

Nina Weckman

Nopeutettujen säärasituslaitteiden vertailu ulkomaaleilla

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Materiaali – ja pintakäsittelytekniikka
Insinöörityö
04.05.2012

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Weckman Nina Nopeutettujen säärasisituslaitteiden vertailu ulkomaaleilla 62 sivua + 1 liite 04.05.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	lehtori Arto Yli-Pentti tuotetutkimus- ja kehityskemisti Jaakko Soininen
<p>Insinööri työ tehtiin Teknos Oy:lle. Yritys on yksi Suomen suurimmista maalin valmistajista. Teknos valmistaa teollisuus- ja rakennusmaaleja niin ammattilaisille kuin tavallisille kuluttajillekin. Insinööri työ tehtiin Teknos Oy:n laboratoriotiloissa.</p> <p>Tämän insinööri työn tavoitteena oli tutkia eri säärasisituslaitteita keskenään sekä vertailla eri ulkotuotteiden väri- ja kiiltoeroja. Lisäksi niitä arvioitiin silmämääräisesti ja mikroskooppilla. Työ suoritettiin puisille näytelevyille, ja näytteet olivat sideaineeltaan erilaisia ulkotuotteita. Nopeutetut säärasisituslaitteet, joita työssä käytettiin olivat Weather-Ometer ja Quick Ultra Violet. Näytelevyjen koestusajat olivat yli 2000 h. Työn tarkoituksena oli saada tietoa eri maalien säikestävyydestä ja samalla laitteiden eroista.</p> <p>Työ aloitettiin tekemällä näytekappaleet ja tutustumalla koestuslaitteisiin alan kirjallisuuden kautta. Näytelevyt laitettiin koestuslaitteisiin ja niistä otettiin määrätyn ajan välimittauksia, joita verrattiin alkumittausarvoihin. Koestuksen päätyttyä kiilto- ja väriarvoja arvioitiin ja havainnoitiin kuvaajien avulla sekä sanallisesti.</p> <p>Työn tuloksena havaittiin, minkälaiset maalit kestävät parhaiten keinotekoista säärasisitusta. Samalla saatiin enemmän tietoa eri laitteiden eroista ja niiden tavoista rasittaa näytelevyjä.</p> <p>Tulokset olivat hajanaiset varsinkin peittävien ja kuultavien näytteiden välillä. Lisäksi koestuslaitteiden välillä tuli jonkin verran hajontaa. Kuitenkin värisävyjen kestävydestä ja kiilloista saatiin hyvää tietoa.</p>	
Avainsanat	säärasisituslaite, ulkomaali, kiiltoero, väriero, näytelevy

Author(s) Title Number of Pages Date	Nina Weckman Weathering equipments comparison with respect to outdoor paints. 62 pages + 1 appendice 4 May 2012
Degree	Materials Technology and Surface Engineering
Degree Programme	Bachelor of Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Arto Yli-Pentti, Senior Lecturer Jaakko Soininen, Research and Development Chemist
<p>This thesis was made for Teknos Oy. The company is one of Finland's largest paint manufacturers. Teknos produces industry- and decorative paints for professionals and ordinary people. The experiments were done at the laboratory of Teknos.</p> <p>The aim of the thesis project was to compare different weathering tests with each other and study the color and gloss differences between different outdoor paint. The color and gloss differences were also evaluated visually and microscopically. The experiments were conducted on wooden samples coated with different outdoor product. The laboratory wheathering equipment were Weather- ometer and Quick Ultra Violet which used UVA and- B lamps. The test time was more than 2000 hours. The purpose was to obtain information about the weathering durability of different paints and the differences between the weathering equipment.</p> <p>The first samples were made and background literature on weathering equipment was studied. The samples were put in the equipment and measurement were taken these were then compared to the original values measured beginning of the experiment. At the end of the expirement gloss and color values were evaluated graphically and verbally.</p> <p>The results of the experiments showed what kind of products are the most durable. At the same time more information was gained about the differences between the equipment and about sample erosion caused by the equipment.</p> <p>The results for translucent samples were more inconsistent than the results for opaque samples. In addition, the between the test equipment were some scattered. Nevertheless, the colours and gloss durability get good information.</p>	
Keywords	weathering tests, outdoor paint, gloss, color, samples

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Työn tausta	1
2.1	Yleistä	1
2.2	Työn rajaus	2
2.3	Työn tavoitteet ja tutkimusmenetelmät	2
2.4	Standardit	3
3	Säärasitus	3
3.1	Laboratoriosäärasitus	4
3.2	Valo ja aallonpituus	5
3.3	Lämpötila	7
3.4	Vesi ja kosteus	7
3.5	Mekaaninen rasitus	8
3.6	Muut vaikuttavat tekijät	8
4	Weather-Ometer (WOM)	8
4.1	Rakenne	10
4.2	Valonlähde / lamput	10
4.3	Suodattimet	12
5	QUV-testi	13
5.1	QUV-laitteen sykli	13
5.2	Rakenne	14
5.3	Lamput	14
5.4	UVA	15
5.5	UVB	15
6	Laitteet vertailussa	16
7	Pohdintaa korrelaatiosta	17
8	Puu näytteiden alustana	18

8.1	Maalityypit puulle	19
8.1.1	Dispersiomaali	20
8.1.2	Alkydiöljymaali	21
8.1.3	Kuullote / kuultavat ulkotuotteet	21
9	Maalin ominaisuudet	22
9.1	Kiilto	22
9.2	Väri	23
9.2.1	Väripigmentit	23
9.2.2	Transparenttipigmentit	23
9.3	Väriavaruus L*a* b*	24
10	Työn suoritus	25
10.1	Näytelevyt	25
10.2	Referenssinäytteet	26
10.3	Puupintojen ulkotuotteet	27
10.3.1	Peittävät maalituotteet	27
10.3.2	Kuultavat maalituotteet	28
11	Tutkimusmenetelmät	28
11.1	Kiillon mittaus	29
11.2	Värin mittaus	30
11.2.1	Värierojen mittaaminen	31
11.2.2	Värimuutokset	32
11.3	Silmämääräinen tutkiminen standardin perusteella	32
11.4	Silmämääräinen tutkiminen ulkonäön perusteella	32
11.5	Mikroskoopilla tutkiminen	32
12	Tulokset	33
12.1	Silmämääräinen tutkiminen standardin perusteella	33
12.2	Silmämääräinen tutkiminen ulkonäön perusteella	36
12.3	Mikroskoopilla tutkiminen	38
12.4	Värin muutokset	41
12.5	Kiiltomuutokset	42
12.6	Dispersio- ja öljymaalit samassa kuvaajassa.	43
13	Tulosten tarkastelu	44
13.1	Silmämääräinen arviointi	45

13.2	Värimuutokset	46
13.3	Kiiltomuutokset	51
13.4	Kiiltovertailua öljy- ja dispersiomaaleissa pohjakohtaisesti	55
13.5	Laitteiden vaikutuksen vertailu kiilto- ja värimuutoksissa	57
13.6	Näytelevyjen muutos	58
13.7	Laitteiden tulokset	59
14	Yhteenveto	59
	Lähteet	61
	Liitteet	
	Liite 1. Tuloksien kuvaajat	

Lyhenteet

QUV Säärasituslaite, Quick Ultra Violet.

WOM Säärasituslaite, Weather-Ometer.

PM1 Perusmaali 1, väritään valkoinen.

PM5 Perusmaali 5, väritään punainen.

PM3 Perusmaali 3, väritään läpinäkyvää/kirkasta.

PM Lyhenne, joka tarkoittaa perusmaalia eli tiettyä maalipohjaa

1 Johdanto

Laboratoriotestaukset ovat hyvin yleisiä nykypäivänä. Niillä pyritään saamaan nopeasti tietoa ja tuloksia eri materiaaleista ja pinnoitusmenetelmistä. Säärasituslaitteilla Weather-Ometer ja Quick Ultra Violet testataan lähinnä ulkotuotteita, jotta saataisiin tietoa, miten ulkoilma ja aurinko vahingoittavat pinnoitteita. Näitä tietoja tarvitaan, jotta maalien ominaisuuksia voitaisiin parantaa ja kehittää. Lisäksi näillä keinoilla saadaan tietoa nopeasti ilman vuosien odottelua. Lähellekään aina ei pystytä arvioimaan, kuinka laboratoriotestaukset kohtaavat todellisen ulkoilman kanssa.

Työn tilaajana toimii Teknos Oy, joka on yksi Suomen suurimmista maalivalmistajista. Teknos valmistaa teollisuus- ja rakennusmaaleja niin ammattilaisille kuin tavallisille kuluttajille. Teknoksen tuotantolaitokset sijaitsevat Helsingin Pitäjänmäessä ja Nurmijärven Rajamäellä. Tuotantoa Teknoksella on seitsemässä maassa ympäri Eurooppaa, Kiinassa sekä Venäjällä. Yritys on perustettu vuonna 1948, ja se kuuluu Suomen suurimpiin perheyriityksiin.

Aihe valittiin, koska Teknos Oy:lle tuli Weather-Ometer-laite ja laitteesta piti saada informaatiota vanhaan Quick Ultra Violet-laitteeseen verrattuna. Koestukset tehtiin Teknoksen laboratoriotiloissa syksyn 2011 ja kevään 2012 välisenä aikana.

2 Työn tausta

2.1 Yleistä

Nopeutetuilla säärasitustesteillä testataan maalien ja niiden alustojen kestävyyttä sääolosuhteissa. Niistä saadaan selville muun muassa, minkä tyyppistä hajoamista materiaalissa ja pintakäsittelyssä tapahtuu. Pinnoitteissa on usein mahdollista havaita halkeilua, maalin irtoilua, värin muutosta sekä kiillon alenemista. [1,s. 20.]

Laboratoriotestauksia on tehty maaliteollisuudessa pitkään, mutta suoraa korrelaatiota ulkoilman kanssa on ollut vaikea löytää. Kehitys on kuitenkin mennyt eteenpäin, ja testauksilla päästään jo lähelle todellisia sääolosuhteita. Laboratoriokoestuksen

heikkous on kuitenkin se, että todellisuutta vastaavaa säätä on hyvin vaikea luoda keinotekoisesti. Lisäksi ulkotestauksessa aikaa kuluu enemmän ja olosuhteet ovat hieman erilaiset kuin laboratoriotiloissa. [1,s. 20.]

Laboratoriotestaukset ovat suuntaa antavia koestusmuotoja, joilla saadaan tietoa eri maalityypeistä ja niiden käyttäytymisestä. Testauksen avulla pystytään vertailemaan, miten maalit ja pinnoitukset käyttäytyvät verrattuna muihin tuotteisiin. [1,s. 20.]

Testaukset ovat kestoiltaan monien satojen ja jopa tuhansien tuntien pituisia ajanjaksoja. Näytteitä seurataan tietyin väliajoin ja niistä mitataan värimuutokset ja kiillot. Lisäksi niitä tarkastellaan visuaalisesti esimerkiksi halkeilujen ja muiden pinnan muutoksien varalta. Näillä testauksilla pyritään ymmärtämään, miten maalit vanhenevat ja mikä tekee niistä kestäviä. Tuloksia hyödyntämällä pystytään kehittämään kestävämpiä maaleja. [1,s. 20.]

Säärasituskokeita verrataan ulkorasitukseen, jolloin vertailukohteena on usein Miamin subtrooppinen ympäristö. Se on jo kauan ollut vertailukohteena ulkona säärasituksessa, koska siellä on korkea lämpötila, korkea kosteus ja hyvä UV-alue. [1,s. 20.]

2.2 Työn rajaus

Työn haluttiin antavan tietoa siitä, miten eri laitteet kuluttavat näytteitä ja mikä niistä olisi lähimpänä todellista ulkona olevaa rasitusta. Tuotteet valikoitiin sideaineen erilaisuuden mukaan. Näin voidaan vertailla, mikä kestää parhaiten. Lisäksi tuotteista valittiin muutama eri värisävy, joita vertaillaan keskenään.

2.3 Työn tavoitteet ja tutkimusmenetelmät

Työn tavoitteena on tutkia erityyppisiä nopeutettuja säärasituslaitteita ja niiden eroja ja havainnollistaa niitä erityyppisissä ulkotuotteissa. Näytteet ovat sideainetyypiltään erilaisia. Näytteitä tutkitaan ennen koestusta, koestuksen aikana viikoittain ja lopuksi havainnoidaan tuloksia. Näytteistä mitataan viikoittain kiillot ja värimuutokset. Lisäksi näytteitä arvioidaan silmämääräisesti ja mikroskoopilla.

2.4 Standardit

Työssä käytetään standardeja, jotka on kehitetty maalien ja lakkojen testaukseen laboratoriolosuhteissa. Standardi ISO11341/1 on kansainvälinen asiakirja, jossa on ohjeet maalipintojen keinotekoiselle sääaltistukselle ksenonlampulla. Standardi koskee Weather-Ometer-laitetta. Lisäksi siinä on määritetty tietyt parametrit, kuten kosteus ja lämpötila. Syklin on määrätty olevan 102 minuuttia ja 18 minuuttia sekä suhteellisen kosteuden on oltavat 40 - 50 % välillä. [24.]

Standardi ISO 11507 on asiakirja, jossa määritetään pinnoitteiden altistumista UV-lampuille ja vedelle. Asiakirja koskee QUV-laitetta, johon voidaan laittaa joko UVA- tai UVB-lamput. Laitetta voidaan käyttää muun muassa puun, kipsin, muovin ja metallin koestukseen. Laitteissa on mahdollista käyttää joko koestusmenetelmää A tai B, jotka eroavat toisistaan hieman. Standardin A-menetelmässä vesi höyrystyy laitteen sisällä. Kuiva vaihe on määritelty +60-asteiseksi ja kondensaatiovaihe on +50-asteinen. Molemmat vaiheet kestävät 4 tuntia. Standardin B-menetelmässä on käytössä vesispray, joka jäljittelee sadetta. Sykli on viisi tuntia kuivausta ja yksi tunti spray-suihkutusta. Näytelevyt koestettiin menetelmän A mukaan. [25.]

Standardi SFS-EN ISO 2813 määrittää kiillon mittaamisen ja sen arvioinnin.[26.] Standardi SFS-EN ISO 4628-1 määrittelee maalien ja lakkojen pinnan huononemisen. Asiakirja määrittää virheiden määrän ja koon. Määrä ja koko voidaan määrittää halkeilusta, hilseilystä ja liituamisesta.[4.] Standardi SFS-EN ISO 4628-2 on jatkoa pinnoitteiden pinnan määrittelemiseen. Tässä asiakirjassa on vertailukuvat, joiden perusteella on helppo tehdä havainnot ja vertailut. [12.]

3 Säärasitus

Sää- ja ilmasto-olosuhteet ovat pinnoitteita ja materiaaleja vahingoittava tekijä ympäristössä. Lisäksi sää voidaan jakaa moniin erilaisiin "elementteihin". Sään aiheuttamia muutoksia tutkitaan säärasituslaitteilla, jotka on kehitetty laboratorioihin mahdollistamaan sääolosuhteet. Niillä saadaan selville maaleissa ja eri materiaaleissa tapahtuvat muutokset. Tuhoutumiseen mihin vaikuttavat auringonvalo, lämpötilan vaihtelut, kosteus, vesi sekä ilmassa olevat kaasut ja happi. [1, s. 5-6.]

3.1 Laboratoriosäärasitus

Nopeutetuilla säärasitustesteillä haetaan vastauksia kysymyksiin, kuten minkä tyyppistä hajoamista on ja miten materiaali hajoaa. Materiaali kokee kemiallisia muutoksia saadessaan tarpeeksi ilmasto-olosuhteiden rasitusta. Tämän seurauksena materiaali hajoaa. [1, s. 14.]

Säärasitustesteillä on tavoitteena saada maalikalvossa muutoksia aikaan päivissä ja viikoissa. Usein tulokset eivät kuitenkaan havainnollista suoraan ulkokenttäkokeita. Säänkestävyys tarkoittaa maalikalvon kestävyyttä ulkoilman rasituksia vastaan. [5, s. 27.] Ulkoilmassa pinnoitteihin tulee helposti muutoksia, kuten värimuutoksia, liituuntumista, kiillon alenemista, haalistumista sekä tummenemista [2, s.132].

Mittauksia tehdään laboratoriossa, jotta saataisiin tuloksia nopeasti, toisin kuin ulkotestauksessa. Laitteissa käytetään valolähteenä keinovaloa, joka kiihdyttää hajoamista. Valon lähteenä voi joko olla UV-lamppu, ksenonkaarilamppu, monimetallilamppu tai hiilikaari. Kiihdytetty säärasitus on toisin sanoen laboratoriossa järjestetty keinotekoinen rasitus. [1, s. 41.]

Testit pystytään järjestämään taukoamattomina ja niille pystytään asettamaan korkeammat säteilyvoimakkuudet kuin auringon säteilylle. Samalla saadaan katkeamaton päivä-yörytmi, kausiluonteinen vaihtelu sekä sääolosuhteet. Lämpötila, ilmankosteus, lämmönkierto ja vesi pystytään säätämään maksimi tasolle ja epärealistisille rasitusasteille. Tämä ei kuitenkaan usein ole tarkoituksena. [1, s. 41.]

Säärasitustestit ovat käytännöllisiä niiden uusittavuuden ja toistettavuuden takia. Jokainen valolähde on omanlaisensa ja ennen nopeutettua säärasitusta on niistä oltava tietoisia. Silloin voidaan keskittyä siihen, miten hyvin lähde muistuttaa luonnollista auringon valoa ja miten se simuloi muita ulkoisia tekijöitä. [1, s. 41.]

Laboratoriossa olosuhteet ovat valvottavissa. Käytettävissä on enemmän tarkkoja havaintoja tekeviä laitteita kuin ulkomittauskohteissa. Ympäristö on puhdas ja saastuminen voidaan eliminoida tai saadaan kontrolliin tarvittaessa. Lisäksi laboratoriossa voidaan käyttää pieniä näytteitä, jolloin jätteen määrä pystytään minimoimaan ja samalla myös kustannukset pystyvät vähäisinä. Tilat ovat aina

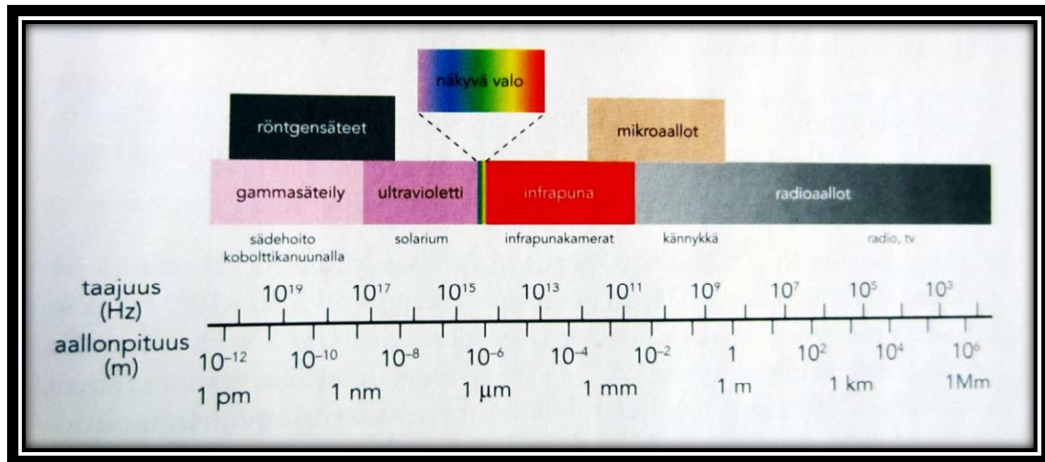
käytettävissä, kun taas testiympäristöjä ulkona on rajoitettu määrä. Laboratoriomittaukset antavat myös vastauksia aikaisemmin kuin ulkotestaukset. Usein ulkotestejä ei pystytä kontrolloimaan niin tarkasti kuin laboratoriotestauksia. Ulkotestaukset ovat helpommin alttiina epäpuhtauksille sekä pilaantumiselle, jolloin ne eivät sovellu laitemittaukseen. Kuitenkin mittauspaikka vaikuttaa aina tuloksiin ja niiden luotettavuuteen. [7, s. 147]

Säätetaustalaitteita käytetään nykypäivänä maaleille, lakoille, painotuotteille, kankaille ja muoveille ja monille muille teollisuuden tuotteille. Teknoksella näitä laitteita käytetään vain maaleilla ja lakoille. [7, s. 188.]

3.2 Valo ja aallonpituus

Valo on sähkömagneettista säteilyä, joka voidaan jakaa eri lajeihin. Sähkömagneettiset lajit voidaan jakaa gamma- ja röntgensäteilyyn, näkyvään valoon, ultravioletti- ja infrapunasäteilyyn sekä radioaaltoihin. Kyseiset säteilylajit ovat havainnollisemmin kuvassa 1. [17, s. 87.]

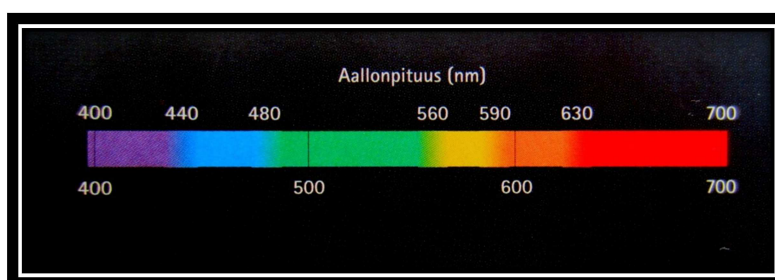
Valon eri jakaumaa kutsutaan spektriksi. Ihmissilmä voi nähdä vain tietyn osan spektrin aallonpituuksista. Aallonpituudet jakautuvat 295 - 3000 nm välille. Pisin aallonpituus on infrapuna 800 - 2450 nm ja lyhin ultravioletti 295 - 400 nm. Ihmissilmän havaitsema aallonpituusalue 400 - 800 nm on näkyvän valon aallonpituusalue. [1, s. 7.] Ihminen havaitsee valon eri aallonpituuksina, kuten esimerkiksi punainen on noin 700 nm ja sininen noin 400 nm. Kuviossa 1 näkyy sähkömagneettisen säteilyn spektri. [2, s. 4.]



Kuvio 1. Spektri sähkömagneettista säteilyä. [17, s. 87]

Ultravioletti-alue voidaan vielä jakaa kolmeen osaan: UVC, joka on alle 280 nm, UVB 280 - 315 nm ja UVA 315 - 400 nm. UVC on lyhytaaltoisinta eikä sitä esiinny maapallolla lainkaan, kun taas UVA- ja UVB-säteilyä esiintyy. UV-säteily aiheuttaa väri- ja kiiltomuutoksia maalipinnassa, lisäksi se voi haurastuttaa maalikalvoa. [18, s. 47.] Koetuksessa käytettävät aallonpituusalueet laitteilla olivat UVA 315 - 400 nm ja UVB oli 280 - 315 nm.

Näkyvän valon spektri eli valkoinen valo, joka tulee auringosta, koostuu erivärisistä valoista. Valon jakautuessa prismassa spektriksi nähdään eri väreit ja väriaallonpituudet. Kuvassa 2 on valkoinen valo prisman jälkeen spektrinä. [19, s. 32-33.]



Kuvio 2. Näkyvän valon alue [19, s. 33]

Mikäli energiaa imeytyy materiaaliin paljon, sen molekyyli-rakenne alkaa heikentyä. Tällöin polymeerisiteet muuttuvat ja lopulta materiaalin rapautuminen / heikentyminen voi alkaa. Lyhemmät aallonpituudet sisältävät enemmän energiaa kuin pidemmät

aallonpituudet. Siksi myös lyhyet aallonpituudet aiheuttavat todennäköisemmin vahinkoa kuin pitkät aallonpituudet. [1, s. 12-13.]

3.3 Lämpötila

Lämpöliike on perusosien, molekyylien tai atomien värähdysliikettä [24]. Lämpötilaerot johtuvat energian liikkeestä. Kun lämpötila muuttuu, aine joko ottaa vastaan tai luovuttaa energiaa. [21, s. 401.]

Korkea lämpötila usein vauhdittaa hajoamisreaktiota. Materiaalin lämpötila johtuu ilman lämmöstä, infrapunasäteilyä ja ilman liikkumisesta, kuten tuulesta. Ilman lämpötilaan vaikuttavat vuodenaajat, ilmastolliset olot ja sää. [7, s. 60.]

Materiaalin lämpötila johtuu ilman lämmöstä ja ilman liikkumisesta. Ulkorasituksessa huomioon tulee ottaa ilman lämpötila, johon vaikuttavat vuodenaajat. Tätä ominaisuutta on todella vaikea ottaa huomioon laboratoriotestauksissa. [7, s. 60.]

