

**FARKLI KİL MİNERALLERİNİN SU BAZLI TİCARİ BOYALARIN
ALÜMİNYUM YÜZEY UYGULAMALARI ÜZERİNE ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

Ayşenur ÇETİN UĞURLU

Yüksek Lisans Tezi

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimyasal Teknolojiler Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Emir Zafer HOŞGÜN

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Şubat 2022

ÖZET

FARKLI KİL MİNERALLERİNİN SU BAZLI TİCARİ BOYALARIN ALÜMİNYUM YÜZEY UYGULAMALARI ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Ayşenur ÇETİN UĞURLU

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimyasal Teknolojiler Bilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Şubat 2022

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Emir Zafer HOŞGÜN

Bu çalışmada su bazlı Ral 6034, Ral 7012, Ral 9003 kodlu ticari boyalara her bir Ral kodunda % 0.5, % 1, % 2 oranlarında sırasıyla kaolin, montmorillonit, sepiyolit killeri eklenip bu katkı maddeli boyaların parlaklık, çapraz kesme deneyi ile boya yapışma derecesi, renk değişim ölçümü, pull off yapışma mukavemeti boya kuru film, FTIR testleri gerçekleştirilmiştir. Boya parlaklık değerlerinde katkı maddeleri oranı arttıkça parlaklık azalmıştır. Ral 7012 % 2 katkı maddesi dışındaki tüm boyalarda bu azalışın kabul edilebilir düzeyde olduğu gözlemlenmiştir. Çapraz kesme deneyinde Ral 9003 katkı maddesi % 1 ve % 2 olan boyaların yapışma sınıfı 2 olarak belirlenmiştir. Kalan boyalarda bu değer 0 ile 1 arasında değişmiştir. Ral 6034 % 1 kaolin, Ral 7012 % 1 kaolin, Ral 9003 % 2 montmorillonit katkılarında ΔE^* sapmalarında en düşük değerler saptanmıştır. FTIR incelemesi sonucunda kil eklenmiş boyalarda yapısal değişiklik gerçekleşmemiştir. Ral 7012 % 1 kaolin katkısı ve Ral 9003 % 2 sepiyolit olan boya dışında tüm boyalarda yapışma mukavemetini killerin minimum % 4 oranında arttırdığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Su bazlı boyalar, Kaolin, Sepiyolit, Montmorillonit, Yapışma Mukavemeti, Parlaklık

ABSTRACT

AN INVESTIGATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT CLAY MINERALS ON ALUMINUM SURFACE APPLICATIONS OF WATER-BASED COMMERCIAL PAINTS

Ayşenur ÇETİN UĞURLU

Department of Chemical Engineering

Programme in Chemical Technologies

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, February 2022

Supervisor: Prof. Dr. Emir Zafer HOŞGÜN

In this study, kaolin, montmorillonite, and sepiolite clays were added to water-based commercial paints with the codes Ral 6034, Ral 7012, Ral 9003 at the rates of % 0.5, % 1, % 2 respectively in each Ral code. A Gloss of the paints with these additives, the degree of paint adhesion by cross-cut test, was determined. Color change measurement, pull-off adhesion strength, FT-IR tests were carried out. As the ratio of additives increased in paint gloss values, gloss decreased. It was observed that this decrease was at an acceptable level in all paints except Ral 7012 % 2 additive. In the cross-cut test, the adhesion class of paints with % 1 and % 2 Ral 9003 additives was determined as 2. This value was varied between 0 and 1 in other paints. The lowest values of ΔE^* deviations were determined for Ral 6034 %1 kaolin, Ral 7012 %1 kaolin, Ral 9003 % 2 montmorillonite additives. As a result of the FT-IR examination, no structural changes were observed in the clay-added paints. It was observed that clays increased the adhesion strength by a minimum of % 4 in all paints, except for the paint with Ral 7012 % 1 kaolin additive and Ral 9003 % 2 sepiolite.

Keywords: Water-based paints, Kaolin, Sepiolite, Montmorillonite, Adhesion strength, Gloss.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca desteğini ve yardımını esirgemeyen danışmanım Sayın Dr.Öğr.Üyesi EMİR ZAFER HOŞGÜN' e,

Türasaş Üretim Planlama ve Kontrol Daire Başkanı Sayın Erbil BİLGİN' e,

Türasaş Sakarya Bölge Kaynak Eğitim ve Laboratuvarlar Şube Müdürlüğü mesai arkadaşlarım; Şube Müdürü Sayın Timuçin ÖĞRENİR' e, Teknik Şef Sayın Emine YAMAN' a, Sayın Buket YILMAZ' a, Sayın Zeynep Betül EROVA' ya, Sayın H. Cemal TATAROĞLU' na ,

Türasaş Sakarya Bölge Müdürlüğü Kimyasal İşlemler Fabrikası mesai arkadaşlarım ; Sayın Fabrika Müdürü Ramazan ÖTEMEN' e, İmalat Boyahane Postabaşı Sayın Murat İRGER' e ve posta arkadaşlarına, Sayın Muharrem MERT' e , Sayın Harun COLT' a , Sayın Bayram YÜCA' ya ,

Türasaş Eskişehir Bölge Müdürlüğü Kaynak Eğitim ve Laboratuvarlar Şube Müdürlüğü mesai arkadaşlarım; Şube Müdürü Sayın Mahmut ERTEN' e, Sayın Serkan KARABULUT' a , Sayın Serkan ÇÖKMEZ' e , Sayın Ayşe Betül AKMAN' a, Sayın

İbrahim SEMERCİ' ye, değerli ustalarım Sayın Bülent ŞAHİN' e, Sayın Ahmet AÇIKGÖZ' e, Sayın Mehmet Ömer AKGÜN'e, Sayın Murat KARTAL' a , Sayın Şükrü ÇELİK' e , Türasaş Eskişehir Bölge Müdürlüğü Başuzmanı Sayın Şenol ERDOĞAN' a,

Çifteler İlçe Nüfus Müdürlüğü eski mesai arkadaşlarım ; Sayın Şaban ÖZMEN' e, Sayın Vedat AYMERGEN 'e, Sayın İsa MUMCU' ya,

Araştırmalarımda destek olan arkadaşım Ceyda KÜÇÜKOĞLU' na,

Çalışmalarımda her zaman yanımda olduklarını hissettiğim canım anneme, babama, abime, ablama, yeğenim Doruk ÇETİN' e ve eşim Hasan UĞURLU' ya teşekkürü borç bilirim..

Ayşenur ÇETİN UĞURLU

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Ayşenur ÇETİN UĞURLU

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
DANIŞMAN ONAYI	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vi
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER	3
2.1. Boyanın Kısa Tarihçesi.....	3
2.2 Boya Bileşenleri	4
2.2.1. Bağlayıcılar	4
2.2.1.1. Polyester reçineler.....	4
2.2.1.2. Alkid reçineler.....	5
2.2.1.3. Üretan reçineleri.....	6
2.2.1.4. Poliüretan reçineler	6
2.2.1.5. Epoksi reçineler	7
2.2.1.6. Akrilik reçineler	8
2.2.1.7. Amino reçineler	8
2.2.1.8. Yağlar	8
2.2.2. Pigmentler	9
2.2.3. Çözücü	10
2.2.4. Katkı maddeleri.....	10

2.3. Killer.....	11
2.3.1. Killerin sınıflandırılması.....	11
2.3.1.1. <i>Kaolin (Çin kili)</i>	12
2.3.1.2. <i>Mika</i>	13
2.3.1.3. <i>Montmorillonit</i>	13
2.3.1.4 <i>Talk</i>	15
2.3.1.5. <i>Sepiyolit</i>	16
2.4 Su Bazlı Boyalar	16
2.4.2. Su bazlı boyaların iyileştirilmesi	17
2.5. Çözücü Bazlı Boyalar.....	19
2.6. Toz Boyalar	19
2.7. Kaplama Sistemleri.....	20
2.7.1. Tek katlı kaplama sistemi.....	20
2.7.2. Çok katlı sistem.....	20
2.8. Metal Yüzeyleri Çoklu Sistemde Boyaya Hazırlanma Süreci.....	21
2.8.1. Kumlama	21
2.8.2. Epoksi astar.....	23
2.8.3. Macun	24
2.8.4. Ara kat boyalar.....	25
2.8.5. Son kat boyalar	25
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	27
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	29
4.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Cihaz Listesi.....	29
4.2. Su Bazlı Boyaları ve Alüminyum Plakaları Uygulama Öncesinde Hazırlama.....	29
4.3. Analiz Yöntemleri	32
4.3.1. Deney çalışmalarında kullanılacak cihazlar	32
4.3.1.1. <i>Boyaların 60°'de parlaklık testi</i>	32
4.3.1.2. <i>Cross- cut yapışma Testi</i>	32
4.3.1.3. <i>FT-IR analizi</i>	35
4.3.1.4. <i>Pull off yapışma testi</i>	35

4.3.1.5. Pürüzlülük ölçümü	36
4.3.1.6. Renk ölçümü	36
5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	38
5.1.Boya Numune ve Karışımlarının 60°’de Parlaklık Tayini	38
5.1.1. Ral 6034 boya numunelerinin parlaklık tayinleri	38
5.1.2. Ral 7012 60°’de parlaklık tayinleri	40
5.1.3. Ral 9003 60°’de Parlaklık tayinleri	42
5.2. Boya Numune ve Karışımlarının Çapraz Kesme Deneyi Sonuçları.....	44
5.2.1. Ral 6034 çapraz kesme deneyi.....	44
5.2.2. Ral 7012 çapraz kesme deneyi.....	45
5.2.3. Ral 9003 çapraz kesme deneyi.....	47
5.3. Renk Ölçümü.....	49
Referans numunesi alınarak hazırlanan diğer boyalarla karşılaştırma yapılmıştır. Numune ile diğer boyalar arasındaki renk farkları (ΔE) incelenmiştir.....	49
5.3.1. Ral 6034 Renk ölçümü	49
5.3.2. Ral 7012 Renk ölçümü	51
5.3.3. Ral 9003 Renk ölçümü	52
5.4. Boya Numune ve Karışımlarının Pull-off (Yapışma İçin Çekme Deneyi) Sonuçları	53
5.5. FT-IR Analiz Test Sonuçları	56
5.5.1. Katkı maddeleri ve boyaların FT-IR analiz test sonuçları	56
6.TARTIŞMA VE SONUÇ	60
6.1 Öneriler	64
KAYNAKÇA.....	65
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. Bazı pigmentlerin gruplandırılması ve özellikleri	10
Tablo 2.2. Boya kalite PCC Çöktürülmüş kalsiyum karbonat ürünlerinin karşılaştırılması	18
Tablo 2.3. Yüzey temizleme dereceleri.....	22
Tablo 4.1. Su Bazlı Boyaların Fiziksel Özellikleri	29
Tablo 4.2. Katkı maddeleri ile hazırlanan su bazlı boyalar.....	30
Tablo 4.3. Parlaklık cihazı ölçüm aralıkları.....	32
Tablo 4.4. Çapraz kesme deney sonuçlarının sınıflandırılması	34
Tablo 5.1. Renk uzaklık değer tablosu.....	49
Tablo 5.2. Ral 6034 % 1 katkı maddesi ΔE^* - ΔL^* sapma değerleri.....	50
Tablo 5.3. Ral 6034 % 2 katkı maddesi ΔE^* - ΔL^* sapma değerleri.....	50
Tablo 5.4. Ral 7012 % 0.5 katkı maddesi ΔE^* - ΔL^* sapma değerleri.....	50
Tablo 5.5. Ral 7012 % 1 katkı maddesi ΔE^* - ΔL^* sapma değerleri.....	51
Tablo 5.6. Ral 7012 % 2 katkı maddesi ΔE^* - ΔL^* sapma değerleri.....	51
Tablo 5.7. Ral 9003 % 0.5 katkı maddesi ΔE^* - ΔL^* sapma değerleri.....	51
Tablo 5.8. Ral 9003 % 1 katkı maddesi ΔE^* - ΔL^* sapma değerleri.....	52
Tablo 5.9. Ral 9003 % 2 katkı maddesi ΔE^* - ΔL^* sapma değerleri.....	52
Tablo 5.10. Ral 7012 numune ve katkı maddeleri eklenmiş boyalar uygulanmış plakaların kopma mukavemetlerinin karşılaştırılması	53
Tablo 5.11. Ral 6034 numune ve katkı maddeleri eklenmiş boyalar uygulanmış	

plakaların kopma mukavemetlerinin karşılaştırılması 54

Tablo 5.12. Ral 9003 numune ve katkı maddeleri eklenmiş boyalar uygulanmış

plakaların kopma mukavemetlerinin karşılaştırılması 54



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Alkid reçinenin sentezi için yaygın olarak kullanılan bazı yağ asitleri.....	6
Şekil 2.2. Poliüretan reçinenin kullanım alanları.....	7
Şekil 2.3. Epoksi reçinenin kullanım alanlarına göre dağılımı.....	7
Şekil 2.4. Pigmentler	9
Şekil 2.5. Köpük kesiciler.....	10
Şekil 2.6. Çeşitli Katkı Maddeleri	10
Şekil 2.7. Silisyum dört oksijen atomu ile oluşturduğu tetrahedral	13
Şekil 2.8. Tetrahedral silisyum birimlerinin oluşturduğu iki boyutlu örgü	14
Şekil 2.9. Alüminyum altı oksijen ile oluşturduğu oktahedral	14
Şekil 2.10. Montmorillonit kilinin tek bir tabaka şekli.....	15
Şekil 2.11. Toz boya uygulamaları	20
Şekil 2.12. Kuşlama uygulamaları	21
Şekil 2.13. Kuşlama dereceleri.....	23
Şekil 2.14. Macun uygulamaları.....	24
Şekil 4.1. Boya mekanik karıştırıcı.....	30
Şekil 4.2. Çetingil ÇKM-150 Mini Kuşlama Kabini	31
Şekil 4.3. Mumlu bez.....	31
Şekil 4.4. Havalı zımpara makinesi	31
Şekil 4.5 RHOPPOINT NOVO – GLOSS Parlaklık Cihazı	32
Şekil 4.6. Cross-cut yapışma test cihazı	33
Şekil 4.7. Yapışkan bandın plakaya göre konumu ve plakadan çekilmeden önceki pozisyonu	33
Şekil 4.8. Agilent Cary 630 FT-IR cihazı.....	35

Şekil 4.9. DeFelsko PosiTest AT-A pull-off cihazı.....	36
Şekil 4.10. Alüminyum dolly parçaları.....	36
Şekil 4.11. Mitutoyo Pürüzlülük ölçüm cihazı	36
Şekil 4.12. X-Rite Ci64 renk spektrometresi.....	37
Şekil 5.1. Ral 6034 Numune ve % 0.5 Kaolin ,Mmt,Sepiyolit eklenmiş su bazlı boya ile kaplanmış plakaların 60°açıda parlaklık ölçümleri.....	38
Şekil 5.2. Ral 6034 Numune ve % 1 Kaolin ,Mmt,Sepiyolit eklenmiş su bazlı boya ile kaplanmış plakaların 60°açıda parlaklık ölçümleri.....	38
Şekil 5.3. Ral 6034 Numune ve % 2 Kaolin ,Mmt,Sepiyolit eklenmiş su bazlı boya ile kaplanmış plakaların 60°açıda parlaklık ölçümleri.....	39
Şekil 5.4. Ral 7012 Numune ve % 0.5 Kaolin ,Mmt,Sepiyolit eklenmiş su bazlı boya ile kaplanmış plakaların 60°açıda parlaklık ölçümleri.....	40
Şekil 5.5. Ral 7012 Numune ve % 1 Kaolin ,Mmt,Sepiyolit eklenmiş su bazlı boya ile kaplanmış plakaların 60°açıda parlaklık ölçümleri.....	40
Şekil 5.6. Ral 7012 Numune ve % 2 Kaolin ,Mmt,Sepiyolit eklenmiş su bazlı boya ile kaplanmış plakaların 60°açıda parlaklık ölçümleri.....	41
Şekil 5.7. Ral 9003 Numune ve % 0.5 Kaolin ,Mmt,Sepiyolit eklenmiş su bazlı boya ile kaplanmış plakaların 60°açıda parlaklık ölçümleri.....	42
Şekil 5.8. Ral 9003 Numune ve % 1 Kaolin ,Mmt,Sepiyolit eklenmiş su bazlı boya ile kaplanmış plakaların 60°açıda parlaklık ölçümleri.....	42
Şekil 5.9. Ral 9003 Numune ve % 2 Kaolin ,Mmt,Sepiyolit eklenmiş su bazlı boya ile kaplanmış plakaların 60°açıda parlaklık ölçümleri.....	43
Şekil 5.10. Ral 6034 (a) numune 1 ve (b) numune 2 Çapraz kesme deneyi görseli.....	44
Şekil 5.11. Ral 6034 (a) % 0.5 Kaolin (b) % 0.5 Mmt (c) % 0.5 Sepiyolit katkı maddeleri eklenmiş boyalarla boyanmış plakların çapraz kesme deneyi görseli	44
Şekil 5.12. Ral 6034 (a) % 1 Kaolin (b) % 1 Mmt (c) % 1 Sepiyolit katkı maddeleri eklenmiş boyalarla boyanmış plakların çapraz kesme deneyi görseli	45

Şekil 5.13. Ral 6034 (a) % 2 Kaolin (b) % 2 Mmt (c) % 2 Sepiyolit katkı maddeleri eklenmiş boyalarla boyanmış plakların çapraz kesme deneyi görseli	45
Şekil 5.14. Ral 7012 (a) numune 1 ve (b) numune 2 Çapraz kesme deneyi görseli	46
Şekil 5.15. Ral 7012 (a) % 0.5 Kaolin (b) % 0.5 Mmt (c) % 0.5 Sepiyolit katkı maddeleri eklenmiş boyalarla boyanmış plakların çapraz kesme deneyi görseli	46
Şekil 5.16. Ral 7012 (a) % 1 Kaolin (b) % 1 Mmt (c) % 1 Sepiyolit katkı maddeleri eklenmiş boyalarla boyanmış plakların çapraz kesme deneyi görseli	46
Şekil 5.17. Ral 7012 (a) % 2 Kaolin (b) % 2 Mmt (c) % 2 Sepiyolit katkı maddeleri eklenmiş boyalarla boyanmış plakların çapraz kesme deneyi görseli	47
Şekil 5.18. Ral 9003 (a) numune 1 ve (b) numune 2 Çapraz kesme deneyi görseli	47
Şekil 5.19. Ral 9003 (a) % 0.5 Kaolin (b) % 0.5 Mmt (c) % 0.5 Sepiyolit katkı maddeleri eklenmiş boyalarla boyanmış plakların çapraz kesme deneyi görseli	48
Şekil 5.20. Ral 9003 (a) % 1 Kaolin (b) % 1 Mmt (c) % 1 Sepiyolit katkı maddeleri eklenmiş boyalarla boyanmış plakların çapraz kesme deneyi görseli	48
Şekil 5.21. Ral 9003 (a) % 2 Kaolin (b) % 2 Mmt (c) % 2 Sepiyolit katkı maddeleri eklenmiş boyalarla boyanmış plakların çapraz kesme deneyi görseli	49
Şekil 5.22. Ral 6034 Numune ve Ral 6034 %0.5 Katkı Maddeleri eklenmiş su bazlı boyalarla boyanmış plakların ΔE^* - ΔL^* sapma değerleri	49
Şekil 5.23. Ral 7012 Pull Off Analizi	52
Şekil 5.24. Ral 6034 Pull Off Analizi	53
Şekil 5.25. Ral 9003 Pull Off Analizi	54
Şekil 5.26. Kaolin, Ral 6034 ve Ral 6034+ Kaolin Eklenmiş Boyaların FT-IR Analizi	56
Şekil 5.27. Montmorillonit, Ral 6034 ve Ral 6034+ Montmorillonit Eklenmiş Boyaların FT-IR Analizi	57
Şekil 5.28. Sepiyolit , Ral 6034 ve Ral 6034+ Sepiyolit Eklenmiş Boyaların FT-IR Analizleri	58

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

FT-IR	: Fourer Transformer Infrared Spektrofotometre
g	: Gram
GCC	: Doğal kalsiyum karbonat
GU	: Parlaklık birimi
m ²	: Metrekare
mL	: Mililitre
Mmt	: Montmorillonit
M.Ö	: Milattan önce
PCC	: Çöktürülmüş kalsiyum karbonat
Ral	: Renk kodu
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
Uv	: Ultraviyole
VOC	: Organik Uçucu Bileşikler
yy	: Yüz yıl
WBAP	: Su bazlı alüminyum pigment

1. GİRİŞ

Su bazlı boyalar ve vernikler, ana (ve bazen tek) çözücü bileşen olarak suya sahip bileşimlerdir. Boyalar ve vernikler için sıvı bir baz olan su, suda çözünür kaplamaları kendi yollarıyla benzersiz kılan ayırt edici özelliklere sahiptir. Suda çözünür bazı organik polimerlerin dışında polimerler suda çözünmez veya çok az çözünür. İyi dayanıklı su bazlı kaplamalar üretmek, genellikle çözücü bazlı bileşimlere kıyasla daha zordur ve polimer bağlayıcıların ve inorganik dolgu maddelerinin stabil sulu dispersiyonlarının hazırlanmasını gerektirir [1].

Boyada dolgular, içinde bulunduğu ortamda çözünmeyen taneciklerden oluşan, temel kullanıma nedeni boya maliyetini düşürmek olan, bununla birlikte boyanın bazı teknik özelliklerinin de iyileşmesine yol açabilen katı maddelerdir. Önemli bir bölümü doğal, sınırlı bir bölümü sentetik olarak elde edilen dolgular 1 -100 mikrometre arasında değişen ortalama tanecik boyutlarında olurlar. Kaolin, kristal suyu içeren alüminyum silikat olarak anılır. Kaolin doğal kayacın öğütülüp sınıflandırılmasıyla satılıp kullanıldığı gibi, kristal suyu ısıyla uzaklaştırıldıktan sonra da öğütülüp pazarlanabilir. 'Kalsine Kaolin' olarak da anılan ikinci malzeme, daha beyaz daha sert hale gelir. Asit ve baz direnci yüksek olan kaolin dış cephe amaçlı inşaat boyalarında, sanayi boyası astarlarında yaygın olarak kullanılır [2]. Montmorillonit (Bentonit) tipi killer adsorban ve kıvamlandırma gibi geniş kullanım alanı olan endüstriyel minerallerdir. Yüksek yüzey alanından dolayı özellikle aktive edilmiş bentonit yağların filtrasyonunda ayrıca su içerisinde şişme özelliği gösterdiğinden dolayı boya sanayinde de kullanılmaktadır [3]. Sepiyolit, Sepiyolit-Paligorskit grubuna mensup magnezyum hidrosilikattan ibaret doğal bir kil minerallidir. Özellikle yüksek reolojik özellik gösteren sepiyolitler, sondaj çamuru, boya, yapıştırıcı, dolgu maddesi, asfalt, havyan yemi, katalizör desteği ve taşıyıcısı, kozmetik, gübre süspansiyonu, yağ rafineri, ilaç ve seramik sektöründe uç ürün olarak kullanılmaktadır [4].

