

Susanna Jarva-Pulkkinen

1950-luvun mopedin maalausjärjestelmien materiaalit
ja ikääntyminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Konservaattori AMK
Konservoinnin koulutusohjelma
Opinnäytetyö
1.5.2013

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Susanna Jarva-Pulkkinen 1950-luvun mopedin maalausjärjestelmien materiaalit ja ikääntyminen 57 sivua 1.5.2013
Tutkinto	Konservaattori (AMK)
Koulutusohjelma	Konservoinnin koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Esinekonservointi
Ohjaaja(t)	Lehtori Heikki Häyhä Lehtori Kirsi Perkiömäki
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää minkälaista konservoinnin päätöksentekoon vaikuttavaa materiaaleihin ja käyttöön liittyvää tietoa 1950-luvun ruotsalaisen mopedin alkuperäisiin maalausjärjestelmiin liittyy. Tarkoitus oli soveltaa tiedon hankintaan esimerkkikohteesta metodologiaa, jolla konservoinnin päätöksenteon kannalta merkitykselliset materiaaliset ja ei-materiaaliset näkökohdat pitäisi kyetä selvittämään.</p> <p>Mopedin maalausjärjestelmissä sen elinkaaren aikana tapahtuneet muutokset kartoitettiin ja dokumentoitiin sanallisesti ja kuvallisesti. Maalipintoja kuvattiin digitaalisella mikroskooppikameralla. Mopedin eri osista otetuista näytteistä tutkittiin maalausjärjestelmän poikkileikkaukset. Maaleissa käytettyjä sideaineita tutkittiin infrapunaspektroskopiolla. Maalausjärjestelmien eri kerrosten ja mopedin metallisen perusaineen alkuainekoostumusta tutkittiin röntgenfluoresenssianalyysillä. Sideaineita, pigmenttejä ja mopedin kemiallista esikäsitelyä tutkittiin kemiallisilla kokeilla.</p> <p>Työssä käytiin läpi keskeiset ajoneuvojen maalausjärjestelmissä ajanjaksolla 1900–1960 tapahtuneet kehitysasket ja selvitettiin tutkimuskohteena olevan mopedin valmistaneen tehtaan pintakäsittelyn historiaa mopedin valmistumisen aikaan. Mopedista tehtyjä havaintoja ja analyysituloksia verrattiin kirjallisuudesta saatuun tietoon valmistusajankohdan pintakäsittelymateriaaleista. Kirjallisuuden avulla selvitettiin, minkälaisia muutoksia ajoneuvomaalausjärjestelmän materiaaleissa on todennäköisesti tapahtunut tieliikennekäytössä, ja merkkejä niistä etsittiin esimerkkimopedin maalausjärjestelmästä. Lyhyesti käsiteltiin veteraaniajoneuvon alkuperäisen maalausjärjestelmän patinan määrittelyarvosidonnaisuutta.</p> <p>Tiedonhankinnassa käytetyn metodologian avulla muodostui monipuolinen käsitys ajoneuvomaalausjärjestelmän materiaaleista ja niiden ikääntymisestä. Analyysillä saadut tiedot tukivat kirjallisuudesta saatua käsitystä valmistusajankohdan pintakäsittelytekniikasta. Opinnäytetyön aikana kartutettu tieto metallien pintakäsittelytekniikoista ja sideaineiden ominaisuuksista on hyödyksi maalattun metallin konservoinnin päätöksenteossa ja käytännön työssä.</p>	
Avainsanat	Ajoneuvokonservointi, teollisuusperintö, maalattu metalli

Author(s) Title	Susanna Jarva-Pulkkinen Materials and Ageing of a 1950's Mopeds Coating Systems
Number of Pages Date	57 pages 1 May 2013
Degree	Bachelor of Culture and Arts
Degree Programme	Conservation
Specialisation option	Object Conservation
Instructor(s)	Heikki Häyhä, Lecturer Kirsi Perkiömäki, Lecturer
<p>The aim of the thesis was to study the relevance in conservation decision making of information regarding the materials, methods of manufacture and typical signs of use in an original 1950's moped paint system. In characterizing the paint systems a methodological approach was used that should ensure that all relevant material and non-material aspects of an object to be conserved are taken into consideration before treatment decision making.</p> <p>Observed alteration phenomena of the paint systems were documented in writing and photographically. A digital microscope camera was used to study surfaces. Paint sample cross sections were examined and photographed under light microscope. Paint binders were analyzed with FTIR-spectroscopy. Elemental XRF analysis was carried out for alloy, pretreatment and pigment determination.</p> <p>Observed phenomena in the paint systems and analyses results were compared with main historical developments in paint technology between 1900 and 1960 as well as the moped manufacturers surface treatment history. Literature was used to determine typical alterations in a paint system due to exposure and use in road traffic. The subjective nature of patina and values was briefly discussed.</p> <p>The methodological approach aided in developing a multifaceted view on the moped paint systems' materials and ageing. The analyses results supported what was found in literature about coating technology in the era of the mopeds manufacture. The understanding that was gained of paint systems and coatings on metal in general in the run of the thesis process will be of great benefit in conservation decision making and practical hands-on work in the future.</p>	
Keywords	Conservation of Vehicles, Industrial Heritage, Painted Metals

Sisällys

1 Johdanto	1
2 Konservoinnin metodologia tiedonhankinnan tukena	3
3 Hermes Saxoped 1136 –mopedin maalausjärjestelmät	5
4 Ajoneuvojen pintakäsittelyn kehitysaskelia 1900–1960	9
4.1 Sideaineiden kehitys	10
4.2 Värien kehitys tekniikan ja käytön ehdoilla	14
4.3 Korroosio ja sen estäminen	16
4.4 Nymanbolagen AB:n tuotteiden pintakäsittely 1950-luvulla	18
5 Hermes Saxoped 1136 –mopedin maalausjärjestelmien kartoitus	19
5.1 Vaaleat osat	20
5.2 Punaiset osat	22
6 Maalausjärjestelmien analyyttinen tutkimus	26
6.1 Röntgenfluoresenssi	28
6.2 Infrapunaspektroskopia	32
6.3 Kemialliset tutkimusmenetelmät	40
6.4 Liukoisuus	44
6.5 Yhteenveto analyysituloksista	44
7 Vanhenevan mopedin maalausjärjestelmät	45
7.1 Synteettisen maalikalvon ikääntyminen	45
7.2 Ajoneuvokorroosio	48
7.3 Käyttöpatina ja vaurio	49
8 Yhteenveto ja tulevaisuuden näkymiä	51
Lähteet	53

1 Johdanto

Teollistunut yhteiskunta on täynnä maalattua terästä, josta osa muuttuu alkuperäisen aktiivikäyttönsä jälkeen osaksi kulttuuriperintöä, jonkin museoinstituution tai yksityisen keräilijän säilytettäväksi. Yleistä on ollut entisöidä ajoneuvot ja koneet uuden veroisiksi, jolloin kaikki maalipintoihin kertynyt tieto valmistustekniikoista, alkuperäisestä käytöstä ja olosuhteista nollataan. Näin on toimittu yksityisesti ja museoissa (Prytulak 2009, 155).

Viime vuosina kiinnostus alkuperäisten maalausjärjestelmien säilyttämistä kohtaan on lisääntynyt niin veteraniajoneuvoharrastajien piirissä kuin teollisuusperintöä tallentavissa museoissakin. On herätty siihen, että alkuperäiset maalipinnat ovat arvokkaita, mutta menetelmät niiden säilyttämiseksi hakevat muotoaan. Siihen nähden miten paljon maalattua pintaa kulttuuriperintöömme nykyään kuuluu, esinekonservaattorin koulutuksen aikana pystytään paneutumaan maalipintojen materiaaleihin, vaurioitumiseen ja konservointiin kovin vähän. Materiaalituntemuksen puute estää hyvin perusteltujen konservointitoimenpiteiden suunnittelemisen.

Esimerkiksi maalaustaiteen tai huonekalujen konservoinnissa maalipintojen puhdistus- ja konsolidointimenetelmät ovat luonnollisesti keskeinen osa konservaattorin ammattitaitoa. Moderneista maaleista, niiden tunnistamisesta, ominaisuuksista ja vanhenemisesta on kirjoitettu tavalla, joka voi hyödyttää myös esinekonservaattoria (Learner 2004, Standeven 2011). Teräksen maalauksen päätarkoitus on kuitenkin ehkäistä perusaineen ruostumista, minkä vuoksi maalatun teräksen konservoinnissa ongelmat ovat aivan toisenlaisia kuin esimerkiksi maalauksissa. Teollisuusperintöön kuuluvat koneet, laitteet ja ajoneuvot ovat lisäksi yleensä elinkaarensa aikana altistuneet ankarille olosuhteille, joilla on vaikutuksensa ensin maalipintaan ja sitten perusaineeseen.

Perinteisesti maalattu teräs onkin ajateltu huoltomaalattavaksi tai uusintamaalattavaksi tietyin välein maalikalvon vanhenemisen, vaurioitumisen, kulumisen ja niitä seuraavan korroosion vuoksi. Ajoneuvomaalausjärjestelmätkin nähtiin alun perin tällaisina aika ajoin uusittavina pinnoitteina, joiden ei oletettu kestävän ajoneuvon koko käyttöikä

(Prytulak 2009, 158). Pitkin 1900-lukua kehitettiin kuitenkin uusia kestävämpiä pintakäsittelymenetelmiä, kun maalien sideaineita ja mekanismeja korroosion takana alettiin tutkia yhä tieteellisemmin (Tikkanen, 1960). Tuolloin ajoneuvoja myös voitiin mainostaa niiden pintakäsittelyn kestolla pitkälle tulevaisuuteen (Nymanbolagen AB, 1957). Tuskin ajoneuvomaalien ajateltiin kestävän 50 vuotta käyttöä, kun itse ajoneuvotkin kävivät nopeasti vanhanaikaisiksi tekniikan kehittyessä, mutta II maailmansodan jälkeisen pintakäsittelytekniikan kehittymisen ansiosta tuon ajan jälkeisten teollisten korroosionestomaalipintojen mahdollisuudet selviytyä tähän päivään ovat olleet huomattavasti aiempaa paremmat.

Joskus ajoneuvon tai koneen siirtymä aktiivikäytöstä kokoelmaan käy suoraan. Joskus matka teollisuusperinnöksi käy riihen tai navetantauksen kautta, mikä jättää jälkensä esineen alkuperäisille maalipinnoille siinä missä seisontaa edeltävä käyttökin. Konservattorin tai veteraniajoneuvoharrastajan on päätettävä, mitkä muutokset konservoitavan kohteen pinnoilla jätetään kertomaan käyttöhistoriasta ja mitkä voidaan laskea vaurioiksi, jotka pyritään korjaamaan restaurointitoimenpiteillä. Opinnäytetyössä selvitetään, minkälaista materiaaleihin ja käyttöön liittyvää tietoa sisältyy tieliikennekäytössä olleen moottoriajoneuvon alkuperäisiin maalausjärjestelmiin ja miten se voidaan systemaattisesti hankkia. Esimerkkikohteena tutkitaan Nymanbolagen AB:n valmistamaa Hermes Saxoped 1136 -mopeda vuodelta 1959. Sen maalausjärjestelmiä tutkitaan konservoinnin materiaalitutkimuksen keinoin ja muutokset oletetusta alkuperäiskunnosta kartoitetaan. Lisäksi teknishistoriallisen taustan selvittämiseksi käydään läpi ajanjaksolla 1900-1960 ajoneuvojen pintakäsittelyssä tapahtuneita kehitysaskelia ja selvitetään, minkälaisia muutoksia pintamateriaaleissa on vuosikymmenien saatossa todennäköisesti tapahtunut.

Työ ei sisällä konservointisuunnitelmaa tai valmiita ratkaisuehdotuksia tutkimuskohteessa havaittuihin ongelmiin, vaan tarkoituksena on selvittää, minkälainen tieto on merkityksellistä konservoinnin päätöksenteon kannalta. Lähtökohtana tiedonhankinnalle tutkimuskohteesta pidetään Barbara Appelbaumin konservoinnin päätöksenteon metodologiaa (2007). Yksi tärkeä tavoite on lisätä ymmärrystä teräksen pintakäsittelyssä viime vuosisadalla käytetyistä materiaaleista ja tekniikoista.

Modernit maalit ja lakat muodostavat kemiallisesti tai fysikaalisesti kuivumalla pigmentoituja tai pigmentoimattomia muovikalvoja, joissa sideaineina on käytetty erilaisia polymeerejä (Kallioinen; Sarvimäki; Takala & Ådahl 1992, 15, 122). Maalausjärjestelmä käsitteenä kattaa kaikki maalattavalle perusaineelle tehdyt mekaaniset ja kemialliset esikäsitteilyt ja maalikerrokset (Tunturi 1988, 685). Se on siis laajempi käsite kuin maaliyhdistelmä, joka kattaa vain maalikalvon osat (Tolvanen 1960, 105). Maalattun pinnan kestävyuden kannalta esikäsitteilyillä on suuri merkitys kohteen säilymisen kannalta, mikä korostuu korroosionestomaalausjärjestelmissä.

2 Konservoinnin metodologia tiedonhankinnan tukena

Ongelmana alkuperäisen maalausjärjestelmän säilyttämisessä on tehdä päätöksiä siitä, mikä pintaan ajan mukana tulleissa muutoksissa on merkityksellistä eli sisältää sellaisia arvoja joita kohteessa halutaan säilyttää ja tarvittaessa tuoda konservointimenetelmillä paremmin esille. Toisaalta on tarpeen ymmärtää kohteessa käytettyjä materiaaleja ja niiden vanhenemiskäyttäytymistä. Barbara Appelbaum esittää teoksessaan *Conservation Treatment Methodology* (2007) työssään konservaattorina kehittämänsä metodologian, joka hänen mukaansa on sovellettavissa minkälaisen tahansa kulttuuriperinnön – museoissa säilytettävän ja yksityisen – konservoinnin päätöksenteon kannalta merkityksellisten asioiden systemaattisessa selvittämisessä.

Appelbaumin metodologia perustuu neliosaiselle määrittelyjärjestelmälle (Taulukko 1), jonka avulla konservoitavasta kohteesta saadaan kerättyä oleellinen sen materiaaleihin, mutta myös aineettomiin näkökohtiin, liittyvä tieto. Tämän tiedon pohjalta voidaan rekonstruoida esineelle, tai saman kaltaisille esineille tyypillinen, historia ja valita aikajanalta kohta, jossa esineen materiaallinen ulkoasu parhaiten ilmentää arvoja, joita konservointitoimenpiteillä halutaan paremmin tuoda esiin. Esineelle voidaan näin määritellä ensin tavoiteltava ideaalitila sitten konservoinnin realistinen tavoite ja konservointisuunnitelma, jonka toteuttamisella se pyritään saavuttamaan. Lopputulos on konservaattorin tulkinta esineestä, mutta Appelbaumin nelikentällä voidaan pyrkiä varmistamaan, että tulkinta perustuu riittävään taustatietoon.

Taulukko 1. Konservoinnin päätöksenteon metodologian nelikenttä (Appelbaum 2007, 11) mukailtuna ja vapaasti suomennettuna.

	Aineelliset näkökannat	Aineettomat näkökannat
Esinekohtainen tieto	Havainnot esineestä tulkintoiheen, materiaalien tunnistus, rakenteen määrittäminen I Tietolähteet: Esineen tutkimus ja kartoitus, analyysit, kokeet	Esineen historia, siihen liitetyt arvot ja suunniteltu käyttö III Tietolähteet: Omistaja, museohenkilökunta tai muu esineen haltijataho
Ei-esinekohtainen tieto	Valmistusmenetelmät, materiaalien ominaisuudet ja ikääntyminen II Tietolähteet: Tekniikan historia, materiaalitiede, konservaattorin tiedot saman kaltaisista esineistä	Saman kaltaisia esineitä koskeva tieto, valmistajien ja käyttäjien niihin liittämät arvot, markkina-arvon vaihtelu, tyypillinen käyttö, huolto ja hoito IV Tietolähteet: Kirjalliset lähteet, asiantuntijat

Opinnäytetyössä sovelletaan löyhästi Appelbaumin nelikenttää esimerkkitapahtumana olevan Hermes Saxoped 1136 –mopedin tutkimuksen lähtökohdaksi. Kappaleissa 3–7 paino on nelikentän materiaalisessa vasemmassa puolella, mutta myös ei-materiaalisia oikean puolen näkökohtia on otettu jossakin määrin huomioon. Kappaleessa 3 kohteeseen tutustutaan pinnallisesti, minkä jälkeen modernien maalausjärjestelmien ja Hermes-mopedin teknishistoriallinen tausta käsitellään kappaleessa 4. Kappaleessa 5 palataan kohteeseen, jonka maalausjärjestelmien muutokset kartoitetaan systemaattisesti. Kappaleessa 6 raportoidaan mopedin maalausjärjestelmille tehdyt materiaalitutkimukset, joiden avulla pyritään tulkitsemaan kohteesta tehtyjä havaintoja. Kappaleessa 7 käsitellään mopedin käytön yhteyttä maalattujen osien muutoksiin ja tehdään pinnallinen katsaus maalausjärjestelmien patinan määrittämisen lähtökohdaksi.

Työssä keskitytään Hermeksen materiaaliin näkökohtiin, sillä ennen riittävän materiaalituntemuksen luomista on mahdotonta päästä eteenpäin ikääntyvien maalausjärjestelmien konservoinnin päätöksenteossa. Ilman materiaalituntemusta konservaattorin mahdollisuudet osallistua keskusteluun esimerkiksi veteraanijoneuvojen konservoinnista ovat hyvin rajalliset. Hermekseen liittyvää materiaalista tietoa on pyritty työssä käsittelemään niin, että se on hyödynnettävissä jatkossa ylipäätään maalattujen metalliesineiden konservoinnin päätöksenteossa.

Opinnäytetyön on tarkoitus kartuttaa Appelbaumin nelikentän II osioon sisältyvää konservattorin ammatillista tietopääomaa maalatun teräksen osalta.

3 Hermes Saxoped 1136 –mopedin maalausjärjestelmät

Tutkimuskohteena opinnäytetyössä on ruotsalaisen Nymanbolagen AB:n vuonna 1959 valmistama Hermes Saxoped 1136 –mopedi. Hermes on Nymanin tehtaan perinteinen polkupyörämerkki, joka jäi pikkuhiljaa nykyään tunnetumman Crescent-nimen varjoon ja poistui käytöstä. Nymanbolagenin mopedejä tuotiin Suomeen ja myös kokoonpantiin täällä 1950-luvun lopun mopedikuumeen aikana lukuisilla eri nimillä, kuten Crescent ja Vesta (Ojanen 1996, 2). Markkinoinnissa korostettiin aina tuotteiden olevan Uppsalassa valmistettuja ja ruotsalaista laatutyötä (Hemmi 1959, 152–153, 173–174, 176). Moottorin tehon kasvettua loppuvuodesta 1959 1,25 hv:sta 1,5:een Saxoped 1136 malli oli tyyppikatsastettava uudelleen, ja suuremmalla koneella 1136-mallin Hermeksiä toivat maahan Jalonen Oy ja Veljekset Mattson (Ojanen 1996, 15.), joista jompikumpi siis lienee Hermeksen maahantuojia.

Muotoilija Björn Karlströmin ja teknikko Anders Nylanderin suunnittelemissa mopedissa (Nymanbolagen 1959, 3) on putkirunko ja virtaviivaiseksi muotoiltu ohjaustangon kotelointi. Moottorin koteloinnissa on amerikkalaishenkiset porthole-aukot, jotka olivat tyyppillisiä aikakauden mopoille (Hemmi 1959, 143, 162) ja nuorisopolkupyörille. Hermeksessä on piirteitä myös Nymanin Saxoped Sport 1139 –nuorisomopedimallista, jonka rungosta puuttuu kantokahva. Varsinkin loppuvuodesta 1959 valmistettiin ilmeisesti ylijäämäosista paljon Saxopedejä, joiden tarkka mallinmääritys voi olla hankalaa (Raketsport 2013). Mopedin runko, takaosan kotelointi, ohjaustangon alakotelo, etukotelo ja vanteet on maalattu vaalean värisiksi. Tankki, lokasuojat, ohjaustangon yläkotelo sekä moottori- ja ketjukotelot ovat kylmän metallinhohtopunaisia. Vasemman puolen ketjukotelot puuttuvat.

Tutkielman Hermes on yksi kolmesta suunnilleen saman ikäisestä ja värisestä Nymanbolagen AB:n Saxoped 1136 -mopedista, jotka veteraanimopoharrastaja Kalevi Heikkinen Lahdesta on luovuttanut Metropolia Ammattikorkeakoulun konservoinnin koulutusohjelman esinekonservoinnin opintosuuntauksen mopokonservointihankkeen

tutkimus- ja esimerkkimateriaaliksi. Hanke käynnistyi syksyllä 2011, ja sen tarkoitus oli tutkia konservointimenetelmien sovellettavuutta liikennekäyttöön tulevaan ajoneuvoon.

Hermeksen käyttöhistoria ei ole tiedossa. Sen kunto on kohtalaisen huono, ja puuttuvien osien joukossa on myös moottori. Se ei siis ole kovin ilmeinen valinta konservoitavaksi ajoneuvoksi. Tämän tutkielman esimerkiksi mopedi kuitenkin soveltuu hyvin, koska sen maalausjärjestelmistä on löydettävissä kattava valikoima erilaisia muutoksia, joiden joukossa tyypilliset käytön aiheuttamat kulumajäljet. Lisäksi kaksivärisen mopedin vaalean ja metallinhohtopunaisen maalausjärjestelmän tutkiminen antaa monipuolisen, vaikkakaan ei kattavan, kuvan 1950-luvulla käytetyistä ajoneuvojen pintakäsittelymateriaaleista ja -tekniikoista. Paino tutkielmassa on esinetyypin yleisissä vanhenemisominaisuuksissa, joilla on tärkeä merkitys konservointisuunnitelman laatimisessa.