Laboratoriorasituksessa lämpötilat ovat hyvin korkeita verrattuna ulkoilmaan. Koestuksessa lämpötilat ovat usein +50 ja +60 °C:n tietämillä. Lisäksi pakkanen on myös yksi pinnoitteita kuluttavista tekijöistä. Harvoin pinnoitteita kuitenkaan testataan pakkasessa. [1, s. 16.]

3.4 Vesi ja kosteus

Vesi on yksi ympäristömme aineista, ja sitä on maapallolla kaikkialla. Sitä esiintyy monessa eri muodossa, kuten sadepisaroina, lumena, kasteena, rakeina ja höyrynä. Kaikki materiaalit ulkona altistuvat näille vaikutuksille. [18, s. 40.]

Vedellä on kaksi tapaa vaikuttaa materiaaleihin. Toinen on veden imeytyminen materiaaliin. Tällöin suoranainen kosteus aiheuttaa fysikaalisia vaikutuksia materiaaliin. Pintakerroksen imiessä kosteutta itseensä aiheuttaa se rasitusta. Kuiva kausi on taas kausi, jolloin kerrosten välillä tapahtuu supistumista, joka helposti johtaa pinnan rasitukseen ja halkeiluun. Kuivumisen ja kastumisen vaihtelu aiheuttaa materiaalissa stressiä ja lopulta halkeilua ja murtumia. Lopuksi pinta irtaantuu alustastaan. [1, s. 16.]

Pakkasen kestävyys kuuluu myös fysikaalisiin ilmiöihin. Pakkanen aiheuttaa myös rasitusta pinnoilla, kun vesi laajenee jäätyessään ja imeytynyt kosteus aiheuttaa materiaalissa kuoriutumista, halkeilua ja hilseilyä.[1, s. 16.]

Liiallinen sade ja tiivistyminen aiheuttavat materiaalissa reaktioita, joita luonnon olosuhteissa ei löydy. Tällöin myös korrelaatiota on turha etsiä. Lisäksi näytteiden alustapuu on haastava, koska puun kosteuseläminen on otettava huomioon.[7, s. 63.] Koestuksessa aiheutetaan keinotekoinen sade tai höyrystyminen, joka on säännöllistä. Kuitenkaan ulkoilmassa sää ei ole koskaan säännöllistä.

3.5 Mekaaninen rasitus

Mekaaninen rasitus on pinnoitetta kuluttava tekijä. Erilaiset rasitustekijät syntyvät esimerkiksi sään, lämpötilan ja kosteuden vaikutuksesta. Mekaanista rasitusta saattaa kehittyä materiaalille monista eri syistä. Syihin kuuluvat muun muassa veden kondensoituminen, kiteytyminen sekä erot lämpölaajenemisessa. Mekaanista rasitusta saattaa muodostua esimerkiksi liuottimen haihtuessa materiaalista. [7, s. 74.]

Lämpötilajakauma on myös toinen mekaanisen rasituksen aiheuttaja. Lisäksi lämpötilan muutos näytteen pinnalla aiheuttaa rasitusta. Ajan kuluessa mekaaninen rasitus poistuu materiaalista, mutta materiaalin kustannuksella, jolloin seurauksena ovat materiaalin rakennemuutokset. [7, s. 75.]

3.6 Muut vaikuttavat tekijät

Muita rasittavia tekijöitä ovat ilmansaasteet, happosateet, home ja lentävä pöly ja hiekka, sumu ja liikenteen päästöt [1, s. 17].

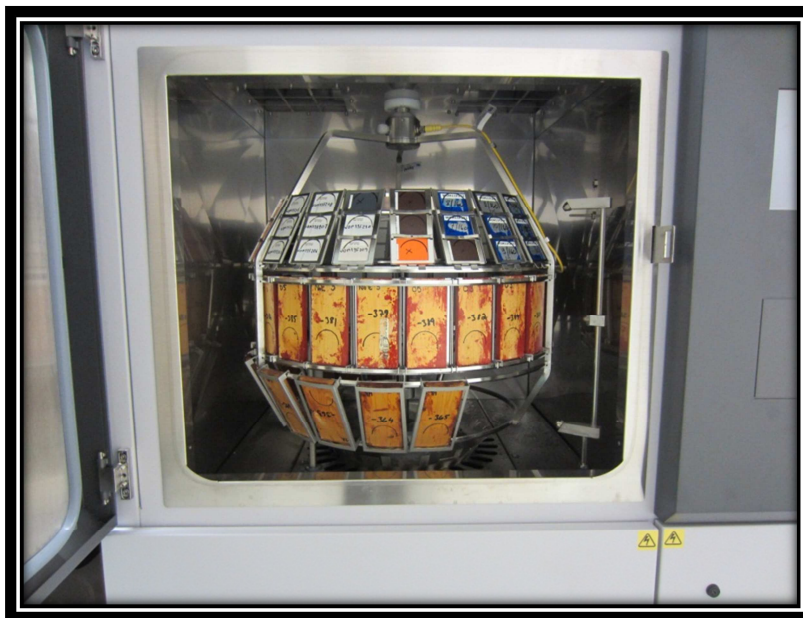
4 Weather-Ometer (WOM)

Ensimmäisiin sääkoestuslaitteisiin kuului Xenotest 150, vuonna 1954. Silloin laitteessa simuloitiin UV-valoa sekä näkyvää valoa. Kyseinen testi on nykyään laajalti käytössä oleva koestusmenetelmä. Kehityksen edetessä laitteeseen on muodostunut kaksi eri jäähdytysjärjestelmää, vesi- ja ilmajäähdytteinen.

Weather-ometer eli WOM, jota työssäni käytettiin, on vesijäähdytteinen. Koestus suoritetaan standardin ISO 11341 mukaan. Kyseinen standardi on suunniteltu maalien ja lakkojen testaukseen. Koestuslaitteessa on kaksi eri vaihetta. Ensimmäinen vaihe on kuiva kausi, jolloin näytteitä altistetaan 108 minuuttia valolle. Toinen vaihe on märkä kausi, joka kestää 12 minuuttia. Tällöin levyjä kastellaan vedellä ja samalla levyt altistuvat myös valolle. Märkäkausi jäljittelee sadetta. Samalla suhteellinen kosteus nousee laitteen sisällä. Suhteellista kosteutta pystytään myös kontrolloimaan halutessa. Laitteen yksi sykli kestää 120 minuuttia.

Tämä märkäkausi on hyvin kuluttavaa, koska vesi tulee levyihin molemmilta puolilta ja oikein vetenä. Niinpä puulevy reagoi tähän voimakkaasti. Puun mahdollista reagoimista minimoitiin takapuolen lakkauksella. Koestuksessa käytetty laite oli malliltaan Ci4000. [7, s. 188.]

Laite on hyvin tarkka. Säteilyn, lämpötilan ja kosteuden mittausepävarmuus vaihtelevat vain muutaman prosentin tarkkuudella. Lisäksi ajan mittausepävarmuus on ± 1 sekunti. [7, s. 179.]



Kuvio 3. WoM-laite sisäpuolelta näytteiden kanssa.

4.1 Rakenne

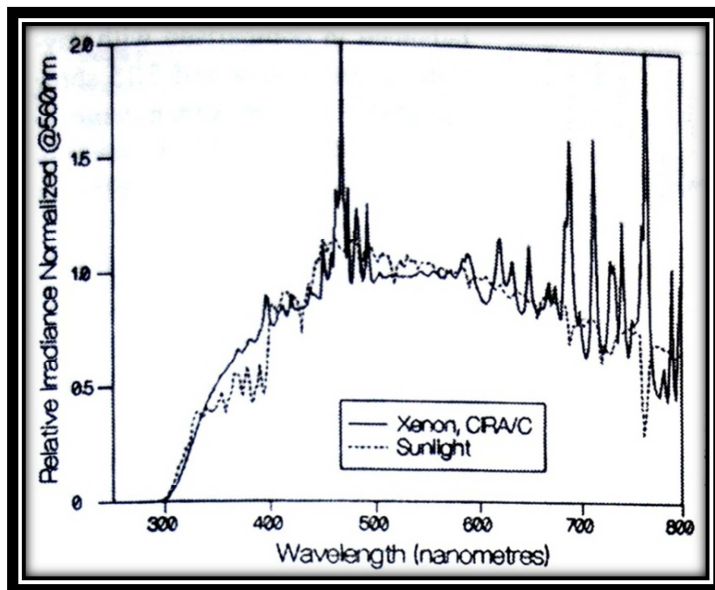
Weather-Ometereita on sisällöltään erilaisia. Näytteet voivat olla joko pysty- tai vaaka-asennossa. Laitteessa voi myös olla kaksi- tai kolmitasoiset porrastetut telineet. Teline kiertää ksenonlamppua tasaisesti ympäri. Tällöin jokainen näyte altistuu säteilylle, lämmölle, vedelle sekä ilmankosteudelle paikasta riippumatta. Testeissä voidaan säätää asetukset joko automaattiseksi tai manuaaliseksi. Käytössä ollut WOM oli kolmitasoinen ja siinä näytteet olivat pystyasennossa. Kuviossa 3 on WOM-laite sisältä kuvattuna. [1, s. 43.]

Näytelevyjen pitimet ovat kehikot, jossa on puristimet toisessa päässä. Kehikot asetetaan telineeseen, ja näin ne pysyvät laitteessa paikallaan. Näytelevyt ovat ohuempia kuin UVA- ja UVB-testissä (noin 7 mm), koska laitteen pitimet vaativat sen. [7, s. 168.]

Lisäksi laitteen telineissä on vakiolevynä kiinni standardilevy, joka on musta. Levy on kiinteästi laitteessa, ja sillä pystytään tarkkailemaan koneessa sisällä tapahtuvia muutoksia. Näin pystytään tekemään huomioita kalibroinnista ja mahdollisista vioista. [1, s. 48.]

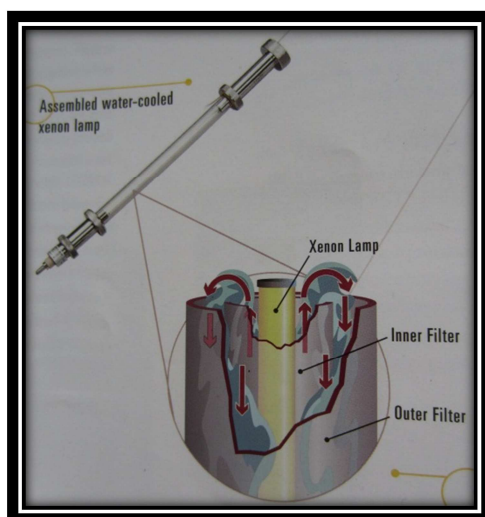
4.2 Valonlähde / lamput

Laitteen ksenonlamput ovat tiivisti suljetuissa putkissa keskellä laitetta. Lamput vastaavat läheisesti spektriltään auringon UV-säteilyä ja näkyviä aallonpituuksia. Lamput on ympäröity optisella suodatinsysteemillä. Näytteet altistuvat ksenonlampun kaikille aallonpituuksille. Ksenonkaarilamppu on otettu käyttöön kiihdytetyissä säärasituskokeissa vuonna 1954 Saksassa. Aluksi ongelmia oli vakauden kanssa, kunnes sopiva suodatin löytyi. Tämän jälkeen ksenonlampusta on tullut valolähteenä kaikkein läheisin UV-säteilylle päivänvalon spektriä muistuttava. Lamppuun on mahdollista lisätä sopivia suodattimia, jolloin säteilyn ulostuloa voidaan kontrolloida. Kuviossa 4 CIRA-suodatin ksenonlampun kanssa jäljittelee päivänvaloa erinomaisen tarkasti. [7, s. 155.]



Kuvio 4. Ksenonlamppu ja auringonvalo Miamiassa [7, s. 153]

Myöhemmin laitteessa on otettu käyttöön ohjausjärjestelmä, jolla valvotaan ja säädellään näytteeseen kohdistuvaa säteilevää energiaa. Lamppujen toinen tärkeä osa on jäähdytysjärjestelmä. Polttimessa kaaren lämpötila on + 1000 °C. Näin ollen vesi tai ilma pumpataan seinämien välillä. Näin saadaan myös viilennys toimimaan. Kuviossa 5 näkyy vasemmalla puolella lamppu ja oikealla alempana sen ympärillä olevat seinämät ja jäähdytysjärjestelmä. [7, s. 155.]



Kuvio 5. Ksenonlamppu ja jäähdytysmenetelmä [1, s. 43]

4.3 Suodattimet

Laitteesta ulos tuleva valo voidaan korjata suodattimella, kuten esimerkiksi suodatin voi poistaa alle 300 nm säteilyn ja ylimääräisen IR-säteilyn. Suodattimet voidaan jakaa eri ryhmiin. Laitteissa käytetään useita erilaisia säteilyn suodattimia esimerkiksi 340, 300-400 ja 420 nm:n suodattimia. Euroopassa käytetään usein 300 - 400 nm suodatinta.

[7, s. 158 – 162.]

Laitteisiin on saatavilla monenlaisia suodattimia, joita on lueteltu taulukossa 1. Ensimmäinen sarake kuvaa sisintä suodatinta ja toinen sarake ulkoista suodatinta. Keskellä suuri alue kuvaa testiolosuhteita ja oikeanpuolinen kaista kuvaa säteilyintensiteetti aluetta W/m^2 . Esimerkkinä on ylimmäinen rivi, jossa ensin on sisäsuodatin Type S Boro silloin myös ulkoinen suodatin olisi Type S Boro. Tämä on yleisin yhdistelmä sääkoestuksessa päivänvalosuodatinjärjestelmässä. Lopuksi taulukosta löytyvät tehoalueet.

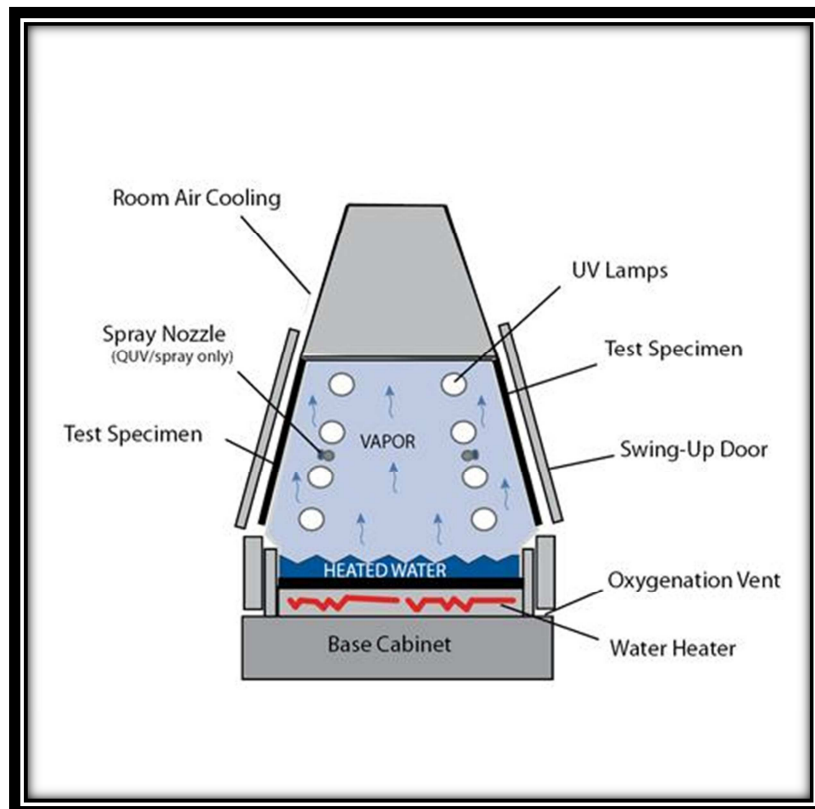
Taulukko 1. Eri suodattimia taulukoituna [15.]

Filter Combinations		Test Conditions	Irradiance Ranges W/m^2				
Inner	Outer		Wattage	300-400 nm	340 nm	420 nm	
Type S Boro	Type S Boro	Most common combination for weathering tests (Daylight filter system)	Min. 2500 W Max. 7500 W	29 141	307 1356	0.25 1.26	0.59 2.76
Type S Boro	Soda Lime	Most common combination for lightfastness tests behind window glass	Min. 2500 W Max. 7500 W	28 129	308 1340	0.23 1.10	0.61 2.76
Quartz	Type S Boro	Weathering tests with somewhat more and shorter UV than sunlight	Min. 2500 W Max. 7500 W	32 160	304 1385	0.29 1.50	0.59 2.79
Right Light®	Quartz	Weathering tests requiring the most precise match to sunlight available	Min. 2500 W Max. 7500 W	35 168	326 1425	0.35 1.68	0.66 2.99
Right Light®	CIRA Coated Quartz	Weathering tests requiring the most precise match to sunlight available and lower test specimen temperatures	Min. 2500 W Max. 7500 W	35 169	311 1352	0.34 1.69	0.66 2.99
CIRA	Type S Boro	Weathering tests requiring full spectrum match and/or lower test temperatures	Min. 2500 W Max. 7500 W	33 168	305 1397	0.31 1.57	0.60 2.93
CIRA	Soda Lime	Weathering tests requiring precise match of solar cut-on, full spectrum match and/or lower test temperatures	Min. 2500 W Max. 7500 W	31 151	313 1383	0.28 1.40	0.64 3.00
Type S Boro	Soda Lime + Float Glass in Auxiliary Lantern	Common combination for testing European automotive interior trim materials (Requires lantern assembly)	Min. 2500 W Max. 7500 W	23 109	269 1223	0.17 0.82	0.56 2.54
CIRA	Soda Lime + Float Glass in Auxiliary Lantern	Lightfastness test for automotive interior materials to meet GMW 3414TM		97	1063	0.80	2.20
Quartz	Type S Boro + 335 nm Long Pass Filter in Auxiliary Lantern	Lightfastness test for automotive interior materials to meet Ford FLTM B0-116-01		46	537	0.38	1.06
HL 35/65/4000	HL 3000/4000	Lightfastness test for automotive interior materials according to ISO 105-B06, VDA 75202, and European company specifications		60	678	.55	1.40
Sunlight Measurements			Irradiance Ranges W/m^2				
			300-400 nm	340 nm	420 nm	300-800 nm	300-2450 nm
Average Optimum Natural Daylight	Measured 45° South Cloudless Miami, FL		28	0.30	0.67	287	
Peak Natural Daylight	Measured solar noon on Vernal Equinox at normal incidence Miami, FL		66	0.70	1.53	617	
Peak Natural Daylight Standard	Defined for Horizontal Plane (0°) in CIE Publication No. 85 Table 4		69	0.68	1.50	669	1088

5 QUV-testi

QUV on Quick Ultra Violet-testausmenetelmä. Sillä tarkoitetaan nopeutettua ultraviolettirasitusta. Testissä näytteet kokevat vuoronperään kosteusrasitusta ja UV-rasitusta. Testauksessa on mahdollista käyttää UVA- sekä UVB-lamppuja. Näytteiden koestuksessa käytettiin sekä UVA- että UVB-lamppuja. Testiajat ovat yli 2000 tuntia riippuen maalityypistä ja sen kiillon kestävydestä.

Aallonpituudet vaihtelevat lamppuista riippuen. UVB-lampuilla aallonpituus on 280 - 360 nm, kun taas UVA-lampuilla 340 - 370 nm. Perinteinen UV-laite näyttää kuvion 6 kaltaiselta. Kuvassa valkoiset pallot kuvaavat UV-lamppuja. Laitteen alaosassa on höyrystyvä vesi ja sivuille asettaan näytelevyt.



Kuvio 6. QUV-laitteen poikkileikkaus.

5.1 QUV-laitteen sykli

QUV-laitteessa on kaksi vaihetta. Syklin ensimmäinen vaihe on kuiva vaihe, jolloin laitteen sisälämpötila on + 60 °C. Tällöin laite pitää lämpötilan vakaana ja kuivattaa

levyjä. Syklin toinen vaihe on märkä vaihe, jolloin laitteen lämpötila alenee + 50 asteeseen. Samalla pohjalla olevaa vettä kuumennetaan ja se höyrystyy. Laitteen yksi sykli kestää 8 tuntia. Niinpä molemmat vaiheet kestävät neljä tuntia vuorollaan. [16]

QUV-laitteeseen saadaan standardin mukaiset kaksi eri menetelmää käyttöön. A-menetelmä on edellä mainittu. Menetelmässä B on käytössä spraysuutin, jolloin vesi suihkuu suoraan levyihin. Lisäksi tässä menetelmässä kuivavaihe kestää 5 tuntia ja märkävaihe 1 tunnin. Koestuksessa käytössä oli menetelmä A.

5.2 Rakenne

Laitteen molemmilla puolilla on telineet levyille, kuten kuviossa 6, jossa näkyy laitteen pääty. Laite koostuu viistoseinämistä, joihin levyt laitetaan. Laitteen keskellä on UV-lamput ja vesi / kosteus.

UV-laitteen näytelevyt ovat hieman paksumpia kuin WOM-levyt. Pitimet ovat metallisia kehikoita, joihin levyt asetetaan. Puulevyt ovat paksuja, ja tämän takia kiinnittäminen on hieman haastavaa. UV-laitteeseen on laitettava tietyn paksuisia puulevyjä, koska kosteuden vaikutuksesta puulevyt käpristyvät liian nopeasti eikä laite pääse toimimaan oikealla tavalla. Käpristyneet näytelevyt estävät luukkujen sulkemisen eikä tällöin laite pysy käynnissä.

5.3 Lamput

Valonlähteenä UV-laitteessa toimivat erilaiset loisteputkilamput. Erilaisia UV-lamppuja on ollut käytössä teollisuudessa. UVB-lamput, joiden aallonpituusalue on 313 nm esiteltiin vuonna 1984, ja UVA-lamput tulivat markkinoille muutamaa vuotta myöhemmin vuonna 1987. UVA-lamput kehitettiin, jotta saataisiin parempi korrelaatio luonnollisen valon kanssa. Alun perin tiedettiin, että UVB-lamppujen säteily on korkeampienergistä eikä se jäljittele luonnonvaloa. [7, s. 155,165.]

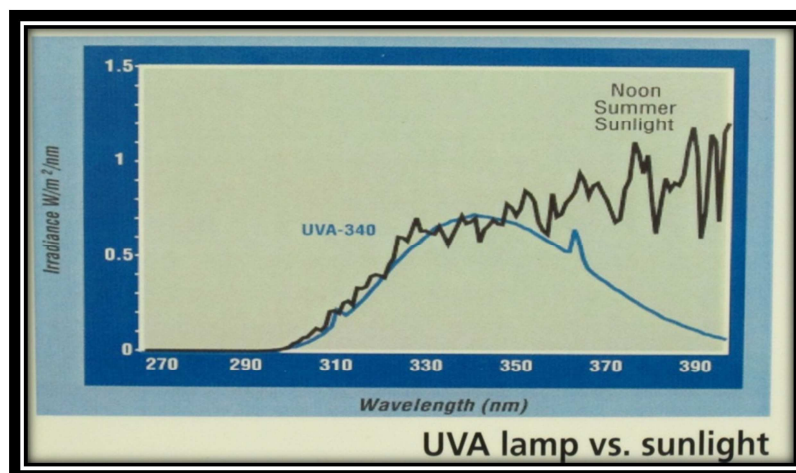
Fluoresenssi on aineiden kyky muuttaa säteilyenergia pitkäaaltoisemmaksi. Tämä ilmiö tulee ilmi putkilampuissa, jolloin UV-säteilyä muutetaan näkyväksi valoksi. [2, s. 28.]

5.4 UVA

UVA-lamppujen säteily on lähempänä auringon säteilyä kuin UVB-lamppujen. Tämä on menetelmänä hellävaraisempi ja näin testiajat ovat pidempiä kuin UVB-testeissä.

Laite sisältää UVA-loisteputkilamput. Lamppuja on saatavissa UVA-aallonpituudella 340 nm, jotka antavat hyvän kuvan auringonvalosta. Laitteeseen on myös saatavilla UVA-lamppuja, joiden aallonpituusalue on 351 nm. Nämä lamput toistavat auringon valoa ikään kuin ikkunalasin läpi. Tällaisia lamppuja käytetään usein sisätilojen mittauksessa.

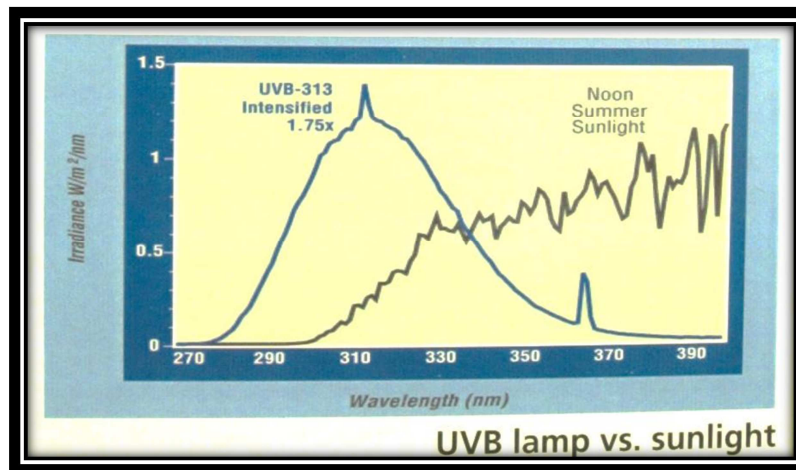
Kuviosta 7 voi nähdä, että UVA-aallonpituusalue on hyvin samanlainen kuin auringonvalon keskellä päivää. Säteily ei ole niin voimakasta kuin UVB-säteily. UVB-lamppujen säteily on todella paljon voimakkaampaa. [16.]