Boya hem dekorasyon hem de malzemeyi korumak için yapılan bir prosestir. Kullanım alanı denizcilikten otomotiv sektörüne göre geniş yer almaktadır. Boyanın kullanım alanı korozyon ve görsellikten dolayı günden güne de artış göstermektedir. Bu sektörün genişlemesiyle birlikte rekabet de artarak devam etmektedir. Bununla birlikte boyanın hammaddelerini oluşturan bağlayıcılar, katkı maddeleri, pigmentler üzerinde farklı çalışmalar da artmaya başlamıştır. Bu çalışmalar maliyeti azaltıp boya uygulamalarında kaliteyi arttırmaya yöneliktir. Su bazlı boyalar da son zamanlarda uçucu

organik madde miktarı (Volatile Organic Compounds- VOC) değeri düşük ve aynı zamanda çevreci boya olduğu için tercih edilen boya haline gelmiştir.

Bu çalışmada su bazlı ticari boyaya farklı katkı maddelerini (kaolin, montmorillonit, sepiyolit) ekleyerek boya ve boya uygulama yüzeyinde görülen iyileştirme çalışmaları incelenmiştir. Organik kaplamalar sistem plakaları üzerinde uygulanmıştır. Çalışmada boyaların uygulandıktan sonra parlaklık, korozyon, yapışma, cross cut ve renk değişimleri gözlenmiştir.



2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Boyanın Kısa Tarihçesi

Boya tarih öncesinde, göçebe insanların kayalık duvarlardaki resimleri kullanmasıyla ortaya çıkmıştır. Geçtikleri mağaralarda karakalem iz bırakan çizimler yapmışlardır. İspanya'da yapılan son keşif, bugüne kadar keşfedilen ve insanlar tarafından yapılan en eski resimlerin 42.000 yıldan daha uzun bir süre önce yapıldığını bulmuştur. İlk resim, tarih öncesi çağda Homo Neanderthalis tarafından yapıldığına inanılan ilkel insanlar tarafından yapılmıştır. Avrupa, Afrika ve Asya'da yapılan arkeolojik kazılar, ilkel insanların ilk ressam ve heykeltıraşlar olduğunu ve bu sanatlar aracılığıyla günlük yaşamlarını sergilediklerini ortaya koymaktadır [5].

Son on yılda, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve korunması dikkate alınırken, duyarlı ve çevreye duyarlı bir yaşam tarzına olan ilginin arttığı görülmektedir. Bu “yeşilleşme” trendi sadece bireyin özel hayatını değil, çevre dostu düşünen şirketler ve şehirler gibi büyük organizasyonları da kapsamaktadır. Ek olarak, katı çevre mevzuatı, çevreye zararlı maddelerin salınımını sürekli olarak azaltmak için çevre dostu ürünlerin daha fazla geliştirilmesini teşvik etmiştir. İç mekanlarda bilinen karakteristik emisyon kaynakları, özellikle geniş yüzeylere (tavanlar, duvarlar) yaygın olarak uygulandıklarından yüksek bir yükleme faktörüne (yüzey-hacim oranı) yol açan kötü hava kalitesine önemli ölçüde katkıda bulunabilecek boyalar ve kaplamalardır. Bu nedenle hem çözücü bazlı hem de su bazlı boyaların emisyon potansiyeli, salınan ana maddeler ve etkileyen faktörler uzun süredir araştırmaların odağında yer almaktadır. Bu süreçteki ilk adım, 1950'lerde su bazlı boyaların piyasaya sürülmesi olmuştur ve bu, son zamanlarda düşük VOC ve sıfır VOC olarak adlandırılan boyaların geliştirilmesine yol açmıştır. Şimdiye kadar, "düşük VOC" ve "sıfır VOC" terimleri için bağlayıcı bir tanım yok gibi görünmekle birlikte, ilgili ürünlerin üreticileri, düşük VOC ürünlerinin VOC içeriğinin 50 gL⁻¹ ile 250 gL⁻¹ arasında değiştiğini belirtmektedirler. Sıfır VOC ürünleri ise 5 gL⁻¹ altında daha düşük bir çözücü içeriğine sahiptir. Kokusuz ve toksik olmayan bu ürünler, kullanıcıların boyamadan hemen sonra iç mekan odasını yeniden kullanmalarına olanak tanımaktadırlar [6].

2.2 Boya Bileşenleri

Boyalar genel olarak sıvı malzemelerdir. Yüzeylere ince bir film şeklinde uygulanırlar. Uygulama sonucunda kuruma ve kürleşme proseslerinden sonra yüzeylerde koruyucu, görsel, katı bir tabaka oluştururlar [7]. Malzemeyi korozyondan korumak için en önemli tekniklerden biri boyadır [8]. Boyalar endüstrideki kullanım alanlarına göre dekoratif ve sanayi boyaları olmak üzere iki ana gruba ayrılır; Dekoratif Boyalar, Sanayi Boyaları [9].

Boyanın ana bileşenleri aşağıdaki 4 maddeden oluşur.

- 1) Bağlayıcılar (Reçine)
- 2) Pigmentler
- 3) Çözücü
- 4) Katkı Maddeleri

2.2.1. Bağlayıcılar

Organik kaplama bağlayıcıları, organik kaplama elamanlarının hem birbirlerine hem de uygulandıkları yüzeye bağlanmasını sağlarlar. Bağlayıcı olarak, çok yaygın olarak, önceden polimerleştirilmiş organik moleküller kullanılır. Bunlar çok büyük moleküllerdir, dolayısıyla içinde bulundukları çözücü ya da kaynaşma, koalesans, ile sertleşen kaplamalar ya da yine daha önce polimerleştirilmiş olmakla birlikte görece olarak da küçük moleküllerdir. Dolayısıyla yüzeyde sert bir film oluşturacak kadar büyümeleri için, yüzeye uygulandıktan sonra da büyümeye devam etmeleri amacıyla kimyasal tepkimelere girerler (hava oksijeniyle) veya fırında kuruyarak veya diğer bileşen(ler)le karıştırılırlar ve daha çok da UV vd. ışımların etkisi altında polimerleştirilirler. Böylece, sert bir film yapacak molekül büyüklüğüne erişmeleri sağlanır [2].

2.2.1.1. Polyester reçineler

Doymuş polyester reçineler

Polihidrik alkol (poliol), doymuş poli bazik asitlerin (poliasit) tepkimesiyle oluşurlar. Organik kaplama amaçlı polyesterlerin çoğu hidroksil fonksiyonludurlar. Yine bir polyester olmasına karşın yapılarında, ek olarak, yağ asitleri de bulunan alkid reçinelerinden ayırt etmek için ‘yağsız polyester’ler olarak da adlandırılır. Amino reçineleriyle fırın koşullarında, izosiyanat reçineleriyle (iki bileşenli sistemlerde) oda sıcaklığında tepkimeye girerek film oluştururlar. Otomotiv astar ve son kat boyaları, beyaz

eşya boyaları, bobin astar ve son kat boyaları, plastik astar, son kat boya ve verniklerde kullanılır [2].

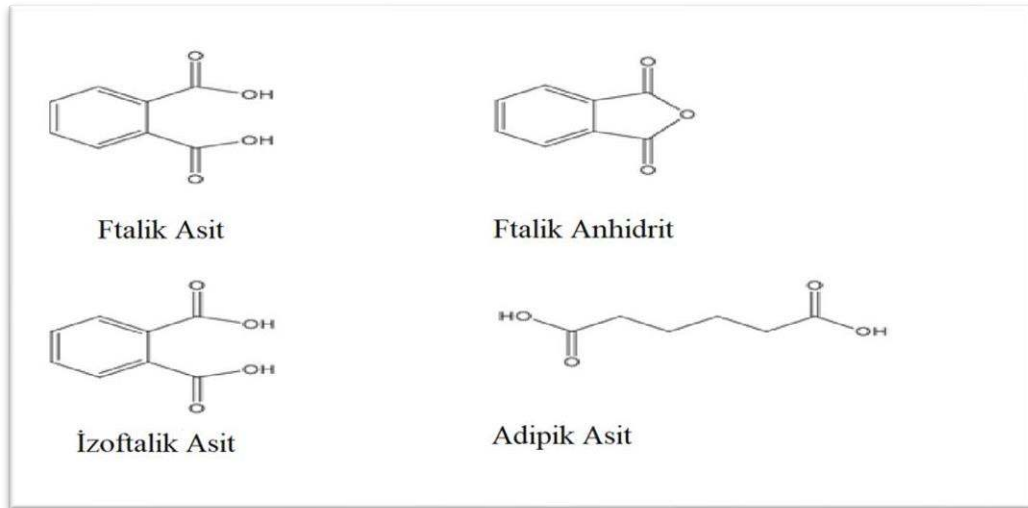
Doymamış polyester reçineleri

Doymamış polyester reçineleri önemli bir termoset polimer sınıfını içerir. Düşük maliyetleri, kolay işlenebilirlikleri, iyi korozyon direnci ve çeşitli kalitelerde bulunabilirlikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılırlar. Kürleme süreçleri sırasında herhangi bir uçucu yan ürün yaymazlar; bu özellik onları daha ilgi çekici hale getirmektedir [10].

En büyük kullanımı alanları, kalıplama, serpme vb. yöntemlerle yapılan camelyafı vb. takviyeli malzemelerdir (parça, eşya, tekne, tank vb.). Organik kaplama sektöründeki başlıca kullanım alanları arasında ise, otomotiv, oto tamir, metal ahşap ve makine imalat sanayii macunlarıyla; dolgun ve parlak yüzeyler veren ahşap vernik ve boyalar sayılabilir [2].

2.2.1.2. Alkid reçineler

Alkid reçineleri, polihidrik alkoller, monobazik ve polibazik asitler, bitkisel yağlar ve yağ asitlerinin yoğunlaşma reaksiyonu ile elde edilen bitkisel yağ veya yağ asidi modifiyeli düşük moleküler ağırlıklı polyesterlerdir. Bu reçineler polyesterdir, ancak polyesterler “yağsız polyesterler” diye adlandırılır. Alkid reçineleri, karboksilik ve hidroksil gruplarını içeren moleküllerin esterleştirilmesiyle sentezlenir [11]. Alkid reçineleri, mükemmel mekanik özellikleri, güvenilirliği, üstün kuruma hızı, yüksek parlaklığı ve akrilik bağlayıcılara göre daha düşük maliyeti nedeniyle yüzey kaplama uygulamasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Alkid esaslı kaplamalar dekorasyon ve koruma amacıyla metaller, ahşaplar, beton duvarlar üzerine uygulanır [12].



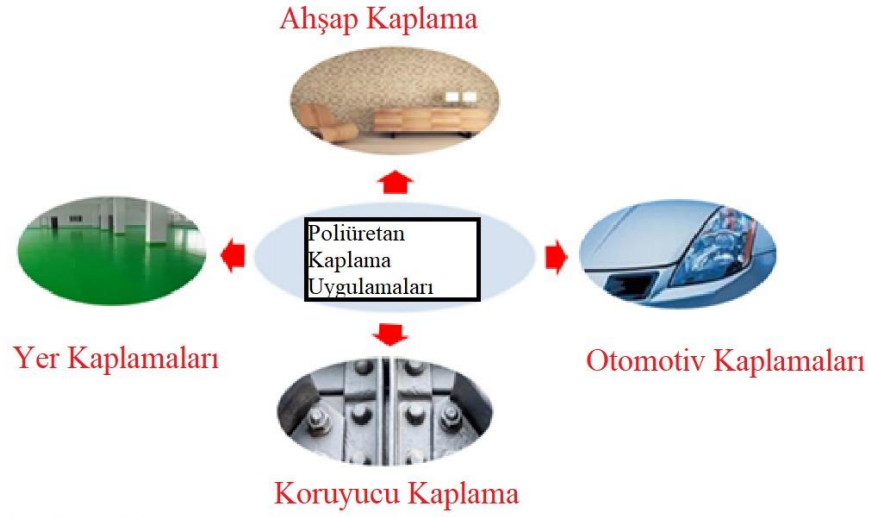
Şekil 2.1 Alkid reçinenin sentezi için yaygın olarak kullanılan bazı yağ asitleri [12]

2.2.1.3. Üretan reçineleri

Üretan reçineleri izosiyanat (-NCO) fonksiyonel grubuna sahip en az iki fonksiyonlu bileşiklerin, aminler ($R-NH_2$), alkoller ($R-OH$), su, üre, karboksilli asitler ve karboksilli asid amidleri ile verdikleri tepkimeler sonucunda oluşurlar. İzosiyanat grubuyla tepkime veren bileşiklerin reaktiviteleri şöyle sıralanabilir: Primer, Aminler, Primer Alkoller, Su, Üre, Sekonder tersiyer Alkoller, Üretanlar, Karboksilli Asitler, Amidler [2].

2.2.1.4. Poliüretan reçineler

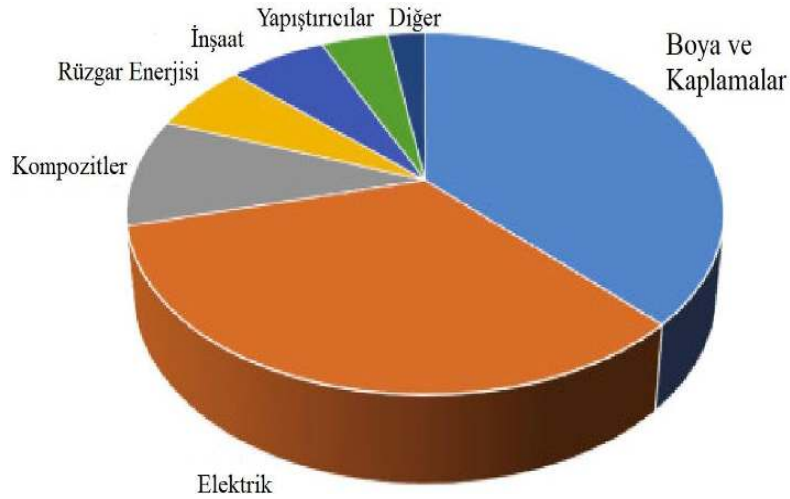
Poliüretanlar, bir izosiyanatın polihidroksil grubu ile yeniden düzenleme reaksiyonu ile oluşturulan üretan ($-NH-CO-O-$) bağları içeren polimerlerdir. Poliüretan kaplamalar, yüksek oranda reaktif hidroksil grupları ve izosiyanat grupları içeren reçinelerden hazırlanır. Poliüretan kaplamaları kürlemek için nem, polioller, poliizosiyanatlar kullanılır. Su ile kürlenene poliüretan kaplamalara nem ile kürlenene poliüretan kaplamalar denir. Poliüretan kaplamalar piyasada hem tek hem de iki bileşenli kaplamalar olarak mevcuttur. Poliüretan kaplamalar, yüksek parlaklıkları, mükemmel dayanıklılıkları nedeniyle otomotiv kaplamaları, ahşap kaplamalar, zemin kaplamaları için yaygın olarak kullanılmaktadır [11].



Şekil 2.2 Poliüretan reçinenin kullanım alanları [11]

2.2.1.5. Epoksi reçineler

Epoksi reçineler, Şekil 2.3'te gösterildiği gibi çok çeşitli uygulama alanları ile en çok yönlü termoset sınıflarından biridir. Reçineler, monomerde iki veya daha fazla halka benzeri epoksi grubuna sahiptir. Alternatif olarak epoksit veya oksiran olarak adlandırılan bu grup, molekülün gövdesi içinde yer alabilir, ancak genellikle terminaldir.



Şekil 2.3. Epoksi reçinenin kullanım alanlarına göre dağılımı [13]

Yüzey kaplamaları, epoksilerin en büyük uygulamasını temsil eder. Bununla birlikte, kullanımlarındaki ana büyüme, özellikle elektronik endüstrisi (kapsülleme ve

devre kartları) olmak üzere diğer pazar sektörlerinden gelen artan talepten kaynaklanmaktadır [13].

2.2.1.6. Akrilik reçineler

Akrilik reçineler, akrilik veya metakrilik esterlerin polimerleridir. Bazen akrilonitril ve stiren gibi monomerlerle modifiye edilirler. En yaygın akrilatlar metil akrilat, etil akrilat, n-bütül akrilat ve 2-etilheksil akrilatdır. Metakrilatlar, metil metakrilat, etil metakrilat, butil metakrilat ve daha yüksek alkol esterlerini içerir. Reçineler kalıplama tozları veya döküm şurupları olarak kullanılır. Akrilik reçineler genellikle üretilenler, epoksitler ve silikonlarla kombinasyon halinde hibrit reçineler olarak kullanılır [14].

2.2.1.7. Amino reçineler

Formaldehit ve amino grubu içeren bileşikler arasında gerçekleşen tepkime sonucunda oluşurlar. Reçine alkolle modifiye edilerek hidrokarbonlarda çözünebilir ve ko-polimerizasyon için yeterince aktif kılınır. Amino bileşiği olarak üre, melamin ve daha az uygulanır olarak benzoguanamine kullanılır. Üre-alkid sistemleri ahşap (mobilya, mutfak mobilyası, mutfak kabini), kağıt, film ve folyo uygulamaları için asit kürlendirmeli olarak uygulanırlar. Genel sanayide astar ve son kat, otomotivde astar olarak kullanılırlar. Melamin reçinelerinin kullanımı daha yaygındır. Otomotivde son kat, endüstriyel genel sanayide astar ve son kat boyası olarak melamin-alkid ve melamin - akrilik sistemi kullanılır. Melamin epoksi sistemleri üstün özellikleri nedeniyle genel metal dekorasyon işlerinde tercih edilir. Melamin reçinelerin kullanımları daha yaygındır. Çünkü daha iyi kimyasal dirence ve dış dayanıma sahiptirler. Benzoguanamine reçineleri ise çok daha az yaygın olarak metal astarlarında kullanılırlar [2].

2.2.1.8. Yağlar

En eski organik kaplama bağlayıcılarından olan kuruyan doğal yağlar, ayçiçeği, keten tohumu, zeytin fıstık, çam, ceviz vs. bitki yağlarıyla balık yağlarından oluşurlar. Kimyasal olarak, doymamışlık içeren yağ asitlerinin gliserinle yaptıkları triesterlerdir (Trigliseritler) .Yağ asitleri üzerindeki doymamışlıkların, başta metal sabunları olmak üzere bazı katalizörlerin yardımıyla hızlanarak, hava oksijeniyle tepkimeye girmeleri sonucunda çapraz bağlanmış filmler verirler. 20.yy ortalarına kadar, 'yağlı boya' adı verilen organik kaplamalarda bağlayıcı olarak yaygın kullanılan kuruyan yağlardan, günümüzde hava kurumalı alkid reçinelerinin üretiminde ham madde olarak yararlanılmaktadır [2].

2.2.2. Pigmentler

Renk pigmentleri dispersiyonu yapılarak boyaya eklenir. Bu pigment dispersiyonu pigment içindeki topaklanmış ve kümelenmiş parçacıkları bir değirmen veya bıçak kullanarak ayırmak için gereklidir. Bu işlem, sonuçta oluşan reçine sistemindeki pigmenti stabilize ederek yeniden kümeleşmeyi, topaklaşmayı (pigmentlerin gevşek kümelenmelerinin oluşumu) ve pigment parçacıklarının yerleşmesini önler. Ayrıca, bu işlem pigmentin boyutunu son film kalınlığı daha ince olsun diye azaltır. Eğer tanecikler film kalınlığından büyük olurlarsa, pigmentler film kalınlığından dışarı çıkarlar. Renk pigmentleri organik ve inorganik diye ikiye ayrılır. İnorganik pigmentlerden siyah ve beyaz olanlar pigment gizleme diye ele alınır [15].

Pigmentler suda ve organik çözücülerde genel olarak çözünmeyen maddelerdir. Koruma renklendirme ve özel amaçlar için kullanılırlar. Boyar maddeleri de pigment olarak görebiliriz, fakat boyar maddelerin miktarı boya içerisinde %1-5 civarında olurken pigment miktarı toplam ağırlığın üçte biri kadar olabilir [16].

Pigmentler, madensel, doğal organik ve inorganik sentetik ve karışık pigmentler olarak gruplanabilir. Bu pigmentlerin gruplandırılması ve özellikleri Tablo 2.1'de verilmiştir. Pigmentler herhangi bir çözücüde çözünmez, boya içinde kolloidal halde dağılmış olarak bulunur. Bir başka deyimle boya, pigment ve dolguların bir bağlayıcı içinde asılı halde bulunduğu, bir dispersiyon sistemidir [17].



Şekil 2.4. Pigmentler [18]

Tablo 2.1. Bazı pigmentlerin gruplandırılması ve özellikleri [17]

Mavi Pigmentler	Kırmızı Pigmentler	Yeşil Pigmentler	Sarı Pigmentler	Kahverengi Pigmentler
Ultramarin ,Litarj	Sülyen	Krom oksit	Litarj (PbO)	Sienna Toprağı (Burntsienna)
Bakır ftalosiyanın	Demir oksit	Hidrate krom oksit	Kurşun veya çinko kromat,	
Demir mavisi	Kadmiyum kırmızısı	Ftalosiyanın yeşili	Hansa Sarısı	Vandyke kahverengisi
		Ftalosiyanın mavisi + çinko kromat	Ferrit Sarısı	

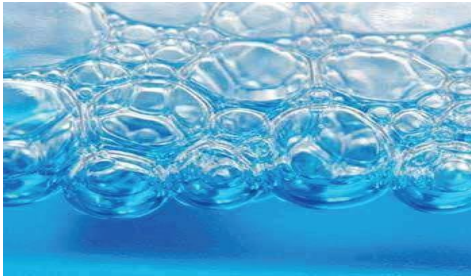
2.2.3. Çözücü

Boyada kullanılan çözücülerin birinci görevi boyayı sürülebilir veya püskürtülebilir bir kıvam sağlamak ve boyanın uygulanmasından sonra uçup giderek boyanın yüzeye ince bir tabaka halinde yapışmasını sağlamaktır [16].

Çözücüler ayrıca çözücü bazlı boyalarda soyulma önleyici maddeler olarak da işlev görür; etkileri, kaplama malzemesinin depolanması sırasında oluşan ve deri oluşumuna neden olan bileşeni çözmelerine dayanmaktadır [19].

2.2.4. Katkı maddeleri

Katkı maddeleri, imalatı, depolanması, taşınması veya uygulanması sırasında bitmiş kaplamanın veya kaplama malzemesinin belirli özelliklerini iyileştirmek veya değiştirmek için bir kaplamaya veya kaplama malzemesine küçük miktarlarda eklenen maddelerdir [19]. Katkılar homojen olmayan grup oluştururlar. Boya formülasyonunda çok çeşitli ve farklı fonksiyonları olan katkı maddeleri kullanılır. Şekil 2.5-2.6' da bazı katkı maddelerinin görselleri verilmiştir.