Dokumentointivalokuvat mopedin molemmilta kyljiltä (Kuvat 1 ja 2) on otettu Metropolia Ammattikorkeakoulun valokuvausstudioissa syksyllä 2011 Canon EOS 600D -järjestelmäkameralla.

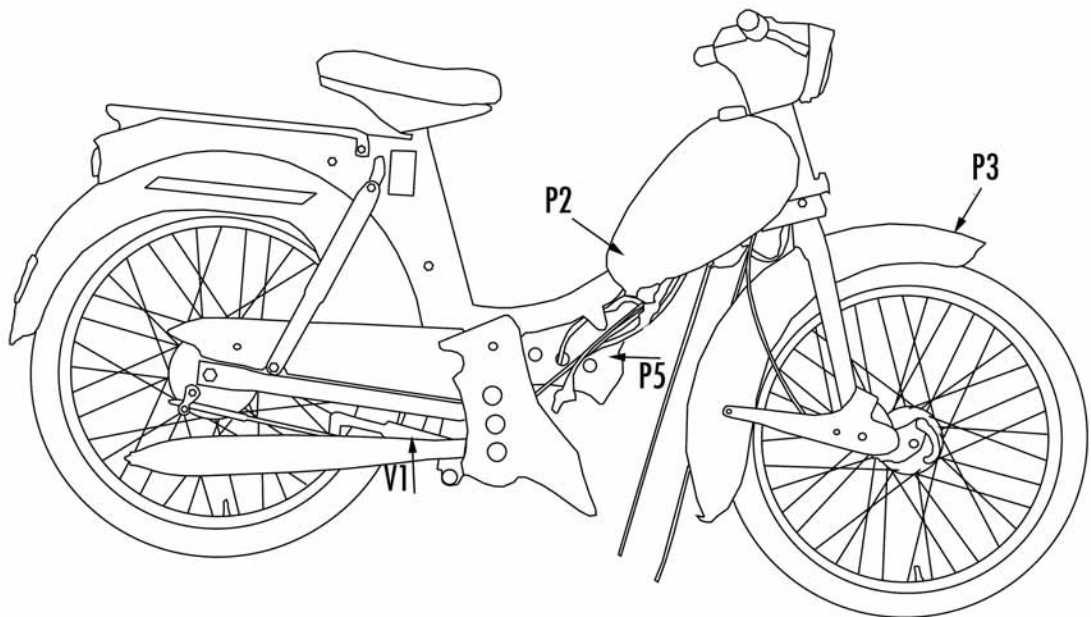


Kuva 1. Hermes Saxoped 1136 vm. 1959 oikealta puolelta kuvattuna.

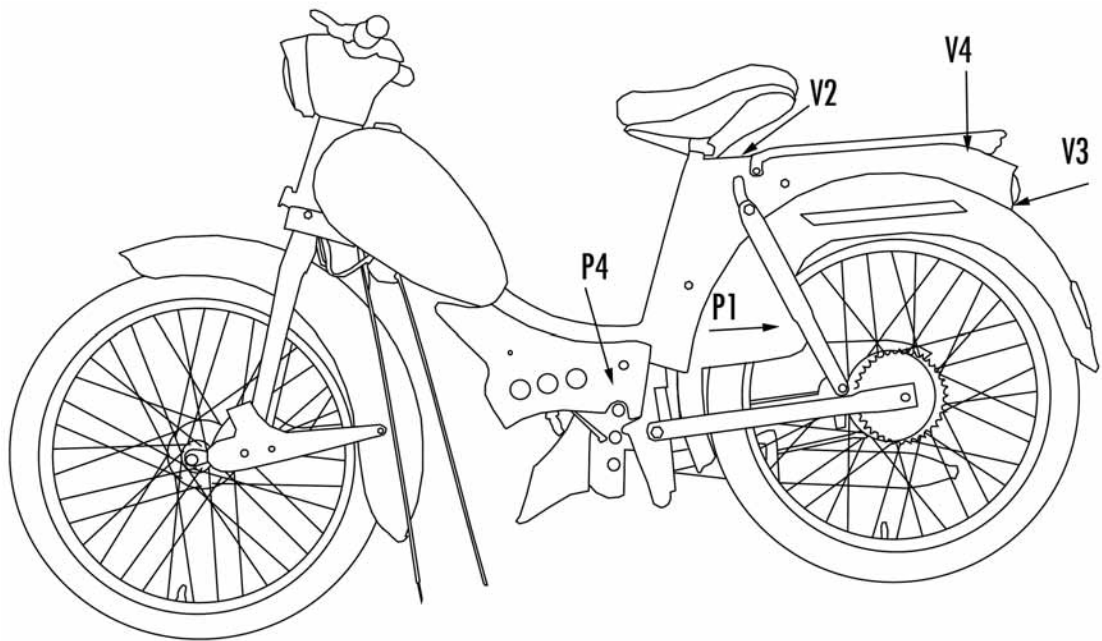


Kuva 2. Hermes Saxoped 1136 vm. 1959 vasemmalta puolelta kuvattuna.

Hermeksen eri osien maalausjärjestelmien selvittämiseksi sen pinnoilta otettiin maalinäytteitä (Kuvat 3 ja 4), jotka valettiin polyesterihartsin kalvojen poikkileikkausten tutkimiseksi (Kuvat 5–13). Näytteitä otettiin vain sellaisista kohdista, joissa kalvo oli irronnut pohjamateriaalista. Poikkileikkaukset valokuvattiin Leica DMLS valomikroskooppiin kytketyllä Leica DFC 420 kameralla 200 kertaisella suurennoksella.

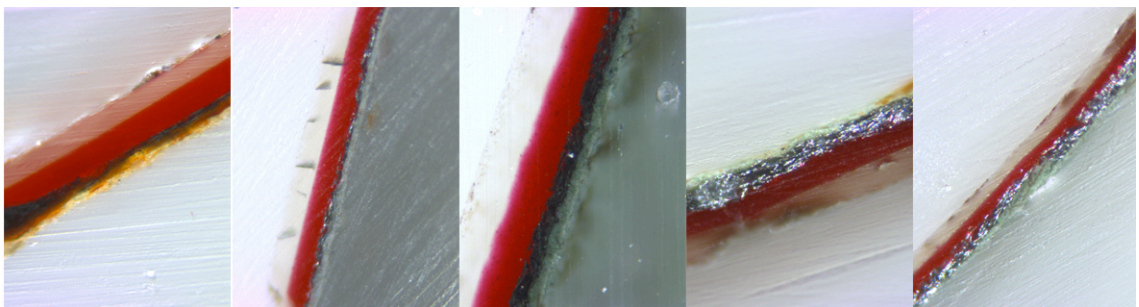


Kuva 3. Poikkileikkausnäytteiden paikat mopedin oikealla puolella



Kuva 4. Poikkileikkausnäytteiden paikat mopedin vasemmalla puolella

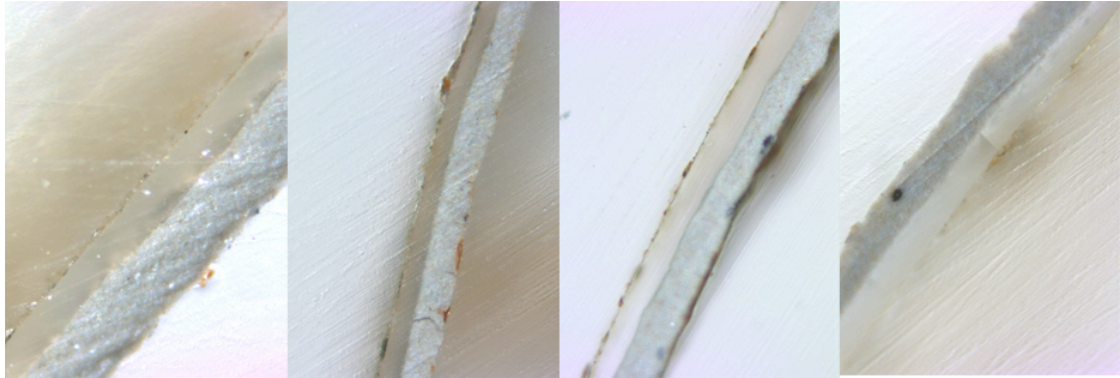
Punaisten kalvonäytteiden poikkileikkauksista (P1–P5) käy ilmi, että punaisten alueiden maalausjärjestelmä koostuu irronneessa osassa pääsääntöisesti vihreästä ohuesta pohjamaalikerroksesta, metallilastukerroksesta, punaisesta kuultolakasta ja kirkaslakasta (Kuvat 5 ja 7–9). Tankista otetussa näytteessä pohjamaalikerros on harmaa, mutta muuten pintakalvon kerrokset ovat samanlaisia kuin muissa näytteissä (Kuva 6).



Kuvat 5.–9. Punaisten kalvonäytteiden poikkileikkaukset. Näytteet vasemmalta oikealle P1–P5.

Vaaleiden alueiden kaikissa poikkileikkauksissa (V1–V4) näkyy pigmentoitu vaalea kerros, jossa on paikoin tummia pigmenttipartikkeleita. Päällä on kirkaslakka. Erillistä

pohjamaalikerrosta ei näytteissä ole. (Kuvat 10–13.) Vaalean kalvon kerroksia osissa, joista ei saatu hyvän adheesio vuoksi näytteitä tutkitaan tarkemmin luvussa 5.1.



Kuvat 10.–13. Vaaleiden kalvonäytteiden poikkileikkauskuvat. Näytteet vasemmalta oikealle V1–V4.

4 Ajoneuvojen pintakäsittelyn kehitysaskelia 1900–1960

Maaliteollisuus kehittyi nykyisen kaltaiseksi moderniksi erikoisalakseen 1900-luvulla (Biethan, Uwe 1993, 2). Vuosisadan alkupuolella siirryttiin maalarien itse salaisten kokemuspohjaisten reseptiensä pohjalta sekoittamista maaleista teollisesti valmistettuihin, tutkittuihin ja tasalaatuisiin tuotteisiin, joita tarvittiin suojaamaan teollistuneen yhteiskunnan tuottamia rakenteita ja esineitä. Luonnonraaka-aineista siirryttiin yhä enemmän synteettisesti valmistettuihin polymeerimateriaaleihin. (Standeven 2011, 11.) II maailmansodan jälkeen maaliteollisuus tieteellistyi, ja tutkimuksen tulokset alkoivat näkyä yhä suurempina edistysaskelina pinnoitustekniikassa varsinkin 1960-luvun alusta lähtien (Biethan, Uwe 1993, 2). Usein parempien maalituotteiden kehitystä ajoivat kasvavan ajoneuvoteollisuuden tarpeet. Vielä 1950-luvulla ajoneuvomaalien kehitystä ohjasi pyrkimys kohti laadultaan parempia pinnoitteita, eikä ympäristökysymyksiä, jotka myöhemmin alkoivat ohjata pintakäsittelyalan tuotekehittelyä, vielä pidetty merkittävänä (Wypych & Lee 1999, 293).

Moderni korroosionestomaalausjärjestelmä koostuu yleensä useasta kerroksesta. Esikäsittelyillä, pohjamaaleilla, välimaaleilla ja pintamaaleilla on kaikilla oma suojaava tai ulkonäöllinen tarkoituksensa. Joissakin tapauksissa yksikin maalikalvo saattaa muodostaa riittävän hyvän suojan korroosiota ja mekaanista rasitusta vastaan. (Tunturi

1988, 685.) Ajoneuvomaalien historiallinen kehitys 1960-luvun alkuun esitetään usein yksinkertaistettuna jatkumona öljylakkaväreistä selluloosanitraatin kautta alkydi- ja akryylimaaleihin, mutta todellisuudessa kehityskulku oli monimutkaisempi, kun uusia sideaineita, modifiointitapoja ja menetelmiä kehitettiin ja entisiä parannettiin pitkin vuosisadan alkua. Korroosionestomenetelmien kehitys toi siihen oman lisänsä. Täytyy myös muistaa, että ajoneuvossa – oli se sitten auto tai polkupyörä – on monenlaisia maalattuja osia, joissa maalausjärjestelmäkin voi olla erilainen.

Ajoneuvomaalien kirjoitetussa historiassa autot ovat pääosassa. Kaksipyöräisten ajoneuvojen pintakäsittelystä on huomattavasti vaikeampi löytää suoraa tietoa. Voitaneen kuitenkin olettaa, että sideaineiden kehitys on ollut pitkälti saman kaltaista. 1950-luvun mopedit olivat alun perin moottoroituja polkupyöriä, jotka vuosikymmenen lopun lähestyessä saivat ympärilleen enemmän peltikoteloita. Sellaisinkin mopedit koottiin valmiiksi maalatuista pienehköistä osista, joten teknisesti niiden pintakäsittely on ollut erilaista kuin kokonaisten autonkorien, vaikka materiaalit olisivatkin olleet samoja. Esimerkiksi osien maalaus upottamalla lienee yleistynyt tällaisten pienehköjen massatuotteiden valmistuksessa ennen autoja (Kuva 1988, 138). Vuonna 1959 julkaistussa Jaakko Hemmin *Mopedi*-kirjassa maahantuojat ja valmistajat esittelevät tuotteidensa teknisiä ominaisuuksia. Helkaman Hopeasiipi de Luxen rungon kerrotaan olevan hiekkapuhallettu, pohjamaalattu ja polttolakattu (145). Länsi-saksalaisen Pantherwerke AG:n Jaguar Bobby 5”-ssa mainitaan olevan kolminkertainen ruostumista ehkäisevä lakeeraus (148). SOK:n maahantuomien myöskin saksalaisvalmisteisten Jupiter-mopedien maalaus on vain loistelias (151). Nymanbolagenin tuotteiden pintakäsittelyä ei Hemmin kirjassessa tarkemmin esitellä, mutta mopedien kehutaan olevan sorapäällysteisiä ja suolattuja teitä varten rakennettuja (153).

4.1 Sideaineiden kehitys

Ajoneuvojen maaleissa käytettyjen sideaineiden historiallinen kehitys noudattaa pitkälti maalialan yleistä kehitystä. 1900-luvun alussa käytettiin hitaasti kemiallisesti kuivuvia öljylakkamaaleja. (Ålen 1981, 600.) Maalustyö oli hidasta ja käsityövaltaista, kun maalia levitettiin siveltimellä (Aktiebolaget Nymans Verkstäder Uppsala, Ruotsi 1927) useita ohuita kerroksia, joiden piti kuivaa välihiontaa varten, ja lopuksi pinta piti vielä kiillottaa (Strömmer 1935, 319–320). Öljylakkojen sideaineena oli kuivuva öljy, johon

lisättiin erilaisia hartseja, kuten kopaaleja ja fenoliformaldehydiä, joilla saatiin kova ja kiiltävä pinta (Stigell 1948, 383). Fenoliformaldehydiä, joka oli ensimmäisiä merkittäviä synteettisiä polymeerimateriaaleja, alettiin käyttää maaleissa 1920-luvun alussa. (Plath 1993, 84).

1920-luvun puolivälissä fysikaalisesti kuivuvat selluloosanitraattimaalit valtasivat Yhdysvalloissa nopeasti tärkeimmän ajoneuvomaalityypin paikan perinteisiltä öljylakoilta (Standeven 2011, 72). Ensimmäisen maailmansodan jälkeen teollisuuden käytössä oli paljon nitroselluloosaa, jota butyyliasetaattiin liuottamalla alettiin valmistaa kuiva-ainepitoisuudeltaan jo aiemmin käytössä olleita nitrolakkasovelluksia korkeampia selluloosanitraattimaalituotteita. Kertalevityksellä saatiin aikaan suurempi kalvonpaksuus, mikä nopeutti maalausprosessia, joka oli ollut teollisen massatuotannon pullonkaula. Selluloosanitraattituotteet kuivuvat nopeasti, joten niiden yleistymisen myötä ajoneuvon maalaukseen kuluva aika lyheni huomattavasti, vaikka valmis maalipinta vaatikin edelleen kiillotusta. (Tikkurila 2012.) Samoihin aikoihin teollisuudessa otettiin käyttöön myös ruiskumaalaus, mikä nopeutti maalausprosessia entisestään (Alén 1981, 600). Ruotsalaisissa maalitehtaissa selluloosapohjaisten maalituotteiden valmistus alkoi 1930-luvulla, ja kasvavasta autoteollisuudesta tuli niille nopeasti tärkeä asiakas (Bivegård & Vikström 2008, 14). Nitrattu selluloosa, jonka molekyylikokoa oli pienennetty painekeitämällä, toimitettiin valmiina tahnana maalitehtaalte, jossa siihen lisättiin pehmennysaineita, hartseja, pigmenttejä ja liuotinta (Bivegård & Vikström 2008, 36). Hartseja tarvittiin vähentämään kalvon kovuutta, lisäämään kiiltoa, helpottamaan levitystä ja parantamaan maalin adheesiota metalliin. Aluksi käytettiin luonnonhartseja, kuten dammaria, mutta pitkin vuosisadan alkua tehty synteettisten hartsien kehitystyö kantoi hedelmää, ja ensimmäiset alkydihartsit alkoivat syrjäyttää 20-luvun puolivälissä perinteisiä vaihtoehtoja selluloosanitraattimaalien modifiointiaineina ylivoimaisilla ominaisuuksillaan. (Standeven 2011, 72.) Selluloosanitraattia ja alkydihartsia sisältävillä yhdistelmämaaleilla oli pitkään suuri merkitys ajoneuvojen korjausmaalauksessa (Alén 1981, 600).

Alkydihartseja valmistetaan keittämällä polyolista eli moniarvoisesta alkoholista, moniarvoisesta haposta tai happoanhydridistä ja alkydin valmistukseen soveltuvasta öljystä tai rasvahaposta. Aineiden keskinäistä suhdetta ja laatua vaihtelemalla voidaan valmistaa ominaisuuksiltaan erilaisia alkydeja. Öljypitoisuuden ollessa matala,

kutsutaan alkydihartseja lyhytöljyisiksi. Runsasöljyiset laadut sen sijaan ovat pitkäöljyisiä. Lyhytöljyiset alkydit soveltuvat uunikuivattaviin teollisuusmaaleihin, pitkäöljyiset ilmakeivuvat alkydit lisäksi kuluttajatuotteisiin. (Kallioinen; Sarvimäki; Takala & Ådahl, 20–22.) Alkydimaalien pinta jää niiden kuivuessa kiiltäväksi, joten niitä ei tarvitse erikseen kiillottaa. Ensimmäiset alkydimaalit toi markkinoille DuPont 1920-luvun puolivälissä. Ne olivat selluloosanitraattimaalien alle tarkoitettuja pohjamaaleja, joiden oli tarkoitus korvata aiemmin käytetyt hitaasti kuivuvat öljypohjat. Uuden öljyä nopeammin kemiallisesti kuivuvan synteettisen sideaineen käyttöä myös pintamaaleissa tutkittiin ja kehitettiin pitkin vuosikymmenen loppua, mutta markkinoille lanseeratut tuotteet eivät lyöneet itseään läpi ratkaisemattomien laatuongelmien ja kalliin hinnan vuoksi. 1930-luvun alussa alkydimaaleja alkoi Amerikassa olla kaupan autojen uusintamaalauksia varten. II maailmansodan aikana synteettisiä maalituotteita ei juurikaan ollut siviilikäytössä. (Standeven 2011, 73, 76.)

Ensimmäisinä vuosikymmeninä alkydit kehittyivät 30-luvun alun avonaisessa astiassa keitetyistä, tummista ja kemiallisesti vaihtelevan laatuista hartseista 50-luvun suljetussa astiassa liuottimen kanssa kontrolloidusti prosessoiduiksi tuotteiksi, joiden väri oli huomattavasti parempi (Standeven 2011, 70). Aluksi alkydit valmistettiin glyserolista, ftaalihaposta tai sen anhydridistä ja pellavaöljystä keittämällä. Pellavaöljyllä on kuitenkin taipumus tummua vanhetessaan, minkä vuoksi se ei sovellu hyvin käytettäväksi vaaleiden maalien sideaineessa. II maailmansodan jälkeen vaaleammat öljyalaadut, kuten soijaöljy, yleistyivät alkydimaaleissa. (Standeven 2011, 71) 1940-luvun lopulla hartsin valmistuksessa alettiin käyttää alkoholina glyserolin sijaan entistä useammin pentaerytritolia, jolla kalvosta saatiin kimmoisampi, kiiltävämpi ja paremmin vettä ja emäksiä kestävä. Uusi alkoholi edellytti rasvahappojen käyttämistä öljyjen sijaan. (Standeven 2011, 78–79.) Myös J. Järvelä mainitsee *Maalarin aine- ja ammattiopissaan* (1956, 126–127) pentaerytritolin glyserolin rinnalla, ja toteaa käyttöön vakiintuneen ftalaattialkydien ohella jo useita muitakin tekohartsilaatuja, joilla maaleihin saadaan kemiallista kestävyyttä, kellastumattomuutta ja kovettumista saadaan nopeutettua. Alkydihartsien modifiointiin on niiden historian aikana käytetty monenlaisia polymeerejä, joilla kalvon sideaineelle saadaan kulloinkin tarvittavia hyviä ominaisuuksia. Modifioimattomien alkydien kemiallinen kesto on rajoitettu, ja niillä on taipumus kovettua ja liituuntua vanhetessaan. Alkydit ovat olleet yleistymisestäään lähtien maaleollisuuden käytetyimpiä perusraaka-aineita, joista

maalitehtaat ovat valmistaneet teollisuudelle tuotteita myös räätälintyönä. (Kallioinen ym 1993, 127, 130.)