Kuvio 7. UVA-säteily ja auringonvalo [16.]

5.5 UVB

UVB-aallonpituuslamput ovat usein 313 nm, ja ne ovat lyhytaaltoisempia kuin UVA-lamput. Tämä on ankarampaa säteilyä, kuin mitä maan pinnalla normaalisti nähdään. Näin ollen tulokset UVB-lampuilla ovat usein epärealistisia. UVB-lamppujen auringonvaloa lyhytaaltoisempi säteily tunkeutuu syvemmälle testikappaleisiin. [16.]



Kuvio 8. UVB-säteily ja auringonvalo [16]

Kuviossa 8 voi nähdä, miten UVB-säteily on hyvin paljon voimakkaampaa kuin auringon säteily. Ilmakehä kuitenkin suojaa vaaralliselta lyhytaaltoiselta säteilyltä: sen takia UVB-säteily on hyvin vähäistä maapallolla. [18, s. 13.]

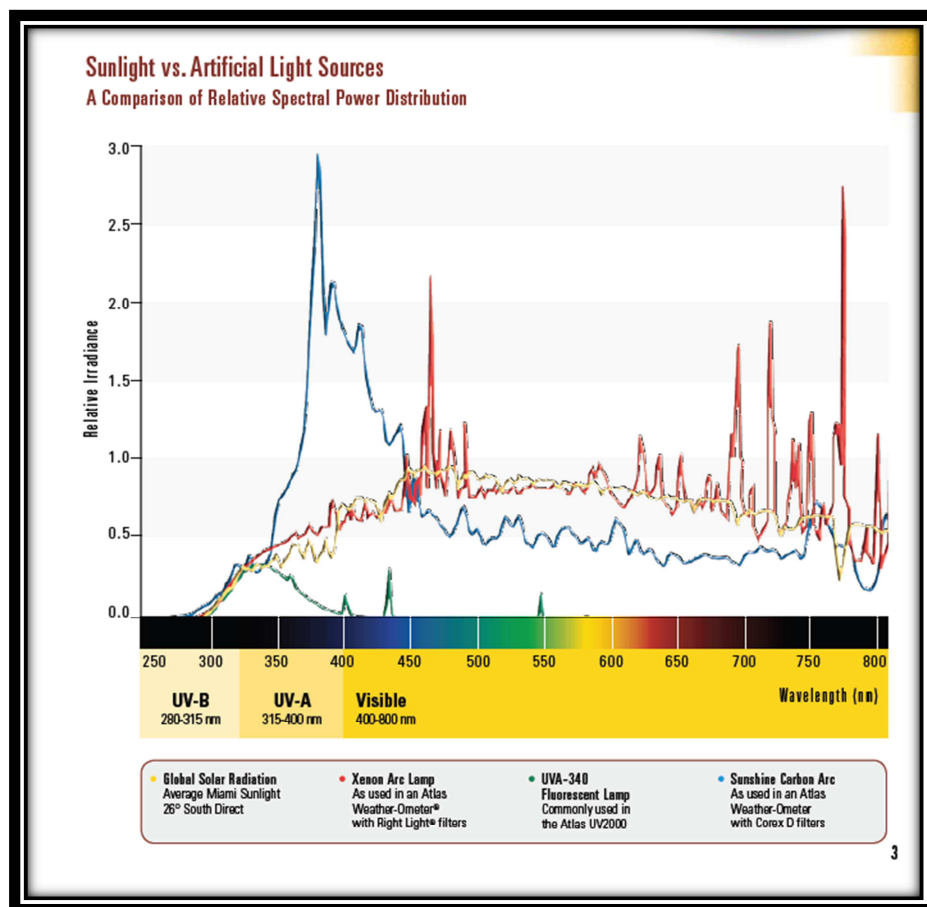
6 Laitteet vertailussa

QUVA-, QUVB- ja Weather-Ometer-laitteiden tarkoitus on sama. Niissä on kuitenkin suuria eroja. WOM on pyörivä laite, jossa valonlähde on keskellä laitetta. Laitteessa vesi suihkuaa näytteisiin sateenomaisesti ja samalla suhteellinen kosteus nousee. Laite on herkkä muutoksille ja vaikeampi huoltaa kuin QUV.

QUV-laitteessa näytelevyt ovat paikoillaan. Valolähteenä toimivat UV-loisteputket. Laitteen sisällä vesi ei suihkua vaan höyrystyy. Lämpötila muuttuu aina kuivan ja kostean kauden välillä. Laitteita ovat helppo käyttää ja huoltaa. Lisäksi laitteessa on vesispray-ominaisuus, jolla vettä saa suihkuamaan näytelevyihin. Tätä ominaisuutta ei kuitenkaan käytetä tässä koestuksessa. Standardin mukaan UV-laitteissa voidaan käyttää joko A- tai B- menetelmää. A-menetelmässä levyihin kohdistuu vain vesihöyryä ja B-menetelmässä levyihin suihkutetaan sateen kaltainen vesisuihku. Lisäksi koestusajat vaihtelevat hieman A- ja B-menetelmien välillä. QUV-laitteeseen voidaan myös vaihtaa joko UVA- tai UVB-lamput.

7 Pohdintaa korrelaatiosta

Laitteet eivät voi korreloida oikeaa säätä, koska niillä ei pystytä luomaan yölämpötiloja, jolloin ilma ja mahdollinen höyry on kylmempää. Lisäksi vesisuihku ei useastikaan vastaa sadetta. Lisähaastetta tuo pakkanen. Niinpä nämä laitteet eivät pysty jäljittelemään oikeaa säätä. Lisäksi vuodenaikojen vaihtelut tuovat lisähaastatta laitteille. Ongelmaa aiheuttaa myös, että tällaiset testit veisivät ulkoilmassa kymmeniä vuosia. [7, s. 172,180.]



Kuvio 9. Kaikki valonlähteet. [15.]

Osa laitteista pystyy jäljittelemään auringon säteilyä todella hyvin. Kuviossa 9 näkyvät kaikkien laitteiden valonlähteet ja lisäksi auringon säteilyä kuvaava käyrä Miamissa. Kuvasta nähdään (keltainen viiva), joka on todellista auringon säteilyä. Muiden valon lähteiden tulisi jäljitellä mahdollisimman hyvin tätä keltaista viivaa. Kuvassa on myös käyrä UVA-valonlähteelle (vihreä viiva). Valonlähteenä UVA ei kuitenkaan ole kovin lähellä todellista auringon säteilyä. Keltainen ja punainen viiva myötäilevät toisiaan

todella hyvin, ja näin voidaan todeta, että ksenonlamppu jäljittelee parhaiten todellista auringon säteilyä. Vaaka-akselilla on aallonpituusalueet ja pystyakselilla on suhteellinen säteilyintensiteetti.

Nämä laitteet antavat paljon tietoa siitä, miten maalit vanhenevat, ja näillä tiedoilla maaleja pystytään kehittämään paremmiksi.

8 Puu näytteiden alustana

Alustaksi valittiin puu, koska testattavat tuotteet on tarkoitettu puulle. Puu on hieman hankala materiaali sen elämisen takia. Lisäksi maalin kiillon ja värin mittaaminen on hankalaa pinnan epätasaisuuden vuoksi. Puuta on hyvä suojata kemiallisesti, mikäli kosteus ei pysy alle 20 %. [13, s. 28.]

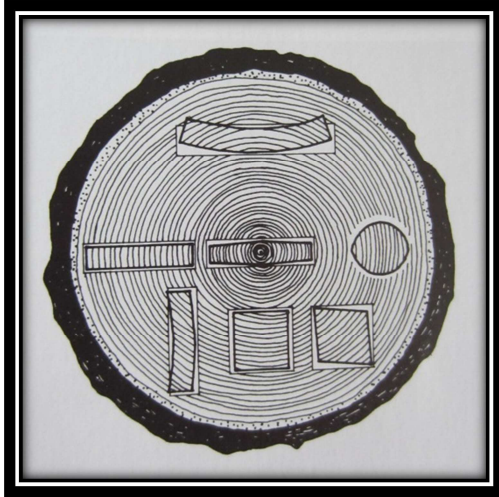
Puu on alustana huokoinen ja maalatessa pintakäsittelyaine tunkeutuu alustaan. Puu on yksi monista maalausaluustoista. Koska puu on luonnontuote, sen ympärillä olevat olosuhteet vaikuttavat puun elämiseen. Esimerkiksi kosteuserojen muuttuessa puu joko turpoaa tai kutistuu. Lisäksi UV-valo hajottaa puuta ajan kuluessa. [5, s. 57,58.] Puussa tapahtuu myös helposti mittamuutoksia. Puuhun saattaa muodostua halkeamia, murtumia, kulumia ja painumia. [8, s. 3.]

UV-säteily ja kosteus yhdessä sienten kanssa ovat puun suurimmat ympäristörasitukset. UV-säteily aiheuttaa muun muassa värin muutosta ja harmaantumista. [20, s. 193.]

Puu on hygroskooppinen aine, joten se pyrkii asettumaan tasapainoon ympäröivän kosteuden kanssa. Niinpä ilman suhteellisen kosteuden tulisi pysyä mahdollisimman tasaisena, jotta kosteuseläminen olisi vähäistä. [13, s. 19.]

Puu kutistuu ja turpoaa eri suunnissa eri tavoin. Veden imeytyessä puun soluseinämiin sen solut turpoavat. Lisäksi puu kutistuu eri suunnissa eri tavoin. Pitkittäissuuntaisella kosteuselämisellä ei ole juuri vaikutusta. Kuitenkin poikittaiseläminen on jo huomioitava. [22, s. 39.]

Puun kutistuminen tangentin ja säteen suunnissa eri tavalla aiheuttaa omat rajoitukset puun käytössä. Puu halkeaa helposti pyöreytensä takia, lisäksi tangentin suuntainen kutistuminen on suurempaa kuin säteen suuntainen. Kuvassa 10 voi nähdä puun kuivumisen vaikutus eri kohdissa puuta. [22, s. 41.]



Kuvio 10. Puun vuosirenkaat ja mahdollinen kosteuseläminen [13, s. 19.]

8.1 Maalityypit puulle

Maali antaa puulle suojan ulkoisilta rasituksilta kuten kosteudelta, auringolta ja mekaanisilta sekä kemiallisilta tekijöiltä. Lisäksi se antaa puulle halutun värin ja ulkonäön. [20, s. 11.]

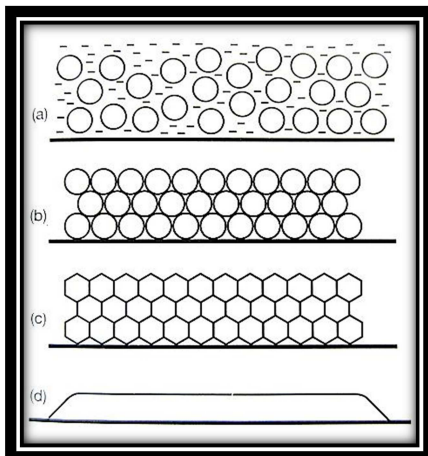
Maalit koostuvat sideaineesta, pigmenteistä, liuotteista ja apuaineista. Sideaine sitoo maalin yhtenäiseksi aineeksi. Se muodostaa kalvon, joka kiinnittyy alustaan. Sideaine määrittää maalikalvon ominaisuuksia, kuten sisäisen lujuuden ja kemialliset ominaisuudet. Sideaine määrittää maalikalvon muodostumisen, siksi maaleja nimitetään sideaineen mukaan. Sideaineen tehtäviin kuuluu myös antaa maalille kestävyttä, joustavuus ja kovuus. [20, s. 11.]

Koestuksessa tutkittiin erilaisia ulkotuotteita, niiden eroja sekä kestävyksiä. Testeihin valittiin kolme sideaineeltaan erilaista ulkomaalia, jotka ovat vesiohenteinen akrylaattidispersiomaali, liuotinohenteinen alkydiöljy maali ja vesiohenteinen kuultava erikoiskuullote.

Elävälle pinnalle tarkoitetulta maalilta vaaditaan monia erikoisominaisuuksia. Ulkomaalilta vaaditaan erityisesti hyvää sään kestävyyttä, korkeaa elastisuutta ja hyvää kiinnipysyvyyttä. [20, s. 192, 196 - 197.]

8.1.1 Dispersiomaali

Dispersiomaali kuuluu fysikaalisesti kuivuviin maaleihin. Sideaine on veteen dispergoitu akrylaattipolymeeri. Sideaine on vedessä pieninä tahmeina palloina. [5, s. 16.] Kuivumisen aikana partikkelit lähentyvät toisiaan ja veden haihduttua ne koskettavat toisiaan. Tämä nähdään kuviossa 11 kohdassa a. Sideainehiukkaset painautuvat toisiaan vasten, ja samalla niiden rajapinnat häviävät, kuten kohdassa b ja c. Seuraavassa vaiheessa polymeeriketjut menevät poikki ja lopulta muodostuu yhtenäinen maalikalvo. [20, s. 23-24.]



Kuvio 11. Dispersiomaalin kalvonmuodostus [20 s 23,24.]

Kalvon muodostus on mahdollista vain 0 - 50 °C lämpötiloissa. Lämpötila vaihtelee polymeerin kovuudesta riippuen. Lisäksi ympäristön kosteus ja lämpötila vaikuttavat veden haihtumiseen ja kalvon muodostumiseen. Kuivuttuaan sideaine ei enää voi liueta veteen [5 s. 16-17.]

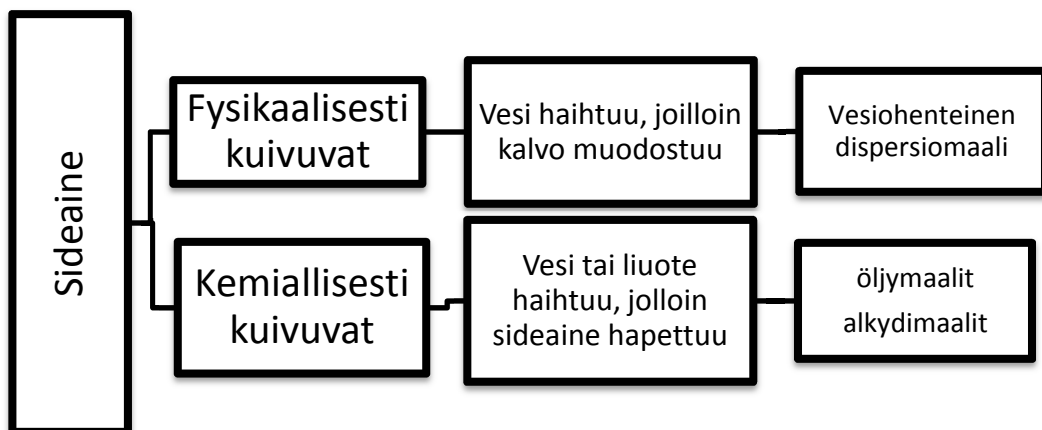
Dispersiomaali on notkeaa, hyvin tarttuvaa ja helposti siveltävää. [13, s. 298.] Maalikalvo on joustava ja kestää hyvin UV-säteilyä ja säilyttää kiiltonsa ja värinsä. Vanhetessaan dispersiomaali on kumimaista ja irtoaa venyvinä suikaleina alustastaan. [5, s. 17.] Koestukseen valittiin yrityksen oma tuote, joka on kiiltoasteeltaan kiiltävä.

8.1.2 Alkydiöljymaali

Alkydiöljymaalit kuuluvat kemiallisesti kuivuviin maaleihin. Veden tai liuottimen haihtuessa maali kuivuu hapettumalla. Tämän jälkeen sideaine hapettuu ja kalvo verkostoituu. Alkydiöljymaalin perusrunko muodostuu muun muassa mäntyöljyalkydista ja pellavaöljystä. Lisäksi mukana saattaa olla niin sanottua tiksotrooppista alkydia, joka parantaa levitysominaisuutta. Verkkoutunut maalikalvo ei pehmenne lämmössä, eikä liukene enää liuotteisiin. [13, s.293 - 294.]

Alkydiöljymaalille ominaista vanhentuessaan on himmentyminen, ja siitä saa alkunsa liituuntuminen. Lisäksi hyvin vanha öljymaali alkaa näyttää niin sanotusti ”krokotiilinahan näköiseltä”, jolloin maalipinta on halkeillut. [13, s. 196.] Alkydimaalit suojaavat puuta UV-valolta puuta, ja tämän seurauksena maaleilla on taipumusta kellastua. [20, s. 202-203.]

Kuvassa 12 voidaan havaita, miten maalit voidaan jakaa sideaineen kuivumisen perusteella. Lisäksi kuvasta käy lyhyesti ilmi, miten kuivumisprosessi tapahtuu.



Kuvio 12. Sideaineen mukainen jaottelu [13, s. 297.]

8.1.3 Kuullote / kuultavat ulkotuotteet

Kuullotteissa käytetään samoja sideaineita kuin peittävässäkin tuotteissa, mutta kuiva-ainepitoisuus on alhaisempi. Kuullote on nimensä mukaan kuultava tuote ulkopinnoille. Ne voivat olla kalvoa muodostavia tai muodostamattomia. Kuultava tuote suojaa puuta

sekä korostaa puun omaa väriä tai antaa sille uuden kuultavan värin. UV-valo aiheuttaa helposti muutoksia kuultaviin puunsuojoihin. [20, s. 196-197.]

Kuullotteita on nykypäivänä vesi- sekä liuotinhenteisiä. Kuullotteen suojakyky ei ole yhtä hyvä kuin peittävän tuotteen ja sen huoltoväli on myös lyhyempi. Lisäksi ne on aina sävytettävä, mikäli sen halutaan suojaavan puuta auringolta. Vanhetessaan kuullote kuluu pois usein hieman väriä muuttaen. [13, s. 302.] Tuote, joka valittiin koestukseen on kalvoa muodostava ja vesiohenteinen.

9 Maalin ominaisuudet

9.1 Kiilto

Kiilto on ominaisuus, joka kuvaa valon heijastuvuutta. Kun puun pinnalta mitataan kiiltoa, tulee ottaa huomioon, että puu on epätasainen alusta ja kiiltoarvot saattavat vaihdella hyvinkin paljon. Normaalisti kiilto mitataan sileältä alustalta. Jokaisesta näytteestä otetaan kolme kiiltoarvoa ja niistä merkitään keskiarvo.

Maalit jaetaan usein kiiltoryhmien mukaan. Standardi SFS-EN ISO 2813 määrittää kiillon mittaamisen 60 asteen kulmassa. Seuraavassa taulukossa 2 kiiltoryhmät 60°:n heijastuskulmassa. [5, s. 50.]

Taulukko 2. Kiiltoryhmät [5, s. 50]

KIILTORYHMÄT KIILTO MITATTU 60°:N HEIJASTUSKULMASSA	VANHA LUOKITUS	UUSI LUOKITUS
1. täyskiiltävä	yli 90 yksikköä	> 80 yksikköä
2. kiiltävä	60...89	61 - 80
3. puolikiiltävä	30...59	36 - 60
4. puolihimmeä	11...29	11 - 35
5. himmeä	6...10	6 - 10
6. täyshimmeä	0...5	0 - 5

9.2 Väri

Väri on aistimus, johon tarvitaan aina valo, värillinen kappale ja havainto. Värit voidaan jakaa sävyjen, vaaleusasteittain ja värikylläisyyden mukaan. [2, s. 31.]

9.2.1 Väripigmentit

Väripigmentit ovat jauheita, jotka antavat maalille peittokyvyn ja värin. Samalla ne suojaavat maalikalvon sideainetta UV-säteilyltä ja säältä. Maalien väripigmentit voivat olla joko epäorgaanisia tai orgaanisia väriaineita. [5, s. 10] Pigmenteiltä vaaditaan tiettyjä ominaisuuksia, kuten valon-, lämmön- ja liuotinkestävyyksiä. Lisäksi niillä tulee olla värivoimakkuutta ja peittokykyä. [2, s. 121,131]

Epäorgaanisista pigmenteistä yleisimpiä ovat valkoinen titaanioksidi ja rautaoksidimusta. Edellä mainitut pigmentit ovat valon- ja säänkestäviä ja samalla vaarattomia ympäristölle. Nämä pigmentit ovat usein oksideja, kuten rautaoksideja, mutta ne voivat olla myös jotakin alkuainetta kuten esimerkiksi hiiltä. Epäorgaaniset pigmentit kestävät happoja, emäksiä sekä kuumuutta. [2, s. 121-122.]

Orgaaniset pigmentit ovat usein puhtaampia sävyiltään kuin epäorgaaniset. Kyseiset pigmentit on johdettu raakaöljystä. [2, s. 122] Orgaanisia pigmenttejä on hyvin paljon, kuten esimerkiksi sininen, vihreä ja kirkaat punaiset sekä keltaiset. Kyseiset värit ovat orgaanisesta pigmenteistä tärkeimpiä. Näiden pigmenttien ongelmia ovat kuitenkin huono peittävyys ja korkea hinta. [5, s. 10] Näillä pigmenteillä on huonompi peittokyky ja alhaisempi ominaispaino kuin epäorgaanisilla pigmenteillä [2, s. 122].

9.2.2 Transparenttipigmentit

Epäorgaanisiin pigmentteihin kuuluvat myös transparenttipigmentit. Ne eroavat perinteisistä rautaoksideista siten, että niiden partikkelikoko on paljon pienempi ja ne ovat erimuotoisia. Tämän takia niiden UV-säteilyn absorptio on suurempi ja siksi sideaineen ja puualustan tulisi kestää paremmin hajottavaa säteilyä. [14.] Transparenttisuus tarkoittaa läpinäkyvyyttä. [2, s. 131.]

Etuna näillä läpinäkyvillä pigmenteillä on, että ne ovat kestävämpiä kuin tavalliset pigmentit. Lisäksi ne ovat myrkyttömiä ja niiden kemiallinen kestävyys on parempi. Mitä pienempiä partikkelit ovat, sitä suurempi on niiden ominaispinta-ala ja on pienempi peittokyky. [14.]

9.3 Väriavaruus $L^*a^* b^*$

$L^*a^*b^*$ -väriavaruutta käytetään nykyisin mitä erilaisimmissa tarkoituksissa. Se on CIE:n vuonna 1976 määrittelemä värimalli. Mallissa L^* viittaa musta-valkoasteikkoon, jolloin $L = 0$ on musta ja se absorboi kaiken valon. Kun $L = 100$, tarkoittaa se valkoista, joka taas heijastaa kaiken valon. Asteikossa on vielä $L = 50$, joka on keskiharmaa. Mustuudella tarkoitetaan kuvaajassa mustahiukkasten määrää. [2, s. 30-31, 53.]

Väriavaruus muodostaa pallon, jolloin kohti suoraan keskipisteen kautta kulkee musta-valko akseli. Väriavaruus on esitetty kuviossa 13. Kuvioista nähdään, miten eri värit sijoittuvat pallon muotoon. Esimerkiksi vasemmalla puolella on vihreä lohko ja oikealla puolella on punainen lohko. [2, s. 45]

Koordinaatissa on myös a^* ja b^* , jotka ilmentävät värien suuntia. Punaisuutta kuvaa $+a^*$ ja vihreyttä $-a^*$. Keltaisuutta ilmaistaan $+b^*$ merkinnöllä ja $-b^*$ tarkoittaa sinisyyttä. Kuvion keskusta on väritön, ja värit a^* ja b^* voimistuvat siitä poispäin. [2, s. 37-39, 54]



Kuvio 13. Lab-väriavaruus [2, s. 45]

10 Työn suoritus

10.1 Näytelevyt

Näytteiden valmistuksessa on osattava arvioida tuotetta ja materiaalia. Lisäksi tulisi ymmärtää alustan ja pinnoitteen hajoamisperusteet. [7, s. 189] Koestukseen laitettavat näytteet ovat 150 mm x 70 mm kokoisia, paksuudeltaan 150 mm tai 70 mm riippuen koestuslaitteesta. Näytteet valitaan huolellisesti standardin SFS EN 927-6 mukaisin ohjein niin, että niissä ei olisi oksakohtia, jotka hankaloittavat myöhemmin tulosten mittausta. Näin minimoidaan oksakohtien läpilyönnit ja näytteen mittaamiseen liittyvät haasteet. [27] Näytteet maalataan kahteen kertaan samalla tuotteella ilman pohjamaalia. Näytteet ovat höylättyä kuusipuuta. Koestuksessa testataan vain pintamaalit.