Şekil 2.5. Köpük kesiciler [20]



Şekil 2.6. Çeşitli Katkı Maddeleri [21]

2.3. Killer

Muhtemelen killer, insanoğlunun birçok amaca yönelik sayısız nesne üretmek için kullandığı ve dönüştürdüğü en eski ve önemli malzemelerden biridir. Aslında çiftçiler, bitki üretmek için kilin mekanik ve kimyasal ortamını keşfederler. Seramikçiler ve sanatçılar sürekli olarak olağanüstü nesneler yaratmak için killeri kullanır. Aslında, kil ve kil malzemeleri için tek tip bir adlandırma yoktur. Kil malzemesi esas olarak ince taneli minerallerden oluşan, genellikle uygun su içeriğinde plastik olan ve kurutularak veya pişirilerek sertleşecek olan doğal olarak oluşan bir malzemedir. Doğal olarak, bu tanım esnektir, çünkü jeoloji biliminde boyutu 4 μm 'den küçük olan parçacıklar kil olarak kabul edilirken, kolloid biliminde 1 μm 'den küçük olan değerler daha kabul edilebilirdir. Kil minerali terimi, kile plastisite kazandıran ve kurutma veya pişirme sırasında sertleşen fillosilikat mineraller ve minerallerin bir sınıfını ifade eder. Mineralin kökeni tanımın bir parçası olmadığı için kil minerali (kilden farklı olarak) sentetik olabilir [22].

2.3.1. Killerin sınıflandırılması

Minerolojik özelliklerine göre killer,

- Kaolin Grubu
- Smektit (Montmorillonit) Grubu
- Mika Grubu
- Klorit Grubu
- İllit Grubu

yapılarına göre killer,

- Amorf Grup
- Kristal Grup

kimyasal içeriklerine göre,

- Yüksek alüminyum içerikli
- Boksit içerikli • Silikat içerikli
- Demir içerikli
- Kalsit içerikli
- Karbonat içerikli

fiziksel olarak,

- Plastik özelliğine göre
- Tane boyutuna göre
- Refrakter özelliğine göre
- Renk özelliğine göre
- Attapulgit Grubu

olarak sınıflandırılırlar [23].

Köken ve yapısal kimya temelinde kil mineralleri çeşitli kategorilere ayrılır. Kil mineralleri, tabaka benzeri katmanlı yapıdaki değişikliklere bağlı olarak temel olarak dört ana gruba ayrılır. Kil minerallerinin ana grubu kaolinit, simektit, illit ve klorit grubunu kapsar. Kaolinit grubu ayrıca kaolinit, nakrit ve dikit bölümlerinden oluşur. Ana formül $Al_2Si_2O_5(OH)_4$, varyasyon ile ilgili katmanlı yapıdır. Kaolinit, nakrit ve dikit yapısal olarak polimorflardır, yani aynı moleküler formüle sahip fakat farklı yapılardır. Bu sınıfların tümünde, alüminyum oksit/hidroksit tabakaları ($Al_2(OH)_4$) tetrahedral ve oktahedral olarak düzenlenmiş silikat levhalara (Si_2O_5) bağlanır. Kaolinit grubu esas olarak plastik, kağıt, boya, kauçuk ve seramikte kullanılmaktadır. Bir diğer büyük grup ise smektit kil grubudur. MMT, talk, pirofillit, saponit ve nontronit gibi beş önemli üyeden oluşur. Geniş uygulama yelpazesi nedeniyle en yaygın kullanılanı MMT'dir. Simektit kil grubu için genel formül $(Ca,Na,H)(Al,Mg,Fe,Zn)_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot XH_2O$ 'dur. Kaolinit ve simektit kil grubu arasındaki temel fark, kimyasal yapılarında görülebilir. Simektit grubunda, katmanlı yapı, bir oktahedral alüminyum oksit/hidroksit tabakasını ($Al_2(OH)_4$) sandviçleyen iki tetrahedral silikat tabakasından oluşur. Bu kil minerali sınıfı, boya, kauçuk, plastikleştirici ve ayrıca elektrik ve ısıya dayanıklı malzemelerde yaygın olarak kullanılmaktadır [24].

2.3.1.1. Kaolin (Çin kili)

Kristal suyu içeren alüminyum silikat, kaolin olarak bilinir. Aynı mineral, M.Ö 700 yıllarından bu yana Çinliler tarafından kağıt kaplaması amacıyla kullanılmakta olduğundan 'Çin kili' (China Clay) olarak da anılır. Kaolin, doğal kayacın öğütülüp sınıflandırılmasıyla satılıp kullanıldığı gibi; kristal suyu ısıyla uzaklaştırdıktan sonra da öğütülüp pazarlanabilir. 'Kalsine kaolin' olarak da anılan ikinci malzeme, daha beyaz ve sert hale gelir. Asit ve baz direnci yüksek olan kaolin dış cephe amaçlı inşaat boyalarında, sanayi boyası astarlarında yaygın olarak kullanılır. Ancak, kaolinin asıl kullanım alanı kağıt üretim sanayiidir [2].

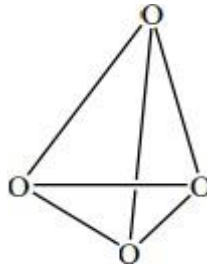
Çin kili inörtlüdür ve iyi bir renge sahiptir. Silika ve mika ile birlikte granitin parçalanmasıyla doğal olarak oluşur. Parçacık boyutu 0,5 ile 50 mm arasında olan levha benzeri parçacıklar olarak bulunur. Boyalarda bir miktar tiksotropi verir ve ucuz bir düzleştirme maddesi olarak kullanılır ve diğer pigmentlerin süspansiyonunu iyileştiren bir yapı üretir. Başlıca kullanım alanlarından biri su bazlı dekoratif boyalardır. İnce partikül boyutu dereceleri (0,2 ile 0,4 mm arasında), özellikle kalsine edilmiş versiyonlar, kısmen opaklığı korurken titanyum dioksit gibi daha pahalı opak pigmentlerin yerini almak için kullanılabilir [25].

2.3.1.2. *Mika*

Mika, yapraksı yapıya sahip olan ve kimyasal bileşimi ağırlıklı olarak alüminyum potasyum silikat'tan, $\text{Al}_3\text{KSi}_3\text{H}_2\text{O}_{12}$ oluşan bir mineraldir. Muskovit olarak anılan kayalarda bulunan mika açık kahverenginde ve yarı saydam yapraklardan oluşurlar. Zayıf asitlere dayanıklıdır. Ancak kuvvetli asitlerden etkilenir. Yapraksı yapısı nedeniyle film geçirgenliğini azalttığı için sanayi boyalarında; tebeşirlenmeyi azalttığı için inşaat boyalarında kullanıma rastlanır [2].

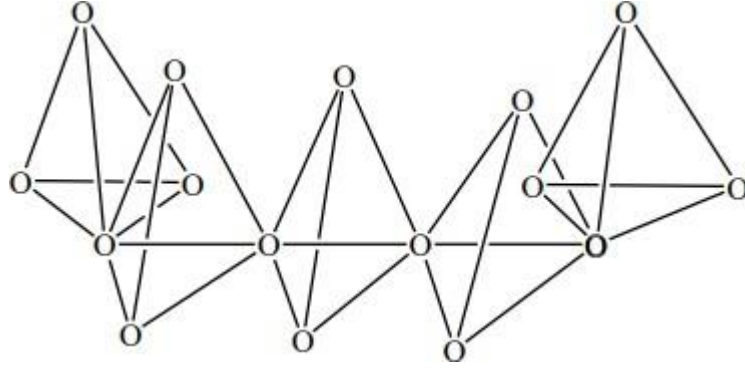
2.3.1.3. *Montmorillonit*

Montmorillonit kili, smektit kil ailesinin bir üyesidir. Bu kil, iki dörtyüzlü (tetrahedral) silisyum tabakası arasına sekizyüzlü (oktahedral) alüminyum tabakasının bağlanması sonucu oluşur. Silisyum bilindiği gibi dört bağ oluşturma kapasitesine sahip bir atom olup oksijen ile kararlı düzgün dörtyüzlü SiO_4 birimlerini oluşturur.



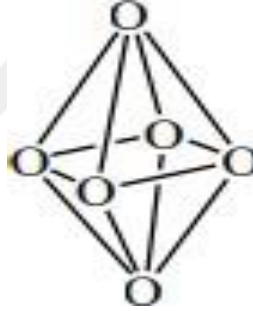
Şekil 2.7. Silisyumun dört oksijen atomu ile oluşturduğu tetrahedral [26]

Düzgün dörtyüzlü yapıya sahip bu birimlerin köşelerinde bulunan 3 oksijen atomlarının birbirlerine bağlanması ile 2 boyutlu bir örgü oluşur [26].



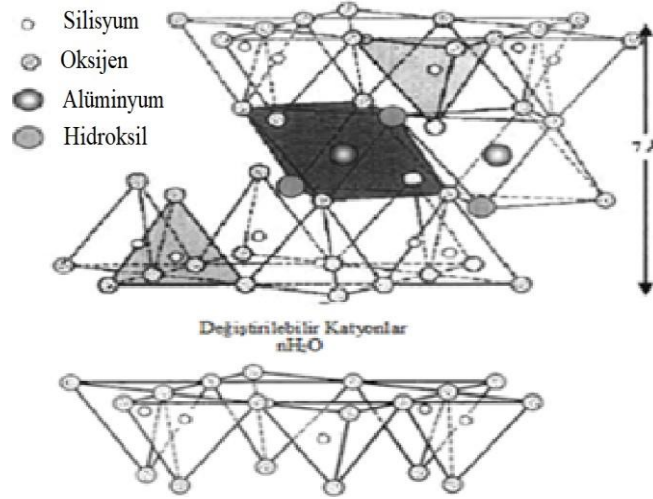
Şekil 2.8. Tetrahedral silisyum birimlerinin oluşturduğu iki boyutlu örgü [26]

Alüminyumun altı oksijen atomu ile oluşturduğu AlO_6 birimi bu silisyum örgülerinin ikisinin arasına oksijenler yardımıyla bağlanarak düzgün sekizyüzlü örgü oluşturur ve her üç örgü montmorillonit kilinin bir tabakasını meydana getirir [26].



Şekil 2.9. Alüminyumun altı oksijen atomu ile oluşturduğu oktahedral [26]

Aşağıda Montmorillonit kilinin tek bir tabakasının yapısı görülmektedir.



Şekil 2.10. Montmorillonit kilinin tek bir tabaka şekli [26]

Yangına dayanımı konusunda en umut verici nanokillerden biri, montmorillonit ve organomodifiye türevleri formundaki yakın analoglarıdır (smektit, atapulgit). Nanobileşiklerin sentezinde yaygın olarak kullanılırlar. Boya bileşimlerinin yanmazlık verimliliği açısından halojen içeren yangın geciktiricilere bir alternatif olarak polimerik kaplamalara nanokil eklenir [27].

2.3.1.4 Talk

Talk, kristal suyu içeren magnezyum silikat mineralleridir. İdealize edilmiş bileşimi $Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$ veya $3Mg.4SiO_2.H_2O$ biçiminde yazılabilen bir doğal mineral olan talk yapraksı, küresel, tabakalı, tabakalı (lamelar), lifli görünümlere yol açan kristal yapılarda bulunabilir. Yüksek yağ absorpsiyonu nedeniyle, talkın iyi bir matlaştırıcı olarak görev yapmasını sağlar. Öte yandan yumuşak yapısı, kullanıldığı macun ve astarların zımparalanabilme özelliklerini olumlu etkiler. Buna karşın yüksek absorpsiyonu nedeniyle, kullanım oranı arttıkça, kullanıldığı boyanın kıvamını arttırır, dolayısıyla da yayılma özelliklerini olumsuz etkiler. Yumuşak olması, yukarıda verilen avantajlarının yanı sıra, oluşturduğu mat yüzeylerin çizilme dirençlerinin gerilemesi gibi bir dezavantaja da yol açar [2].

Lif ve yaprak özelliğine sahip talklar, yağ absorblama özelliğinden dolayı boya ve benzeri yağ yapımında kullanılmaktadır. Talkın boya sektöründe kuvvetlendirici bir etkisi vardır. Ayrıca viskoziteyi kontrol eder, film boyalarının akmasını önler, askıda kalma karakteristiğini iyileştirir ve geniş yüze alanı sayesinde parlaklık sağlar [28].

2.3.1.5. Sepiyolit

Sepiyolit, sulu magnezyum silikat içeren açık renkli ve düşük yoğunluklu bir kil mineralidir ve $Mg_8(OH)_4[Si_6O_{15}]_2(OH)_4 \cdot 8H_2O$ kimyasal formülüne sahiptir. Ortorombik kristal sisteminin bir üyesidir. İğne benzeri parçacıklardan oluşan bir yapısı vardır ve iki adet talk benzeri katmana sahiptir. Özel kristal yapısının bir sonucu olarak sepiyolit, yüksek adsorbsiyon kapasitesine, reolojik ve katalitik özelliklere sahiptir ve çeşitli endüstriyel ve ticari uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır [29].

Sepiyolit, su veya diğer sıvılarla, nispeten düşük konsantrasyonlarda yüksek viskoziteli (1000-40.000 cps/5 rpm, Brookfield viskozimetresi) ve kararlı süspansiyonlar oluşturur. Sepiyolitten yapılan süspansiyonlar tiksotropik özellik gösterdiğinden, kozmetik, yapıştırıcı ve gübre süspansiyonlarında kalınlaştırıcı (thickener) olarak kullanılır. Sepiyolit ayrıca, diğer killere göre tuzlu ortamlarda daha duyarlıdır ve bu nedenle özellikle petrol sondajlarında çamur malzemesi olarak kullanılır. pH=8'e kadar faydalı özelliklerini muhafaza eder, ancak pH>9 olduğu koşullarda peptizasyon (bir dispersiyon ortamında stabil kolloitlerin oluşumu) viskozitede ani bir düşüşe neden olur [30].

2.4 Su Bazlı Boyalar

Su bazlı boyalar, suda tamamen çözünen reçineler içerir. Bu reçineler genellikle organik bir ortamda polikondenzasyon veya polimerizasyon reaksiyonları yoluyla üretilir, bu nedenle çoğunlukla alkoller, glikol eterler gibi organik yardımcı çözücüler veya suda çözünür veya karışabilir olan diğer oksijen içeren killer içerirler. Kullanılan reçineler arasında polyesterler, poliakrilatlar, alkidler, epoksiler ve epoksi esterler bulunur. Bu boyalar yüksek parlaklık, yüksek düzeyde korozyon koruması, yüksek pigment dağılımı, yüksek ıslatma derecesi ve yüksek boya stabilizasyon sağlar [31].

2.4.1 Su bazlı boyaların avantajları

- Isıya ve aşınmaya karşı iyi bir dirence sahip oldukları için ideal astarlardır.
- Mükemmel yapışma sağlarlar.
- Düşük VOC seviyeleri nedeniyle düşük toksiklerdir.
- Hava emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olurlar.
- Çoğu durumda, bu kaplamalar çözücü bazlı kaplamalardan daha ucuzdur ve hiçbir katkı maddesi, inceltici veya sertleştirici gerektirmezler.

- Çözücü bazlı kaplamalara kıyasla, aynı yüzey alanını kaplamak için daha az kaplama gereklidir
- Su bazlı astar, çözücü astarın mevcut alt tabaka malzemeleri veya kaplamalarla reaksiyona gireceği yerlerde kullanım için ideallerdir.
- Boya tabancaları su veya su bazlı solüsyonlarla kolayca temizlenebilir ve tiner, aseton veya metil asetat gerektirmezler.
- Geleneksel uygulama tekniklerini kullanabilirler [31].

2.4.2. Su bazlı boyaların iyileştirilmesi

Dünyada boya talebi gün geçtikçe daha karmaşık, daha özel, daha renkli ve mekanlara özel projelere yönelik bir yapıya doğru gitmektedir. Bu kapsamda su oranı yüksek su bazlı ve yüksek katkılı boya türlerindeki Ar-Ge çalışmalarına öncelik verilmektedir. Boya formülasyonunda kullanılan bu katkıların en önemlilerinden biri de dolgu hammaddesidir. Dolgu amaçlı olarak kullanılan mineral maddeler, ucuz olmalarının yanı sıra sahip oldukları fiziksel, kimyasal ve fiziko-kimyasal özellikler ile boyanın kalitesine ve performansına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Dolgu maddesi olarak kaliteyi artırıcı ve maliyeti düşürücü özellikleri nedeniyle kalsiyum karbonatlar (CaCO_3) boya sektöründe her geçen gün daha yüksek miktarlarda kullanılmaktadır. Günümüz dolgu maddesi pazarında değişik ürün gamlarında satışa sunulan öğütülmüş doğal kalsiyum karbonatlar (GCC) ve sentetik (çöktürülmüş) kalsiyum karbonatlar (PCC), beyazlık ve örtücülük gibi özelliklerinden dolayı formülasyonlarda yüksek miktarda yer alan TiO_2 gibi çok pahalı pigmentlerin daha az kullanılmasını sağlamaktadır. Sentetik (Çöktürülmüş) kalsiyum karbonat (PCC), su ve çözücü bazlı boya uygulamalarında boyanın fiziksel özelliklerini geliştirme ve üretim maliyetlerini azaltmanın yanında, boyanın niteliğini artırıcı ilave özellikler de sağlamaktadır [32]. Tablo 2.2' de çöktürülmüş kalsiyum karbonatlı su bazlı boyaların fiziksel özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.2 Boya kalite PCC (Çöktürülmüş kalsiyum karbonat)ürünlerinin karşılaştırılması [32]

Özellik	Solvay Socal P2V (Belçika)	AdaCal PCC (Türkiye)	Microcoat 101 PCC (Suudi Arabistan)	Maadani Hamadan Barin 9020 (İran)
Parlaklık (%)	94,32	97,24	99±1	94,22
Kristal Yapı	ScalenoHEDRAL	ScalenoHEDRAL	—	ScalenoHE DRAL
Beyazlık (%)	90,32	95±1	98±1	90,18
Yığın Yoğunluğu (g/L)	140-200	150-200	500-550	260-280
Akma Noktası (ml/15 g)	28-40	30-40	22	51-55
Yağ emme (g/100 g)	45	40,92	33	40,92
BET Yüzey alanı(g/m ²)	4,59	8-10	—	4,78
Ortalama Boyut,d ₅₀ (mikron)	3,76	2,5	1,9	3,78
Ph (%10 katı oranında)	9,5	9,6800	9,5	9,5
CaCO ₃ (%)	—	98,60	98±1	98,50
MgO (%)	—	0,26	<0,5	0,40
Kuvars (%)	—	0,12	<0,5	0,10
Demir (ppm)	—	<800	<500	0,05

Kullanılan dolgu maddelerinden biri de yüksek performanslı alüminyum pigmentlerdir. Su bazlı kaplamaların geniş kullanımı ile yüksek performanslı su bazlı alüminyum pigmentlerin (WBAP) araştırılmaları da yapılmaktadır. WBAP için en önemli zorluk, su bazlı kaplamalarda alüminyum pigmentlerin korozyon önleyici özelliğini

geliştirmektedir. Pigment endüstrisi bu konu üzerinde uzun süredir çalışmaktadır. Çalışmalar arasında, silika film alüminyum pigmentleri korozyon ortamından yalıtabildiğinden, silika sol-jel kapsülleme yöntemi çok umut vericidir [33].

2.5. Çözücü Bazlı Boyalar

Tiner ile inceltilen boyalara “çözücü bazlı” denir. Çözücü bazlı boyalar uygulama ve kuruma esnasında koku verir. Bu yüzden boyanan mekânlar birkaç gün havalandırılmalı ve mümkünse uygulama bir maske ile yapılmalıdır. Çözücü bazlı boyaların kuruması için uzun bir süreye ihtiyaç vardır. Temizliği ise kimyasal çözücülerin yardımı olmaksızın kolayca gerçekleşmediğinden zararlı yan etkileri içerir. Özellikle çocuk sahibi ailelerin, astım hastaları ve alerjisi olan evlerin çözücü bazlı boyalar ile boyanmaması önerilir. Günümüzde, duvar boyalarında saten ve plastik boyalar tercih edilmekte çözücü bazlı boyalar ahşap kapı pencere ve metalleri boyamak için kullanılmaktadır [34].

2.6. Toz Boyalar

Toz boyalar çözücü içermeyen esnek ve sağlam yüzey özellikleri sağlayan ürünlerdir. Başlangıçta fonksiyonel kaplama olarak 1960’larda tanıtılan toz boya kaplamalar, termal kür ve termoset boyalar olarak geliştirilmiştir. Üstün aşınma direnci ve bariyer özellikleri sağlayan toz boyalar düşük maliyetli bir teknolojidir. Toz boyalar ilk olarak koruyucu katman gerektiren elektrik tesisatı izolasyonu ve boru kaplamaları gibi ağır malzemelerde ve 2000’lerin başında otomobil sektörü için geliştirilmiştir. Ahşap esaslı malzemelerde kullanılması ise 2001 yılında gerçekleştirilmiştir. Elektrostatik toz boyama çözücü içermeyen bir yüzey kaplama metodudur [35].

Toz boyalar, hammadde tabanı ve işlenişi bakımından sıvı boyalardan farklıdır. Silika bazlı matlaştırıcı maddeler bu pazar segmentinde yeterince temsil edilmemektedir. Bu sistemlerde matlaştırma verimleri çok farklı değildir ve yüksek konsantrasyonlar eriyik viskozitesini güçlü bir şekilde etkiler. Ancak silika serbest akış ajanları olarak kullanılır. Dolgu maddeleri çok etkili değildir. Yüksek konsantrasyonda kullanıldıklarında cila özelliklerini etkilerler ve diğer matlaştırma ajanları ile birleştirilmeleri gerekir. Toz kaplamada en iyi sonuçlar, ek bir kimyasal reaksiyon (dual kür) yardımıyla mat bir film oluşturan mat sertleştiriciler ile elde edilebilir [19].



Şekil 2.11. Toz Boya Uygulaması [35]

2.7. Kaplama Sistemleri

Kaplama malzemeleri, kaplama sistemlerinin bileşenleridir. Bir kaplama sistemi şunlardan oluşur:

- Kullanılan yüzey hazırlama yöntemi
- Uygulama ekipmanı ve süreçleri
- Bir veya daha fazla kaplama katmanı için kullanılan malzemeler [36].

2.7.1. Tek katlı kaplama sistemi

Uzun yıllar boyunca endüstriyel bir yapıyı korumak için tek kat kaplama yeterli görülmemektedir. Bununla birlikte, yeni teknolojiler, uygulama ekipmanlarındaki gelişmeler ve uygulayıcıların eğitimi ile birlikte belirli uygulamalar için tek kat kaplama sistemi artık mümkün olmuştur. Çözücü içermeyen poliüretanlar ve epoksiler artık korozyondan korumak için kullanılmaktadırlar. Hem denizcilik endüstrisinde hem de su ve atık su sektöründeki tank kaplamaları bu tek kat sistemleri kullanılmaktadır [36].

2.7.2. Çok katlı sistem

Genelde endüstriyel ve denizcilik kaplama işlerinde çok katlı boyama kullanılmaktadır. Çoklu kaplama sistemi kullanmanın önemli avantajları bulunmaktadır. Çoğu durumda, materyalin korozyondan korunması için öncelikle katkı maddeleri içeren astar boyalar kullanılır. Kullanılan en yaygın astar boya, çeliğe mükemmel yapışması ve kesiklerde katodik koruma sağlama yeteneği nedeniyle inorganik çinkodur. İkinci kat normalde yüksek yapılı bir epoksidir ve alt tabakaya nemin nüfuz etmesini azaltmak için

bariyer kat kat olarak kullanılır. Bir dış sistemdeki son kat UV'ye karşı mükemmel direnci kullanılan tipik olarak poliüretandır [36].

