



**KIZILÖTESİ (IR) IŞINLARI YANSITAN KAPLAMALI
KUMAŞ YAPILARININ GELİŞTİRİLMESİ**

Semih SORUÇ



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KIZILÖTESİ (IR) IŞINLARI YANSITAN KAPLAMALI KUMAŞ
YAPILARININ GELİŞTİRİLMESİ**

Semih SORUÇ

Prof. Dr. Mehmet KANIK

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2017

TEZ ONAYI

Semih SORUÇ tarafından hazırlanan “Kızılötesi (IR) Işınları Yansıtan Kaplamalı Kumaş Yapılarının Geliştirilmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Mehmet KANIK

Başkan : Prof. Dr. Mehmet KANIK
Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Prof. Dr. Pervin ANIŞ
Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Doç. Dr. Kenan YILDIRIM
Bursa Teknik Üniversitesi
Doğa Bilimleri, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi
Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali BAYRAM
Enstitü Müdürü

20.10.2017

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

20/10/2017



Semih SORUÇ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KIZILÖTESİ (IR) IŞINLARI YANSITAN KAPLAMALI KUMAŞ YAPILARININ GELİŞTİRİLMESİ

Semih SORUÇ

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet KANIK

Tez çalışmasının öncelikli hedefi, başta kaplamalı stor perdelik kumaş yapıları olmak üzere, tekstil bazlı kaplanmış malzemelerin kullanıldığı çadır, branda, tente, hafif çatı malzemeleri gibi güneş ışınlarına karşı korumanın/enerji tasarrufunun önemli olduğu farklı alanlarda renklendirici olarak kullanılabilen pigmentlerin yakın kızılötesi (NIR) ışınları yansıtma davranışlarının incelenmesidir. Bu amaçla, farklı renklere sahip (siyah, sarı, mavi, yeşil ve kahverengi) organik pigmentlerin, demir oksit pigmentlerin ve kızılötesi yansıtıcı özel pigmentlerin farklı konsantrasyon değerlerinde (1, 5, 10, 20 ve 30 g/kg) güneş ışınlarını yansıtma (solar reflektans), absorblama ve geçirme (transmitans) özelliklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesine yönelik deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. %100 poliester kumaşlar üzerine silindir üzerinde rakleli kaplama tekniğiyle akrilik bazlı kaplamalar yapılarak elde edilen numunelerin solar radyasyon karşısındaki davranışları yanında; kalınlık, gramaj ve aktarılan kaplama maddesi miktarı gibi fiziksel özellikleri de test edilmiştir. Kaplanmış numunelerin solar radyasyona karşı gösterdiği davranışlar, EN 14500:2008 standardına göre çalışan bir UV-VIS-NIR spektrofotometrede yapılan ölçümler ve EN 410 standardına göre yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen UV geçirgenlik (Tuv), görünür ışıktaki geçirgenlik (Tv), solar geçirgenlik (Ts), görünür ışıktaki reflektans (Rv), solar reflektans (Rs), solar absorptans (As) ve kızılötesi ışıktaki reflektans (R_{IR}) gibi parametrelerle değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, sarı renk haricinde organik pigmentlere göre demir oksit pigmentlerin; mavi renk haricinde de diğer iki guruba göre kızılötesi yansıtıcı pigmentlerin yüzeylerde ısınmaya sebep olan NIR ışınlarını daha yüksek oranlarda yansıtıklarını ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Kızılötesi ışınlar, Yansıtma, Pigmentler, Kumaş kaplama

2017, xi + 137 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

DEVELOPMENT OF COATED FABRIC STRUCTURES WHICH REFLECT INFRARED RAYS

Semih SORUÇ

Uludag University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Textile Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet KANIK

The primary goal of the thesis study is investigation of near infrared rays reflection behaviours of pigments that can be used as colorants especially in coated roller blind fabrics and in various areas where protection against sun rays and energy saving are important such as tents, tarpaulins, awning, light roof materials that consist of textile based coated materials. For this purpose, experimental studies were made for comparatively examination of solar rays reflection (solar reflectance), absorption and transmittance properties of organic pigments (black, yellow, blue, green and brown), iron oxide pigments and infrared reflective special pigments that have different colors (black, yellow, blue, green and brown) at different concentration values (1, 5, 10, 20 and 30 g/kg). The behaviors against solar radiation of the samples obtained by acrylic based coatings on 100% polyester fabrics with roller knife coating technique and also some physical properties of these samples such as thickness, weight in grams and amount of transferred coating material were examined. The behaviours against solar radiation of the coated samples were evaluated with UV transmittance (T_{UV}), visible light transmittance (T_V), solar transmittance (T_S), visible light reflectance (R_V), solar reflectance (R_S), solar absorbance (A_S) and infrared ray reflectance (R_{IR}) parameters that obtained from measurements on a UV-VIS-NIR spectrophotometer operating according to EN 14500:2008 standard and the results which are calculated according to EN 410 standard. The results obtained are as follows: iron oxide pigments according to organic pigments except yellow color; except for the blue color, the infrared reflector pigments according to the other two groups showed higher reflectance of the NIR rays, which cause the surfaces to overheat.

Key Words: Infrared radiation, Reflection, Pigments, Fabric coating

2017, xi + 137 pages.

TEŞEKKÜR

Tez konusunun seçimi ve tez çalışmam boyunca bana sonsuz destek veren, her aşamada bilgi birikimini, tecrübesini ve değerli zamanını benimle paylaşan, tezin oluşumunda, düzenlenmesinde ve değerlendirilmesinde her türlü katkıda bulunan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet KANIK'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tez çalışmam süresince bilgilerini benden esirgemeyen ve spektrofotometrik ölçümlerde kullanmış olduğum hesaplama programını yazan Bursa Teknik Üniversitesi öğretim üyelerinden Sayın Doç. Dr. Kenan YILDIRIM'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmamda kullandığım kumaşın kesim işlemini gerçekleştiren Savcan Tekstil A.Ş. yetkililerine, kaplama işlemlerinde kullanılan kimyasal maddeleri sağlayan Rudolf-Duraner A.Ş yetkililerine ve pigment konusunda her türlü yardımı ve kolaylığı sağlayan Aykim Kimya Sanayii firmasından Emir ÖZÇALIŞKAN'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimimin her aşamasında desteğini benden asla esirgemeyen çok sevdiğim değerli insan Veteriner Hekim Fatmagül ÇİFTÇİ'ye çok teşekkür ederim.

Lisans ve yüksek lisans eğitimimin her aşamasında bilgisini ve desteğini benden asla esirgemeyen çok sevdiğim değerli dostlarım Uludağ Üniversitesi Araştırma Görevlilerinden Gizem MANASOĞLU ve Rumeysa ÇELEN'e çok teşekkür ederim.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca bana her türlü desteği veren, bu günlere gelmemi sağlayan değerli annem Süreyya SORUÇ'a, babam Ayhan SORUÇ'a ve abim Selim SORUÇ'a, her zaman yanımda olan değerli arkadaşlarım Yüksek Tekstil Mühendisi Buse GÜMÜŞ'e ve Harita Mühendisi Furkan KOZLU'ya en içten dileklerle teşekkür ederim.

Semih SORUÇ

20/10/2017

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Tekstil Kaplamacılığı	4
2.1.1. Kaplamada kullanılan malzemeler	5
2.1.1.1. Kaplamada kullanılan zemin kumaşı	6
2.1.1.2. Kaplamada kullanılan polimerler	8
2.1.2. Kaplama yöntemleri	10
2.1.2.1. Rakleli kaplama yöntemi	12
2.2. Pigmentler	15
2.2.1. Pigmentlerin sınıflandırılması	16
2.2.1.1. Organik pigmentler	16
2.2.1.2. İnorganik pigmentler	17
2.2.2. Pigmentlerin genel özellikleri	19
2.3. Metal Oksit Pigmentler	21
2.3.1. Demir oksit pigmentler	21
2.3.1.1. Doğal demir oksit pigmentler	24
2.3.1.2. Sentetik demir oksit pigmentler	26
2.3.2. Karışım metal oksit pigmentler	27
2.4. Kızılötesi Yansıtıcı Özel Pigmentler	30
2.4.1. Kızılötesi ışınma	30
2.4.2. Kızılötesi ışımanın ısıtma ve soğutma mekanizması	33
2.4.3. Kızılötesi yansıtıcı pigmentler	36
2.4.4. Kızılötesi yansıtıcı kaplamaların faydaları ve uygulamaları	41
2.5. Demir Oksit ve Kızılötesi Yansıtıcı Pigment Konusunda Yapılan Çalışmalar ..	51
3. MATERYAL VE YÖNTEM	62
3.1. Materyal	62
3.1.1. Kumaş	62
3.1.2. Pigmentler	62
3.1.3. Kaplama kimyasalları	64
3.2. Yöntem	64
3.2.1. Stok patının hazırlanması	65
3.2.2. Kaplama patının hazırlanması	67
3.2.3. Kaplama, kurutma ve fiksaj işlemlerinin yapılması	68
3.2.4. Kumaşa aktarılan madde miktarının hesaplanması	69
3.2.5. Kaplanmış kumaşların kalınlığının ölçülmesi	70
3.2.6. Kaplanmış kumaşların gramaj tayini	71
3.2.7. Kaplanmış kumaşların spektrofotometrik özelliklerinin ölçülmesi	72
4. BULGULAR	75

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
4.1. Kumaş Üzerine Aktarılan Madde Miktarı	75
4.2. Kumaş Kalınlığı Ölçüm Sonuçları	79
4.3. Kumaş Gramajı Ölçüm Sonuçları	80
4.4. Kumaşların Spektrofotometrik Ölçüm Sonuçları	81
4.4.1. Organik pigment ile kaplanmış kumaşların spektrofotometrik sonuçları	81
4.4.2. Demir oksit pigment ile kaplanmış kumaşların spektrofotometrik sonuçları ..	92
4.4.3. Kızılötesi yansıtıcı pigment ile kaplanmış kumaşların spektrofotometrik sonuçları	105
4.4.4. Kızılötesi bölgedeki yansıtma değerleri	116
4.4.5. Renklere göre pigmentlerin karşılaştırılması	117
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	127
KAYNAKLAR	132
ÖZGEÇMİŞ	137

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
α	Absorbsiyon
ρ	Yansıtma
τ	Transmitans
dk	Dakika
g	Gram
g/kg	Gram/Kilogram
gr/m ²	Gram/Metrekare
m	Metre
mm	Milimetre
nm	Nanometre
°C	Santigrad Derece
cm	Santimetre

Kısaltmalar	Açıklama
A _s	Solar absorbans
ASTM	American Society for Testing and Materials
CICP	Complex Inorganic Color Pigment
cPs	Centipoise
C.I.	Color Index
EN	European Standard
EVA	Etilen Vinil Asetat
IR	Infrared
MMO	Mixed Metal Oxide
NIR	Near Infra-Red
PET	Poliester
PTFE	Politetrafloretillen
PU	Poliüretan
PVC	Polivinilklorid
PVDC	Polivinildenklorür
R _{IR}	Kızılötesi ışıktaki reflektans
R _s	Solar reflektans
R _v	Görünür ışıktaki reflektans
rpm	Revolution Per Minute
SBR	Stiren Bütadien Kauçuk
T _s	Solar geçirgenlik
T _{UV}	UV geçirgenlik
T _v	Görünür ışıktaki geçirgenlik
TSR	Total Solar Reflectance
UV	Ultraviyole
VIS	Visible

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1.	Havada rakle kaplama yöntemi	13
Şekil 2.2.	Silindir üzerinde rakle kaplama yöntemi	13
Şekil 2.3.	Blanket üzerinde rakle kaplama yöntemi	14
Şekil 2.4.	Rakle uç profili örnekleri	14
Şekil 2.5.	Organik pigmentlerin sınıflandırılması	16
Şekil 2.6.	İnorganik pigmentlerin sınıflandırılması	17
Şekil 2.7.	Bazı Fe ^{III} oksitlerin renkleri	23
Şekil 2.8.	Karışım metal oksitlerin üretim şeması	30
Şekil 2.9.	Güneş enerjisinin spektrum bölgeleri	32
Şekil 2.10.	Güneş ışınması	33
Şekil 2.11.	Gelen ışığın izleyebileceği yollar	34
Şekil 2.12.	Soğutma mekanizması	36
Şekil 2.13.	Farklı inorganik siyah pigmentlerin TSR spektrumlarının karbon siyahı ve titanyum dioksit eğrileri ile karşılaştırılması	38
Şekil 2.14.	Farklı inorganik siyah pigmentlerin ısı artış eğrilerinin karbon siyahı ve titanyum dioksit eğrileri ile karşılaştırılması	39
Şekil 2.15.	TiO ₂ ile karıştırılmış siyah pigmentlerin TSR ve L değerlerinin incelenmesi	43
Şekil 2.16.	Aynı miktardaki farklı tanecik boyutuna sahip TiO ₂ 'in yansıtma eğrileri	44
Şekil 2.17.	Kızılötesi yansıtıcı siyah pigmentin öğütme süresine bağlı L ve TSR eğrileri	45
Şekil 2.18.	Kızılötesi yansıtıcı siyah pigment içeriğine yansıtıcı mavi pigment eklenmesi ile elde edilen yansıtma eğrileri	46
Şekil 2.19.	Kızılötesi yansıtıcı mavi pigment içeriğine yansıtıcı siyah pigment eklenmesi ile elde edilen yansıtma eğrileri	46
Şekil 2.20.	Bir boya filminin görünür ve kızılötesi bölgedeki opaklık davranışı.	47
Şekil 2.21.	Karıştırılarak elde edilmiş kızılötesi yansıtıcı pigment ve karbon siyahı kontaminasyonunun TSR eğrileri	48
Şekil 3.1.	Brookfield RVT analog viskozimetre	66
Şekil 3.2.	Viskozimetrenin uygun mil ve hız kombinasyonu için okunan katsayıları	66
Şekil 3.3.	Kızılötesi yansıtıcı pigmentler için üretici tarafından önerilen karıştırma eğrisi	68
Şekil 3.4.	Ataç GK40 RKL laboratuvar tipi kaplama makinesi	68
Şekil 3.5.	Rapid HT kurutma ve buharlama makinesi	69
Şekil 3.6.	Kalınlık ölçüm cihazı	71
Şekil 3.7.	Kumaş numune kesme şablonu	71
Şekil 3.8.	Shimadzu UV-3600 Plus Spektrofotometre	72
Şekil 3.9.	Shimadzu ISR 603 Integrating Sphere yardımcı ekipmanı	72
Şekil 4.1.	Pasta karbon siyahı ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri	81
Şekil 4.2.	Pasta karbon siyahı ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmitans eğrileri	82

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4.3.	Sarı organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri	83
Şekil 4.4.	Sarı organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri	84
Şekil 4.5.	Mavi organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri	86
Şekil 4.6.	Mavi organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri	86
Şekil 4.7.	Yeşil organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri	88
Şekil 4.8.	Yeşil organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri	88
Şekil 4.9.	Kahverengi organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri	90
Şekil 4.10.	Kahverengi organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri	90
Şekil 4.11.	Siyah pasta demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri	92
Şekil 4.12.	Siyah pasta demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri	93
Şekil 4.13.	Siyah demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri	95
Şekil 4.14.	Siyah demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri	95
Şekil 4.15.	Sarı demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri	97
Şekil 4.16.	Sarı demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri	97
Şekil 4.17.	Mavi demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri	99
Şekil 4.18.	Mavi demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri	99
Şekil 4.19.	Yeşil demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri	101
Şekil 4.20.	Yeşil demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri	101
Şekil 4.21.	Kahverengi demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri	103
Şekil 4.22.	Kahverengi demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri	103
Şekil 4.23.	Siyah kızılötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri	105
Şekil 4.24.	Siyah kızılötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri	106

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4.25.	Sarı kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri	108
Şekil 4.26.	Sarı kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri	108
Şekil 4.27.	Mavi kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri	110
Şekil 4.28.	Mavi kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri	110
Şekil 4.29.	Yeşil kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri	112
Şekil 4.30.	Yeşil kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri	112
Şekil 4.31.	Kahverengi kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri	114
Şekil 4.32.	Kahverengi kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri ...	114
Şekil 4.33.	Siyah renge sahip olan organik, kızilötesi yansıtıcı ve demir oksit pigmentlerin 10 g/kg konsantrasyon değeri için yansıtma eğrileri ..	117
Şekil 4.34.	Sarı renge sahip olan organik, kızilötesi yansıtıcı ve demir oksit pigmentlerin 10 g/kg konsantrasyon değeri için yansıtma eğrileri ..	119
Şekil 4.35.	Mavi renge sahip olan organik, kızilötesi yansıtıcı ve demir oksit pigmentlerin 10 g/kg konsantrasyon değeri için yansıtma eğrileri ..	121
Şekil 4.36.	Yeşil renge sahip olan organik, kızilötesi yansıtıcı ve demir oksit pigmentlerin 10 g/kg konsantrasyon değeri için yansıtma eğrileri ..	123
Şekil 4.37.	Kahverengi renge sahip olan organik, kızilötesi yansıtıcı ve demir oksit pigmentlerin 10 g/kg konsantrasyon değeri için yansıtma eğrileri	125

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1.	Kaplama kimyasalları, özellikleri ve kullanım alanları	9
Çizelge 2.2.	Kaplamada kullanılan teknikler	11
Çizelge 2.3.	Yaygın kullanılan demir oksit çeşitleri	23
Çizelge 2.4.	Demir oksit pigmentlerinin üretimi için reaksiyon denklemleri	26
Çizelge 2.5.	Bazı karışım metal oksit pigmentlerin genel özellikleri	28
Çizelge 3.1.	Kaplama zemin kumaşının fiziksel özellikleri	62
Çizelge 3.2.	Temin edilen ürünler ve Color Index numaraları	63
Çizelge 3.3.	Kullanılan kaplama kimyasalları ve özellikleri	64
Çizelge 3.4.	Stok patı reçetesi	65
Çizelge 3.5.	Kaplama patı reçetesi	67
Çizelge 3.6.	Spektrofotometre ölçümleri için hazırlanan hesaplama programından elde edilen veriler	73
Çizelge 4.1.	Değişen organik pigment konsantrasyonlarına göre aktarılan madde miktarları	76
Çizelge 4.2.	Değişen demir oksit pigment konsantrasyonlarına göre aktarılan madde miktarları	77
Çizelge 4.3.	Değişen kıvılcığı yansıtıcı pigment konsantrasyonlarına göre aktarılan madde miktarları	78
Çizelge 4.4.	Pigmentlerin renklere ve konsantrasyona bağlı olarak hesaplanan kalınlık değerleri	79
Çizelge 4.5.	Pigmentlerin renklere ve konsantrasyona bağlı olarak hesaplanan gramaj değerleri	80
Çizelge 4.6.	Pasta formundaki karbon siyahı ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları	82
Çizelge 4.7.	Sarı organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları	84
Çizelge 4.8.	Mavi organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları	87
Çizelge 4.9.	Yeşil organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları	89
Çizelge 4.10.	Kahverengi organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları	91
Çizelge 4.11.	Siyah pasta demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları	93
Çizelge 4.12.	Siyah demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları	96
Çizelge 4.13.	Sarı demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları	98
Çizelge 4.14.	Mavi demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları	100
Çizelge 4.15.	Yeşil demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları	102
Çizelge 4.16.	Kahverengi demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları	104

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.17. Siyah kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları	106
Çizelge 4.18. Sarı kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları	109
Çizelge 4.19. Mavi kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları	111
Çizelge 4.20. Yeşil kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları	113
Çizelge 4.21. Kahverengi kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları	115
Çizelge 4.22. Pigmentlerin renklere ve konsantrasyona bağlı olarak hesaplanan kızilötesi bölgedeki (800-2500nm) yansıtma % değerleri	116
Çizelge 4.23. Siyah renge sahip olan organik, kızilötesi yansıtıcı ve demir oksit pigmentlerin 10 g/kg konsantrasyon değeri için spektrofotometrik ölçüm sonuçları	118
Çizelge 4.24. Sarı renge sahip olan organik, kızilötesi yansıtıcı ve demir oksit pigmentlerin 10 g/kg konsantrasyon değeri için spektrofotometrik ölçüm sonuçları	119
Çizelge 4.25. Mavi renge sahip olan organik, kızilötesi yansıtıcı ve demir oksit pigmentlerin 10 g/kg konsantrasyon değeri için spektrofotometrik ölçüm sonuçları	121
Çizelge 4.26. Yeşil renge sahip olan organik, kızilötesi yansıtıcı ve demir oksit pigmentlerin 10 g/kg konsantrasyon değeri için spektrofotometrik ölçüm sonuçları	123
Çizelge 4.27. Kahverengi renge sahip olan organik, kızilötesi yansıtıcı ve demir oksit pigmentlerin 10 g/kg konsantrasyon değeri için spektrofotometrik ölçüm sonuçları	125

1. GİRİŞ

Binalar, enerji tüketimi yüksek, ömürleri uzun ve geniş ürün ve hizmet yelpazesine sahip yapılardır. Bu sebeple enerji verimliliği ve iklim değişikliği ile ilgili programlarda binalar öncelikli çalışma alanı olarak yer almaktadır (Keskin 2010). Binalardaki istenmeyen ısı kazanımı ve ısı kayıpları enerji etkinliğini doğrudan etkileyen iki önemli konudur. Binalarda istenen termal konfor şartlarını sağlamak için ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma amacı ile enerjinin önemli bir kısmı tüketilir (Maleki 2011).

Binalardaki enerji kayıpları bilinen ısı transfer mekanizmaları olan kondüksiyon (iletim), konveksiyon (taşınım), radyasyon (ışınım) yoluyla meydana gelmektedir. Ayrıca, kaçaklardan dolayı pencerelerden meydana gelen dördüncü bir kayıp şekli de infiltrasyon kayıplarıdır. Ancak iyi yalıtılmış pencerelerde infiltrasyon kayıpları son derece düşüktür (Zou 2009). Pencerelerden meydana gelen enerji (ısı) kayıplarında bunlardan en etkili olanı ışıma yoluyla meydana gelen ısı transferidir. Özellikle yaz aylarında dış ortamdan içeriye doğru meydana gelen ısı kazanımı büyük oranda pencerelerden içeri giren güneş ışınları nedeniyle olmaktadır. (Ayçam ve Utkutuğ 1999). Bu bakımdan enerji tasarrufu açısından yaz aylarında pencerelerde kullanılan perdelik kumaşların güneş ışınlarını yansıtma özelliği önem taşımaktadır.