Näytteitä on yhteensä 100 kappaletta, koska maalituotteita on 10 erilaista. Jokaisesta maalituotteesta ja väristä tehdään kolme näytettä yhteen laitteeseen. Samalla tehdään referenssinäytteet, jotka eivät mene laitteisiin koestettavaksi.

Maalaus tehtiin vetokaapissa, jonne näytteet jätettiin kuivumaan vuorokaudeksi. Kuviossa 14 näkyy kuultavat tuotteet maalauksen jälkeen vetokaapissa kuivumassa. Näytteet maalattiin siveltimellä ensin yhteen kertaan kokonaan, jonka jälkeen näytelevyt maalattiin toisesta päästä vielä toiseen kertaan. Väri- ja kiiltomittaukset otetaan näytteen toisesta päästä, jossa maalaus on tehty kahteen kertaan. Lisäksi vertailu tehdään myös kahteen kertaan maalatululta alueelta. Yhden kerran maalattu puoli jätetään arvioimatta. Maalauksessa ei käytetä maalausyhdistelmää, vaan testissä ovat vain eri maalityyppien pintamaalit. Näytelevyjen kiillot ja väriarvot mitattiin ennen koestuksen alkua.



Kuvio 14. Kuultavat näytelevyt vetokaapissa.

10.2 Referenssinäytteet

Näytteitä tehtäessä tehtiin myös referenssinäytteet, joita ei laiteta koestukseen. Nämä näytteet laitetaan vakiohuoneeseen koestuksen ajaksi, niin että niihin tulisi mahdollisimman vähän rasitusta. Koestuksen lopussa näytelevyjä verrataan referenssinäytteisiin. Näin nähdään silmämääräisesti, kuinka paljon väri on muuttunut. Lopuksi näytelevyt ja referenssilevyt kuvataan.

Maalauksen jälkeen näytteet laitettiin kuivumaan 14 vuorokaudeksi vakiohuoneeseen. Huoneessa on koko ajan sama lämpötila ja kosteusprosentti. Lämpötila näytteiden aikaan oli 22,1 °C ja kosteus 48,1 RH %. RH:lla tarkoitetaan suhteellista kosteutta.

Seuraavassa taulukossa 3 on kaikki maalituotteet. Taulukosta näkyvät maalipohja, sävykoodi ja suuntaa-antava väri. Lisäksi transparenttipigmenteillä sävytetyt kuultavat tuotteet ovat merkitty ”Huom.”-kohtaan lyhenteellä transp. PM1 tarkoittaa pohjamaali 1:stä, joka on valmiiksi valkoinen. PM3 on pohjamaali 3, joka on väritön ja PM5 on punaisen värinen valmissävy. Taulukossa olevat sävynumerot on Teknoksen ulkomaalausvärikartasta ja kuultavat puunsuojat-värikartasta.

Taulukko 3. Maalituotteet ja sävyt taulukoituna.

MAALITUOTTEET						
nro	tuote	pohja	sävy nro	sävytetty/ valmissävy	väri	Huom.!
1	Dispersiomaali	PM 3	TM 7842	sävytetty	punainen	
2	Dispersiomaali	PM 5		valmissävy	punainen	
3	Dispersiomaali	PM 1	TM 7132	sävytetty	tait. valk	
4	Kuullote	PM 3	A2	sävytetty	vaalea rusk.	transp.
5	Kuullote	PM 3	A4	sävytetty	tumma rusk.	transp.
6	Kuullote	PM 3	1805	sävytetty	vaalea rusk.	
7	Kuullote	PM 3	1809	sävytetty	tumma rusk.	
8	Öljyjaali	PM 3	TM 7842	sävytetty	punainen	
9	Öljyjaali	PM 5		valmissävy	punainen	
10	Öljyjaali	PM 1	TM 7132	sävytetty	tait.valko	

10.3 Puupintojen ulkotuotteet

Ulkona olevia puupintoja on syytä suojata vaihtelevilta sääolosuhteilta. Puupinnat voi suojata joko kuultavilla tai peittäville tuotteilla.

10.3.1 Peittävät maalituotteet

Peittävät tuotteet eivät jätä puun syykuviota näkyviin, ja ne suojaavat puuta parhaalla mahdollisella tavalla. Lisäksi peittäville tuotteilla on pitkä huoltoväli.

Näytelevyjen peittämissä tuotteissa on käytetty samoja pigmenttejä. Levyihin valittiin sävyt niin, että niitä voidaan rasituksen aikana vertailla toisiinsa. Niinpä dispersiomaaliin ja öljyjaaliin on tehty samat sävyt. Peittämissä maaleissa maalin pohjaväri on valkoinen PM1, väritön PM3 ja valmiiksi punaisen sävyinen PM5. PM5issä punaisuuden antaa rautaoksidipunainen. PM1-pohjaväristä saadaan sävyttämällä vaaleat sävyt ja PM3-pohjaväristä saadaan sävytettyä tummat sävyt.

Dispersiomaalin ja öljymaalisen PM1-pohjaan valittiin sama harmaaseen taittava sävy. PM5 on tehtaalla tehty valmiiksi punaiseksi, niinpä sitä ei enää sävytetty. PM3:n ollessa väritön tulee se aina sävyttää, niinpä PM3 sävytettiin niin lähelle PM5:n valmissävyyn punaista kuin mahdollista. Rasituksessa olevia näytteitä on näin helpompi verrata: onko esimerkiksi valmispunainen PM5 kestävämpi värisävy kuin sävytetty PM3. Samalla pystytään tekemään vertailua siitä, kestäkö PM1:n kiilto ja väri enemmän rasitusta kuin PM3:n tai PM5:n.

PM5 on väriltään valmiiksi punainen ja värin sille antaa rautaoksidipunainen. Pienellä määrällä pigmenttiä saadaan hyvä peittokyky. Rautaoksidipunaisia on useampaa tyyppiä ja niiden sävy muuttuu keltaisempi...sinisempi-asteikolla.

10.3.2 Kuultavat maalituotteet

Kuultavat tuotteet jättävät puun syykuvioinnin näkyviin. Lisäksi niissä on vähemmän pigmenttejä ja sideainetta kuin peittämissä maaleissa. Niinpä kuultavien tuotteiden säänkesto ei ole yhtä hyvä kuin peittävien tuotteiden. Kuultavissa tuotteissa myös tapahtuu helpommin värimuutoksia kuin peittämissä tuotteissa. [13, s. 302.]

Kuultaviin tuotteisiin valittiin kaksi valmissävyä, joita on markkinoilla saatavilla koko ajan. Kahteen muuhun kuultavaan näytteeseen valittiin kaksi aivan uutta sävyä, joissa käytetään transparenttipigmenttejä. Koestukseen valittiin niin ikään kaksi väriparia, vaalea pari, jossa toiseen levyistä levitettiin valmissävy 1805 ja toiseen transparenttipigmenteillä tehty sävy A2. Samanlainen pari muodostettiin myös tummasta sävystä A4 ja 1809.

11 Tutkimusmenetelmät

Mekaanisia ominaisuuksia havainnoidaan esimerkiksi optisilla muutoksilla sekä värimuutoksilla. Optisiin muutoksiin kuuluu muun muassa kiillon aleneminen. [7, s. 242-244.]

11.1 Kiillon mittaus

Säärasitus aiheuttaa kiillon alenemista. Kiiltomittarilla on helppo analysoida tuloksia ja laite on halpa, suhteellisen tarkka ja helposti käytettävissä. Kiillon mittaamiseenkin on oma standardi SES- EN- ISO 2813. Maaleissa kiillon mittaus antaa kuvaa sideaineen kestävydestä, pigmenttipitoisuudesta sekä laadusta. [7, s. 274.]

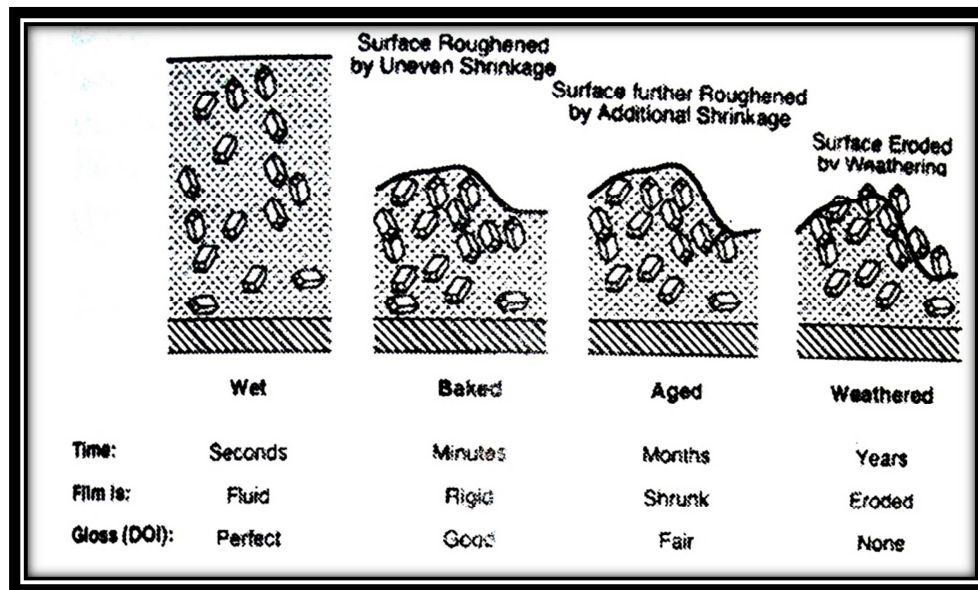
Kiillon muutosta mitattiin kiiltomittarilla noin 400 tunnin välein. Kiiltoaste mitataan pintamateriaalista, jolloin siihen vaikuttaa aina valon tulokulma. Mittauksessa käytetään polarisoimatonta valkoista valoa. Kiiltoa voidaan mitata 20°, 60° tai 85° kulmissa. Kiillon mittaaminen ei kuitenkaan kuvaa sitä, kuinka tasaisesti valo heijastuu pinnalta. Kiilto vaihtelee 0 – 100 % yksikön välillä. Laite, jota käytettiin kiillon mittaamiseen, oli BYK-Gardner malliltaan Micro-TRI-gloss. Kuviossa 15 on mittauksissa käytetty kiiltomittari. [9 ;10.]



Kuvio 15. Kiiltomittari

Pinnan muutokset auttavat selvittämään prosessia, jossa kiilto heikkenee. Jo liuottimen haihtuessa kiilto alenee. Pinnan karheneminen vähentää kiiltoa. Kuvassa 16 voidaan nähdä yleiskuva siitä, miten kiilto ja pinnan muoto ovat yhteydessä toisiinsa. Vasemman puoleinen kuva on märästä maalista, jossa kiilto on täydellistä. Oikealle päin mentäessä pinta muuttuu epätasaisemmaksi ja samalla kiilto alenee. [7, s. 247.]

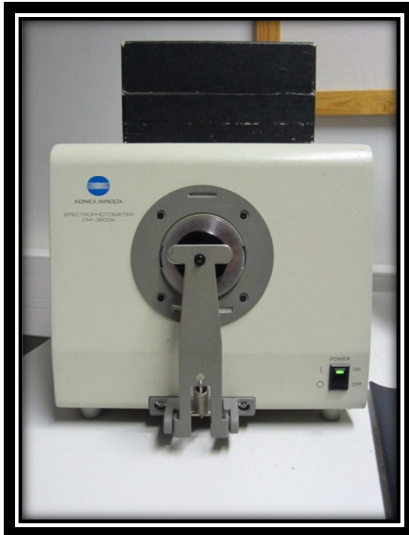
Mikroskooppikuvista voi nähdä, että mitä sileämpi pinta on sitä, kiiltävämpi se on. Kuvista myös hyvin näkyy, että kun pinta on huokoinen ja epätasainen, se myöskään ei ole kiiltävä. Kuvio 16 havainnollistaa asiaa profiilikuvana.



Kuvio 16. Kiilto ja pinnan muoto [7, s. 247]

11.2 Väriin mittaus

Värisävyjä mitataan värimittarilla eli spektrofotometrillä. Väri on aistihavainto, jonka aiheuttaa maalin pinnalta heijastuva valo. Väri voidaan mitata värimittarilla CIELAB väriavaruuden mukaan. Jokaista värisävyä vastaa oma aallonpituus. Värimittauslaite mittaa pinnasta heijastuskäyrän. Väriin muutokset mitattiin näytteistä noin 400 tunnin välein. Mittauksissa käytetty laite on kuviossa 17 oleva Konica Minolta spectrophotometer CM-3600d. [2, s. 53]



Kuvio 17. Spektrofotometri eli värinmittauslaite

11.2.1 Värierojen mittaaminen

Värieroja pystytään aistimaan silmällä, mikäli näytteet on mahdollista asettaa rinnakkain. Pienien värierojen mittaamiseen tarvitaan kuitenkin usein apuvälineitä. [2, s. 57.]

Värimittauksia tehdään, jotta voidaan laskea eri mittausten välinen ero, väriero. Numeroarvoista, jotka saadaan mittauksista, nähdään värierojen suunnat. Kokonaisväriero on ΔE , joka laskee väripisteiden etäisyyden. ΔE kuvaa värieron suuruutta, mutta ei kuitenkaan kerro värieron suuntaa. [2, s. 55-56.]

Värimittauksessa mitattu väri toimii vertailukappaleena muihin väreihin. Usein väriero ilmoitetaan jollakin suurella. Värien vertailu pohjautuu useimmiten värikarttoihin. [2, s. 53.] Tänä päivänä spektrofotometri kytketään tietokoneeseen, joka mittaa arvot. Näin saadaan helposti sävytyskaavoja ja nähdään mahdolliset väripoikkeamat. Verrattaessa rasituksessa ollutta väriä alkuperäiseen voidaan havainnoida väriero ΔE . [2, s. 55- 56.]

11.2.2 Värimuutokset

Värimuutokset johtuvat väriaineiden tai sideaineiden muutoksista. Värimuutoksia voidaan tutkia kolmella tavalla, joista ensimmäinen on haalistuminen, värimuutokset tai keltaisuusindeksi. [7, s. 275.]

11.3 Silmämääräinen tutkiminen standardin perusteella

Visuaalinen arviointi perustuu standardeihin, jotka on kehitetty sitä varten. Standardissa on kuvat tyypillisistä virheistä ja niiden määrästä. Tähän samaan standardiin kuuluvat myös värin arviointi, liituuntuminen, kiinnipysyvyys sekä hilseily. Usein vertailuun kehitetään jonkinlainen taulukko, jonka mukaan vertailu on helpompaa. Liituuntumisessa käytetään usein sormenjälki-testiä. [7, s. 268]

Lisäksi arvioinnissa on hyvä käyttää apuna kameraa. Valokuvat ovat havainnollisia ja niitä on helppo säilyttää. Tällöin itse näytteitä ei tarvitse säilyttää, koska kuvat voidaan tallettaa tietokoneelle ja katsella niitä sieltä myöhemmin. [7, s. 270]

11.4 Silmämääräinen tutkiminen ulkonäön perusteella

Koestuksen jälkeen levyt tutkittiin silmämääräisesti värin ja ulkonäön perusteella. Koestettuja levyjä verrattiin joko referenssinäytteisiin tai toisiin samanvärisiin näytteisiin.

11.5 Mikroskoopilla tutkiminen

Osa näytteistä tutkittiin Leica M205C mikroskoopilla. Lisäksi näytteistä otettiin muutama havainnollinen mikroskooppikuva. Taulukossa 8 on tutkittavat näytteet, jossa koestuslevyjä on verrattu referenssinäytteisiin. Halkeilleet näytteet tutkittiin mikroskoopilla. Muitakin levyjä katsottiin mikroskoopin läpi, mutta yleisesti levyt olivat hyvässä kunnossa. Öljymaalien pinta näytti jauhoiselta ja himmeitä, ja värimuutos oli referenssilevyyn verrattuna suuri. Dispersiomaalien kiilloissa eikä väreissä ollut muutoksia. Lisäksi niissä pinnat olivat tasaiset.

12 Tulokset

12.1 Silmämääräinen tutkiminen standardin perusteella

Taulukossa 4 on vain levyt, joihin halkeamia on tullut koestuksen aikana. Lisäksi taulukossa on halkeamien muodostusajat esillä. Kuultavissa levyissä ilmeni eniten muutoksia Wom-laitteessa. Muutokset ovat kuitenkin hyvin pieniä kaikissa levyissä. Taulukossa vasemman puoleinen sarake kertoo laitteen ja seuraava sarake ilmaisee maalin. Lopussa on tuntimäärä, jolloin muutos on huomioitu, ja viimeinen sarake kertoo vian määrän ja laadun.

Taulukko 4. Standardin mukainen havainnointi näytelevyistä

LAITE	MAALI	VIAN TYYPPI	TUNTIMÄÄRÄ(H)	VIKA
UVA	ÖPM5	Halkeilemisaste	1047 h	1 (s2)
UVA	ÖPM5	Halkeilemisaste	1047 h	1 (s2)
WOM	2A	Halkeilemisaste	1204 h 2022 h	1 (s2) 2 (s2)
WOM	2A	Halkeilemisaste	1204 h 2022 h	1 (s2) 2 (s2)
WOM	2A	Halkeilemisaste	1204 h 2022 h	1 (s2) 2 (s2)
WOM	4A	Halkeilemisaste	1604 h 2022 h	1 (s2) 2 (s2)
WOM	4A	Halkeilemisaste	1604 h 2022 h	1 (s2) 2 (s2)
WOM	4A	Halkeilemisaste	1604 h 2022 h	1 (s2) 2 (s2)
WOM	1805	Halkeilemisaste	1604 h 2022 h	1 (s2) 1 (s2)
WOM	1805	Halkeilemisaste	1604 h 2022 h	2 (s2) 3 (s2)
WOM	1809	Halkeilemisaste	1604 h 2022 h	1 (s2) 1 (s2)
WOM	1809	Halkeilemisaste	1604 h 2022 h	1 (s2) 1 (s2)
UVB	ÖPM1	Halkeilemisaste	988 h – 2138	1 (s3) 1 (s3)
UVB	ÖPM1	Halkeilemisaste	988 h – 2138	1 (s2) 1 (s2)

Taulukossa 5 on vikamerkintöjen selityksiä. Ensimmäinen sarake vasemmalta kuvaa koestuslaitetta, toinen kertoo maalityypin ja pohjan. Kolmas sarake ilmoittaa vian tyyppin, joka oli kaikissa maaleissa halkeilua. Neljäs ilmoittaa tuntimäärän ja viimeinen vian. Ensimmäistä riviä voidaan lukea seuraavalla tavalla. Laitteena on UVA ja näytteenä on öljymaali PM5. Vian tyyppi on halkeaminen ja vika on havaittu viimeistään tunnin 1047 tunnin mittauksessa. Viimeinen sarake ilmoittaa vian.

Vikaa ilmoittaa koodi, jota luetaan seuraavasti: Ensimmäinen numero ilmoittaa vian määrää siis luokitusta a, jonka sanallinen tulkinta löytyy taulukosta 5. Sulkujen sisällä on vian koko luokitus b. Luokitus b ilmoitetaan myöskin sanallisesti taulukossa 5. Tässä tapauksessa ensimmäinen numero 1, tarkoittaa hyvin harvoja halkeamia. Suluissa oleva numero (s2), tarkoittaa että halkeama on juuri ja juuri havaittavissa.

Taulukko 5. Virheiden määrä ja luokituskoot. [27].

VIRHEIDEN MÄÄRÄ JA KOKO LUOKITUS			
Luokitus (a)	Virheiden määrä	Luokitus(b)	Koko
0	Ei mitään	0	ei havaittavissa
1	hyvin harvoja	1	havaittavissa x10
2	tuskin merk. virhettä	2	juuri ja juuri
3	kohtalainen määrä	3	selvästi

Koelevyt tutkittiin jokaisella mittauskerralla, mikäli niihin olisi tullut halkeamia, hilseilyä tai maalin irtoamista. Standardi SFS- EN ISO 4628-1 ja standardi SFS- EN ISO 4628-2 määrittävät kuvien ja sanallisen määrittelyn mukaan, millainen pinta voi olla.

UVA-laitteessa muutoksia ilmeni vain öljymaaleissa PM5-näytteissä. Molemmat halkeilivat ennen 1047 tunnin mittausta. Kuitenkin virheet olivat hyvin vähäisiä, ja niitä pystyi juuri ja juuri havaitsemaan paljaalla silmällä.

Taulukosta 4 voidaan myös nähdä, että eniten muutoksia koestuksen aikana oli WOMin näytelevyillä. WOM aiheutti kuultaviin näytteisiin helposti halkeamia. WOM-levyt olivat hyvin tasaisesti halkeilleet, ja niiden viat olivat joko "hyvin harvoja" tai "tuskin

merkittävää määrää virheissä”. Kaikissa levyissä muutokset alkoivat samojen mittauskertojen välillä ennen 1604 tunnin mittausta.

UVB-laitteessa muutoksia näkyi öljymaalin PM1 näytelevyissä. Niissä virheitä muodostui ennen 988 tunnin mittausta. Virheiden määrä oli kuitenkin hyvin vähäistä, ja halkeamat näkyivät selvästi tai juuri ja juuri. Silmämääräisen tarkastelun pohjalta voidaan sanoa, että eniten muuttuivat WOM-laitteen värisävy 1805, jolla oli paljon halkeamia, ja UVB-laitteen öljymaali PM1, jolla oli selviä halkeamia.

12.2 Silmämääräinen tutkiminen ulkonäön perusteella

Koestuksen loputtua näytelevyt arvioitiin silmämääräisesti yleisilmeeltään. Levyt ovat jaettu tuotepareihin tai ryhmiin.

Silmämääräinen tutkiminen ulkonäön perusteella tapahtui seuraavasti. WOM-laitteessa kuultavat levyt kahdesti maalatulta alueelta olivat halkeilleet jonkin verran, mutta hyvin vähän. Taulukossa 6 vertaillaan koestuksen loputtua kuultavia tuotteita. Kuultavat tuotteet on jaettu väripareihin, jotka ovat vaalea pari ja tumma pari. Lisäksi väriparit on ryhmitelty laitteiden mukaan. Ensimmäinen sarake kertoo laitteen, toinen väriparin ja sävynumeron. Seuraavassa sarakkeessa on arvioitu kumpi väripareista on paremman näköinen. V kuvaa sitä levyä, jonka muutokset ovat vähäisemmät ja x sitä levyä, joka on kokenut enemmän muutoksia. Lopuksi taulukossa on väriparien arvostelu sanallisesti tai muita huomautuksia.

Taulukko 6. Silmämääräinen tarkastelu koestetuille levyille.

LAITE	TUOTE/VÄRI	V / X	SANALLINEN SELITYS
Wom	Vaalea A2	v	A2 oli lähempänä refenssinäytettä ulkoisesti toisin kuin 1805
Wom	Vaalea 1805	x	
Wom	Tumma A4	x	Ero referenssinäytteeseen huomattava, molemmat
Wom	Tumma 1809	x	muuttaneet väriä,
UVA	Vaalea pari A2	v	A2 :ssa ei suurta eroa 1805:seen
UVA	Vaalea pari 1805	x	
UVA	Tumma pari A4	x	
UVA	Tumma pari 1809	v	Ainut pari, jossa sävytetty per.pigm. oli refenttinäytteen kaltainen.
UVB	Vaalea pari A2	v	Molemmat näytteet muuttuneet vähän refenssiin verrattuna
UVB	Vaalea pari 1805	v	
UVB	Tumma pari A4	v	Molemmat muuttuneet selvästi.
UVB	Tumma pari 1809	x	

Seuraavaksi on peittävien näytteiden silmämääräinen vertailu koestuksen jälkeen. Taulukossa 7 vasemman puoleinen sarake ilmoittaa laitteen, seuraava sarake kuvaa maalia ja pohjaa. Seuraavat sarakkeet havainnollistavat ulkonäköä, esimerkiksi sitä onko näyte kellastunut vai ei. Taulukosta voidaan havaita joko väriero (H) tai ei väri eroa havaittavissa merkinnöllä (E). Lopuksi on arvioitu kiiltoa. Taulukossa Ö kuvaa öljymaalia ja D tarkoittaa dispersiomaalia.