2.8. Metal Yüzeyleri Çoklu Sistemde Boyaya Hazırlanma Süreci

2.8.1. Kumlama

Yüzey işlemleri yapışma mukavemetini yöneten en önemli faktörlerden biridir. Malzemelerin ön işlemleri için birçok yöntem vardır. En yaygın olanlar mekanik, kimyasal ve elektrokimyasal yöntemlerdir. Mekanik yöntemler, örneğin kumlama, gibi yöntemlerle pürüzlendirme işlemlerinden oluşur. Kumlama, taşlamaya benzer etkiler yaratsa da, kumlanmış yüzeyler taşlama işlemlerine tabi tutulanlara göre daha azpürüzlü ve daha düzgündür [37].



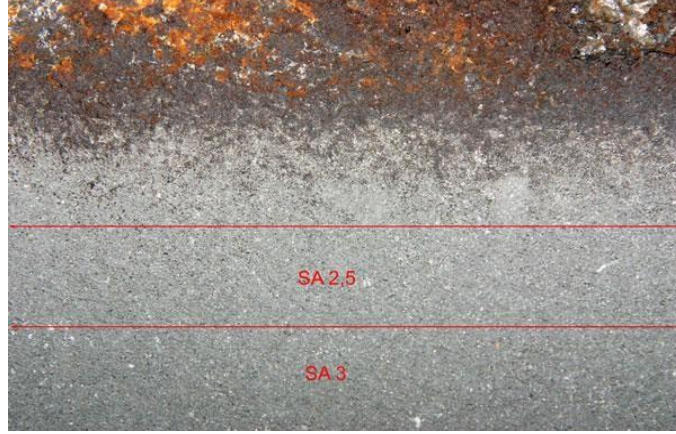
Şekil 2.12. Kumlama uygulaması [38]

Kaplama uygulaması için en genel olarak bilinen yüzey hazırlama yöntemi kuru kum püskürtmedir. Kuru kum püskürtme pas, hadde tortusu veya diğer kirleticileri gidermek ve yapışma için iyi bir pürüzlü yüzey oluşturmada için bir yüzeye püskürtülen oldukça konsantre bir kum akışı kullanır [36].

ISO 8501 -1 Çelik taban yüzeylerin hazırlanması-Boya ve ilgili malzemelerin uygulanmasından önce -yüzey temizliğinin gözle muayenesi standardında malzemenin kumlama standardı verilmiştir.

Tablo 2.3. Yüzey Temizleme Dereceleri [39]

Sa 1 Hafif Kumlama Temizliği	Büyütme yapılmadan bakıldığında yüzey görünür yağ, gres ve kirden ve kötü yapışan hadde tortusu, pas, boya kaplamaları ve yabancı maddelerden arındırılmış olacaktır.
Sa 2 Kapsamlı Kumlama Temizliği	Büyütme yapılmadan bakıldığında, yüzey görünür yağ, gres ve kirden ve hadde tortusunun çoğundan, pas, boya kaplamalarından ve yabancı maddelerden arındırılmış olacaktır. Herhangi bir kontaminasyon sıkıca yapışacaktır.
Sa 2 ¹ / ₂ Çok Kapsamlı Püskürtme Temizliği	Büyütme yapılmadan bakıldığında, yüzey görünür yağ, gres ve kirden ve hadde tortusu, pas, boya kaplamaları ve yabancı maddelerden arındırılmış olacaktır. Geriye kalan kontaminasyon izleri, yalnızca noktalar veya şeritler şeklinde hafif lekeler olarak gösterilecektir.
Sa 3 Gözle Görünür Şekilde Temiz Olan Çeliğe Kumlama Temizliği	Büyütmeden yapılmadan bakıldığında yüzey görünür yağ, gres ve kirden, hadde tortusu pas, boya kaplamaları ve yabancı maddelerden arındırılmış olacaktır. Tek tip metalik bir renge sahip olacaktır.



Şekil 2.13. Kumlama Dereceleri [40]

2.8.2. Epoksi astar

Epoksi astar, gözeneksiz bir yüzeye sahip bir kapatıcı anlamına gelir. Öncelikle çıplak çelik üzerine ilk temel kat olarak tavsiye edilir. Bu baz katlar veya epoksi astarlar, fiberglas, plastik veya siyah demir fosfat kaplama üzerinde de kullanılabilir. Epoksi astarlar, güçlü yapışmaları, iyi mekanik yetenekleri ve ıslak ve yüksek nemli ortamlarda dayanıklı kimyasal dirençleri nedeniyle çok çeşitli malzemeler için kullanılır. Bir epoksi astarın korozyona direnme yeteneği, kalınlığı ile ilgilidir. Epoksi astar tabakası ne kadar kalınsa koruma o kadar iyidir. Epoksi astar çatlaklar ve oyuklar üzerinde de kullanılabilir. Yapıştırma kapasitesi mükemmeldir ve iyi bir yüzey kalitesi sağlar. Epoksi astarlar sadece metallere mükemmel yapışma sağlamakla kalmaz, aynı zamanda ekstra astar ürünleri ve son katlar (boya) için uygun bir taban görevi görür. Epoksi astarlar ayrıca metal kutuları ve kapları, özellikle domates gibi asidik yiyecekleri tutmak için kullanılanları kaplamak için yaygın olarak kullanılır. Epoksi, hidrojen, nitrojen veya oksijen gibi diğer elementlere bağlı karbon zincirlerinden oluşur, bu nedenle organik bir bileşik olarak sınıflandırılabilir. Bu karbon zincirleri, elementlerin bir çift elektronu paylaştığı bir kovalent bağ yoluyla oluşur. Epoksi terimi geniştir ve zaman zaman zincirlerdeki karbon ve oksijen atomlarından oluşan epoksit fonksiyonel grubunu ifade edebilir. Bir kimyasal reaksiyon sırasında fonksiyonel grupların bir molekülün temel özellikleri için belirleyici bir faktör olduğu gerçeği göz önüne alındığında, epoksit fonksiyonel grubunu içeren moleküller, sert ancak esnek bir malzeme oluşturmak için kimyasal olarak reaksiyona girer [41].

Bariyer etki mekanizması, korozyon hızını ihmal edilebilir bir düzeye indiren yüksek derecede geçirimsizliğe sahip reçinelerden oluşan boya katmanlarını ifade eder.

Bariyer etkisinin performansı, bu nedenle, reçinenin türüne ve kalınlığına büyük ölçüde bağlıdır [42].

Epoksi reçineler özünde suda yüksek oranda çözünmezler. Sulu bir ortamda kullanılabilmesi için, epoksi reçinenin bir yüzey aktif madde yardımıyla, büyüklükleri yaklaşık 100 ila birkaç bin nanometre arasında değişen koloidal parçacıklar halinde dağıtılması gerekir. Kaplamalarda kullanılan diğer sulu dispersiyonların çoğundan farklı olarak, bir epoksi kaplamadaki reaktanlar oda sıcaklığında reaksiyona girer. Berrak çözücü bazlı epoksi formülasyonlarında, reçine ve amin kürleme maddesi gerçek, izotropik bir solüsyonda bulunur. Sulu bir ortamda, amfifilik amin sertleştiriciler, sulu ve epoksi fazlar ile epoksi/su arayüzü arasında bölünecektir. Ayrıca kendilerine ait kendiliğinden oluşan agregalarda da bulunabilirler. Bu kür mekanizması, su bazlı sistemi çözücü bazlı eşdeğerinden ayırır [43].

2.8.3. Macun

Uygulama yüzeylerinin iri pürüzlülükler, çukurlar içermesi durumunda, yüzeylere dolduruculuğu çok yüksek bir kaplama cinsi olan macunların uygulanmasına başvurulabilir. Macunlar genellikle, spatula veya macun silindiri ile uygulanacak kadar yüksek viskozitede olurlar.



Şekil 2.14. Macun Uygulaması [44]

Macunların formüle edilmesinde bağlayıcı olarak suyla inceltilen polivinil alkol, polivinil asetat, poliakrilat gibi polimerlerin (inşaat boyalarının altına, ahşap yüzeylere) yanı sıra, uzun yağlı alkid (çözücü bazlı inşaat boyalarının altına), nitroselüloz (genel metal sanayii boyalarının oto tamir ve ahşap boyalarının altına), doymamış

polyester (genel metal sanayii boyalarının, oto tamir boyalarının ve ticari araç orijinal boyalarının altına), epoksi poliamid (antikorozyon boyaların ve deniz boyalarının altına), polüretan (antikorozyon boyaların ve deniz boyalarının altına) gibi çözücülerle inceltile polimerler kullanılır. Macunların yüzeye yapışmaları, mekanik veya ısı şokları sonucu dökülmeleri önleyecek kuvvette olmayabilir. Bu yüzden, alt uygulama katı olarak macun içeren gamlarda, uzun süreli bir performans alabilmek için, macun doğrudan yüzeye uygulanmaz. Bu nedenle önce yüzeye iyi yapıştığı bilinen bir astar ince bir katman halinde uygulanır, kurumasının ardından da macun kullanılır. Macun uygulanan yüzeye doğrudan son kat boya uygulanması da olumsuz sonuçlar verir. Bu bölgeye uygulanan son kat boyanın bağlayıcısının bir bölümü macun tarafından emilir (buna ‘bağlayıcı göçü’ de denir). Dolayısıyla bu kısımlarda bölgesel matlıklar gözlenir [2].

2.8.4. Ara kat boyalar

Özellikle çok yüksek korozyon direnci istenen uygulamalarda, boya gamının toplam kalınlığının 150 mikrometre ile 500 mikrometre kuru film kalınlığında olması istenir. Bu durumlarda, bir astar boya katıyla bir son kat boyanın yanı sıra, bir de ara kat uygulanmasına gerek duyulabilir. Bu durumlarda hem astar hem de son katla esneklik, ara kat yapışması, polimerik uyuşma gibi özellikleri uygun bir ara kat kullanımı gerekli olabilir. Ara katların rengi, dış dayanımı çok yüksek olmayan ekonomik pigmentler kullanılarak son katın rengine yakın olacak şekilde seçilebilir. Böylece, dış dayanımı yüksek pigmentler içerecek son katların, daha az miktarda pigment kullanılarak da yeterli örtücülükte olması sağlanıp boya gamı toplamında daha ekonomik çözümler elde edilebilir [2].

2.8.5. Son kat boyalar

Son kat boyalar ve vernikleri içerir. Bunlar yüzeye uygulandıktan sonra parlaklık, renk, görünüş, pürüzsüzlük ve havaya karşı direnç sağlarlar [45].

Bazkat/vernikler, gövde renkleri için tek katların yerini büyük ölçüde almıştır. Tek katlı sisteme kıyasla üstün bir başlangıç görünümüne ve parlaklık korumasına sahiptirler. Bazkatlar, belirli bir görünüm elde etmek için pigmentler, pullar ve renklendiriciler ile formüle edilmiştir. Pullar (alüminyum veya mika), yansıyan rengi gözlem açısının güçlü bir fonksiyonu olan dielektrik katmanlarla kaplanabilir. Bu, pulların oryantasyonu nedeniyle açı ile parlaklıktaki (flop) değişiklikle birlikte dramatik renk efektlerine yol açabilir. Bazkat ve vernikler ya polyester ya da akrilik polimerlere dayanır. Akrilikler

vern kler için daha yaygındır. Melamin formaldehit reçineleri, izosiyanatlar, epoksi asit ve silan dahil olmak üzere çok çeşitli çapraz ba lama teknolojileri kullanılmaktadır. Çapraz bağlayıcı teknolojisindeki değişikliklerin çoğu, vern klerin asit ya muru ve endüstriyel serpinti saldırılarına karşı direncini iyileştirmeyi amaçlamıştır. Melamin formaldehit çapraz bağlı kaplamanın eter bağlantısı, asit saldırısına karşı çok hassastır. Oluşan  apraz bağlantının seviyesini azaltmak veya ortadan kaldırmak için yapılan çalışmalarda, alternatif çapraz bağlayıcılar kullanılmış veya diğer ( rn., karbamat) ba ları üretmek için melamin çapraz ba  reaksiyonu modifiye edilmiştir [46].



3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Son yıllarda VOC değeri düşük olmasından dolayı çözücü bazlı boyaların yerini su bazlı boyalar yer almıştır. Boya reçetesi açısından su bazlı boyaların maliyeti çözücü bazlı boyalara göre daha yüksektir. Bu nedenle su bazlı boyaların reçetelerinde iyileştirme çalışmaları bulunmaktadır. Aynı zamanda su bazlı boya yaygınlaşmaya başladığından su bazlı boyada iyileştirme çalışmaları ve üretimleri boya firmalarının ARGE çalışmalarında yer almaktadır. Bu kısımda yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada su bazlı boyalarda kullanılan Sivas talkının boya kalitesine etkisi araştırılmıştır [47]. Talk üstün yağ emme gücüyle boyalarda tercih edilmektedir. Bu çalışmada iki farklı yerli ve ithal iki talk seçilmiş, bu talkların tanecik boyutları, yağ emme özellikleri ve beyazlık dereceleri incelemiştir. Bu iki farklı talkın tane boyutu ve tabaka boyutlarını belirlemiştir. Çalışma sonucunda tanecik boyutunda en ince malzeme, yağ emme oranlarında en yüksek olan talk, yerli ticari talk belirlenmiştir. Optik özelliklerine bakımından da ithal talkın beyazlık derecesi daha yüksek olduğu görülmüştür [47].

Diğer bir çalışmada, su bazlı boyaya bilyalı öğütücü ile toz haline getirilen zeolit, çinko borat ve mısır püskülü eklemiştir. Boyaya ekleme aşamasında boya içerisinde homojen dağılımı sağlamak için mekanik karıştırıcı kullanılmıştır. Cross-cut yapışma testi sonucunda boya yapışma direnci artmış, hidrofobiklik testinde de boya yüzeyinde hidrofobik özellik tespit edilmiştir [48].

Ahmed ve arkadaşlarının [49] çalışmasında boyanın reçetesinde bulunan orijinal ferrit pigmentiyle, çekirdek-kabuk ferritleri/kaolin pigmentiyle hazırlanmış boyalar ile karşılaştırma yapılmış ve metal alt tabakalarının orijinal ferritlerle korumadaki etkinliklerini karşılaştırmaktır. Hazırlanan pigmentlerin, korozyonu koruma özellikleri gözlenmiştir. Çalışmanın sonunda çekirdek-kabuk ferritleri/kaolin pigmentiyle hazırlanan boyaların antikorozyon olduğu bildirilmiştir[49].

Boyada maliyeti yüksek olan titanyum dioksit (TiO₂) yerine kalsine koalinin kullanıldığı bir çalışmada [50] boyanın kalitesi, yoğunluk, viskozite, parlaklık gibi hem kuru hem de yaş film özellikleri incelenmiştir. Kalsit ve kalsine koalin ile hazırlanan boyalar özellikle mineral partiküllerin titanyum dioksit partikülleri arasındaki boşlukları etkin bir şekilde doldurduğu ve boyanın fiziksel özelliğinde iyileşme görüldüğü bildirilmiştir.

Alıcılar vd. [51] tarafından yapılan başka bir çalışmada, su bazlı stiren boyada üç farklı derişimde hazırlanan bazı bor bileşiklerinin (kalsiyum ve potasyum metaborat, sodyum tetra borat, susuz ve sulu çinko borat) boyada alev geciktirme, duman bastırma ve antibakteriyel etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda tetraboratın alev geciktirici ve duman bastırıcı katkı maddesi olarak kullanılabileceğı ve boyanın viskozitesinde gözlenen azalmanın, gerekirse kalınlaştırıcı kullanılarak istenilen değere geleceğı belirlenmiştir. Çinko boratın ilavesi ile de boyanın alev geciktirme özelliğinde iyileşme görölmüştür. Aynı zamanda çinko borat antibakteriyel etki göstermiştir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Cihaz Listesi

Tez çalışması kapsamında su bazlı Ral 9003 (beyaz), Ral 6034 (turkuaz), Ral 7012 (gri) kodlu renkli boyalar kullanılmıştır. Pull off testi için Firmalardan iki komponentli epoksi yapıştırıcı, son kat boyalar, macun, kum alınmıştır. Kaolin ve Mmt Sigma'dan temin edilip direk olarak kullanılmış, sepiolit kili ise lületaşı atölyelerinden atık malzeme olarak temin edilip yıkanıp temizlendikten sonra kullanılmıştır. Deneysel Çalışmalarda aşağıda verilen cihazlar kullanılmıştır.

- Pürüzlülük Ölçüm Cihazı – Mitutoyo
- Parlaklık Cihazı – Rhopoint NOVO GLOSS
- Cross cut Yapışma Test Cihazı – TQC Adhesion Test
- Renk Spektrometresi – X-Rite Ci64
- FT-IR Cihazı – Agilent Carry 630

Boyaların fiziksel özellikleri de Tablo 4.1' de verilmiştir.

Tablo 4.1 Su Bazlı Boyaların Fiziksel Özellikleri

Boya Ral Kodları	Viskozitesi (sn)	Özkütlesi (gr/cm ³)
Ral 6034	54	1,1669
Ral 7012	39,65	1,1695
Ral 9003	57	1,12

4.2. Su Bazlı Boyaları ve Alüminyum Plakaları Uygulama Öncesinde Hazırlama

Boyalar Ral Kodlarına göre Tablo 4.2' e göre bıçak çapı 5.5 cm 1500 devirde 30 dakika mekanik karıştırıcıyla karıştırılarak hazırlanmıştır. Karıştırma işlemi ile karıştırma işleminin yapıldığı mekanik karıştırıcı Şekil 4.1' de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Katkı Maddeleri ile hazırlanan su bazlı boyalar

Ral Kodları	Katkı Maddeleri		
	Koalin (%)	Sepiolit (%)	Montmorillonit (%)
Ral 9003	0,5-1-2	0,5-1-2	0,5-1-2
Ral 7012	0,5-1-2	0,5-1-2	0,5-1-2
Ral 6034	0,5-1-2	0,5-1-2	0,5-1-2



Şekil 4.1. Boya mekanik karıştırıcı

Bu çalışmada 100 mm *150 mm * 1 mm son kat boyaya hazırlanan alüminyum plakalara su bazlı Ral 6034, Ral 7012,Ral 9003 kodlarındaki son kat boyalara % 0.5, % 1, % 2 oranlarında koalin, montmorillonit, sepiolit eklenerek numuneler hazırlanmış ve kuru film kalınlığı 60-80 mikron olacak şekilde plakalara numune boyalar uygulanmıştır. Boyaların karışım oranları firmaların verdiği oranlarda yapılmıştır. Boyaya %10-15 aralığında da çözücü (su) kullanılarak boyalar hazırlanmıştır. Boyalar inceltilmeden boyalara kütlece % 0.5-1-2 oranlarında koalin, montmorillonit, sepiolit eklenmiştir. Yaş boyalı plakalar etüvde 80 °C’de 2 saat kurutulmuştur. Ardından 1 gün oda sıcaklığında kuruma süresi verilmiştir.

100*150*1 mm boyutlarındaki alüminyum plakalar öncelikle Sa 2.5 kalitesinde kumlanmıştır. Bunun için plakalar mini kumlama makinesi kullanılarak 6 bar da alüminyum oksit parçacıkları kumlanmıştır. Kumlama sonunda pürüzlülük cihazıyla ölçülen pürüzlülük değeri (R_a) 9-12 mikron arasında ölçülmüştür.



Şekil 4.2 Çetingil ÇKM-150 Mini Kumlama



Şekil 4.3. Mumlu Bez

Kumlamanın ardından da epoksi astarı 70-90 mikron olacak şekilde uygulanmıştır. Daha sonra yüzey pürüzsüz hale gelecek şekilde macun uygulanmıştır. Ancak macun kalınlığının da 500 mikronu geçmemesine dikkat edilmiştir. Son kat boya öncesinde de 60-100 mikron kalınlık aralığında poliüretan astar uygulanmıştır. Son kata gelene kadar hem macun hem de macun proseslerinden sonra daha pürüzsüz yüzey elde edilmesi için zımparalama işlemi Şekil 4.4'te verilen havalı zımpara makinesiyle uygun zımparalama kağıdıyla yapılmış ve mumlu bezle silme işlemi uygulanmıştır. Bu zımparalama işlemi boyaların aynı zamanda yüzeye tutunmasını da kolaylaştırmaktadır.



Şekil 4.4. Havalı Zımpara Makinesi

4.3. Analiz Yöntemleri

4.3.1. Deney çalışmalarında kullanılacak cihazlar

4.3.1.1. Boyaların 60°'de parlaklık testi

Yüzeyin aynamsı yansıtmayı ne oranda yaptığını belirlemek için ‘parlaklık ölçer (glossmeter)’ adı verilen cihaz kullanılmıştır. TS EN ISO 2813 Metalik olmayan boya filmlerinin 20, 60 ve 85 açılarda parlaklık tayini standardına göre parlaklık tayini yapılmıştır. Ölçümler 60 °C’de orta parlaklık olan boyalar için yapılmıştır. Parlaklık için değerler plaka üzerinde en az üç farklı nokta belirlenip alınmış Tablo 4.3 ' de verilen 60 ° orta parlaklık sınıfında ölçümler alınmıştır.

Tablo 4.3. Parlaklık cihazı ölçüm aralıkları

Açı	Uygulama	Aralık
20 °	Yüksek Parlaklık	0-2000 GU
60 °	Orta Parlaklık	0-1000 GU
85 °	Düşük Parlaklık	0-160 GU



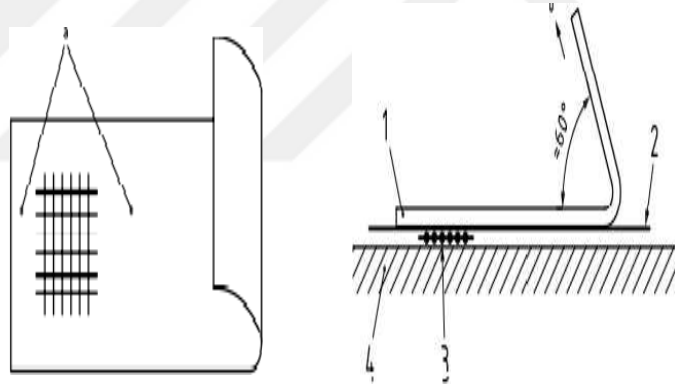
Şekil 4.5. RHOPPOINT NOVO – GLOSS Parlaklık Cihazı

4.3.1.2. Cross- cut yapışma Testi

Plakalar son kat boya atıldıktan sonra kuru film üzerine birbirine dik açıyla çizilen iki seri paralel çizikle 64 kareden oluşan bir desen oluşturulmuştur. Çizilen alan, Şekil 4.6’da görülen temizleme fırçasıyla temizlenmiş ve Şekil 4.7’ deki gibi bant yapıştırılıp daha sonra çekilmiştir. Deneyler ISO 2409 Çapraz Kesme Deneyi standardında yer alan göre Tablo 4.4’e göre değerlendirilmiştir.