Güneş, geniş bir elektromanyetik radyasyon spektrumu yayar ve bunun önemli bir kısmı iç ortamın iklimi üzerinde etkilidir. Solar radyasyon olarak da bilinen bu spektrum dünya yüzeyine ulaşan kısmı 295-2500 nm'lik geniş bir alanı kapsar (Fang ve ark. 2013). Bu spektrumun başlıca termal etkisi olan kısmı, 700 ile 2500 nm dalga boyları arasında yer alan ve yakın kızılötesi (NIR; Near Infra-Red) ışınlar olarak da bilinen görülemeyen ışıklardan oluşur. Güneş ışığının görünür kısmı (400-700 nm) aynı zamanda radyan enerjidir ve absorblanarak ısıya dönüştürülebilir. 325 nm'nin altındaki görülemeyen kısa dalga boylu UV bölgesi (UV B ışınları), pencere camı tarafından neredeyse tamamen filtrelenir. Solar radyasyon pencere camına temas ettiğinde, geliş açısına göre kısmen yansıtılır, küçük bir kısmı cam tarafından absorbe edilir ve termal radyasyon olarak çevreye yayılır. Kalan radyasyonun bundan sonraki davranışı, camın arkasında ne bulunduğuyla bağlı olacaktır. Pencere tipi, pencere kasası ve Güneş'ten korumaya yönelik materyallerle birlikte kullanımı pencerenin termal davranışı üzerinde doğrudan etkilidir (Huber 2007).

Toplam güneş ışıması, yaklaşık olarak %3 ultraviyole (UV), %44 görünür ve %53 kızılötesi (IR) ışımadan meydana gelmektedir. UV dalga boyundaki enerjinin önemli bir miktarı atmosfer tarafından absorblanır. Buna ek olarak, atmosfer mavi bölgedeki görünür dalga boyunun büyük bir miktarını absorblamakta ya da saçmaktadır ki, bu da gökyüzünün neden mavi renkte görüldüğünü açıklamaktadır. Bununla birlikte, kızılötesi dalga boylarındaki enerjinin çoğu Dünya yüzeyine ulaşır ve kızılötesi dalga boylarında ısı üretilir. Yakın kızılötesi dalga boyları Güneş'in ürettiği ısı enerjisinin çoğunu içermektedir. Gün içerisinde Dünya'da, Güneş'in radyasyonunu absorbe eden ve geceleri uzaya yayan normal bir günlük süreç vardır. Dünya atmosferine ulaşan güneş radyasyonunun yaklaşık %23'ü atmosfer tarafından absorbe edilir, %31'i uzaya geri yansıtılır ve geriye kalan %46'sı ise Dünya'nın yüzeyi tarafından absorbe edilir. Dünya yüzeyinin absorbladığı bu %46'lık enerji, uzun dalga ışıması (kızılötesi ışık), gizli ısı transferi ve hissedilir ısı transferi vasıtasıyla tekrardan uzaya gönderilir (McCormick 2015).

Pigmentasyon teknolojisindeki son gelişmeler ile fonksiyonel kaplamalarda yüksek kızılötesi yansıtma özelliği elde edilebilmektedir. Fonksiyonel kızılötesi yansıtıcı kaplama sistemleri ile ısı artışı miktarları önemli oranda azaltılabilir ve buna bağlı olarak soğutma (klima) giderlerinden tasarruf sağlanabilmektedir (Synnefa ve ark. 2005).

Çatı kaplamaları haricinde pencere filmlerinde de kullanılan 'yakın kızılötesi (NIR) yansıtıcı pigmentler' kızılötesi bölgedeki dalga boylarını yansıtma özelliğine sahiptirler. Görünür ışığın geçmesine izin verirken infrared ışığı yüksek oranda yansıtırlar. NIR reflektif pigmentlerin inorganik sınıfı çoğunlukla metal oksitlerden oluşmaktadır. Yüksek termal stabiliteleri ve hava şartlarına karşı dayanımları nedeni ile çatı ve bina kaplamalarında artan bir kullanıma sahiptirler (Fang ve ark. 2013). Kızılötesi yansıtma özelliği taşıyan filmler, camın iç yüzeyine uygulandığında görünür bölgede yer alan dalga boylarını geçiren, kızılötesi bölgede yer alan dalga boylarını ise yansıtan bir yapıya sahiptir. Bu filmler, çift tabakalı cama kıyasla %36 ısı korunumunda artış, %30 ise performans artış sağlamaktadır (Ayçam ve Utkutuğ 1999).

Yazın binalardaki aşırı ısı artışlarının kışın ise enerji kayıplarının gerçekleştiği kritik noktalardan biri pencerelerdir. Kış mevsiminde pencerelerden gerçekleşen ısı kaybını, yaz mevsiminde ise soğutma için yapılan harcamaları azaltmaya yönelik stor perde

uygulamaları mevcuttur. Bu perdeler yaz mevsiminde, Güneş ışığını yansıtarak odadaki istenmeyen ısı artışını önler. Bunların zararlı UV ışınlarını %92 oranına kadar engelleyebildiği, solar ısı kazanımını %68 oranında azalttığı iddia edilmektedir. Kış mevsiminde ise bu tür yansıtıcı perdelerin yazın dışa bakan yüzü kışın içeriye bakacak şekilde yerleştirilmesiyle, Güneş ışığını absorblayarak bunu içeriye radyan ısı olarak geri verdiği ve bu yolla gece saatlerinde ısı kaybını ve soğuk hava sızıntısını %71 oranında azalttığı belirtilmektedir (Anonim 2012).

Bu çalışmada, farklı renklere sahip organik pigmentlerin, demir oksit pigmentlerin ve kıvılcıksız yansıtıcı özel pigmentlerin güneş ışınlarını yansıtma (solar reflektans), absorblama ve geçirme (transmitans) özelliklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmanın öncelikli hedefi, kaplamalı stor perdelik kumaş yapıları olmakla beraber; tekstil bazlı kaplanmış malzemelerin kullanıldığı çadır, branda, tente, hafif çatı malzemeleri gibi güneş ışınlarına karşı korumanın/enerji tasarrufunun önemli olduğu farklı alanları da kapsamaktadır.

Bu amaçla, %100 poliester kumaşlar üzerine silindir üzerinde rakleli kaplama tekniğiyle akrilik bazlı kaplamalar yapılarak elde edilen yapıların solar ışığa karşısındaki davranışları incelenmiştir. Deneysel çalışmalar, her üç pigment grubundan beş renk (siyah, sarı, mavi, yeşil ve kahverengi) ve beş konsantrasyon (1, 5, 10, 20 ve 30 g/kg) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kıvılcıksız yansıtma özelliğinin değerlendirilebilmesi için EN 14500:2008 standardına göre çalışan UV-VIS-NIR spektrofotometrede ölçümler yapılmıştır ve elde edilen sonuçlar EN 410 standardına göre hesaplanmıştır. Test programı aracılığıyla oluşturulan her numunedeki UV bölgedeki geçirgenlik değeri, görünür ışıktaki geçirgenlik ve yansıtma değerleri ile solar absorbans, solar geçirgenlik ve solar yansıtma değerleri elde edilmiştir. Ayrıca, kıvılcıksız bölgedeki davranışların incelenmesi içinde 800-2500 nm aralığında hesaplama yapan özel bir program aracılığıyla buradaki yansıtma değerleri de tespit edilerek farklı pigment yapılarının solar yansıtma davranışları karşılaştırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Tekstil Kaplamacılığı

Kaplama ve laminasyon işlemleri sanayide çok geniş bir kullanım alanına sahip olup, metal, ahşap, cam, kâğıt, polimerik yüzeyler vb. çok çeşitli yüzeylere kaplama ve laminasyon yapılmaktadır. Tekstilde kaplama ve laminasyon işlemleri, tekstil ürünlerine fonksiyonellik katmasının yanında birçok önemli fiziksel ve estetik özellik kazandırarak kompozit sistemler tasarlanmasını sağlayan oldukça önemli teknolojilerdir (Shim 2010).

Kaplamalı kumaş, dokuma, nonwoven veya örme yüzeye sahip bir zemin kumaşının bir yüzüne veya her iki yüzüne uygun kimyasal maddenin çeşitli yöntemler kullanılarak aktarılmasıyla elde edilir. Amaç, zemin kumaşı üzerine uygulanan polimer ile malzemenin fiziksel ve karakteristik özelliklerinin değiştirilmesidir (Asker ve ark. 2011).

Kaplamalı kumaşların ilk örnekleri bazı ağaç tiplerinin gövdelerindeki doğal kauçuk-lateks çıkartılarak Orta ve Güney Amerika'da üretilmiştir. Bu süt benzeri sıvı kumaşların üzerine iyice yayılır sonra güneşe bırakılırdı, bu sayede lateks pıhtılaşarak kumaşın üzerinde su geçirmez, esnek bir kaplama oluştururdu. Bu kumaşlar çantalar, örtüler ve konteynerlerin yapımında kullanılırdı. 16. yüzyılda Amerika'nın keşfinden sonra bu bilgi Avrupa'da yayılmaya başladı, 18. yüzyılın sonlarına doğru ise bir kauçuk endüstrisi kurulacaktı. Su geçirmez kumaşlar üretmek için doğal kauçuğu petrol içerisinde eriterek yapışkan bir solüsyon hazırlama tekniğinin patenti, bu tekniği icat eden cerrah James Syme olmasına rağmen 1823 yılında Charles MacIntosh tarafından alındı, patent numarası 4804' idi. MacIntosh, Glasgow'daki aile tekstil fabrikasında su geçirmez kumaşlar üretmeye başladı. Daha sonra şirket 1819 yılından beri kauçuk kaplama kumaşlar üzerine denemeler yapan Manchester'daki Thomas Hancock giyim şirketiyle birleşti. İlk kumaşların sertlik, koku, sıcak hava karşısında erime eğilimi gibi sorunları Hancock'un 1843'te patentini aldığı kauçuk vulkanizasyon tekniği sayesinde çözüldü. Şirket 1925 yılında Dunlop Rubber tarafından devralana kadar faaliyetine devam etti. O zamandan beri birçok farklı bileşik kaplamalı kumaşlar üretmek için kullanıldı, özellikle polimer teknolojisindeki ilerleme kaplama için kullanılabilir materyallerin sayısını çok arttırmıştır (Conway 2016).

Teknik tekstiller, fonksiyonel özelliklere ve yüksek performansa sahip bir ürün grubudur. Aynı zamanda bu ürün grubunun katma değeri de yüksektir. Fonksiyonel özellikleri teknik tekstil kumaşlarına kazandırmak ve bu kumaşların kullanım alanlarını arttırmak amacıyla kaplama ve laminasyon teknikleri kullanılmaktadır. Bu tekniklerden biriyle üretilen kumaşların özellikleri, kullanılan zemin kumaşına, kaplama maddesine ve üretim tekniğine göre çeşitlilik gösterebilmektedir (Bulut ve Sülar 2008).

Ülkemizde 2014 yılında teknik tekstil ürün grubunun 1,5 milyar dolar ithalatı, 1,6 milyar dolar ise ihracatı yapılmıştır. Teknik tekstillerin genel ithalat ve ihracat oranlarına baktığımızda ise genel ithalatın %0,6'sını, genel ihracatın ise %1'ini oluşturmaktadır. Ülkemizde teknik tekstil ihracatında en fazla ihracat yapılan ürün grubu %23,6 ile yüksek mukavemetli torba ve çuvallar oluşturmaktadır. Sonrasında ise %22,2 ile nonwoven grubu gelmektedir. Üçüncü sırada ise %9,7 ile kord bezi yer almaktadır. Teknik tekstil ihracatının ülkemizde %55,5'ini bu üç ürün grubu oluşturmaktadır (Güner 2015).

2011-2018 yılları arasında kaplamalı kumaşların hacmini ve elde edilen geliri inceleyen bir raporda en büyük payı %34 ile taşıma (otomotiv-transport), %16 ile koruyucu giysiler ve %12 ile endüstriyel teknik tekstiller almıştır. Kaplamalı kumaşlar, polimer kaplı, kauçuk kaplı ve diğerleri olarak sınıflandırıldığında; polimer kaplı yapıların, tekstil ve makine gibi farklı alanlarda kullanıldığından 2020 yılına kadar pazarın %87'sine karşılık geleceği tahmin edilmektedir (Anonim 2015).

Günümüzde teknik tekstil alanının büyük bir kısmı kaplamalı kumaş yapılarından meydana gelmektedir. Kaplamalı kumaş yapıları, konvansiyonel ürünlerin rekabetinin düştüğü bu dönemlerde sektör için çıkış yollarından birisidir (Asker ve ark. 2011).

2.1.1. Kaplamada kullanılan malzemeler

Kaplama, uygun kimyasalların toz, pasta veya köpük formunda kumaşa aktarılarak konvansiyonel tekstil prosesleri ile kazandırılmayan özel efektlerin ve yüksek performansların elde edilmesinde kullanılan işlemdir (Kut ve Güneşoğlu 2005).

Kaplanmış bir kumaşın özellikleri; kullanılan polimerin cinsine ve formülasyonuna, tekstil malzemesinin yapısına ve kullanılan kaplama yöntemine bağlıdır. Bu nedenle

tekstil kaplamacılığı; polimer bilimi, tekstil teknolojisi ve kimya mühendisliği alanlarında bilgi birikimi gerektiren disiplinler arası bir konudur (Sen 2008).

2.1.1.1. Kaplamada kullanılan zemin kumaşı

Zemin kumaşının bir veya her iki yüzeyine uygun kimyasal maddeyi aktararak kaplamalı kumaş yapıları elde edilmektedir. Kaplamalı kumaş yapılarında zeminde kullanılan tekstil malzemesinin ana görevi taşıma olduğundan dolayı diğer kumaşlara göre daha düşük bir önem taşımaktadır. Ancak bazı ürünlerde, arka kısım kaplamalı yapıyı oluştururken boyanmış/basılmış olan görünen yüzü tekstil materyali oluşturmaktadır. Böyle durumlarda kumaş konstrüksiyonunun önemi daha fazla ortaya çıkmaktadır (Bulut 2010).

Kaplanmış bir kumaş, zemin kumaşı ile bunun üzerine kaplanmış olan polimerin özelliklerini bir araya getirir. Böylece elde edilen son ürün, her iki bileşenin de tek başına sağlayamayacağı birçok özelliğe sahip olur ve bu nedenle hem zemin kumaşının hem de kaplama polimerinin seçiminde dikkatli olunmalıdır. Zemin kumaşı, kompozit materyale mekanik dayanım sağlar ve uygulanacak kaplama katmanı için destek görevi görür. Bu nedenle kaliteli bir kaplama için kaliteli zemin kumaşları gerekir (Fung 2002).

Başarılı bir kaplama işlemi yapılabilmesi için zemin kumaşının sahip olması gereken bazı özellikler vardır. Bunlar:

- Boyutsal stabilitesinin iyi olması; daha sonraki işlemler sırasında çekmemesi
- Lif uçları, düğüm vb. açısından temiz ve düzgün yüzeyli olması
- Haşıl, yağ, kir vb. safsızlıklar içermemesi
- Kaplamanın türüne göre uygun hidrofilitede veya hidrofoblukta olması
- Genellikle sıkı bir yapıda olması
- Kaplama sırasında maruz kalacağı sıcaklık, kimyasal vb. etkilere karşı dayanıklı olması
- Kaplama maddesine karşı yeterli adhezyon ve uygun penetrasyon özelliği göstermesi

Kaplama işlemi öncesinde yukarıdaki bazı özellikleri sağlamak amacıyla kumaşlara uygulanan çeşitli işlemler şunlardır:

- Haşıl, yağ, vaks, kir vb. safsızlıkların uzaklaştırılması için; yıkama, haşıl sökme, hidrofilleştirme
- Şeffaf kaplamalar için ağartma-optik beyazlatma, boyama, baskı
- Yakma, fırça-makas, kalandırlama ile sıkıştırma
- Rejenere selülozlarda su iticilik bitim işlemi ile yaş mukavemetin artırılması
- Boyut stabilitesi için termofiksaj vb. ile en, gramaj ve çekmezlik değerlerinin ayarlanması (Kanık ve Manasoğlu 2015)

Poliester lifi yüksek aşınma dayanımına ve yüksek rezilyansa sahip olması, kolayca şekil alabilmesi, güve ve böceklerle karşı dayanımı, asit, bazlara ve organik çözücülere karşı yüksek direnç göstermesi, güneş ışığına yüksek dayanım göstermesi özelliklerinden dolayı tekstil endüstrisinde ve sanayide geniş kullanım alanı bulmuştur. Olumsuz özellikleri ise düşük nem absorbe etmesi, elastikiyetinin sınırlı olması, statik elektriklenme ve pilling oluşumu olarak gösterilebilir (Aydemir 2013).

Poliester ve naylon mukavemetleri, neme, yağa, mikroorganizmalara ve yaygın birçok kimyasala karşı dayanımlarından dolayı zemin kumaşında kullanılan temel liflerdir. Genel olarak poliester ışığa ve UV bozunmasına karşı naylondan daha dayanıklı olmakla birlikte naylonun hidrolize dayanımı daha yüksektir. Poliester liflerinin çok düzgün bir yüzeye sahip olması kaplamada bağlanma zorluklarına neden olabilmektedir. Ancak poliester, naylona göre daha iyi olan boyutsal stabilite, büzülme direnci, düşük uzama özellikleri ve genellikle düşük maliyeti nedeniyle tercih sebebidir. Polipropilen oldukça ekonomik olmakla birlikte poliesterde olduğu gibi bunda da dayanıklı kaplama eldesi zordur ve ısıya karşı hassastır (Heller ve Pringle 2001).

Tente, araba örtüsü gibi yüksek UV dayanımı gerektiren uygulamalarda akrilik lifleri kullanılır. Pamuk, tekstil kaplamacılığında kullanılan ilk kumaş olmakla birlikte günümüzde de geniş miktarlarda kullanımı söz konusudur. Ancak yüksek mukavemetin gerektiği yerlerde yerini poliester ve naylona bırakır. Pamuk, çürüme ve mikrobik saldırıya karşı daha hassas olsa da mükemmel kaplama adhezyonu gibi bazı özellikler ile sentetik liflerden üstündür. Pamuğun daha pürüzlü olan yüzeyi ve kısa lif boyu, polimerin mekanik olarak bağlanması için daha çok imkân sağlar (Bulut ve Sülar 2008).

Takviyelendirme gereken uygulamalarda ve konveyör bantlarda kullanılan cam lifi, yüksek sıcaklıklara dayanıklı, kimyasal olarak inert ve yüksek kopma mukavemeti değerine sahip olmakla birlikte eğme etkisi ile kolaylıkla kırılır. Kevlar ve karbon gibi yüksek mukavemetli bazı lifler ise endüstride daha özel uygulamalar için kullanılmaktadır (Heller ve Pringle 2001).

2.1.1.2. Kaplamada kullanılan polimerler

Polimerler, uzun zincir yapılarına ve büyük molekül ağırlığına sahip bileşiklerdir. Kolay şekil alabilir olmaları, üretim maliyetlerinin düşük olması ve amaca uygun üretilbilmeleri nedeniyle her sektörde kullanımları yaygınlaşmıştır. Bu malzemeleri termoplastikler ve termosetler olarak iki grupta incelemek mümkündür. Termoplastik malzemeler ısıtıldığında tekrar tekrar yumuşayan ve şekil verilebilen bir özelliğe sahiptirler. Aynı zamanda yüksek sertlik ve çarpma dayanımı da gösterirler. Termoset malzemeler ise sadece polimerleşme sırasında şekillendirilebilir daha sonrasında sertleşip kırılabilir bir yapıya sahip olur (Bulut 2010).

Teknik tekstillerin üretiminde kullanılan kaplamalar büyük ölçüde, alt tabakanın yüzeyine kaplanabilen, viskoz sıvı formunda üretilen ürünlerle sınırlandırılmıştır. Kaplama işlemini kaplamayı sertleştiren kurutma veya sertleştirme işlemleri izler. Kaplamada kullanılan polimerler eriyik veya çözelti olarak kaplanabilen ve çözgenin buharlaştırılmasıyla veya soğutmayla katı bir film oluşturan maddelerdir. Teknik tekstillerde kullanılan kaplamaların hepsi uzun zincirli yapıya sahip termoplastik polimerlerdir ve bu polimerlerin bazılarının çapraz bağlanma yetenekleri bulunmaktadır. Bu polimerik maddelerin özellikleri doğrudan son ürünün dayanıklılığını ve performansını etkilemektedir (Manasoğlu 2014).