Taulukko 7. Silmämääräinen arviointi peittäville tuotteille

LAITE	TUOTE/VÄRI	KELLASTUNEISUUS	SÄVY	KIILTO
Wom	Ö PM1	ei kellastunut	E	Ei kiillon alenemaa
UVA	Ö PM1	kellastunut	H	Ei juuri kiillon alenemaa
UVB	Ö PM1	kellastunut	H	Kiillon alenema
WOM	D PM1	ei kellastunut	E	Ei juuri kiillon alenemaa
UVA	D PM1	ei kellastunut	E	Ei juuri kiillon alenemaa
UVB	D PM1	ei kellastunut	E	Kiillon alenema
Wom	Ö PM3	ei kellastunut	E	Kiillon alenema
UVA	Ö PM3	ei kellastunut	H	Kiillon alenema
UVB	Ö PM3	kellastunut hieman	H	Kiillon alenema
WOM	D PM3	ei kellastunut	E	Ei juuri kiillon alenemaa
UVA	D PM3	ei kellastunut	E	Ei juuri kiillon alenemaa
UVB	D PM3	ei kellastunut	H	Kiillon alenema
Wom	Ö PM5	ei kellastunut	E	Voimakas kiillon alenema
UVA	Ö PM5	ei kellastunut	H	Voimakas kiillon alenema
UVB	Ö PM5	kellastunut	H	Voimakas kiillon alenema
WOM	D PM5	ei kellastunut	E	Ei juuri kiillon alenemaa
UVA	D PM5	ei kellastunut	E	Ei juuri kiillon alenemaa
UVB	D PM5	ei kellastunut	E	Voimakas kiillon alenema

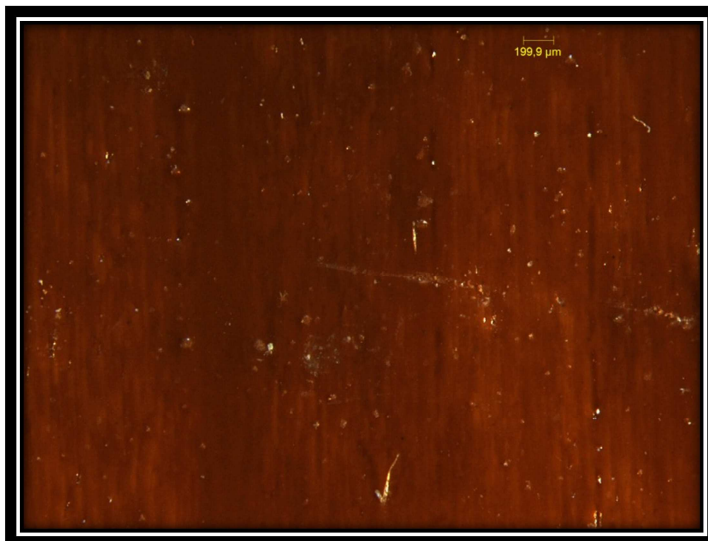
12.3 Mikroskoopilla tutkiminen

Mikroskoopilla voidaan tutkia koestettuja näytteitä, jolloin näkyvät pienimmätkin halkeilut ja muutokset. Taulukossa 8 on näytteiden tuloksia, joissa oli suurimpia näkyviä muutoksia. Ensimmäisessä sarakkeessa ovat laite ja maali. Toisesta käy ilmi onko levy referenssi vai koestettu kappale. Viimeisessä on sanallinen kuvaus levyistä.

Taulukko 8. Mikroskoopilla tutkitut näytteet taulukoituna.

LAITE / NÄYTE	NÄYTE	SANALLINEN KUVAUS
UVA / Ö PM 5	Ref.	Pinnalla erottui lika, muuten ok
UVA / Ö PM 5	Koestus	Pinta oli jauhomainen, väri oli haalea, naarmuinen
UVB / Ö PM 1	Ref.	Pinta oli kiiltävä ja puhdas.
UVB / Ö PM 1	Koestus	Pinta oli paljon himmeämpi, jauhoinen, lisäksi pinta oli huokoisempi.
WOM / 1805	Ref.	Pinta tasainen
WOM / 1805	Koestus	Pinta kuoppainen, himmeä ja siinä oli suuria halkeamia
WOM / 1809	Ref.	Pinta ok
WOM / 1809	Koestus	Reilusta pieniä halkeamia, himmeä
WOM / 2A	Ref.	Kiiltävä
WOM / 2A	Koestus	Pinnassa suuria halkeamia
WOM / 4A	Ref.	Kiiltävä ja tasainen
WOM / 4A	Koestus	Kuoppainen, himmeä. Suuria halkeamia

Mikroskooppikuvat on otettu kuultavien näytteiden sävyistä 1809. Ensimmäinen kuvio 18 on koestamattomasta referenssinäytteestä. Näytteen pinta on suhteellisen sileä ja puu on vahingoittamaton.



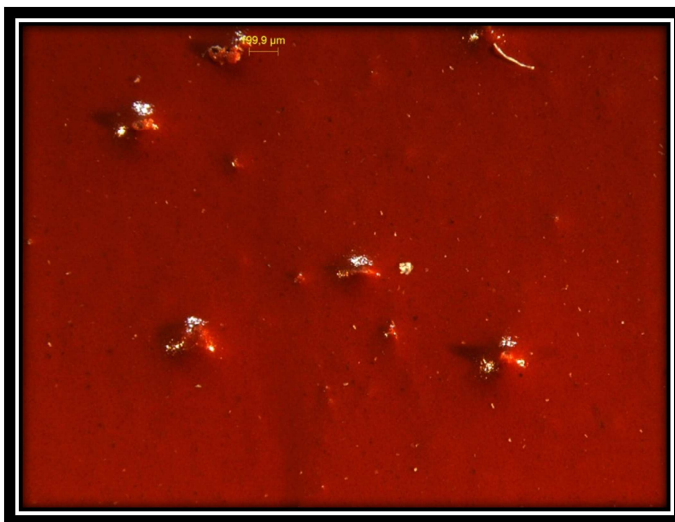
Kuvio 18. Referenssinäyte sävynumero 1809.

Kuvio 19 on koestusnäytteestä. Kuvista näkyy hyvin, kuinka koestettu näyte on halkeillut. Näytteiden välinen ero on suuri. Puun kosteuselämisen pystyy hyvin näkemään koestetusta levystä. Väriero on myös paljaalla silmällä huomattava. Näyte on ollut WOM-laitteessa.



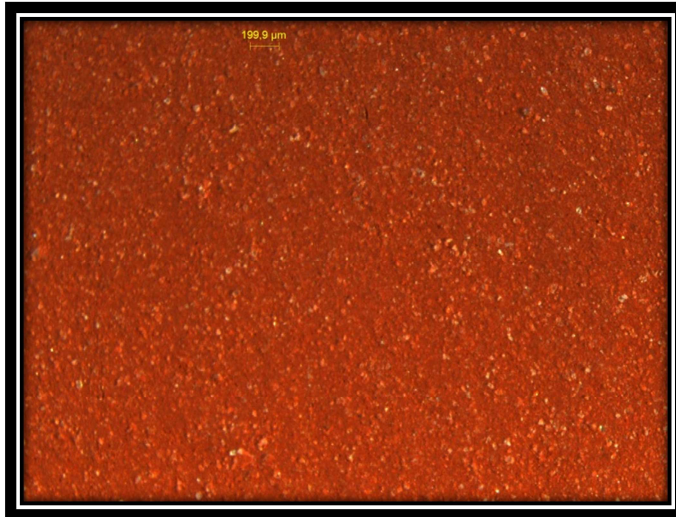
Kuvio 19. Koestettu levy sävynumero 1809 laitteessa WOM.

Kuviossa 20 nähdään, kuinka erilaiselta öljymaalin pinta näyttää ilman koestusta. Nimittäin kuvan näyte on koestamaton öljymaali PM5. Pinta on kiiltävä ja suhteellisen sileä. Kuumut pinnassa on maalipinnan alla olevista roskista, ja ne ovat joutuneet sinne maalatessa.



Kuvio 20. PM5-öljymaalin referenssinäyte.

Kuviossa 21 on koestuksen jälkeinen kuva öljymaalin PM5 pinnalta. Öljymaalin pinta on huokoinen, rakeinen ja hyvin kulunut. Kuitenkin maali ei ole kulunut pois eikä puualusta näy. Lisäksi väriero kuvion 21 ja 22 välillä on huomattava. Peittämissä tuotteissa puun eläminen ei juuri näy. Kuvan näyte on ollut säärasituksessa laitteessa UVA.

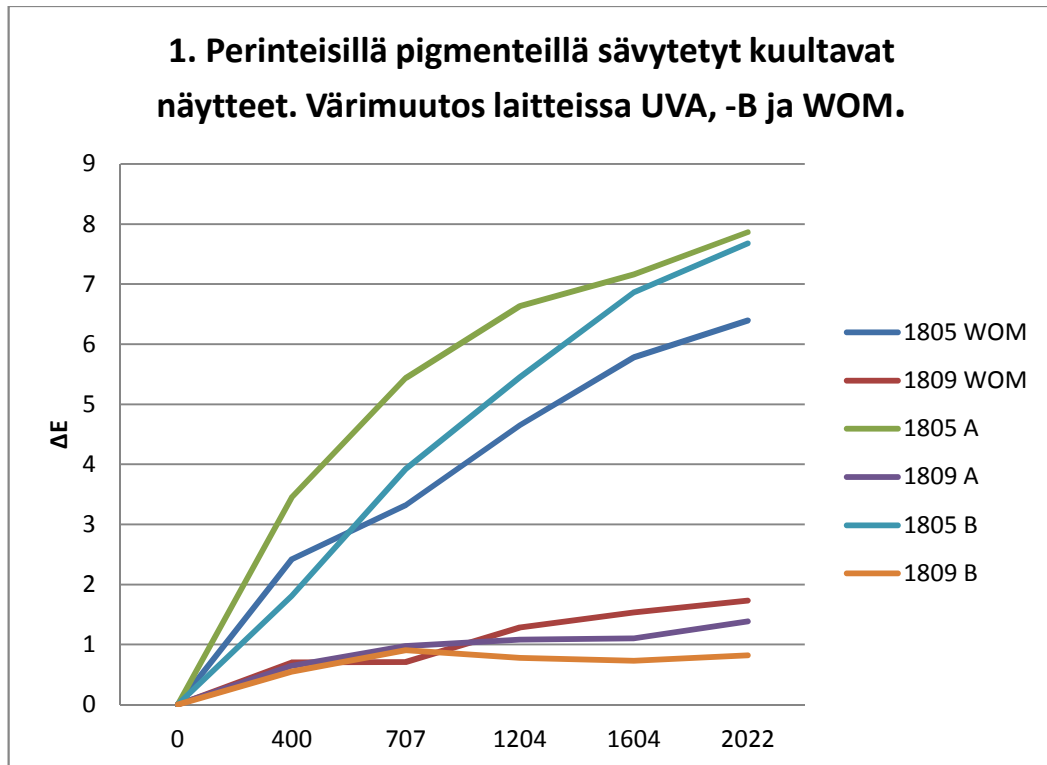


Kuvio 21. PM5-öljymaalin koestettu maalipinta.

12.4 Värin muutokset

Värisävymuutokset tulisi olla mahdollisimman pieniä. Näytelevyjen väriarvot mitattiin noin 400 tuntia koestuksen aloituksesta ja siitä eteenpäin. Värin aloitusarvo on nolla, ja mittausten edetessä värimuutos suurenee. Värimittari mittaa värimuutosta ΔE , joka kuvaa kaikkien L^* a^* b^* yhteismuutosta. Arvot on laskettu levyjen keskiarvoista. Väriarvo mitattiin koko koestuksen ajan samasta merkitystä kohdasta jokaisella mittauskerralla.

Näissä levyissä hilseily ja kiinnipysyvyys ei ollut ongelmana. Koestuksen tuntimäärä oli niin lyhyt, hieman yli 2000 tuntia, että lähinnä halkeilu oli ainut pinnalla tapahtunut muutos. Taulukossa 4 on silmämääräinen arviointi levyjen halkeilusta koestuksen aikana.



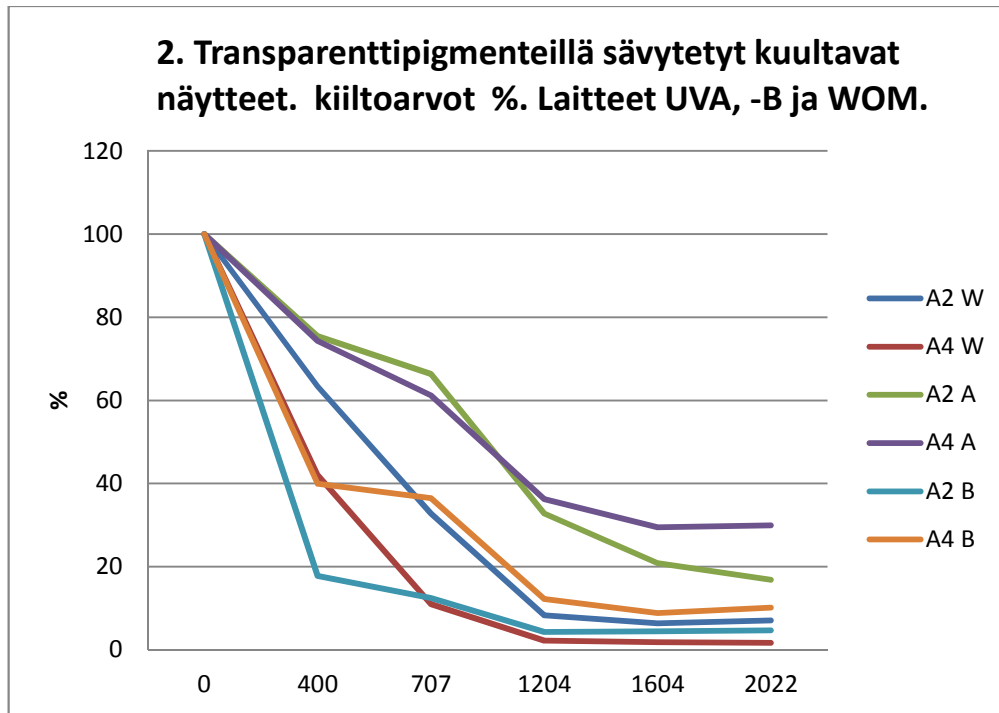
Kuvio 22. Esimerkkikuva laitteiden vertailusta väriarvoilla.

Kuviossa 22 on kaikki koestuslaitteet ja laitteiden välinen värimuutos. Kuviossa pystyakselilla on ΔE -arvo ja vaaka-askelilla on kuluneet tunnit. Kuviossa on ainoastaan perinteisten pigmenttien tulokset.

12.5 Kiiltomuutokset

Kiiltomuutos on ei-toivottua muutosta, ja loppuarvojen tulisi olla mahdollisimman suuria. Kiiltokuvaajat ovat päinvastaisia verrattuna värikuvaajiin. Kiillot mitattiin alussa ja noin joka 400 tunnin kuluttua. Tuloksia piti hieman käsitellä, jotta saatiin laskettua kolmen samanlaisen näytelevyn keskiarvot. Kiiltoarvot muutettiin muotoon, että lähtöarvo on 100 % ja kaikissa loppuissa kiiltoarvot laskivat. Näin tuloksista nähdään suhteellinen kiillon alenema. Tulokset tulevat realistisesti esille ja niitä on helppo vertailla. Seuraava yhtälö 1 kuvaa, miten kiiltojen tulokset on saatu. Suhteellinen kiillon alenema laskettiin jakamalla uusi mitta-arvo lähtöarvolla. Lopuksi tulos kerrottiin sadalla.

$$\text{suhteellinen kiillon alenema} = \frac{\text{Uusi arvo}}{\text{Alkuarvo}} \times 100 \quad (1)$$



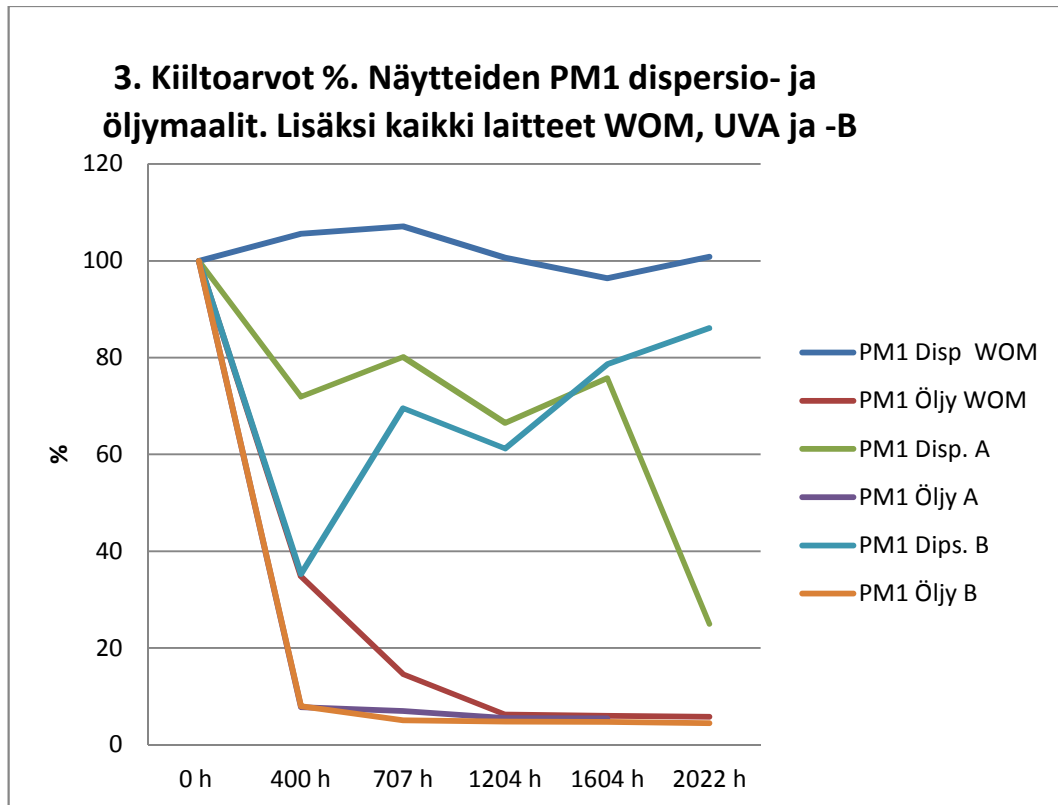
Kuvio 23. Transparenttipigmenteillä sävytetyt kuultavat näytteet ja kiiltoarvot kaikissa laitteissa.

Kuviossa 23 on transparenttipigmenteillä sävytetyt kuultavat näytteet ja niiden kiiltoarvot suhteellisena kiillon alenemana. Lisäksi kuviossa on kaikki koestuslaitteet UVA, UVB ja WOM. Kuviossa pystyakselilla on suhteellinen kiillon alenema ja vaakakselilla on aika tunteina. Kiiltoarvot ovat laskevia arvoja, ja siksi kiiltokuvaajat ovat erilaisia kuin värikuvaajat. Kuvaajasta voidaan havainnoida, mikä tuote piti parhaiten kiiltönsä missäkin laitteessa. Lähes kaikki kiiltoarvoja kuvaavat kuviot ovat laskevia. Poikkeuksena on joitain dispersiomaaleja, joiden kiilto ei laskenut lainkaan.

12.6 Dispersio- ja öljymaalit samassa kuvaajassa.

Kuviossa 24 on kaikkien laitteiden UVA, UVB ja WOM tulokset peittävästä PM1-maaleista. Tällä tavoin tiettyä pohjaa dispersio- ja öljymaaleista voidaan vertailla. Pystyakselilla on suhteellinen kiillon alenema ja vaakakselilla kuluneet tunnit. Kuvioista voidaan tarkastella, minkä laitteen kiiltomuutos on suurin ja päinvastoin.

Öljymaalien kiillon aleneminen kaikissa laitteissa ei ollut yllättävä tieto. Öljymaalien tiedetään himmenevän selvästi nopeammin kuin dispersiomaalin.



Kuvio 24. Kiiltoarvot pohjassa PM1 dispersio- ja öljymaaleissa.

13 Tulosten tarkastelu

Maaleista tiedettiin muutamia asioita etukäteen, kuten esimerkiksi että dispersiomaali pitää hyvin kiiltonsa ja värinsä. Öljymaali himmenee ajan kanssa, jolloin se liituuntuu ja sen pintaan muodostuu jauhoa. Kuultavat tuotteet tummuvat ja muuttavat väriä. Oletuksena oli myös, että transparenttipigmenttien tulisi kestää räsitusta paremmin kuin perinteisten pigmenttien.

Tulokset ovat luotettavia, koska jokaiseen laitteeseen laitettiin kolme samanlaista levyä jokaisesta maalista ja väristä. Tuloksia on tarkasteltu jokaisen kolmen näytteen keskiarvon mukaan. Mittausaikojen vaihdellessa mittaustulokset ovat kuitenkin vain suuntaa antavia.

Perinteisillä pigmenteillä sävytetyt värisävyt ovat 1809 ja 1805. Transparenttipigmenteillä sävytetyt värisävyt ovat puolestaan A4 ja A2. Kuultavien sävyjen tummaan väripariin kuuluvat 1809 ja A4. Vastaavasti vaaleaan pariin kuuluvat

1805 ja A2. Peittävien näytteiden pohjat ovat PM1, joka on valkoinen. PM3 on kirkas maali ja PM5 on valmispunainen.

13.1 Silmämääräinen arviointi

Näytekappaleista käytiin läpi seuraavat ominaisuudet kuten kellastuminen, sävymuutos ja kiillon muutos. Kohdassa silmämääräinen tutkiminen ulkonäön perusteella on taulukko 6, josta seuraavat tulokset on poimittu. Ensimmäisenä on kuultavien näytteiden arviointi. WOMin A2 ja A4 olivat paremmin säilyneitä kuin sävyt 1805 ja 1809. Niinpä transparenttipigmenteillä sävytetyt näytteet olivat referenssilevyihin verrattuna säilyttäneet värinsä.

UVA-laitteen näytelevyt pärjäsivät hajanaisesti. Ulkonäöllisesti referenssinäytteiden kaltaisia olivat vaalean parin A2 ja tumman parin sävy 1809. Kuitenkaan vaalean parin A2:n ja 1805:n välillä ei ollut suurta eroa. UVB:n näytteissä värit olivat lähempänä referenssinäytteitä kuin transparenttilevyillä A2 ja A4. UVB:n tumma pari (A4 ja 1809) oli erinäköisiä kuin vertailunäytteet. Levyjen värisävyt olivat muuttuneet huomattavasti. Näiden tulosten perusteella transparenttipigmenteillä sävytetyt kuultavat näytteet säilyttivät värin toisin kuin perinteisillä pigmenteillä sävytetyt näytteet.

Yleisesti ajatellen WOM-laitteen tulisi kuluttaa vähiten näytteitä, mutta tulosten perusteella näin ei ole. UVA-laitteen rasitus on yleisesti hellävaraisempi puulle kuin UVB:n. UVB-laitteen näytelevyt olivat pian aloituksen jälkeen kuluneimman näköisiä.

Kohdassa silmämääräinen tutkiminen ulkonäön perusteella on taulukko 7, jossa on laitekohtainen vertailu peittävästä näytteistä. Tuloksissa WOM-laitteessa olleet peittävät maalityöt olivat kuluneet vähiten. Niissä ei ollut havaittavissa kellastuneisuutta eikä värisävyn muutosta, mutta kiilto oli alentunut hieman. UVA-laitteessa oli jonkin verran värisävyeroja, mutta kellastuneisuutta ei lainkaan. Kiilto oli myös alentunut levyissä näkyvästi.

UVB-laitteessa kaikkien levyjen kiillot olivat laskeneet näkyvästi. Sävyerotkin olivat useissa huomattavat. Kellastuneisuutta oli lähinnä muutamissa öljymaaleissa.

Taulukossa 7 on PM1-pohjat öljymaaleista. Kyseinen taulukko löytyy kohdasta silmämääräinen tutkiminen ulkonäön perusteella. Vähiten muutoksia oli WOM:n näytelevyssä, joka ei ollut kellastunut eikä muuttanut värisävyä lainkaan. Näytelevy oli vain vähän himmentynyt. Eniten ulkoisia eroja oli UVB-laitteen näytteellä, jolla oli muutoksia värisävyssä, keltaisuudessa ja kiillossa. Dispersiomaalien PM1-pohjien tulokset olivat seuraavanlaiset. WOM ja UVA-laite olivat hyvin tasavertaisia. Niiden levyissä ei ollut tapahtunut juuri mitään muutoksia. UVB-laitteessa ollut näyte oli referenssinäytteeseen verrattuna kokenut suurimmat muutokset, kuitenkin silläkin oli vain kiillon alenemista havaittavissa.

Seuraavat tulokset ovat öljymaalien PM3-pohjista. Näytteiden välillä oli eroa jonkin verran. WOM-levyssä ei ollut sävy muutosta lainkaan. WOM ja UVA levyt eivät olleet kellastuneet yhtään. Kaikki näytteet olivat kuitenkin lähes yhtä himmeitä. Dispersiomaalien PM3-pohjien tulokset olivat seuraavanlaisia. Levyissä ei ollut kellastuneisuutta eikä värimuutoksia. Ainoastaan levy UVB-laitteessa oli muuttanut väriään ja kiilto oli laskenut selvästi.