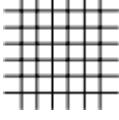
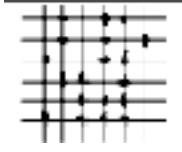
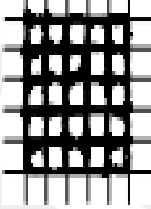
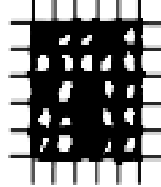


Şekil 4.6. Cross Cut Yapışma Test Cihazı [52]



Şekil 4.7. Yapışkan bandın plakaya göre konumu ve plakadan çekilmeden önceki pozisyonu [52]

Tablo 4.4. Çapraz kesme deney sonuçlarının sınıflandırılması [53]

Sınıflandırma	Tanım	Pullanmanın olduğu çapraz kesik alanın yüzeyinin görünüşü
		(Altı paralel kesik için örnek)
0	Kesiklerin kenarları tamamen düzgündür; kafesteki karelerin hiçbirini koparak ayrılmaz.	
1	Kesiklerin kesişimlerinde kaplamanın küçük pullar halinde ayrılması. Çapraz kesik alanının %5'inden daha fazla etkilenmemiş	
2	Kenarlar boyunca ve/veya kesiklerin kesişimlerinde kaplamanın pullanmış olması. Çapraz kesik alanı %5'ten büyük, fakat %15'ten daha fazla etkilenmemiş.	
3	Kaplama, kesik kenarları boyunca kısmen veya tamamen büyük şeritler halinde pullanmış ve/veya karelerin farklı kısımlarında kısmen veya tamamen pullanmış. Çapraz kesik alanı %15'ten daha büyük, fakat %35'ten daha fazla etkilenmemiş	
4	Kaplama, büyük şeritler halinde kesik kenarları boyunca pullanmış ve/veya bazı kareler kısmen veya tamamen ayrılmış. Çapraz kesik alanı %35'ten daha büyük, fakat %65'ten daha fazla etkilenmemiş	
5	Sınıf 4 olarak bile sınıflandırılmayan pullanmanın herhangi bir derecesi.	

4.3.1.3. FT-IR analizi

FT-IR spektroskopisi, moleküler hareketleri uyarmak için elektromanyetik spektrumun kızılötesi radyasyonunu kullanan analitik bir tekniktir. Absorpsiyonun dalga boyu, molekül içi salınımları başlatmak için gereken enerji ile orantılıdır. Moleküllerde bulunan tipik salınımlar arasında gerilme, bükülme, sallanma, sallanma ve bükülme yer alır ve bu çeşitli hareketler FT-IR spektrometresi tarafından "tepeler" veya "absorbanslar" olarak kaydedilir. Bu hareketler, fonksiyonel grup salınımlarına özel olarak nicelenir ve bileşikten bağımsız olarak yaygın olarak kızılötesi spektrumun aynı konumunda bulunur [54]. FT-IR cihazı ile katkı maddesi eklenen boyalar ve numuneler karşılaştırılmıştır. Şekil 4.8'deki 4000-650 cm^{-1} dalga boyu aralığında ölçüm yapan, ZnSe ile kaplı, ATR modüllü FT-IR cihazı kullanılmıştır.



Şekil 4.8. Agilent Cary 630 FT-IR cihazı

4.3.1.4. Pull off yapışma testi

Pul-off deneyi toplam film kalınlığı 250 μm yi geçen, metalik, ahşap ya da yumuşak yüzeylere tek veya çok katlı uygulanmış boya ve vernik numunelerinin yapışma derecesinin tayinini kapsar. Yapışma direnci Mpa ya da Psi birimi olarak verilir. Dollyler iki komponentli epoksi yapıştırıcı ile plakalara yapıştırılır. 48 saat oda şartlarında bekletilir. Maksimum 20 MPa yüke sahip Şekil 4.9'daki yapışma test cihazı kullanılmıştır.



Şekil 4.9. DeFelsko PosiTest AT-A pull-off cihazı



Şekil 4.10. Alüminyum dolly parçaları

4.3.1.5. Pürüzlülük ölçümü

Kumlama yapılan yüzeylerde yüzeylerin pürüzlülük derecesi pürüzlülük ölçüm cihazı ile ölçülmüştür (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Mitutoyo Pürüzlülük ölçüm cihazı

4.3.1.6. Renk ölçümü

Boyada renk farklılığı ölçümü önemli bir rol oynar. Renk değerleri renk ölçüm cihazında yapılmıştır. Cihazda renk farklılığı ΔE değeri ile belirlenir. Bu değerin hesaplanması aşağıda verilmiştir.

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

[15]

ΔE : Toplam renk farkı

ΔL^* : L^* numune- L^* referans

Δa^* : a^* numune- a^* referans

Δb^* : b^* numune- b^* referans



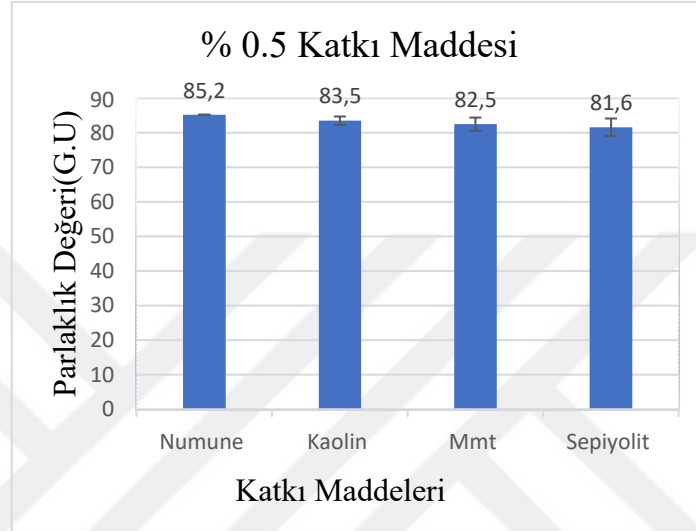
Şekil 4.12. X-Rite Ci64 renk spektrometresi

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

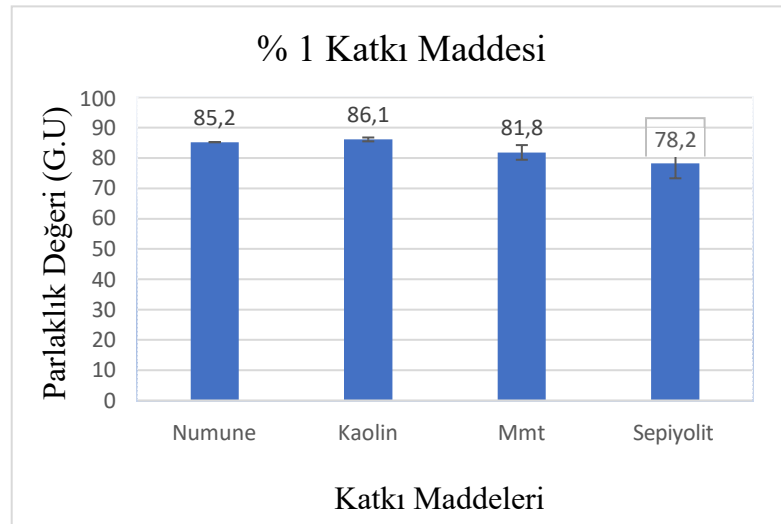
Bu çalışmada 3 farklı su bazlı boyada aşağıdaki tabloda verilen % 0.5- 1- 2 oranlarında kaolin, sepiolit, montmorillonit eklenerek boyaların sistemde korozyon direnci, parlaklık, yapışma, darbe dayanımı incelenmiştir. Bu boyaların film haline gelme

5.1.Boya Numune ve Karışımlarının 60°'de Parlaklık Tayini

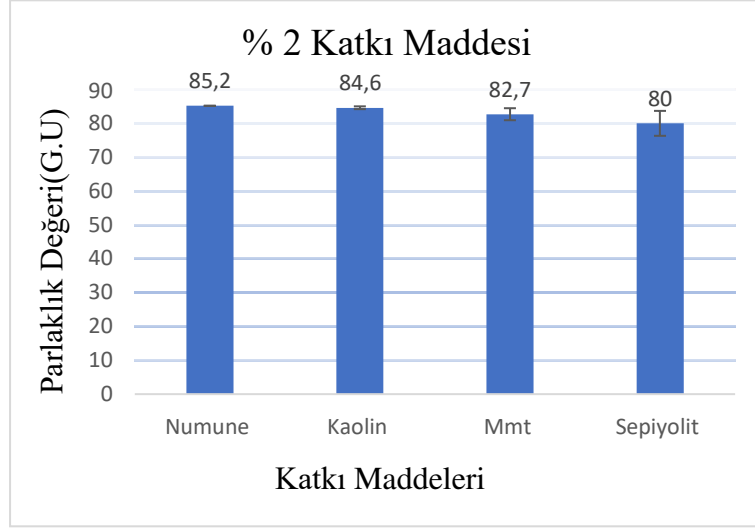
5.1.1. Ral 6034 boya numunelerinin parlaklık tayinleri



Şekil 5.1. Ral 6034 Numune ve % 0.5 Kaolin ,Mmt,Sepiyolit eklenmiş su bazlı boya ile kaplanmış plakaların 60°açıda parlaklık ölçümleri



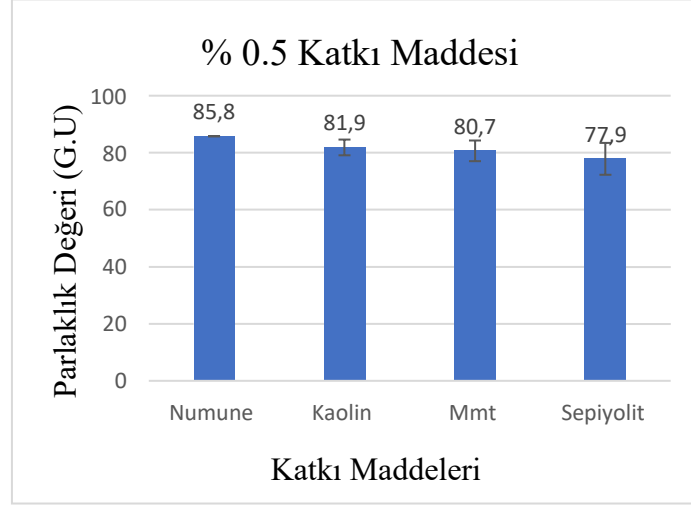
Şekil 5.2. Ral 6034 Numune ve % 1 Kaolin ,Mmt,Sepiyolit eklenmiş su bazlı boya ile kaplanmış plakaların 60°açıda parlaklık ölçümleri



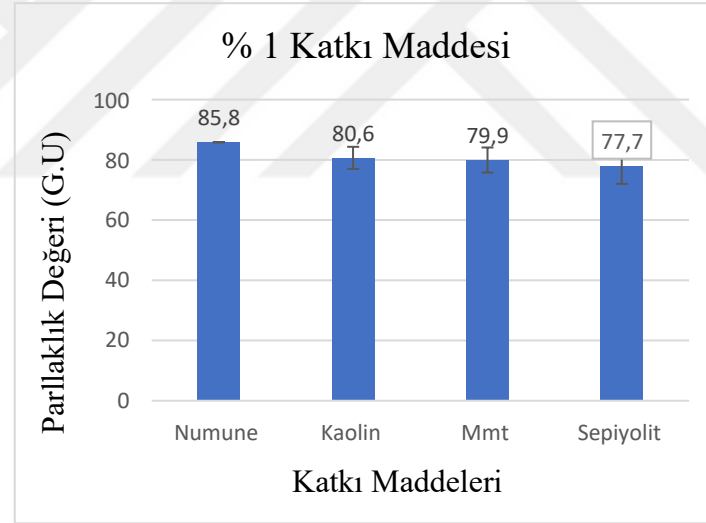
Şekil 5.3. *Ral 6034 Numune ve % 2 Kaolin ,Mmt,Sepiyolit eklenmiş su bazlı Boya ile Kaplanmış Plakaların 60°açıda parlaklık ölçümleri*

Ral 6034' e % 0.5 , % 1, % 2 oranlarında kaolin, montmorillonit ve sepiyolit katkı maddeleri eklenip plakalar üzerinde üç noktanın parlaklık değerleri ölçülüp Şekil 5.1- 5.3 de bu değerlerin ortalamaları verilmiştir. Grafikler incelendiğinde % 0.5 katkıda parlaklıkta azalmaya sebep olduğu saptanmıştır. Boyalarda 60° de 80 GU üzeri parlak kabul edildiğinden katkı maddesi eklenen boyalarda parlaklık düşüşü kabul edilebilir derecededir.% 1 katkı maddesi eklenmiş boyalarda; kaolinde belirli düzeyde artış gözlemlenmiştir. Montmorillonit eklenen boyadaki azalışta parlak boya kabul edilebilir. Sepiolitteki değer 70-80 GU arasında yer aldığından boya parlak sınıfından yarı parlak sınıfına geçmiştir. Ral 6034' e % 2 Kaolin,% 2 MMT ve % 2 sepiyolit katkı maddelerinin eklenmesi sonucunda da parlaklık değerlerinin ortalamalarına bakıldığında en büyük düşüş sepiolitte olduğu gözlenmiştir. Parlaklık değerleri 80 GU üzeri olup boyalar parlaklıklarını korumuştur. Boyaların aynı zamanda standart sapmaları da gösterilmiştir.

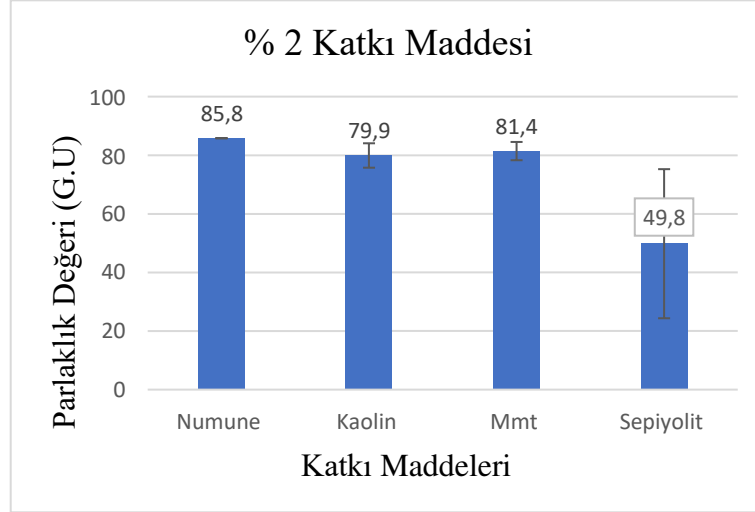
5.1.2. Ral 7012 60°’de parlaklık tayinleri



Şekil 5.4. Ral 7012 Numune ve % 0.5 Kaolin ,Mmt,Sepiyolit eklenmiş su bazlı boya ile kaplanmış plakaların 60°’de parlaklık ölçümleri



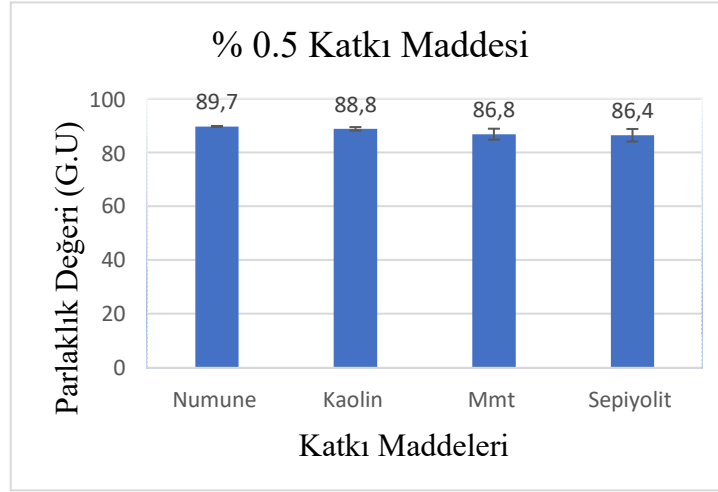
Şekil 5.5. Ral 7012 Numune ve % 1 Kaolin ,Mmt,Sepiyolit eklenmiş su bazlı boya ile kaplanmış plakaların 60°’de parlaklık ölçümleri



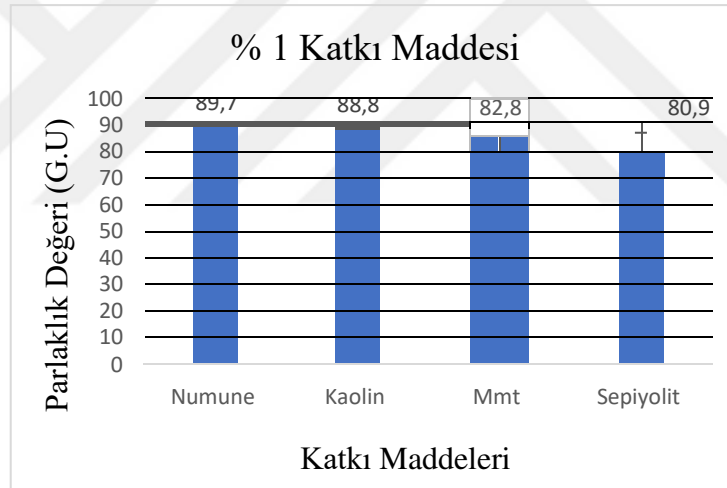
Şekil 5.6. *Ral 7012 Numune ve % 2 Kaolin ,Mmt,Sepiyolit eklenmiş su bazlı boya ile kaplanmış plakaların 60°açıda parlaklık ölçümleri*

Ral 7012' e % 0.5 , % 1, % 2 oranlarında kaolin, montmorillonit ve sepiyolit katkı maddeleri eklenip plakalar üzerinde üç noktanın parlaklık değerleri ölçülüp Şekil 5.4- 5.6 de bu değerlerin ortalamaları verilmiştir. Grafikler incelendiğinde % 0.5 katkıda parlaklıkta azalmaya sebep olduğu saptanmıştır. %0.5 sepiyolit parlak boyadan mat boya sınıfına geçiş yapmıştır. Ral 7012'e % 1 katkıda kaolin kilinde parlak boya sınıfında değerlendirilebilir. Montmorillonit ve sepiyolitte boya yarı parlak sınıfına geçiş yapmıştır. Ral 7012'e % 2 Kaolin,% 2 MMT ve % 2 sepiolit katkı maddeleri eklenip parlaklıkları incelendiğinde kaolin parlak boya sınıfındadır. MMT' deki etkisi çok fazla görülmemiştir. Sepiolit eklenen boyada da boya mat olarak değişmiştir. Boyaların aynı zamanda standart sapmaları da gösterilmiştir.

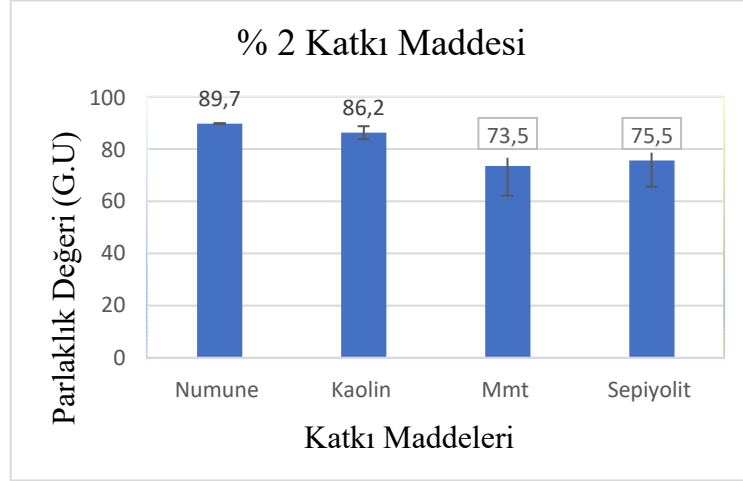
5.1.3. Ral 9003 60°'de Parlaklık tayinleri



Şekil 5.7. Ral 9003 Numune ve % 0.5 Kaolin ,Mmt,Sepiyolit eklenmiş su bazlı boya ile kaplanmış plakaların 60°açıda parlaklık ölçümleri



Şekil 5.8. Ral 9003 Numune ve % 1 Kaolin ,Mmt,Sepiyolit eklenmiş su bazlı boya ile kaplanmış plakaların 60°açıda parlaklık ölçümleri



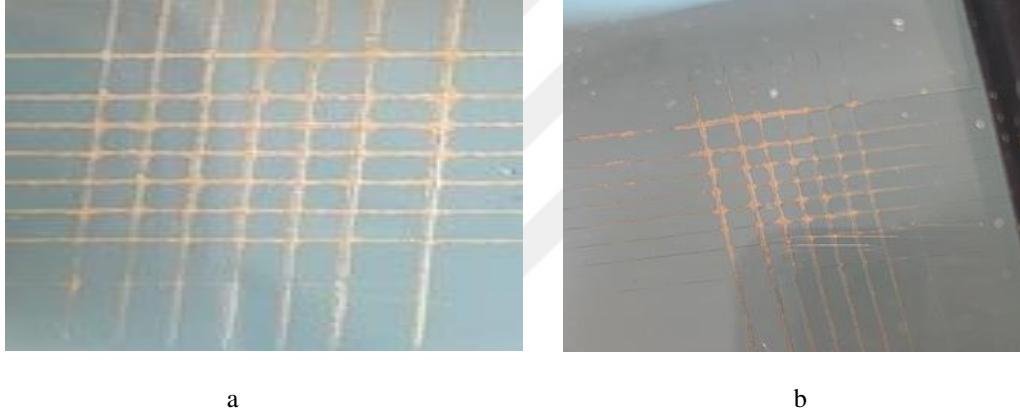
Şekil 5.9. *Ral 9003 Numune ve % 2 Kaolin ,Mmt,Sepiyolit eklenmiş su bazlı boya ile kaplanmış plakaların 60°açıda parlaklık ölçümleri*

Ral 9003' e % 0.5 , % 1, % 2 oranlarında kaolin, montmorillonit ve sepiyolit katkı maddeleri eklenip plakalar üzerinde üç noktanın parlaklık değerleri ölçülüp Şekil 5.7- 5.9 de bu değerlerin ortalamaları verilmiştir. Grafikler incelendiğinde % 0.5 katkıda sırasıyla parlaklıklar kaolin, MMT, sepiyolit diye azalma göstermiştir. Bu azalmaların büyük ölçüde olmayıp aynı zamanda boyayı parlak sınıfında değerlendirmemize engel olmadığı görülmüştür. % 1 katkı maddelerinde parlaklık değerleri sırasıyla kaolin, montmorillonit, sepiyolit şeklinde azalma göstermiştir. Bu azalmaların büyük ölçüde olmayıp aynı zamanda boyayı parlak sınıfında değerlendirmemize engel olmadığı görülmüştür. % 2 katkı maddesi eklenen boyalarda ise kaolin parlaklık değeri numuneye yakın ve kabul edilebilirdir. % 2 sepiyolit ve montmorillonit eklenen boyalarda parlaklık boyanın parlak sınıfından yarı mat sınıfa geçmesine sebep olduğu görülmüştür. Boyaların aynı zamanda standart sapmaları da gösterilmiştir.