Çizelge 2.1. Kaplama kimyasalları, özellikleri ve kullanım alanları (Bulut ve Sülar 2008)

Polimer Madde	Avantaj / Dezavantaj	Kullanım Alanları
PVC	Yüksek elastikiyet ve aşınma dayanımı, yağ ve çözücü direnci yüksek, güç tutuşur/düşük ısı performansı, soğukta çatlama	Tente, çadır bezi, koruyucu ve askeri giysi, mobilya döşemeleri, mimari ve inşaat tekstilleri
PU	Yüksek uzama değeri, hava şartlarına, yırtılmaya ve aşınmaya dayanıklı, yağ itici/ güneş ışığı altında sararma eğilimi	Giysi, ayakkabı ve el çantaları, düşük gramajlı naylon ceket, su geçirmez ve nefes alabilir giysiler, can yelekleri, spor çantalar, tente yapımı ve deri vernikleme
Doğal kauçuk	İlave maddeler ile birlikte yüksek hızda karıştırılıp tekstil yüzeyinde yayılabilme, kırılmaya ve aşınmaya dayanıklı ve yüksek elastikiyet gösteren film oluşturabilme/Gün ışığı ve oksidasyon dayanımı düşük, yanıcı ve yağ itici özelliği zayıf.	Halı arkası malzemesi, oto lastiği, taşıyıcı bant ve koruyucu giysilerde
SBR	Yüksek aşınma dayanımı, oksidasyon ve mikroorganizmalar dayanımı yüksek, havadan etkilenmez/yırtılma direnci düşük ve ısı dayanım aralığı dar	Halı arkası malzemesi, oto lastiği, taşıyıcı bant ve koruyucu giysilerde
Nitril kauçuk	Isı ve gün ışığına dayanımı yüksek, iyi bir yağ itici, iyi kopma ve aşınma dayanımı	Fueloil tankları ve hortumlar, yağlı bölgelerde kullanılan kayışlar, yağ itici kıyafetler ve taşıyıcı bantlar
Bütül kauçuk	Oksidasyona, kimyasallara ve ısıya dayanımı (-50-125 °C yüksek, gaz geçirmezliği yüksek, güç tutuşurluğu düşük	Asit ve kimyasallara karşı koruyucu giysiler, düşük gramajlı can yelekleri, şişme botlar ve pnömatik yaylar
Neopren	Kimyasallara, oksidasyona ve yağa dayanımı yüksek, yüksek çekme mukavemeti, güç tutuşurluğu iyi, renklendirilmesi zor, ısı dayanımı düşük ve sıcaklık üst limiti 120 °C	Hava yastıklarında, can yeleklerinde, koruyucu giysilerde, uçak iç döşemeleri
Hypalon	Kimyasallara, oksidasyona ve yağa dayanımı yüksek, yüksek ısıya dayanıklı ve düşük ısı dayanımı az, renklendirme olanağı,	Koruyucu giysilerde, hava yastığı, can yeleği, uçak iç döşemeleri
Silikon	Mikroorganizmalara, kimyasallara ve oksidasyona dayanıklı, kokusuz nefes alma özelliği kazandırma, gaz geçirgenliği yüksek, yüksek yırtılma ve patlama dayanımı/ bağlanması, baskı ve renklendirmesi zor, pahalı	Hava yastığı, paraşüt, gıda ve sağlık sektörü
PTFE	İyi yağ ve su itici özellik, ısı, kimyasal ve çözümlere dayanıklı, ısı dayanımı yüksek/yüksek maliyet.	Gıda ve sağlık sektörü, mimari ve inşaat uygulamaları
PVDC	Güç tutuşur, düşük gaz geçirgenliği, parlak, sert, kırılğan ve pahalı.	Koruyucu giysilerde ateşe dayanıklılık gereken yerlerde

EVA	Tüm liflere adhezyonu, düşük sıcaklıklarda bile yüksek esneme kabiliyeti/yıkamaya karşı direnci düşük, solma eğilimi	Halı arkası malzemesi, duvar kaplamaları
Akrilik	UV ışınlarına direnci yüksek, güç tutuşurluğu düşük	Oto döşemeleri, tente ve yapışkan madde yapımı
Floroelastomer	Hava şartlarına, kimyasallara, çözücülere ve ısıya dayanımı yüksektir	Özel koruyucu giysi, çanta, valiz
Poliolefin	Asit, alkali ve diğer kimyasallara yüksek dayanım, gramajı ve maliyeti düşük, çevreye zararsız, erime sıcaklığı düşük, güç tutuşurluk özelliği zayıf, çabuk eskime eğilimi	Spor ve sırt çantası, tente yapımı

2.1.2. Kaplama yöntemleri

Kaplama teknikleri malzemelere ve son üründen beklenen özelliklere bağlı olarak değişiklik gösterse de hepsinin sonucunda beklenen, istenen kalınlıkta ve substrat yüzeyine istenen ölçüde adhezyonu olan, homojen ve stabil bir kaplamadır. Kaplama tekniklerinin çoğu üç temel işlemi içerir. Bunlar; aktarılabacak kaplama maddesinin ölçümü, kumaşa transferi ve son olarak da fiksajıdır (Shim 2010).

Kaplama patı, kumaş yüzeyinde yayılmaya imkân sağlayacak viskozitede olmalıdır. Çok yüksek viskoziteler kaplama patının yayılmasını zorlaştıracak, düşük viskoziteler ise arkaya geçişleri arttıracaktır. Yüzey, kaplama işlemi sonrası pürüzsüz olmalıdır. Kumaş, kaplama işlemi öncesinde açık en ve gerilim kontrollü olacak şekilde beslenmelidir. İşlem tamamlandığında ise içerikte bulunan çözücülerin buharlaştırılarak uzaklaştırılması için kurutma işlemine sokulmaktadır (Bulut 2010).

Kaplama tekniği belirlenirken, kaplama yapılacak kumaşın özellikleri, kumaşın konstrüksiyonu, kaplama maddesinin hangi formda uygulandığı, çalışılan viskozite aralığı, kaplamanın hassaslık derecesi ve yapışma gücü, müşterinin kalite kriterleri ve işlemin ekonomikliği dikkat edilecek başlıca konulardır (Sen 2008). Çizelge 2.2’de kaplamada kullanılan teknikler sınıflandırılarak verilmiştir.

Çizelge 2.2. Kaplamada kullanılan teknikler (Bulut ve Sular 2008)

Kaplama maddesinin sıvı olduğu kaplama metodları	Kaplama maddesinin sonradan dozajlandığı metodlar	Bıçaklı (rakleli) kaplama	Bilinen en eski yöntemlerden biridir. Kaplama maddesi kumaşa direkt olarak aktarılarak sabit bir rakle ile üniform bir şekilde sürülmektedir. Genellikle düzgün, üniform dokuma kumaşlara uygulanmaktadır.
		Tek sarırlı rulo ile kaplama	Düşük viskozitede ve düşük gramajda kaplamalarda tercih edilir.
	Kaplama maddesinin önceden dozajlandığı metodlar	Silindir kaplama	Düşük viskoziteli kaplamalarda tercih edilir.
		Döner şablon ile kaplama	Rotasyon baskı prosesine benzemektedir.
		Püskürtme ile kaplama	Bu metotta kaplama maddesi, taşıyıcı silindirler ile yönlendirilen kumaşa püskürtücü jetler tarafından aktarılmaktadır. Düşük viskoziteli, su bazlı ve çok ince kaplamalar için uygundur.
Kaplama maddesinin katı olduğu kaplama metodları	Sıcak eriyik ile kaplama	Ekstrüzyon ile kaplama	Termoplastik polimer, ekstrüder vasıtası ile kaplama için uygun sıcaklıkta eriyik hale getirilir, silindirler arasında sıkışmış halde bulunan kumaş ile birbirine yapıştırılarak soğutma silindiri ile sabitlenmektedir.
		Pudralı kaplama	Toz halde bulunan polimer madde kumaş üzerine serpilir ve radyasyon ısıtıcılı sistemde termoplastik madde eritilmektedir. Polietilen, naylon, EVA gibi kaplama maddeleri kullanılır.
	Kalandır ile kaplama	Isıtılmış silindirler arasından geçerek akışkan hale gelen katı haldeki kaplama maddesinin kumaşa aktarımı dönen silindirler ile sağlanmaktadır.	
	Transfer kaplama	Bu kaplama yönteminde daha önceden hazırlanmış kesintisiz kaplama tabakası ısıyla ya da yapıştırıcıyla kumaşa aktarılır. Bu yöntemin avantajı, kaplama filmi gözeneksiz ve hatasız bir şekilde hazırlanabilmesi, daha yumuşak bir tutum sağlayabilmesidir. Dokusuz yüzeyler, örme, likralı ve hassas kumaşlar sorunsuz bir şekilde kaplanabilmektedir.	
Modern kaplama yöntemleri	Sol-jel ile kaplama	Çözelti formundan yola çıkılarak farklı uygulama alanlarına yönelik olarak seramik, cam ve kompozit malzemeler üretim tekniğine verilen genel isimdir. Sol-jel kaplama ile aşınma dayanımı, su, yağ ve kir iticilik, güç tutuşurluk, boyama, UV koruma, antimikrobiyel, elektrik iletkenliği, kokuların kontrollü salınımı sağlanabilmektedir.	

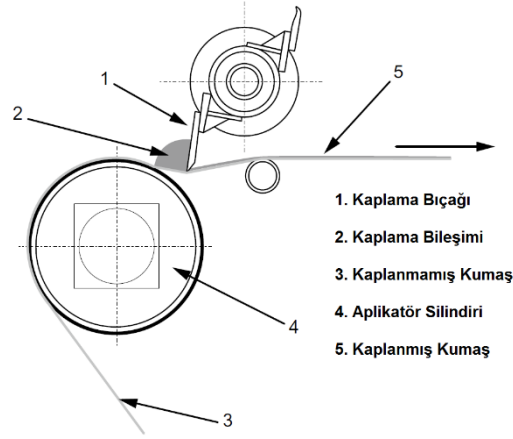
	Plazma ile kaplama	Tekstil materyallerinin yüzeyini modifiye eden bir teknolojidir. Plazma işlemi, tıp, biyotıp, otomobil, elektronik, yarı iletkenler ve tekstil endüstrisi gibi alanlarda kullanılmaktadır. Plazma, çevre dostu ve ekolojik bir teknolojidir. Ayrıca tekstil yüzeyine diğer konvansiyonel yöntemlerle kazandırılmayan özellikler kazandırılabilir. Plazma ile su absorpsiyonu, ıslanma, adhezyon, boyanabilme, su, yağ ve kir iticilik ve kimyasallara dayanım gibi özellikler değiştirilebilmektedir.
--	--------------------	---

2.1.2.1. Rakleli kaplama yöntemleri

Kaplama maddesi kumaş üzerine doğrudan uygulanarak sabit bir rakle (bıçak) yardımıyla muntazam şekilde sürülmektedir. Bu yöntemde kaplama maddesi miktarı sonradan ayarlanır. 4 metre gibi geniş enlerde kaplama yapabilen özel tasarlanmış makineler mevcuttur. Malzemenin yeterli viskozite değerine sahip olması, kaplama kalınlığı, penetrasyon ve kaplamanın arkaya geçip geçmemesi açısından önemli bir faktördür. Kaplama kalınlığını belirleyen en önemli faktör kumaş ile bıçak arasındaki boşluktur (Kanık ve Manasoğlu 2015).

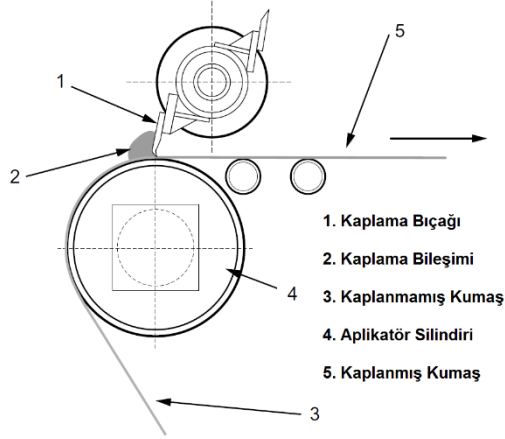
Bıçağın uygulama sırasındaki pozisyonuna bağlı olarak belirlenmiş üç temel düzenleme vardır. Bunlar; havada rakle, silindir üzerinde rakle ve blanket üzerinde rakledir (Sen 2008).

Havada rakle prensibinde bıçak, gerilim altındaki kumaşla direkt temas halindedir. Böylece kaplama maddesi kumaşın içerisine doğru itilir (Sen 2008). Kaplama miktarı, kumaş gerilimi ve bıçağın uyguladığı basınç ile kontrol edilmektedir. Bıçağın profili, kumaş ile yaptığı açı ve kumaşa uyguladığı basıncın derecesi aktarılan kaplama miktarını etkiler (Shim 2010). Bu yöntemin avantajı kumaştaki herhangi bir düzgünlüğün makinenin işleyişini etkilememesidir. Daha çok ince ve düşük gramajlı (7-8 g/m²) sıcak hava balonu ve anorak gibi ürünler için uygundur (Kanık ve Manasoğlu 2015).



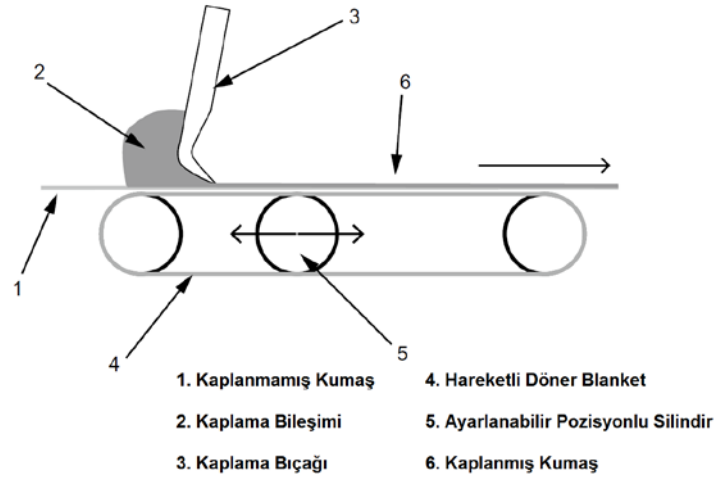
Şekil 2.1. Havada rakle kaplama yöntemi (Conway 2016)

Silindir üzerinde rakle sistemi, kullanım kolaylığı ve hassasiyeti nedeniyle en önemli olan ve en çok kullanılan yöntemdir. Bu teknik ile geniş bir viskozite aralığına sahip (40 000 cPs'e kadar) malzemeler kaplanabilmektedir. Ayrıca solventsiz bir sistem kullanılarak, kumaş üzerinde ağır kaplamalar yapmak da mümkündür. Silindir üzerinde rakleleme metodu, boyutsal olarak stabil olan kumaşlar için daha uygundur. Çünkü kumaştaki herhangi bir hata veya ek yerleri kumaşın rakle altında sıkışarak kırılmasına neden olabilir (Manasoğlu 2014).



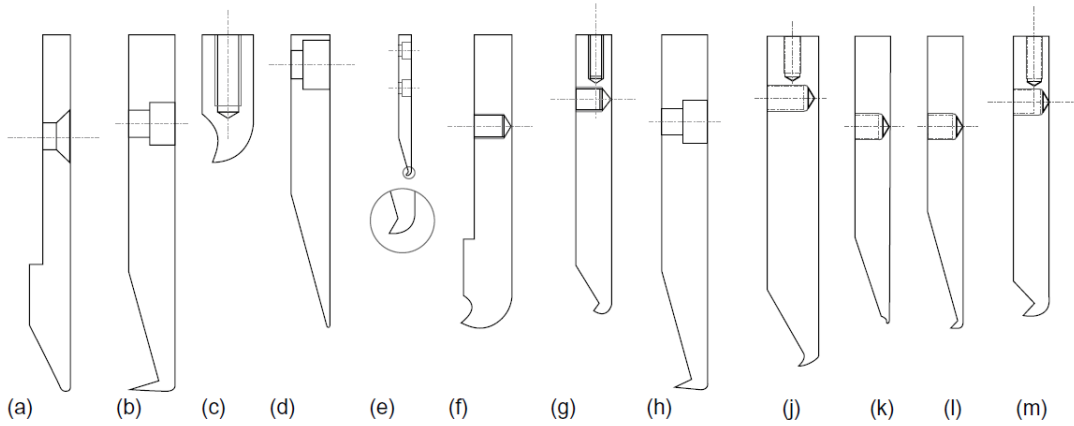
Şekil 2.2. Silindir üzerinde rakle kaplama yöntemi (Conway 2016)

Materyal üzerindeki kaplama maddesinin miktarını doğru dozajlama sorunu, esnek kauçuk blanketin kullanımıyla çözülmüştür. Kaplama miktarı silindirler tarafından ayarlanan blanket gerilimine bağlıdır. Blanket yüzeyinin hasar görmemiş olması ve iç kısmında herhangi bir yabancı madde vb. kalmamış olması gerekir. Aksi takdirde kaplama miktarında düzensizliğe neden olur (Kanık ve Manasoğlu 2015).



Şekil 2.3. Blanket üzerinde rakle kaplama yöntemi (Conway 2016)

Kullanılan bıçakların uç profilleri ve silindir üzerindeki açıları kaplama ağırlığını ve penetrasyonu etkileyen faktörlerdendir. Keskin uçlu rakle, genellikle hafif gramajlı kaplamalar için kullanılır. Uç kısmın genişliği 0,5 ile 4 mm arasında değişmektedir. Pabuç tipi rakle, ön kısım düz veya yuvarlak olabilir. Uç çapı, 2 ile 30 mm arasında değişmektedir (Manasoğlu 2014).



Şekil 2.4. Rakle uç profili örnekleri (Conway 2016)
 Pabuç Tipi Rakle: b, c, e, f, g, h, j, l, m Keskin Uçlu Rakle: a, d, k

2.2. Pigmentler

Pigmentler, küçük tanecik boyutuna sahip, bir çözücü içerisinde çözünmeyen, inorganik veya organik yapıda olan malzemelerdir (MEGEP 2013). Renk, örtücülük, koruyuculuk ve dayanıklılık gibi özellikler pigmentler vasıtasıyla boyaya kazandırılmaktadır. Pigmentler genellikle 1 mikronun altında olan tanecik boyutlarına sahiptir. Pigmentlerin önem kazanmasının en büyük nedeni sahip olduğu renklerdir ve bu sebeple yüzey örtme işlemlerinde çok fazla kullanılmaktadır (MEGEP 2008).

Pigmentlerin tarihçesi 30 bin yıl öncelerine dayanan mağara boyalarının uygulamalarına dayanır. Hematit, kahverengi demir cevheri ve diğer mineraller çeşitli mağara boyalarının yapılarında görülmüştür. M.Ö. 2000 yıllarında çömlekçilikte kullanılmak üzere kırmızı, menekşe, siyah pigmentler doğal Fe_2O_3 veya manganez filizleriyle elde edilen bileşimin yakılması ile elde edilmiştir. Sarı olarak ilk pigmentler Naples (kurşun antimon türü) ve arsenik sülfür sarılarıdır. Mavi olarak ilk pigmentler kobalt alüminyum spineli, Mısır mavisi ve ultramarindir (lapis lazuli). Yeşil olarak ilk pigmentler Malachite ($Cu_2CO_3(OH)_2$) ve bakır hidroklorürdür. Beyaz olarak ilk pigmentler ise kaolinit ve kalsit olarak bilinmektedir.

18. yüzyılda önce Berlin mavisinin (1704) keşfi ardından kobalt mavisi (1777), Şili yeşili ve krom sarısının (1778) keşifleri ile pigment endüstrisi gelişmeye başlamıştır. 19. yüzyılda ise demir oksit, ultramarin, kobalt, Guignet's yeşili ve kadmiyum pigmentleri geliştirilmeye başlanmıştır (MEGEP 2013).

Pigmentler, metal oksitler veya metal oksit içeren hammaddelerin karıştırılması ve 800-1500 °C gibi yüksek sıcaklıklarda ısı işlem görmesi neticesinde elde edilen sentetik minerallerdir. Buradaki esas amaç, tek başına sıcaklığa dayanıksız olan renklendirici iyonları, kendi başına renksiz ve yüksek sıcaklığa dayanıklı kristallerin kristal yapısını oluşturan yapı haline getirerek, çıkılan yüksek sıcaklıklarda kararlı malzemeler elde edebilmektir (Özel, 2004).

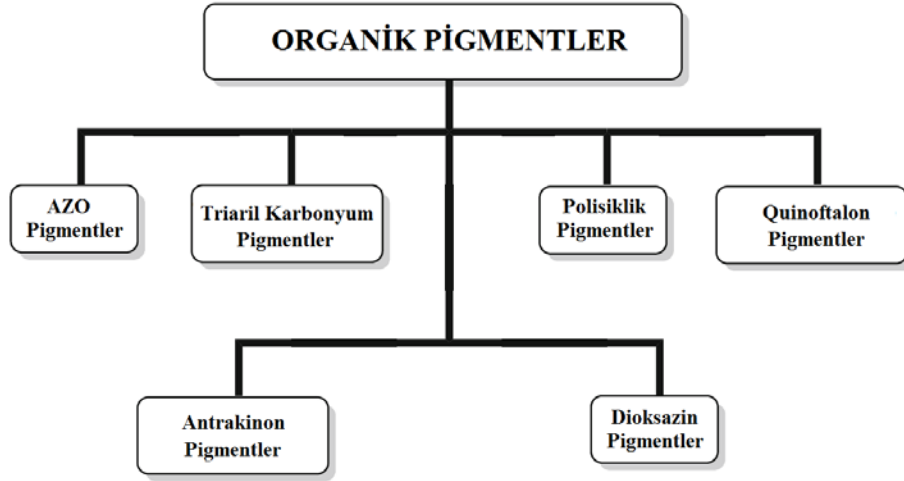
2.2.1. Pigmentlerin sınıflandırılması

Pigmentler, kimyasal yapılarına, özelliklerine, renklerine ve kullanım alanlarına göre pek çok şekilde sınıflandırılabilir. En yaygın sınıflandırma şekli ise kimyasal yapılarına göre olduğundan dolayı burada sadece bu sınıflandırma verilecektir.

2.2.1.1. Organik pigmentler

Organik pigmentlerin moleküler yapıları C-C karbon bağlantılarından meydana gelmektedir. Mineral bileşenlerden oluşan doğal organik pigmentler toprakta ve kayalarda bulunurlar. Bu pigmentler çok uzun yıldır renklendirme amacıyla kullanılırlar. Yapılarında ayrıca hidrojen, azot ve oksijen atomu da yer almaktadır.

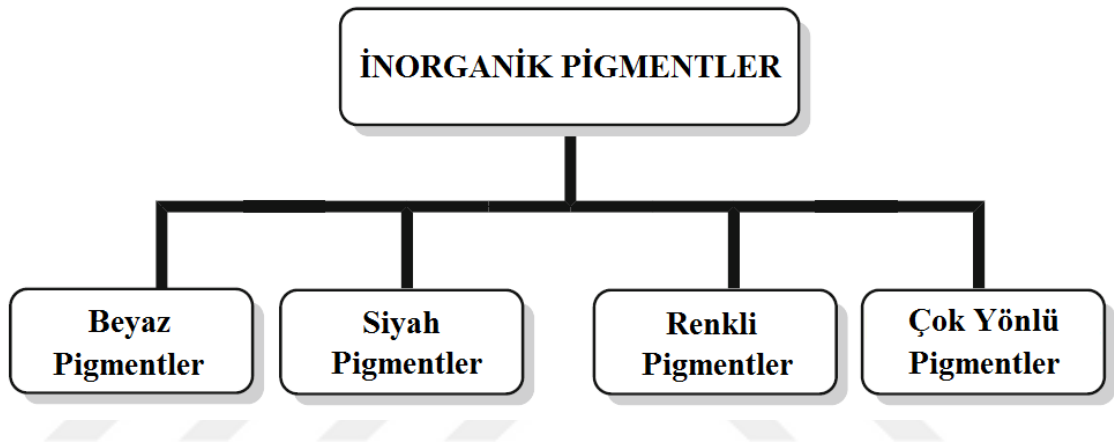
Organik pigmentler genel olarak çok sağlam bir aromatik yapı üzerinde renge duyarlı bir işlevsel grubun bulunduğu kimyasal maddelerdir. Bu grup spektrumda hangi rengin dalga boyu aralığında ışığı soğuruyorsa geri kalan renk pigmentin rengini oluşturur (Ballı 2015).