PM5-öljymaalien levyt olivat himmentyneet voimakkaasti. WOM:n levyissä ei ollut sävy muutosta tai kellastuneisuutta. Huomattavia sävy muutoksia oli UVA- ja UVB-laitteen levyissä. Lisäksi ainoastaan UVB-laitteen näytelevy oli kellastunut. Lopuksi PM5-dispersiomaalien levyt eivät olleet kellastuneet lainkaan. Levyjen sävyerot eivät olleet huomattavia ja ainoastaan UVB-laitteen levy oli himmentynyt.

13.2 Värimuutokset

Kaikki tulosten tarkastelussa viitattavat kuvaajat löytyvät liitteistä. Liitteessä 1 kuviossa 1 on värimuutoskuvaaja. Värimuutos näytteissä on ei-toivottu ominaisuus, siksi pienimmän värimuutoksen aiheuttanut laite on ensimmäisenä. Kuultavien perinteisten pigmenttien värimuutos on tulosten perusteella seuraava: Pienin värimuutos oli näytteellä, jonka sävy oli 1809. Värisävy 1809 kuuluu väripareista tummaan pariin. Tumma värisävy 1809 ei muutu niin helposti väriltään kuin vaaleasävy 1805. Väripareja vertailussa itse laitteella ei ollut niinkään väliä, koska suurimmat muutokset olivat sävyllä 1809 laitteesta huolimatta. Kuviossa 25 on kuultavat näytelevyt koestuksen jälkeen.

Kaikki näytteet ovat WOM-laitteessa olleita ja reunimmaisets näytteet ovat referenssinäytteitä. Ylärivissä on perinteiset sävyt ja alarivissa transparenttisävyt.



Kuvio 25. WOM-levyt 2020 tunnin jälkeen.

Tulokset ovat hyvin ristiriitaiset, koska niiden mukaan B-laite olisi rasittanut vähemmän näytteitä kuin A-laite. UVA-laite aiheutti suurimman muutoksen sävyn 1805 levyyn. WOM-levyt pärjäivät vertailussa keskinkertaisesti. UVB:n tulokset ovat hyvin hajanaisia. Lisäksi kaikkien pienin värimuutos on UVB-laitteessa.

Taulukosta 9 käy vielä ilmi, mikä laite aiheutti suurimman värimuutoksen ja mikä pienimmän. Taulukossa on lisäksi ΔE -arvo.

Taulukko 9. Värisävyymuutokset perinteisillä pigmenteillä sävytetyillä näytteillä

VÄRISÄVYMUUTOKSET (KUVAAJA NRO 1)	
tuote ja laite	ΔE
1809 B	0,8
1809 A	1,3
1809 WOM	1,7
1805 WOM	6,3
1805 B	7,6
1805 A	7,8

Taulukko 10. Kuultavien näytteiden tuoteparit ja laitteet.

VÄRISÄVYMUUTOKSET			
Perinteisetpigmentit		Transparenttipigmentit	
tuote ja laite	ΔE	tuote ja laite	ΔE
1805 A	7,8	A2 A	7,70
1809 B	7,6	A2 B	5,02
1805 WOM	6,3	A2 WOM	7,73
1809 A	1,3	A4 A	13,37
1809 B	0,8	A4 B	7,65
1809 WOM	1,7	A4 WOM	6,26

Taulukossa 10 on vertailussa perinteiset pigmentit ja transparenttipigmenttien erot väriparein. Vasemmalla puolella on perinteisillä pigmenteillä sävytetyt näytteet ja oikealle puolella on transparenttipigmenteillä sävytetyt näytteet. Kolme ylintä sävyä on vaaleita pareja ja alimmat kolme on tummaa sävyä. Väripareja vertaillessa huomataan, että neljässä transparenttipigmenttilevyssä sävymuutokset ovat suurempia kuin perinteisillä. Tämän tuloksen mukaan transparenttipigmentillä sävytetyt näytelevyt muuttuisivat enemmän koestuksessa kuin perinteisillä pigmenteillä sävytetyt näytteet. Lisäksi transparenteilla on huomattavasti suuremmat värimuutokset kuin perinteisillä pigmenteillä

Transparenttipigmentteillä sävytettyjen näytteiden tulokset ovat liitteessä 1 kuvaajassa 2. Pienin värimuutos on vaalealla parilla A2 laitteessa B. Tulos on kuitenkin kaikilla kuultavilla näytteillä samansuuntainen. Suurin värimuutos on A4 UVA-laitteessa. UVA on aiheuttanut näissäkin värisävyissä suurimman muutoksen. Taulukossa 11 on värisävyt, laitteet ja ΔE -arvo muutoksen mukaan.

Taulukko 11. Transparenttipigmenttien tulokset.

VÄRISÄVYMUUTOKSET (KUVAAJA NRO 2)	
tuote ja laite	ΔE
A2 B	5,02
A4 WOM	6,26
A2 A	7,70
A4 B	7,65
A2 WOM	7,73
A4 A	13,37

Öljymaalien värimuutoksia on liitteessä 1 kuvaajassa 3. Odottamatonta oli, että PM3 UVB-laitteessa oli kokenut pienimmän värimuutoksen. Eri maalipohjia tarkastellessa huomataan, että PM3:llä oli pienemmät muutokset vertailussa kuin PM5-pohjalla. PM1-pohjaisilla maaleilla oli suurimmat värimuutokset, mikä oli yllättävä tulos. Pohjista kaikkein stabiilein on PM3, koska se sai pienimmät värimuutokset jokaisessa laitteessa. Värimuutosten arvot eivät poikkea kovin suuresti toisistaan, vaihtelua on vain 1,52 – 5,68 yksikön välillä. Taulukosta 12 voi nähdä tulokset. Keskimäärin pienimpiä värimuutoksia aiheutti laite UVA. WOM-laite aiheutti levyihin kohtalaista rasitusta ja UVB oli tulosten mukaan rasittavin koestusmuoto.

Taulukko 12. Öljymaalien tulokset.

VÄRISÄVYMUUTOKSET (KUVAAJA NRO 3)	
tuote ja laite	ΔE
PM 3 Ö A	1,52
PM 1 Ö W	1,90
PM 5 Ö A	2,68
PM3 Ö W	2,76
PM 3 Ö B	2,81
PM5 Ö W	3,44
PM 5 Ö B	4,54
PM 1 Ö A	4,82
PM 1 Ö B	5,68

Liitteessä 1 kuvaajissa 4-6 on myös mahdollista vertailla eri pohjien muutoksia keskenään. Taulukossa 13 on kaikki peittävät maalit. Vasemmalla puolella on öljymaalien tulokset taulukoituna ja oikealla puolella on dispersiomaalien tulokset. Näytteet on asetettu vierekkäin niin, että niistä nähdään mahdolliset muutokset joka värissä ja laitteessa. Lähes kaikissa dispersiomaaleissa ΔE -muutos on pienempi. Kuitenkin öljymaaleissa PM3 B-laitteessa ja PM3 A-laitteessa muutos on pienempi kuin dispersiomaalin muutos. Tämä tulos on odottamaton.

Taulukko 13. Kaikkien peittävien näytteiden värimuutokset.

VÄRISÄVYMUUTOKSET			
Öljymaalit		Dispersiomaalit	
tuote ja laite	ΔE	tuote ja laite	ΔE
PM 1 Ö A	4,82	PM1 D A	0,41
PM 1 Ö B	5,68	PM1 D B	0,62
PM 1 Ö W	1,90	PM1 D W	0,90
PM 3 Ö A	1,52	PM3 D A	2,14
PM 3 Ö B	2,81	PM3 D B	7,22
PM3 Ö W	2,76	PM3 D W	2,62
PM 5 Ö A	2,68	PM5 D A	1,12
PM 5 Ö B	4,54	PM5 D B	1,59
PM5 Ö W	3,44	PM5 D W	1,14

Taulukossa 14 ovat vertailussa näytteet PM3 ja PM5. PM3-öljymaaleissa sävymuutos on selvästi pienempi kuin PM5-öljymaaleissa. Kuitenkin PM3-dispersiomaaleissa sävymuutos on suurempi kuin PM5-dispersiomaaleissa. Tulos on hajanainen. Liitteissä 1 kuvaaja 24 havainnollistaa maalien PM3 ja PM5 värimuutosta.

Taulukko 14. Värisävy muutokset maaleista PM3 ja PM5.

VÄRISÄVYMUUTOKSET			
PM3		PM5	
tuote ja laite	ΔE	tuote ja laite	ΔE
PM 3 Ö A	1,52	PM 5 Ö A	2,68
PM 3 Ö B	2,81	PM 5 Ö B	4,54
PM3 Ö W	2,76	PM5 Ö W	3,44
PM3 D A	2,14	PM5 D A	1,12
PM3 D B	7,22	PM5 D B	1,59
PM3 D W	2,62	PM5 D W	1,14

Dispersiomaalin värimuutokset ovat liitteessä 1 kuvaajassa 7. Tuloksista näkee, että PM1 on näytteistä vakain. Myös PM5:llä oli pieniä värimuutoksia. Suurimmat värimuutokset olivat PM3-pohjissa. Yllättävää laitteiden välisessä vertailussa oli, että WOM oli rasittanut näytteitä reilusti enemmän kuin A- ja B-laitteet. Dispersiomaalien värimuutoksissa on enemmän hajontaa kuin öljymaalien tuloksissa. Väriarvot vaihtelet

0,41 -7,22 yksikön välillä. Taulukossa 15 voidaan nähdä maalit ja laitteet ΔE -arvon mukaan järjestyksessä. Suurin värimuutos oli PM3-pohjilla ja laitteessa UVB. A-laitte kulutti vähiten kaikkia maalipohjia. WOM aiheutti muutoksia kohtalaisesti ja UVB oli testeistä kuluttavin.

Taulukko 15. Dispersiomaalit laitteiden kanssa vertailussa.

VÄRISÄVYMUUTOKSET (KUVAAJA NRO7)	
tuote ja laite	ΔE
PM1 D A	0,41
PM1 D B	0,62
PM1 D W	0,90
PM5 D A	1,12
PM5 D W	1,14
PM5 D B	1,59
PM3 D A	2,14
PM3 D W	2,62
PM3 D B	7,22

Liitteessä 1 kuvaajissa 8,9 ja 10 on dispersiomaalien PM1, PM3 ja PM5 pohjat vertailussa. Lopuksi vielä, että kuultaviin levyihin eniten värimuutosta aiheutti laite-UVA. WOM rasitti näytteitä kohtalaisesti ja UVB aiheutti kuultaviin näytteisiin pienimmän värimuutoksen. UVB:n aiheuttama pienin värimuutos on yllättävä tulos. Peittämissä tuotteissa keskimäärin UVA aiheutti vähiten värimuutoksia, WOM kohtalaisesti ja UVB eniten. Peittävien näytteiden osalta koestus meni niin kuin oli odotettu.

13.3 Kiiltomuutokset

Kiiltojen tulokset ovat liitteessä 1 kuvaajassa 16. Kiiltoarvot ilmoitetaan suhteellisena kiillon alenemana. Lopullinen kiiltoarvo tulisi olla mahdollisimman korkea. Kuultavilla transparenttipigmentillä sävytetyt näytteet ovat vertailussa ensimmäisenä. Pienin kiiltomuutos oli A4 -levyllä laitteessa A. Suurin kiillon muutos oli WOMin sävyllä A4. Vertailu myös taulukossa 13, jossa laitteet ovat muutoksen mukaan taulukoitu. UVA-laitteessa olleet näytteet ovat säilyttäneet kiiltonsa hyvin. UVB ja WOM:n tulokset olivat

hajanaiset, mutta suurinta kiillon alentumaa aiheutti WOM-laite. Tulokset olivat hyvin yllättävät ja kiiltoarvoissa on myös paljon hajontaan.

Taulukko 16. Kiiltoarvot transparenteissa.

KIILTOARVOJEN MUUTOKSET(KUVAAJA NRO 11) TRANSPARENTIT	
tuote ja laite	%
A4 A	29,9
A2 A	16,9
A4 B	10,17
A2 W	7,10
A2 B	4,67
A4 B	10,17

Taulukossa 17 on kuultavien näytteiden kiiltoarvojen tulokset luokiteltu väripareina. Vasemmalla puolella on perinteisten pigmenttien kiiltoarvot ja oikealla puolella transparenttinäytteiden. Ylimmät kolme sävyä on vaaleita sävyjä ja kolme alinta on tummia sävyjä. Lähes kaikki perinteisten pigmenttien kiiltoarvomuutokset ovat suurempia kuin transparenttien. Kiiltoarvo tulisi olla suuri, jolloin kiilto on pysynyt lähtöarvoissa. Vain kaksi perinteistä sävyä on laskenut kiiltoarvoaan enemmän kuin transparenttisävyt. Tuloksien mukaan perinteiset sävyt olivat vakaampia vertailussa.

Taulukko 17. Kiiltoarvot

KIILTOARVOJEN MUUTOKSET KUULTAVILLA NÄYTTEILLÄ			
Perinteisetpigmentit		Transparenttipigmentit	
tuote ja laite	%	tuote ja laite	%
1805 A	33,8	A2 A	16,9
1805 B	15,39	A2 B	4,67
1805 W	11,99	A2 W	7,10
1809 A	30,4	A4 A	29,9
1809 B	9,81	A4 B	10,17
1809 W	3,54	A4 B	10,17

Seuraavaksi liitteessä 1 kuvaajassa 12 on perinteisten kuultavien näytteiden kiiltoarvot laitteissa UVA, UVB, ja WOM. Pienin kiillon tulos oli laitteella A sävyillä 1805 ja 1809. Suurimmat muutokset olivat laitteella WOM sävyllä 1809 ja laitteella UVB sävyllä 1809.

Taulukko 18 osoittaa tulokset näytteistä. Perinteisten pigmenttien tulokset ovat hyvin samanlaiset kuin transparenttipigmenttien. Transparenteilla kiillon alenema oli kuitenkin hieman suurempi. A-laitteen jälkeen näytteet ovat kiiltävämpiä kuin muiden laitteiden jälkeen. Laitteissa WOM ja UVB on samalla tavalla hajanaiset tulokset kuin transparenttipigmenteillä.

Taulukko 18. Kiiltoarvot perinteisillä pigmenteillä.

KIILTOARVOJEN MUUTOSTEN (KUVAAJA NRO 12) PERINTEISET	
tuote ja laite	%
1805 A	33,8
1809 A	30,4
1805 B	15,39
1805 W	11,99
1809 B	9,81
1809 W	3,54

Öljymaalien tulokset ovat liitteessä 1 kuvaajassa 19. Parhaiten kiiltonsa pitivät WOM:n PM1. Suurin kiillon alenema oli A-laitteen PM1:llä, jonka tulos on melko yllättävä. Tulokset ovat myös taulukossa 19. Maalit ovat järjestyksessä kiiltoarvon muutoksen mukaan. Peittävien näytelevyjen kiiltoja tarkastellessa WOM rasitti keskimäärin vähiten näytteitä. Erikoinen tulos oli myös, että UVA himmensi näytteitä eniten.

Taulukko 19. Kiiltoarvojen muutokset öljymaaleissa.

KIILTOARVOJEN MUUTOKSET (KUVAAJA NRO 13)	
tuote ja laite	%
PM1 Ö W	5,78
PM1 Ö B	4,48
PM5 Ö W	2,96
PM5 Ö B	2,05
PM3 Ö B	1,73
PM3 Ö W	1,7
PM3 Ö A	0,7
PM1 Ö A	0,0

Kiiltomuutokset öljy- ja dispersiomaalista on taulukossa 20. Dispersiomaalien kiiltoarvot olivat paljon suurempia kuin vastaavissa laitteissa ja sävyissä olevien öljymaalien. Vertailu ei sinänsä tuo uutta tietoa.

Taulukko 20. Kaikkien peittävien maalien kiiltoarvot.

KIILTOARVOJENMUUTOKSET			
Öljymaalit		Dispersiomaalit	
tuote ja laite	%	tuote ja laite	%
PM1 Ö A	0,0	PM1 D A	25,00
PM1 Ö B	4,48	PM1 D B	86,09
PM1 Ö W	5,78	PM1 D W	100,85
PM3 Ö A	0,7	PM3 D A	90,50
PM3 Ö B	1,73	PM3 D B	37,40
PM3 Ö W	1,7	PM3 D W	76,60
PM5 Ö A		PM5 D A	80,46
PM5 Ö B	2,05	PM5 D B	59,98
PM5 Ö W	2,96	PM5 D W	84,60

Taulukossa 21 ovat maalit PM3 ja PM5 vertailussa. PM3 on sävytetty maali ja PM5 on tehtaalla pigmentoitu maali. Kiiltomuutosvertailussa ovat öljy- ja dispersiomaalit. PM3-öljymaaleilla oli suurempi kiillon muutos öljymaalien PM5:lla. Dispersiomaalien PM3 oli kokenut myös suuremman kiillon aleneman kuin vastaava PM5-maali. Kuitenkin tulokseen hajontaa tuo dispersiomaalin PM3 A-laitteen tulos, joka oli parempi kuin vastaava PM5. Tulosten perusteella kuitenkin PM5 piti kiiltonsa paremmin kuin PM3. Liitteessä 1 kuvaaja 25 osoittaa kiiltomuutokset.

Taulukko 21. PM3:n ja PM5:n vertailu.

KIILTOMUUTOKSET			
PM3		PM5	
tuote ja laite	%	tuote ja laite	%
PM3 Ö A	0,7	PM5 Ö A	
PM3 Ö B	1,73	PM5 Ö B	2,05
PM3 Ö W	1,7	PM5 Ö W	2,96
PM3 D A	90,50	PM5 D A	80,46
PM3 D B	37,40	PM5 D B	59,98
PM3 D W	76,60	PM5 D W	84,60

Liitteessä 1 kuvaajissa 14, 15 ja 16 voi nähdä PM1:n, PM3:n ja PM5:n tulokset. Dispersiomaalien tulokset ovat liitteessä 1 kuvaajana 17. Kiillon muutos oli vähäistä WOM:n PM1:llä. Taulukossa 22 on dispersiomaalit kiiltomuutoksen mukaan. PM1-pohjat olivat kestäneet hyvin WOM:ssa ja UVB-laitteessa. PM3 ja PM5 ovat pärjänneet hajanaisesti. Dispersiomaalit pitivät kaiken kaikkiaan hyvin kiiltonsa, ja kiiltoarvojen muutokset olivat pienempiä kuin öljymaalien. Laittevertailussa WOM-laite rasitti levyjä vähiten niin, että kiillon alenema oli pienin. Dispersiomaaleissa UVA- ja UVB-laitteet olivat yhtä kuluttavia.

Taulukko 22. Dispersiomaalien lopulliset kiiltoarvot.

KIILTOARVOJEN MUUTOKSET (KUVAAJA NRO43)	
tuote ja laite	%
PM1 D W	100,85
PM3 D A	90,50
PM1 D B	86,09
PM5 D W	84,60
PM5 D A	80,46
PM3 D W	76,60
PM5 D B	59,98
PM3 D B	37,40
PM1 D A	25,00

Dispersiomaalien tulokset PM1, PM3 ja PM5 ovat liitteessä 1 kuvaajina 18 - 20. Yhteenvetona huomataan, että UVA-laite oli kuultavissa näytteissä vähiten muutoksia aiheuttava ja peittämissä näytteissä kiillon muutoksia vähiten aiheutti WOM-laite.

13.4 Kiiltovertailua öljy- ja dispersiomaaleissa pohjakohtaisesti

Liitteessä 1 kuvaajassa 21 on kaikkien peittävien maalien PM1 tulokset. Dispersiomaalien kohdalla A- ja B-laitteiden tulos oli yllättävä, koska B-laitteen näyte oli kiiltoasteeltaan korkeampi kuin A-laitteen. Kuvaajassa voidaan vertailla dispersio- ja öljymaaleja. Kuvaajasta nähdään, että pienin kiiltomuutos oli dispersiomaalin PM1-

pohjalla WOM-laitteessa. Myös dispersiomaali A-laitteessa ja B-laitteessa pärjäivät hyvin. Yllätyksenä ei tullut öljymaalien kiillon aleneminen kaikissa laitteissa hyvin pian. Kuviossa 26 on PM1-pohjat, vasemmalla puolella dispersiomaalit ja oikealla puolella on öljymaalit. Ylinpänä ovat WOM-laitteen näytteet, keskimmäisenä UVB-laitteen ja alinmaisena UVA-laitteen levyt.

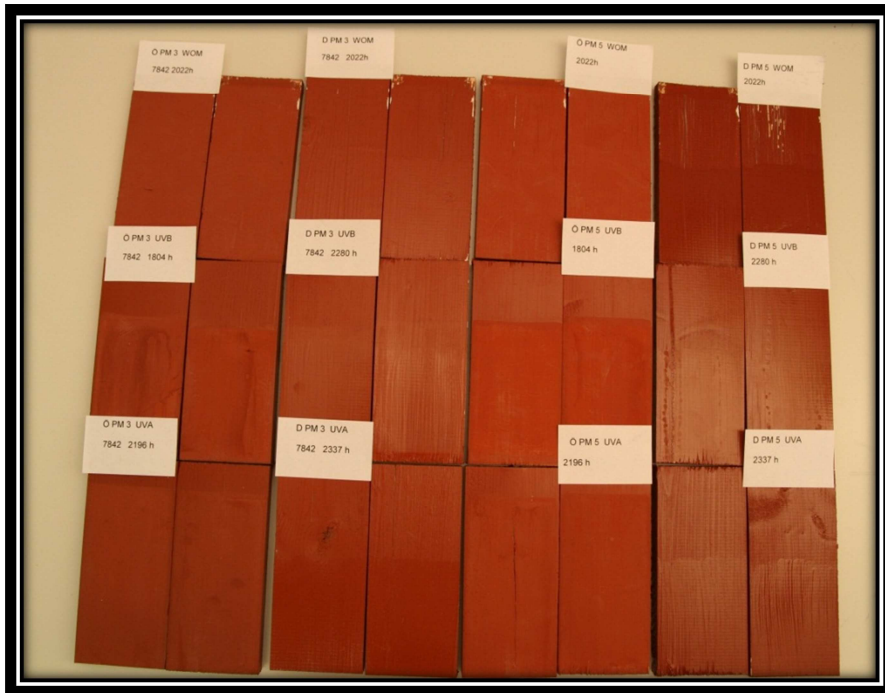


Kuvio 26. PM1-levyjen loppukuva

Liitteessä 1 kuvaajassa 22 on vain PM3-pohjat. Kuvaajasta voidaan havaita sama kuin edellisestä, että dispersiomaalit pitivät kiillot hyvin ja öljymaalit menettivät kiiltonsa pian alun jälkeen. A-laitteen näyte oli pienin kiillon muutokseltaan. Seuraavana oli WOM ja sitten B-laite. Öljymaaleissa ei ollut juurikaan laitekohtaisia eroja. Dispersiomaalien osalta yllättävää oli, että A-laitteen näyte oli muutokseltaan pienempi kuin WOM-laitteen näyte. Muut tulokset olivat odotusten mukaiset.

Liitteessä 1 kuvaajassa 23 on maalien PM5-pohjat vertailussa. Paras kiiltoarvo oli WOM-laitteella, seuraavana UVA:lla ja heikoin tulos oli laitteella UVB. Öljymaalien kiillot alenivat pian aloituksen jälkeen. Kuviossa 27 on kaikki PM3- ja PM5-näytteet. Vasemmalta katsottuna kaksi ensimmäistä levyä on öljymaaleja WOM-laitteesta. Siitä alaspäin mentäessä on UVB- ja UVA-laitteiden levyt. Kaksi seuraavaa levyä ovat dispersiomaalin PM3 näytteitä. Oikealla puolella oleva pari on öljymaalien PM5-näytteet ja viimeiset näytteet ovat dispersiomaalien PM5-pohjia. Laitteet ovat seuraavassa

järjestyksessä: ylinmäinen rivi on WOM-näytteiden, keskimäinen UVB:n ja alinmainen UVA-näytteiden rivi.



Kuvio 27. PM3- ja PM5-levyjen loppukuvat.

13.5 Laitteiden vaikutuksen vertailu kiilto- ja värimuutoksissa

Näytteiden tulokset on koottu yhteen laitteiden aiheuttaman rasituksen mukaan. Ensimmäisenä on värimuutokset kuultavista näytteistä. UVB-laite on aiheuttanut pienimmän värimuutoksen ja tulos on yllättävä, koska UVB-laitteen olisi pitänyt rasittaa näytteitä eniten. WOM aiheutti levyjyihin kohtalaisen rasituksen ja eniten värimuutosta aiheutti UVA-laite.

Peittävässä näytteissä keskimäärin UVA-laite aiheutti vähiten värimuutoksia, WOM kohtalaisesti ja UVB eniten. Peittävien näytteiden osalta koestus meni odotetusti. Kuultavien ja peittävien osalta koestustulokset olivat hyvin erilaisia.