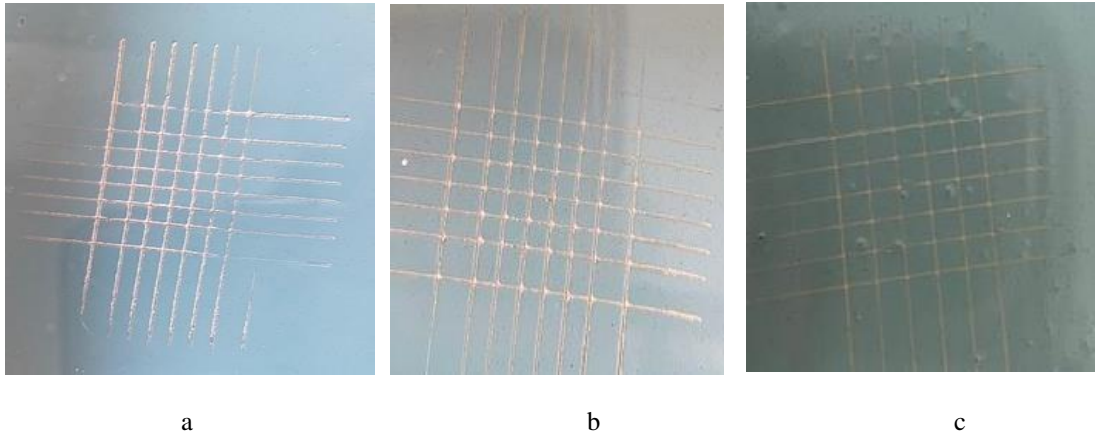
5.2. Boya Numune ve Karışımlarının Çapraz Kesme Deneyi Sonuçları

5.2.1. Ral 6034 çapraz kesme deneyi

Ral 6034 boyasına ait çapraz kesme deneyleri sonuçları Şekil 5.10-5.13’ de verilmiştir. Şekil 5.10 ‘da numune TS EN ISO 2409 standardına göre incelendiğinde yapışma sınıfı 1 olan kesiklerin kesişme noktalarında kaplamanın küçük pullarının ayrılması olarak gözlemlenmiştir. Şekil 5.11 % 0.5 Katkı Maddesi eklenmiş boya plakalarında % 0.5 Kolin ve montmorillonitte numuneye benzer sınıflandırılabilir. % 0.5 Sepiyolit katkısı içeren boyada ise yapışma sınıfı 0 olarak adlandırılmıştır. Şekil 5.12 % 1 Katkı maddeleri içeren plakalarda yapışma sınıfı 1 olarak sınıflandırılmıştır. Şekil 5.13 % 2 katkı maddesi içeren boyalarda da numuneye göre daha iyi görünse de yapışma sınıfı 1 alınmıştır.



Şekil 5.10. Ral 6034 (a) numune 1 ve (b) numune 2 Çapraz kesme deneyi görseli



Şekil 5.11. Ral 6034 (a) % 0.5 Kaolin (b) % 0.5 Mmt (c) % 0.5 Sepiyolit katkı maddeleri eklenmiş boyalarla boyanmış plakların çapraz kesme deneyi görseli

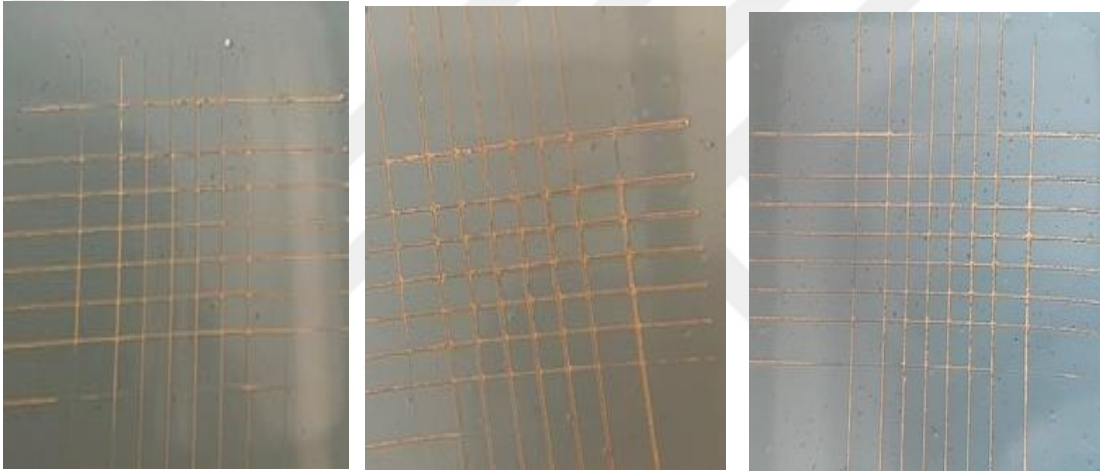


a

b

c

Şekil 5.12. Ral 6034 (a) % 1 Kaolin (b) % 1 Mmt (c) % 1 Sepiyolit katkı maddeleri eklenmiş boyalarla boyanmış plakların çapraz kesme deneyi görseli



a

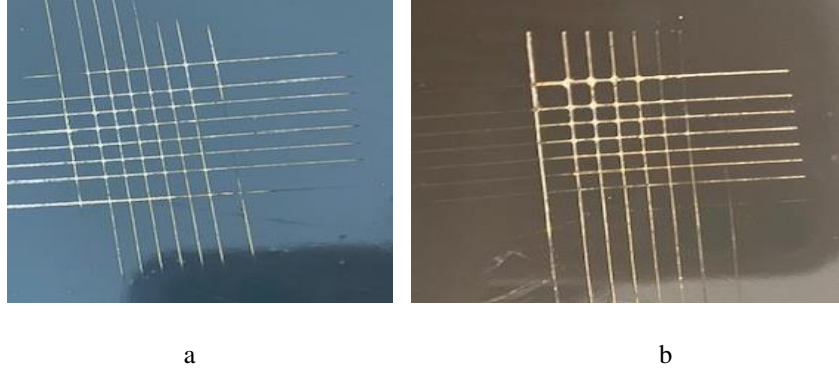
b

c

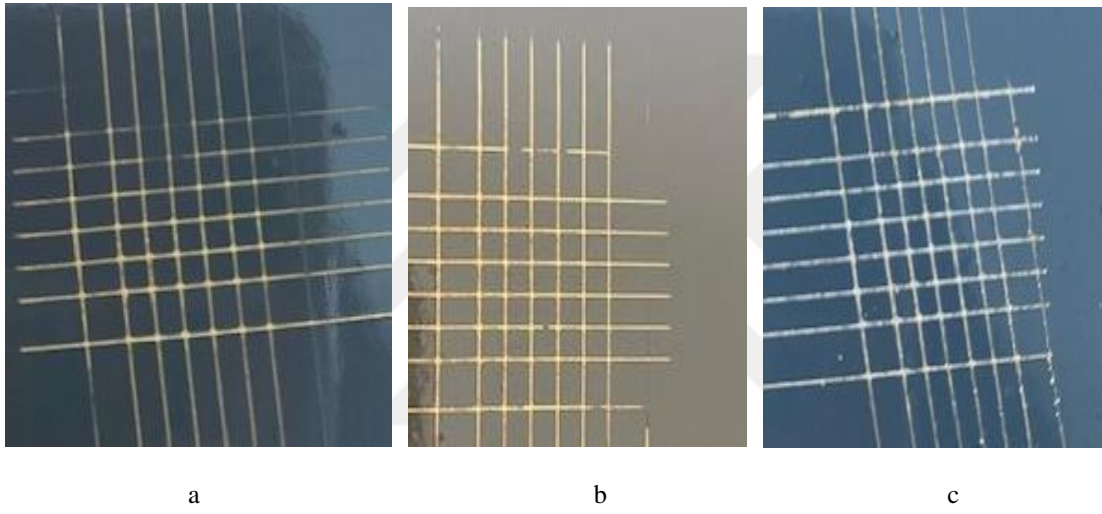
Şekil 5.13. Ral 6034 (a) % 2 Kaolin (b) % 2 Mmt (c) % 2 sepiyolit katkı maddeleri eklenmiş boyalarla boyanmış plakların çapraz kesme deneyi görseli

5.2.2. Ral 7012 çapraz kesme deneyi

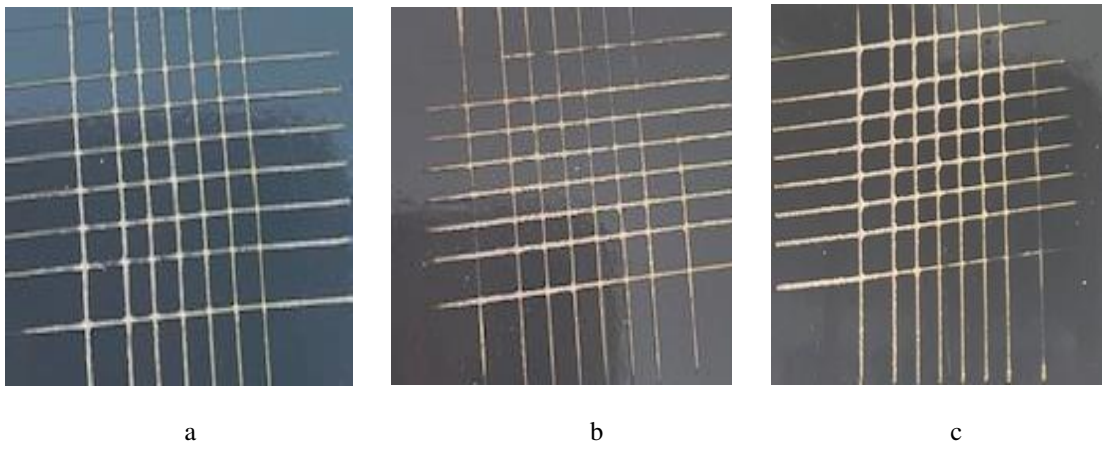
Ral 7012 boyasına ait çapraz kesme deneyleri sonuçları Şekil 5.14-5.16' da verilmiştir. Şekil 5.14 da numuneler TS EN ISO 2409 standardına göre incelendiğinde yapışma sınıfı 1 olan kesiklerin kesişme noktalarında kaplamanın küçük pullarının ayrılması olarak gözlemlenmiştir. Şekil 5.14' de Numune 2 deki sınıflandırma numune 1 e göre daha düşük görülmüştür. Numunede birkaç yerde bu işlem tekrarlanmıştır ve referans yapışma sınıfı 1 olarak alınmıştır. 7012 Tüm katkı maddelerinde yapışma seviyesi 1 olarak gözlemlenmiştir. Kendi içerisindeki en iyi gözlemlenen katkı maddesi %0.5 kaolin ve %0.5 sepiyolittir.



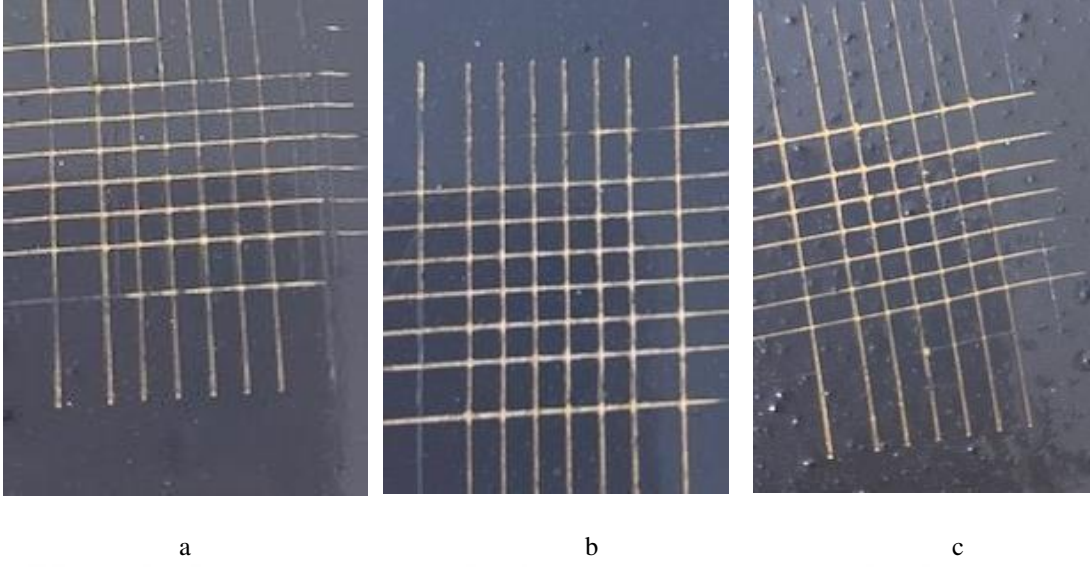
Şekil 5.14. *Ral 7012 (a) numune 1 ve (b) numune 2 Çapraz kesme deneyi görseli*



Şekil 5.15. *Ral 7012 (a) % 0.5 Kaolin (b) % 0.5 Mmt (c) % 0.5 Sepiyolit katkı maddeleri eklenmiş boyalarla boyanmış plakların çapraz kesme deneyi görseli*



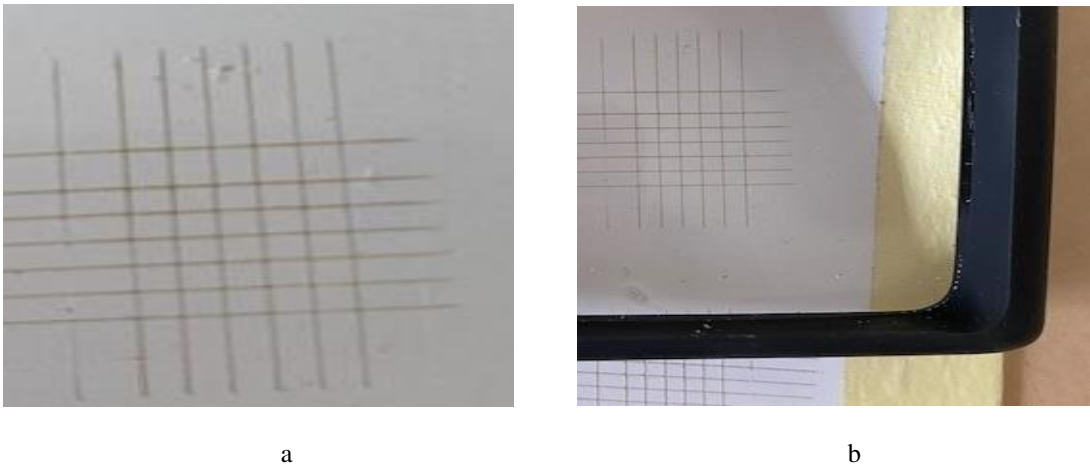
Şekil 5.16. *Ral 7012 (a) % 1 Kaolin (b) % 1 Mmt (c) % 1 Sepiyolit katkı maddeleri eklenmiş boyalarla boyanmış plakların çapraz kesme deneyi görseli*



Şekil 5.17. Ral 7012 (a) % 2 Kaolin (b) % 2 Mmt (c) % 2 Sepiyolit katkı maddeleri eklenmiş boyalarla boyanmış plakların çapraz kesme deneyi görseli

5.2.3. Ral 9003 çapraz kesme deneyi

Ral 9003 boyasına ait çapraz kesme deneyleri sonuçları Şekil 5.18-5.21’ de verilmiştir Şekil 5.18’de numuneler TS EN ISO 2409 standardına göre incelendiğinde yapışma sınıfı 1 olan kesiklerin kesişme noktalarında kaplamanın küçük pullarının ayrılması olarak gözlemlenmiştir. Şekil 5.19’ da % 0.5 katkı maddeleri yapışma sınıfı 1 olarak adlandırılmıştır. % 0.5 sepiyolit katkısı yapışma sınıfı 0’ a çok yakın gözlemlenmiştir. Katkı Maddesi % 1 ve % 2 olan boyalarda yapışma sınıfı 2 olarak adlandırılmıştır.



Şekil 5.18. Ral 9003 (a) numune 1 ve (b) numune 2 Çapraz kesme deneyi görseli



a

b

c

Şekil 5.19. *Ral 9003 (a) % 0.5 Kaolin (b) % 0.5 Mmt (c) % 0.5 Sepiyolit katkı maddeleri eklenmiş boyalarla boyanmış plakların çapraz kesme deneyi görseli*

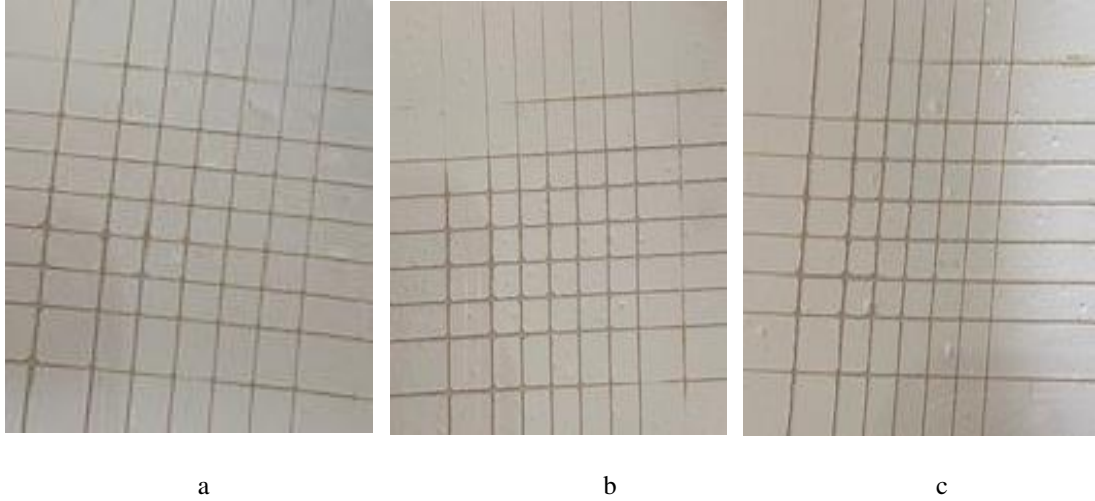


a

b

c

Şekil 5.20. *Ral 9003 (a) % 1 Kaolin (b) % 1 Mmt (c) % 1 Sepiyolit katkı maddeleri eklenmiş boyalarla boyanmış plakların çapraz kesme deneyi görseli*



Şekil 5.21. Ral 9003 (a) % 2 Kaolin (b) % 2 Mmt (c) % 2 Sepiyolit katkı maddeleri eklenmiş boyalarla boyanmış plakların çapraz kesme deneyi görseli

5.3. Renk Ölçümü

Referans numunesi alınarak hazırlanan diğer boyalarla karşılaştırma yapılmıştır. Numune ile diğer boyalar arasındaki renk farkları (ΔE) incelenmiştir.

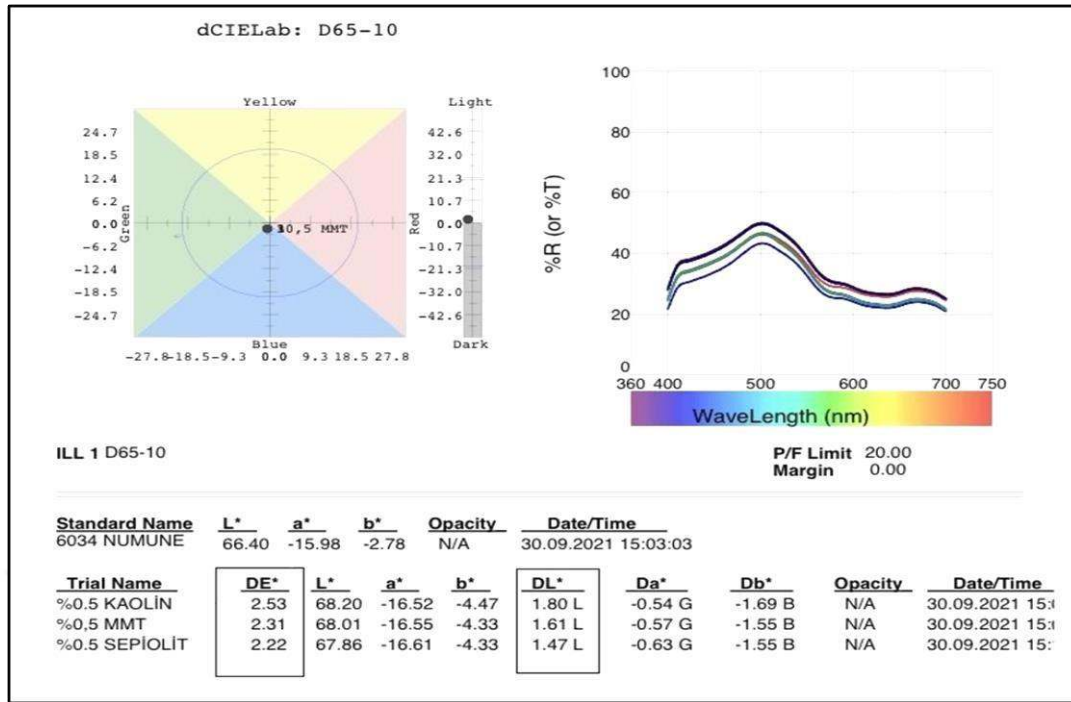
Renk farklılığı ΔL^* , Δa^* , Δb^* şeklinde üç bileşene ayrılmasına rağmen, ΔL^* değeri daha önemli olup bu değer pozitif olması numunenin referans plakadan daha açık olduğunu, negatif olması ise daha koyu olduğunu göstermektedir. ΔE değerlerini firmaların belirlemesiyle beraber boya sektöründe istenen değer maksimum 2'dir [55].

Tablo 5.1. Renk uzaklık değer tablosu

ΔE	0	1	2	3	4	5
Renk Farkı	Yok	Çok Küçük	Küçük	Orta	Büyük	Çok Büyük

5.3.1. Ral 6034 Renk ölçümü

Ral 6034 % 0.5 katkı maddesi renk ölçümü sonucunda (Şekil 5.22), ΔE^* sapması en fazla kaolinde gözlemlenmiştir. ΔE değerleri 2 üzerindedir. Renk uzaklığı ortaya yakındır. ΔL^* değerlerinde de en yüksek kaolin gözlenmiştir. Renk açılması en fazla kaolindedir.



Şekil 5.22. Ral 6034 Numune ve Ral 6034 %0.5 Katkı Maddeleri eklenmiş su bazlı boyalarla boyanmış plakların ΔE^* - ΔL^* sapma değerleri

% 1 katkı maddeli Ral 6034’de ΔE^* sapması en az kaolinde gözlemlenmiştir. (Tablo 5.2). Değerler kabul edilebilir ölçüdedir. ΔL^* değerlerinde Mmt ve sepiolitte renk açılması, kaolinde koyulaşma görülmüştür.

Tablo 5.2. Ral 6034 % 1 katkı maddesi ΔE^* - ΔL^* sapma değerleri

Katkı Maddesi	ΔE^*	ΔL^*
Kaolin	0,76	-0,57 D
Mmt	1,35	1,06 L
Sepiolit	1,96	1,58 L

% 2 katkı maddeli Ral 6034’de değerler iki üzerindedir (Tablo 5.3). ΔE^* sapması orta düzeydedir. Boya sektöründe çok tercih edilen bir değer değildir. ΔL^* değerlerinde bakıldığında hepsinde renk açılması söz konusudur. Renk açılması en fazla sepiollittedir.

