 0502-Y (Valkoinen) - kuivatus 40°C – koe-erä 4	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
85	150
86	150
87	150
88	150
89	150
90	150

Liite 19. Teknos Teknocoat Aqua 2588–22 valkoisen pintamaalin uusintakoelevyerän 4 märkäkalvopaksuudet

Taulukko 1. Valkoisen pintamaali uusintakoelevyerän 4 märkäkalvopaksuudet

Teknocoat Aqua 2588–22 - NCS S 0502-Y (Valkoinen) - kuivatus 40°C – uusintakoe-erä 4	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
85_2	100
86_2	100
87_2	100
88_2	100
89_2	100
90_2	100

Liite 20. Teknos Teknocoat Aqua 2588–22 mustan pintamaalin koelevyerän 1 ja 2 märkäkalvopaksuudet

Taulukko 1. Mustan pintamaali koe-erä 1 märkäkalvopaksuudet

Teknocoat Aqua 2580–22 RAL 9005 (Musta) - Kuivatus 25°C – koe-erä 1	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
55	125
56	125
57	125
58	125
59	125
60	125

Taulukko 2. Mustan pintamaali koe-erä 2 märkäkalvopaksuudet

Teknocoat Aqua 2580–22 RAL 9005 (Musta) - Kuivatus 30°C – koe-erä 2	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
85	100
86	100
87	100
88	100
89	100
90	100

Liite 21. Teknos Teknocoat Aqua 2588–22 mustan pintamaalin koelevyerän 3 ja 4 märkäkalvopaksuudet

Taulukko 1. Mustan pintamaali koe-erä 3 märkäkalvopaksuudet

Teknocoat Aqua 2580–22 RAL 9005 (Musta) - Kuivatus 25°C – koe-erä 3	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
79	125
80	125
81	125
82	125
83	125
84	125

Taulukko 2. Mustan pintamaali koe-erä 4 märkäkalvopaksuudet

Teknocoat Aqua 2580–22 RAL 9005 (Musta) - Kuivatus 30°C – koe-erä 4	
Testilevy nro.	Märkäkalvon paksuus ($\mu\text{m} \pm 25$)
91	100
92	100
93	100
94	100
95	100
96	100

Liite 22. Suhteellisen ilmankosteuden teoreettinen muutos lämpötilan suhteen

Taulukko 1. Ilmankosteuden muutos ilman lämpötilaan suhteutettuna [95.]

Ilman lämpötilanmuutos (°C)	Ilman suhteellisen kosteuden muutos (%)
1	-6
2	-12
3	-17
4	-22
5	-26
6	-30
7	-34
8	-37
9	-41
10	-44
11	-47
12	-49
13	-52
14	-54
15	-56
16	-58
17	-60
18	-62
19	-64
20	-65

Liite 23. Lämpökaapin lämpötilan ja laskennallisen suhteellisen ilmankosteuden arvot

Taulukko 1. Kuivatuslämpökaapin lämpötilan ja suhteellisen ilmankosteuden muutokset

Lämpötilan muutos (°C)	Lämpökaapin suhteellisen ilmankosteuden laskennallinen muutos (RH%)
21	21,0
22	19,7
23	18,5
24	17,4
25	16,4
26	15,5
27	14,7
28	13,9
29	13,2
30	12,4
31	11,8
32	11,1
33	10,7
34	10,1
35	9,7
36	9,2
37	8,8
38	8,4
39	8,0
40	7,6

Liite 24. Helmi-pohjamaalin teoreettiset ja kokeellisen osuuden mittauksen kuivumisajat

Taulukko 1. Helmi-pohjamaalin teoreettiset ja kokeellisen osuuden mittauksen kuivumisajat lämpötilan ja suhteellisen ilmankosteuden muutoksen suhteen.

Lämpötila muutos (°C)	Lämpökaapin suhteellisen ilmankosteuden laskennallinen muutos (RH%)	Helmi-pohjamaalin teoreettinen kuivumisaika (min)	Helmi-pohjamaalin mittaustulos-aika (min)
25	16,4	30,0	30
26	15,5	28,4	
27	14,7	26,9	
28	13,9	25,3	
29	13,2	24,2	
30	12,4	22,7	20
31	11,8	21,5	
32	11,1	20,4	
33	10,7	19,6	
34	10,1	18,4	
35	9,7	17,7	15
36	9,2	16,9	
37	8,8	16,1	
38	8,4	15,4	
39	8,0	14,6	
40	7,6	13,8	8

Liite 25. Teknos Teknocoat Aqua Primer pohjamaalin teoreettiset kuivumisajat ja kokeelliset mittausajat

Taulukko 1. Teknos Teknocoat Aqua Primer pohjamaalin teoreettiset ja kokeellisen osuuden mittauksen kuivumisajat lämpötilan ja suhteellisen ilmankosteuden muutoksen suhteen.

Lämpötila muutos (°C)	Lämpökaapin suhteellisen ilmankosteuden laskennallinen muutos (RH%)	Pohjamaali: Teknocoat Aqua Primer 1866–10 teoreettinen kuivumisaika (min)	Pohjamaali: Teknocoat Aqua Primer 1866–10 mitaustulos (min)
25	16,4	18,0	18
26	15,5	17,1	
27	14,7	16,2	
28	13,9	15,2	
29	13,2	14,6	
30	12,4	13,6	14
31	11,8	12,9	
32	11,1	12,2	
33	10,7	11,8	
34	10,1	11,1	
35	9,7	10,6	10
36	9,2	10,2	
37	8,8	9,7	
38	8,4	9,2	
39	8,0	8,8	
40	7,6	8,3	8

Liite 26. Tikkurila Helmi valkoisen pintamaalin teoreettiset kuivumisajat ja kokeelliset mittausajat

Taulukko 1. Tikkurila Helmi valkoisen pintamaalin teoreettiset ja kokeellisen osuuden mittauksen kuivumisajat, lämpötilan ja suhteellisen ilmankosteuden muutoksen suhteen.

Lämpötila muutos (°C)	Lämpökaapin suhteellisen ilmankosteuden laskennallinen muutos (RH%)	Helmi-pintamaali NCS-S0502-Y (valkoinen) teoreettinen kuivumisaika (min)	Helmi-pintamaali NCS-S0502-Y (valkoinen) mitaustulos (min)
25	16,4	23,0	23
26	15,5	21,8	
27	14,7	20,7	
28	13,9	19,5	
29	13,2	18,6	
30	12,4	17,4	14
31	11,8	16,5	
32	11,1	15,6	
33	10,7	15,0	
34	10,1	14,2	
35	9,7	13,6	11
36	9,2	13,0	
37	8,8	12,4	
38	8,4	11,8	
39	8,0	11,2	
40	7,6	10,6	9

Liite 27. Teknocoat Aqua valkoisen pintamaalin teoreettiset kuivumisajat ja kokeelliset mittausajat

Taulukko 1. Teknos Teknocoat Aqua valkoisen pintamaalin teoreettiset ja kokeellisen osuuden mittauksen kuivumisajat lämpötilan ja suhteellisen ilmankosteuden muutoksen suhteen.