Şekil 2.5. Organik pigmentlerin sınıflandırılması (Gürses ve ark. 2016)

2.2.1.2. İnorganik pigmentler

İnorganik pigmentler SiO_2 , Al_2O_3 , ZrO_2 gibi farklı metal oksitlerin sentezlenmesi sonucu oluşan bileşiklerdir. Bu yapılar yüksek sıcaklıklarda kalsinasyon ile elde edilir ve bu nedenle çeşitli kristalin formlarda kararlıdır. İnorganik pigmentler, 800-1400 °C sıcaklık aralığı içinde katı hal reaksiyonlarından elde edilen gerçek ve uygun yapıya renkli mineraller olarak kabul edilebilir (Gürbüz 2014). İnorganik pigmentler Şekil 2.6'da gösterildiği gibi genel olarak 4 ayrı sınıfta toplanabilmektedir.



Şekil 2.6. İnorganik pigmentlerin sınıflandırılması (Gürses ve ark. 2016)

İnorganik pigmentler toprak elementlerini veyahut renk verici geçiş elementlerini bünyelerinde barındırırlar. Bu pigmentler dekoratif veya koruyucu kaplamaların renklendirilmesinde tercih edilmektedir. Seramikler, inorganik pigmentlerin bünye veya sır içerisinde reaksiyona girmeden, heterojen karışım oluşturarak renklendirilmektedir. Seramiklere doğrudan metal oksitler ilave edildiğinde yüzey ve renk hatalarıyla sıklıkla karşılaşmaktadır (Ballı 2015).

İnorganik pigmentler ayrıca kristal yapılarına göre 5 ayrı gruba ayrılmaktadır. Bunlar:

- Korondum - Hematit (Cr, Mn-pembe; Cr-Fe yeşil-siyah; Fe kahve)
- Rutil - Kasiterit (Sn-Cr pembe; Mn kahve)
- Sifen (Sn-Cr pembe)
- Spinel (Kromit)
- Zirkon (Cr sarı; Fe pembe) (Gürbüz 2014)

2009 yılında pazarın dağılımına göre dünyanın en çok tüketilen inorganik pigmentleri titanyum dioksit (%62), karbon siyah pigmentleri (%10), demir oksitler (%13) ve kromatlardır (%11). Birkaç istisna dışında, inorganik pigmentler oksitler, sülfidler, oksit hidroksitler, silikatlar, sülfatlar veya karbonatlardır. Genellikle iyi tanımlanmış kristal yapılara sahip tek bileşenli parçacıklardan oluşurlar (Gürses ve ark. 2016).

En önemli beyaz pigment titanyum dioksittir. Diğer beyaz pigmentler ise çinko oksit, çinko sülfat, litopon ve kurşun şeklindedir. Siyah pigmentler karbon siyahıdır. Renkli pigmentler bizmut vanadat, krom (III) pigmentler, ultramarin pigmentler, siyanür demir mavileri, kadmiyum pigmentleri, kurşun kromat, demir oksit ve spineller, rutiller ve zirkon pigmentleri gibi karışık metal oksitler olan karmaşık inorganik pigmentlerdir. Çok yönlü (miscellaneous) pigmentler, metal efekt pigmentleri, sedef pigmentleri, transparan pigmentler ve parlak pigmentler olarak sınıflandırılabilir (Gürses ve ark. 2016).

İnorganik pigmentler ve organik pigmentler arasındaki farklar kısmen şu şekilde sıralanabilir. İnorganik pigmentler organik pigmentlere kıyasla:

- Daha yüksek ışık haslığına sahiptir.
- Daha uygun maliyetlidir.
- Daha kolay ıslanır. Islanma davranışı parlaklığa, viskoziteye, çökmeye ve dispersiyona etki etmektedir.
- Daha mat renklere ve daha düşük renklendirme kuvvetine sahiptir.
- Daha yüksek örtme gücüne sahiptir.
- Daha büyük tanecik boyutuna ve daha düşük yağ absorpsiyonuna sahiptir.

Pigmentlerde kullanım alanına göre kimyasal yapısının, çözünürlüğünün, tanecik boyutunun, tanecik şeklinin, yüzey özelliğinin, kimyasal ve fiziksel kararlılığının, yoğunluğunun, kırınım indisinin ve ışık soğurma özelliğinin her birinin ayrı ayrı önemi vardır (Ballı 2015).

2.2.2. Pigmentlerin genel özellikleri

Pigmentler, kimyasal bileşimleri açısından büyük farklılıklar gösterdiğinden dolayı özellikleri değişiklik göstermektedir. Bu malzemelerin özelliklerini belirleyen en temel faktör ise hiç şüphesiz kimyasal yapılarıdır. Pigmentin molekül yapısı renk, kristal yapı, tanecik boyutu ve tanecik yapısı gibi özellikleri belirlemektedir (MEGEP 2013).

Pigmentler herhangi bir çözültide çözünmezler ve genel olarak tanecik boyutları bir mikrondan daha düşüktür. Pigmentler yüzey örtme işlemlerinde daha çok tercih edilen ve elde edilebilen renkleri neticesinde ticari olarak önem kazanan organik veya inorganik yapıya sahip ürünlerdir. Ticari olarak kullanılan pigmentler yapısal özelliklerine bağlı olarak belirli niteliklere sahiptirler. Bu nitelikleri şu şekilde ifade edebiliriz (Ballı 2015):

- Tanecik büyüklükleri 1 mikrondan düşüktür.
- Doğal veya sentetik yapıda olabilirler.
- İnorganik veya organik özelliğini taşırlar.
- Suda çözünmezler.
- Yağlarda çözünmez veya az çözünebilirler.
- Işık ve atmosferik etkilerden etkilenmezler.
- Örtücü niteliğe sahiptirler.

Pigmentler, boyaya örtücülük kazandırdıklarından dolayı fazlasıyla tercih edilmektedir. Kırılma indisi ve tanecik boyutu örtme gücüne etki eden faktörlerdir. Kırılma indisi, ışığın boşluktaki hızının maddenin içindeki hızına oranı şeklinde ifade edilmektedir ve birimsizdir. Bu değer pigmentin hem molekül yapısına hem de kristal yapısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Maksimum hıza boşlukta ulaşan ışığın kırılma indisi birden büyüktür. Işık, atomlara ulaşmasını engelleyen malzemenin sahip olduğu kırılma indisidir. Kırılma indisi büyüdükçe gelen ışık o kadar sapma gösterecek ve malzemenin örtme gücü artacaktır. Dolayısıyla pigmentlerin kırılma indisi büyüdükçe örtücülüğü de artmaktadır çıkarımını da yapabiliriz (Ballı 2015).

Örtme gücüne etki eden bir diğer faktör ise pigmentin tanecik boyutudur. Renkli boyalarda bulunan beyaz pigmentler, tanecik boyutu ışığın dalga boyu ile uyumlu olmadığında renkte kaymalara neden olmaktadır. Örneğin, tanecik boyutu azaldıkça renk

kısa dalga boyuna doğru kayacak, pigmentin örtücülüğü azalırken saydamlığı artacaktır ve bunların dışında dış ortama karşı gösterdiği dayanım azalacaktır (MEGEP 2013).

Boyaların özellikleri, taneciklerin geometrik şekillerinden de etkilenmektedir. Pigmentler şekil olarak küresel, kübik, düğümlü, iğne ve fleyk yapıya sahip olabilir. Titanyum dioksit, litopan ve kurşun beyazında tanecik geometrisi küresele yakındır. Çinko oksitte ise iğne yapılı bir geometri söz konusudur ve bu yapı hem dayanıklılığın artması hem de kırılabilirliğin azalması gibi boyanın mekanik özelliklerini geliştirmektedir. Keza, fleyk yapıya sahip pigmentlerde boyanın mekanik özelliklerini arttırmaktadır. Fleyk yapı, pul pul üst üste geldiğinden dolayı yapının sağlamlaşmasına katkı da bulunmaktadır. Rutubet ve gaz geçirgenliğini en aza indirmek için bu tür boya uygulamaları tercih edilmelidir. Bu sebeple anti korozyon özelliğine sahip boyaların yapısında fleyk yapıdaki pigmentler kullanılır.

Pigmentlerin tane boyut alanı da özelliklerini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Yüzey alanı büyüdükçe yapışma alanı da arttığından dolayı kullanılacak yüzey aktif maddeler daha sağlam bir şekilde yapışacaktır.

Pigmentler yapı bakımından incelendiğinde çok sayıda partikülün bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Bu sebepten dolayı kullanım için bu partiküllerin birbirinden ayrılması yani kolay bir şekilde disperse olması gerekir. Düşük dispersiyon derecesi, topaklanma ile birlikte, renk ve renk şiddeti ile örtme gücünün azalmasına sebep olmaktadır (Bilgin 1996).

Yağ absorpsiyonu, boyadaki pigment bağlayıcı oranının bir ölçüsüdür. Yağ absorpsiyonu arttıkça, belli viskozitede bir dispersiyon için gerekli olan bağlayıcı miktarı da artmaktadır. Yağ absorpsiyonu tanecik boyutu ve tanecik şekline göre değişiklik göstermektedir. Örneğin küresel yapıya sahip bir pigmentte tanecik boyutu arttıkça yağ absorpsiyonu azalmaktadır. Tanecik şeklinin etkisini incelediğimizde ise iğne yapısına sahip pigmentler hacim olarak aynı miktardaki küresel tanecik yapısına sahip pigmentlere kıyasla daha yüksek yağ absorpsiyonuna sahiptir (Bilgin 1996).

Pigmentin hem üretimi hem de kullanımı esnasında sıcaklık dayanımı son derece önemlidir. Her iki durumda da sıcaklık renk üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Bu sebeple kullanım alanına uygun olarak pigment seçimi yapılması son derece önemlidir. Aynı

zaman da pigmentlerde sıcaklık nedeniyle oluşabilecek iyon değişimleri sebebiyle kararlı bir yapıda olması istenmektedir.

Pigment içeriğinde kullanılan ağır metaller hem insan hem de çevre sağlığı açısından son derece tehlikelidir. Özellikle seramik endüstrisinde kullanılan kurşun ve kadmiyum emisyonunda çeşitli sınırlamalar yer almaktadır. Keza, diğer endüstri dallarında tercih edilen bakır ve kobalt içeriğine sahip pigmentlerin kullanımlarında da benzer problemlerle karşılaşmaktadır. Bu sebeple toksik etkisi bulunan metallerin kullanımının azaltılıp çevreye daha az zarar veren içeriklerin tercih edilmesi gerekmektedir.

2.3. Metal Oksit Pigmentler

2.3.1. Demir oksit pigment

Dünyadaki metaller içerisinde en bol bulunanlardan biri demirdir (Fe) ve saf halde gümüşü beyaz bir renge sahiptir. Demir, yeryüzü çekirdeğinde fazla miktarda bulunmaktadır ancak kükürt ve oksijen gibi metallerle kolayca etkileşime girdiğinden dolayı buradaki demir bağ yapmış durumdadır. Demir saf halde, yalnızca bazı göktaşlarında ve bazaltik kayalarda bulunmaktadır (Kahraman 2007). Grönland Adasında Ovfak'ta bazalt kayalar içerisinde yüksek miktarda demire rastlanmıştır. Burada bulunan demir kütleleri içerisinde az miktarda karbon, kükürt ve nikel yer almaktadır. Arizona'da ise bulunan serbest demir içerisinde elmasa rastlanmaktadır. Yeni Zelanda'da bulunan serpantinler (yılan taşı) içerisinde de serbest demir Ni_2Fe yapısında bulunmaktadır. Düşen meteoritlerin yapısında da zaman zaman serbest demir ile karşılaşmaktadır (Anonim 1970).

Yaşamak için tüm canlıların demire gereksinimi vardır. Kırmızı kan hücreleri, insanlarda en yüksek demir yüzdesine sahiptir. Ayrıca demir, çok az bir karbon eşliğinde yararlı ve ucuz metallerden biri olan çeliğe dönüşmektedir. Dünya üzerinde neredeyse en yaygın renklendirici oksit yine demir oksittir (Kahraman 2007).

Demir oksitler doğada geniş çapta bulunan ve laboratuvar ortamında kolayca sentezlenebilen yaygın bileşiklerdir. Demir oksitler küresel sistemin farklı kısımlarının hemen hemen tamamında bulunur: atmosfer, pedosfer, biyosfer, hidrosfer ve litosfer.

Dünya'nın dışında Mars'ta da demir oksitlerin varlığı söylenmektedir ve yüzeyin kırmızı renginin demir oksitten kaynaklandığına işaret edilmektedir (Cornell ve Schwertmann 2006).

Birçok mineral değişen miktarlarda demir içerdiğinden dolayı bileşiğinde demir bulunan çok sayına mineral mevcuttur. Bu mineraller demirin oksijen, karbon, sülfür ve hidrojen ile yaptığı bileşikleridir. Manyetit ve hematit mineralleri demirin oksitleri grubunda yer almaktadır. Demirin sülfatlarını ise pirit ve markazit mineralleri oluşturmaktadır. Limonit ise diğerinden farklı olarak demirin hidroksitidir. Arsenat ve silikat gibi pek çok bileşikte yapısında demir bulundurmaktadır. İçeriği bakımından daha az demir içerdiğinden dolayı demir silikatlarının önemi biraz daha azdır (Kahraman 2007).

Demir oksit esaslı pigmentlerin sınıflandırılması, doğal ve yapay kökenli maddelerin yanısıra her iki türe ait bir karışımdan oluşan bileşikleridir de kapsamaktadır. Tarih öncesinden günümüze kadar demir oksit pigmentlerin kullanımları doğal ortamlardaki bolluğu, nispeten basit şekilde hazırlanabilmesi ve dayanıklılık gibi optimum özelliklerin düşük toksisite ve düşük maliyetle kombinasyonu gibi nedenlerle yaygınlaşmıştır.

Demir oksit esaslı pigmentler, yaygın binderler ile uyumludur ve fresk, yağ, tempera, akrilik ve buna benzer geleneksel boyama tekniklerinde en çok kullanılmaktadır. Fresk boyalarında kararlı pigment yapıları gerektiğinden ve ıslak sıva üzerine uygulandıkları için alkali kireçli suya karşı dirençleri nedeniyle demir oksit pigmentler tercih edilmektedir (Faivre 2016).

Demir bileşikler, stokiyometrik Fe_mO_n 'lu oksitler veya stokiyometrik $FeO.OH$ olan hidroksitler olabilir. Günümüzde kullanılan on altı demir oksit çeşidi vardır ve bunlar Çizelge 2.3'de gösterilmiştir. Demir oksitlerin bilinen yapıları Fe, O ve/veya OH içermektedir. Demir oksitlerdeki farklılığı ise demirin değeri, kristal yapısı ve bileşimi belirlemektedir.

Çizelge 2.3. Yaygın kullanılan demir oksit çeşitleri (Cornell ve Schwertmann 2006)

Oksit-Hidroksitler ve Hidroksitler	Oksitler
Götit α -FeOOH	Hematit α -Fe ₂ O ₃
Lepidokrosit γ -FeOOH	Manyetit Fe ₃ O ₄ (Fe ^{II} Fe ₂ ^{III} O ₄)
Akaganeyit β -FeOOH	Maghemit γ -Fe ₂ O ₃
Schwertmannite Fe ₁₆ O ₁₆ (OH) _y (SO ₄) _z · nH ₂ O	β - Fe ₂ O ₃
δ -FeOOH	ϵ - Fe ₂ O ₃
Feroksit δ' -FeOOH	Wüstit FeO
Yüksek basınçlı FeOOH	
Ferrihidrit Fe ₅ HO ₈ · 4H ₂ O	
Bernalite Fe(OH) ₃	
Fe(OH) ₂	
Yeşil Paslar Fe _x ^{III} Fe _y ^{II} (OH) _{3x+2y-z} (A ⁻) _z ; A ⁻ =Cl ⁻ ; 1/2SO ₄ ²⁻	

Saf bir bileşiğin rengi, Kristal Alan Teorisine göre, demir iyonlarını çevreleyen ligandlara bağlıdır. Örneğin sarı ve kırmızı tonlar Fe³⁺, yeşil ve mavi tonlar Fe²⁺ değerliğine sahip demir atomunun yapıdaki varlığıyla elde edilmektedir. Kahverengi ve siyah tonlar ise karışık oksidasyon durumundan (manyetit (Fe²⁺ Fe³⁺ 2O₄)) elde edilmektedir. Fe³⁺ değerliğine sahip bazı oksit çeşitlerinin renkleri Şekil 2.7’de gösterilmektedir.



Şekil 2.7. Bazı Fe^{III} oksitlerinin renkleri (Cornell ve Schwertmann 2006)

2.3.1.1. Doğal demir oksit pigmentler

Doğal şekilde meydana gelen demir oksitler ve demir oksit hidroksitler tarih öncesi zamanlarda pigment olarak kullanılmıştır. Bu durumun örneklerine Altamira mağara resimlerinde rastlanmıştır. Mısırlılar, Yunanlılar ve eski Romalılar da bu pigmentleri renklendirme malzemeleri olarak kullanmışlardır.

Hematit kırmızı, götit sarı, ombralar ve siyenalar ise kahverengi bir pigment olarak ekonomik önem kazanmıştır. Yüksek demir oksit içeriğine sahip maden yatakları tercihen kullanılmaktadır. Doğal olarak oluşan manyetit demir oksit (Fe_3O_4), siyah bir pigment olarak zayıf bir renklendirme gücüne sahiptir ve pigment endüstrisinde az miktarda uygulama bulmuştur (Buxbaum ve Pfaff 2005).

Bilinen en eski demir oksit, kan kırmızı rengine sahip hematit mineralidir ve kimyasal formülü $\alpha-Fe_2O_3$ şeklindedir. Diğer demir oksitlerin değişiminden kaynaklanan bu bileşiğin yüksek kararlılığı, demir cevheri yataklarındaki oksidasyon bölgelerinde bulunduğu topraktaki bolluğunu açıklar. Hematit, demir bakımından zengin bir mineraldir (%70) ve metal elde etmek için dünyanın çeşitli yerlerinde işlenir. Hematitteki mevcut demir içeriğinin %15'ine kadar olan kısmı alüminyum ile değiştirilebilir. 'Hematit' ismi, kan anlamına gelen Yunanca 'haima' kelimesinden türemiştir. Renk olarak kana yapılan atıf, çizimde kullanılan kırmızımsı kurşun kalemi (hematit içeren) belirlemek için İtalyanca sanguigna (sangamdan türetilen, kanlı İtalyanca terimi) sözcüğüyle de çağrıştırılır (Faivre 2016). Bu mineral dünya çapında rahatlıkla bulunmaktadır ancak özellikle İspanya'da Malaga çevresinde (Spanish red) ve Basra Körfezi yakınlarında (Persian red) yüksek miktarda çıkarılmaktadır. Hematit'in özel bir çeşidi levhacık formunda oluşmaktadır ve bu da Kärnten'de (Avusturya) büyük miktarlarda ekstrakte edilir (Buxbaum ve Pfaff 2005).

Götit, kayalarda ve küresel ekosistemin çeşitli kısımlarında gözlenir. Anyonların hegzagonal sıkı paket yapısına (hcp) dayanan diyaspor yapıya sahiptir. Kimyasal formülü $\alpha-FeOOH$ şeklindedir (Cornell ve Schwertmann 2006). Götit, sarı okrenkli bileşeni olup ağırlıklı olarak siderit, sülfür cevherleri ve feldispattan oluşan bir hava etkisiyle bozunma ürünüdür. Esasen Güney Afrika Cumhuriyeti ve Fransa'da işlenebilir miktarlarda görülür. Fe_2O_3 içeriği, okren demir oksit hidroksit içeriğinin bir göstergesidir ve Fransa maden

yataklarında aşağı yukarı %20 ve Güney Afrika maden yataklarında ise yaklaşık %55 oranındadır (Buxbaum ve Pfaff 2005). Demir oksitler arasında termodinamik açıdan ortam sıcaklığında en kararlı yapıya sahip olanlardan biridir ve bu nedenle ya birinci oksittir ya da birçok dönüşümün son elemanıdır. Götite masif kristal agregalarında, koyu kahverengi veya siyahtır, oysa toz halindeyken sarı renktir ve birçok kayanın, toprağın ve okların rengini oluşturmaktadır (Cornell ve Schwertmann 2006). Yapay olarak da üretilebilir ve endüstriyel açıdan son derece önemli bir pigmenttir. Tanecik boyutuna bağlı olan rengi sarımtırak yeşil (küçük parçacıklar) ile sarımtırak kahverengi (büyük parçacıklar) arasında değişir (Faivre 2016).

Ombralar çoğunlukla Kıbrıs bölgesinde bulunmaktadır. Fe₂O₃'e (%45-70) ek olarak, önemli miktarda mangan dioksit (%5-20) içerirler. Ham haldeyken renkleri koyu kahverenginden yeşilimsi kahverengi rengine doğruyken ve kalsine edildiğinde, koyu kahverengi olup kırmızı bir alt tonu (yanmış ombralar) bulunur.

Siyenalar çoğunlukla Toskana'da bulunur, ortalama Fe₂O₃ içeriği yaklaşık %50'dir ve <%1 mangan dioksit içerir. Bunlar doğal halde sarı-kahverengi rengine bulunur ve kalsine edildiğinde kırmızı-kahverengi rengine sahip olur. Siyenalar ve ombralar doğrudan ateşlemeli fırında kalsine edilir ve içeriğindeki su uzaklaştırılır. Ürünlerin renk tonları, kalsinasyon periyodu, sıcaklık ve hammadde bileşimi ile belirlenir.

Doğal demir oksit pigmentlerinin işlenmesi, bileşimine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu pigmentler yıkanır, bulamaç haline getirilir, kurutulur, öğütülür veya hemen kurutulur, daha sonra bilyeli değirmenlerde ya da daha çok parçalayıcı veya darbeli değirmenlerde öğütülür.