Ajoneuvojen pintakäsittelyn kannalta merkittävä uudistus oli, kun teollisia polttoalkydimaaleja alettiin kovettaa aminohartseilla, joilla kalvosta saatiin kova ja paremmin kemikaaleja ja liuottimia kestävä. Ureaformaldehydi otettiin käyttöön 1920-luvun lopulla ja melamiiniformaldehydi 1935. (Blank & Calbo 1993, 79.) Standevenin (2011, 82) mukaan ureaformaldehydikovetteisia alkydeja käytettiin yleisesti autojen maalaukseen jo ennen II maailmansotaa, mutta kunnolla aminokovetteiset sideaineet yleistyivät 1950-luvun alussa (Stoye & Freitag 1996, 116). Butanoliin liuotettu melamiiniformaldehydi- tai ureaformaldehydihartsi sekoitettiin ksyleeniin liuotettuun lyhytöljyiseen alkydiin. Poltettaessa 120° kuumailma- tai säteilyuunissa aminohartsit ristosilloittuivat alkydin kanssa kondensaatioreaktiossa. (Eriksson 1966, 555–556; Kallioinen, Sarvimäki, Takala & Ådahl 1992, 22–23.) Melamiiniformaldehydihartseilla modifioidut maalit soveltuvat paremmin ulkokäyttöön kuin herkemmin hydrolysoituvat ja huonommin UV-säteilyä kestävät ureaformaldehydituotteet. Aminokovetteisia alkydeja on käytetty sekä pinta- että pohjamaaleissa, joista jälkimmäisissä jo varhain myös vesiohenteisina – ruotsalaisissa autoissa (Eriksson 1966, 555, 562).

Myösilmakuivuviin ajoneuvoalkydeihin on lisätty muita synteettisiä hartseja kovuutta ja kuivumisnopeutta lisäämään. Erkki Eriksson mainitsee esimerkkinä selluloosanitraatin lisäksi kloorikautsun, jota käytettiin myös pohjamaaleissa. (1966, 553, 559.) Kloorikautsuyhdistelmämaalien ominaisuudet määrää pääasiallinen sideaine. Kloorikautsulla saadaan parannettua maalikalvon kuivumisaikaa, vedenkestoa ja kemiallista kestävyttä. Tyypillisesti sitä on yhdistelmässä noin 10–50 %. Alkydikloorikautsuyhdistelmiä on käytetty teräsrakenteiden korroosionestoon teollisuuslaitoksissa ja meri-ilmastossa sekä teollisuusmaaleissa mm. maatalouskoneissa. (Hoehne 1993, 22–23.) Myös polyvinyylidikloridia on käytetty korroosionestoalkydyhdistelmissä (Küchenmeister 1993, 43).

Ruotsissa alkydisideaineet tulivat käyttöön 1930-luvun lopulla. Toisen maailmansodan jälkeen sodasta syrjässä pysyneen maan maaliteollisuuden kehitys kiihtyi nopeasti ja taloudellisen kasvun vallitessa tehtaiden omissa laboratorioissa kehitettiin ja tutkittiin tuotteita vahvasti insinööritieteisiin ja kemiantekniikan osaamiseen nojaten. (Bivegård

& Vikström 2008, 14.) 1950-luvun puolivälin jälkeen alkydimaalien merkitys kasvoi erityisesti ajoneuvoteollisuudessa aikaa vievien selluloosatuotteiden kustannuksella. (Bivegård & Vikström 2008, 16.) Alkydituotteita valmisti 50-luvulla Ruotsissa mm. 30 km etelään Uppsalasta Märstassa sijainnut Arvid Lindgrens Färg- & Fernissfabriks AB, joka oli 1951 sulautettu osaksi suurta ja perinteikästä tukholmalaista Beckersin maalitehdasta (Bivegård & Vikström 2008, 24). "Färgen" valmisti mm. SYNT-EM-nimisiä synteettisiä emaleja, ja sen tuotteita käytti vaativa ruotsalainen ajoneuvoteollisuus. Märstalaisilla alkydeilla maalattiin SAABeja ja Volvoja. (Husby-Ärlinghundra Märsta hembygdsförening 2007.)

1950-luvulla Yhdysvalloissa yleistyivät fysikaalisesti kuivuvat akryylimaalit, joilla saatiin aikaan entistä kiiltävämpi ja säänkestävämpi sideainekalvo. Aluksi akryylien kuiva-ainepitoisuus oli pieni, joten ruiskutuskertoja tarvittiin useita. Melamiinin kanssa kemiallisesti kovettuvat akryylipolttomaalit yleistyivät seuraavalla vuosikymmenellä. (Alén 1981, 590.)

4.2 Värien kehitys tekniikan ja käytön ehdoilla

Ajoneuvojen käyttö asettaa pigmenteille korkeat vaatimukset. Värin täytyy kestää auringon säteilyä ja monenlaisia epäpuhtauksia muuttumatta. Polttomaalaus rajaa käytettävissä olevien pigmenttien valikoimaa, sillä käytettävät liuottimet ovat voimakkaampia kuin ilmakeivissä maaleissa ja voivat siksi vahingoittaa osaa orgaanisista pigmenteistä. Myös polttomaalauksen korkea lämpötila vaikuttaa pigmenttivalikoimaan. (Herbst & Hunger 1997, 155–156.)

Varhaiset öljylakat olivat taipuvaisia kellastumaan ja saattoivat sisältää tummasävyisiä hartseja, mikä rajasi niiden värivalikoiman tummiin sävyihin. Selluloosanitraattimaalien myötä ajoneuvojen värivalikoima kirkastui, koska sideaine itsessään on väritöntä. (Standeven 2011, 59.) Myös ensimmäisissä alkydimaaleissa kuivuvien öljyjen kellastuminen oli ongelma, kunnes II maailmansodan jälkeen vaaleiden öljyjen ja sideaineen valmistusmenetelmien kehityksen myötä alkydeista saatiin entistä kirkkaampia, ja vaaleatkin värit olivat niissä edukseen (Standeven 2011, 70). Selluloosanitraatti- ja alkydimaaleissa voidaan käyttää samoja pigmenttejä, mutta polttomaaleissa vaihtoehdot ovat rajatummalla (Eriksson 1966, 550, 552, 555).

Kun DuPont toi ensimmäiset valkoiset alkydipintamaalit markkinoille 1929, niiden pigmentointiin käytettiin aluksi litoponia, joka tummuu sisältämänsä sinkkisulfidin pelkistyessä metalliseksi sinkiksi auringonvalon vaikutuksesta. Jo saman vuoden aikana pigmentiksi vaihdettiin kuitenkin uutuusvalkoinen titaanidioksidi, jonka seassa oli pieni määrä litoponia tai sinkkioksidia. (Standeven 2011, 73.) Titaanivalkoinen on reagoimaton, hyvin peittokykyinen ja tärkeä valkoinen pigmentti, joka kehitettiin 1920-luvulla. Varhaisissa sovelluksissa titaanivalkoinen pigmentti oli taipuvainen liituumiseen¹ vanhetessaan, mutta valmistus- ja pintakäsittelytekniikan kehityksellä sen ominaisuuksia saatiin parannettua. Titaanidioksidia on valmistettu kahdella eri tavalla. Sulfaattimenetelmällä aikaansaatu pigmentti on joko rutiilia tai voimakkaasti liituvaa anataasia. Kloridimenetelmällä rutiilimalmista valmistettu pigmentti on puhtaampaa ja hienojakoisempaa rutiilia. (Kallioinen, ym. 1992, 64.)

1950-luvulla Amerikassa käyttöön otetut fysikaalisesti kuivuvat akryylisideaineet toivat erityisen hyvin esille vaaleat sävyt ja metallinhohtoeffektin (Alén 1981, 590). Autoissa kaksivärimaalaus oli yleistynyt vuosikymmenen alussa samalla kun erilaisten kromilistojen ja taitteiden avulla pyrittiin keventämään korin ulkonäköä (Sedgwick 1983, 108). Automuotoilusta ja -väriytyksestä vaikutteet siirtyivät myös keveämpiin ajoneuvoihin (Ojanen 1996, 9). Maalipinnan metallinhohtoeffekti voidaan saada aikaan useilla maalityypeillä ja maalausmenetelmillä. Kun metallihiukkaset ovat pintamaalin seassa, on ruiskutustekniikalla suuri merkitys lopputuloksen kannalta, ja tasaisen lopputuloksen saamiseksi tarvitaan korkeaa ammattitaitoa. (Alén 1981, 667–668.) Metallinhohtoinen kalvo voidaan maalata myös kaksikerrosmenetelmällä, jolloin metallipigmentit sisältävä perusmaali suihkutetaan ensin pohjamaalille, ja suojataan sitten läpikuultavalla lakkakerroksella. Menetelmästä on paljon erilaisia variaatioita, joissa sideaineet ja kuivumistapa vaihtelevat. Näin saatu pinta on kestävämpi ilmaston ja valon vaikutuksia sekä mekaanista kulutusta vastaan. (Alén 1981, 675–676.) Alumiinijauhetta on käytetty pigmenttinä jo 1800-luvulla, mutta kaupallista merkitystä sillä alkoi olla vasta 1920-luvulle tultaessa (Eastaugh, Walsh, Chaplin & Siddall 2004). Ajoneuvoihin metallihohtomaaleja alettiin käyttää 1920-luvun lopulta lähtien.

¹ Pinnan muuttuminen jauhemaiseksi pigmenttien irtautuessa kalvosta pintakerroksen rapautumisesta johtuen (Kallioinen ym. 1992, 117)

Kylmän punaisia kuultavia pigmenttejä on sekä orgaanisia että epäorgaanisia. DuPont toi vuonna 1958 markkinoille orgaaniset kinakridonipigmentit (mm. PV 19), joita käytetään vielä nykyäänkin hyvän valon, kuuman ja kemikaalien kestdnsa vuoksi ajoneuvomaaleissa (Quillen Lomax 2005, 23, 25). Ennen niitä tarjolla oli monenlaisia orgaanisia punaisia, joiden ominaisuudet vaihtelivat. Eriksson (1966, 550) väittää litolipunaista (PR 49) käytetyn automaaleissa, mutta nämä metalli-ioneilla liukenemattomiksi tehdyt atsopigmentit eivät kestä valoa, kuumaa ja kemikaaleja (Standeven 2008, 2–3). 1860-luvulla syntetisoitua alitsariinia tuskin on moderneissa ajoneuvomaaleissa käytetty sen heikon valonkeston vuoksi, mutta sen sävyä jäljittelevissä naftolipigmenteissa on kelpollisia vaihtoehtoja ollut jo ennen kinakridoneja. Järvelän mukaan epäorgaanista arseenipitoista kobolttiviolettiä on käytetty krappilakan asemesta kestdväenä, vaikkakin vähemmän peittävänä pigmenttinä maaleissa. Se kestää valoa ja kuumaa 200° C asti muuttamatta väriään, ei muuta väriään rikkivedyn vaikutuksesta ja sopii käytettäväksi öljypitoisissa sideaineissa. Sen pitäisi Järvelän mukaan kestää happoja ja lipeää muuttumatta. (1956, 85–86.)

4.3 Korroosio ja sen estäminen

Moottoriajoneuvojen korin osien, lokasuojien ja koteloiden yleisimmäksi materiaaliksi on vakiintunut kylmänä plastisesti muokattavissa oleva niukkaseosteinen teräsohutlevy, joka on altis korroosiolle suojaamattomana (Harjula 1981, 707). Polkupyörien rungoissa perusaineena voi olla myös runsaammin seostettu kromi-molybdeeniteräs (Nymanbolagen 1951), mutta tällaiset erikoisteräksetkin tarvitsevat suojakseen korroosionestomaalausjärjestelmän. Maalaamalla voidaan ehkäistä korroosion eteneminen estämällä korroosion anodinen tai katodinen osatapahtuma pohjamaalin ruosteenestopigmenteillä ja eristämällä metallin pinta elektrolyytinä toimivasta kosteudesta pintamaalikalvolla. Rautaa epäjalommat pigmentit, kuten sinkkipöly, antavat perusaineelle katodisen suojan. Anodisen suojan tarjoavia pigmenttejä ovat mm. lyijymönjä ja sinkkikromaatti. Ne estävät ruostumista saostamalla anodialueelle liukenemattomia yhdisteitä. (Kallioinen ym. 1993, 187.)

Pellavaöljypohjainen pinnan hyvin kostuttava lyijymönjämaali on perinteinen ja tehokas ruosteen estäjä, mutta 1950-luvun lopulla sen oli syrjäyttänyt teollisuuskäytössä sinkkikromaatti, jota pidettiin aikanaan täysin myrkyttömänä mutta yhtä tehokkaana

kuin lyijymönjää (Tolvanen 1960, 103–104). Sitten karsinogeeniseksi sisältämänsä kuusiarvoisen kromin vuoksi todettu sinkkikromaatti kehitettiin 1920-luvulla Fordin lentokonetuotantoa varten, ja II maailmansotaan mennessä se oli yleisessä käytössä alumiinisten lentokoneiden korroosionestossa (Kinlen, Osborne, Jahren, Kutscha & Sapper 2012, 242). Sinkkikromaatti on vihertävän keltaista, mutta maaleissa siihen on usein lisätty joko rautaoksidipunaista tai hiilimustaa, jolloin herkän pigmentin valonkesto paranee ja väri muuttuu joko punaruskeaksi tai vihreäksi. Yleensä sinkkikromaattia käytettiin alkydimaaleissa (Tolvanen 1960, 103), mutta II maailmansodan aikaan kehitettiin uutena pohjamaalityyppinä wash-primerit eli peittauspohjamaalit, joiden sideaine on polyvinyylibutyyraali (Poth 2008, 208). Wash-primerit sekoitetaan ennen käyttöä pigmentin ja sideaineen sisältävästä osasta ja fosforihappoa sisältävästä osasta. Ne muodostavat käsiteltävälle pinnalle fosfaattikerroksen ja ruosteenestopigmenttipitoisen sideainekalvon. (Tolvanen 1960, 93.) Koska valmis maali on käytettävä tietyn ajan sisällä, menetelmä ei ole kuitenkaan käytännöllinen jatkuvassa teollisessa tuotannossa.

1950-luvulla oli teollisuudessa jo pitkään ollut tavallista esikäsitellä kemiallisesti metallista perusainetta ennen maalausta. Metallin pinnalle voidaan muodostaa fosfaatti-, kromaatti- tai oksidikerroksia kylpyliuksissa maalin tartunnan parantamiseksi ja ruostumisen ehkäisemiseksi (Kallioinen ym. 1992, 198). Kerrokset pidentävät maalauksen kestoikää, estävät korroosion leviämistä maalikalvon alla ja antavat maalattavalle pinnalle tilapäisen suojauksen ennen maalausta (Tolvanen 1960, 91). 1900-luvun alussa kaupalliseen käyttöön tulleessa teräksen fosfatoinnissa puhdas teräspinta pinnoitetaan kylpyliuksessa hienokiteisellä liukenemattomalla fosfaattikerroksella (yleisimmin sinkki-, mangaani- tai rautafosfaatilla), joka saostuu metallin pintaan tiukasti (Selwyn 2004, 105). Fosfaattikerros lisää pinnan tartunta-alaa ja huokoisuutta, jolloin maali tarttuu siihen paremmin. Korroosiota fosfaattipinnoite hidastaa myös kasvattamalla pinnan sähköistä vastusta, jolloin sähkökemiallinen korrosio vähenee. (Yli-Pentti 1999, 98.) Fosfatointia käytetään erityisesti polttomaalauksen esikäsitelyä (Tunturi 1988, 691).

Myös sideaineella on suuri merkitys korroosionestossa. Epoksihartseja on käytetty ajoneuvomaaliyhdistelmissä 1950-luvun alkupuolelta, jolloin Shellin 40-luvun lopulla kehittämät rasvahapoilla modifioidut epoksiesteripohjamaalit löivät itsensä läpi

autoteollisuudessa. Liuotinliukoiset epoksiesterimaalit olivat vuosikymmenen ajan merkittävä korroosionestopohjamaalityyppi ajoneuvoissa. Ne levitettiin yleensä ruiskulla. Myös upotus oli mahdollista, vaikkakin epäkäytännöllistä kokonaisia autonkoreja käsiteltäessä. 1960-luvun alkupuolella epoksipohjamaalin sähkösaostus vesiliuoksesta alkoi syrjäyttää aiempia menetelmiä. (Dickerson 2002.)

Vuonna 1959 tieteellinen korroosiotutkimus oli Suomessa vielä lähtökuopissaan, ja mallia pyrittiin ottamaan länsinaapurista. Ruotsi oli tuohon aikaan yksi maailman moderneimmista maista, ja kuninkaallisen insinööritieteiden akatemian IVA:n korroosiota koskevat tutkimukset ja ohjeistukset ovat vuonna 1960 julkaistun professori M. H. Tikkasen päätoimittaman *Korroosio ja sen estäminen* -teoksen eniten käytettyjä lähteitä.

4.4 Nymanbolagen AB:n tuotteiden pintakäsittely 1950-luvulla

Nymanbolagen AB oli 1950-luvulla pohjois-Euroopan suurin polkupyörävalmistaja ja suuren teollisuusyrittäjäryppään lippulaiva. Uppsalassa teollisuuskortteli Noatuun kasvaneessa tehtaassa valmistettiin polkupyörien lisäksi muun muassa moottoripyöriä, skoottereita, mopedeja, ruohonleikkureita ja veneen perämoottoreita. (Duell 2003, 1.) 1958 perinteikäs yritys täytti 70 vuotta ja oli valmistanut 4 miljoonaa kulkuneuvoa. Se mainosti itseään äärimmäisen modernina ja laatuun panostavana teollisuuslaitoksena (Nymanbolagen AB 1958, 2). Nymanilla tehtiin 1950-luvulla kiivaasti kehitystyötä. Noatuun oli 1947 kohonnut uusi suuri tuotantorakennus. 1955 tehtaalle perustettiin oma kehitys- ja valvontalaboratorio, jossa mm. seurattiin pintakäsittelyliuosten koostumusta ja tehtiin materiaalitutkimusta. (Duell 2003, 2–3.)

Nymanin tuotteita markkinoitiin kautta 1950-luvun maalien ja värien moderniudella ja tyylikkyydellä. Viimeistään 1950-luvun alussa polkupyörien värivalikoimassa oli peittävien sävyjen lisäksi läpikuultavia vaihtoehtoja, joista ostaja sai maksaa vähän lisähintaa (Nymanbolagen 1951). 1950-luvun alkupuolelta puoliväliin markkinointimateriaalissa esiteltiin ylpeinä moderneja pintakäsittelytekniikoita, joiden työvaiheita on myös kuvailtu esitteissä yksityiskohtaisesti. Vuoden 1951 polkupyöräesitteessä maalausjärjestelmää kuvailaan uunissa kovetetuksi iskunkestäväksi lakkaukseksi fosfaattikäsitellyllä ja ruosteenestomaalatulla pohjalla

(Nymanbolagen AB 1951, 14). Kolme vuotta myöhemmin ”modernien värien toivepaletti” saatiin polkupyöriin fosfatoinnilla, hionnalla, ruosteensuojakäsittelyllä, pohjamaalauksella ja värikerroksella, jotka kuivattiin uunissa. Päälle lisättiin detaljit ja kirkaslakka elegantiksi iskunkestäväksi viimeistelyksi. (Nymanbolagen AB 1954.) Nymanin ensimmäiset mopedit ennen 1950-luvun puoliväliä olivat polkupyörän kaltaisia yksivärisiä ja niukasti koteloituja. Vuoden 1955 mopedi- ja skootterimalleissa alkoi olla harmaanvalkoisia runkoja ja koteloita yhdistettyinä polkupyöristä tuttuihin väreihin (Nymanbolagen AB 1955). Vuodesta 1954 yritys valmisti myös veneiden perämooottoreita (Duell 2003, 9), jotka vuosikymmenen lopulla maalattiin vaalealla maalilla myös vedenalaisilta osiltaan (Nymanbolagen AB 1959).

Vuoden 1957 esitteessään Nymanbolagen esittelee uuden maalauslinjastonsa, joka mullisti yrityksen pintakäsittelyn pitkälle viedyllä automatiikallaan. Sen myötä tuotteisiin saatiin tasaisempi ja kestävämpi pintakäsittely. Osat kulkivat ketjuihin ripustettuina puhdistus-, esikäsittely- ja maalausosastojen läpi. Ne puhdistettiin lipeällä, huuhdeltiin kuumalla ja kylmällä vedellä, fosfatoitiin, kuivattiin, pohjamaalattiin, jälleen kuivattiin ja lopuksi pintamaalattiin. (Nymanbolagen 1957, 20.) Uutta maalaamaa kehuttiin vielä seuraavanakin vuonna Ruotsin moderneimmaksi (Nymanbolagen AB, 1958). Hermes Saxoped 1136 –mopedeja 1,5 hv:n koneella maahantuonut Jalonen Oy kiinnitti Lahdessa kokoamiensa Nymanin mopediin tankkeihin jälleenmyyjästä riippuen eri tekstidekaalin (Heikkinen 2005, 121), mutta ei ole syytä olettaa, että osat olisivat tulleet Ruotsista maalaamattomina. Hyvin mahdollista sen sijaan on, että tankin päällimmäisen kirkaslakkakerroksen on ruiskuttanut suomalaisen maahantuojan työntekijä kokoonpanotiloissa.

5 Hermes Saxoped 1136 –mopedin maalausjärjestelmien kartoitus

Hermeksen purkamatta ja puhdistamatta näkyvät vaaleat ja punaiset maalatut osat käytiin systemaattisesti läpi havainnot kirjaten. Apuna kartoituksessa käytettiin Canon IXUS 220HS taskukameraa ja digitaalista Dino-lite pro –mikroskooppikameraa, jolla pintoja kuvattiin 20–230-kertaisella suurennoksella. Kuvailevassa tekstissä oikeaa ja vasenta käytetään kuljettajan näkökulmasta.