Tablo 5.3. *Ral 6034 % 2 katkı maddesi ΔE^* - ΔL^* sapma değerleri*

Katkı Maddesi	ΔE^*	ΔL^*
Kaolin	2,85	2,16 L
Mmt	2,67	1,89 L
Sepiolit	3,04	2,32 L

5.3.2. Ral 7012 Renk ölçümü

% 0,5 katkı maddeli Ral 7012’de (Tablo 5.4) ΔE^* değerleri kabul edilebilirdir. En az sapma sepiolitte gözlenmiştir. ΔL^* değerleri de her bir katkıda renk açılmasını göstermiştir.

Tablo 5.4. *Ral 7012 % 0.5 katkı maddesi ΔE^* - ΔL^* sapma değerleri*

Katkı Maddesi	ΔE^*	ΔL^*
Kaolin	1,25	1,22 L
Mmt	1,66	1,63 L
Sepiolit	0,84	0,78 L

% 1 katkı maddeli Ral 7012’de (Tablo 5.5) ΔE^* değerleri 1’den küçüktür. Renk sapması yok denecek kadar azdır. Kaolin ve MMT’ de renk açılması sepiolitte ise koyulma gözlenmiştir.

Tablo 5.5. *Ral 7012 % 1 katkı maddesi ΔE^* - ΔL^* sapma değerleri*

Katkı Maddesi	ΔE^*	ΔL^*
Kaolin	0,48	0,42 L
Mmt	0,58	0,42 L
Sepiolit	0,75	-0,72 D

% 2 katkı maddeli Ral 7012’de (Tablo 5.6) Kaolin ve MMT’de küçük bir fark vardır. Sepiolitteki değişim daha azdır. Bütün katkı maddelerinde renk açılması mevcuttur.

Tablo 5.6. *Ral 7012 % 2 katkı maddesi ΔE^* - ΔL^* sapma değerleri*

Katkı Maddesi	ΔE^*	ΔL^*
Kaolin	1,10	1,09 L
Mmt	1,08	1,07 L
Sepiolit	0,85	0,70 L

5.3.3. Ral 9003 Renk ölçümü

% 0,5 katkı maddeli Ral 9003’de (Tablo 5.7) ΔE^* değerlerinde en fazla sapma kaolinde en az sepiolitte görülmüştür. Killerin sapmalarının kabul edilebilir düzeyde olduğu görülmüştür. Kaolin ve Mmt ‘de renk açılması, sepiolitte renk koyulması gözlemlenmiştir.

Tablo 5.7. *Ral 9003 % 0.5 katkı maddesi ΔE^* - ΔL^* sapma değerleri*

Katkı Maddesi	ΔE^*	ΔL^*
Kaolin	1,43	1,39 L
Mmt	1,24	1,23 L
Sepiolit	1,04	-1,01 D

% 1 katkı maddeli Ral 9003’de (Tablo 5.8) ΔE^* değerlerinde en az sapma Mmt en çok sapma kaolinde görülmüştür. Kaolinde renk açılması Mmt ve sepiyolit eklenen plakalarda renk koyulması gözlenmiştir.

Tablo 5.8. *Ral 9003 % 1 katkı maddesi ΔE^* - ΔL^* sapma değerleri*

Katkı Maddesi	ΔE^*	ΔL^*
Kaolin	1,53	1,47 L
Mmt	0,78	-0,76 D
Sepiolit	1,31	-1,30 D

% 2 katkı maddeli Ral 9003’de (Tablo 5.9) ΔE^* değerlerinde en az sapma Mmt en

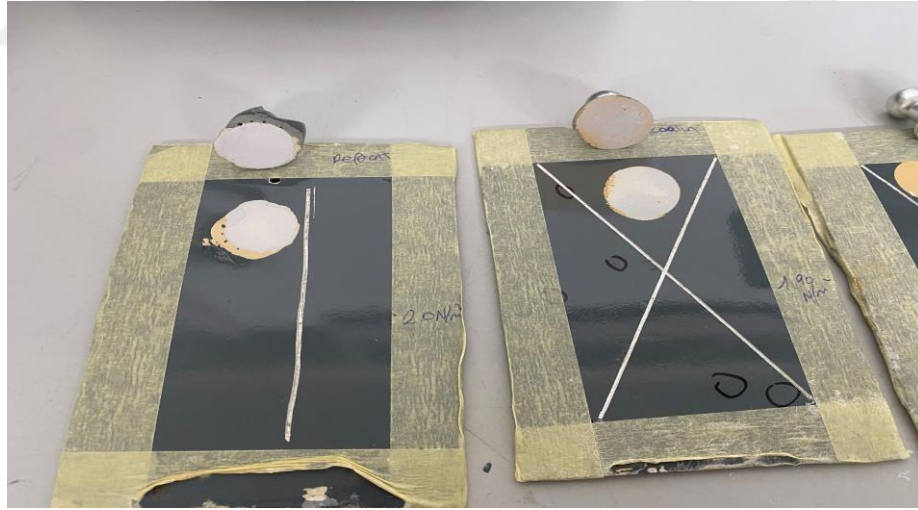
çok sapma sepiyolitte görülmüştür. Kaolinde renk açılması Mmt ve sepiyolit eklenen plakalarda renk koyulması gözlemlenmiştir.

Tablo 5.9. *Ral 9003 % 2 katkı maddesi ΔE^* - ΔL^* sapma değerleri*

Katkı Maddesi	ΔE^*	ΔL^*
Kaolin	0,83	0,72 L
Mmt	0,41	-0,38 D
Sepiolit	1,60	-1,59 D

5.4. Boya Numune ve Karışımlarının Pull-off (Yapışma İçin Çekme Deneyi) Sonuçları

Katkı maddeli Ral 7012 deney sonucunda (Şekil 5.23, Tablo 5.10) 7012 %1 kaolin dışında katkı maddeleri eklenen sistemlerde artış gözlenmiştir. Killer yapışma dayanımını arttırmıştır. Ral 7012 % 1 kaolinde olan % 5 azalış boyanın yapışmasında olumsuz büyük bir etki yaratmamaktadır.

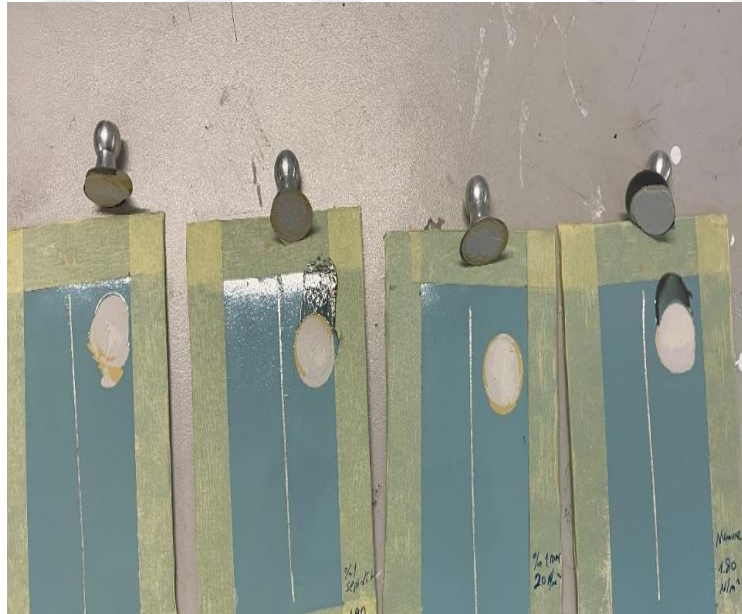


Şekil 5.23- *Ral 7012 Pull Off Analizi*

Tablo 5.10. *Ral 7012 numune ve katkı maddeleri eklenmiş boyalar uygulanmış plakaların kopma mukavemetlerinin karşılaştırılması*

Numune				
Değeri	Katkı Maddeleri	% 0.5	% 1	% 2
2.0 MPa	Kaolin	2.50 MPa	1.90 MPa	2.90 MPa
	Mmt	2.30 MPa	2.20 MPa	3.10 MPa
	Sepiolit	2.80 MPa	2.20 MPa	2.20 MPa

Katkı maddeli Ral 6034 çekme deneyi sonucunda (Şekil 5.24, Tablo 5.11) boyalarda katkı maddesi eklenen Ral 6034 numunenin kopma mukavemetine göre büyük ölçüde artış gözlemlenmiştir. En yüksek yapışma mukavemeti Tablo 5.11’da görüldüğü gibi % 2 MMT eklenen boyada olduğu ölçülmüştür. Bu artışın numunenin yapışma mukavemetinden % 116,6 fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 5.24. *Ral 6034 Pull Off Analizi*

Tablo 5.11. *Ral 6034 numune ve katkı maddeleri eklenmiş boyalar uygulanmış plakaların kopma mukavemetlerinin karşılaştırılması*

Numune Değeri	Katkı Maddeleri			
		% 0.5	% 1	% 2
1.80 MPa	Kaolin	2.50 MPa	2.0 MPa	3.30 MPa
	Mmt	2.30 MPa	2.0 MPa	3.90 MPa
	Sepiolit	2.20 MPa	1.90 MPa	2.30 MPa

Ral 9003 için numune ve katkı maddeleri yapışma mukavemetleri Şekil 5.25 ve Tablo 5.12'de verilmiştir. % 2 sepiolit katkılı boyada yapışma mukavemeti % 16 oranında azalmıştır. Yapışma mukavemeti en fazla artış %48 ile %0.5 kaolin eklenen boyada görülmüştür.



Şekil 5.25 *Ral 9003 Pull Off Analizi*

Tablo 5.12. *Ral 9003 numune ve katkı maddeleri eklenmiş uygulanmış plakaların kopma mukavemetlerinin karşılaştırılması*

NUMUNE DEĞERİ	Katkı Maddeleri	%0.5	% 1	%2
2.50	Kaolin	3.70 MPa	2.60 MPa	3.40 MPa
	Mmt	3.40 MPa	3.50 MPa	2.70 MPa
	Sepiolit	3.50 MPa	3.10 MPa	2.10 MPa

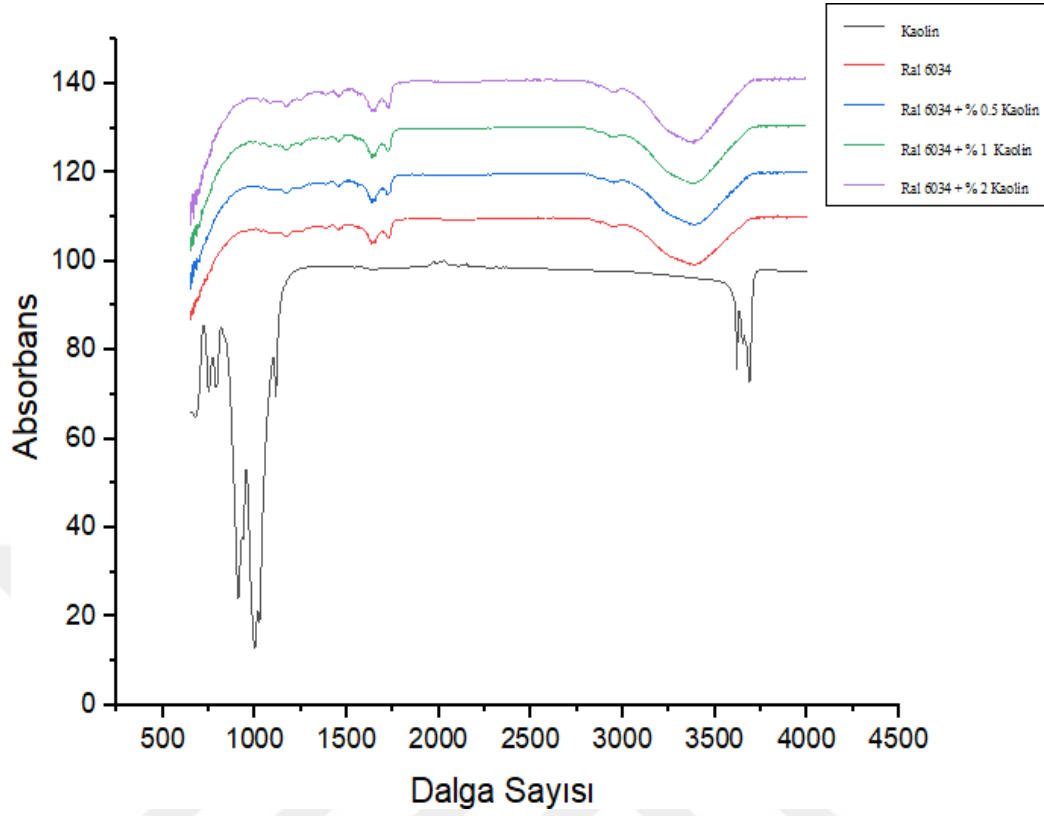
5.5. FT-IR Analiz Test Sonuçları

Katkı maddelerinin ve katkılı numunelerin FT-IR ölçümleri $650-4000\text{ cm}^{-1}$ dalga boyu aralığında yapılmıştır.

5.5.1. Katkı maddeleri ve boyaların FT-IR analiz test sonuçları

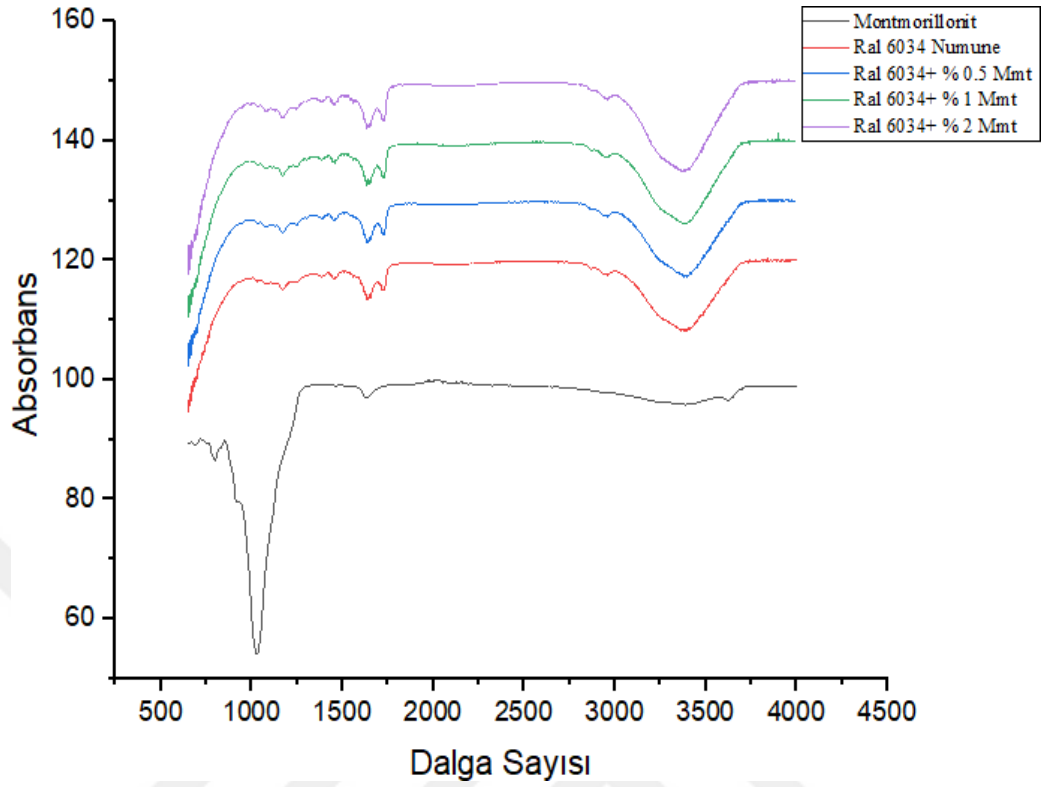
Kaolinin FT-IR spektrumunda (Şekil 5.26); 3686 , 3623 ve 3618 cm^{-1} 'deki bandlar kaolinin Si-O-Al yüzeyine zayıf olarak hidrojen bağı ile bağlı su moleküllerindeki -OH gruplarının gerilme titreşimlerinden kaynaklanmaktadır. 1000 cm^{-1} de gözlenen şiddetli bandlar tetrahedral tabakadaki Si-O-Si gruplarının Si-O gerilim titreşiminden kaynaklanmaktadır. 789 cm^{-1} 'de gözlenen band Si-O-Al (oktahedral) bükülme titreşiminin, 524 ve 453 cm^{-1} 'de gözlenen bandlar ise Si-O-Si bükülme titreşimlerine aittir [56]. 675 cm^{-1} , Si- O kuvars fonksiyonel gruplarını belirtir.

Ral 6034 numunesi ve kaolin katkısı boyaların FT-IR sonuçları Şekil 5.26' da verilmiştir. Boyada 3376 cm^{-1} dalga boyunda güçlü bir pik görülmüştür. Bu pik -OH salınımı göstermektedir. 2946 cm^{-1} -CH₂ (metilen) fonksiyonel grubunu işaret etmektedir [57]. Katkılı boya örneklerinin hepsinde 1729 cm^{-1} ve 1637 cm^{-1} daki salınım üretilen C=O fonksiyonel grubu (üretanın çift bağı) 1259 cm^{-1} -NH fonksiyonel grubu, $1171-1079-1025\text{ cm}^{-1}$ dalga boyu arasında C-O-C fonksiyonel grubu olarak yorumlanmıştır [58]. Katkı maddeleri eklenen boyalarda da numuneye benzer pikler elde edilmiştir.



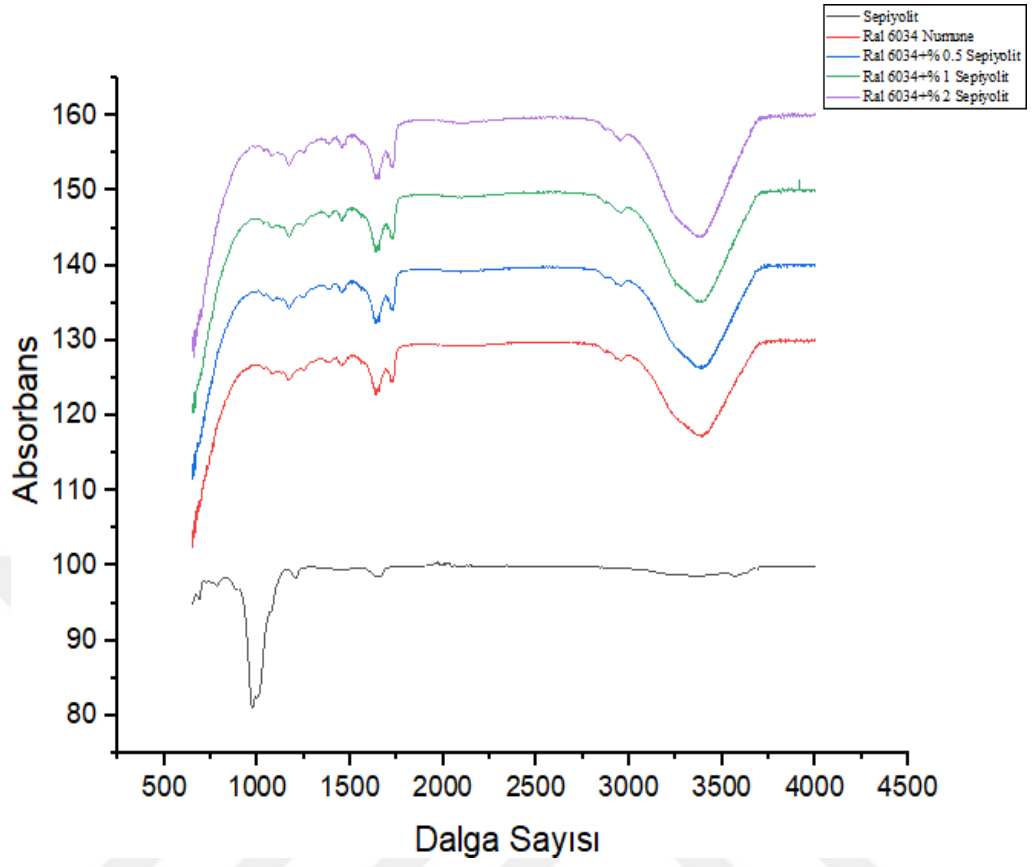
Şekil 5.26 Kaolin, Ral 6034 ve Ral 6034+ Kaolin Eklenmiş Boyaların FT-IR Analizleri

Montmorillonit FT-IR spektrumunda (Şekil 5.27) 1032 cm^{-1} 'deki band Si-O gerilme; diğer iki güçlü soğurma bandı 519 ve 466 cm^{-1} montmorillonitin Si-O eğilme titreşimlerinden kaynaklanabilir [59]. 794 cm^{-1} bandı tridimit (SiO_2) düz formunu vermektedir [60]. Montmorillonit eklenen boyalarda da numuneye benzer pikler elde edilmiştir.



Şekil 5.27 Montmorillonit, Ral 6034 ve Ral 6034+ Montmorillonit Eklenmiş Boyaların FT-IR Analizleri

Sepiyolit FT-IR spektrumunda; 3548 cm^{-1} H–O–H su molekülünün gerilme titreşimleri, $1,645\text{ cm}^{-1}$ OH fonksiyonel grubunu, 1080 cm^{-1} - 975 cm^{-1} Si- O kombinasyonlarını, 640 cm^{-1} Mg_3OH -bükülme titreşimi 424 cm^{-1} oktahedral-tetrahedral bağlantının Si–O–Mg'sini belirtir [61]. Sepiyolit eklenen boyalarda da numuneye benzer pikler elde edilmiştir.



Şekil 5.28. Sepiyolit , Ral 6034 ve Ral 6034+ Sepiyolit Eklenmiş Boyaların FT-IR Analizleri

6.TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada üç farklı ticari su bazlı boyaya, Ral (6034, 7012, 9003) kodunda üç farklı oranda (% 0.5, % 1, % 2) kaolin, montmorillonit, sepiyolit killeri eklenmiş ve bu boyaların kuru film testlerine bakılmıştır. Boyalara katkı maddeleri eklendiğinde oran arttıkça boyada topaklanmalar görülmüştür. Bu topaklanmalar kendi içerisinde en çok sepiyolitte belirgindir.

Boyaya eklenen killerin parlaklık değerlerini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Boya genelinde kil oranı arttıkça parlaklık değerleri azalmıştır. Bu azalmalar Ral 7012 %2 sepiyolit dışında boyada kabul edilebilir düzeydedir. Ral 7012 % 2 sepiyolit boyayı matlaştırmıştır. Koyu pigmentte sepiyolit boyayı matlaştırdığı gözlemlenmiştir. Açık pigment olan Ral 6034 ve Ral 9003' deki boya parlaklık değişimi daha az gözlemlenmiştir.