Doğal demir oksit pigmentler, çoğunlukla ucuz denizcilik kaplamalarında veya tutkal, yağ ya da kireç bazlı kaplamalarda kullanılır. Ayrıca çimentonun, yapay taşın ve duvar kağınının da renklendirilmesinde kullanılır. Okr ve siyena pigmentleri boya kalemlerinin, pastel boyaların ve tebeşirlerin üretiminde kullanılır. Doğal demir oksit pigmentlerinin ekonomik önemi, sentetik malzemelerle karşılaştırıldığında son yıllarda azalmıştır. (Buxbaum ve Pfaff 2005).

2.3.1.2. Sentetik demir oksit pigmentler

Sentetik demir oksit pigmentler, saf renkleri, istikrarlı özellikleri ve renk verme gücü nedeniyle giderek daha da önem kazanmaktadır. Tek bileşenli formlar çoğunlukla kırmızı, sarı, turuncu ve siyah renklerle üretilir. Bileşimleri, hematit, götit, lepidokrosit ve manyetit minerallerine karşılık gelmektedir. Kahverengi pigmentler genellikle kırmızı ve/veya sarı ve/veya siyah karışımlardan oluşur; homojen kahverengi fazlar, örneğin, (Fe, Mn)₂O₃ ve γ -Fe₂O₃ de üretilir, ancak miktarlar, karışık malzemelere kıyasla küçüktür. Ferrimanyetik γ -Fe₂O₃, manyetik kayıt malzemeleri için önemlidir.

Kontrollü ortalama tanecik boyutu, tanecik boyutu dağılımı, tanecik şekli vb. ile yüksek kaliteli demir oksit pigmentleri üretmek için çeşitli prosesler mevcuttur. Bu prosesler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Katı hal reaksiyonları (kırmızı, siyah, kahverengi)
- Demir tuzlarının solüsyonlarının hidrolizi ve çökeltmesi (sarı, kırmızı, turuncu, siyah)
- Laux işlemi, nitrobenzenin indirgenmesini kapsar (siyah, sarı, kırmızı)

Demir oksit pigmentlerin üretimi için kullanılan bazı reaksiyon denklemleri ise Çizelge 2.4'te gösterilmektedir.

Çizelge 2.4. Demir oksit pigmentlerinin üretimi için reaksiyon denklemleri (Buxbaum ve Pfaff 2005)

Renk	Reaksiyon		Proses	
Kırmızı	$6 \text{FeSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O} + 1\frac{1}{2} \text{O}_2$	\rightarrow	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 6 \text{H}_2\text{O}$	Demir sülfat prosesi
	$2 \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	\rightarrow	$2 \text{Fe}_2\text{O}_3 + 6 \text{SO}_3$	
	$2 \text{Fe}_3\text{O}_4 + \frac{1}{2} \text{O}_2$	\rightarrow	$3 \text{Fe}_2\text{O}_3$	Kalsinasyon
	2FeOOH	\rightarrow	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$	Kalsinasyon
	$2 \text{FeCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2} \text{O}_2$	\rightarrow	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4 \text{HCl}$	Ruthner prosesi
	$2 \text{FeSO}_4 + \frac{1}{2} \text{O}_2 + 4 \text{NaOH}$	\rightarrow	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$	Çökeltme prosesi
Sarı	$2 \text{FeSO}_4 + 4 \text{NaOH} + \frac{1}{2} \text{O}_2$	\rightarrow	$2\alpha\text{-FeOOH} + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	Çökeltme prosesi
	$2 \text{Fe} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4$	\rightarrow	$2 \text{FeSO}_4 + 2 \text{H}_2$	
	$2 \text{FeSO}_4 + \frac{1}{2} \text{O}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$	\rightarrow	$2\alpha\text{-FeOOH} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4$	Penniman prosesi
	$2 \text{Fe} + \frac{1}{2} \text{O}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$	\rightarrow	$2\alpha\text{-FeOOH} + 2 \text{H}_2$	
	$2 \text{Fe} + \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	\rightarrow	$2 \alpha\text{-FeOOH} + \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	Laux prosesi

Turuncu	$2 \text{FeSO}_4 + 4 \text{NaOH} + \frac{1}{2} \text{O}_2$	→	$2 \gamma\text{-FeOOH} + 2 \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	Çökeltme prosesi
Siyah	$3 \text{FeSO}_2 + 6 \text{NaOH} + \frac{1}{2} \text{O}_2$	→	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + 3 \text{Na}_2\text{SO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O}$	1- Çökeltme adımı
	$2 \text{FeOOH} + \text{FeSO}_4 + 2 \text{NaOH}$	→	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$	2- Çökeltme adımı
	$9 \text{Fe} + 4 \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$	→	$3 \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4 \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	Laux prosesi
	$3 \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2$	→	$2 \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$	İndirgeme
Kahverengi	$2 \text{Fe}_3\text{O}_4 + \frac{1}{2} \text{O}_2$	→	$3 \gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$	Kalsinasyon
	$3 \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MnO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2$	→	$(\text{Fe}_{11}, \text{Mn})\text{O}_{18}$	Kalsinasyon

Hammaddeler ağırlıklı olarak diğer endüstrilerden gelen yan ürünlerdir: derin çekme ile elde edilen çelik hurda, döküm demirden öğütme, TiO_2 üretiminden veya çelik asitlemeden gelen $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ve ayrıca çelik asitlemeden gelen FeCl_2 şeklinde sıralanabilir.

Harcanmış hidroklorik asit dekapaj çözeltilisinin alevle püskürtülmesiyle elde edilen demir oksitler, boksit işlemeden çıkan kırmızı çamur ve piritlerin yanma ürünü ikincil dereceden bir öneme sahiptir. Bu bahsedilen ürünler, dikkate değer miktarda suda çözünür tuz içeren düşük renk özelliklerine sahip pigment verirler. Bu nedenle, bahsi geçen ürünler düşük kalite gerektiren uygulamalarda kullanılabilirler (Buxbaum ve Pfaff 2005).

2.3.2. Karışım metal oksit pigmentler

İnorganik pigmentlerin önemli bir sınıfı, karışım metal oksit (MMO) pigmentler veya kompleks inorganik renk pigmentleri (CICP) olarak adlandırılır. Bu pigmentler, doğal olarak oluşan minerallerle özdeş yapılara sahip sentetik kristalin metal oksitlerdir. Bileşiminde iki veya daha fazla farklı metal içerdiğinden dolayı karışım veya kompleks olarak adlandırılır. İki veya daha fazla metali uygun yapılarda birleştirme imkânı, pratik uygulamalar için bu pigment sınıfının çok çeşitli renkler vermesini sağlar (Pfaff 2017).

Karışım metal oksit (MMO) pigmentler, boyalarda, plastiklerde, yapı malzemelerinde, cam kaplamalarında ve seramiklerde kullanılan üstün dayanıklılık özelliklerine sahip inorganik yapılı, yüksek performanslı pigmentlerdir. Uygulama açısından bakıldığında,

yüksek opaklık, ısı stabilitesi, kızılötesi yansıtma, ışık ve hava koşullarına dayanıklılık göstermesinin yanı sıra kimyasal olarak da dirençli bir yapıya sahip olması bu pigmentlerin kullanılmasının temel nedenleri arasındadır (Buxbaum ve Pfaff 2005).

Metallerin birçoğu MMO pigmentlerde oksidik oksijenin yanı sıra kristal kafeslerdeki iyonlar olarak sıklıkla bulunur. V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni ve Cu renk üretiminden sorumlu birkaç iyondur. Pigmentlerdeki diğer metal iyonları ise renge katkıda bulunmadığı halde kristal yapı için gereklidir. Bu iyonlar, yük veya kristal kafes dengesini sağlamak veya renklendirici iyonlar tarafından elde edilen tonun hafifçe değişmesi için yapıya eklenirler. Al, Si, Ti, Zn, Nb, Mo, Sb, W ve diğerleri bu iyonlara örnek olarak verilebilir (Pfaff 2017).

Kimyasal olarak, MMO pigmentleri katı çözeltilerdir, yani bu demek oluyor ki çeşitli metal oksitler yeni kimyasal bileşiğin kristal kafesi içerisinde homojen olarak sanki bir çözelti halinde ama katı formda dağıtılırlar. Bu bileşikler, rutil, spinel, ters spinel, hematit az miktarda da priderite ve pseudobrookit gibi farklı kristal yapılara sahiptir (Çizelge 2.5). MMO pigmentlerin kendi kimyasal kimlikleri vardır ve bu kimyasal kimlikler bileşenlerinin fiziksel bir karışımı ile karıştırılmamalıdır. Mevcut pigment kimyasallarının çoğunda, karışım metal oksitler, biyolojik olarak elde edilebilen veya parçalanabilir hiçbir madde içermeyen, oldukça inert kimyasal bileşiklerdir (Buxbaum ve Pfaff 2005).

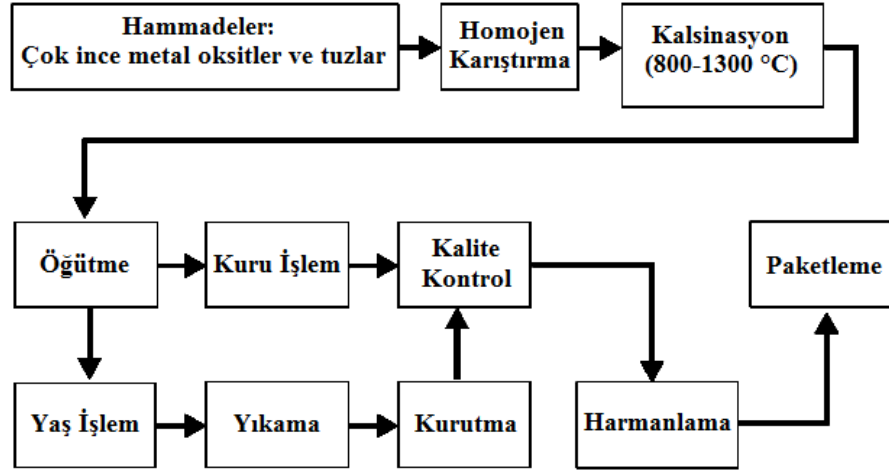
Çizelge 2.5. Bazı karışım metal oksit pigmentlerin genel özellikleri (Buxbaum ve Pfaff 2005)

Color Index	Kimyasal Bileşen	Yapı	CAS-No.	Renkler
Pigment Yellow 53	Ni(II), Sb(V), Ti(IV)	Rutil	8007-18-9	Yeşil tonlu sarı
Pigment Brown 24	Cr(III), Sb(V), Ti(IV)	Rutil	68186-90-3	Okr tonlu
Pigment Yellow 162	Cr(III), Nb(V), Ti(IV)	Rutil	68611-42-7	Okr tonlu
Pigment Yellow 164	Mn(II), Sb(V), Ti(IV)	Rutil	68412-38-4	Kahverengi
Pigment Yellow 119	Zn(II), Fe(II,III)	Spinel	68187-51-9	Okr-Kahverengi
Pigment Blue 28	Co(II), Al(III)	Spinel	1345-16-0	Kırmızı tonlu mavi
Pigment Blue 36	Co(II), Cr(III), Al(III)	Spinel	68187-11-1	Yeşil tonlu mavi
Pigment Green 26	Co(II), Cr(III)	Spinel	68187-49-5	Koyu yeşil
Pigment Green 50	Co(II), Ti(IV)	Ters spinel	68186-85-6	Yeşil

Pigment Brown 29	Fe(II), Cr(III)	Hematit	12737-27-8	Kahverengi
Pigment Brown 35	Fe(II,III), Cr(III)	Spinel	68187-09-7	Koyu kahverengi
Pigment Black 30	Ni(II), Fe(II,III), Cr(III)	Spinel	71631-15-7	Siyah
Pigment Black 26	Mn(II), Fe(II,III)	Spinel	68186-94-7	Siyah
Pigment Black 22	Cu(II), Cr(III)	Spinel	55353-02-1	Siyah
Pigment Black 28	Mn(II), Cu(II), Cr(III)	Spinel	68186-91-4	Siyah
Pigment Black 27	Co(II), Cr(III), Fe(II)	Spinel	68186-97-0	Mavimsi siyah

Rutil cinsteki karışım metal oksit pigmentlerin tipik örnekleri nikel rutil sarı ve krom rutil sarıdır. Nikel ve krom iyonları, titanyum pozisyonlarında bulunan bu pigmentlerin renklendirici bileşenidir. Ni(II) ve Cr(III) değerlik durumları ile, her iki metal de Ti(IV)'ten farklıdır. Gerekli yük dengelemesi, bileşimlere eşzamanlı olarak Sb(V) yerleştirilmesi ile sağlanır. Bu nedenle pigmentlerin genel formülleri, nikel rutil sarısı için $(Ti, Ni, Sb)O_2$ ve krom rutil sarısı için ise $(Ti, Cr, Sb)O_2$ şeklindedir. Başka bir örnek, mangan rutil kahverengi $(Ti, Mn, Sb)O_2$ 'dir, burada titanyum, mangan ve antimon ile ikame edilir. Öte yandan antimonun tungsten veya niyobyum ile değiştirilmesi de son derece yaygındır. Bu tür yerine geçme ile ilgili bileşimlerde sarılar $(Ti, Cr, Nb)O_2$, $(Ti, Ni, W)O_2$, $(Ti, Ni, Nb)O_2$ ve $(Ti, Cr, W)O_2$ şeklinde ve kahverengiler ise $(Ti, Mn, Nb)O_2$ ve $(Ti, Mn, W)O_2$ şeklinde formüllendirilir (Pfaff 2017).

Karışım metal oksit pigmentler, yaklaşık 800 ile 1300 °C gibi yüksek sıcaklıklarda gerçekleşen katı hal reaksiyonuyla üretilmektedir. Hammaddeler, ısıtılması üzerine oksit haline dönüştürülebilen metal oksitler ve tuzları içerir. Yüksek sıcaklıkta gerçekleşen kalsinasyon işlemi sırasında metal oksitlerin karışımı, bazı renk özelliklerine halihazırda sahip olan yeni bir kimyasal bileşiğe dönüştürülür. Renk ve diğer fiziksel özellikler, işlenmemiş pigmentin bitirme işlemi ile son kullanım için optimize edilir. Bu bitirme işlemi, mikronlaştırmayı ve çoğu durumda pigmenti yıkayıp kurutmayı kapsamaktadır. Şekil 2.8'de karışım metal oksitler için bir üretim şeması gösterilmektedir.



Şekil 2.8. Karışım metal oksitlerin üretim şeması (Pfaff 2017)

Optimum pigment performansı elde etmek için, her imalat aşamasının ayrıntılı teknik bilgisi ve proses kontrolü kritik bir öneme sahiptir. Üretim, katı hal kimyası ve yüksek sıcaklık işlemi gerektirdiğinden, uygun renk özelliklerine sahip kolay disperse edilebilir pigmentlerin elde edilmesi için süreç optimizasyonuna çok dikkat edilmelidir. Rutil sarılar için kalsinasyon sıcaklığının değişimi ile farklı renkler elde edilebilir. Daha yüksek bir kalsinasyon sıcaklığı daha koyu dereceler ve daha yüksek renk parlaklığı verir. Bununla birlikte, renklendirme kuvveti de aynı yönde düşer. Hematitler ve (tersine) spineller için renk de kalsinasyon sıcaklığından etkilenir (Buxbaum ve Pfaff 2005).

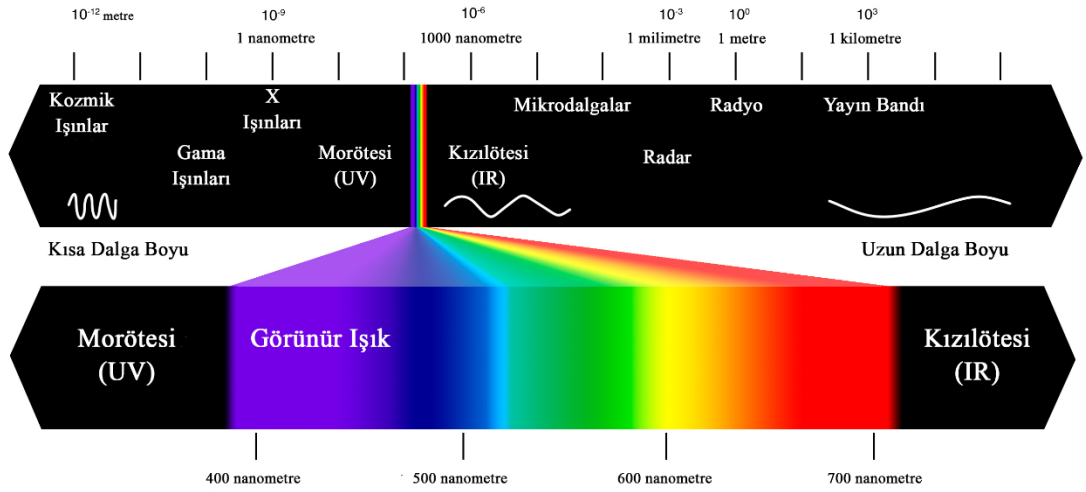
2.4. Kızılötesi Yansıtıcı Özel Pigmentler

2.4.1. Kızılötesi ışıma

Kızılötesi ışıma, 1809 yılında William Herschel tarafından keşfedilmiş ve ilk kez bir cam prizmadan geçirilen güneş ışığının, görünür bölgesinin ötesine yerleştirilen termometreler vasıtasıyla incelenmiştir. Herschel incelemesinde gözle görünmeyen bu ışıkların termometre vasıtasıyla ölçülebileceğini ortaya çıkarmıştır.

Güneşten gelen ışık enerjisinin dalga boyu aralığı çok geniştir. Toplam enerjinin çok büyük bir kısmı atmosfer tarafından absorblanmakta ve Dünya'nın yüzeyine sadece 295 ile 2500 nm dalga boyu aralığı ulaşmaktadır. Dünya yüzeyine ulaşan dalga boylarını aşağıdaki şekilde inceleyebiliriz (Fang ve ark. 2013).

- **Ultraviyole Bölge (UV: 295-400 nm):** UV ışık, insan gözü tarafından görülemeyen bir ışınım şeklidir. Elektromanyetik spektrumun görünmez bir parçasıdır. İnsan sağlığını hem olumlu hem de olumsuz yönde etkilemektedir. UV-B ışınımına (290-320 nm) kısa süreli maruz kalmak deride D vitamini üretimini sağlarken, maruz kalma süresinin uzaması güneş yanığına neden olabilmektedir. UV, Güneş enerjisinin yaklaşık %5'inden sorumludur ve enerji seviyesi birincil bağları parçalamak için yeterli olduğundan kaplamalarda kullanılan binderi indirgeyici bir etkiye sahiptir.
- **Görünür Bölge (400-700 nm):** Görünür ışık dalgaları, insanların görebildiği tek elektromanyetik dalgadır. Bu dalgalar gökkuşağının renkleri olarak görünmektedir. Her renk farklı bir dalga boyuna sahiptir. Güneş enerjisinin yaklaşık %50'si bu bölgeden oluşur. Pigmentler, görünür ışığı seçerek absorblar ve geriye kalan kısmını ise yansıtır. Bir nesne tüm görünür dalga boyu aralığını yansıtırsa beyaz renk oluşmaktadır. Bu ışığın bazı bölgeleri absorblanır ve kalan kısmı ise yansıtılacak olursa, nesne renklendirilmiş olur. Siyah bir yüzey görünür bölgedeki her şeyi absorbladığından ve görünür bölgede hiçbir şeyi yansıtmadığından dolayı siyah olarak görünür. Bu nedenle görünür bölge bize renk algısı veren dalga boylarından oluşur.
- **Yakın Kızılötesi Bölge (NIR: 700-2500 nm):** NIR ışık, görünür ışığında dalga boyundan daha uzun bir dalga boyuna sahiptir ve insan gözü tarafından algılanamaz. Toplam solar enerjinin %45'i kızılötesi ışınım bölgesine aittir. Kızılötesi ışınımın ısı üreten bölgesi 700-1100 nm dalga boyu arasındadır ve eğer bu bölgedeki ışınlar absorblanır ise yüzeyde ısınmaya neden olur (Fang ve ark. 2013).



Şekil 2.9. Güneş enerjisinin spektrum bölgeleri

Kızılötesi, ışığın özelliklerine benzer olarak toplanabilir ve objektif ile aynalardan yansıtılabilir. Işıktan farklı olarak kimyevi madde olan solüsyonlardan geçer. Kızılötesi, enerji halinde yayıldığında boşlukta ışık süratinde ilerler.

Kızılötesi ışımanın ana kaynağı termal radyasyon olduğu için, bir sıcaklığa sahip herhangi bir cisim kızılötesi dalga yayımlar. Bir buz küpü gibi soğuk olduğunu düşündüğümüz nesnelere bile kızılötesi ışınlar yayılır. Bir obje görünür ışın yaymak için yeterince sıcak olmadığı zaman enerjisinin çoğunu kızılötesi bölgede yayacaktır. Örneğin sıcak odun kömürü ışık yaymaz ancak kızılötesi dalgalar yaydığı için biz sıcaklığını hissederiz (Ardahanlıoğlu 2006).