5.1 Vaaleat osat

Runko ja takakotelointi: Runkoputki on naarmuinen ja siinä on moottorikoteloiden ja käytön aiheuttamia laajoja kuluma-alueita, joissa on korroosiota (Kuva 14). Oikean moottorikotelon ja rungon välisen kumitiivisteiden kohdalla on runkoputken pintakäsittelyssä ruskea värjäntymä. Takakoteloinnin etuosa satulan alla on myös tasaisesti naarmuuntunut ja ruosteen värjäämä (Kuva 17). Satulan alapuolella on jäänteet tarrasta. Satulan alla maalia on irronnut varsinkin satulaputken kiinnitysmutterin ympäristöstä (Kuva 15) ja takakoteloinnin vaakapinnalta. Paikoin on harmaan metallisia alueita (Kuva 16). Satulan alla on myös raudan korroosiota laajalti. Takakoteloinnin maali on muuten suhteellisen hyvin säilynyt, mutta sitä on lohkeillut n. 10 mm:n leveydeltä työkalulokeron yläreunasta, missä lokeron kannen reuna on siihen koskenut. Rungossa ja takakoteloinnissa ei näy vihreää pohjamaalia.



Kuvat 14–17. Runkoputkea, satulanalus, rungon vaalean maalikalvon alta paljastunut metallinen pohja, takakoteloinnin korroosion värjäämää ja naarmuttunutta pintaa

Ohjaustangon alakotelointi: Kotelon maalipinta on parhaimmillaankin kauttaaltaan pienten halkeamien peitossa, ja siinä on pistemäistä korroosiota ja naarmuja, joiden kohdalla on korroosiota. Vasemmalla on muutamia laajempia ruostuneita kohtia (Kuva 18), mutta maalipinta ei ole irronnut perusaineesta kuin pieniltä osin. Mikroskooppikameralla voi nähdä alla olevan vihreän ohuen pohjamaalin.

Etukotelo: Etukotelon valkoinen maali on pääsääntöisesti ehjän näköinen, mutta etumerkin yläpuolella maali on laajalta alueelta hankautunut pois. Kohdissa, joissa valkoinen kalvo on rikkoutunut, näkee selvästi alla olevan punaista maalia (Kuva 19). Etukotelon ja tankin rajakohdasta näkee, että valkoinen maali on ruiskutettu punaisen päälle (Kuva 20). Kotelon sisäpuoli on punainen. Mikroskooppikuvissa näkyy

valkoisessa maalissa halkeamia, joiden reunat ovat koholla. Vihreää pohjamaalia ei näy.



Kuvat 18–20. Ohjaustangon alakotelon ja etukotelon vaurioita, punainen kalvo etukotelon vaalean pinnan alla, etukotelon ja tankin rajakohta

Etu- ja takahaarukka: Etuhaarukan valkoinen maalipinta on varsinkin etupuolella täynnä pistemäistä korroosiota ja monin paikoin ruoste on edennyt maalin alla (Kuva 21). Paikoitellen korroosio on edennyt melko pitkälle. Takapuolella, kiveniskuilta ja auringolta suojassa olleissa kohdissa, on vähän ehjää ja kiiltävää pintaa. Vaalean kerroksen alla näkyy vihreä pohjamaali (Kuva 23). Takahaarukan pinta on kauttaaltaan naarmuinen, tiheän halkeamaverkoston peittämä, korroosion värjäämä ja erittäin öljyinen ja likainen (Kuvat 23, 24). Varsinkin sen alapuolella maali on hyvin vähäistä ja heikosti kiinni ruostuneessa perusaineessa.



Kuvat 21–24. Etuhaarukka, takahaarukka, etuhaarukan pohjamaalin paljastava vaurio ja takahaarukan maalipinnan halkeamaverkosto

Rungon alaosan tekniset rakenteet: Rungossa olevien koteloinnin ja moottorin kiinnityspisteiden pulttinreikien ympäryksessä on kulunut maalittomaksi aluslevyjen kohdalta. Tekniikan kiinnitykseen tarkoitetut rakenteet rungossa alaosassa ovat menettäneet

valtaosan pintakäsittelystä ja ruostuneet pahoin ainakin pinnallisesti, erityisesti vasemmalla puolella. Oikealla puolella maalin alta on paljastunut metallinväristä pintaa, eikä korrosio ole edennyt yhtä pitkälle kuin vasemmalla. Pakoputken tuenta on laajasti ruostunut ja pintakäsittely irtonaista. Kaikki alaosan tekniset rakenteet ovat öljyisen lian peitossa. (Kuva 25.)

Vanteet: Takavanne on koko mopedin pölyisin osa. Vanteen valkoinen maali on täynnä korroosiopisteitä, mutta maali on tiukassa (Kuva 26.). Alta näkyy paikoitellen vihreä pohjamaali (Kuva 28.). Etuvanteen maali on paikoitellen kiiltävää (Kuva 27.), joskin mikroskooppi paljastaa tässäkin kalvossa halkeamaverkoston. Pieniä kolhuja ja korroosiopisteitä on tasaisesti ympäri vannetta.



Kuvat 25–28. Likaisen alaosan pitkälle edennyt korrosio, taka- ja etuvanne, takavanteen vihreä pohjamaali ja korroosiota

Hermeksen vaaleita osia tarkasteltaessa todettiin, että pintakerroksen yhteneväisestä väryksestä huolimatta vaaleilla alueilla on useita erilaisia maalausjärjestelmiä. Rungon ja takakoteloinnin alue muodostaa selvästi oman kokonaisuutensa, jossa selvää erillistä pohjamaalikerrosta ei ole. Paikoittain maalin alta näkyvä metallinen pinta vaikuttaa suihkupuhalletulta, mutta on mahdollista, että se on kemiallisesti esikäsitelty tai muuten pohjustettu. Etukoteloinnin maalausjärjestelmä poikkeaa myös selvästi muista, sillä pintakerros on levitetty punaisen maalausjärjestelmän päälle. Ohjaustangon alakotelossa, etuhaarukassa ja vanteissa on vihreä pohjamaali, mutta järjestelmät eivät välttämättä ole samanlaisia.

5.2 Punaiset osat

Etulokasuojat: Etulokasuojan maalausjärjestelmä on yleisilmeeltään kohtalaisen ehjä ja

maali hyvin kiinni alustassa. Suojassa on joitakin suurempia vaurioita, kulumakohtia ja kolhuja. Etuosassa on vaurio, jossa vihreä pohjamaali näkyy n. 50X25 mm:n kokoiselta alalta (Kuva 29). Sen ympärillä kalvo on liuskoittunut kehämäisesti (Kuva 30), mutta vaurion ulkopuolella kalvo on hyväkuntoinen ja kiinteä. Vaijerit ja sähkökaapelit ovat kuluttaneet maalia muutamasta kohdasta lokasuojan takaosassa. Niissä on tasainen tumma korroosiotuotekerros (Kuva 31). Suojan alaosa takana on maaliton ja korrodoitunut. Se on taipunut kaksinkerroin n. 10 mm:n matkalta. Reunoja kierteää n. 10 mm:n levyinen korroosiovyö, joka etenee lankamaisena maalin alla. Pinnassa on pieniä mekaanisia vaurioita, joista osassa näkyy vihreä pohjamaali, osassa on korroosiota maalittomassa kohdassa ja osassa paikallista aliruostumista vaurion ympärillä. Lokasuoja on pölyinen ja likainen. Takana on yksi isompi n. 100 mm pitkä likaraita (Kuva 32). Rapaisen sisäpuolen vaurioita ei käsitellä tässä työssä.



Kuvat 29–32. Etulokasuojan vaurio, kulumakohta ja likatahra

Takalokasuoja: Takalokasuoja on punaisista osista pahiten vaurioitunut. Sen reunojen korroosio on pidemmällä kuin edessä. Vasemmalla sen sivupellin etuosa on lommoutunut (Kuva 33). Oikealla puolella samassa kohdassa pelti on ruostunut puhki, kun rakokorroosio on edennyt suojan sisäpuolella olevan vahvikeprofiilin ja sivupellin välissä (Kuva 34). Oikea sivupelti on vääntynyt ulospäin, ja hionut loven viereisen ketjukotelon yläreunaan. Ketjukotelon yläreuna on nirhannut lokasuojan sivupeltiä takaiskunvaimentimen joustassa. Pellissä näkyy selvä horisontaalinen jälki. Takalokasuojan etuosassa korroosio on edennyt pitkälle, ja maali on paikoin kokonaan irronnut. Takana suojan alaosa on vääntynyt ja ruostunut etenkin roiskeläpän reikien ympärillä. Vakuutuskilven alapuolisista vaurioista ei ole tietoa. Takadekaalin Nymans-teksti on haalistunut miltei näkymättömäksi. Koko osa on likainen. Kaaren sisäosa on rapainen ja etuosa ketjun liepeillä on öljyisessä liassa. Lisäksi kaareissa on tummia

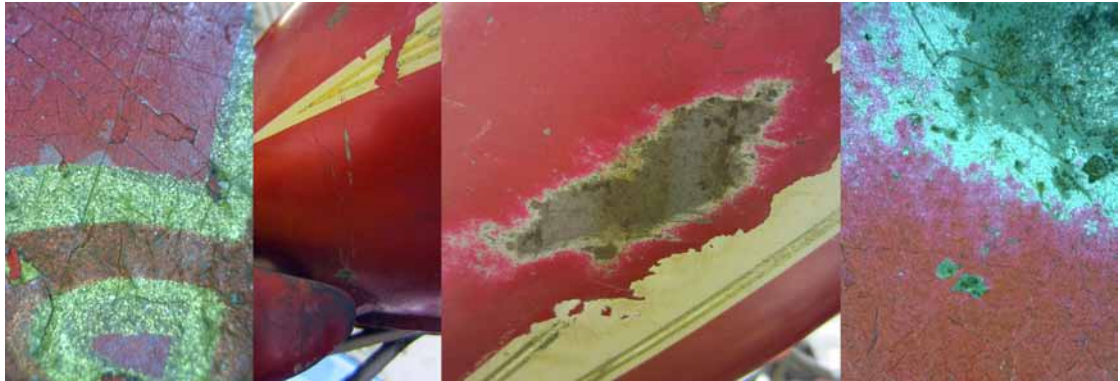
tahroja ja roiskeita. Laajoilta osin maali on kuitenkin kohtalaisen hyvässä kunnossa. Pohjamaali on vihreä.



Kuvat 33–34. Takalokasuojan vasemman sivupellin lommoutuma ja oikean sivupellin korroosio ja nirhauma

Tankki: Paljaalla silmällä on nähtävissä, että tankin maalausjärjestelmän pintakerros on vanhentunut eri tavalla kuin esimerkiksi lokasuojien. Päälimmäisenä oleva kirkaslakka, on halkeillut ja irronnut alla olevasta parempikuntoisesta kalvosta (Kuva 35). Lakka on verrattain samea. Tankin etuosassa on jonkin verran kiveniskuja ja myös pientä aliruostumista niiden ympärillä. Vasemmalla puolella tankin alaosassa on moottorikotelon reunan kuluttama viiru. Polttoainesäiliön suuaukon oikealla puolella maali on kolhiintunut, ja oikean moottorikotelon yläosa on raapaissut tankkia (Kuva 36). Nämä vauriot eivät ole alkaneet ruostua, vaan niissä näkyy tasaisen harmaa metallinen pinta. Oikealla on myös muutama pitkä, mutkitteleva naarmu päälimmäisessä lakkakerroksessa. Oikealla puolella tankissa on n. 25x50 mm kokoinen perusaineeseen ulottuva kuluma, jonka ympäriltä dekaaliakin on kulunut ja lohkeillut pois (Kuva 37). Kuluman reunoista on selvästi nähtävissä maalausjärjestelmän kerrokset: perusaine, harmaa metallinen kerros, harmaa pohjamaali, metallilastukerros, kylmän punainen kerros, jonka päällä oleva kirkaslakka saa näyttämään lämpimämmän väriseltä (Kuva 38). Tankin pohjamaali on eri kuin mopedin muissa osissa. Tankin alaja keskiosa, jonka runkoputki lävistää on öljyisen likainen. Muuten tankin pinnassa on tasainen yleislikakerros. Dekaalien valkoisia tyylieltyjä kuunsirpejä reunustaa n. 1,5 mm:n levyinen läpinäkyvä, mutta selvästi havaittava reunavyöhyke. Dekaalien reunan adheesio on pettänyt paikoin, mutta paljon pahemmin on alustastaan irronnut päälimmäinen, erillisten Hermes-dekaalien asennuksen jälkeen ruiskutettu lakka. Se on halkeillut, ja osittain irti dekaaleista ja alla olevasta, ilmeisen hyväkuntoisesta

pinnasta. Dekaalien Hermes-tekstit ovat paikoin pahoin vaurioituneet, mutta tässä tutkielmassa niiden kuntoon ja vaurioitumiskäyttäytymiseen ei ole mahdollisuutta paneutua.



Kuvat 35–38. Tankin Hermes-dekaalin päällä oleva kirkaslakka, moottorikotelon raapaisusta aiheutunut vaurio, tankin kuluma

Moottorikotelot: Moottorikoteloiden vauriot ovat pitkälti saman tapaisia kuin aiemmin käsitellyissä osissa. Pintakerrokset ovat kolhiintuneet paikoin, jolloin alta on paljastunut vihreä pohjamaali. Erityisesti pultinreikien ympäristössä on nirhaumia. Reikien ympäryks on kulunut aluslevyjen kohdalta (Kuva 39). Oikean kotelon yläosan särmä on kulunut enemmän kuin vasemman. Sisäpuolella maalausjärjestelmän pintakerros on ohuempi ja kylmemmän punainen. Sisäpuolelta otetussa mikroskooppikuvassa voi nähdä maalausjärjestelmän kerroksellisuuden (Kuva 40). Kumiivisteiden alla kalvon väri on muuttunut oranssiin suuntaan. Koteloissa on öljyistä likaa, erityisesti aukkojen renkaiden ympäristössä.



Kuvat 39–40. Oikean puoleinen moottorikotelo ja sen sisäpuolelta otettu mikroskooppikuva, jossa näkyy pohjamaalin päälle ruiskutettua metallimaalia, punaista kuultolakkaa ja pintalakkaa

Ketjukotelo: Vauriot ovat saman tapaisia kuin moottorikoteloissa, mutta varsinkin

takaosa on öljyisempi ja likaisempi. Maalausjärjestelmän vauriot ulottuvat useammin perusaineeseen asti, ja niissä on korroosiota. Kotelon yläosaan on hankautunut lovi kosketuksessa takalokasuojan sivupeltiin. Sisäpinnalla on korroosiota maalipinnan alla. Pohjamaali on vihreä.

Työkalulokeron kansi: Kannen yläosa on koholla olevista puristetuista jäykisteistään kulunut ja siinä on naarmuja (Kuva 41). Korrosio on kohtalaisen vähäistä. Varsinkin takaosassa on tahmeaa likaa. Sisäpuolella pintakerros on paikoin hilseillyt pois paljastaen vihreän pohjamaalin.

Ohjaustangon yläkotelo: Maalausjärjestelmässä on vihreän pohjamaalin tai tasaisen tummaksi korrodoituneen perusaineen paljastavia kolhuja erityisesti tuulisuojan kiinnitysholkkien ympärillä. Yläkotelon pintakerroksissa on kauttaaltaan siellä täällä pieniä pisteitä, joista näkyy vihreä pohjamaali (Kuva 42). Tällaista vauriotyyppiä ei muissa osissa ole.



Kuvat 41–42. Työkalulokeron kansi ja ohjaustangon yläkotelo

Punaisten osien maalausjärjestelmä vaikuttaa muuten yhteneväiseltä, mutta tankki poikkeaa pintalakkaukseltaan ja pohjamaaliltaan muista osista.

6 Maalausjärjestelmien analyttinen tutkimus

Moderni maalit koostuvat sideaineista, pigmenteistä ja monenlaisista apuaineista. Niiden koostumuksen määrittämiseksi tarvitaan sekä hyviä tietoja maalialan kemiasta että monenlaisia analyttisiä menetelmiä, joista nykyään yleisimmin käytetyt ovat

spektroskopisia ja kromatografisia. (Schernau & Hüser 1993, 3.) Polymeerien tunnistamista vaikeuttaa, että niistä useimpien ominaisuudet muuttuvat materiaalin vanhetessa. Myös seospolymeerit ja apuaineet, kuten pehmittimet, voivat johtaa harhaan. Analyyttisten tutkimusten tulosten tulkinta helpottuu, jos vaihtoehdot pystytään rajaamaan muutamaa todennäköisimpään. (Horie 2010, 58.). Erilaisten apuaineiden analysointi maalikalvoissa on vaikeaa, koska niiden määrä on yleensä hyvin pieni (Schernau & Hüser 1993, 238). Myös orgaanisia pigmenttejä on usein hyvin vähän niiden suuren värjäysvoiman vuoksi (Quillen Lomax 2005, 25).

Ajoneuvon alkuperäisen maalityypin tutkiminen on tärkeää myös vaurioiden korjauksen ja uusintamaalauksen yhteydessä automaalamoissa. Yksinkertaisilla kokeilla voidaan vähintään rajata vaihtoehtoja ja tutkia uusien materiaalien valinnan kannalta tärkeitä ominaisuuksia. Tauno Halonen (1996, 26) ehdottaa Automaalaus-oppikirjassaan seuraavanlaista kaksiosaista tunnistusmenetelmää:

1. Kostutetaan pyyhe nitroselluloosa ohentimella ja hangataan kevyesti vauriokohdasta. Jos maali liukenee ohenteen vaikutuksesta niin auto on maalattu termoplastisella akryyli- tai selluloosamaalilla.
2. Hiotaan vaurioituneelta alueelta hiomapaperilla. Jos hiomapaperiin tulee vaaleaa jauhetta, on se merkki siitä, että järjestelmän päällä on kirkaslakka.

Yksityishenkilön konservoidessa omaa ajoneuvoaan Halosen menetelmä, tai muu vastaava low-tech -koe, on realistinen ja pitkälle riittävä tapa saada tietoa säilytettävästä maalausjärjestelmästä. Tässä työssä hyödynnettiin kuitenkin Metropolia Ammattikorkeakoulun konservoinnin koulutusohjelman kemian laboratoriossa käytettävissä olevia analyttisiä tutkimusmenetelmiä, joilla pyrittiin saamaan tietoa Hermeksen maalausjärjestelmien kemiallisesta rakenteesta ja ominaisuuksista. Tavoitteena oli tutustua menetelmien mahdollisuuksiin ja rajoituksiin modernien maalien materiaalitutkimuksessa. Analyttinen tutkimus on myös tärkeä työkalu konservointiprosessin kartoitusvaiheessa tehtyjen havaintojen tulkintaan (Appelbaum 2007, 43).

6.1 Röntgenfluoresenssi

Röntgenfluoresenssianalyysilla voidaan tutkia erilaisten pintamateriaalien alkuainekoostumusta suoraan kohteesta sitä tuhoamatta. Kannettavan XRF-laitteen röntgenputkella kiihdytetään tutkittavan materiaalin atomien elektroneja fotoneilla, ja mitataan syntyvän fluoresenssin energia ja intensiteetti detektorilla. Laitteen näytöltä voidaan lukea näin havaittujen alkuaineiden laatu ja keskinäiset suhteet kohteessa. Metropolia Ammattikorkeakoulun Innov-X Alpha Series® EDXRF-laitteella voidaan tunnistaa fosforia raskaampia alkuaineita, joten se ei havaitse esimerkiksi alumiinia eikä tavanomaisia orgaanisten yhdisteiden rakennusaineita (H, C, N, O). Laitteen käyttöön liittyy muitakin rajoituksia, jotka täytyy huomioida tulosten tulkinnassa. Eri alkuaineiden detektorajat vaihtelevat. Jotkin alkuaineet laite voi havaita, jos niitä on materiaalissa 10 ppm (esim. Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo). Toisia puolestaan täytyy olla vähintään 1% (esim. P, S, Cl). Lisäksi jotkin alkuaineet häiritsevät toistensa havaitsemista. Tällaisia pareja ovat Cr-Mn, Mn-Fe, Fe-Co, Cu-Zn, Pb-As, Ba-Ti, Pb-S. (Knuutinen & Mannerheimo 2005.) Laitteella saatuihin mittaustuloksiin on siis suhtauduttava kriittisesti. Jotta voitaisiin olla täysin varmoja tulosten paikkansa pitävyydestä, täytyisi kaikkien mittaustulosten lukemien interferenssit ja etsittävien alkuaineiden detektorajat tarkistaa.

Hermes Saxoped 1136 -mopedin maalausjärjestelmiä tutkittaessa XRF-laite pidettiin soil-tilassa, jossa se havaitsee pieniä pitoisuuksia alkuaineita ja ilmoittaa tulokset pääsääntöisesti ppm-muodossa. Mittauksia tehtiin useista kohdista punaisesta ja vaaleasta kalvosta sekä vauriokohdista, joissa perusaineena oleva teräs tai esikäsittely on paljastunut maalin alta. Vihreän pohjamaalin alkuainepitoisuuksia mitattiin Hermeksen etulokasuojan vauriokohdasta sekä vertailun vuoksi irrallaan olevasta saman ikäisen Crescent Saxoped 1136:n etuhaarukan varresta, jossa on selvä raja paljaan pohjamaalin ja maalaamattoman pinnan välillä.