Lämpötila muutos (°C)	Lämpökaapin suhteellisen ilmankosteuden laskennallinen muutos (RH%)	Pintamaali: Teknocoat Aqua 2588-22 - NCS S 0502-Y (Valkoinen) teoreettinen kuivumisaika (min)	Pintamaali: Teknocoat Aqua 2588-22 - NCS S 0502-Y (Valkoinen) mittaustulos (min)
25	16,4	25,0	25
26	15,5	23,7	
27	14,7	22,4	
28	13,9	21,1	
29	13,2	20,2	
30	12,4	18,9	20
31	11,8	17,9	
32	11,1	17,0	
33	10,7	16,3	
34	10,1	15,4	
35	9,7	14,7	16
36	9,2	14,1	
37	8,8	13,4	
38	8,4	12,8	
39	8,0	12,2	
40	7,6	11,5	11

Liite 28. Tikkurila Helmi musta pintamaalin teoreettiset kuivumisajat ja kokeelliset mittausajat

Taulukko 1. Tikkurila Helmi musta pintamaalin teoreettiset ja kokeellisen osuuden mittauksen kuivumisajat, lämpötilan ja suhteellisen ilmankosteuden muutoksen suhteen.

Lämpötila muutos (°C)	Lämpökaapin suhteellisen ilmankosteuden laskennallinen muutos (RH%)	Helmi-pintamaali NCS-S9000-N (musta) teoreettinen kuivumisaika (min)	Helmi-pintamaali NCS-S9000-N (musta) mittaus-tulos (min)
25	16,4	18,0	18
26	15,5	17,1	
27	14,7	16,2	
28	13,9	15,2	
29	13,2	14,6	
30	12,4	13,6	14
31	11,8	12,9	
32	11,1	12,2	
33	10,7	11,8	
34	10,1	11,1	
35	9,7	10,6	10
36	9,2	10,2	
37	8,8	9,7	
38	8,4	9,2	
39	8,0	8,8	
40	7,6	8,3	8

Liite 29. Teknocoat Aqua musta pintamaalin teoreettiset ja kokeellisen osuuden mittauksen kuivumisajat

Taulukko 1. Teknos Teknocoat Aqua musta pintamaalin teoreettiset ja kokeellisen osuuden mittauksen kuivumisajat lämpötilan ja suhteellisen ilmankosteuden muutoksen suhteen.

Lämpötila muutos (°C)	Lämpökaapin suhteellisen ilmankosteuden laskennallinen muutos (RH%)	Pintamaali: Teknocoat Aqua 2580–22 RAL 9005 (Musta) teoreettinen kuivumisaika (min)	Pintamaali: Teknocoat Aqua 2580–22 RAL 9005 (Musta) mitaustulos (min)
25	16,4	25,0	20
26	15,5	23,7	
27	14,7	22,4	
28	13,9	21,1	
29	13,2	20,2	
30	12,4	18,9	14
31	11,8	17,9	
32	11,1	17,0	
33	10,7	16,3	
34	10,1	15,4	
35	9,7	14,7	11
36	9,2	14,1	
37	8,8	13,4	
38	8,4	12,8	
39	8,0	12,2	
40	7,6	11,5	8

Liite 30. Tikkurilan ja Teknoksen vesiohenteisten maalien kuivumisen mittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurila pohja- ja pintamaalien kuivumisajan mittaustulokset

Helmi-pohjamaalin kuivumisaika (min) [+ 5]	Helmi-pintamaali NCS-S0502-Y (valkoinen) mittaustulos (min) [+ 5]	Helmi-pintamaali NCS-S9000-N (musta) mittaustulos (min) [+ 5]
30	23	18
20	14	13
15	10	10
8	8	8

Taulukko 2. Teknos pohja- ja pintamaalien kuivumisajan mittaustulokset

Pohjamaali: Teknocoat Aqua Primer 1866-10 mittaustulos (min) [+ 5]	Teknocoat Aqua 2588-22 - NCS S 0502-Y (Valkoinen) mittaustulos (min) [+ 5]	Teknocoat Aqua 2580-22 RAL 9005 (Musta) mittaustulos (min) [+ 5]
20	25	20
14	20	14
11	16	11
8	11	8

Liite 31. Referenssikoelevyjen kuivakalvopaksuuden mittaustulokset

Taulukko 1. Valkoisten referenssilevyjen kuivakalvopaksuudet

Valkoiseksi maalattujen referenssinäytelevyjen kuivakalvopaksuudet			
Koelevy 1. mittauspisteet	Kuivakalvonpaksuus (μm ± 20)	Koelevy 2. mittauspisteet	Kuivakalvonpaksuus (μm ± 20)
1	160	1	160
2	160	2	160
3	160	3	160

Taulukko 2. Mustien referenssilevyjen kuivakalvopaksuudet

Mustaksi maalattujen referenssinäytelevyjen kuivakalvopaksuudet			
Koelevy 1. mittauspisteet	Kuivakalvonpaksuus (μm ± 20)	Koelevy 2. mittauspisteet	Kuivakalvonpaksuus (μm ± 20)
1	180	1	160
2	180	2	160
3	180	3	160

Liite 32. Tikkurila valkoiset koelevyt, koe-erän 1 ja 2 kuivakalvopaksuusmittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurila valkoinen koelevyerän 1 kuivakalvopaksuudet

Tikkurila, valkoiseksi pintamaalattujen koelevy erä 1 kuivakalvopaksuudet (kuivutuslämpötila 25°C)			
Koelevy nro. 1 mittauspisteet	Kuivakalvon- paksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)	Koelevy nro. 2 mittauspisteet	Kuivakalvonpak- suus ($\mu\text{m} \pm 20$)
1	100	1	120
2	100	2	100
3	120	3	120

Taulukko 2. Tikkurila valkoinen koelevyerän 2 kuivakalvopaksuudet

Tikkurila, valkoiseksi pintamaalattujen koelevy erä 2 kuivakalvopaksuudet (kuivutuslämpötila 30°C)			
Koelevy nro. 1 mittauspisteet	Kuivakalvon- paksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)	Koelevy nro. 2 mittauspisteet	Kuivakalvonpak- suus ($\mu\text{m} \pm 20$)
1	140	1	120
2	120	2	120
3	120	3	100

Liite 33. Tikkurila valkoiset koelevyt, koe-erän 3 ja 4 kuivakalvopaksuusmittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurila valkoinen koelevyerän 3 kuivakalvopaksuudet

Tikkurila, valkoiseksi pintamaalattujen koelevy erä 3 kuivakalvopaksuudet (kuivutuslämpötila 35°C)			
Koelevy nro. 1 mittauspisteet	Kuivakalvon- paksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)	Koelevy nro. 2 mittauspisteet	Kuivakalvonpak- suus ($\mu\text{m} \pm 20$)
1	100	1	120
2	120	2	120
3	100	3	100