Dalga boyunun bir fonksiyonu olarak güneşten gelen ışığın yoğunluğunu tanımlayan iki eğri Şekil 2.10’da gösterilmektedir. Burada en üstteki eğri 5800 K sıcaklıktaki ideal bir kara cismin enerji dağılımıdır ve Planck Kanunu’na göre verilen Denklem 2.1’e dayanmaktadır.

$$E(\lambda) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda T}} - 1} \quad (2.1)$$

k: Boltzmann sabiti ($1,3806 \times 10^{-23}$ J/K)

T: Sıcaklık (K)

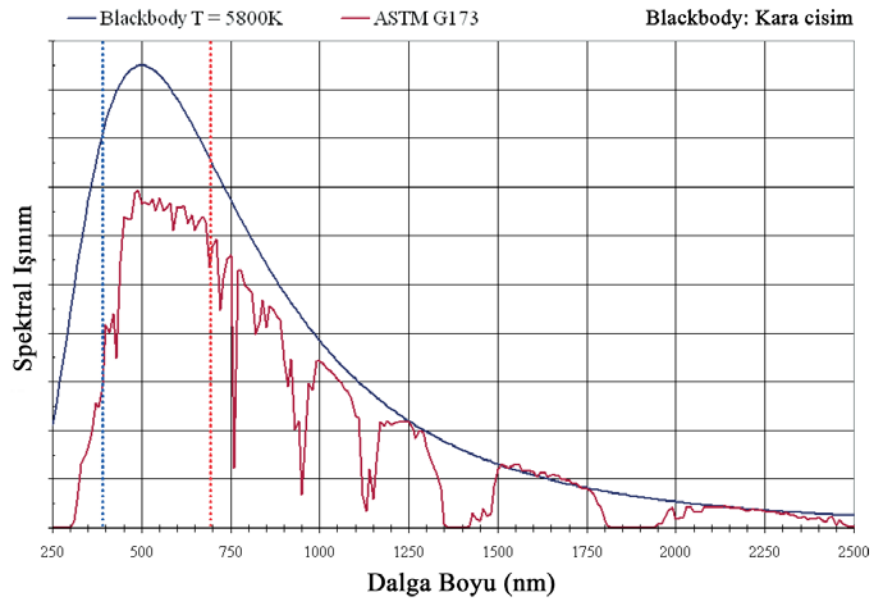
n: Kırılma indisi

c: Işığın hızı (km/s)

λ : Dalga boyu (μm)

h: Planck sabiti ($6,626 \times 10^{-34}$ J.s)

Herhangi bir dalga boyundaki ışık yoğunluğu sadece sıcaklığın bir fonksiyonudur; h , c ve k tüm fiziksel sabitlerdir. Bu denklem herhangi bir sıcaklıktaki kara cisim nesnelere için kullanılabilir. Diğer eğri ise dünyanın yüzeyinden güneş ışığının ASTM G173 standardına göre ölçülmüş yoğunluğudur. Teorik ve gözlemlenen enerji arasındaki önemli fark, Rayleigh saçılımı ve atmosferik gazlar (O_3 (ultraviyole absorpsiyonu için çok önemli), O_2 , H_2O ve CO_2) tarafından gerçekleşen absorpsiyon kayıplarından kaynaklanmaktadır (Detrie ve Swiler 2009).



Şekil 2.10. Güneş ışıması (Detrie ve Swiler 2009)

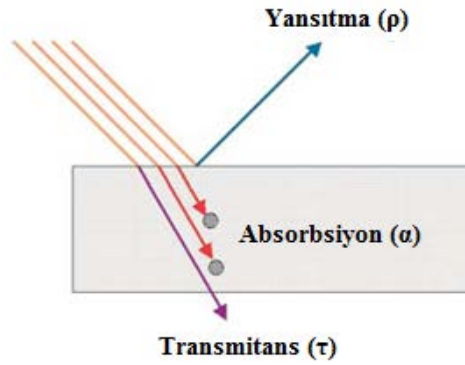
2.4.2. Kızılötesi ışımanın ısıtma ve soğutma mekanizması

Işık enerjisi, elektronları bir bağ halinden diğerine yükselttiği zaman ışığın absorpsiyonu gerçekleşir. Farklı dalga boylarındaki ışık, bu enerji geçişine sebep olması için kullanılacaksa absorbe edilmeyecektir. Bu 400-700 nm aralığında enerjinin dalga boyları ile absorblanan ışık için elektron geçişlerinin olduğu anlamına gelmektedir. Daha düşük enerjili (> 700 nm) ışık absorblanmaz. Bu durumda, 1500 nm dalga boyuna sahip bir ışık demetinin malzemede herhangi bir elektron geçişine sebep olması için enerjisi çok düşük olduğundan dolayı absorpsiyon olmayacaktır. Kırılmış, yansımış ve saçılmış 1500 nm ışık demeti yerine NIR ışığın yansıma yayılımı rehberlik edecektir (Fang ve ark. 2013).

Toz haline getirilen bir numune üzerine ışık demeti düştüğü zaman yansıtma (reflektans), geçirgenlik (transmitans) ve emilim (absorbans) meydana gelir. Eğer numune optik olarak yeterince kalınsa, geçen ışık göz ardı edilebilir. Yansıtma, düzgün yansıtma ve dağınık yansıtma olmak üzere iki çeşittir. Düzgün yansıtma, optik olarak pürüzsüz yüzeyler ve numunelerin yüksek derecede absorpsiyonu için önemlidir. Anlık ışık toz içine nüfuz ettiğinde ve partiküllerin tane sınırları tarafından yansıtıldığı zaman dağınık yansıtma meydana gelir. Dağınık yansıtma partikül boyutuna bağlıdır ve partikül boyutu azaldığı zaman tane sınırlarında ki yansıtmanın sayısı artar. Sonuç olarak gelen ışığın penetrasyon derinliğindeki azalma absorpsiyonda azalışa ve yansıtma artışına yol açar. Net etki ışığın absorblanan kısmında azalışa ve ışığın yansıyan kısmında artışa sebep olacaktır (Fang ve ark. 2013).

Güneş ışığının (ya da herhangi bir ışık kaynağının) bir hedefe çarptığı zaman nasıl yol alacağını daha yakından incelemek için Şekil 2.11'e baktığımızda ışığın absorblanabileceğini (α), yansıtılabileceğini (ρ) ya da gövde boyunca iletilebileceğini (τ) görmekteyiz. Bu üç bileşenin enerjisi aşağıdaki Denklem 2.2'deki durum enerjisine eşittir:

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \quad (2.2)$$



Şekil 2.11. Gelen ışığın izleyebileceği yollar

Absorpsiyon (α), cismin içinde ısı enerjine dönüştürülür ve bu durum sıcaklığın artışının sebebidir. Ne yazık ki absorpsiyon doğrudan ölçülememektedir ancak yansıtma ve geçirgenlik değerleri ölçülebilmektedir. Bu yüzden de kızılötesi ışımanın etkisini ölçülemek için öncelikle bu parametrelerin belirlenmesine odaklanmak gerekir.

Opak yüzeylerde geçirgenlik (τ) sıfırdır. Bu durum, Denklem 2.2’de yerine konulursa $\alpha + \rho = 1$ elde edilir. Burada absorpsiyon değeri ölçülemediği için sadece yansıtma değerini (ρ) belirlememiz gerekir. Bu varsayım çoğunlukla geçerlidir ve işleri fazlasıyla kolaylaştırır, ancak pigmentlerin sıfır olmayan iletimleri vardır. Görünür bölgedeki bir örnek kobalt mavisi olacaktır. Kızılötesi bölgede insan gözüne güvenilmemektedir çünkü görünür ışıktaki opak olsa bile bir pigmentin kısmen şeffaf olması mümkündür.

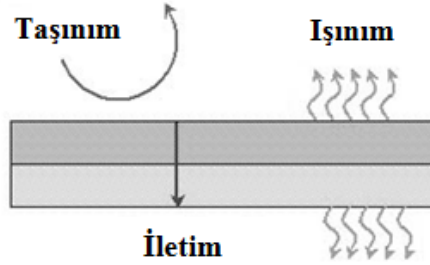
Her durumda en azından yansıtmanın (ρ) belirlenmesine ihtiyaç duyulur. Güneş ışığı, spektrumun UV, görünür ve kızılötesi bölümlerinde önemli bir enerjiye sahiptir ve enerjinin yoğunluğu dalga boyunun bir fonksiyonu olarak önemli ölçüde değişir. Gelen ışık enerjisi ve her bir dalga boyundaki yansıtma oranını belirlemek gerekir. Sonuç ($\rho_\lambda E_\lambda$), o dalga boyundaki toplam yansıyan enerjidir. Tüm dalga boyları toparlanırsa, toplam yansıyan enerji elde edilir. Bu toplamı toplam gelen enerjiye bölersek, Toplam Güneşsel Yansıtma (TSR) olarak sıkça ifade edilen ağırlıklı ortalama yansıtma değeri (ρ) elde edilir:

$$\rho = \frac{\int \rho_\lambda E_\lambda}{\int E_\lambda} \approx \frac{\sum \rho_\lambda E_\lambda}{\sum E_\lambda} \quad (2.3)$$

Bu denklem opak olmayan bir nesnenin karakterize edilmesi için gereksinim doğarsa geçirgenlik (τ) için de geçerlidir. Bu hesaplamaların daha kapsamlı bir değerlendirilmesi ASTM E903 standardın da yer almaktadır. Toplam solar yansıtma, bir yüzeye absorbe edilmeyen güneş ışığı miktarını hesaplandığından dolayı güneş ışığından kazanılan ısıyı belirlemede temel faktördür (Detrie ve Swiler 2009).

Absorpsiyon (α), bir nesneye eklenen enerji miktarının bir ölçüsüdür. Ortaya çıkan sıcaklık değişimini belirlemek için konduksiyon (iletim), konveksiyon (taşınım) ve radyasyon (ışınım) olmak üzere üç soğutma mekanizması dikkate alınmalıdır (Şekil 2.12). İletim, farklı sıcaklıktaki iki yüzeye sahip bir malzemede ısının bir taraftan diğer tarafa doğru transfer edilmesidir. Taşınım, farklı sıcaklıktaki sıvı ya da gaz çevre ile malzeme yüzeyi arasında gerçekleşen ısı transferidir. Her ikisi içinde transfer edilen enerjinin büyüklüğü sıcaklık farkının, geometrinin ve termal sabitlerin bir fonksiyonudur. Işınım, kara cisimden çevresindeki alana olan ısı transferidir. Isı kaybı, emisyon ile doğrusal olarak arttığı için yüksek emisyonlu malzemeler, düşük emisyonlu malzemelerden daha soğuk olmaya meyillidir. Metaller düşük emisyon değerine

sahipken, cam ve polimerik malzemeler yüksek emisyon değerine sahiptir. Önceki iki soğutma mekanizmasından farklı olarak renk düzenleyiciler, boya gibi yüksek emisyonlu malzeme ile kaplanmış yüzey tarafından ışınım soğumasını etkiler.



Şekil 2.12. Soğutma mekanizması

Renk düzenleyiciler, belirli bir uygulama için reçinelerin seçiminde sıklıkla sınırlandırılmıştır. Bu durum, çoğu organik reçinenin yüksek emisyon oranından ötürü nadiren bir problem oluşturur. Toplam solar yansıtmayı kontrol eden pigment sistemleri üzerinde daha fazla kontrole sahipler. Bu seçeneklerin verimliliğini göstermek için test yöntemlerine bakılması gerekir (Detrie ve Swiler 2009).

2.4.3. Kızılötesi yansıtıcı pigmentler

Kızılötesi yansıtıcı pigmentler, görünür ışığı seçici olarak yansıtan bazı pigmentlere ek olarak kızılötesi bölgedeki dalga boylarını da yansıtan karmaşık inorganik yapıları renkli malzemelerdir. Yansıtıcı pigmentlerin yansıtma ve absorpsiyon katsayısı birbirinden bağımsızdır. Dolayısıyla kızılötesi yansıtıcı pigment herhangi bir renge sahip olabilir. Bu pigmentler, metal oksitler, hidroksitler, nitratlar veya asetatlardan oluşan karışımların kalsinasyon olarak adlandırılan bir işlemle çok yüksek sıcaklıklara maruz bırakılmasıyla sentezlenir. Metal oksitler veya tuzlar birlikte harmanlanır ve genellikle 1000°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda işleme tabi tutulur. Kalsinasyon sıcaklığında katılar kendiliğinden reaktif hale gelirler. Katılardaki metal ve oksijen iyonları, spinel veya rutil yapıları gibi daha kararlı yeni kristal yapıları oluşturmak için yeniden düzenlenir (Bendiganavale ve Malshe 2008).

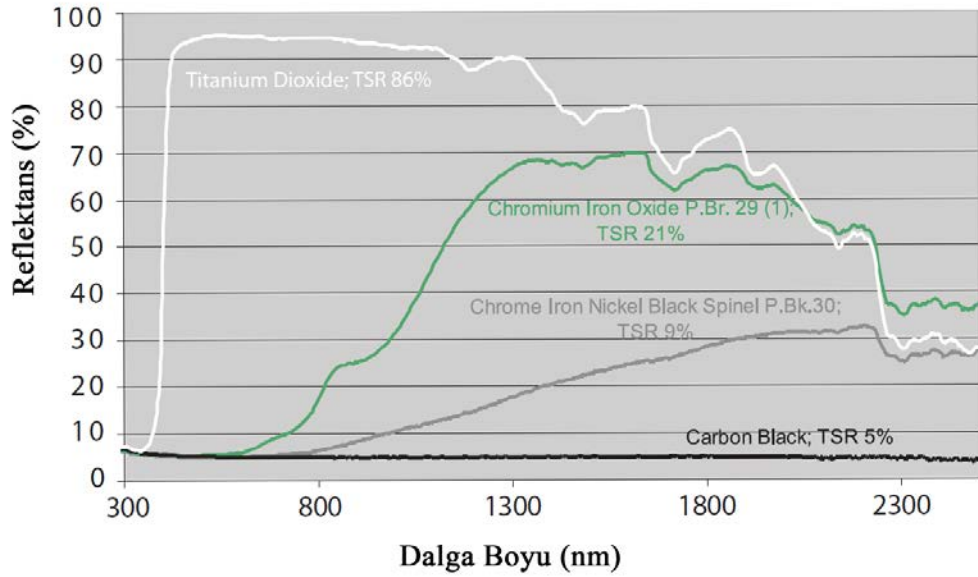
Kızılötesi yansıtıcı pigmentler, mükemmel hava şartlarına dayanıklılık gösterdiklerinden dolayı çatı ve bina kaplamaları için giderek artan bir kullanıma sahiptir. Yakın kızılötesi

bölgede yansıtma oranını maksimuma çıkarabilme yeteneğine sahiptirler. Bu yansıtıcı pigmentler, temel yapıda koyu renkli kaplamalar üretmeyi ve ısı birikimini en aza indirmeyi sağlamak için formülasyonlarda artan bir kullanıma sahiptir. Nikel manganez ferrit siyahları (Pigment Black 30) ve demir kromit kahverengi-siyahlar (Pigment Green 17, Pigment Brown 29 ve 35), ısı birikimini azaltması ile koyu renkler sağlamak için kullanılan kızılötesi yansıtıcı pigmentlerden bazılarıdır. Mavi renk olarak Pigment Blue 28 ve 36, sarı renk olarak Pigment Yellow 53, kahverengi olarak Pigment Brown 24 ve 33, siyah renk olarak Pigment Black 12 ve yeşil renk olarak da Pigment Green 26 ve 50 ticari olarak satılan diğer kızılötesi yansıtıcı pigmentlerdir (Bendiganavale ve Malshe 2008).

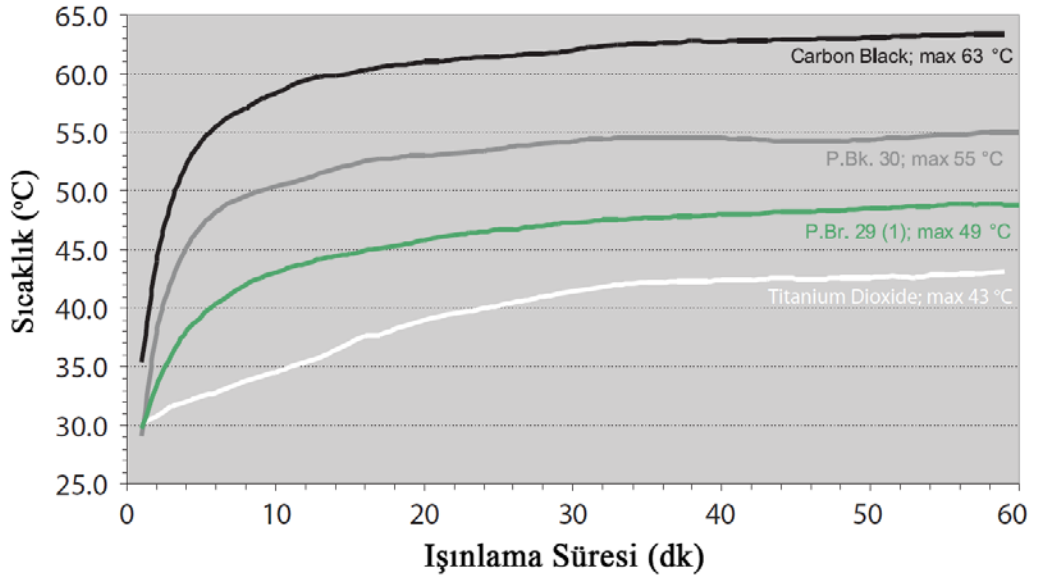
IR yansıtıcı pigmentler oldukça kararlı ve kimyasal olarak inerttirler. Kimyasal olarak agresif ortamlara dayanabilirler ve renklerini korurlar. Endüstriyel alanlarda yaygın olarak bulunan ozon, asit yağmuru, SO_x, NO_x veya diğer hava kirleticilerinin varlığında solmazlar. Güçlü asitler, bazlar, oksitleyici ya da indirgeyici ajanlar varlığında bile boya dayanıklılığı sürdürürler. Göç etmezler, çözücülerle temas ettiğinde ise çözülmez ya da boya akmaz. Bu özelliklerden dolayı bu pigmentler açık havada otuz yıla kadar dayanabilmektedir. Mükemmel kimyasal stabiliteye ilaveten, bu pigmentler de yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır. Yüksek ısı kararlılığı nedeniyle, susturucu ve soba kaplamaları, şömine boyası ve yüksek ısıya dayanıklı toz boyalar gibi yüksek ısı kaplamaları için bu pigmentler kullanılabilirler. Porselen sırtı ve dekoratif seramik kaplamalar içinde bu pigmentler kullanılmaktadır. Boyaları bu pigmentler ile formüle etmek, binderlerin çok daha hızlı bozunmasından dolayı başlıca zorlu bir işittir. Formülasyonun en pahalı bileşeni kızılötesi yansıtıcı pigmenttir (Bendiganavale ve Malshe 2008).

En üst katmanın absorbladığı ve yaydığı toplam enerji miktarı, kaplanmış bir yüzeyin ısınmasını belirler ve bir denge durumuna ulaştıktan sonra nihai bir yüzey sıcaklığına neden olur. Kaplama pigmentasyonu, ısı artış performansı üzerinde temel bir etkiye sahiptir. Serin bir yüzey elde etmek için pigmentlerin mümkün olduğunca fazla enerjiyi yansıtması gerekmektedir. Bu yansıtma yeteneği, Toplam Güneşsel Yansıtma (TSR) değeri olarak ifade edilebilmektedir. Bu nedenle, yüksek TSR değerlerine sahip pigmentler düşük ısı artışı ile birlikte yüksek bir yansıtma gösterir. En yüksek yansıtma kabiliyetine sahip pigmentler TiO₂ temeline, en düşük yansıtma değerine sahip pigmentler ise karbon siyahı temeline dayanmaktadır. Estetik bir bakış açısı ile beyaz yerine koyu

bir renk tercih edilirse, kızılötesi yansıtıcı pigment seçeneği olarak krom demir oksit (Pigment Brown 29) veya krom demir nikel siyah spinel (Pigment Black 30) gibi koyu renkli inorganik kompleks pigmentler kullanılabilir. Bu pigmentler, karbon siyahı ile karşılaştırıldığında daha yüksek TSR değerleri gösterir ve gri renk tonları için tercih edilebilir. Şekil 2.13'te alkid/melamin reçine içerisinde %20 pigmentasyon ile oluşturulan titanyum dioksit, karbon siyahı, Pigment Brown 29 ve Pigment Black 30 malzemelerinin yansıtma eğrileri ve TSR değerleri gösterilmektedir. Şekil 2.14'te ise aynı malzemelerin ASTM D4803 standardına göre ölçülen ısı artış eğrileri ve denge sıcaklıkları verilmiştir (Sowade 2011).



Şekil 2.13. Farklı inorganik siyah pigmentlerin TSR spektrumlarının karbon siyahı ve titanyum dioksit eğrileri ile karşılaştırılması (Sowade 2011)



Şekil 2.14. Farklı inorganik siyah pigmentlerin ısı artış eğrilerinin karbon siyahı ve titanyum dioksit eğrileri ile karşılaştırılması (Sowade 2011)

Kızılötesi yansıtıcı pigmentlerin kaplandığı malzeme üzerindeki davranışlarını analiz edebilmek için yansıtma özelliğinin ölçülmesi gerekmektedir. Bir nesnede ki yansıtma özelliklerini ölçmek için birçok farklı yöntem vardır. Burada, yaygın şekilde başvurulan dört ASTM standardından bahsedilecektir.

- **ASTM E903 (Integrating Sphere Spectrophotometer):** Bu yöntemde küçük bir numunede yansıyan ve/veya iletilen ışığı ölçmek için entegre küreli bir spektrofotometre kullanılır. Işığın dalga boyu bir seferde ölçülür ve ölçüm aralığı genellikle 250 nm'den 2500 nm'ye kadardır. Tarama ilerledikçe cihaz genellikle yansıtmayı dalga boyunun bir fonksiyonu olarak göstermektedir. Tarama tamamlandıktan sonra veriler, Denklem 2.2'ye göre toplam solar yansıtmayı (ρ) hesaplamak için kullanılır. Burada açıklanan dört yöntemden en çok veri bu yöntem ile sağlanır ve dalga boyuna özgü bilgi formüle edilen karışım pigmentler için çok önemlidir. Spektrofotometrenin başlıca dezavantajları ise nispeten yüksek maliyete sahip olması ve taşınabilir olmamasıdır (Detrie ve Swiler 2009).