Kiiltomuutokset kuultavilta näytteiltä olivat seuraavanlaiset. Molempien pigmenttityyppien tulokset olivat hyvin samanlaiset. Vähiten kiiltomuutoksia aiheutti UVA-laite. WOM ja UVB aiheuttivat kiillon muutoksia hajanaisesti, mutta WOM oli

kuitenkin suurin kiillon muutoksen aiheuttaja. Peittävässä levyissä WOM oli aiheuttanut pienimmän kiillon muutoksen. UVA ja UVB sijoittuivat tuloksissa hajanaisesti, mutta suurimpi kiiltomuutos oli UVA-laitteella. Yhteenvedona todettakoon, että pienimmät kiiltomuutokset aiheutti kuultaville näytteille UVA-laite ja peittäviä tuotteita vähiten rasitti WOM-laite.

Näytteitä voidaan verrata sideaineittain, ja silloin huomataan, että öljymaalin ja dispersiomaalin ero on selvä. Lisäksi öljymaalit kellastuivat dispersiomaalia helpommin ja niihin tuli ennemmin sävy muutoksia. Dispersiomaalit säilyttävät hyvin kiiltonsa, ja niiltä odotettiin hyvää tulosta. Öljymaalit ovat pohjatyypistä huolimatta hyvin samanlaisia koestuksen jälkeen. Kaikki menettivät kiiltonsa pian. Dispersiomaalit sijoittuivat hyvin kiiltojen ja väriarvojen perusteella. Öljymaalien kiiltoarvot alenivat lähes heti. Kuultavien näytteiden tulokset eivät olleet niin yksiselitteisiä. Transparenttipigmenteillä sävytetyt tuotteet saivat suurempia värieroja kuin perinteiset kuultavat tuotteet.

UVA, UVB ja WOM-laitteet ovat erilaisia ja siksi vaikuttivat näytteisiin eri tavalla. Yllättäviä tuloksia tuli esimerkiksi UVA- ja WOM-laittiden kanssa. UVA-laite rasitti nimittäin vähemmän näytteitä kuin WOM. Kuultavat näytteet eivät pärjänneet kovin hyvin peittäviin tuotteisiin verrattuna. Kuitenkin tuloksissa havaitaan heti maalien sideaineiden tyypilliset erot.

13.6 Näytelevyjen muutos

Liitteiden kuvaajissa väri- ja kiiltomuutokset ovat hyvin samansuuntaisia. Muutosten ollessa niin samansuuntaisia voidaan olettaa, ettei kyse ole mittausvirheestä vaan fyysikaalisista muutoksista. Säätöasituslaitteet kuluttavat monella eri tavalla näytteitä. Lyhyet aallonpituudet aiheuttavat todennäköisemmin vahinkoa kuin pitkät aallonpituudet. Kuitenkin tämä oletamus ei näiden kokeiden perusteella pitänyt yksiselitteisesti paikkaansa. Kokeiden aikana dispersiomaalin himmentyminen ja pian uudelleen kiillottuminen ei ole mittausvirhe, koska näin kävi monelle näytteelle. Kyseiseen muutokseen ei löytynyt selitystä.

13.7 Laitteiden tulokset

Laitteista tiedettiin myös asioita ennen koestusta, että UVB-laite rasittaa voimakkaan säteilynsä ansiosta näytelevyjä paljon enemmän kuin esimerkiksi UVA-laite. Lisäksi WOM-laitteen säteilyn tiedettiin olevan lähimpänä auringon säteilyä. UVB- ja UVA-laitteissa ei ollut käytössä vesisprayominaisuutta. Laitteilta toivotaan muutoksia näytteisiin, jotta saadaan tietoa, miten ulkoilmassa maalipinnat muuttuvat. Kuitenkin maalien toivotaan kestävän laiterasituksia pitkään.

Laitteet aiheuttavat näytteisiin hyvin lyhyellä aikavälillä suuria muutoksia, kun taas ulkoilmassa vastaavanlaisia tuloksia tulisi mahdollisesti vasta useammassa vuodessa.

Testauslaitteen kannalta maalien nopea huononeminen ei ole hyvä asia. Koska laitteet eivät pysty toistamaan todellisia ulko-olosuhteita, tulokset eivät ole suoraan verrannollisia todelliseen rasitukseen. Kuitenkin taas maalien kannalta tulokset kertovat niiden vanhenemisesta ja muutoksista hyvin. WOM-laite on valonlähteeltään lähimpänä auringon säteilyä, ja sen antamat tulokset ovat oikeansuuntaiset. Kuitenkin laitteessa sateen määrä kuluttaa näytteitä hyvin paljon, ja siksi esimerkiksi näytteiden alusta kokee WOM:ssa helposti muutoksia.

UVA on laitteista yleisesti hellävaraisin. Sen säteily ei ole kovin kuluttavaa, eikä höyrystyminen kuluta näytteitä kovin paljoa. UVB-laitteen säteily on hyvin kuluttavaa, ja siksi näytteiden kiillot laskivat nopeasti ja huomattavasti verrattuna muiden laitteiden näytteisiin. Myöskään UVB-laitteessa kosteus ei ollut kovin kuluttava tekijä. Tuloksissa toivottiin laitteiden eroja ja sitä, että saataisiin vastaus, mikä on kuluttavin laite. Kuitenkin laitteet ovat hyvin erilaisia ja kuluttavat näytelevyjä todella eri tavalla. Selkeää vastausta mikä laitteista on eniten muutoksia aiheuttava, on vaikea todeta. Kuitenkin alkuodotukset saatiin kumottua, koska UVB-laite ei aiheuttanut suurimpia muutoksia kaikkiin näyteisiin.

14 Yhteenveto

Insinööriyön tehtävänä oli testata ja vertailla erilaisia nopeutettuja säärasituslaitteita. Vertailua tehtiin Weather-Ometer- ja Quick Ultra Violet-laitteissa. Tietoa haluttiin saada laitekohtaisesti ja niin, että tuloksia voidaan verrata toisiinsa. Koestukseen

valittiin sideainetyypiltään erilaisia ulkomaaleja, kuten dispersiomaali ja öljymaali. Näytteitten kiilto- ja väriarvot mitattiin koestuksen alussa, edetessä ja lopussa. Mittaustuloksista otettiin valokuvat ja niitä analysoitiin. Testaukset suoritettiin Teknos Oy:n tiloissa.

Testeihin meni yhteensä 100 näytettä, ja kaikissa levyissä oli alustana puu. Ulkotuotteita koestukseen meni 10 erilaista, joista osassa oli eri värisävy. Kuultavien näytteiden tulokset olivat hajanaisempia kuin peittävien näytteiden. Peittävien näytteiden tulokset olivat enemmän odotusten mukaisia.

Työn ongelmana oli mittauskertojen ajoittaminen samoille tuntimäärille, mikä tuo tuloksiin hieman epätarkkuutta. Lisäksi ongelmana on laitteiden vertailu toisiinsa, niin että voitaisiin sanoa tarkasti miksi eroja syntyy. Tulokset ovat hieman hajanaiset, mutta niistä saa laitteiden kannalta oleellista tietoa siitä, miten niitä voi mahdollisesti vertailla jatkossa.

Laitteiden vertailu olisi hankalaa ilman tätä työtä ja sen antamia tuloksia. Lisäksi eri värisävyjen muutoksia ja vertailua olisi hankala tehdä ilman tätä työtä. Selvittämättä kuitenkin jäi miten WOM korreloi oikean sään kanssa. Kirjallisuutta näistä aiheista ei ole kovin paljoa. Tiedetään, että valonlähde on todella hyvä auringon valon jäljittelijä, mutta muusta kuten kosteudesta ja lämmöstä ei vertailtavaa tietoa juuri ollut. Tutkimuksia voisi jatkaa ulkokoestuksen aloituksella ja alan kirjallisuudesta korrelaatiota etsimällä.

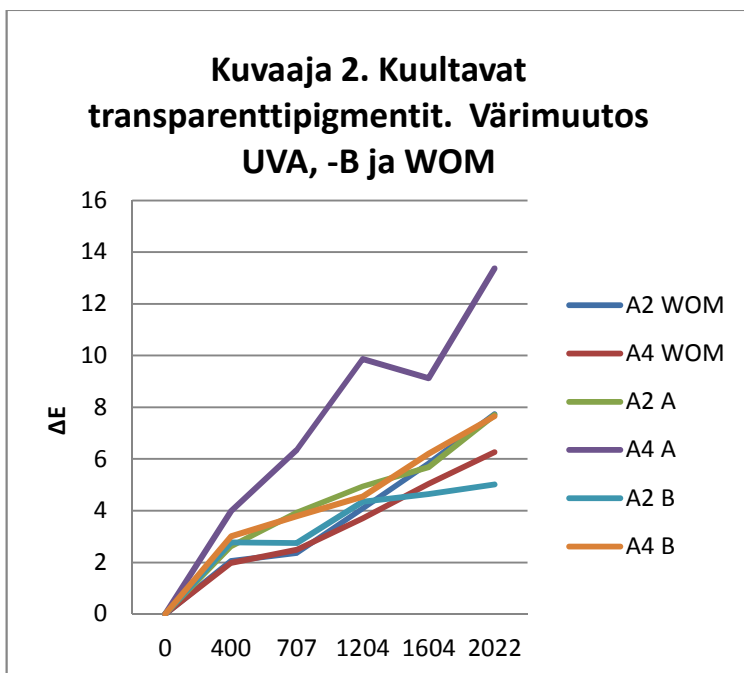
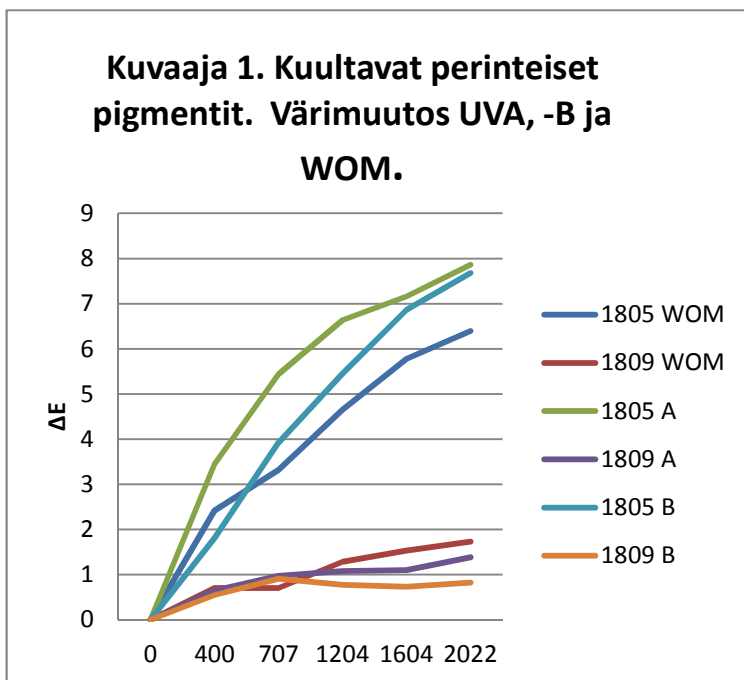
Työtä voidaan hyödyntää, kun halutaan tietoa sävyjen kestävydestä. Lisäksi vertailua PM3:n ja PM5:n välillä on helppo tehdä. Samalla voidaan harkita toisen pohjan kokonaan pois jättämistä valikoimasta. Kuultavissa näytteissä voidaan pohtia transparenttipigmenttien ja perinteisten pigmenttien eroja, kehitysmahdollisuuksia tai käyttöönottomahdollisuutta. Tavoitteena oli saada laitteista eroja esille, ja tuloksista näkyivät erot. Kuitenkin erot olivat hyvin hajanaiset.

Lähteet

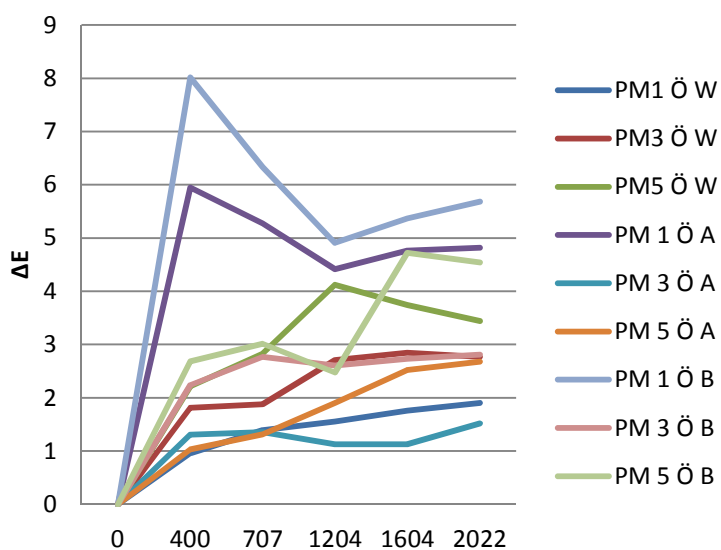
- 1 Weathering testing guide, Atlas Material Testing Technology LLC 2003. USA
- 2 Soininen, Raimo. 2005. Väri ja tyylioppi. EVTEK Materiaali ja pintakäsittelytekniikan koulutusohjelma.
- 3 Pro Puu.Puuproffa. Verkkodokumentti.
<<http://www.puuproffa.fi/arkisto/maalituotteet.php>> Luettu 2.11.2011
- 4 SFS ISO 4628-1. Maalit ja lakat. 2004. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto
- 5 Alen, Holger. 1999. Maalit ja niiden käyttö, 2. uudistettu painos Helsinki: Opetushallitus.
- 6 MitatenFINLAND
<<http://www.mitaten.fi/index.php/tuotteet/vaerimittaus/teoriaa-vaerierosta.html>> Luettu 16.11.2011.
- 7 Wypych, George. 2008. Handbook of material weathering 4 the edition. Chemtec Publishing. Toronto.
- 8 Soininen, Raimo. 2005. Pintakäsittelyn perusteet. EVTEK Materiaali ja pintakäsittelytekniikan koulutusohjelma.
- 9 Ecophon Saint-Gobain. <<http://www.ecophon.com/fi/Tekniset-ominaisuudet/Valaistusolosuhteet/Kiiltoaste/>> Luettu 2.11.2011
- 10 Kiilto. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Kiilto>> Luettu 4.1.2012
- 11 Qlab. <<http://www.q-lab.com/QUV.html>> luettu 22.11.2011
- 12 SFS- EN ISO 4628-2 . Maalit ja lakat. 2004. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto
- 13 Siitonen, Unto. 2001. Rakennusaineoppi. Rakennustieto. Hämeenlinna.
- 14 Paint&Coating Industry <<http://www.pcimag.com/articles/using-transparent-iron-oxide-pigments-in-wood-finish-applications>> Luettu 3.4.2012

- 15 Cromocol Scandinavia <www.cromocol.se> ja sieltä kuva c14000 tiedosto Luettu 29.3.2012
- 16 Qlab <<http://www.q-lab.com/en-us/products/quv-weathering-tester/quv>> Luettu 1.3.2012
- 17 Eskola, Sisko Maria, Ketolainen, Pasi & Stenman Folke.2006. Fotoni 3, Helsingin kustannusosakeyhtiö Otava, Keuruu
- 18 Karttunen, Hannu, Koistinen, Jarmo, Saltikoff, Elena, & Manner, Olli. 1998. Ilmakehä ja sää. Helsinki. Tähtitieteellinen yhdistys Ursa. Painos 2. Ykkös- Offset Oy Vaasa.
- 19 Aspholm, Suvi, Hirvonen, Heikki, Lavonen, Jari, Penttilä, Anu, Saari, Heikki, Viiri, Jouni & Hongisto, Jukka.. 2005. Aine ja energia. Fysiikan tietokirja. Porvoo: WSOY.
- 20 Manfred Schawart, Roland Baumstark. 2001. Water based acrylates for decorative coatings. Hannover Germany.
- 21 Suvanto Kari, 2005. Tekniikan fysiikka 1. Helsinki: Edita prisma Oy
- 22 Soininen, Raimo. 2006. Puu ja puuainemateriaalit. EVTEK Materiaali ja pintakäsittelytekniikan koulutusohjelma.
- 23 Lämpötila. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/L%C3%A4mp%C3%B6tila>> Luettu 3.4.2012
- 24 SFS ISO11341/1. Maalit ja lakat. 2005. Helsinki: Suomen Standardsoimisliitto
- 25 SFS ISO 11507. Maalit ja lakat. 2007. Helsinki: Suomen Standardsoimisliitto
- 26 SES- EN- ISO 2813. Maalit ja lakat, peilikiillon määrittäminen ei metallisille maalikalvoille kulmilla 20,60 ja 85. 1999. Helsinki: Suomen Standardsoimisliitto
- 27 SFS-EN 927-6. Maalit ja lakat. 2006. Helsinki: Suomen Standardsoimisliitto

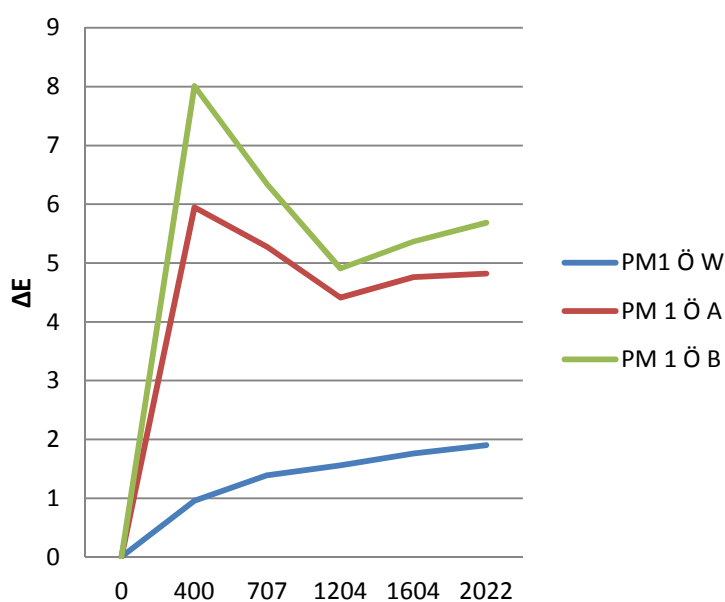
Tuloksien kuvaajat



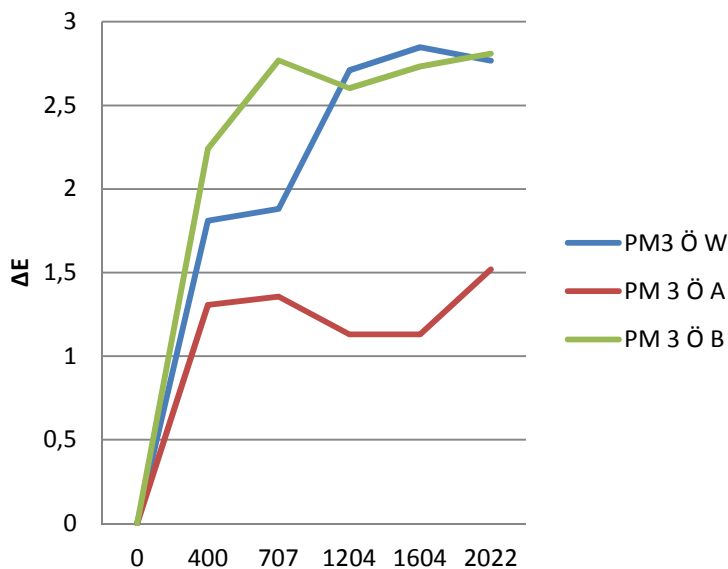
**Kuvaaja 3. Öljymaalien värimuutos
laitteissa UVA,-B ja WOM**



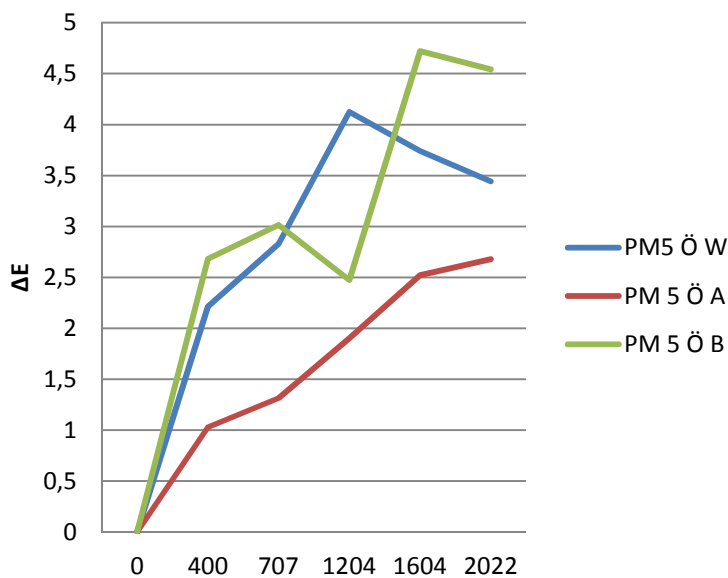
**Kuvaaja 4. Öljymaalien PM1
värimuutos laitteissa UVA, -B ja WOM**

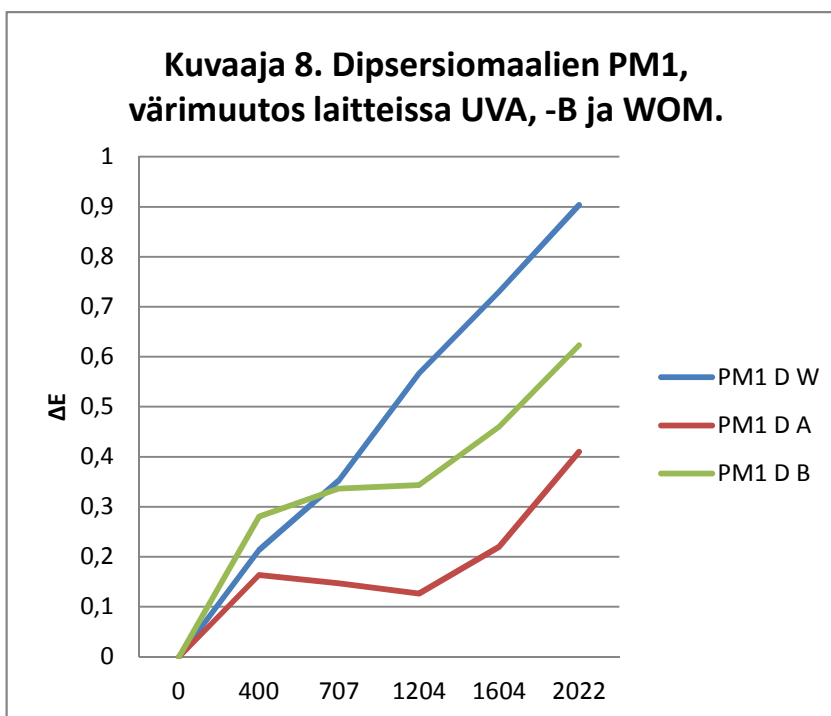
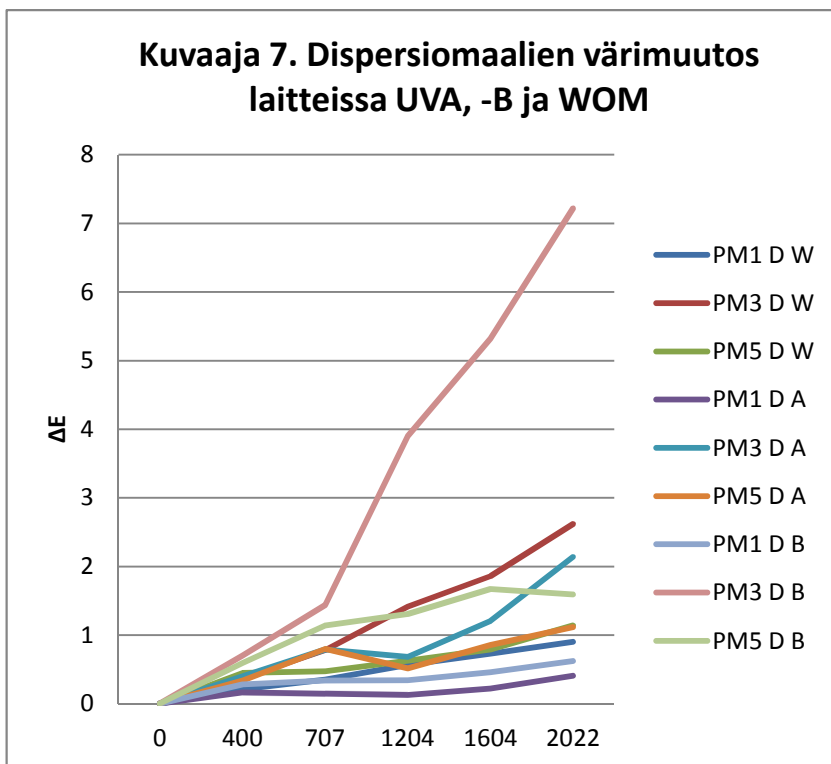