Taulukko 2. Tikkurila valkoinen koelevyerän 4 kuivakalvopaksuudet

Tikkurila, valkoiseksi pintamaalattujen koelevy erä 4 kuivakalvopaksuudet (kuivutuslämpötila 40°C)			
Koelevy nro. 1 mittauspisteet	Kuivakalvon- paksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)	Koelevy nro. 2 mittauspisteet	Kuivakalvonpak- suus ($\mu\text{m} \pm 20$)
1	140	1	140
2	140	2	120
3	120	3	140

Liite 34. Tikkurila valkoiset koelevyt, uusintakoe-erän 4 kuivakalvopaksuusmittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurila valkoinen koelevyerän 4 uusinnan kuivakalvopaksuudet

Tikkurila, valkoiseksi pintamaalattujen uusintakoe-erän 4 kuivakalvopaksuudet (kuivutuslämpötila 40°C)			
Koelevy nro. 1 mittauspisteet	Kuivakalvon- paksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)	Koelevy nro. 2 mittauspisteet	Kuivakalvonpak- suus ($\mu\text{m} \pm 20$)
1	140	1	140
2	160	2	140
3	140	3	120

Liite 35. Teknos valkoiset koelevyt, koe-erän 1 ja 2 kuivakalvonpaksuusmittaustulokset

Taulukko 1. Teknos valkoinen koelevyerän 1 kuivakalvopaksuudet

Teknos, valkoiseksi pintamaalattujen koelevy erä 1 kuivakalvopaksuudet (kuivutuslämpötila 25°C)			
Koelevy nro. 1 mittauspisteet	Kuivakalvonpaksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)	Koelevy nro. 2 mittauspisteet	Kuivakalvonpaksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)
1	180	1	180
2	200	2	200
3	180	3	200

Taulukko 2. Teknos valkoinen koelevyerän 2 kuivakalvopaksuudet

Teknos, valkoiseksi pintamaalattujen koelevy erä 2 kuivakalvopaksuudet (kuivutuslämpötila 30°C)			
Koelevy nro. 1 mittauspisteet	Kuivakalvonpaksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)	Koelevy nro. 2 mittauspisteet	Kuivakalvonpaksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)
1	180	1	160
2	160	2	180
3	180	3	180

Liite 36. Teknos valkoiset koelevyt, koe-erän 3 ja 4 kuivakalvonpaksuusmittaustulokset

Taulukko 1. Teknos valkoinen koelevyerän 3 kuivakalvopaksuudet

Teknos, valkoiseksi pintamaalattujen koelevy erä 3 kuivakalvopaksuudet (kuivutuslämpötila 35°C)			
Koelevy nro. 1 mittauspisteet	Kuivakalvonpaksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)	Koelevy nro. 2 mittauspisteet	Kuivakalvonpaksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)
1	180	1	160
2	180	2	160
3	160	3	180

Taulukko 2. Teknos valkoinen koelevyerän 4 kuivakalvopaksuudet

Teknos, valkoiseksi pintamaalattujen koelevy erä 4 kuivakalvopaksuudet (kuivutuslämpötila 40°C)			
Koelevy nro. 1 mittauspisteet	Kuivakalvonpaksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)	Koelevy nro. 2 mittauspisteet	Kuivakalvonpaksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)
1	220	1	200
2	200	2	220
3	200	3	220

Liite 37. Teknos valkoiset koelevyt, uusintakoe-erän 4 kuivakalvopaksuusmittaustulokset

Taulukko 1. Teknos valkoiset koelevyerän 4 uusinnan kuivakalvopaksuudet

Teknos, valkoiseksi pintamaalattujen uusintakoelevyerän 4 kuivakalvopaksuudet (kuivutuslämpötila 40°C)			
Koelevy nro. 1 mittauspisteet	Kuivakalvon- paksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)	Koelevy nro. 2 mittauspisteet	Kuivakalvonpak- suus ($\mu\text{m} \pm 20$)
1	200	1	180
2	180	2	180
3	180	3	200

Liite 38. Tikkurila mustat koelevyt, koe-erän 1 ja 2 kuivakalvonpaksuusmittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurila mustat koelevyerän 1 kuivakalvopaksuudet

Tikkurila, mustaksi pintamaalattujen koelevy erä 1 kuivakalvopaksuudet (kuivutuslämpötila 25°C)			
Koelevy nro. 1 mittauspisteet	Kuivakalvon- paksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)	Koelevy nro. 2 mittauspisteet	Kuivakalvonpak- suus ($\mu\text{m} \pm 20$)
1	140	1	140
2	140	2	160
3	140	3	140

Taulukko 2. Tikkurila mustat koelevyerän 2 kuivakalvopaksuudet

Tikkurila, mustaksi pintamaalattujen koelevy erä 2 kuivakalvopaksuudet (kuivutuslämpötila 30°C)			
Koelevy nro. 1 mittauspisteet	Kuivakalvon- paksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)	Koelevy nro. 2 mittauspisteet	Kuivakalvonpak- suus ($\mu\text{m} \pm 20$)
1	160	1	160
2	140	2	140
3	140	3	160

Liite 39. Tikkurila mustat koelevyt, koe-erän 3. ja 4. kuivakalvonpaksuusmittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurila mustat koelevyerän 3 kuivakalvopaksuudet

Tikkurila, mustaksi pintamaalattujen koelevy erä 3 kuivakalvopaksuudet (kuivutuslämpötila 35°C)			
Koelevy nro. 1 mittauspisteet	Kuivakalvon- paksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)	Koelevy nro. 2 mittauspisteet	Kuivakalvonpak- suus ($\mu\text{m} \pm 20$)
1	140	1	140
2	160	2	140
3	160	3	160

Taulukko 2. Tikkurila mustat koelevyerän 4 kuivakalvopaksuudet

Tikkurila, mustaksi pintamaalattujen koelevy erä 4 kuivakalvopaksuudet (kuivutuslämpötila 40°C)			
Koelevy nro. 1 mittauspisteet	Kuivakalvon- paksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)	Koelevy nro. 2 mittauspisteet	Kuivakalvonpak- suus ($\mu\text{m} \pm 20$)
1	140	1	140
2	140	2	160
3	140	3	140

Liite 40. Teknos mustat koelevyt, koe-erän 1 ja 2 kuivakalvonpaksuusmittaustulokset

Taulukko 1. Teknos mustat koelevyerän 1 kuivakalvopaksuudet

Teknos, mustaksi pintamaalattujen koelevy erä 1 kuivakalvopaksuudet (kuivutuslämpötila 25°C)			
Koelevy nro. 1 mittauspisteet	Kuivakalvonpaksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)	Koelevy nro. 2 mittauspisteet	Kuivakalvonpaksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)
1	200	1	220
2	200	2	200
3	220	3	200