- **ASTM C1549 (Portable Solar Reflectometer):** Solar yansıtma, taşınabilir solar reflektometre cihazı kullanılarak da ölçülebilir. Bu yöntemde en az 1 inç çaplı test numunesi halojen ışık ile ışıklandırılmış ve yansıyan ışık, dört filtrelenmiş dedektör (380, 500, 650 ve 1220 nm) tarafından ölçülmüştür. Cihaz, düşük yansıtma (genellikle kara cisim boşluğu, $\rho=0$) ve yüksek yansıtma standardını ölçerek kalibre edilmiştir. Cihaz taşınabilir olacak kadar küçüktür ve alan ölçümleri gerektiğinde arzu edilmektedir. Bu yöntem hem hızlı hem de kolaydır, pigment seçimi ile ilgili olmayan son kullanıcılar ve kalite kontrol için tercih edilmektedir. Yansıtma ile absorpsiyon arasındaki keskin geçişlerle pigmentleri ölçerken bu ekipman doğruluğunu kaybedebilmektedir (Detrie ve Swiler 2009).
- **ASTM E1918 (Pyranometer):** Burada açıklanan ilk iki yöntem düzgün yüzeyli küçük numuneler için en uygun yöntemdir. Sahada, tasarım (birden fazla renk deseni) nedeniyle özellikle rengarenk bir yüzey ve/veya bölgesel olarak homojen olmayan bir yansıtmaya sahip bina çatısının yansıtma değeri ölçüldüğünde bu yöntemler her zaman pratik değildir. Bu durumda E1918 yöntemi kullanılmalıdır. Piranometre, test yüzeyinden 0,5 m yukarıya yerleştirilmiş bir kol üzerine monte edilir. Test, ilk önce yukarıdan gelen solar ışımayı ölçer ve daha sonra yansıyan solar ışımayı ölçmek için aşağı doğru döndürülür. Ölçülen iki değer oranı solar yansıtma değeridir. Test edilen alan 4 m çapında bir dairedir ve eğimi $9,5^\circ$ den daha az olmalıdır. Bina çatılarına ek olarak bu yöntem kaldırım ölçümü için de uygundur. Bu yöntem için önemli bir sınırlama cihazın gerçek güneş ışığını ölçmesidir; test yöntemi güneşli bir gün gerektirir ve güneş açısının 45° den daha az olduğu öğle vaktine yakın (09:00-15:00) saatlerde gerçekleştirilebilir (Detrie ve Swiler 2009).
- **ASTM D4803 (Heat Buildup):** Bu yöntem, 250 W'lık ısı lambası altında yalıtılmış bir ahşap kutu içindeki numunenin ısı birikimini ölçer. Termokulplar en az 3x3 inç boyutunda olan numunelerin altına yerleştirilir. Bir karbon siyahı referans da ölçülür. Her biri için denge sıcaklığı kaydedilir ve ortamın üstündeki sıcaklık farkları Denklem 2.4'e göre numunenin teorik ısı birikimini tahmin etmek için kullanılır. Siyah numune için maksimum dış ısı birikimi (ΔT_C) dikey

yönlendirme için 41°C ve yatay yönlendirme için 50°C'dir. Yöntem PVC için tanımlanmıştır ancak diğer renkli nesnelere de uygulanabilir. Bu testin pratik yapısı, yüksek performanslı pigmentler içeren veya içermeyen renklendirilmiş nesnelere arasındaki farkı göstermek için etkili bir araç haline getirir. Metodun, testin izafi ısı birikimi üzerine veri temin ederken, nesnenin hizmet ömründe karşılaşacağı gerçek sıcaklıkları tahmin edemeyeceğini açıkça belirttiğini not etmek önemlidir. Testin ortam koşulları kontrol edilebilir ve saha koşulları, gerçek yaşam performansını etkileyebilecek çok sayıda faktöre (güneş ışığı açısı, hava durumu, yalıtım) sahiptir. Benzer şekilde renkli iki nesne için, ısı lambası enerjisinin %92'si NIR bölgesinde bulunduğu için bu test yöntemi iyileştirilmiş kızılötesi yansıtıcı kaplamaların sağlayacağı faydaları gösterebilmektedir (Detrie ve Swiler 2009).

$$\Delta T = \frac{\Delta T_{lab}}{\Delta T_{lab,C}} \times \Delta T_C \quad (2.4)$$

2.4.4. Kızılötesi yansıtıcı kaplamaların faydaları ve uygulamaları

Kızılötesi yansıtıcı kaplamaların kullanılmasının amacı, güneş ışınlarının önemli bir miktarını renkli yüzeylerden uzağa yansıtarak onları daha serin tutmaktır. Daha serin yüzeyler malzemeler ve kullanıcılar için birçok açıdan fayda sağlamaktadır. Bu yapılar özellikle sıcak iklimlerde daha düşük klima talebi ile enerji maliyetlerinin düşürülmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca inşaat malzemelerindeki ısıl gerilme azalmakta ve bu sebeple sıcaklığa duyarlı malzemelerin dayanıklılığına katkıda bulunmaktadır. Giysilerin, kaskların veya insan derisine temas eden diğer nesnelere de daha serin olan yüzeyleri, çalışma ortamlarında ya da boş zaman aktivitelerinde insanlar için konfor sağlamaktadır. Son olarak, bazı ulusal kısıtlamalar ya da düzenlemeler, çevrenin korunması ve Kentsel Isı Adası Etkisi adlı sınırlandırma amacıyla solar yansıtıcı yüzeylerin uygulanmasını zorunlu kılmıştır (Ravenswaaij ve Huijnen 2013). Kızılötesi yansıtıcı kaplamaların diğer faydaları ise:

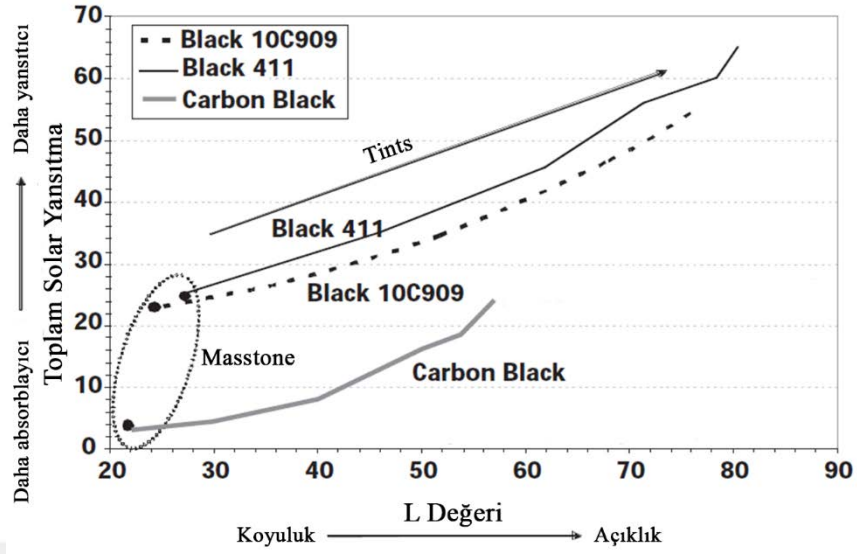
- Daha az polimer bozulması nedeniyle daha uzun kullanım ömrü,
- Daha konforlu kullanım için daha serin temaslar sunması,
- Gelişmiş sistem dayanıklılığı ve daha az termal bozulma,
- Estetik açıdan hoş renklerin elde edilebilmesi şeklinde sıralanabilir.

Yukarıda bahsedilen faydalara ek olarak, kızılötesi yansıtıcı kaplamaların çatı kaplama malzemesi olarak kullanımlarında da fayda vardır. Bunlar ise:

- Bina içlerine daha az ısı transferi,
- Azalan ‘Kentsel Isı Adası Etkisi’,
- Özellikle ekvatorial bölgelerde klima için düşük enerji talebi,
- Düşük enerji kullanımı, elektrik santrali emisyonları ve kentsel hava sıcaklıklarındaki azalmadan dolayı hava kirliliğinde azalma,
- Montaj ekipleri için çatılar daha geç ısındığından dolayı daha uzun çalışma süreleri,
- Çok yüksek dayanımlı ve uzun ömürlü kaplama yapıları sunması şeklinde sıralanabilir (Bendiganavale ve Malshe 2008).

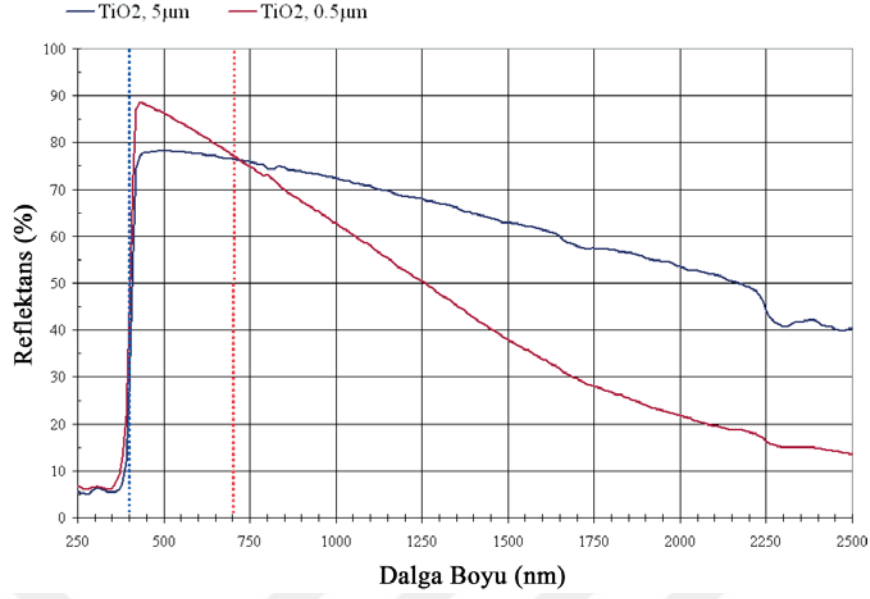
Kaplamanın kızılötesi yansıtıcılığını etkileyebilecek bazı faktörler, bireysel pigment seçimi, öğütme ve dispersiyon, tanecik boyutu, harmanlama, opaklık ve kontaminasyondur. Bunları biraz daha açmak gerekirse:

- **Bireysel Pigment Seçimi:** Kızılötesi yansıtıcı kaplamalar yapmak için yakın kızılötesi bölgede en yüksek yansıtma özelliğine sahip pigmentler seçilmelidir. Pigmentler, pigmentin L, a ve b değerlerine bağlı olarak ihtiyaç duyulan renk tonuna dayanarak seçilmelidir (Bendiganavale ve Malshe 2008). Karbon siyahı, demir oksit siyahı veya bakır kromit siyahı çoğu formülasyon için standart siyah pigmenttir, ancak çok düşük kızılötesi yansıtma özelliğine ve yaklaşık %6 TSR değerine sahiptir. Serin kaplamaları formüle etmek için çözümlerden biri kızılötesi yansıtıcı siyah pigment kullanmaktır. Şekil 2.15’te titanyum dioksit ile karıştırılmış siyah pigmentlerin dikey ekseninde TSR değerinin (%) yatay ekseninde ise açıklık değerinin (L) gösterildiği eğriler verilmiştir. Burada her bir çizgi, yoğun renkler olarak soldaki nokta (düşük L değeri) ile birlikte farklı bir pigmenti temsil eder. Beyaz eklemek L değerini ve TSR’yi artırır. Grafiklerden görebileceği gibi standart siyahlar, %25’lik bir TSR değerine ulaşmadan önce hafif ile orta arasında gri renk ile karıştırılmaya ihtiyaç duyarken, %25 civarında TSR ile düşük L değerli yoğun tonlu renkler ise IR yansıtıcı siyahlar ile elde edilebilmiştir (Ryan 2005).



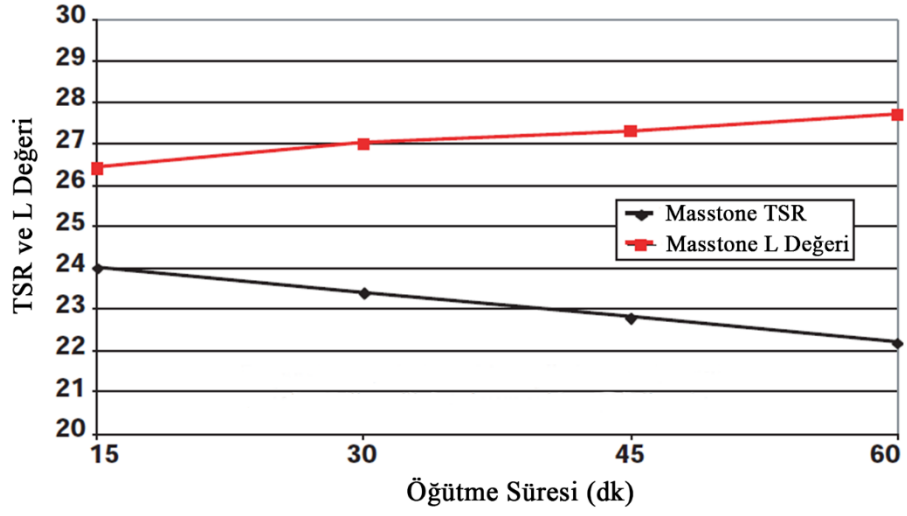
Şekil 2.15. TiO₂ ile karıştırılmış siyah pigmentlerin TSR ve L değerlerinin incelenmesi (Ryan 2005)

- **Tanecik Boyutu:** Pigmentin tanecik boyutu çok önemli bir parametredir. En yüksek yansıtma oranı için tanecik boyutu, yansıtılacak olan ışığın dalga boyunun yarısından daha fazla olmalıdır. Bu nedenle, 700-1100 nm dalga uzunluğundaki kızılötesi ışığı yansıtma için tanecik boyutu en az 0,35-0,55 mikron olmalıdır. Aşırı öğütme ve dispersiyon bu nedenle zarar verici olabilir (Bendiganavale ve Malshe 2008). Aynı miktarda yüklenen iki farklı tanecik boyutuna sahip TiO₂ parçacıklarının yansıtma eğrileri Şekil 2.16'da verilmiştir. Burada grafik incelendiğinde mavi eğri, daha büyük tanecik boyutuna sahip TiO₂'nin dalga boyu arttıkça daha yüksek bir yansıtma sağladığı göstermiştir. Böylece teori ve uygulama birbirini karşılamış olmaktadır.



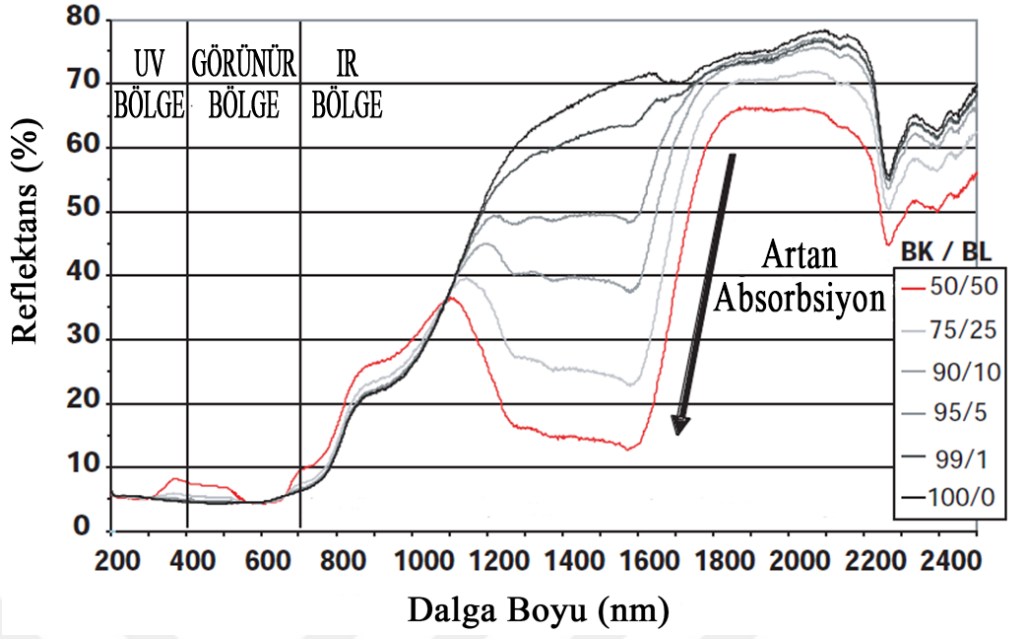
Şekil 2.16. Aynı miktardaki farklı tanecik boyutuna sahip TiO₂'in yansıtma eğrileri (Detrie ve Swiler 2009)

- **Dispersiyon:** Kızılötesi yansıtıcı pigmentler poliester, akrilik ve floropolimer sistemleri dahil hemen hemen tüm solvent ve su bazlı kaplama sistemleri ile uyumludur. Tam dağılım ve optimum özelliklerin elde edilmesi için, pigmentler küçük bir değirmende en az 7 Hegman'da disperse edilmelidir. Pigmenti fazla öğütmemeye özen gösterilmelidir. İlave öğütme, pigmenti daha küçük taneciklere böler ve renk kaymalarına neden olur, bu da genellikle renk tonu kuvvetini artırır ancak yoğun tona sahip pigmentler de renk açılacaktır. Şekil 2.17'de kızılötesi yansıtıcı siyah bir pigmentin (Black 10C909) artan öğütme süresi ile L ve TSR değerlerinin nasıl değiştiği gösterilmektedir. Burada yoğun tonlarda öğütme süresi arttıkça renk tonu açılmakta ve TSR değeri daha düşmektedir, bu her iki durum da istenmemektedir (Ryan 2005).

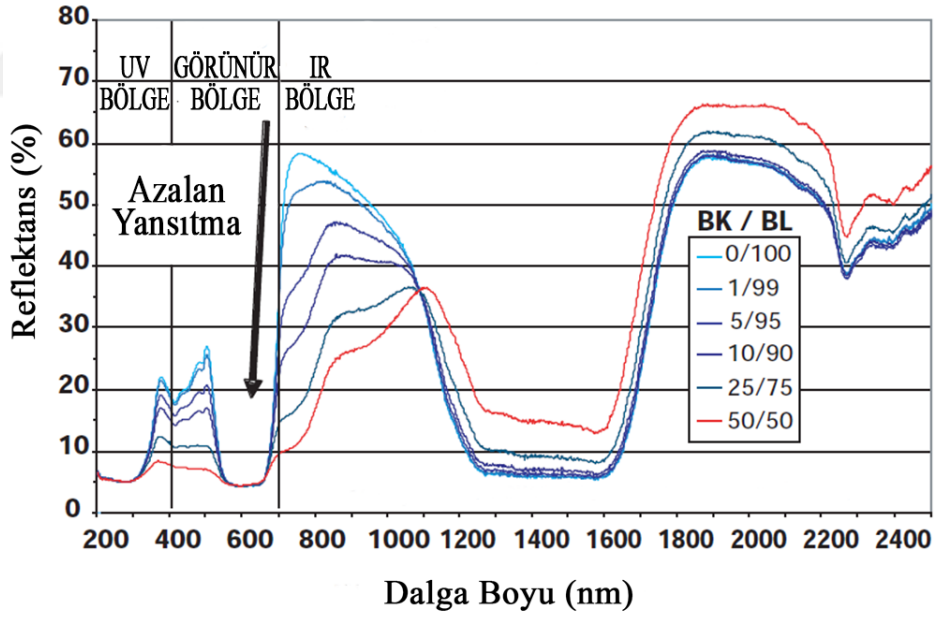


Şekil 2.17. Kızılötesi yansıtıcı siyah pigmentin öğütme süresine bağlı L ve TSR eğrileri (Ryan 2005)

- Pigmentlerin Harmanlanması:** Birden fazla pigment ile bir kaplama formüle edilirken son derece dikkatli olunmalıdır. İki kızılötesi yansıtıcı pigmentin kombinasyonu, kaplamanın toplam yansıtma değerini artırabilir. Fakat, farklı pigmentlerin farklı bölgelerde absorblama yaptığı bazı durumlarda, toplam yansıtma değeri bireysel pigmentlerin yansıtma oranından daha düşük olabilmektedir. Bu gibi durumlarda absorpsiyon, saçılmayı çok etkiler. Bu nedenle, kızılötesi yansıtıcı kaplamalar yapmak için bir pigment kombinasyonu seçerken dikkatli olunmalıdır (Bendiganavale ve Malshe 2008). Şekil 18 ve 19’da kızılötesi yansıtma özelliğine sahip siyah bir pigment (Black 10C909) ile kızılötesi yansıtma özelliğine sahip mavi bir pigmentin (Blue 211) çeşitli oranlarda harmanlanması sonucu elde edilen yansıtma eğrileri yer almaktadır. Şekil 2.18’de yansıtıcı siyah pigment içeriğindeki mavi pigment oranı arttıkça kızılötesi bölgede ciddi bir şekilde yansıtma oranının düştüğü gözlenebilmektedir. Şekil 2.19’da ise yansıtıcı mavi pigment içeriğindeki siyah pigment oranı arttıkça kızılötesi bölgedeki yansıtma miktarı artmaktadır.