Taulukko 2. Hermeksen maalittomien vaurioiden XRF-mittausten tulokset (ppm tai %)

Alkuaine	1. Tankki	2. Takakotelo	3. Takakotelo + vaalea kalvo	4. Runkoputki	5. Etulokasuoja
Cl			46707		
K				16756	
Ca				10877	5610
Ti		7002	>10 %		
Cr			329	519	
Mn	2086	3372	996	5152	3376
Fe	>10%	>10 %	>10 %	>10 %	>10 %
Co			25194		
Cu				933	515
Zn				1282	524
Mo	159	166	103	201	152
I			27770		
Pb	1116	1356	326	932	950
Rb	155	162	39	122	121

Tankin oikean puolen suuren ruosteettoman kuluma-alueen mittaus (Taulukko 2.) osoittaa perusaineen odotetusti niukkaseosteiseksi teräkseksi. Mangaani on teräksen tavallisin seosaine, ja sitä on yleensä niukkahilissä teräksissä n 0,25–0,50 % (Enkvist 1981, 18). Satulan alapuolisen takakotelon metallisen vauriokohdan mittaukset 2. ja 3. osoittavat, miten pieni määrä vaaleaa kalvoa mittausalueella vaikuttaa kloorin, jodin ja titaanin määrään. Nämä alkuaineet ja koboltti käsitellään Taulukon 3. tulkinassa. Ruostuneissa vauriokohdissa 4. ja 5. havaittu kalsium voi liittyä hiekkateiden pölynsidontaan käytettyyn kalsiumkloridiin (Katso luku 7.1).

Taulukko 3. Vihreän pohjamaalin ja esikäsitellyn XRF-mittausten tulokset (ppm tai %)

Alkuaine	6. Hermeksen etulokasuojan vihreä pohjamaali	7. Crescent 1136, vm. 1959 etuhaarukan varren vihreä pohjamaali	8. Crescent 1136, vm. 1959 etuhaarukan varren maaliton pinta
S		> 10 %	
Ti	21685	65357	
Cr	7164	18726	1154
Mn	3425	7760	9135
Fe	> 10 %	> 10 %	> 10 %
Cu	989	11589	8530
Zn	14908	39514	9848
Mo	168	249	214
Sn		516	
Ba	2762	10779	
Pb	1104	795	962
Rb	147	117	142

Vihreän pohjamaalin ja maalittoman etuhaarukan pinnan mittaustuloksista (Taulukko 3.) huomataan, että pohjamaalissa on suurella todennäköisyydellä titaanidioksidia. Kromi ja sinkki voivat olla osittain peräisin ruosteenestopigmentti sinkkikromaatista. Myös maalittomassa pinnassa on sinkkiä, mikä voi kertoa sinkkifosfatoinnista, johon myös kupari voi joissain tapauksissa liittyä (Yli-Pentti 1999, 100). Jotta fosfaatti ylittäisi XRF-laitteen detektorajan, sitä pitäisi olla 10000 ppm, joten sen puuttuminen mittaustuloksista ei tarkoita, ettei sitä ole. Kromi, molybdeeni, lyijy ja rubidium tulevat kaikkiin mittaustuloksiin jo esikäsitteystä tai perusaineesta lähtien, ja niiden pitoisuudet ovat pieniä. Barium ja rikki voivat olla peräisin täytepigmentti bariumsulfaatista. Myös rikin detektoraja on 10000 ppm, joten sitä voi olla Hermeksen lokasuojan pohjamaalissa, vaikkei se mittauksessa näy. Kalvo on hyvin ohut ja ilman pintamaalia herkkä pohjamaali on saattanut olla sään armoilla pitkään.

Taulukko 4. Hermeksen punaisten pintojen XRF-mittausten tulokset (ppm tai %)

Alkuaine	9. Tankki	10. Etulokasuoja	11. Moottorin kotelo	12. Työkalulokeron kansi	13. Ohjaus-tangon kotelo
S		>10 %	>10 %		
Ti	> 10 %	48483	50540	55350	35242
Cr		16762	17792	18531	9254
Mn	4550	5059	5278	4707	3537
Fe	> 10 %	> 10 %	> 10 %	> 10 %	> 10 %
Co	10427			17985	
Cu		579			1059
Zn	1207	35483	41071	40633	19612
Sr		67	68	123	
Mo	120	92	71	94	79
Ba		10993	11759	12964	6271
Pb	894	592	719	667	968
Rb	104	80	71	74	65

Taulukosta 4. huomataan, että punaisten kohtien alkuaineet ovat pääsääntöisesti tuttuja pohjamaalikerroksesta. Koboltti näkyy osassa pintakerroksia, ja se voi olla peräisin kuivumista katalysoivasta kobolttisuolasta (Kallioinen ym. 73). Se saattaa kuitenkin olla yhteydessä myös raudan detektioon. Punaisen kalvon alla on metallilastukerros, joka todennäköisesti on alumiinia, jota menetelmä ei havaitse. Mielenkiintoisinta pintakerrosten mittauksissa on, ettei tankissa havaita ollenkaan kromia, bariumia ja rikkiä, ja sinkkiäkin on hyvin vähän verrattuna muihin punaisiin osiin. Poikkileikkausnäytteistä ja mikroskooppikamerakuvista on jo aiemmin todettu tankissa olevan harmaa, erilainen pohjamaali kuin muissa punaisissa osissa.

Taulukko 5. Hermeksen vaaleiden pintojen XRF-mittausten tulokset (ppm tai %)

Alkuaine	14. Takakotelo	15. Runkoputki	16. Ohjau- tangon kotelo	17. Etuvanne	18. Etuhaarukka
Cl	52451	73211			58889
Ti	>10%	>10%	>10 %	>10%	>10%
Cr		316	7336	3556	4439
Mn	1036	2132	1263	1436	1060
Fe	>10%	>10 %	>10 %	>10 %	>10 %
Co	28341	24281	23643	26568	29372
Cu	293	627	605	617	4099
Zn			30051	21197	22518
Mo	50	77	107	87	87
I	27785	38734	16462	21936	19091
Ba					3837
Pb	168	313	484	285	
Rb		32	66	52	60

Vaaleilla alueilla on jo aiemmin todettu olevan useita erilaisia maalausjärjestelmiä. Takakoteloinnin ja runkoputken alueella ei ole vihreää pohjamaalia, minkä XRF vahvistaa (Taulukko 5). Muissa vaaleissa osissa sinkkiä ja kromia odotetusti on. On selvää, että valkoisessa kalvossa on titaanivalkoista pigmenttiä, mutta halogeenien lähde on epäselvä. Kloorattuja polymeerejä (kuten pvc tai kloorikautsu) on käytetty korroosionestomaaleissa. Tiesuolaa (NaCl tai CaCl) voi pinnoilla olla, mutta on epäselvää, voisiko se nostaa pitoisuudet näin korkeiksi ja ylittää laitteen detektorajan vain valkoisen kalvon pinnalla. Kumpikaan vaihtoehto ei selitä jodia, jota laite havaitsee poikkeuksetta vain vaaleilla pinnoilla. Opinnäytetyötä varten tutkituissa lähteissä ei mainita jodia pintakäsittelymateriaaleissa. Opinnäytetyön yhteydessä mitattiin referenssiksi myös vuoden 1957 hiekan värisen Simson-mopedin maalinäytteiden alkuaineita, joissa jodia myös havaittiin. Tiedossa on, että Simsonia on säilytetty merenrannalla, mutta meri-ilmaston vaikutus tuntuu epätodennäköiseltä selitykseltä jodilukemille. Mittaustuloksissa voi olla myös laitteen tekemä virhe.

6.2 Infrapunaspektroskopia

Infrapunaspektroskopia on analyttinen menetelmä, jolla voidaan tutkia materiaalien kemiallista rakennetta pienistä näytteistä niitä tuhoamatta. Näyte altistetaan tietyn

aaltopituusalueen infrapunasäteilylle, josta erilaiset molekyylit absorboivat eri taajuuksia. Yhdisteiden yksilölliset sidosten värähtelyt ja venytykset voidaan lukea laitteiston piirtämästä graafisesta spektristä. (Teknillinen korkeakoulu 2005.) Metropolia Ammattikorkeakoulun IR-spektrometri on Perkin Elmer Spectrum 100 FTIR/ATR laitteisto. Se toimii 530–4000 cm^{-1} välisillä aaltoluilla, joilla orgaaniset yhdisteet yleensä absorboivat säteilyä. Alueella absorboivat myös jotkin epäorgaaniset anionit, kuten karbonaatit, sulfaatit, fosfaatit, nitraatit ja silikaatit. Tutkittava näyte voi olla kalvona tai hienoksi jauhettuna, ja se painetaan Zn/Se-kristallia vasten. Tulokset käsitellään Perkin Elmerin Spectrum for Windows Version 6 -tietokoneohjelmalla. (Knuutinen & Mannerheim 2006.) Aaltoluilla 4000–1300 cm^{-1} esiintyvät piikit spektrissä kertovat tutkittavan yhdisteen toiminnallisista ryhmistä, ja niistä voidaan päätellä, mitä yhdisteryhmiä tutkittavassa materiaalissa on. Aaltolukuja 1300–500 cm^{-1} spektrissä kutsutaan sormenjälkialueeksi, koska niiltä voidaan lukea tietyille yhdisteille tunnusomaisia piikkejä. Tutkittava näyte voidaan tunnistaa vertaamalla sen spektriä tunnettuihin referensseihin. (Learner 2004, 34.)

Menetelmää käytetään paljon orgaanisten pinnoitteiden tunnistamisessa ja niiden käyttäytymisen tutkimisessa, niin teollisuudessa kuin konservoinnin materiaalitutkimuksessakin. Pigmentoimattomien pinnoitteiden, kuten lakkojen, tunnistaminen voi olla varsin helppoakin. Maalin pigmentit ja apuaineet muodostavat kaikki omat piikkinsä näytteen spektriin, mikä voi vaikeuttaa tunnistamista huomattavasti. Ainesosien spektrit voivat mennä päällekkäin, jolloin heikommat piikit jäävät piiloon vahvempien alle. (Learner 2004, 35.) Konservoitavista kohteista saadaan tutkittavaksi yleensä lastuja tai maalikalvosta raaputtamalla irrotettuja näytteitä. Jos maalinäyte koostuu useammasta kerroksesta erilaisia tuotteita, mutkistuu analyysi entisestään (Schernau & Hüser 1993, 239). Käytännössä maalinäytteen IR-spektrin tulkitseminen edellyttää kirjallisuuden, hyvien referenssispektrien, kohteesta tehtyjen havaintojen ja alkuainekoostumusta koskevien analyysitulosten yhdistämistä. Siitä huolimatta spektrin täydellinen tulkitseminen voi osoittautua mahdottomaksi.

Hermes-mopedin maalipinnoilta otettiin tutkimusta varten useita näytteitä eri osista. Tämä oli mahdollista, koska pintakerroksen adheesio on paikoin heikentynyt. Pääosa näytteistä on irronnut alustastaan pohjamaalin kohdalta, mutta niissä ei ole merkittävästi raudan korroosiotuotteita. Kohde on niin suuri, että otettujen näytteiden

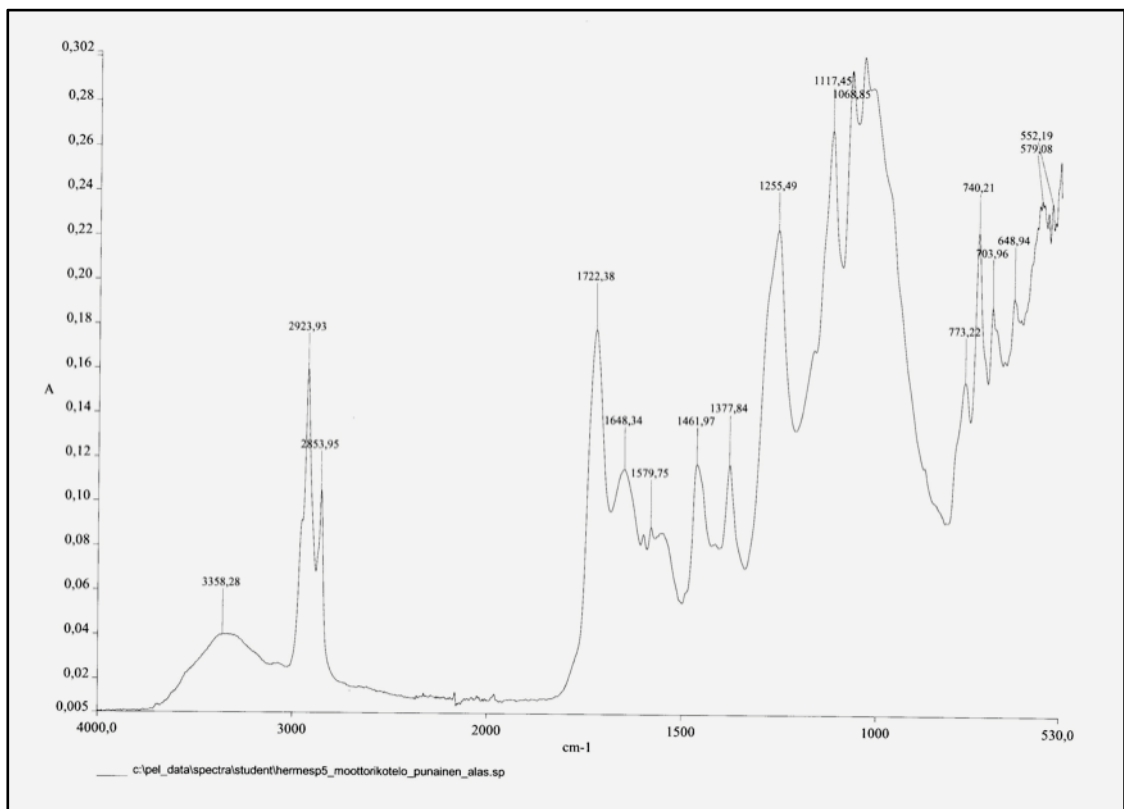
merkitys sen integriteetille on pieni niistä saatavaan hyötyyn nähden. Yli 50 vuotta vanhoissa polymeerikalvoissa tapahtuneet muutokset, jotka ovat johtaneet myös adheesion peittämiseen, voivat näkyä myös niiden IR-absorptiossa, joten spektrien kaikkien piikkien tulkinta edellyttäisi hyvin syvällistä paneutumista maalialan materiaaleihin ja niiden vanhenemiskäyttäytymiseen. Tavoitteena oli kuitenkin pyrkiä saamaan menetelmällä vahvistusta muista lähteistä saaduille tiedoille Hermeksen maalausjärjestelmien koostumuksesta ja samalla tutustua paremmin IR-spektroskopian mahdollisuuksiin modernien maalien tutkimisessa.

Referenssinä spektrien tulkinnassa käytettiin Thomas J. S. Learnerin teoksessa *Analysis of Modern Paints* olevia sideaineiden, apuaineiden ja pigmenttien spektrejä sekä Learnerin menetelmää käsittelevää lukua (2004, 79–116). Referenssispektrejä haettiin lisäksi mm. IRUG:in (The International Infrared and Raman Users' Group) spektritietokannasta. Hermeksen näytteistä saatuja IR-spektrejä verrattiin myös tutkimuksessa käytetyllä laitteistolla tuotettuun tunnetun alkydilakkanäytteen (Introteknik 2012) spektriin, koska kirjallisuuden perusteella vaikutti todennäköisimmältä, että mopedin maalijärjestelmä perustuu alkydisideaineille ainakin pintakerroksiltaan. Spektrien tulkinnan apuna käytettiin pintakäsittelyalan kirjallisuutta, kohteesta tehtyjä havaintoja ja röntgenfluoresenssiin perustuvaa tietoa sen alkuainekoostumuksesta.

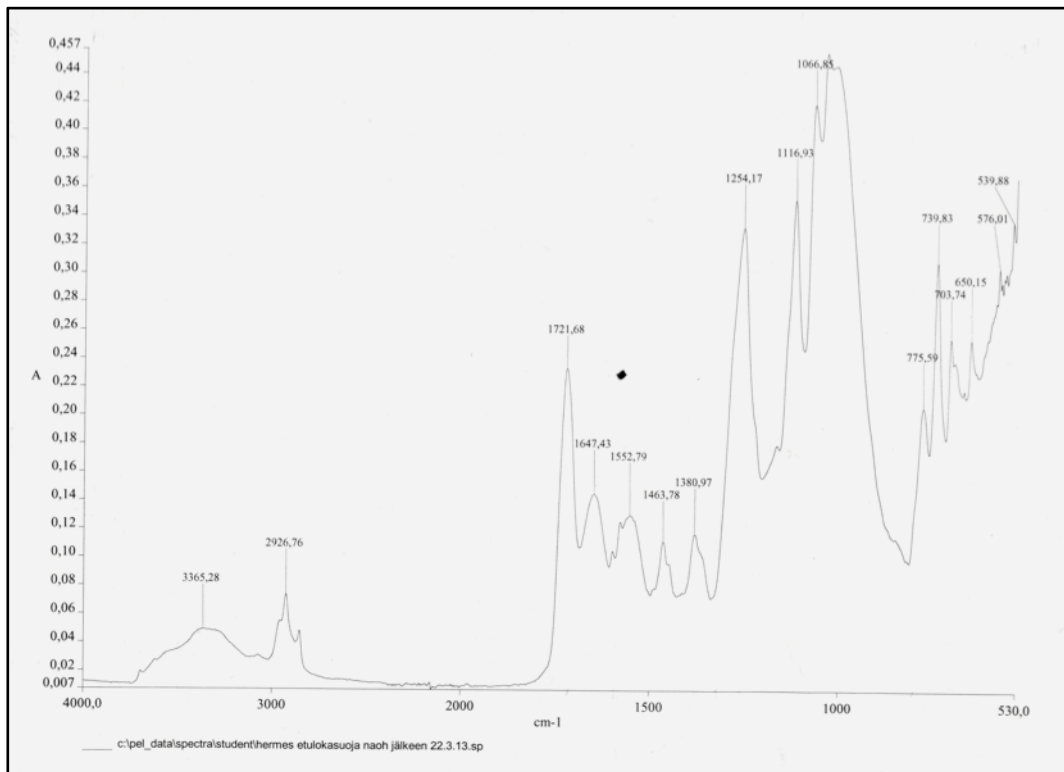
Koska maalinäytteet koostuivat useammasta maalausjärjestelmän kerroksesta, päädyttiin kemiallisten kokeilujen tuloksena poistamaan yhdestä punaisesta maalikalvonäytteestä 5 M natriumhydroksidilla vihreä pohjamaalikerros ja metallilastut sen ja punaisen kerroksen välistä. Tarkempi kuvailu toimenpiteestä on kappaleessa 4.2.3. Kemialliset tutkimusmenetelmät. Näin saadun pintalakasta ja punaisesta kerroksesta koostuvan näytteen IR-spektrin avulla saatiin selvitettyä, mitkä piikeistä liittyvät pintakerrosten materiaaleihin. Natriumhydroksidi on voinut vaikuttaa myös pintakerrosten kemialliseen rakenteeseen, mutta IR-spektri toimenpiteen jälkeen vaikuttaa hyvin samanlaiselta kuin selkeimmät spektrit pohjamaalin kanssa, mikä viittaisi siihen, ettei ainakaan suuria muutoksia olisi tapahtunut. Kaikki punaiset kalvonäytteet analysoitiin punainen ja vihreä pinta alaspäin, mutta pohjamaalien sideaineiden tunnistamisen yrittämisestä luovuttiin. Näytteitä tutkittaessa osasta saatiin selkeämmät spektrit kuin toisista. Tähän kirjalliseen opinnäyteraporttiin valittiin

edustavimmat.

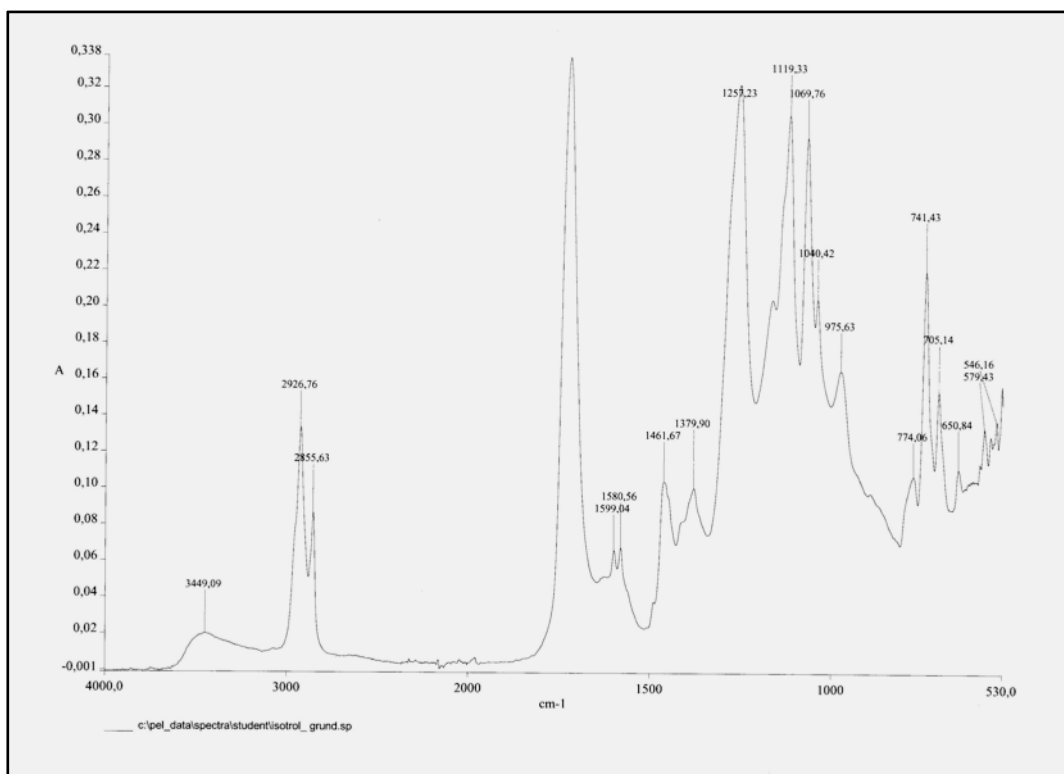
Punaisten näytteiden kaikissa spektreissä havaittiin tietyt piikit enemmän tai vähemmän selkeinä. Hyvä esimerkki käsittelemättömästä punaisesta kalvosta on näyte vasemman moottorikotelon ulkopinnalta (Kuvio 1). Samat piirteet näkyvät hyvin natriumhydroksidilla käsitellyn etulokasuojan näytteen spektrissä (Kuvio 2), jota verrattiin Isotrol Grund –pellavaöljyalkydidilakan spektriin (Kuvio 3).