Taulukko 2. Tikkurila mustat koelevyerän 2 kuivakalvopaksuudet

Teknos, mustaksi pintamaalattujen koelevy erä 2 kuivakalvopaksuudet (kuivutuslämpötila 30°C)			
Koelevy nro. 1 mittauspisteet	Kuivakalvonpaksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)	Koelevy nro. 2 mittauspisteet	Kuivakalvonpaksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)
1	180	1	200
2	200	2	200
3	200	3	180

Liite 41. Teknos mustat koelevyt, koe-erän 3 ja 4 kuivakalvonpaksuusmittaustulokset

Taulukko 1. Teknos mustat koelevyerän 3 kuivakalvopaksuudet

Teknos, mustaksi pintamaalattujen koelevy erä 3 kuivakalvopaksuudet (kuivutuslämpötila 35°C)			
Koelevy nro. 1 mittauspisteet	Kuivakalvonpaksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)	Koelevy nro. 2 mittauspisteet	Kuivakalvonpaksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)
1	160	1	200
2	160	2	200
3	160	3	180

Taulukko 2. Tikkurila mustat koelevyerän 4 kuivakalvopaksuudet

Teknos, mustaksi pintamaalattujen koelevy erä 4 kuivakalvopaksuudet (kuivutuslämpötila 40°C)			
Koelevy nro. 1 mittauspisteet	Kuivakalvonpaksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)	Koelevy nro. 2 mittauspisteet	Kuivakalvonpaksuus ($\mu\text{m} \pm 20$)
1	200	1	200
2	200	2	180
3	220	3	200

Liite 42. Referenssilevyjen naarmuuntumiskovuuden mittaustulokset

Taulukko 1. Valkoisten referenssikoelevyjen lyijykynäkovuustulokset

Lyijykynän kovuus	Näkyvämuodonmuutos
6B	Ei näkyvää
4B	Ei näkyvää
3B	Ei näkyvää
2B	Ei näkyvää
B	Näkyvä

Taulukko 2. Mustien referenssikoelevyjen lyijykynäkovuustulokset

Lyijykynän kovuus	Näkyvämuodonmuutos
6B	Ei näkyvää
4B	Ei näkyvää
3B	Ei näkyvää
2B	Ei näkyvää
B	Näkyvä

Liite 43. Tikkurila valkoisen koelevyerän 1 ja 2 naarmuuntumiskovuuden mittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurila Helmi, valkoiseksi pintamaalatun koelevyerän 1 lyijykynäkovuustulokset

Lyijykynän kovuus	Näkyvämuodonmuutos
6B	Ei näkyvää
4B	Ei näkyvää
3B	Ei näkyvää
2B	Ei näkyvää
B	Näkyvä

Taulukko 2. Tikkurila Helmi, valkoiseksi pintamaalatun koelevyerän 2 lyijykynäkovuustulokset

Lyijykynän kovuus	Näkyvämuodonmuutos
6B	Ei näkyvää
4B	Ei näkyvää
3B	Ei näkyvää
2B	Ei näkyvää
B	Näkyvä

Liite 44. Tikkurila valkoisen koelevyerän 3 ja 4 naarmuuntumiskovuuden mittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurila Helmi, valkoiseksi pintamaalatun koelevyerän 3 lyijykynäkovuustulokset

Lyijykynän kovuus	Näkyvämuodonmuutos
6B	Ei näkyvää
4B	Ei näkyvää
3B	Ei näkyvää
2B	Ei näkyvää
B	Näkyvä

Taulukko 2. Tikkurila Helmi, valkoiseksi pintamaalatun koelevyerän 4 lyijykynäkovuustulokset

Lyijykynän kovuus	Näkyvämuodonmuutos
6B	Ei näkyvää
4B	Ei näkyvää
3B	Ei näkyvää
2B	Ei näkyvää
B	Näkyvä

Liite 45. Tikkurila valkoisen koelevyerän 4 uusinnan naarmuuntumiskovuuden mittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurila Helmi, valkoiseksi pintamaalatun koelevyerän 4 uusinnan lyijykynäkovuustulokset

Lyijykynän kovuus	Näkyvämuodonmuutos
6B	Ei näkyvää
4B	Ei näkyvää
3B	Ei näkyvää
2B	Ei näkyvää
B	Näkyvä

**Liite 46. Teknos, valkoisen koelevyerän 1 ja 2 naarmuuntumis-
kovuuden mittaustulokset**

Taulukko 1. Teknos Teknocoat Aqua, valkoiseksi pintamaalatun koelevyerän 1
lyijykynäkovuustulokset

Lyijykynän kovuus	Näkyvämuodonmuutos
6B	Ei näkyvää
4B	Ei näkyvää
3B	Ei näkyvää
2B	Ei näkyvää
B	Näkyvä

Taulukko 2. Teknos Teknocoat Aqua, valkoiseksi pintamaalatun koelevyerän 2
lyijykynäkovuustulokset

Lyijykynän kovuus	Näkyvämuodonmuutos
6B	Ei näkyvää
4B	Ei näkyvää
3B	Ei näkyvää
2B	Ei näkyvää
B	Näkyvä

**Liite 47. Teknos, valkoisen koelevyerän 3 ja 4 naarmuuntumis-
kovuuden mittaustulokset**

Taulukko 1. Teknos Teknocoat Aqua, valkoiseksi pintamaalatun koelevyerän 3
lyijykynäkovuustulokset

Lyijykynän kovuus	Näkyvämuodonmuutos
6B	Ei näkyvää
4B	Ei näkyvää
3B	Ei näkyvää
2B	Ei näkyvää
B	Näkyvä

Taulukko 2. Teknos Teknocoat Aqua, valkoiseksi pintamaalatun koelevyerän 4
lyijykynäkovuustulokset

Lyijykynän kovuus	Näkyvämuodonmuutos
6B	Ei näkyvää
4B	Ei näkyvää
3B	Ei näkyvää
2B	Ei näkyvää
B	Näkyvä

Liite 48. Teknos, valkoisen koelevyerän 4 uusinnan naarmuuntumiskovuuden mittaustulokset

Taulukko 1. Teknos Teknocoat Aqua, valkoiseksi pintamaalatun koelevyerän 4 uusinnan lyijykynäkovuustulokset

Lyijykynän kovuus	Näkyvämuodonmuutos
6B	Ei näkyvää
4B	Ei näkyvää
3B	Ei näkyvää
2B	Ei näkyvää
B	Näkyvä

Liite 49. Tikkurila, mustan koelevyerän 1 ja 2 naarmuuntumiskovuuden mittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurila Helmi, mustaksi pintamaalatun koelevyerän 1 lyijykynäkovuustulokset

Lyijykynän kovuus	Näkyvämuodonmuutos
6B	Ei näkyvää
4B	Ei näkyvää
3B	Ei näkyvää
2B	Ei näkyvää
B	Näkyvä