Ral 6034 çapraz kesme deneyinde TS EN ISO 2409 standardına göre incelendiğinde numunelerin yapışma sınıfı Gt 1 belirlenmiştir. % 0.5 Sepiyolit katkısı içeren boyada ise yapışma sınıfı Gt 0 olarak belirlenmiştir. %1 ve %2 katkı maddeleri olan boyalarda yapışma sınıfı değişmemiş Gt 1 olarak gözlemlenmiştir. Ral 7012 yapışma sınıfı küçük pullanmalar olan Gt 1 olarak belirlenmiştir. Kendi içinde sınıflandırılırsa %0.5 kaolin ve % 0.5 sepiyolit numuneye göre daha iyi durumda olduğu görülmektedir. Ral 9003 numunesi de Gt1 yapışma sınıfı olarak adlandırılmıştır. %0.5 sepiyolit katkısı yapışma sınıfı Gt0' a çok yakın gözlemlenmiştir. Katkı Maddesi % 1 ve % 2 olan boyalarda yapışma sınıfı Gt 2 olarak adlandırılmıştır. Çapraz kesme deneyinde 9003 %1 ve % 2 katkı maddeleri dışında kalan boyalarda yapışma derecesi değişmemiş ya da Gt0 olarak gözlemlenmiştir.

Renk spektroskopunda boyalar incelendiğinde Ral 6034 ΔE^* ve ΔL^* sapması en az % 1 kaolinde gözlenmiştir. Ral 7012 ΔE^* en az % 1 kaolinde gözlemlenmiştir. Ral 7012 ΔL^* değerlerindeki sapmada en düşük % 1 kaolin ve % 1 montmorillonitte gözlenmiştir. Ral 9003 ΔE^* ve ΔL^* sapması en az % 2 montmorillonitte gözlemlenmiştir. Boyaların yapışma mukavemetleri üç renk için de genellikle artmıştır. Kil oranı arttıkça yapışma mukavemetlerinin de arttığı gözlemlenmiştir. Ral 7012 % 2 montmorillonit ,Ral 6034 % 2 montmorillonit, Ral 9003 % 2 kaolin maksimum yapışma mukavemetini göstermişlerdir.

FT-IR analizlerinde boyada 3376 cm^{-1} dalga boyunda güçlü bir pik görülmüştür.

Bu pik -OH salınımı göstermektedir. 2946 cm^{-1} -CH₂ (metilen) fonksiyonel grubunu işaret eder. 1729 cm^{-1} ve 1637 cm^{-1} daki salınım ürean C=O fonksiyonel grubu (üreanın çift bağı) 1259 cm^{-1} -NH fonksiyonel grubu, 1171 cm^{-1} - 1079 cm^{-1} - 1025 cm^{-1} dalga boyu arasında C-O-C fonksiyonel grubu olarak yorumlanmıştır. Katkı maddeleri eklenen boyalarda da numuneye benzer pikler elde edilmiştir.

Tüm killer boyaya eklenip uygulama sonucuna bakıldığında Ral kodlarına ve kil malzemelerine göre parlaklık, yapışma, renk değişimi, çapraz kesme deneylerinde her bir kil farklı etki oluşturmuştur. Parlaklıkta % 0.5 katkı maddeli boyalarda minimum azalma gözlemlenmiştir. Ral 6034 çapraz kesme deneyinde % 0.5 sepiyolit katkısı içeren boyada ise yapışma sınıfı Gt 0 olarak belirlenmiştir. Bu boyada numuneye göre iyileşme söz konusudur. Renk sapmalarına bakıldığında tüm boyalarda bu sapmalar mevcuttur. Yapışma mukavemetlerinde Ral kodlarına göre değişmekle birlikte maksimum artışı % 2 katkı maddesi eklenmiş killerde gözlemlenmiştir. Sonuç olarak boyaların hem Ral kodları hem de killerin oranlarına bakıldığında her bir boyanın farklı özelliklerinde iyileşmeler gözlemlenmiştir. Burada pigmentler ve kil oranları öne çıkmaktadır.

Literatürdeki araştırmalara bakıldığında;

Kaolin katkılı boyalarda boya kalitesi, yoğunluğu, parlaklığı gibi hem kuru hem de yaş film özelliklerinde iyileştirmeler yaptığını göstermiştir [50]. Bu çalışmada; Ral 6034 + % 1 kaolin, Ral 7012 + % 0.5 kaolin, Ral 9003 + % 0.5 kaolin katkısı olan boyalarda optimum değerler elde edilmiştir. Boyalarda parlaklık, çapraz kesme deneyi yapışma sınıfı, renk ölçümleri numuneye benzerdir ve pull off yapışma mukavemetlerinde iyileşme görülmüştür.

Montmorillonit katkılı yol çizgi boyaları (Karayolları Genel Müdürlüğü standardına uygun) örtme, yüzey kuruma, dip kuruma, aşınma direnci ve kromatiklik koordinatları gibi boya testlerinde katkısız boyaya benzer davranmıştır [62]. Bu çalışmada; Ral 6034 + % 1 mmt, Ral 7012 + % 0.5 mmt ve % 2 mmt , Ral 9003 + % 0.5 mmt katkısı olan boyalarda optimum değerler elde edilmiştir. Boyalarda parlaklık, çapraz kesme deneyi yapışma sınıfı, renk ölçümleri numuneye benzerdir ve pull off yapışma mukavemetlerinde iyileşme görülmüştür.

Sepiyolit otomobil sanayiinde yakıt temizleme ve korozyona dayanıklı oto boyası imalatında kullanılmaktadır. Aynı zamanda kalınlaştırıcı özelliği de bulunmaktadır [63]. Bu çalışmada; Ral 9003 + % 0.5 sepiyolit katkısı olan boyada optimum değerler elde edilmiştir. Boyalarda parlaklık, çapraz kesme deneyi yapışma sınıfı, renk ölçümleri

numuneye benzerdir ve pull off yapışma mukavemetinde iyileşme görülmüştür.

Tablo 6.1 'de boyaların kuru film test sonuçları verilmiştir.



Tablo 6.1 Kuru Film Test Sonuçları

Boya Ral Kodu	Boyaya Eklenen Katki Oranları	Kil (GU)	Parlaklık değerleri	Çapraz Kesme Deneyi Yapışma Sınıfı	Renk Ölçümü		Pull Off (MPa) Testi
					ΔE^*	ΔL^*	
Ral 6034	Numune		85,2	1	-		1,80
	% 0.5 Kaolin		83,5	1	2,53	1,80 L	2,50
	%0.5 Mmt		82,5	0	2,31	1,61 L	2,30
	% 0.5 Sepiyolit		81,6	1	2,22	1,47 L	2,20
	% 1 Kaolin		86,1	1	0,76	-0,57 D	2,0
	%1 Mmt		81,8	1	1,35	1,06 L	2,0
	% 1 Sepiyolit		78,2	1	1,96	1,58 L	1,90
	% 2 Kaolin		84,6	1	2,85	2,16 L	3,30
	% 2 Mmt		82,7	1	2,67	1,89 L	3,90
	% 2 Sepiyolit		80	1	3,04	2,32 L	2,30
Ral 7012	Numune		85,8	1	-		2,0
	% 0.5 Kaolin		81,9	1	1,25	1,22 L	2,50
	% 0.5 Mmt		80,7	1	1,66	1,63 L	2,30
	% 0.5 Sepiyolit		77,9	1	0,84	0,78 L	2,80
	% 1 Kaolin		80,6	1	0,48	0,42 L	1,90
	%1 Mmt		79,9	1	0,58	0,42 L	2,20
	% 1 Sepiyolit		77,7	1	0,75	-0,72 D	2,20
	% 2 Kaolin		79,9	1	1,10	1,09 L	2,90
	% 2 Mmt		81,4	1	1,08	1,07 L	3,10
	% 2 Sepiyolit		49,8	1	0,85	0,70 L	2,20
	Numune		89,7	1	-		2,50

	% 0.5 Kaolin	88,8	1	1,43	1,39 D	3,70
	% 0.5 Mmt	86,8	1	1,24	1,23 L	3,40
	% 0.5 Sepiyolit	86,4	1	1,04	-1,01 D	3,50
	% 1 Kaolin	88,8	2	1,53	1,47 L	2,60
Ral	%1 Mmt	82,8	2	0,78	-0,76 D	3,50
9003	% 1 Sepiyolit	80,9	2	1,31	-1,30 D	3,10
	% 2 Kaolin	86,2	2	0,83	0,72 D	3,40
	% 2 Mmt	73,5	2	0,41	-0,38 D	2,70
	% 2 Sepiyolit	75,5	2	1,60	-1,59 D	2,10

6.1 Öneriler

- ✓ Mekanik karıştırıcı ile karıştırılan killerin daha küçük mikronlarda öğütülerek boyaya karıştırılarak boyada homojenizasyon sağlanabilir. Plaka üzerindeki bu topaklaşma da minimuma indirilebilir.
- ✓ Alüminyum levhalarda çelik malzemelere göre daha az korozyif bir malzemelerdir. Çelik malzemelerde de bu çalışma yapıp incelemeler yapılabilir.
- ✓ Her bir kilin oranı düşürülerek 3 kilin karışımıyla bu malzemelerin boyadaki davranışları incelenebilir.
- ✓ Boya kalınlığı firmaların önerdiği boya kalınlıkları olmakla birlikte bu oran arttırıldığında boyaların kuru film testlerine bakılabilir.

KAYNAKÇA

- [1] D. Nikalina, A. Serdtselyubovaa , Yu. Merkulovaa, and A. Kozlovaa. (2019) Waterborne Polyurethane Paints and Varnishes for Metal Surfaces: Patent Review . *Russian Journal of General Chemistry*. 91(3).540-545 .
- [2] Tunçgenç, M. (2004). *Boya Teknolojisine Giriş*.Türkiye: Akzo Nobel Kemipol A.Ş
- [3] Akın, Y ve Çelik, M. (1995). Montmorillonit Tipi Killerin Elektrokinetik Davranışı. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumunda sunulan bildiri.
https://www.maden.org.tr/resimler/ekler/f278ad602c7f47a_ek.pdf
(Erişim Tarihi : 11.09.2021)
- [4] Koltka, S. Can,F ; Sabah, E. (2012). Sepiyolitlerin zenginleştirilmesi ve reolojik özelliklerinin iyileştirilmesi, 15. Ulusal Kil Sempozyumunda sunulan bildiri.
file:///C:/Users/pc/Downloads/Sepiyolitlerin_Zenginlestirilmesi_ve_Reo.pdf
(Erişim Tarihi: 11.09 2021)
- [5] **http-1:** <https://lobopopart.com.br/en/the-history-of-painting/> Erişim Tarihi : 05.01.2022
- [6] Schieweck ,A ve Bock M-C.(2014). Emissions from low-VOC and zero-VOC paints e Valuable alternatives to conventional formulations also for use in sensitive environments ? *Building and Environment*, 85(2015), 243-252
- [7] Garrigues ,S.(2019). *Encyclopedia of Analytical Science (Üçüncü Baskı)*. Amsterdam:Elsevier.
- [8] G.P. Bierwagen,A.M. Huovinen,M.S.H. Bhuiyan.(2017). Paint Formulation. *Materials Science and Materials Engineering*. Elsevier: Amsterdam.
- [9] **http-2:** http://bosad.org.tr/faydali_bilgiler/boya_cesitleri/TR/p2,5-22
(Erişim Tarihi :20.10.2021)

- [10] Anjali A. Athawale, Jyoti A. Pandit.(2019). Unsaturated Polyester Resins,Blends, Interpenetrating Polymer Networks, Composites, and Nanocomposites: State of the Art and New Challenges . Elsevier, Unsaturated Polyester Resins (1-42). Unsaturated Polyester Resins. Amsterdam:Elsevier
- [11] Maiti,T.K.,Parvate,S., Pragya.,Singh,J.,Dixit,P.,Bhuvanesh,E.,Vennapusa,J.R, Sujay Chattopadhyay.(2021). *Plastics in Coating Applications*. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering .Elsevier: Amsterdam
- [12] Boya Üretimi.pdf (meb.gov.tr) (Erişim Tarihi: 23.10.2021)
- [13] Gibson, G.(2017). *Epoxy Resins*. El, Brydson's Plastics Materials (773-797). Amsterdam: Elsevier
- [14] Fink,J.K.(2018). *Acrylic Resins*. El. Reactive Polymers: Fundamentals and Applications(325-344). Amsterdam:Elsevier.
- [15] Bender, L.(2013). Automotive Paint. *El,Encyclopedia of Forensic Sciences 2 Automotive Paint* (257-263). Ammendale: Elsevier
- [16] Gündüz, G. (2015).*Boya Bilgisi*,Türkiye : Tmmob Kimya Mühendisleri Odası
- [17] Erkmén, J. (2012). Çözücü Bazlı İnşaat Boyalarında Pigment Boyutunun Etkilerinin Uzun Zaman Aralığında İncelenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 2(6), 83-94.
- [18] **http-3:** <https://www.slideshare.net/chemistbds/boya-projemiz> (Erişim Tarihi : 10.10.2021)
- [19] Bieleman, J. (2000). Powder coatings. J.Bi., *Additives for coatings* (160). Condea Servo BV: Delden.
- [20] **http-4:** <https://www.turkchem.net/su-bazli-sistemlerde-kopuk-onleyiciler.html> (Erişim Tarihi :11.10.2021)
- [21] **http-5:** http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_

pdf/Katk%C4%B1%20Maddeleri.pdf (Erişim Tarihi : 12.10.2021)

[22] Nascimento, G.M. (2021). Two Spectroscopies as Main Source for Investigation of Polymer-Clay Materials. G. Na., *Clay Science and Technology (3-4)*. London: IntechOpen

[23] Malayoğlu, U. ve Akar ,A.(1995). Killerin Sınıflandırmasında ve Kullanım Alanlarının Saptanmasında Aranan Kriterlerin İrdelenmesi, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumunda sunulan bildiri

<https://docplayer.biz.tr/20779403-U-malayoglu-ve-a-akar.html>

(Erişim Tarihi : 06.01.2022)

[24] Kausar,A. (2017). Physical properties of hybrid polymer/clay composites.

A.Kausar,

Hybrid Polymer Composite Materials. Amsterdam: Elsevier

[25] Abel, A.G. (1999). Theory and Practice Woodhead Publishing Series in Metals and Surface Engineering. R.Lambourne, T.A.. Strivens, *Paint and Surface Coatings (91-165)*. Amsterdam:Elsevier

[26] Kolancılar, H. (2013). Topraktan Gelen Katalzör: Montmorillonit. Trakya University Journal of Natural Sciences Dergisi, 14(1), 43 - 59

[27] Catarina ,G.,Borsoi,C.,Romanzini, D.,Piazza, D.,Kunst, S.R., Scienza ,L.C., Zattera, A.J.(2017).Development of acrylic-based powder coatings with incorporationof montmorillonite clays. *Journal of Applied Polymer Science*, 10,1002

[28] **http-6:** <https://www.maden.org.tr/meslegimiz/oik622.pdf>

(Erişim Adresi : 18.11.2021)

[29] Tchounwou, P.B. (2020). International Journal of Environmental Research and Public Health Dergisi, 15, 706.

[30] **http-7:** <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/sepiyolit>

(Erişim Tarihi: 18.11.2021)

[31] **http-8:** <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=8561>

(Erişim Tarihi: 19.11.2021)

[32] S. Koltka, E. Sabah. (2012). Boya Sektöri ve Sentetik (Çöktürölmüş) Kalsiyum Karbonat (PCC). 8. *Uluslararası Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumunda sunulan bildiri.*

file:///C:/Users/pc/Downloads/Boya_Sektoru_ve_Sentetik_Cokturulmus_Kal.pdf

(Erişim Tarihi: 11.11.2021)

[33] Ma, Z., Qiao, Y., Wen, Y., Wang, X., ve Wang, J. (2017). Effect of precursors on the anticorrosion property of silica encapsulated waterborne aluminium pigments. *Pigment and Resin Technology*. 46(2).

<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/PRT-02-20160017/full/html>

(Erişim Tarihi :03.01.2022)

[34] **http-9:** http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Boya%20Üretimi.pdf (Erişim tarihi : 11.12.2021)

[35] Aras, U., Kalaycıoğlu, H. Ve Yel, H. (2016). Orta Yoğunlukta Lif levha (MDF) Yüzeylerinde Toz Boya Uygulamaları. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* . 4(2)

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/dubited/issue/24379/258427> Erişim Tarihi: 22.10.2021

[36] Boya enspektör eğitim / NACE

[37] Rudawska, A., Danczak, I., Müller, M., Valasek, P. The effect of sandblasting on surface properties for adhesion. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 70(10)

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143749616301336?via%3Dihub>

(Erişim Tarihi : 11.01.2022)

[38] **http-10:** http://www.dunyamakina.org/s/5-kumlama_ve_boyu.html

(Erişim Tarihi : 2.12.2021)

[39] **http-11:** <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/StandardAra.aspx>

(Erişim Tarihi: 05.11.2021)

[40] **http-12:** <http://yachtworks.info/tr/turkce-kum-raspasi/>

(Erişim Tarihi : 01.12.2021)

[41] **http-13:** <https://www.corrosionpedia.com/definition/2475/epoxy-primer>

(Erişim Tarihi :05.01.2022)

[42] Souza, I., Carvalho, L., Reznik,L ve Cezar, S. Anti-corrosive properties of two epoxy primer systems applied to steel surfaces prepared with various mechanical abrasive treatments. *Journal of Adhesion Science and Technology Dergisi*. 34(22).

<https://www.ingentaconnect.com/content/tandf/ast/2020/00000034/00000022/art00005>

(Erişim Tarihi : 11.10.2021)

[43] Klippstein, A., Cook, M., Monaghan, S. Water-Based Epoxy Systems. *Polymer Science: A Comprehensive Reference*. (519-538). Amsterdam: Elsevier.

[44] **http-14:** <https://www.nalburdayim.com/052-dekor-oto-macun-celigi-16cm-583>

(Erişim Tarihi :05.12.2021)

[45] **http-15:** <https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1031>

&context=me_facpub (Erişim Tarihi : 01.12.2021)

[46] Parker, G. (2001). *Materials. Encyclopedia of Materials: Science and Technology*. G.Parker. (421-423). Amsterdam: Elsevier

[47] Müdüroğlu , M.(2020). Su Bazlı Boyalarda Kullanılan Sivas Talkının Boya

Kalitesine Etkisinin Araştırılması. Doktora Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

[48] Acaralı, N., Çifte, T.(2018).Çinko Borat ve Mısır Püskülü İçerikli Su Bazlı Boya Özelliklerinin Geliştirilmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 22(3).

<http://www.saujs.sakarya.edu.tr/tr/download/article-file/441600>

(Erişim Tarihi : 20.10.2021)

[49] Nivin, M., Ahmed and Walaa, M., El-Gawad, M. Study on the corrosion protection performance of new ferrite/kaolin core-shell pigments in epoxy-based paints. *Anticorrosion Methods and materials Dergisi*. 63(1).

<https://www.deepdyve.com/lp/emerald-publishing/study-on-the-corrosion-protection-performance-of-new-ferrite-kaolin-nuX0pn8VvT> (Erişim Tarihi: 07.01.2022)

[50] Karakaş, F., Hassas, B., Özhan, K., Boylu, F., Çelik, M. (2012). XIV Balkan Mineral Processing Congress konferansında sunulan bildiri.

https://www.academia.edu/1784578/Calcined_Kaolin_and_Calcite_as_a_Pigment_and_Substitute_for_TiO2_in_Water_Based_Paints (Erişim Tarihi: 07.01.2022)

[51] Alıcılar, A., Ökenek, F., Kayran, B., Tutak, M. (2015). Bor Katkılı Stiren Akrilik Boyaların Alev Geciktirme, Duman Bastırma ve Antibakteriyel Etkinlikleri. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University Dergisi*. 30(4).

<https://eds.s.ebscohost.com> (Erişim Tarihi: 07.01.2022)

[52] **http-16:** [https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/StandardAra.aspx/cross cut](https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/StandardAra.aspx/cross%20cut) (Erişim Tarihi: 05.12.2021)

[53] **http-17:** <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/StandardAra.aspx/> çaprazkesme (Erişim Tarihi: 05.12.2021)

[54] Poliskie, M., Clevenger, J. (2008). Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy for coating characterization and failure analysis. *Metal Finishing Dergisi*. 106(5).

<https://www.sciencedirect.com> (Erişim Tarihi: 05.01.2022)

[55] Özcan, A. (2008). Kâğıt Yüzey Pürüzlülüğünün L*a*b* Değerleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 7(14)

<http://acikerisim.ticaret.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11467/412/M00242.pdf?sequence=1&sAllowed=y> (Erişim Tarihi: 10.12.2021)

[56] Verma G. (2019) . Weathering, salt spray corrosion and mar resistance mechanism of clay (nano-platelet) reinforced polyurethane nanocomposite coatings. *Progress in Organic Coatings*, 129, 260-270.

[57] Verma, H., Das, S., Mohanty, S., Nayak, S.(2019).Development of multifunctional polydimethylsiloxane (PDMS)-epoxy-zinc oxide nanocomposite coatings for marine Applications. *Wiley Polymers Advanced Technology Dergisi*. 30(9).

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/pat.4656> (Erişim Tarihi: 05.01.2022)

[58] Verma, G.(2019). Weathering, salt spray corrosion and mar resistance mechanism of clay (nano-platelet) reinforced polyurethane nanocomposite coatings. G.Verna, *Progress in Organic Coatings* (260-270).

[59] Chen, G., Liu, S., Chen, S., Qi, Z.(2001). FT-IR Spectra, Thermal Properties, and Dispersibility of a Polystyrene/Montmorillonite Nanocomposite. *Macro Molecular Cemistry and Pyhsics Dergisi*. 202(7).

<https://onlinelibrary.wiley.com/> (Erişim Tarihi : 10.12.2021)

[60] Patel, H., Somanı, R., Bajaj, H. ve Jasra , R.(2005). Nanoclays for polymer nanocomposites, paints, inks, greases and cosmetics formulations, drug delivery vehicle and waste water treatment. *Bulletin of Material Science Dergisi*.29(2).

<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF02704606.pdf>

(Erişim Tarihi: 11.12.2021)

[61] Ongen ,A., Ozcan, K., Ozbas, E., Balkaya, N.(2012). Adsorption of Astrazon Blue FGRL onto sepiolite from aqueous solutions. *Desalination and Water Treatment Dergisi*. 40(1).

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19443994.2012.67116> (Erişim Tarihi: 05.01.2021)

[62] Vatansever, A., İnan, T., Doğan, H., Sirkecioğlu, A., Köker, N.(2015). Poli(btil akrilat -ko-metil metakrilat)/montmorillonit sentezi ve yol çizgi boya bağlayıcısı olarak kullanımı. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 35(12)

[63] **http-18:** https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/98741479a7b998f_ek.pdf

(ErişimTarihi: 19.01.2022)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ayşenur ÇETİN

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul / Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Kimya Mühendisliği	Eskişehir Teknik Üniversitesi	-
Lisans	Kimya Mühendisliği	Hacettepe Üniversitesi	2014
Ön lisans	Adalet	Anadolu Üniversitesi	2020
Lise	Fen Bilimleri	Yunus Emre YDAL	2008

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma	Kurum Görevi
2021- Halen	Türasaş Eskişehir Bölge Müdürlüğü	Mühendis
2019	Türasaş Sakarya Bölge Müdürlüğü	Mühendis
2017-2019	Çifteler İlçe Nüfus Müdürlüğü	Büro Personeli