Kuvio 1. Hermeksen moottorikotelon kirkaslakan, punaisen kerroksen ja pohjamaalin FTIR-spektri



Kuvio 2. Hermeksen kirkaslakan ja punaisen kerroksen FTIR-spektri etulokasuojasta otetusta näytteestä, joka on käsitelty natriumhydroksidilla



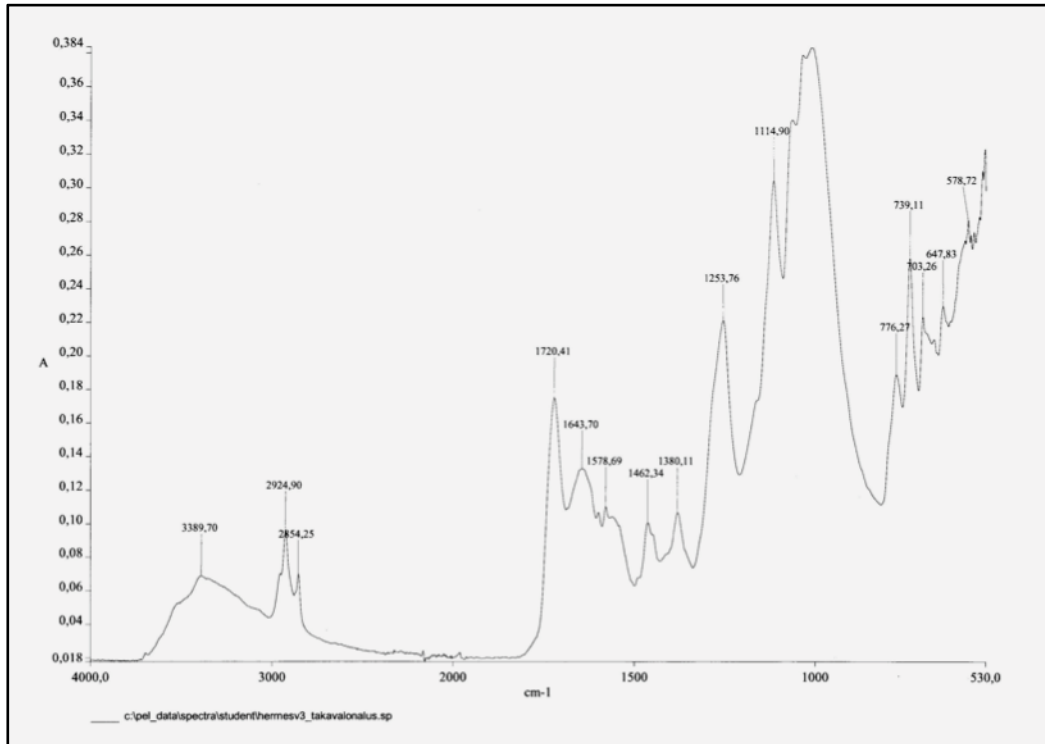
Kuvio 3. Isotrol pellavaöljyalkydin FTIR-spektri

Learnerin (2004, 88) mukaan kaikilla alkydeilla, kuten myös kuivuvilla öljyillä, on kaksi selvästi erottuvaa piikkiä 2932 cm^{-1} ja 2858–60 cm^{-1} aaltoluvuilla. Ne aiheutuvat ilmeisesti pääasiallisesti sideaineen öljyn C-H -sidosten venytyksistä. Hermeksen punaisen kalvon piikit ovat aaltoluvuilla 2927 ja 2855, täsmälleen samoilla kohdilla kuin Isotrol grund -pellavaöljyalkydilla. Hermeksen 2927 cm^{-1} piikin vasemmalla kyljellä on lisäksi pieni pykälä, joka erottuu joidenkin näytteiden spektreissä itsenäisenä kärkenä. Tämä voi olla merkki modifioinnista. Learnerin mukaan ainaki styreeni- ja vinyylitolueenimodifioinnit näkyvät pieninä piikkeinä tai pykälinä tässä kohdassa (2004, 88). Alkydihartseille tyypillinen on myös Hermeksen näytteen piikki 1722 cm^{-1} kohdalla. Learnerin spektreissä tämä karbonyylipiikki osuu 1733 cm^{-1} kohdalle, mutta jälleen Isotrol-näytteen piikki on samassa kohdassa Hermeksen kanssa. Sormenjälkialue on Learnerin mukaan alkydeilla hyvin tunnusomainen modifioinneista riippumatta. 1270 cm^{-1} kohdalla on leveä, pyöreäkärkinen piikki, joka Isotrolilla on 1257 cm^{-1} kohdalla ja kaikilla Hermeksestä otetuilla näytteillä välillä 1254–1258 cm^{-1} . Lisäksi tyypillisiä alkydeille ovat kaksi terävää piikkiä 1139 cm^{-1} ja 1071–3 cm^{-1} kohdalla. Hermeksen näytteessä vastaavat terävät piikit ovat 1117 cm^{-1} ja 1067 cm^{-1} kohdalla. Myös Isotrolilla ne ovat alempana 1119 cm^{-1} ja 1070 cm^{-1} kohdalla. Aromaattiset C-H -sidokset ftaalihapon anhydridissä aiheuttavat piikin modifioimattomiin ftalaattialkydeihin 744 cm^{-1} kohdalle (Learner 2004, 89). Tällä alueella modifiointiin käytetyn yhdisteen aromaattiset ryhmät voivat näkyä vaihteluna piikkien määrässä ja voimakkuudessa. (Learner 2004, 88–90.) Isotrol grund on mineraalitärpättiin liuotettu ilmakeivua pellavaöljyalkydi (Introteknik 2012), ja sen spektrissä on 741 cm^{-1} kohdalla piikki, jonka ympärillä on matalammat piikit 705 cm^{-1} ja 774 cm^{-1} kohdalla. Myös Learnerin modifioimattoman alkydin spektrissä on ympäröivät pikkupiikit. Hermeksellä pääpiikki on 740 cm^{-1} kohdalla ja ympäryspiikkien aaltoluvut ovat 704 cm^{-1} ja 776 cm^{-1} . Aromaattiset ryhmät aiheuttavat piikkejä myös spektrin aaltolukujen 1450–1650 cm^{-1} välille. Kaikenlaiset alkydit aiheuttavat pienet, terävät tuplapiikit 1601–5 ja 1583 cm^{-1} kohdalle (Learner 2004, 90), eivätkä Isotrol ja Hermes tee poikkeusta tässäkään. Learnerin teoksessaan läpikäymien piikkien lisäksi Isotrolilla ja Hermeksen pintasideaineilla on yhteiset piikit 1462, 1380, 1173 ja 650 cm^{-1} tienoilla.

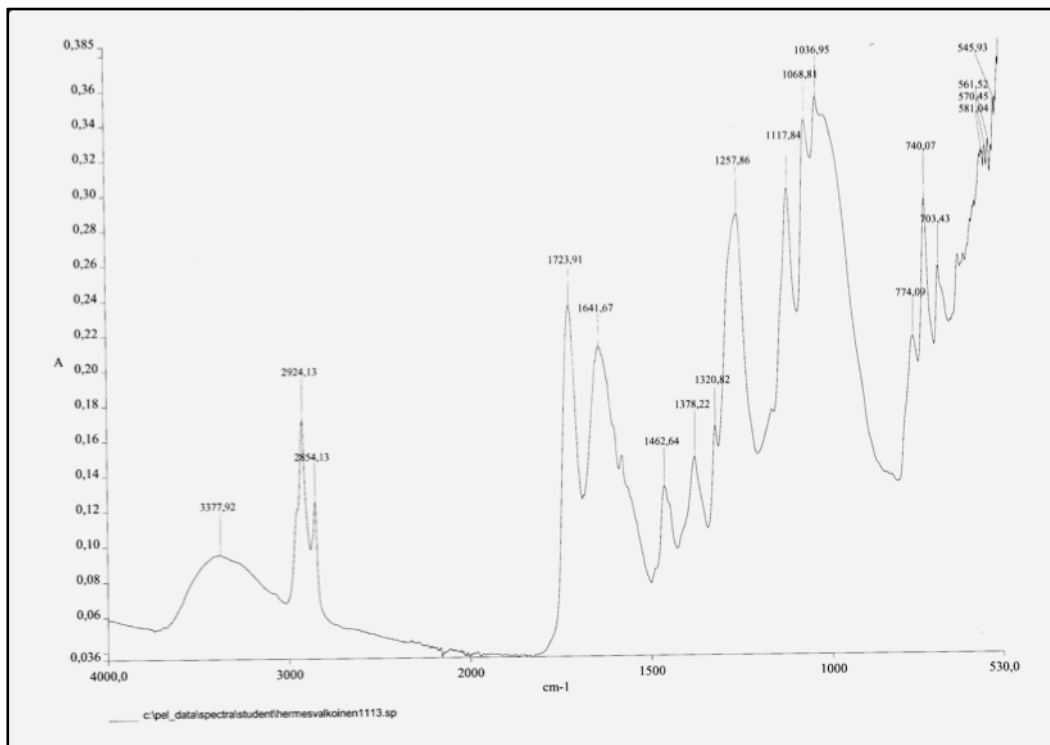
Hermeksen etulokasuojan pintakerrosten spektrissä voidaan siis nähdä alkydille tunnusomaiset piirteet mutta myös joitakin alueita, joiden piikkien aiheuttajia lähdettiin

etsimään kirjallisuuden ja referenssispektrien avulla. 1950-luvun lopulla ajoneuvoalkydeja tiedettiin kirjallisuuden perusteella modifioidun todennäköisimmin aminohartseilla (Eriksson 1966, 555), joten tunnistamattomia piikkejä verrattiin IRUG-tietokannasta haettuun ureaformaldehydihartsin spektriin (IRUG Spectral Database 2003), jossa havaittiin kaksi tunnusomaista typpäkärkistä piikkiä 1550 ja 1650 cm^{-1} aaltoluvuilla. Brostown ja Dalashvilin mukaan 1635–1648, 1546–1558, 1006–1022 cm^{-1} aaltoluvuilla on myös melamiiniformaldehydille tyypillisiä piikkejä (2007, 131). Tällä typpiryhmien absorptioalueella voi olla piikkejä myös uretaanialkydeilla. Joidenkin punaisten näytteiden spektreissä on lisäksi 814 cm^{-1} kohdalla terävä piikki, joka voisi olla peräisin melamiinin aromaattisuudesta. Mahdollisen modifiointiin käytetyn aminohartsin lisäksi tungosta Hermeksen spektrien 1000 cm^{-1} alueelle voi aiheuttaa jokin täyteaine, kuten bariumsulfaatti, joka absorboi 1000–1200 cm^{-1} välillä (Learner 2004, 102). Spektrin oikeassa reunassa puolestaan voi näkyä titaanivalkoinen (Learner 2004, 114). Näitä on todennäköisemmin enemmän pohjamaalissa kuin läpinäkyvässä pintakerroksessa (Taulukko 3). Orgaanisilla punaisilla atso- ja kinakridonipigmenteillä on omat FTIR-absorptionsa, joissa on useita teräviä piikkejä sormenjälkialueella (Learner 2004, 94, 98). Niiden pieni pitoisuus kalvossa kuitenkin tekee tunnistamisesta usein vaikeaa (Quillen Lomax 2005, 25).

Valkoisten maalinäytteiden spektreissä (Kuviot 4 ja 5) havaittiin hyvin paljon yhtäläisyyksiä punaisten kanssa (Kuviot 1 ja 2). Rungon valkoinen maalausjärjestelmä poikkeaa kuitenkin punaisesta monella tavalla, ja XRF-tuloksissa näkyvät halogeenit (Taulukko 5) voivat viitata siinä käytetyn jotakin halogenoitua sideainetta alkydin modifioinnissa. Huomattavin ero vaaleiden kalvojen spektreissä verrattuna punaisiin on niistä useimmissa n. 1320 cm^{-1} kohdalla oleva terävä piikki, jonka aiheuttaja ei selvinnyt työn aikana. Alkydin spektriin kuulumaton vahva leveä piikki 1640 cm^{-1} tienoilla on vaaleiden kalvojen spektreissä erityisen korkea, vaikka sama piikki on myös punaisissa.



Kuvio 4. Hermeksen takakoteloinnista takavalon alta otetun vaalean kalvonäytteen FTIR-spektri



Kuvio 5. Hermeksen satulan alta takakoteloinnista otetun vaalean kalvonäytteen FTIR-spektri

6.3 Kemialliset tutkimusmenetelmät

Altistamalla maalinäytteitä erilaisille kemiallisille reagensseille saadaan tietoa maalausjärjestelmän eri ainesosien koostumuksesta ja kemiallisesta kestävydestä. Perinteisessä maalarin työssä, kun maalit sekoitettiin vielä itse, oli kemiallisilla kokeilla suuri merkitys raaka-aineiden laadun toteamisessa, jotta välttyttiin mm. yhteensopivuusongelmilta ja pystyttiin tarkistamaan raaka-aineiden vastaavan kaupanimeään (Järvelä 1956). Aiemmin maaleja on analysoitu teollisuudessa erilaisilla kemiallisilla testeillä (Swann 1972), mutta nykyään niiden merkitys on vähäinen, koska tulokset eivät ole riittävän tarkkoja eivätkä kvantitatiivisia (Schernau & Hüser 1993, 234). Konservoinnin materiaalitutkimuksessa niillä voidaan kuitenkin saada helposti ja nopeasti kvalitatiivisia tuloksia ilman raskaita laitteistoja. Eniten hyötyä kokeista on, jos reaktioita voidaan seurata mikroskoopilla.

A Selluloosanitraattitesti

Selluloosanitraatti voidaan tunnistaa nopeasti pienestä näytteestä tutkittavaa materiaalia herkällä difenyyliamiinitestillä. Mikäli näytteessä on selluloosanitraattia, sen väri muuttuu sinivioletiksi muutaman sekunnin kuluessa testireagenssin lisäämisestä sen päälle. Reagenssi on 0,5 % difenyyliamiiniliuos 90 % rikkihapossa. (Williams 1994.)

Testi soveltuu selluloosanitraatin toteamiseen myös alkydyhdistelmämaaleissa, joskin kalvon tummansininen väri tai jotkin orgaaniset pigmentit voivat häiritä tulosta (Swann 1972, 101). Häiriöitä voivat aiheuttaa myös eräät ionit, muiden muassa kromaatit, ja jotkin hartsit, kuten kopaalit. CCI:ssa menetelmällä testatuissa 30 erilaisessa museoesineistä otetussa näytteessä, joista kaikista tutkittiin myös IR-spektrit, interferenssejä ei havaittu ja kaikki selluloosanitraattia sisältävät esineet tunnistettiin testillä. (Williams 1994.)

Testiä varten otettiin pienet näytteet valkoista kalvoa rungon takakoteloinnista satulan alta ja punaista kalvoa takalokasuojan vasemman sivulevyn vauriokohdasta. Referenssiksi valittiin selluloosanitraattisideaineiseksi tiedetty Tikkurilan Dicco 1436 saponilakka sekä FTIR-referenssinä käytetty Introteknik AB:n ilmakeivuva Isotrol

Grund-pellavaöljyalkydilakka, josta tehty kalvo oli tutkimushetkellä kuivunut useita viikkoja.

Näytelastut asetettiin lasilevyille, ja niiden päälle lisättiin reagenssia pipetillä. Kummassakaan Hermeksen näytteessä ei tapahtunut välitöntä värimuutosta. Dicconäyte sen sijaan muuttui heti läpinäkymättömän tumman siniseksi ja myöhemmin tumman sinivihreäksi. Isotrol näyte puolestaan muuttui pikkuhiljaa läpinäkymättömän punaruskeaksi.

Lisäksi kokeessa todettiin, että Hermeksen punainen pigmentti muuttui pikkuhiljaa kylmän punaisesta oranssin suuntaan vaaleten koko ajan 90 % rikkihapon vaikutuksesta. Kalvoon jäi hajanaisia tummia pieniä pigmenttipartikkeleita. Punaisen kalvon alla oleva metallipigmentti ei reagoanut hapon kanssa nopeasti, mutta pikkuhiljaa metallilastut kuitenkin pienenevät. Pintakerrosten sideaine säilytti rakenteensa, ja siinä olevat halkeamat näkyivät mikroskoopin alla vielä pitkään reagenssin lisäämisestä. Pohjamaalikerros jätti jälkeensä partikkelisen hunnun. Vaalean näytteen pigmentti ei hajonnut vaan levisi pikkuhiljaa näytettä ympäröivään reagenssiin vaalean kerroksen sideaineen hajotessa hapossa.

Isotrolin kalvo säilytti myös rakenteensa ja sen reunat pysyivät terävärajaisina, vaikka väri muuttuikin. Diccolakkanäytteen rakenne sen sijaan hajosi reagenssissa lopulta kokonaan.

B Halogeenit

Kloori voidaan tunnistaa polymeerimateriaalista yksinkertaisella Beilsteinin testillä, jossa näytteessä käytetty kuuma kuparilanka viedään takaisin liekkiin. Kloori ja muut halogeenit aiheuttavat liekin muuttumisen vihreäksi tai sinivihreäksi. (CCI 1993.)

Beilsteinin testillä yritettiin vahvistaa XRF-mittausten osoittamat halogeenit valkoisessa maalissa. Työkalulokeron sisäpinnalta raaputettiin valkoista maalia, jonka pinnalla ei ollut kirkaslakkaa. Maali ei kuitenkaan tarttunut kunnolla kuumaan kuparilankaan, koska se ei pehmennyt lämmön vaikutuksesta. Tämä viittaisi sideaineen olevan kemiallisesti kuivunutta eikä termoplastista, joten mahdollista halogenoitua polymeeria

lienee käytetty sen modifiointiin. Vihreää liekkiä ei saatu aikaan.

C Fosfaatti

Fosfaatin tunnistamiseksi on olemassa useita kemiallisia testejä. Hermeksen perusaineen mahdollisen fosfointiesikäsittelyn tunnistamiseksi kokeiltiin huomaamattomaan paikkaan työkalukotelon kannen sisäpuolella testiä, joka perustuu siihen että ammoniummolybdaatti ja fosfaatti muodostavat kirkkaan keltaisen sakan reagoidessaan keskenään (Lähde). Näytteelle laitetaan ensin tippa typpihappoa, joka muuttaa erilaiset fosfaattimuodot testiä varten ortofosfaatiksi PO_4^{3-} . Testi jättää pienen täplän, joka huomaamattomassa paikassa valmiiksi vaurioituneessa kohdassa on pieni uhraus saadusta tiedosta.

Näytteelle pudotettiin tippa typpihappoa, johon lisättiin pieni määrä kiteistä ammoniummolybdaattia. Referenssinä käytettiin jauhemaista natriumpyrofosfaattia $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ja ruostumatonta skalpellinvartta, joka tiedettiin fosfaatittomaksi. Hermeksen työkalulokeron pinnan testikohta ja natriumpyrofosfaatti muuttuivat pian kirkkaan keltaisiksi. Skalpelinvarressa värimuutosta ei tapahtunut. Hermeksen testikohta pyyhittiin heti värin ilmaannuttua useaan kertaan puhtaaksi vedellä. Kohta puhdistui, mutta selvää läikkää ei kokeesta jäänyt.

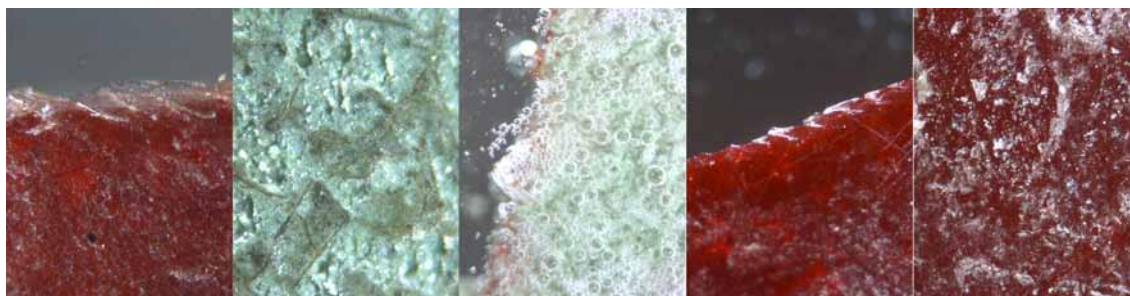
Sama koe toistettiin myös toisen saman ikäisen Nymanbolagenin mopedin irrallaan olevan etuhaarukan varsiputken kohtaan, joka jää koottuna koteloinnin sisään. Testikohta oli hieman vihreän pohjamaalin upotusmaalauksessa muodostuneen rajan yläpuolella, eikä siinä ollut maalia. XRF:llä kohdassa oli kuitenkin todettu olevan jonkin verran sinkkiä (Taulukko 2), ja tasaisen harmaa väritys antoi aihetta olettaa, että osa on fosfatoitu. Fosfaattitesti oli positiivinen, mikä viittaisi siihen, ettei fosfaatti työkalulokeron kannessakaan liene peräisin peittaavasta pohjamaalista, vaan sinkkifosfointi ja pohjamaalaus ovat olleet erillisiä työvaiheita, kuten Nymanbolagenin mainoslehdessä vuodelta 1957 annetaankin ymmärtää.