Taulukko 2. Tikkurila Helmi, mustaksi pintamaalatun koelevyerän 2 lyijykynäkovuustulokset

Lyijykynän kovuus	Näkyvämuodonmuutos
6B	Ei näkyvää
4B	Ei näkyvää
3B	Ei näkyvää
2B	Ei näkyvää
B	Näkyvä

Liite 50. Tikkurila, mustan koelevyerän 3 ja 4 naarmuuntumiskovuuden mittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurila Helmi, mustaksi pintamaalatun koelevyerän 3 lyijykynäkovuustulokset

Lyijykynän kovuus	Näkyvämuodonmuutos
6B	Ei näkyvää
4B	Ei näkyvää
3B	Ei näkyvää
2B	Ei näkyvää
B	Näkyvä

Taulukko 2. Tikkurila Helmi, mustaksi pintamaalatun koelevyerän 4 lyijykynäkovuustulokset

Lyijykynän kovuus	Näkyvämuodonmuutos
6B	Ei näkyvää
4B	Ei näkyvää
3B	Ei näkyvää
2B	Ei näkyvää
B	Näkyvä

Liite 51. Teknos, mustan koelevyerän 1 ja 2 naarmuuntumiskovuuden mittaustulokset

Taulukko 1. Teknos Teknocoat, mustaksi pintamaalattun koelevyerän 1 lyijykynäkovuustulokset

Lyijykynän kovuus	Näkyvämuodonmuutos
6B	Ei näkyvää
4B	Ei näkyvää
3B	Ei näkyvää
2B	Ei näkyvää
B	Näkyvä

Taulukko 2. Teknos Teknocoat, mustaksi pintamaalattun koelevyerän 2. lyijykynäkovuustulokset

Lyijykynän kovuus	Näkyvämuodonmuutos
6B	Ei näkyvää
4B	Ei näkyvää
3B	Ei näkyvää
2B	Ei näkyvää
B	Näkyvä

Liite 52. Teknos, mustan koelevyerän 3 ja 4 naarmuuntumiskovuuden mittaustulokset

Taulukko 1. Teknos Teknocoat, mustaksi pintamaalatun koelevyerän 3 lyijykynäkovuustulokset

Lyijykynän kovuus	Näkyvämuodonmuutos
6B	Ei näkyvää
4B	Ei näkyvää
3B	Ei näkyvää
2B	Ei näkyvää
B	Näkyvä

Taulukko 2. Teknos Teknocoat, mustaksi pintamaalatun koelevyerän 4 lyijykynäkovuustulokset

Lyijykynän kovuus	Näkyvämuodonmuutos
6B	Ei näkyvää
4B	Ei näkyvää
3B	Ei näkyvää
2B	Ei näkyvää
B	Näkyvä

Liite 53. Referenssin koelevyjen hilaristikko tulokset

Taulukko 1. Valkoiseksi maalattujen referenssikoelevyjen hilaristikkotulokset

Koelevyt	Koetuloksen luokitus
Koelevy 1.	1
Koelevy 2.	0

Taulukko 2. Mustaksi maalattujen referenssikoelevyjen hilaristikkotulokset

Koelevyt	Koetuloksen luokitus
Koelevy 1.	1
Koelevy 2.	1

Liite 54. Tikkurila, valkoiseksi maalatun koelevyerän 1, 2 ja 3 hilaristikkokokeen mittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurila, valkoinen koelevyerän 1 hilaristikkotulokset

Koelevyt	Koetuloksen luokitus
Koelevy 1.	1
Koelevy 2.	1
Koelevy 3.	1

Taulukko 2. Tikkurila, valkoinen koelevyerän 2 hilaristikkotulokset

Koelevyt	Koetuloksen luokitus
Koelevy 1.	1
Koelevy 2.	1
Koelevy 3.	1

Taulukko 3. Tikkurila, valkoinen koelevyerän 3 hilaristikkotulokset

Koelevyt	Koetuloksen luokitus
Koelevy 1.	1
Koelevy 2.	1
Koelevy 3.	1

Liite 55. Tikkurila, valkoiseksi maalatun koelevyerän 4 ja 4 uusinnan ja mustaksi maalatun koelevyerän 1 hilaristikkokokeen mittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurila, valkoinen koelevyerän 4 hilaristikkotulokset

Koelevyt	Koetuloksen luokitus
Koelevy 1.	1
Koelevy 2.	1
Koelevy 3.	1

Taulukko 2. Tikkurila, valkoinen uusintakoelevyerän 4 hilaristikkotulokset

Koelevyt	Koetuloksen luokitus
Koelevy 1.	1
Koelevy 2.	1
Koelevy 3.	1

Taulukko 3. Tikkurila, musta koelevyerän 1 hilaristikkotulokset

Koelevyt	Koetuloksen luokitus
Koelevy 1.	1
Koelevy 2.	1
Koelevy 3.	0

Liite 56. Tikkurila, mustaksi maalatun koelevyerän 2, 3 ja 4 hilaristikkokokeen tulokset

Taulukko 1. Tikkurila, musta koelevyerän 2 hilaristikkotulokset

Koelevyt	Koetuloksen luokitus
Koelevy 1.	1
Koelevy 2.	1
Koelevy 3.	1

Taulukko 2. Tikkurila, musta koelevyerän 3 hilaristikkotulokset

Koelevyt	Koetuloksen luokitus
Koelevy 1.	1
Koelevy 2.	1
Koelevy 3.	1

Taulukko 3. Tikkurila, musta koelevyerän 4 hilaristikkotulokset

Koelevyt	Koetuloksen luokitus
Koelevy 1.	1
Koelevy 2.	1
Koelevy 3.	1

Liite 57. Teknos, valkoiseksi maalattujen koelevyerän 1, 2 ja 3 hilaristikkokokeen tulokset

Taulukko 1. Teknos, valkoinen koelevyerän 1 hilaristikkotulokset

Koelevyt	Koetuloksen luokitus
Koelevy 1.	1
Koelevy 2.	1
Koelevy 3.	1

Taulukko 2. Teknos, valkoinen koelevyerän 2 hilaristikkotulokset

Koelevyt	Koetuloksen luokitus
Koelevy 1.	1
Koelevy 2.	1
Koelevy 3.	1

Taulukko 3. Teknos, valkoinen koelevyerän 3 hilaristikkotulokset

Koelevyt	Koetuloksen luokitus
Koelevy 1.	1
Koelevy 2.	1
Koelevy 3.	1

Liite 58. Teknos, valkoiseksi maalatun koelevyerän 4 ja 4 uusinnan ja mustaksi maalatun koelevyerän 1 hilaristikkokokeen tulokset