Kuvaaja 5. Öljymaalien PM3 värimuutos laitteissa UVA, -B ja WOM

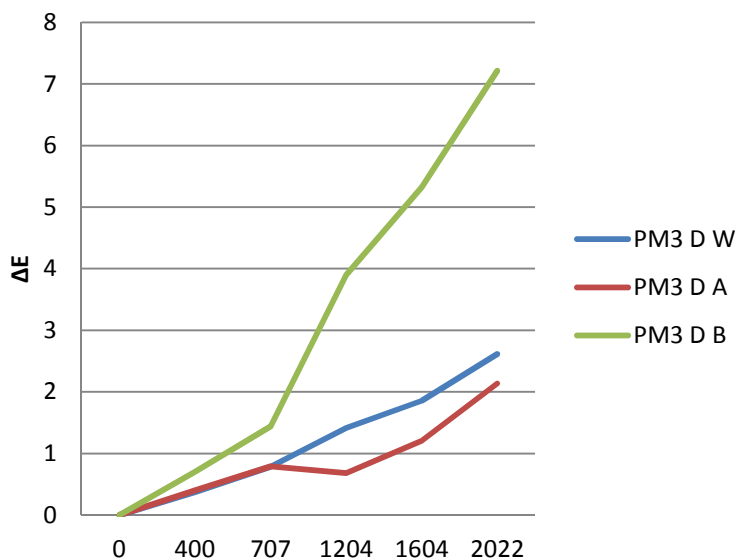


Kuvaaja 6. Öljymaalit PM5 värimuutos laitteissa UVA, -B ja WOM

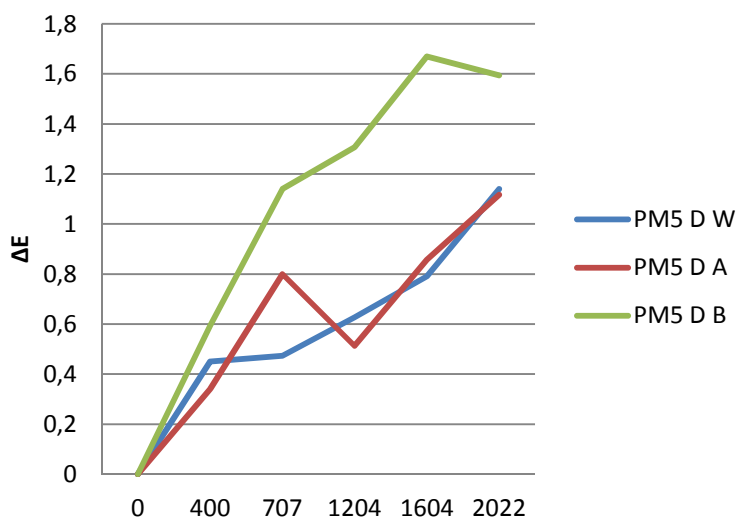


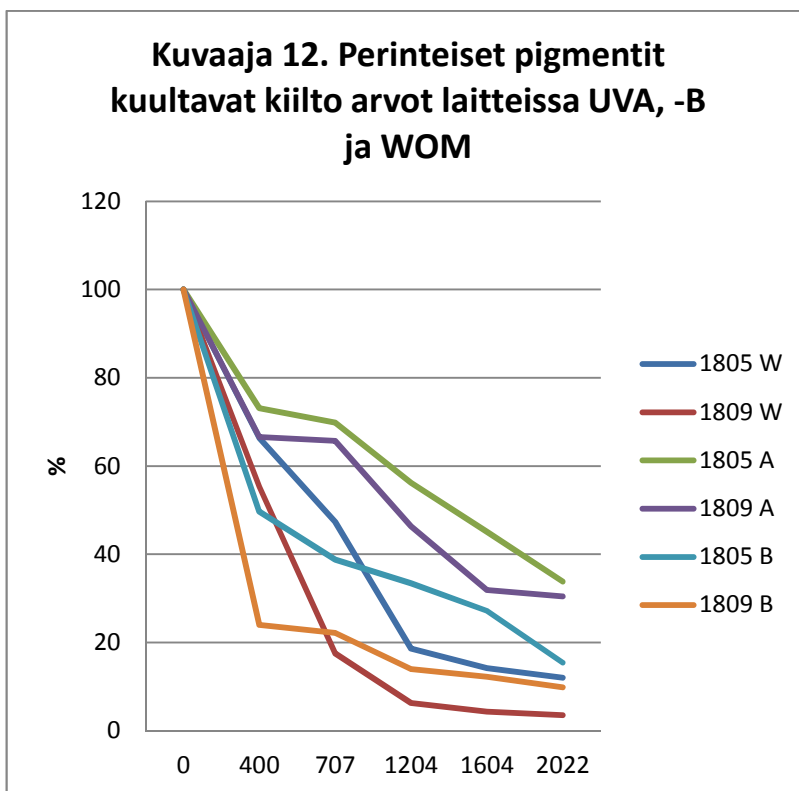
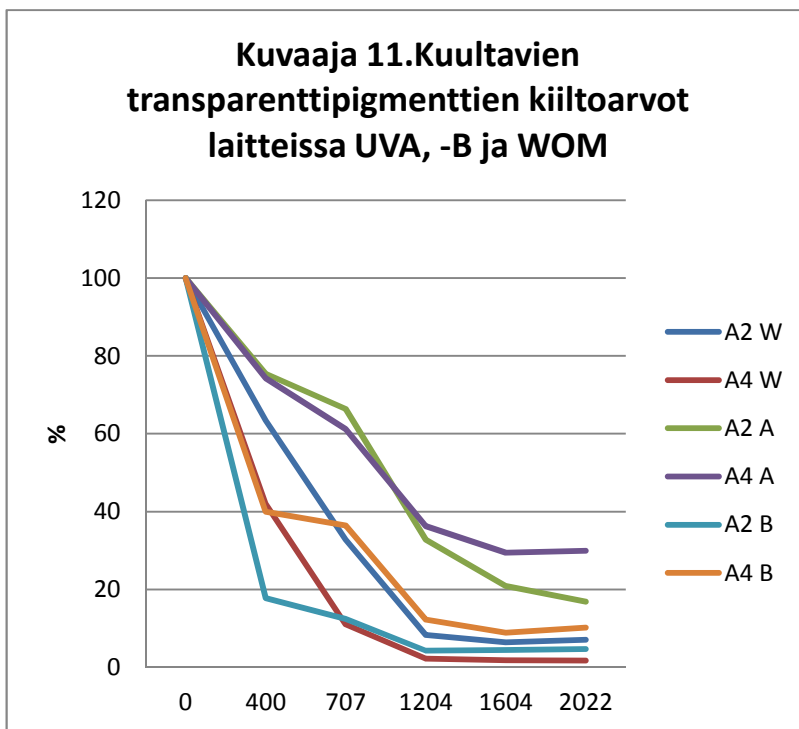


**Kuvaaja 9. Dispersiomaalien PM3
värimuutokset laitteissa UVA, -B ja
WOM**

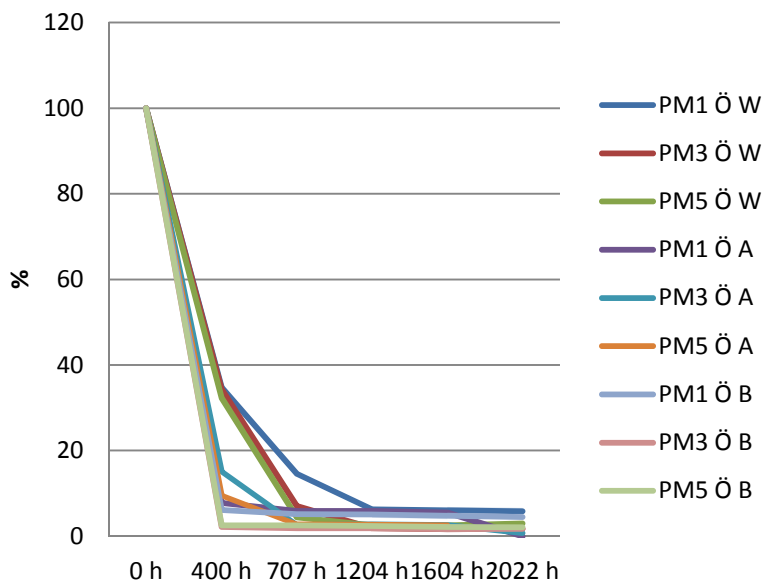


**Kuvaaja 10. Dispersiomaalien PM5
värimuutokset laitteissa UVA, -B ja
WOM**

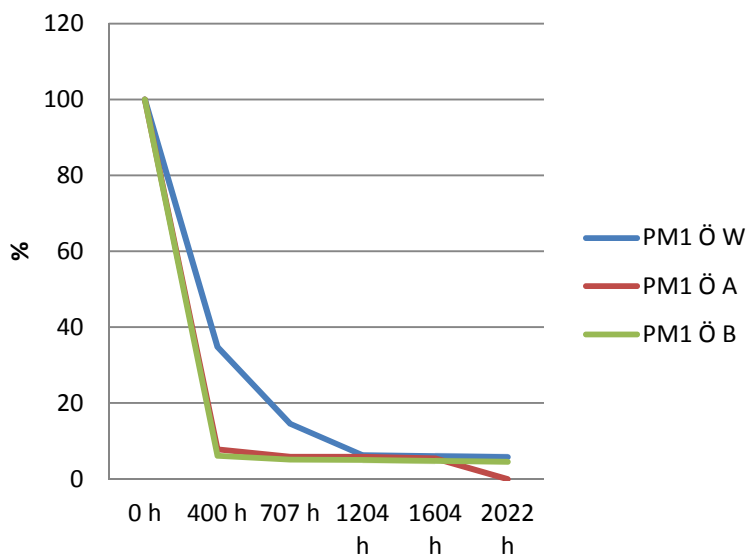




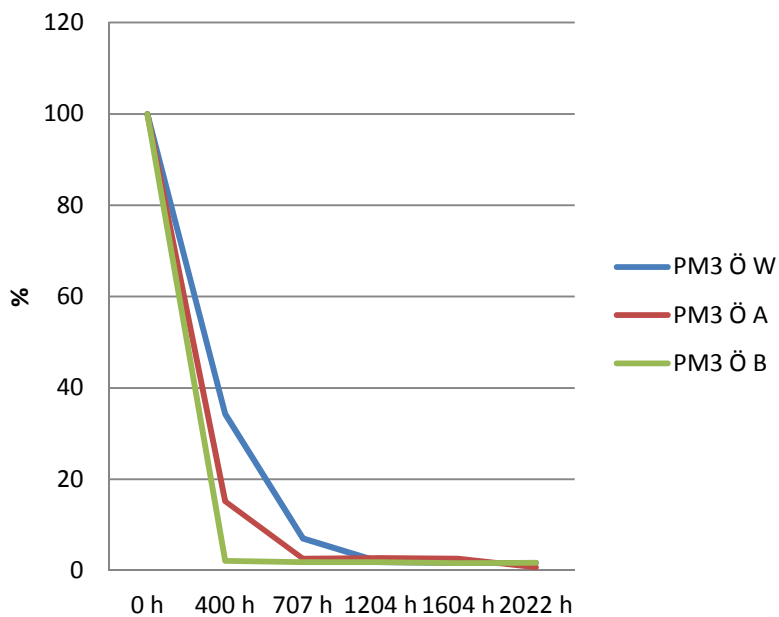
**Kuvaaja 13. Öljymaalien kiiltoarvot
laitteissa UVA, -B ja WOM**



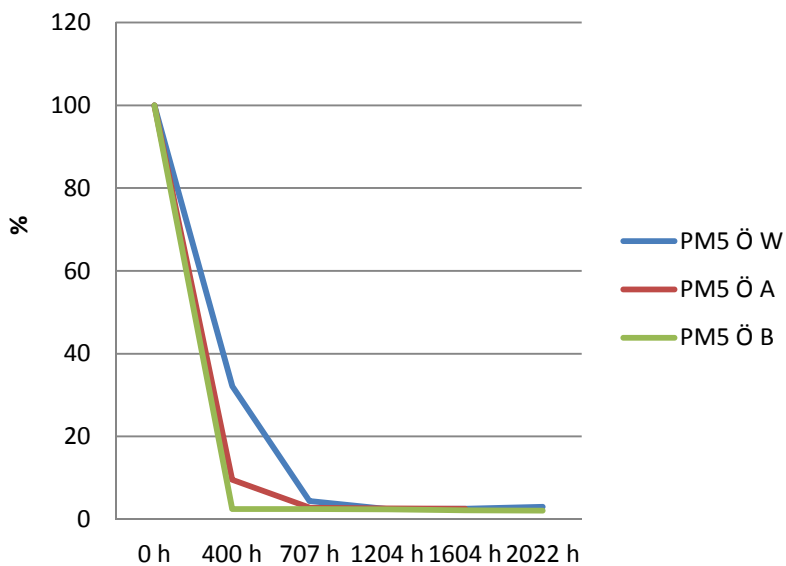
**Kuvaaja 14. Öljymaalien PM1 kiiltoarvot
laitteissa UVA, -B ja WOM**



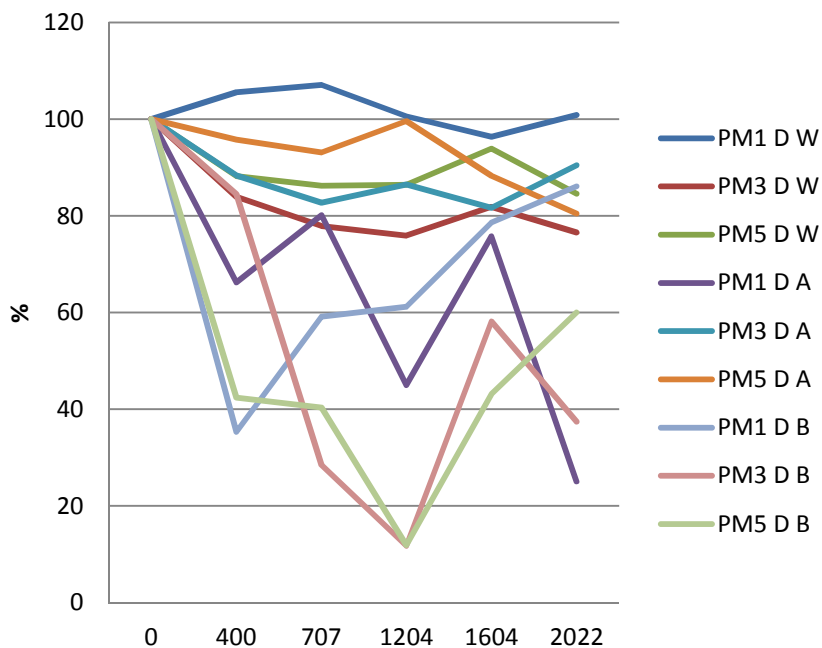
**Kuvaaja 15. Öljymaalien PM3 kiiltoarvot
laitteissa UVA, -B ja WOM**



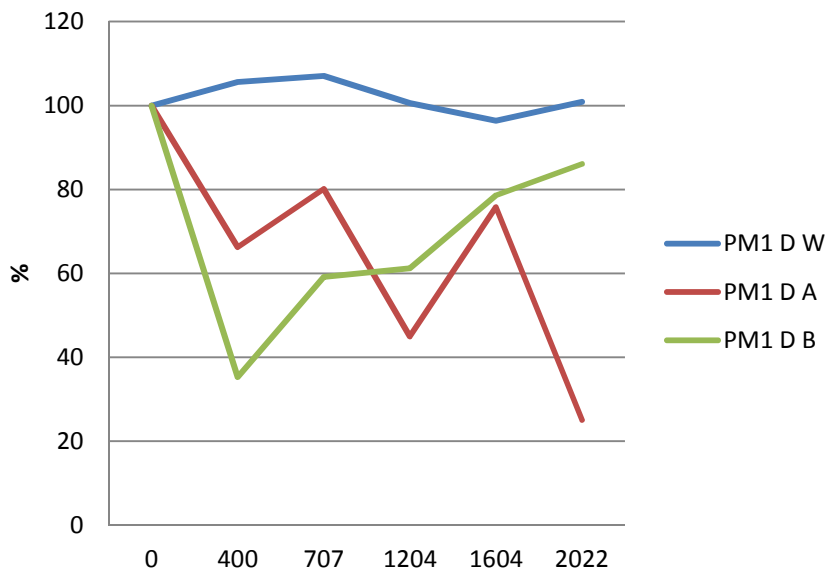
**Kuvaaja 16. Öljymaalien PM5 kiiltoarvot
laitteissa UVA, -B ja WOM**



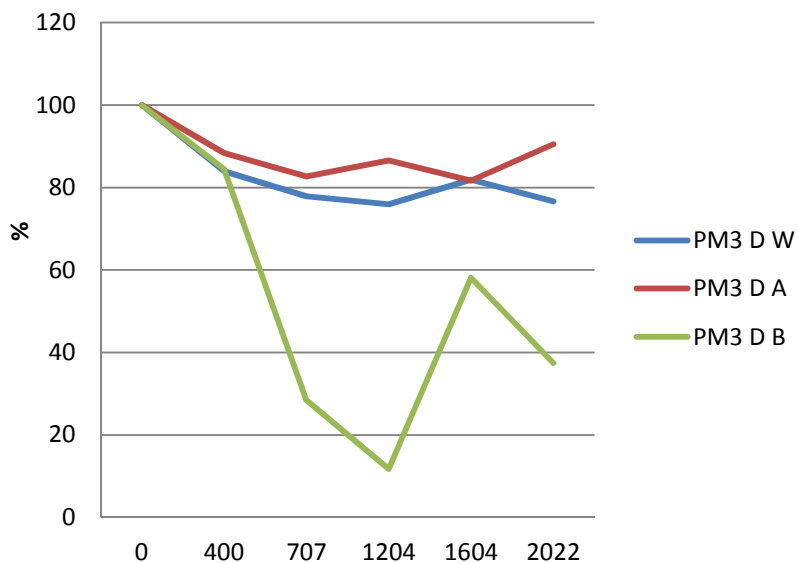
Kuvaaja 17. Dispersiomaalien kiiltoarvot laitteissa UVA, -B ja WOM.



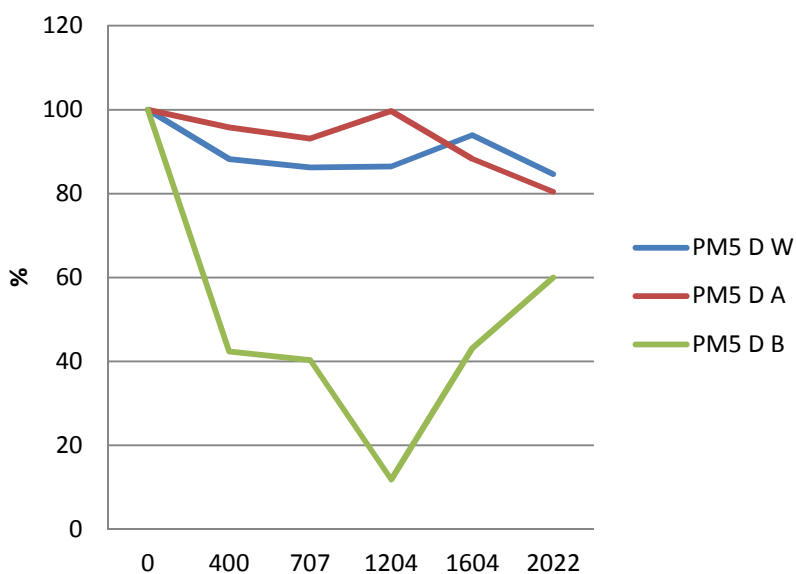
Kuvaaja 18. Dispersiomaalien PM1 kiiltoarvot laitteissa UVA, -B ja WOM



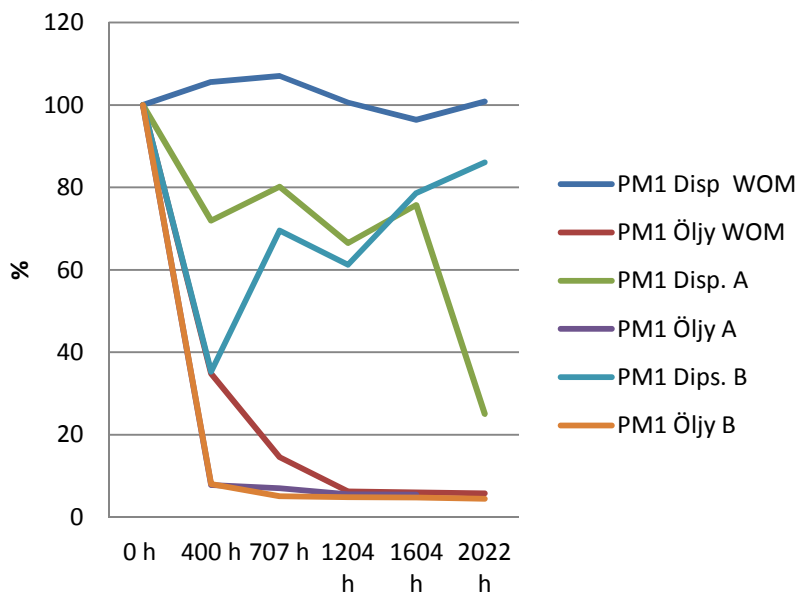
**Kuvaaja 19. Dispersiomaalien PM3
kiiltoarvot laitteissa UVA, -B ja WOM**



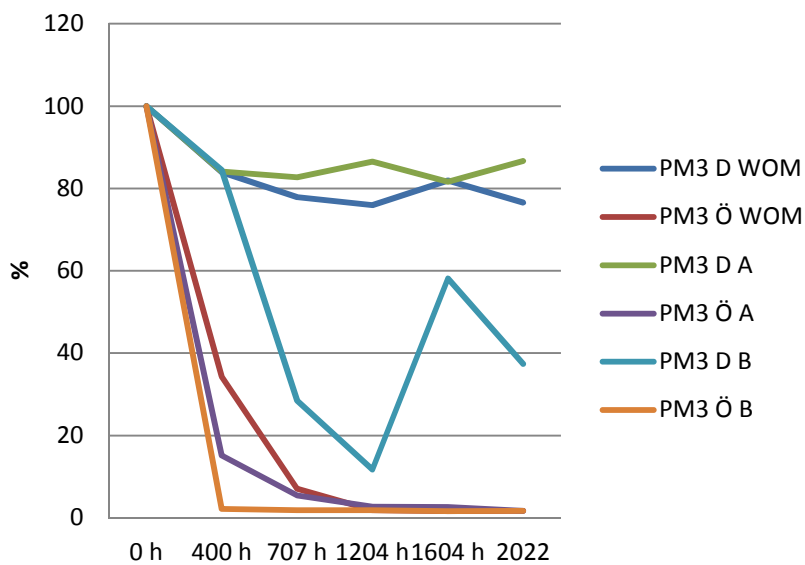
**Kuvaaja 20. Dispersiomaalien PM5
kiiltoarvot laitteissa UVA, -B ja WOM**



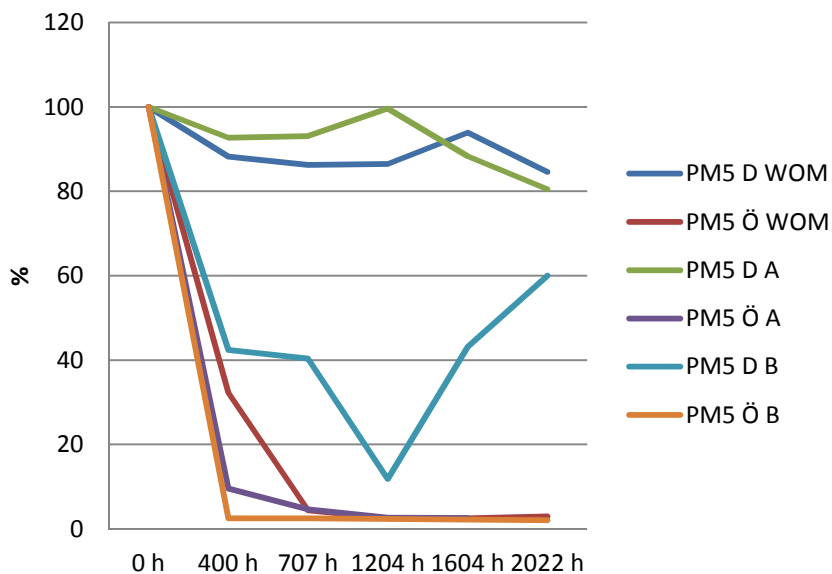
Kuvaaja 21. Dispersio- ja öljymaalien PM1 kiiltoarvot laitteissa UVA, -B ja WOM,



Kuvaaja 22. Dispersio- ja öljymaalien PM3 kiiltoarvot laitteissa UVA,-B ja WOM



Kuvaaja 23. Dispersio- ja öljymaalien PM5 kiilto arvot laitteissa UVA, -B ja WOM



Kuvaaja 24. PM3 ja PM5 öljy- ja dispersiomaalien värimuutosvertailu laitteissa UVA,-B ja WOM