D Maalikalvon kemiallisen kestävyuden tutkiminen emäksillä ja hapoilla

Maalikalvojen kemiallista kestävyyttä tutkittiin upottamalla pieniä näytepaloja

natriumhydroksidiin (5M NaOH) ja typpihappoon (36% HN03). Tarkoitus oli seurata metallilastujen, sideaineiden ja pigmenttien käyttäytymistä liuksissa. Kokeen toivottiin varmistavan punaisen maalijärjestelmän metallilastupigmentin alumiiniksi, jota XRF-laite ei kykene tunnistamaan alkuaineen keveyden vuoksi. Alumiini liukenee vahvaan natriumhydroksidiin vetyä kehittäen mutta passivoituu vahvan typpihapon vaikutuksesta eikä liukene siihen. Referenssinä sideaineen käyttäytymiselle tutkittiin jälleen myös ilmakeivunutta Isotrol Grund -kalvoa.

Hermeksen etulokasuojan etuosan vauriokohdasta otettu punainen kalvonäyte (Kuva 43), jonka alapinnalla oli vihreää pohjamaalia (Kuva 44), pieni lastu vaaleaa kalvoa rungon takakoteloinnista satulan alta sekä pala Isotrol Grund -kalvoa asetettiin lasilevyille, ja kunkin näytteen päälle laitettiin tippa 5M NaOH:a. Punaisen kalvon metallilastut alkoivat heti liueta kiivaasti kuplien (Kuva 45), ja myös vihreä pohjamaali hajosi. Kirkaslakka ja punainen kerros säilyivät ulkonäöltään muuttumattomina värittään ja rakenteeltaan (Kuvat 46–47). Vaalean kalvon pigmentoitu osa ja kirkaslakka säilyivät myös ennallaan. Isotrol kellastui voimakkaasti emäksen vaikutuksesta, ja väri levisi myös ympäröivään liukseen. Kalvo käpristyi ja menetti muotonsa.



Kuvat 43–47. Hermeksen etulokasuojan punaisen kalvon näyte ennen NaOH-koetta yläpuolelta ja vihreän pohjamaalin puolelta, näyte 5 M natriumhydroksidissa, kirkaslakka ja punainen kuultolakka kokeen jälkeen ylä- ja alapuolelta kuvattuina.

Kokeessa metallipigmentti käyttäytyi täysin alumiinille tyypilliseen tapaan. Ruostumaton teräs jauhe ja kiille olisivat kestäneet emäksen vaikutuksen. Pintakerrosten sideaine kesti vahvan emäksen vaikutusta muuttumatta toisin kuin ilmakeivuva Isotrol. Punainen pigmentti ei muuttanut väriään ollenkaan. Punaisesta kalvonäytteestä saatiin NaOH:lla poistettua lähes täysin pohjamaali ja metallilastut. Jäljelle jääneet pintakerrokset huuhdeltiin huolellisesti deionisoidulla vedellä ja kuivattiin asetonilla, jotta sideainetta voitaisiin tutkia edelleen FTIR-spektroskopiolla (Kuvio 2).

Toinen punainen kalvonäyte samasta etulokasuojan vauriokohdasta upotettiin 36% typpihappoon, johon sekä sideaine että pigmentti hajosivat täysin jälkimmäisen värin haalistuessa samaan tapaan kuin rikkihapossa selluloosanitraattitestissä. Metallilastukerros sen sijaan ei liennut ja pysyi yhtenäisenä kerroksena.

6.4 Liukoisuus

Asetonilla ei ollut punaisiin kalvonäytteisiin minkäänlaista vaikutusta, joten fysikaalisesti kuivuvan akryylin mahdollisuus voitiin sulkea pois. Kemiallisesti kuivuvat akryylimaalit yleistyivät vasta 1960-luvun alkupuolella (Alén 1981, 590). Vaalea kalvo sen sijaan käpristyi asetonissa mutta suoristui liuotteen haihduttua. Vaikka polymeeri ei liennutkaan asetoniin, todettiin sen olevan punaista herkempi liuottimen vaikutukselle. Mopedin valmistaja on suositellut asfalttitahrojen poistoa maalipinnoilta bensiinillä ja hankalissa tapauksissa hiilitetrakloridilla (Nymanbolagen AB 1961). Vaurioitunut pintakäsittely ei kuitenkaan välttämättä kestäisi liuottimien aiheuttamaa mekaanista stressiä.

6.5 Yhteenveto analyysituloksista

Maalausjärjestelmien analyttinen tutkimus vaatii paneutumista, ja tulosten tulkinnalla on erittäin suuri merkitys. Hermeksen pintakäsittelymateriaaleista saatiin tutkimuksilla paljon tietoa, joka tukee kirjallisista lähteistä rakennettua kuvaa 1950-luvun ajoneuvomaaleista aminokovetteisina alkydeina, mutta varsinkin FTIR-tulosten tulkinta on tehty niin vähäisellä kokemuksella, että mitään varmaa niiden perusteella ei voida sanoa. Kemiallisten kokeiden perusteella Hermeksen sideaineet ovat hyvin kemikaalinkestäviä, mikä vahvistaa käsitystä, että kyseessä olisivat modifioidut alkydit. Joka tapauksessa voidaan puhua moderneista synteettisistä sideaineista. Selluloosanitraattiin järjestelmissä ei viittaa mikään. Vaaleiden osien halogeenihavainnot jäivät vaille varmaa selitystä. Myöskään ei voida varmasti sanoa, onko kirkaslakan ja punaisen kuultolakan sideaine sama. Vihreän korroosionestomaalin sideainetta ei ollut mahdollisuutta selvittää, mutta aktiivinen pigmentti on tutkimusten perusteella todennäköisesti sinkkikromaatti. Metallilastukerroksen pigmentin voidaan sanoa melko varmasti olevan alumiinia. Punainen pigmentti hajoaa happojen

vaikutuksesta, joten se ei voi olla kobolttiviolettiä (Järvelä 1956, 86). Quillen Lomaxin mukaan myöskään kinakridonien ei pitäisi muuttua happojen vaikutuksesta (2005, 24). Kemiallisista kokeista saatiin hyvää lisävalaistusta ja vahvistusta instrumentaalisten analyysien rinnalle.

7 Vanhenevan mopedin maalausjärjestelmät

54 vuotta on pitkä aika maalikalvolle, varsinkin jos sen alkuperäinen tehtävä on ollut ottaa vastaan aurinkoa, vettä, vaihtelevia lämpötiloja, kuraa, soraa, hiekkaa, pölyä, suolaa, asfalttia, kumia, ötökänraatoja, linnun ulosteita, pihkaa, bensiiniä, öljyä, tärinää, kolhuja, huolenpitoa, laiminlyöntiä, hankausta ja hinkkausta liikennekäytössä olevan mopedin pinnalla. Tässä kappaleessa luodaan katsaus ajoneuvomaalausjärjestelmän tyypilliseen vanhenemiskäyttäytymiseen ja ulkopuoliseen ainekseen, jota pinnoille sen elinkaaren aikana todennäköisesti on kertynyt.

7.1 Synteettisen maalikalvon ikääntyminen

Hermes Saxoped 1136 -mopedin maalausjärjestelmien päällimmäisen kerroksen on poikkileikkausnäytteiden perusteella todettu olevan kirkaslakka. Sen tarkoitus on suojata alempia kerroksia sään vaikutuksilta, kemikaaleilta, liuottimilta ja mekaanisilta vaurioilta sekä olla lisäsuojana metalliefektin päällä (Poth 2008, 166). Koska pintakerros on pigmentoimaton, ei liutuuntuminen ole Hermeksen tapauksessa ongelma. Ajoneuvon orgaanisen pintakalvon vanheneminen ja polymeerimateriaalin vaurioituminen voivat näkyä pinnalla erilaisina ilmiöinä, joiden taustatekijöinä ovat UV-säteily, lämpötila, kosteus, saasteet ja mekaaninen stressi erilaisina yhdistelminä (Wypych & Faulkner 1999, 2).

UV-säteily on merkittävin polymeerimateriaalien vanhenemiseen vaikuttava tekijä. Eri materiaalit absorboivat säteilyä eri aaltopituuksilla, mikä tekee kaikkien materiaalien vanhenemisestä hieman erilaista (Wypych & Faulkner 1999, 3). Kirkaslakka on pigmentoitua maalia herkempi UV-säteilylle. Näkyvä valo läpäisee kirkaslakan, mutta siihen absorboituva UV-valo voi tuhota polymeerien sidoksia aiheuttaen kiillon menetystä, rakenteen vaurioitumisesta johtuvaa halkeilua, haurastumista ja kalvon adheesion peittämistä. (Poth 2008, 167.) Maalin värillä on suuri merkitys pinnan

lämpötilaan, koska värit absorboivat infrapunasäteilyä eri tavalla. Samoissa olosuhteissa valkoinen pinta voi pysyä 30°C mustaa viileämpänä, jolloin vahingolliset kemialliset reaktiot tapahtuvat huomattavasti hitaammin. (Wypych & Faulkner 1999, 4.) Hermeksen pinnoista tankissa kirkaslakan yleinen vaurioituminen on selvästi pisimmällä, mikä voi olla merkki erilaisesta lakasta ja valvomattomammista levitysoloista. Myös etukotelon vaalea pinta on halkeillut keskimääräistä enemmän, mutta se voi olla seurausta alla olevasta punaisesta maalausjärjestelmästä, joka on tartunta-alustana pohjamaalia huonompi. Yleisesti ottaen kalvon aikanaan mainostettu iskunkestävyys lienee vähentynyt kaikilta osin merkittävästi kalvon vanhetessa. Tämä huomattiin selvästi näytteitä otettaessa, sillä kalvo ei jouta juuri ollenkaan sitä taivutettaessa, vaan napsahtaa helposti poikki.

Monet polymeerit, kuten ureaformaldehydi, ovat herkkiä veden aiheuttamalle kemialliselle hajoamiselle, hydrolyysille. Ilmansaasteet voivat saada aikaan materiaaleissa monenlaisia kemiallisia reaktioita. (Wypych & Faulkner 1999, 5–6.) Kirkaslakka joutuu alttiiksi kemialliselle rasitukselle mm. öljyisen lian, linnun ulosteiden, puista tippuvan pihkan ja kirvojen eritteiden vuoksi. Kemikaalit ja liuotteet kulkeutuvat kalvon sisälle turvottaen sitä ja kerääntyvät maalausjärjestelmän kerrosten rajoille, minkä jälkeen kalvo rikkoontuu helposti mekaanisessa rasituksessa ja on altis irtoamaan. Kemikaalit voivat myös aiheuttaa kalvon polymeerirakenteen hajoamista ja himmentää metalliefektikerroksen alumiinipigmenttejä. (Poth 2008, 170.) Hermeksen alaosan vaaleissa teknisissä rakenteissa öljyisen lian vaikutus kalvoon on ilmeinen. Moottorikotelon kumitiivisteiden kohdalla puolestaan nähdään kemiallisesta vaurioitumisesta aiheutunut värimuutos.

Ajoneuvomaalijärjestelmän kaikkien osien tulee olla mekaanisesti kestäviä siihen ajossa jatkuvasti iskeytyvien kivien vuoksi (Poth 2008, 171). Suomessa suuri osa teistä oli 1960–70-luvuilla hiekkapäällysteisiä, ja ajoneuvot joutuivat niillä koville (Eriksson 1966, 657; Harjula 1981, 709). Ajon aikana ilmassa olevat partikkelit aiheuttavat pinnan eroosiota ja myös peseminen naarmuttaa sitä. (Poth 2008, 171.) Mekaanista stressiä polymeerissä aiheuttaa lämpölaajeneminen, nesteen liike kalvossa, ulkopuolelta tuleva voima tai materiaaliin valmistuksessa jäänyt jännitys. (Wypych & Faulkner 1999, 1–6.) Hermeksen pinnat ovat naarmuuntuneet kauttaaltaan, erityisesti kulutukselle alttiissa kohdissa, kuten tankissa, moottorikoteloissa ja rungossa. Kiveniskemiä on varsinkin

erityisen alttiissa etuhaarukassa mutta myös kauttaaltaan ympäri pintoja. Etulokasuojan etuosan suuri vaurio lienee aiheutunut yksittäisestä mekaanisesta iskusta, jota maalausjärjestelmän pintakerrokset eivät ole pystyneet ottamaan vastaan rikkoutumatta, vaikka perusaine onkin joutanut takaisin alkuperäiseen muotoonsa. Kenties iskun hetkellä kalvo on jo ollut ikääntymisen kovettama.

Suomen olosuhteissa mopedi on elinkaarensa aikana todennäköisesti altistunut tiesuolalle niin kesä- kuin talviaikaankin. Hygroskooppista kidevedettömäksi hehkutettua kalsiumkloridia mainitaan jo Tavarasanakirjassa vuodelta 1947 käytetyn sorateiden pölynsidontaan (Stigell, 267). Liukkaudentorjuntaan on Suomessa käytetty natriumkloridia 1950-luvun lopulta, mutta kunnolla yleistymään talvisuolaus alkoi vasta 20 vuotta myöhemmin, kun teiden kunnossapito tehostui muutenkin. Ilman hiilidioksidista peräisin olevan karbonaatin kanssa reagoidessaan kalsiumkloridin kalsiumioni voi muodostaa ajoneuvon pinnoille samean kalsiumkarbonaattikalvon (CaCO_3), johon voi kiinnittyä epäpuhtauksia, hiekkaa, ruostetta ja asfalttihiukkasia. Kalvo voi suojata pintoja, mutta tekee ne likaisen näköisiksi. Kalsiumkarbonaatti liukenee laimeaan happoon. Natriumkloridi ei muodosta vastaavanlaista kalvoa, sillä natriumin karbonaattisuolat ovat veteen runsasliukoisia. (Vestola; Pohjanne; Carpén; Kaunisto & Ahlroos 2006, 17, 54–55.) Tällaisella kalvolla voi hyvin olla osansa Hermeksen pintojen yleisliassa.

Barbara Appelbaumin metodologiassa esineen materiaalisen ikääntymisen kuvataan etenevän vaiheittain. Esineen elinkaaren alussa materiaalien muuttuminen tapahtuu pikkuhiljaa, mutta jossakin vaiheessa saavutetaan itseään ruokkiva vaihe, jolloin materiaali alkaa vaurioitua nopeasti. (2007, 49.) Maalipinnoilla tällaisen autokatalyyttisen vaiheen voidaan ajatella alkavan, kun polymeerikalvon ominaisuudet ovat vanhenemisen myötä muuttuneet niin, ettei kalvo enää kestä mekaanista rasitusta vaan irtoaa pohjamateriaalista. Metallien tapauksessa pohjamateriaalin korrosio voi tällöin alkaa edetä, kun kosteus pääsee sen pinnalle. Kun maalausjärjestelmän pohjana on aktiivista ruosteenestopigmenttiä sisältävä kerros ja esikäsitteily, hidastuu korroosion alkaminen, mutta pintakerros on väistämättä menetetty. Konservointitoimenpiteitä suunniteltaessa on siis otettava huomioon, että ikääntynyt kalvo ei välttämättä kestä samantaisia liuotinpesuja ja maalinkunnostusaineita kuin uudempi maalipinta. Myös ajoneuvon tulevassa käytössä tulee tiedostaa vanhan maalipinnan kestävyysaleni-

7.2 Ajoneuvokorroosio

Maalausjärjestelmän vaurioituttua kosteus pääsee vaikuttamaan ajoneuvon teräksisen perusaineen pintaan. Yleensä sen mukana kulkeutuu epäpuhtauksia, kuten suoloja ja rikkiä (Harjula 1981, 706). Teräksen sähkökemiallisessa korroosiossa kahden eri potentiaalissa olevan metallipinnan osan välille muodostuu korroosiopari. Kohta, jonka potentiaali on matalampi, muodostuu anodiksi ja syöpyy, mikäli sähkövirta pääsee kulkemaan korroosioparin välillä elektrolyytissä ja läsnä on happea. (Tunturi 1988, 22.) Ajoneuvon pinnalle elektrolyytti muodostuu sateen, sumun ja ilmankosteuden vaikutuksesta. Alle 60 % suhteellisessa ilmankosteudessa elektrolyyttiä ei synny puhtaalle teräspinnalle, mutta raoissa tai hygroskooppisen lian vaikutuksesta matalampi kosteusprosentti riittää korroosion käynnistymiseen. Tiesuolasta peräisin oleva kalsiumkloridi alkaa sitoa itseensä kosteutta jo RH 30 % 25° C lämpötilassa, kun natriumkloridi pysyy kuivana RH 76 % asti. Näin kalsiumkloridilla kontaminoituneet pinnat pysyvät pitkään kosteina, ja olosuhteet ovat suotuisat syöpmiselle. Toisaalta kalsiumkloridin hiilidioksidin kanssa muodostama veteen liukenematon kalsiumkarbonaattikerros voi myös suojata niukkaseosteisia teräksiä korroosiolta. (Vestola ym. 28–30.)

Pistemäinen korroosio on yksi yleisimmistä raudan korroosimuodoista ulko-olosuhteissa. Tällöin muodostuu pieniä aktiivisesti korrodoituvia pisteitä, joissa on korroosiota kiihdyttävää hapanta liuosta. Klorideilla on tärkeä rooli pistekorroosiossa. Myös ilmansaasteista peräisin oleva rikkidioksidi kiihdyttää korroosiota, kun se teräksen pinnalla liukenee veteen ja hapettuu rikkihapoksi. (Selwyn 2004, 104–105.) Korroosiovauriot maalatuilla peltipinnoilla on kohtalaisen helppo havaita, ja ne leviävät melko hitaasti. Rakenteiden sisällä korroosio voi kuitenkin olla myös voimakasta, millä voi olla merkitystä ajoneuvon turvallisuuden kannalta. (Harjula 1981, 709.)

Hermeksen maalattujen osien pinnoilla on joitakin laajoja korroosioalueita, sekä vaalean että punaisen järjestelmän alueella. Pääsääntöisesti ne sijaitsevat kuitenkin kokonaisuuden kannalta melko huomaamattomissa kohdissa mopedin alaosassa. Kapeat raot ovat alttiita korroosiolle. Hermeksen takalokasuojan sisäpuolen jäykisteen ja pellin väli on siitä tyypillinen esimerkki. Mopedissa on pistemäistä korroosiota monissa osissa mutta myös paljon hyväkuntoista alkuperäistä maalausjärjestelmää.

Rakenteellisia vaurioita ei tässä vaiheessa voi arvioida. XRF-mittauksilla todettiin Hermeksen paljaiksi kuluneissa, ja jonkin verran korrodoituneissa kohdissa kalsiumia, joka voi olla merkki näiden kohtien ruostumista hidastavasta suojakalvosta.

7.3 Käyttöpatina ja vaurio

Kohteen patinaa ja vaurioita määriteltäessä ollaan päästy konservointiprosessissa ratkaisevaan vaiheeseen, jossa tehdään kauaskantoisia päätöksiä siitä, miltä esine tulee jatkossa näyttämään ja miten sitä voidaan käyttää. Sekä patina että vauriot ovat kohteessa tapahtuneita muutoksia siitä millainen se oli uutena. Patinaksi voidaan lukea itsestään muodostuneet muutokset jotka lisäävät arvoja ja vaurioiksi sellaiset jotka niitä laskevat. (Munos Vinas 2005, 101.) Konservoitavaan esineeseen liittyvien arvojen selvittäminen on tärkeä askel matkalla kohti konservointisuunnitelmaa. Mikäli niitä ei käydä systemaattisesti läpi, on vaarana, että konservoinnin tuloksena menetetään peruuttamattomasti jotakin, joka alun perin synnytti päätöksen esineen konservoinnista. Appelbaumin metodologiassa arvojen selvittäminen ja analysointi on viety äärimilleen. 13 erilaisen arvon listan avulla pyritään selvittämään, mitkä niistä ovat merkityksellisiä konservoinnin tilaavalle yksityishenkilölle tai museolle. Metodologiaan kuuluu myös ottaa huomioon samaan listaan nojaten kohteeseen sen historian eri vaiheissa liitetyt arvot. Kaikki tämä kohteen ei-materiaalisia näkökohtia koskeva tieto järjestetään taulukkoon yhdessä esineen tunnetun tai oletetun historian kanssa, jolloin voidaan valita esineen ideaalitulaksi sellainen historiallinen ajankohta, jona siihen liitetyt arvot eivät ole ristiriidassa niiden kanssa, joita sen nykyään halutaan ilmentävän. (2007, 202.) Appelbaumin koko metodologinen lähestymistapa kaikkine taulukoineen ja graafeineen saattaa olla konservaattorillekin kohtalaisen raskas tapa tehdä päätöksiä, mutta arvojen huomioon ottaminen tavalla tai toisella on välttämätöntä.

Hermes-mopedin Metropolian projektin käyttöön luovuttanut Kalevi Heikkinen on todennut yleisesti veteraanimopedeista, että:

Useinhan vanha kulunut maalipinta kertoo arvokkaasta historiasta ja nostalgisesta entisajan mopohengestä tunteikkaammin kuin uudelleen maalatun ja kiillotetun kaunottaren hipiä. Pienehköjä kuluneisuuksia ja ajan hampaan jälkiä ei saa ylimaalata historiallisesti ajatellen. (Heikkinen 2005)

Kirjassaan *Mopojeni matkassa* hän kuvailee erästä omistamaansa mopedia:

Maaliakaan ajokkini pinta ei ole saanut tehtaan ruiskun jälkeen. Naarmuja ja ryppejä löytyy hipiästä, mutta harmaus lienee arvokasta charmia, vai miten sen hienosti sanoisi. Historian lehtien havina kumajaa Zündappin sielusta. (2005, 80.)