Taulukko 1. Teknos, valkoinen koelevyerän 4 hilaristikkotulokset

Koelevyt	Koetuloksen luokitus
Koelevy 1.	1
Koelevy 2.	1
Koelevy 3.	1

Taulukko 2. Teknos, valkoinen uusintakoelevyerän 4 hilaristikkotulokset

Koelevyt	Koetuloksen luokitus
Koelevy 1.	1
Koelevy 2.	1
Koelevy 3.	1

Taulukko 3. Teknos, musta koelevyerän 1 hilaristikkotulokset

Koelevyt	Koetuloksen luokitus
Koelevy 1.	1
Koelevy 2.	1
Koelevy 3.	0

Liite 59. Teknos, mustaksi maalatun koelevyerän 2, 3 ja 4 hilaristikkokokeen tulokset

Taulukko 1. Teknos, musta koelevyerän 2 hilaristikkotulokset

Koelevyt	Koetuloksen luokitus
Koelevy 1.	1
Koelevy 2.	1
Koelevy 3.	1

Taulukko 2. Teknos, musta koelevyerän 3 hilaristikkotulokset

Koelevyt	Koetuloksen luokitus
Koelevy 1.	1
Koelevy 2.	1
Koelevy 3.	1

Taulukko 3. Teknos, musta koelevyerän 4 hilaristikkotulokset

Koelevyt	Koetuloksen luokitus
Koelevy 1.	1
Koelevy 2.	1
Koelevy 3.	1

Liite 60. Valkoisen referenssikoelevyn värinmittaus tulokset.

Taulukko 1. Valkoisen referenssilevyn värin mittaustulokset kiiltokomponentin kanssa sekä ilman kiiltokomponenttia.

Mittauspiste 1.		
CIELAB-arvopisteet	SCI	SCE
L*	94,74	93,76
a*	-0,75	-0,75
b*	6,36	6,34
Mittauspiste 2.		
L*	94,7	93,76
a*	-0,78	-0,79
b*	6,23	6,2
Mittauspiste 3.		
L*	94,7	93,73
a*	-0,76	-0,75
b*	6,39	6,37

Liite 61. Tikkurila valkoisen koelevyerän 1 värinmittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurilan valkoiseksi maalatun koelevyerän 1 värinmittauksen tulokset.

Koelevyerä 1 - Kuivutuslämpötila 25°C		
Mittauspiste 1.		
CIELAB-arvopisteet	SCI	SCE
L*	93,09	92,12
a*	-0,85	-0,78
b*	6,43	6,42
Mittauspiste 2.		
L*	92,19	91,53
a*	-1,22	-1,15
b*	4,96	4,91
Mittauspiste 3.		
L*	92,73	91,86
a*	-1,03	-0,97
b*	5,76	5,72

Liite 62. Tikkurila valkoisen koelevyerän 2 värinmittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurilan valkoiseksi maalatun koelevyerän 2 värinmittauksen tulokset.

Koelevyerä 2 - Kuivutuslämpötila 30°C		
Mittauspiste 1.		
CIELAB-arvopisteet	SCI	SCE
L*	92,9	92,01
a*	-0,99	-0,94
b*	5,82	5,79
Mittauspiste 2.		
L*	92,45	91,61
a*	-1,13	-1,07
b*	5,26	5,21
Mittauspiste 3.		
L*	92,63	91,77
a*	-1,07	-1,02
b*	5,45	5,41

Liite 63. Tikkurila valkoisen koelevyerän 3 värinmittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurilan valkoiseksi maalatun koelevyerän 3 värinmittauksen tulokset.

Koelevyerä 3 - Kuivutuslämpötila 35°C		
Mittauspiste 1.		
CIELAB-arvopisteet	SCI	SCE
L*	93,21	92,59
a*	-1	-0,92
b*	5,88	5,82
Mittauspiste 2.		
L*	92,78	91,89
a*	-1,02	-0,96
b*	5,9	5,86
Mittauspiste 3.		
L*	92,47	91,62
a*	-1,14	-1,07
b*	5,27	5,23

Liite 64. Tikkurila valkoisen koelevyerän 4 värinmittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurilan valkoiseksi maalatun koelevyerän 4 värinmittauksen tulokset.

Koelevyerä 4 - Kuivutuslämpötila 40°C		
Mittauspiste 1.		
CIELAB-arvopisteet	SCI	SCE
L*	92,87	91,94
a*	-1	-0,93
b*	5,83	5,79
Mittauspiste 2.		
L*	92,2	91,93
a*	-1,09	-1,03
b*	5,25	5,2
Mittauspiste 3.		
L*	92,29	91,64
a*	-1,25	-1,19
b*	4,49	4,44

Liite 65. Tikkurila valkoisen uusintakoelevyerän 4 värinmittaus- tulokset

Taulukko 1. Tikkurilan valkoiseksi maalatun uusintakoelevyerän 4 uusintaerän värinmittauksen tulokset.

Uusintakoelevyerä 4 - Kuivutuslämpötila 40°C		
Mittauspiste 1.		
CIELAB-arvopisteet	SCI	SCE
L*	92,87	91,94
a*	-1	-0,93
b*	5,83	5,79
Mittauspiste 2.		
L*	92,2	91,93
a*	-1,09	-1,03
b*	5,25	5,2
Mittauspiste 3.		
L*	92,29	91,64
a*	-1,25	-1,19
b*	4,49	4,44

Liite 66. Teknos valkoisen koelevyerän 1 värinmittaustulokset

Taulukko 1. Teknos valkoiseksi maalatun koelevyerän 1 värinmittauksen tulokset.

Koelevyerä 1 - Kuivutuslämpötila 25°C		
Mittauspiste 1.		
CIELAB-arvopisteet	SCI	SCE
L*	94,21	93,39
a*	-1,33	-1,34
b*	4,93	4,85
Mittauspiste 2.		
L*	94,12	93,32
a*	-1,48	-1,41
b*	4,8	4,71
Mittauspiste 3.		
L*	94,11	93,31
a*	-1,43	-1,41
b*	4,75	4,66

Liite 67. Teknos valkoisen koelevyerän 2 värinmittaustulokset

Taulukko 1. Teknos valkoiseksi maalatun koelevyerän 2 värinmittauksen tulokset.

Koelevyerä 2 - Kuivutuslämpötila 30°C		
Mittauspiste 1.		
CIELAB-arvopisteet	SCI	SCE
L*	94,25	93,45
a*	-1,33	-1,32
b*	4,88	4,79
Mittauspiste 2.		
L*	94,08	93,31
a*	-1,44	-1,44
b*	4,64	4,56
Mittauspiste 3.		
L*	93,81	93,08
a*	-1,37	-1,38
b*	4,86	4,78

Liite 68. Teknos valkoisen koelevyerän 3 värinmittaustulokset

Taulukko 1. Teknos valkoiseksi maalatun koelevyerän 3 värinmittauksen tulokset.

Koelevyerä 3 - Kuivutuslämpötila 35°C		
Mittauspiste 1.		
CIELAB-arvopisteet	SCI	SCE
L*	94,25	93,45
a*	-1,54	-1,33
b*	4,95	4,86
Mittauspiste 2.		
L*	94,15	93,29
a*	-1,42	-1,42
b*	4,64	4,35
Mittauspiste 3.		
L*	94,14	93,37
a*	-1,44	-1,44
b*	4,73	4,64

Liite 69. Teknos valkoisen koelevyerän 4 värinmittaustulokset

Taulukko 1. Teknos valkoiseksi maalatun koelevyerän 4 värinmittauksen tulokset.

Koelevyerä 4 - Kuivutuslämpötila 40°C		
Mittauspiste 1.		
CIELAB-arvopisteet	SCI	SCE
L*	94,3	93,45
a*	-1,2	-1,29
b*	5,1	5,04
Mittauspiste 2.		
L*	94,29	93,49
a*	-1,28	-1,29
b*	5,02	4,95
Mittauspiste 3.		
L*	94,28	93,5
a*	-1,28	-1,27
b*	4,98	4,9

Liite 70. Teknos valkoisen uusintakoelevyerän 4 värinmittaustulokset

Taulukko 1. Teknos valkoiseksi maalatun uusintakoelevyerän 4 uusintaerän värinmittauksen tulokset.

Uusintakoelevyerä 4 - Kuivutuslämpötila 40°C		
Mittauspiste 1.		
CIELAB-arvopisteet	SCI	SCE
L*	94,15	93,3
a*	-1,35	-1,35
b*	5,02	4,97
Mittauspiste 2.		
L*	94,11	93,31
a*	-1,35	-1,35
b*	4,94	4,87
Mittauspiste 3.		
L*	94,08	93,25
a*	-1,35	-1,35
b*	4,94	4,87

Liite 71. Mustan referenssikoelevyn värimittaus tulokset

Taulukko 1. Mustan referenssilevyn värimittaustulokset kiiltokomponentin kanssa sekä ilman kiiltokomponenttia.

Mittauspiste 1.		
CIELAB-arvopisteet	SCI	SCE
L*	26,13	20
a*	0,05	-0,01
b*	-0,7	-0,68
Mittauspiste 2.		
L*	26,08	20,04
a*	0,05	-0,02
b*	-0,66	-0,64
Mittauspiste 3.		
L*	26,11	21,24
a*	0,03	-0,03
b*	-0,7	-0,73

Liite 72. Tikkurila mustan koelevyerän 1 värinmittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurilan mustaksi maalatun koelevyerän 1 värinmittauksen tulokset.

Koelevyerä 1 - Kuivutuslämpötila 25°C		
Mittauspiste 1.		
CIELAB-arvopisteet	SCI	SCE
L*	25,66	17,55
a*	0	-0,14
b*	-0,46	0,02
Mittauspiste 2.		
L*	25,48	17,78
a*	0,02	-0,11
b*	-0,5	-0,05
Mittauspiste 3.		
L*	25,58	18,17
a*	0,03	-0,04
b*	-0,47	-0,03

Liite 73. Tikkurila mustan koelevyerän 2 värinmittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurilan mustaksi maalatun koelevyerän 2 värinmittauksen tulokset.

Koelevyerä 2 - Kuivutuslämpötila 30°C		
Mittauspiste 1.		
CIELAB-arvopisteet	SCI	SCE
L*	25,61	16,71
a*	-0,01	-0,12
b*	-0,58	0,05
Mittauspiste 2.		
L*	25,57	17,15
a*	-0,01	-0,09
b*	-0,57	-0,03
Mittauspiste 3.		
L*	25,65	17,57
a*	0,01	-0,08
b*	-0,53	0,01

Liite 74. Tikkurila mustan koelevyerän 3 värinmittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurila, mustaksi maalatun koelevyerän 3 värinmittauksen tulokset.

Koelevyerä 3 - Kuivutuslämpötila 35°C		
Mittauspiste 1.		
CIELAB-arvopisteet	SCI	SCE
L*	25,68	18,5
a*	0	-0,03
b*	-0,56	-0,07
Mittauspiste 2.		
L*	25,58	17,37
a*	-0,03	-0,15
b*	-0,62	-0,08
Mittauspiste 3.		
L*	25,72	16,58
a*	-0,02	-0,13
b*	-0,61	-0,01

Liite 75. Tikkurila mustan koelevyerän 4 värinmittaustulokset

Taulukko 1. Tikkurila, mustaksi maalatun koelevyerän 4 värinmittauksen tulokset.

Koelevyerä 4 - Kuivutuslämpötila 40°C		
Mittauspiste 1.		
CIELAB-arvopisteet	SCI	SCE
L*	25,44	18,64
a*	0,02	0,04
b*	-0,48	-0,14
Mittauspiste 2.		
L*	25,55	18,68
a*	0,02	-0,04
b*	-0,45	-0,05
Mittauspiste 3.		
L*	25,4	18,06
a*	0,01	-0,14
b*	-0,51	-0,06

Liite 76. Teknos mustan koelevyerän 1 värinmittaustulokset

Taulukko 1. Teknos mustaksi maalatun koelevyerän 1 värinmittauksen tulokset.

Koelevyerä 1 - Kuivutuslämpötila 25°C		
Mittauspiste 1.		
CIELAB-arvopisteet	SCI	SCE
L*	25,15	19,58
a*	0,06	-0,02
b*	-0,47	-0,6
Mittauspiste 2.		
L*	25,09	22,04
a*	0,07	0,08
b*	-0,39	-0,41
Mittauspiste 3.		
L*	24,96	19,64
a*	0,06	-0,01
b*	-0,41	-0,48

Liite 77. Teknos mustan koelevyerän 2 värinmittaustulokset

Taulukko 1. Teknos mustaksi maalatun koelevyerän 2 värinmittauksen tulokset.

Koelevyerä 2 - Kuivutuslämpötila 30°C		
Mittauspiste 1.		
CIELAB-arvopisteet	SCI	SCE
L*	25,1	18,49
a*	-0,05	-0,05
b*	-0,47	-0,56
Mittauspiste 2.		
L*	25,07	17,99
a*	0,06	0
b*	-0,37	-0,53
Mittauspiste 3.		
L*	25,07	18,1
a*	0,09	-0,13
b*	-0,35	-0,27

Liite 78. Teknos mustan koelevyerän 3 värinmittaustulokset

Taulukko 1. Teknos mustaksi maalatun koelevyerän 3 värinmittauksen tulokset.

Koelevyerä 3 - Kuivutuslämpötila 35°C		
Mittauspiste 1.		
CIELAB-arvopisteet	SCI	SCE
L*	25,16	18,2
a*	0,07	0
b*	-0,37	-0,39
Mittauspiste 2.		
L*	25,08	18,15
a*	0,07	0,09
b*	-0,25	-0,56
Mittauspiste 3.		
L*	24,85	18,59
a*	0,07	-0,02
b*	-0,35	-0,45

Liite 79. Teknos mustan koelevyerän 4 värinmittaustulokset

Taulukko 1. Teknos mustaksi maalatun koelevyerän 4 värinmittauksen tulokset.