Näistä sitaateista käy ilmi, että alkuperäismaalisella veteraaniajoneuvolla voi olla puhujalle ainakin esteettistä arvoa, joka liittyy sekä sen maalipinnan väritykseen ja pintaominaisuuksiin että siihen ikääntymisen myötä tulleisiin muutoksiin. (Appelbaum 2007, 93–95) Sillä on myös ikäarvoa, koska se on vanha mopedi, joka näyttää ikäiseltään, mitä omistaja selvästi pitää arvossaan (104). Mopedilla on tieliikennehistoriallista arvo, sillä se kertoo aikakaudesta, jolloin mopedit olivat tuore ilmiö suomalaisilla sorateilla (95). On ilmeistä, että mopedilla voi olla myös tunnearvoa (109). Alkuperäisasussaan säilyneellä ajoneuvolla voi olla tutkimuksellista arvoa (102), rahallista arvoa (111) ja toiminnallisena esineenä käyttöarvoa (97). Sen määrittäminen, miten tällaiset arvot ilmenevät mopedin pinnan muutoksissa, edellyttäisi vuoropuhelua veteraanimopedituntijoiden kanssa. Ilmeisimpiä käytöstä kertovia muutoksia ovat tankin, moottorikoteloiden ja työkalulokeron pinnan kulumajäljet sekä vaijerien lokasuojan kuluttamat kohdat. Ne säilyttävät tietoa siitä, miten Hermeksellä on kuljettu ja kuljetettu. Olisi myös luonnotonta pyrkiä paikkamaalaamaan huomaamattomiksi kaikki pienet kiveniskun jäljet ja kolhaisut ajoneuvosta, jolla on ajettu luultavasti lähes pelkästään asfaltoimattomia teitä pitkin.

Ajoneuvojen alkuperäisten pintakäsittelyiden arvostus näkyy yhä enenevässä määrin veteraaniajoneuvoharrastajien piirissä. Usein puhutaan niiden käyttöpatinasta, ajopatinasta tai ”ajan patinasta”, kuten Trafín ohjeessa *Museoajoneuvon hyväksyminen katsastuksessa* (2011, 1). On täysin subjektiivista, miten nämä käsitteet ymmärretään. Yksityisen ajoneuvoharrastajan konservoidessa omaa ajoneuvoaan harrastamisen iloa ei ole mitään syytä tappaa liiallisella patinan analysoinnilla, sillä ajoneuvon omistajan omat arvot ohjaavat päätöksentekoa alitajuisesti. Konservointimaailma voisi kuitenkin tarjota harrastajien käyttöön esimerkiksi jonkinlaisen yksinkertaisen kysymysmuotoisen tarkistuslistan, jonka avulla pinnanmuutosten yhteyttä ajoneuvon arvoihin voisi halutessaan käydä systemaattisesti läpi.

Kun ihannetila, jossa haluttavat arvot ilmenisivät parhailla mahdollisella tavalla, on

määritelty, on aika ottaa huomioon realiteetit, kuten käytettävissä olevat taidot, resurssit, menetelmät, aika ja museoajoneuvon tapauksessa tarkastuksen asettamat kriteerit. Mikäli ajoneuvoa aiotaan käyttää, ja se aiotaan katsastaa, ei liikenneturvallisuuteen vaikuttavia vaurioita saa tietenkään jäädä. Museokatsastukseen tähdittäessä mainittua "ajan patinaa" voidaan sopivassa määrin säilyttää, mutta konservointimenetelmistä ja toimenpiteiden laajuudesta on toimitettava selvitys (Trafi 2011, 1). Samassa ohjeessa todetaan hieman epämääräisesti, että huomattavan vanhassa konservoidussa ajoneuvossa voidaan hyväksyä vähäisessä määrin näkyvää korroosiota, lommoja, maalipinnan puutteita ja halkeamia (2). Periaatteessa, harrastajien ja museoajoneuvotarkastajien subjektiivisen patinakäsityksen ansiosta, museorekisteriin voidaan saada esimerkkejä hyvin eri tavoin säilyneistä ajoneuvoista.

8 Yhteenveto ja tulevaisuuden näkymiä

Opinnäytetyössä kysyttiin, minkälaista materiaaleihin ja käyttöön liittyvää tietoa tutkimuskohteena olevan mopedin alkuperäisiin maalausjärjestelmiin liittyy. Tarkoitus oli selvittää, miten tällainen tieto voidaan systemaattisesti kerätä, ja minkälainen tieto on merkityksellistä konservoinnin päätöksenteon kannalta. Pohjaksi tiedonhankinnalle otetun Barbara Appelbaumin metodologisen nelikentän avulla päästiin kenties tarpeettomankin syvälle tutkimuskohteen maalausjärjestelmään. Metodologian päätöksentekoprosessia ei viety työssä loppuun asti, mutta Appelbaumin teoksella oli suuri merkitys opinnäytetyön eri vaiheissa.

Maalipintojen analyttinen tutkimus sai työssä ajateltua suuremman merkityksen, ja ihanteellista olisi ollut tehdä sitä yhteistyössä Metropolian tekniikan yksikön asiantuntijoiden kanssa. Teollisuusperinnön ja ylipäättään modernin kulttuuriperinnön konservoinnissa olisi mahdollisuuksia monenlaiselle yhteistyölle tekniikan kanssa, kuten pintakäsittelytekniikkaa käsitteleville kursseille tai FTIR-referenssikirjaston hyödyntämiselle.

Jo työturvallisuuden kannalta on hyvä ymmärtää, minkälaisia materiaaleja maaleissa on. Hermeksessä lyijyä on kohtalaisen vähän, mutta aikanaan moderni ja vaaraton sinkkikromaattikin on riski työturvallisuudelle. Erytisen suuri merkitys konservoinnin

kannalta on polymeerikalvon vanhenemisen ymmärtämisellä. Kerran iskunkestävä ei ole aina iskunkestävä. Myöskin liuottimien keston kokeileminen on tärkeää ennen konservointiin liittyviä puhdistustoimenpiteitä, sillä vanha maalausjärjestelmä ei välttämättä kestä liuottimien aiheuttamaa stressiä, vaikka sideaine ei niihin liukenisikaan. Konservoinnin päätöksentekoon vaikuttavien ei-materiaalisten näkökohtien käsittely jouduttiin jättämään työssä hyvin pinnalliselle tasolle. Kuitenkin todettiin, että veteraaniajoneuvojen maalipintoihin liitetään monenlaisia arvoja, joiden tapauskohtainen selvittäminen on avain patinan määrittämiseen.

Hermes-mopedin tutkimus toimi loistavana johdatuksena maalattuihin metallipintoihin. Opinnäyteprosessin aikana alun perin etäinen pintakäsittelytekniikka muuttui itsestään selväksi osaksi ammatillista osaamista ja yleissivistystä. Taka-ajatuksena työssä olikin käydä läpi 1900-luvulla teräksen korroosionestomaalauksessa tapahtuneita kehitysaskelia, ja kerätä näin ammatilliseen tietopankkiin valmiuksia ymmärtää eri aikakausien maalipintojen ominaisuuksia. Sen lisäksi, että työn aikana opittiin valtava määrä uusia asioita, kerrattiin esinekonservaattorin työn kannalta tärkeitä osa-alueita, kuten polymeerikemiaa ja korroosiota. Myös Metropolia Ammattikorkeakoulun konservointiosaston kemian laboratorion analyttisten laitteiden käyttö ja toimintaperiaatteet tulivat itsenäisen työskentelyn myötä sisäistetyiksi paremmin kuin opintojen aikaisissa hätäisissä ryhmätyötilanteissa. Opinnäytetyön aikana hankittiin paljon tietoa, joka ei näy lopullisessa kirjallisessa raportissa, mutta voi olla suureksi hyödyksi jatkossa. Paljon tästä tiedosta on peräisin auto- ja koritekniikan ja pintakäsittelyalan kirjallisuudesta, mutta myös maaleja koskevalla konservointikirjallisuudella on ollut tärkeä merkitys oppimisprosessissa.

Teollisuusperinnön säilyttämiseen liittyvät kysymykset ovat ajankohtaisia konservointimaailmassa, mikä käy selvästi ilmi ICOM-CC:n metallityöryhmän 3-vuotisohjelman 2011–2014 tavoitteissa, joista yksi on laatia kirjallisuuslistaus teollisuusperinnön konservointia koskevista julkaisuista. (ICOM-CC Metals 2013.) Tällainen listaus olisikin hyvin tervetullut. Opinnäytetyöprosessin aikana kertynyttä tietoa olisi jatkossa mielenkiintoista päästä soveltamaan myös käytännön konservointiprojekteissa, ja seuraava askel olisikin lähteä selvittämään toimivia, konkreettisia menetelmiä teollisuusperinnön konservointiin.

Lähteet

Aktiebolaget Nymans Verkstäder Uppsala. 1927. Ruotsi: AB Svenska Biografteatern. 17.55.

(verkkojulkaisu)

<<http://filmarkivet.se/sv/Film/?movieid=274>> (Haettu 25.4.2013)

Biethan, Uwe 1993. Historical Development. Teoksessa Stoye, Dieter 1993 (toim.). Paints, Coatings and Solvents. Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft mbH, 1–2.

Bivegård, Leif & Vikström, Jonas 2008. Beckers färgtillverkning på Lövholmen i Stockholm: En industrihistorisk undersökning. Nätverket för Byggnadsvård i Västmanlän. Stockholmskällan.

(verkkodokumentti)

<<http://www.stockholmskallan.se/Soksida/?advanced=1&ft=beckers>> (Haettu 9.10.2012)

Blank, Werner J. & Calbo, Leonard J. 1993. Urea, Benzoguanamine and Melamine Resins for Coatings. Teoksessa Stoye, Dieter 1993 (toim.). Paints, Coatings and Solvents. Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft mbH, 78–84.

Brostow, W. & Datashvili T. 2007. Miscibility and thermal properties of blends of melamine-formaldehyde resin with low density polyethylene. Julkaisussa Materials Research Innovations vol. 11 no 3. Lontoo: W. S. Maney & Son Ltd, 127–132.

CCI 1993. The Beilstein Test: Screening Organic and Polymeric Materials for the Presence of Chlorine, with Examples of Products Tested. CCI Notes 17/1. Ottawa: Canadian Conservation Institute.

(verkkojulkaisu)

<<http://www.cci-icc.gc.ca/publications/notes/17-1-eng.aspx>> (Haettu 14.4.2013)

Dickerson, John G. 2002. 50 Years of Epon Resins. Julkaisussa Paints and Coatings Industry Magazine. Troy: BNP Media.

(verkkodokumentti)

<<http://www.pcimag.com/articles/50-years-of-of-epon-resins>> (Haettu 12.4.2013)

Duell, Åsa 2003. Inventering av förorenade områden, Nymans verkstäder i Uppsala. Länsstyrelsens meddelandeserie 2003:3. Uppsala: Länsstyrelsen Uppsala län.

(verkkojulkaisu)

<<http://www.lansstyrelsen.se/uppsala/Sv/Pages/sokresultat.aspx?k=nyman>> (Haettu 5.10.2012)

Eastaugh, Nicholas; Walsh, Valentine; Chaplin, Tracey & Siddall, Ruth 2004. Pigment Compendium: A Dictionary of Historical Pigments. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Eriksson, Erkki (toim.) 1966. Autoteknillinen käsikirja – Kori, 4. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Halonen, Tauno 1996. Automaalaus, Oppilaan kirja.

Harjula, Pentti 1981. Autokorroosio ja sen ehkäiseminen. Teoksessa Enkvist, Pentti;

- Alen, Holger & Harjula, Pentti. Autotekniikan käsikirja: Kori – Korjaukset ja pintakäsittelyt. Helsinki: Tammi, 705–761.
- Heikkinen, Kalevi 2005. Mopojeni matkassa. Lahti: Päijät Paino Oy.
- Heikkinen, Kalevi 2005b. Mopokerhokeskus Kalen talli (verkkojulkaisu)
<<http://www.vmpk.fi/kerhot/MOPOKERHOKESKUS/uutiset.htm>> (Haettu 29.4.2013)
- Hemmi, Jaakko 1959. Mopedi: Rakenne, huolto, korjaus. Helsinki: Tammi.
- Herbst, Willy & Hunger, Klaus 2004. Industrial Organic Pigments – Production, Properties, Applications. Third, Completely Revised Edition. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Hoehne, Klaus 1993. Chlorinated Rubber Coatings. Teoksessa Stoye, Dieter 1993 (toim.). Paints, Coatings and Solvents. Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft mbH, 19–23
- Horie, Velson 2010. Materials for Conservation: Organic consolidants, adhesives and coatings. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Husby-Ärtinghundra Märsta hembygdsförening 2007. Månadens bild Juli 2007. (verkkojulkaisu)
<http://www.hembygdmarsta.se/monthpic_show.asp?sid=4#> (haettu 31.3.2013)
- ICOM-CC Metals 2013. Metal Working Group Triennial Programme 2011–2014. (verkkojulkaisu)
<<http://www.icom-cc.org/106/Triennial%20programme/#.UQKcf-jYIy4>> (Haettu 29.4.2013)
- Introteknik AB 2012. Isotrol klarlack grund produktblad. Lidingö: Introteknik. (verkkojulkaisu)
<http://www.introteknik.se/swe/prodblad/PBIstotrolGrund_sv.pdf> (Haettu 1.4.2013)
- IRUG Spectral Database 2003. ISR00127 Urea formaldehyde resin, Weldwood. Wintherthur Museum and Country Estate. (verkkodokumentti)
<<http://www.irug.org/ed2k/spectra.asp?file=ISR00127.DX>> (Haettu 1.4.2013)
- Kallioinen, Ilkka; Sarvimäki, Ilkka; Takala, Antti & Ådahl, Robert 1992. Maalialan materiaalioppi: käsikirja. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Kinlen, Patrick J.; Osborne, Joseph H.; Jahren, Randall L.; Kutscha, Eileen O. & Sapper, Erik D. 2012. Evolution in Aerospace Coating Technologies. Teoksessa Rawlins, James W. & Storey, Robson F. (toim.) 2012. The Waterborne Symposium: Proceedings of the Thirty-Ninth Annual International Waterborne, High-Solids and Powder Coatings Symposium. Lancaster: DEStech Publications 241–247.
- Knuutinen, Ulla & Mannerheim, Hanne 2006. Identification of historical pigments: Non-destructive and micro-methods. Vantaa: EVTEK Ammattikorkeakoulu.

Kuva, Heikki 1988. Kaksipyöräisten vuosisata. Jyväskylä: Gummerus.

Küchenmeister, Rolf 1993. Alkyd Coatings. Teoksessa Stoye, Dieter 1993 (toim.).
Paints, Coatins and Solvents. Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft mbH, 42–50.

Munoz Vinas, Salvador 2005. Contemporary Theory of Conservation. Oxford: Elsevier
Butterworth-Heinemann.

Nymanbolagen AB 1961. Instruktionbok – mopeder. Uppsala: Nymanbolagen. Mo-
ped.se

(verkkojulkaisu)

<<http://mo-ped.se/1149.htm>> (Haettu 16.4.2013)

Nymanbolagen AB 1959. Crescent: försäljningen bara ökar – Er egen följer väl med?
Uppsala: Nymanbolagen AB.

(verkkojulkaisu)

<http://www.raketsport.com/crescent_produktion59.htm> (Haettu 25.4.2013)

Nymanbolagen AB 1958. Crescent världsmästarmärket – 4 000 000 Nymansfordon
1888–1958. Uppsala: Nymanbolagen AB.

(verkkojulkaisu)

<http://www.raketsport.com/cykel_moped_mc_58.htm> (Haettu 19.4.2013)

Nymanbolagen AB 1957. Crescent världsmästarmärket – Cyklar, mopeder. Uppsala:
Nymanbolagen AB.

(verkkojulkaisu)

<http://www.raketsport.com/crescent_broschyren.htm> (Haettu 19.4.2013)

Nymanbolagen AB 1955. Crescent främst i fältet – Cyklar, Mopeder. Uppsala:
Nymanbolagen AB

(verkkojulkaisu)

<http://www.raketsport.com/cykel_moped_mc_55.htm> (Haettu 19.4.2013)

Nymanbolagen AB 1954. Crescent världsmästarcykeln – Även Ni vinner på Crescent.
Uppsala: Nymanbolagen AB.

(verkkojulkaisu)

<http://www.raketsport.com/cykel_moped_54.htm> (Haettu 19.4.2013)

Nymanbolagen AB 1951. Crescent – Även Ni vinner på världsmästarcykeln 1951.
Uppsala: Nymanbolagen AB.

(verkkojulkaisu)

http://http://www.raketsport.com/cyklar_51.htm> (Haettu 19.4.2013)

Ojanen, Olli J. 1996. Mopedit Suomessa 50-, 60- ja 70-luvuilla: Crescent. Helsinki:
Alfamer.

Plath, Dieter 1993. Phenolic Resins for Coatings. Teoksessa Stoye, Dieter 1993 (toim.).
Paints, Coatings and Solvents. Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft mbH, 84–88.

Poth, Ulrich 2008. Automotive Coatings Formulation. Hannover: Vincentz Network.

Prytulak, George 2009. Another look at painted finishes on outdoor industrial artifacts.

Teoksessa Ryhl-Svendsen, Morten; Borchersen, Karen & Odder, Winnie (toim.), Incredible industry – Preserving the evidence of industrial society, Conference Proceedings 25–27.May 2009. Nordisk konservatorförbund, 155–164.

Quillen Lomax, Suzanne 2005. Phthalocyanine and quinacridone pigments: their history, properties and use. Julkaisussa Reviews in Conservation Number 6 2005. Lontoo: International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 19–29.

Raketsport 2013. Saxopeden 1959–60.
(verkkodokumentti)
<http://www.raketsport.com/saxopeden_59_60_.htm#1139> (Haettu 22.4.2013)

Schernau, Ulrich & Hüser, Bernhard 1993. Analysis. Teoksessa Stoye, Dieter 1993 (toim.). Paints, Coatings and Solvents. Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft mbH, 233–239.

Sedgwick, Michael 1983. Auto 1950- ja 60-luvulla. Jyväskylä: Gummerus.

Selwyn, Lyndsie 2004. Metals and Corrosion. A Handbook for the Conservation Professional. Ottawa: CCI.

Standeven, Harriet A. L. 2011. Research in Conservation, House Paints 1900–1960: History and Use. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

Standeven, Harriet A. L. 2008. The History and Manufacture of Lithol Red, a Pigment Used by Mark Rothko in his Seagram and Harvard Murals of the 1950's and 1960's. Tate Papers: Tate's Online Research Journal, Issue 10 2008.
(verkkojulkaisu)
<www.tate.org.uk/download/file/fid/7323> (Haettu 25.4.2013)

Stigell, R. V. (toim.) 1947. Tavarasanakirja. Porvoo: Werner Söderström Osakeyhtiö.

Stoye, Dieter & Freitag, Werner 1996. Resins for Coatings: Chemistry, Properties and Applications. München: Carl Hanser Verlag.

Swann M. H. 1972. Synthetic Resins. Teoksessa Sward, George S. & Gardner, Henry, A. (toim.). Paint Testing Manual: Physical and Chemical Examination of Paints, Varnishes, Lacquers, and Colors. American Society for Testing and Materials, 92–118.

Teknillinen korkeakoulu 2005. Mitä on IR-spektroskopia? Orgaanisen kemian laboratorio-opas. Orgaanisen kemian verkosto.
(verkkojulkaisu)
<<http://virtuaali.tkk.fi/fi/orgaaninenkemian/labraopas/metodit/reakseuranta/IR/IR.htm>> (Haettu 16.4.2013)

Tikkanen, M. H. (toim.) 1960. Korroosio ja sen estäminen. Helsinki: Kemian keskusliitto.

Tikkurila Oyj 2012. Sideaineiden ja maalityyppien kehityksestä.
(verkkodokumentti)
<http://www.tikkurila.fi/ammattilaiset/tuotteet/tuotehistoria/maalituotteiden_kehitys_k

autta_aikojen/sideaineiden_ja_maalityyppien_kehityksesta> (Haettu 20.9.2012)

Tolvanen, Veikko 1960. Korroosionestomaalaus. Teoksessa Tikkanen, M. H. (toim.) 1960. Korrosio ja sen estäminen. Helsinki: Kemian keskusliitto, 76–116.

Trafi 2011. Museoajoneuvon hyväksyminen katsastuksessa. Liikenteen turvallisuusvirasto.
(verkkojulkaisu)
<<http://www.trafi.fi/tieliikenne/rekisterointi/rekisteri-ilmoitukset/museorekisterointi>>
(Haettu 18.4.2013)

Tunturi, P. J. (toim.) 1988. Korrosiokäsikirja. Suomen Korrosioyhdistyksen julkaisuja n:o 6. Helsinki: Suomen Korrosioyhdistys ry.

Vestola, Elina; Pohjanne, Pekka; Carpén, Leena; Kaunisto, Tuija & Ahlroos; Tiina 2006. Kalsiumkloridin sivuvaikutukset. Tiehallinnon selvityksiä 38/2006. Helsinki: Tiehallinto.

Williams, R. Scott 1994. The Diphenylamine Spot Test for Cellulose Nitrate in Museum Objects. CCI Notes 17/2. Ottawa: Canadian Conservation Institute.
(verkkojulkaisu)
<<http://www.cci-icc.gc.ca/publications/notes/17-2-eng.aspx>> (Haettu 27.3.2013)

Wypych, George & Faulkner, Tom 1999. Basic Parameters in Weathering Studies. Teoksessa Wypych, George (toim.). Weathering of Plastics: Testing to Mirror Real Life Performance. Norwich: Plastics Design Library, 1–14.

Wypych, George & Lee, Fred 1999. Automotive Clearcoats. Teoksessa Wypych, George (toim.). Weathering of Plastics: Testing to Mirror Real Life Performance. Norwich: Plastics Design Library, 291–314.

Yli-Pentti, Arto 1999. Reaktiopinnoitteet. Teoksessa Tunturi, Pirjo & Tunturi, Pekka (Toim) 1999. Metallien pinnoitteet ja pintakäsittelyt. Tampere: Metalliteollisuuden keskusliitto, 98–106.