Koelevyerä 4 - Kuivutuslämpötila 40°C		
Mittauspiste 1.		
CIELAB-arvopisteet	SCI	SCE
L*	25,04	18,12
a*	0	0
b*	-0,33	-0,38
Mittauspiste 2.		
L*	25,1	18,77
a*	0,09	-0,03
b*	-0,35	-0,32
Mittauspiste 3.		
L*	24,87	18,95
a*	0,09	0,09
b*	-0,38	-0,5

Liite 80. Referenssinäytelevyjen kiillonmittauksen tulokset

Taulukko 1. Valkoisen referenssin levyn kiillonmittauksen tulokset

Mittauspisteet	Kiiltoyksikkö (GU)
1	28,9
2	30,3
3	30,3

Taulukko 2. Mustan referenssin levyn kiillonmittauksen tulokset

Mittauspisteet	Kiiltoyksikkö (GU)
1	23,5
2	23,6
3	24,8

Liite 81. Tikkurila valkoisen koelevyerän 1, 2 ja 3 kiillonmittauksen tulokset

Taulukko 1. Tikkurila, valkoisen koelevyerän 1 kiillonmittauksen tulokset

Koelevyerä 1 - Kuivutuslämpötila 25°C	
Mittauspisteet	Kiiltoyksikkö (GU)
1	13,5
2	11,4
3	11

Taulukko 2. Tikkurila valkoisen koelevyerän 2 kiillonmittauksen tulokset

Koelevyerä 2 - Kuivutuslämpötila 30°C	
Mittauspisteet	Kiiltoyksikkö (GU)
1	19,5
2	12
3	16,5

Taulukko 3. Tikkurila valkoisen koelevyerän 3 kiillonmittauksen tulokset

Koelevyerä 3 - Kuivutuslämpötila 35°C	
Mittauspisteet	Kiiltoyksikkö (GU)
1	12,5
2	16,3
3	14,3

Liite 82. Tikkurila valkoisen koelevyerän 4 ja uusinta koelevyerän 4 kiillonmittauksen tulokset

Taulukko 1. Tikkurila valkoisen koelevyerän 4 kiillonmittauksen tulokset

Koelevyerä 4 - Kuivutuslämpötila 40°C	
Mittauspisteet	Kiiltoyksikkö (GU)
1	15,6
2	15,1
3	13,2

Taulukko 2. Tikkurila valkoisen uusintakoelevyerän 4 kiillonmittauksen tulokset

Uusinta koelevyerä 4 - Kuivutuslämpötila 40°C	
Mittauspisteet	Kiiltoyksikkö (GU)
1	9,2
2	9
3	13,8

Liite 83. Teknos valkoisen koelevyerän 1, 2 ja 3 kiillonmittauksen tulokset

Taulukko 1. Teknos valkoisen koelevyerän 1. kiillonmittauksen tulokset

Koelevyerä 1 - Kuivutuslämpötila 25°C	
Mittauspisteet	Kiiltoyksikkö (GU)
1	22
2	22,8
3	20,8

Taulukko 2. Teknos valkoisen koelevyerän 2 kiillonmittauksen tulokset

Koelevyerä 2 - Kuivutuslämpötila 30°C	
Mittauspisteet	Kiiltoyksikkö (GU)
1	22,2
2	20,5
3	20

Taulukko 3. Teknos valkoisen koelevyerän 3 kiillonmittauksen tulokset

Koelevyerä 3 - Kuivutuslämpötila 35°C	
Mittauspisteet	Kiiltoyksikkö (GU)
1	19,9
2	20,3
3	18

Liite 84. Tikkurila, valkoisen koelevyerän 4 ja uusinta koelevyerän 4 kiillonmittauksen tulokset

Taulukko 1. Teknos valkoisen koelevyerän 4 kiillonmittauksen tulokset

Koelevyerä 4 - Kuivutuslämpötila 40°C	
Mittauspisteet	Kiiltoyksikkö (GU)
1	22,7
2	22,7
3	23,3

Taulukko 2. Teknos valkoisen uusintakoelevyerän 4 kiillonmittauksen tulokset

Uusinta koelevyerä 4 - Kuivutuslämpötila 40°C	
Mittauspisteet	Kiiltoyksikkö (GU)
1	19,7
2	20,4
3	20,4

Liite 85. Tikkurila mustien koelevyerän 1 ja 2 kiillonmittauksen tulokset

Taulukko 1. Tikkurila mustien koelevyerän 1 kiillonmittauksen tulokset

Koelevyerä 1 - Kuivutuslämpötila 25°C	
Mittauspisteet	Kiiltoyksikkö (GU)
1	20,9
2	20,9
3	20,1

Taulukko 2. Tikkurila, mustien koelevyerän 2 kiillonmittauksen tulokset

Koelevyerä 2 - Kuivutuslämpötila 30°C	
Mittauspisteet	Kiiltoyksikkö (GU)
1	19,6
2	19,6
3	19

Liite 86. Tikkurila valkoisen koelevyerän 3 ja 4 kiillonmittauksen tulokset

Taulukko 1. Tikkurila mustien koelevyerän 3 kiillonmittauksen tulokset

Koelevyerä 3 - Kuivutuslämpötila 35°C	
Mittauspisteet	Kiiltoyksikkö (GU)
1	24,2
2	23,5
3	20,4

Taulukko 2. Tikkurila valkoisen koelevyerän 4 kiillonmittauksen tulokset

Koelevyerä 4 - Kuivutuslämpötila 40°C	
Mittauspisteet	Kiiltoyksikkö (GU)
1	18,8
2	17,9
3	18,3

Liite 87. Teknos mustien koelevyerän 1 ja 2 kiillonmittauksen tulokset

Taulukko 1. Teknos mustien koelevyerän 1 kiillonmittauksen tulokset

Koelevyerä 1. - Kuivutuslämpötila 25°C	
Mittauspisteet	Kiiltoyksikkö (GU)
1	20,7
2	19,2
3	21,3

Taulukko 2. Teknos, mustien koelevyerän 2 kiillonmittauksen tulokset

Koelevyerä 2. - Kuivutuslämpötila 30°C	
Mittauspisteet	Kiiltoyksikkö (GU)
1	20,9
2	20,8
3	18,6

Liite 88. Teknos valkoisen koelevyerän 3 ja 4 kiillonmittauksen tulokset

Taulukko 1. Teknos mustien koelevyerän 3 kiillonmittauksen tulokset

Koelevyerä 3. - Kuivutuslämpötila 35°C	
Mittauspisteet	Kiiltoyksikkö (GU)
1	20,1
2	20,2
3	20,5

Taulukko 2. Teknos valkoisen koelevyerän 4 kiillonmittauksen tulokset

Koelevyerä 4 - Kuivutuslämpötila 40°C	
Mittauspisteet	Kiiltoyksikkö (GU)
1	17,9
2	18,4
3	18,4