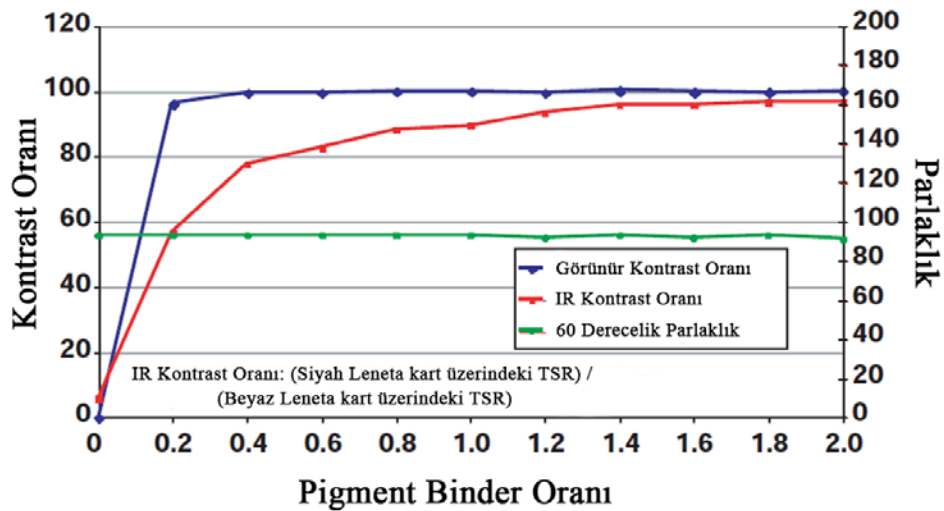


Şekil 2.18. Kızılötesi yansıtıcı siyah pigment içeriğine yansıtıcı mavi pigment eklenmesi ile elde edilen yansıtma eğrileri (Ryan 2005)



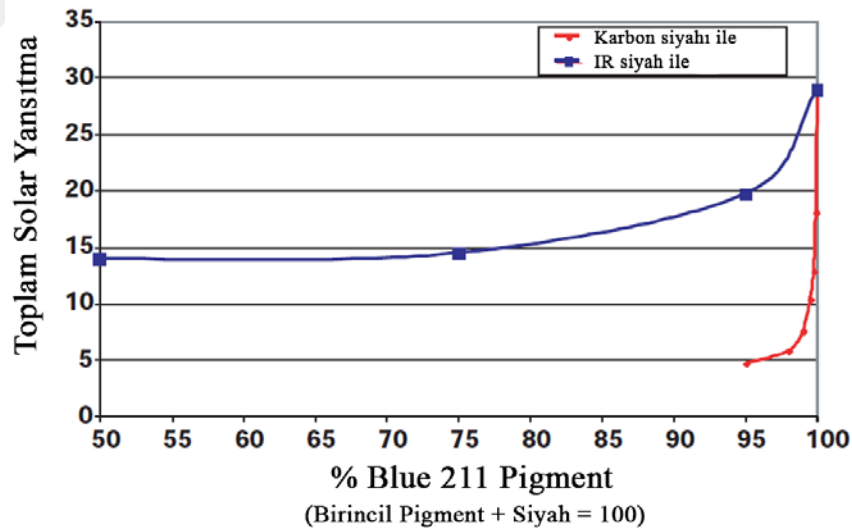
Şekil 2.19. Kızılötesi yansıtıcı mavi pigment içeriğine yansıtıcı siyah pigment eklenmesi ile elde edilen yansıtma eğrileri (Ryan 2005)

- **Opaklık:** Kızılötesi yansıtıcı pigmentler yüksek görünür opaklığa sahiptir. Bu pigmentler yalnızca kızılötesi ışınları saçmakta veya iletmektedir. İnce filmler, kaplamadan gelen tüm kızılötesi ışınları saçmayabilir ve yansıtmayabilir, yüzey boyunca ışınların geçişine izin verebilir. Dolayısıyla, bu tür kaplamalar görsel opaklığa sahiptir ancak kızılötesi ışığa tam olarak opak değildir. Böylece, kaplamanın kızılötesi ışığa opak olması için daha yüksek kaplama kalınlığı gerekebilir. Film kalınlığının dışında, pigment konsantrasyonu hacmi de bir kaplamanın kızılötesi ışınlarına olan opaklığını belirlemede de önemli bir rol oynamaktadır (Bendiganavale ve Malshe 2008). Bir boya filminin kızılötesi bölgede yarı saydam dururken görsel olarak nasıl opak olabileceği Şekil 2.20’de gösterilmektedir. Çeşitli pigment-binder oranına sahip kaplamalar elde edebilmek için solvent bazlı hava etkisi ile kuruyan akrilik binder kullanılmıştır. Boyalar, Leneta opaklık kartlarının siyah ve beyaz kısmı üzerinde işlem görür. Görünür kontrast oranı okunur ve ‘TSR kontrast oranı’, kartın siyah kısmı boyunca okunan TSR değerinin kartın beyaz kısmı üzerinden okunan TSR değerine bölerek belirlenir. Her pigment-binder oranı için ilgili kontrast oranı kaplamanın 60 derecelik parlaklığı ile birlikte grafik içerisine yerleştirilmiştir. Görüldüğü gibi filmler, kızılötesi opaklığından çok daha önce görsel opaklık elde etmiştir (Ryan 2005).



Şekil 2.20. Bir boya filminin görünür ve kızılötesi bölgedeki opaklık davranışı (Ryan 2005)

- **Kontaminasyon:** Farklı bölgelerde absorblayıcı olan iki kızılötesi yansıtıcı pigment karıştırıldığında kontaminasyon meydana gelir. Kızılötesi yansıtıcı bir pigment, kızılötesi absorblayıcı bir pigment ile karıştırıldığında ise durum daha da kötüleşir. Bu tür kontaminasyonlar, kaplamalar üzerindeki toplam solar yansıtma oranını büyük ölçüde etkiler (Bendiganavale ve Malshe 2008). Şekil 2.21’de kızılötesi yansıtıcı siyah bir pigment (Black 10C909) ile kızılötesi yansıtıcı mavi bir pigment (Blue 211) karıştırıldığında TSR değerindeki düşüşü gösteren eğri verilmektedir. TSR değerine daha da fazla zarar veren ise karbon siyahı gibi, kızılötesi yansıtıcılığı olmayan bir siyahın kontaminasyonu veya tasarımıda yer almasıdır. Karbon siyahı %0,1 gibi küçük bir oranda eklediğinde karışımın TSR değerini büyük ölçüde etkilemekte ve grafikte görüldüğü gibi renk, dramatik bir şekilde değişime başlamaktadır. Az bir miktarda bile kızılötesi yansıtıcı olmayan renklerin kullanılması TSR değeri üzerinde güçlü etkilere sahip olabileceğinden değirmenlerin ve taşıma ekipmanlarının temiz olması gerektiği unutulmamalıdır (Ryan 2005).



Şekil 2.21. Karıştırılarak elde edilmiş kızılötesi yansıtıcı pigment ve karbon siyahı kontaminasyonunun TSR eğrileri (Ryan 2005)

Kızılötesi yansıtıcı pigmentler çatı kaplama, vinil pencere ve sürme sistemleri, otomotiv, çimento ve beton uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu uygulamalar haricinde yansıtıcı pigmentler askeri kamuflaj ve ateşten kızılötesi yansıtma gibi uygulamalarda da kullanılabilir.

Kızılötesi yansıtıcı çatı kaplama sistemleri, Kentsel Isı Adası Etkisini, sera gazı salınımını, hava kirliliğini, bina içerisinde gerçekleşen ısı transferini ve dolayısıyla enerji tüketimini azaltır. Bu çatı kaplama sistemleri sayesinde bina içerisine doğru gerçekleşen ısı akışı engellendiğinden dolayı klima üzerine düşen yük azalmakta ve böylece enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Aynı zamanda kişi konforu da sağlanmış olmaktadır (Kültür 2010).

Modern mimari tasarımlarda geniş cam yüzeylerin kullanılmasına oldukça fazla yer verilmektedir. Geniş cam yüzeyler, binanın estetik görünümüne ve bakımın masraflarının azaltılmasına katkıda bulunmakta, ancak enerji tüketimini arttırmaktadır. Bu cam yüzeyler, kış mevsiminde büyük ısı kayıplarına ve yaz aylarında ise doğrudan güneş ışınması ile aşırı ısınmaya neden olmaktadır. Bu camlardan kaynaklanan bir diğer olumsuz durum ise, bir binayı serinletmenin ısıtmaya kıyasla üç ile altı kat daha fazla maliyetli oluşudur. Bu sebeple kızılötesi yansıtıcı malzemeler kullanılarak pencereler için özel kaplamalar da sentezlenmiştir. Altın gibi metallerin ince metalik filmlerinin kızılötesi yansıtıcı özellikleri pencere kaplamaları yapmak için kullanılabilir. Bu filmler yeterince ince olduğunda, görünür ışığı iletmekte ve gelen güneş ışığının kızılötesi kısmını yansıtmaktadır. Mimari camcılık üzerinde ısı yansıtıcı altın kaplamalar iki temel dezavantaja sahiptir. İnce altın filmler, görünür ışığı iletirken bile, sadece kızılötesi ışımaya değil, aynı zamanda görünür güneş ışığına karşı da oldukça yansıtıcıdır. Bu özellik, gözlemcilerle karşı sakinçali olan metalik bir parlamaya neden olur. Ek olarak altın, sadece ince bir film olarak kullanılsa bile pahalıdır. Kadmiyum stanat (Cd_2SnO_4), Haacke Gottfried'in kızılötesi yansıtıcı kaplamalar yapmak için kullandığı en şeffaf, ısı yansıtıcı yarı iletkenlerden biridir. Bu filmler, 2 mikron kalınlığında %80 yansıtma ve 6 mikron kalınlıkta ise %90 yansıtma sağlamaktadır. Bu özellikleri sağlayan kadmiyum stanat filmler sera örtüsü uygulamaları için son derece uygundur. Kadmiyum stanatın bakır ile katkılanmasının kızılötesi yansıtma oranını arttırdığı ve bu malzemeden yapılmış filmlerin mimari pencere kaplamaları için de kullanılabileceği bulunmuştur.

Sert PVC, sıcaklığa duyarlı bir üründür ve sıcaklık artışı oldukça deforme olmaktadır. Vinil dış cephe kaplaması, doğru şekilde üretilmemişse biçimleri bükülme ve burulma eğilimindedir. Renk elde etmek için kullanılan düzenli pigmentler genellikle çok daha kötü bükülme eğilimi gösterir. Bu gibi durumlarda kızılötesi yansıtıcı pigmentler

kullanılabilmektedir. Yansıtıcı pigmentler, beyazdan başka renklerin elde edilmesine olanak sağlamakta ve aynı zamanda bükülme ve burulma davranışlarını azaltmaktadır.

Çimento uygulamalarında ise kızılötesi yansıtıcı pigmentlerin renklerinde solma olmaz ve ısı oluşumuna karşı direnç gösterirler. Kızılötesi yansıtma özelliği, rengin daha uzun süre kalıcı olmasını sağlamaktadır. Ayrıca çimento kaldırımı sıcak iklimlerde daha serin kalmaktadır.

Koyu renkli araçlar yaz aylarında açık renkli araçlara göre daha sıcak olmaktadır. Koyu renkli döşemelerin bakımı kısmen daha kolay, ancak açık renkli döşemelere kıyasla daha çok ısınmaktadır. Aracın ısı birikimini azaltmak için kızılötesi yansıtıcı pigmentler kaplama formülasyonunda kullanılabilmektedir. Bu pigmentler birkaç yıldır renk haslığı, kızılötesi yansıtma ve diğer özellikler hususunda iyi bir performans sağlamaktadır. Ancak belirtilen kaplamalar sadece metal yüzeydeki kızılötesi ışınları yansıttığı için aracın cam bölümlerinden kaynaklanan ısınma devam etmektedir. US5405680 numaralı ABD Patenti, yarı metal ve seçime bağlı olarak emisyonlu metal içeren bir kaplamanın otomobil camına uygulanarak kullanımını açıklamaktadır. Yarı metal film, gelen solar ışınmayı yansıtmakta ve görünür ışığı iletmektedir. Yapılan çalışmada kullanılan malzemeler iyi bir kızılötesi yansıtma sergilemiştir.

Askeri teçhizatı ve personeli kamufle etmek için, kaplamalara sentetik yeşil pigmentler eklenmiştir. Ancak konvansiyonel yeşil pigmentler kızılötesi ışını absorbe ederek istenmeyen ısınmalara sebep olmaktadır. Uygunsuz bir şekilde formüle edilen kamuflaj rengi, kızılötesi görüntüleme ekipmanlarıyla görüntülendiğinde parlak bir zemine karşı siyah renkte görünmektedir. Kızılötesi yansıtıcı pigmentlerin kullanımı, insan gözüne ve ayrıca kızılötesi kameraya yeşillik gibi görünen malzemelerin formülasyonunu mümkün kılar. US6468647 numaralı ABD Patenti, iyi bir kızılötesi yansıtma için renkli metalik pigmentlerin kullanımını açıklamaktadır. Patente göre renk, metalik pigmentlerin kızılötesi yansıtma oranını kontrol etme kabiliyetine müdahale etmeyecek şekilde metalik yüzeylere dahil edilmiştir (Bendiganavale ve Malshe 2008).

Ateşe dayanıklı boyalar ısı yansıtacak ve ısıdan izole edecek şekilde formüle edilmiştir. Kızılötesi yansıtıcı pigmentler, kaplanmış yansıtıcı yüzeyin sıcaklığını ateşleme sıcaklığının altında tutarlar. US5811180 numaralı ABD patenti, ateş ışınımının yansımalarını sağlamak için kaplama bileşiminde belirli kızılötesi yansıtıcı pigmentlerin kullanılmasını

tanımlamaktadır. Bu yakın kızılötesi yansıtıcı kaplamalar yangın risklerini azaltmak ve yüzey tutuşmasını engellemek için ahşap malzemelerin, polimerlerin, kumaşların ve kağıtların yüzeyi üzerinde kullanılabilir. Yanıcı sıvılar için yanmaz ve boyalı metal konteynerler, konteyner yüzeyini daha serin tutmak için bu tür kızılötesi yansıtıcı yapılar ile kaplanabilir. Böylece yakında bir yangın olduğunda yanıcı sıvı içeriğine sahip olan konteyner daha serin kalarak sıvının yanma sıcaklığına ulaşmasını engelleyecektir (Fang ve ark. 2013).

2.5. Demir Oksit ve Kızılötesi Yansıtıcı Pigment Konusunda Yapılan Çalışmalar

Qin ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada, karboksil selüloz nanoküreciklerin yüzeylerine birlikte çöktürme kimyasal işlemi ile demir oksit (Fe_3O_4) bağlanarak manyetik kompozit nanopartiküller (MNPs) hazırlanmıştır. Hazırlanan bu nanopartiküller, atomik kuvvet mikroskopisi, geçirimli elektron mikroskopisi, Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi, geniş açılı X ışını kırınım ölçümü, termal yoğunluk analizi ve titreşimli numune manyetometrisi ile karakterize edilmiştir. Parçacıkların çoğu küresel formda ve dar bir boyut dağılımına sahiptir. Bunun yanında yüksek doyumluk manyetizasyonu ile birlikte süperparamanyetik davranış özelliği göstermişlerdir. Sulu çözeltide lacivertin yüksek etkinlikte oda sıcaklığında uzaklaştırılması, Fenton gibi manyetik kompozit nanopartiküller ve H_2O_2 içeren, MNP'lerin küçük parçacık boyutu, geniş yüzey alanı, yüksek kimyasal aktivite ve iyi disperse olabilme özelliklerinden yararlanan bir sistemde kanıtlanmıştır. Lacivert rengin, 1:2 ağırlık oranında selüloz ve demir ile hazırlanan manyetik kompozit nanopartiküller (MNPs) tarafından tetiklenen uzaklaşma etkinliği, bozunma reaksiyonunun ilk dakikasında %90,6 iken 5 dakika sonra ise %98,0'dır. Ayrıca, bu nanopartiküller harici bir manyetik alan kullanımı ile etkin şekilde geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir. Bu çalışmada sunulan yaklaşım; kataliz, manyetik rezonans görüntüleme, biomedikal ve diğer olası uygulamalar için farklı inorganik nano materyallerin hazırlanması ve stabilizasyonundaki şablonlar olarak yenilenebilir doğal kaynakların kullanımını desteklemektedir (Qin ve ark. 2015).

Wang ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, yüksek yakın kızılötesi yansıtma özelliğine sahip $KZn_{1-x}(Fe)_xPO_4$ ($x=0,00-0,05-0,10-0,15$) yeni tür kırmızı renkli inorganik pigment kullanılmıştır. Çalışmalarda pigmenti hazırlamak için birlikte çöktürme yöntemi

kullanılmıştır. Ürünlerin yapısı ve yansıtma özellikleri UV-VIS-NIR spektrofotometre ve XRD cihazı ile araştırılmıştır. Sonuçlar, Fe^{3+} katkılıktan sonra $KZnPO_4$ 'ün kristal yapısının değişmediğini göstermiştir. $KZn_{1-x}(Fe)_xPO_4$ toz pigmentinde Fe^{3+} ($x=0,05-0,10-0,15$)'ün artan konsantrasyonu ile numunelerin rengi koyulaşırken band aralığı 2,00 eV'da 1,95 eV'a kadar azalmıştır ve yakın kızılötesi yansıtma değeri ise %74,7'den %67,1'e kadar düşmüştür. Buradaki renk değişikliğinin nedeni ${}^6A_{1-4}E$ ve ${}^6A_{1-4}T_2$ 'de Fe^{3+} iyonun d-d-orbital elektron geçişi ve $2p(O^{2-})-3d(Fe^{3+})$ 'ün metal ve ligand arasındaki sarj geçişi olabilir diye açıklanmıştır. Yansıtma değerinde ki düşüş ise dörtyüzlü $[Zn(Fe)PO_4]^-$ 'ün iskeleti üzerindeki azalan elektron miktarından ve ${}^6A_{1-4}T_1$ 'de Fe^{3+} iyonun d-d-orbital elektron geçişi kaynaklanıyor olabilir diye açıklanmıştır. Yapılan çalışmalarda $x=0,10$ için sentezlenen $KZn_{0,9}(Fe)_{0,1}PO_4$ toz pigment 170, 232 ve 312 μm kalınlıklarında kaplanmıştır. 312 μm kaplama kalınlığında kaplanmış alüminyum levha için yakın kızılötesi yansıtma değeri %46,7'ye ulaşmıştır ve bu değer 364 μm kalınlığında aynı renk konvansiyonel pigment ile kaplanmış numunenin yansıtma değerinden (%32,1) daha yüksektir. Bu çalışma daha yüksek NIR yansıtma ile $KZn_{1-x}(Fe)_xPO_4$ kırmızı pigmentin bina çatı kaplama malzemeleri için 'serin pigmentler' olarak kullanabileceğini göstermiştir (Wang ve ark. 2014).

Gao ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, TiO_2 nano parçacıkları modifiye edilmiş içi boş uçucu kül küreciklerin (HFBs) yüzeyleri üzerine kimyasal sıvı biriktirme yöntemi kullanılarak çökeltilir. Bu çalışmada içi boş küreciklerin yüzey modifikasyon mekanizması, TiO_2 ince katmanların kaplama mekanizması ve kompozit pigmentlerin NIR yansıtma özellikleri araştırılmıştır. HFBs, kömür santrallerinde üretilen alüminosilikat yönünden zengin bir yan üründür. HFBs, dışı sert cam ve içi inert gazdan meydana gelen tipik inorganik içi boş katı parçacıklı bir malzemelerdir ve düşük yoğunluk, düşük termal iletkenlik ve iyi dispersiyon özelliği gösterir. Özel içi boş yapısı nedeniyle, düşük termal iletkenlik ile HFBs ideal bir termal yalıtım malzemesidir. $Ca(OH)_2$ doymuş çözeltisi ile içi boş uçucu kül küreciklerinin yüzey modifikasyonu kalsiyum silikat hidratın varlığında meydana gelir. Yüzey modifikasyonu içi boş küreciklerin yüzeyleri üzerindeki TiO_2 nano taneciklerinin mikro morfolojisi ve büyümeleri üzerine büyük bir etkiye sahiptir. Modifiye edilmiş içi boş kürecik yüzeyleri ve hidratlaştırılmış TiO_2 arasındaki elektrostatik itme kuvveti yüzey modifikasyonundan sonra önemli ölçüde azaltılmış, yüksek TiO_2 yüklemesi ile homojen ve üniform TiO_2

filminin oluşması kolaylaşmıştır. Dahası içi boş kürecik/TiO₂ kompozit pigmentin [HFB(II)/TiO₂] yakın kızılötesi solar yansıtma değerleri 0,68 iken işlem görmemiş içi boş küreciğin [HFB(I)] yansıtma değeri 0,37'dir. Ayrıca kalsiyum silikat levhanın iç yüzey sıcaklığı HFB(II)/TiO₂ 'de 75,1°C iken HFB(I)'de 103,2°C'dir. Bu sonuçlar göstermiştir ki içi boş uçucu kül kürecikler/TiO₂ kompozit pigment, termal yalıtım uygulamaları için umut verici aday bir malzemedir (Gao ve ark. 2016b).

Han ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, YFe_xMn_{1-x}O₃ demir katkılı bileşiğin serin pigment olarak kullanılabilceği ispatlanmaya çalışılmıştır. Burada YFe_xMn_{1-x}O₃ (x = 0-0,05-0,10-0,15 ve 0,20) toz numuneleri belirli kalsinasyon sıcaklığında modifiye sitrat metodu kullanılarak sentezlenmiştir ve onların kristal yapısı, kromatik ve yakın kızılötesi yansıtma özellikleri araştırılmıştır. YFe_xMn_{1-x}O₃ (x 0'dan 0,20'ye) numuneleri, mavi-yeşilden soluk mavi ve sonra koyu maviye renkleri geniş aralıkta gösteren modifiye sitrat metodu kullanılarak sentezlenmiştir. Uygun pigmentli kaplamalar (x=0,20 hariç olmak üzere) belirgin yansıtma performansı sergilemiştir. Fe³⁺ konsantrasyonunun sistematik olarak artışıyla (x = 0-0,10-0,15) NIR yansıtma değeri maksimum %47,6'dan %60,6'a kadar ulaştığı görülmüştür. Diğer yandan artan Fe³⁺ konsantrasyonu ile x = 0,20 için NIR yansıtma değeri maksimum %37,1 olarak kaydedilmiştir. Pigmentlenmiş kaplamaların x = 0-0,05-0,10-0,15-0,20 konsantrasyonları için sırasıyla solar yansıtma değerleri %20,4-%22,7-%25,3-%28,4 ve %18,1 olarak hesaplanmıştır. Tasarlanmış pigmentler herhangi bir toksik metali içermediğinden dolayı serin pigmentler gibi çevresel açıdan tehlikesiz olarak nitelendirilmiştir. Bu çalışma demir katkılı YMnO₃ bileşiklerinin potansiyel uygulamalarını genişletmenin imkânını vurgular (Han ve ark. 2013).

Coser ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, renkli kaplamaların güneş ışığını yansıttığını ve beyaz kaplamalara benzer şekilde ısıttığını göstermek amacı ile konvansiyonel pigment içeren 4 kaplama, serin pigment içeren 4 kaplama olmak üzere kaplamanın 8 türü üzerine çalışılmış ve elde edilen ürünler 20x20x0,8 cm lifli çimento plakalarına uygulanmıştır. Numuneler renk ölçümü, spektral yansıtma ölçümü ve numunelerin ön ve arka yüzey sıcaklık ölçümleri ile karakterize edilmiştir. Numunelerin ASTM D 2244-14'e göre renk, ASTM E 903-12'e göre yansıtma özellikleri ve ASTM C1371-10'e göre termal performans özellikleri değerlendirilmiştir. İlaveten spektral yansıtma ve IR yayım değerleri ölçülmüş ve numunelerin solar yansıtma değerleri hesaplanmıştır. Aynı rengin serin pigment hali ile standart pigment hali CIE Lab standardı ile ölçüldüğünde sonuçlar

çok benzer çıkmıştır. Boya formülasyonunda serin pigment kullanımı, görünür bölgede renklerin benzer yansıtma sağlarken NIR bölge içerisinde daha yüksek yansıtma sağlayan kaplamaların geliştirilmesine izin verir. Serin boyalar ile kaplanmış lifli çimento plakaları bir IR lamba ile ışık tutulduğu zaman standart kaplanmış plakalardan daha düşük sıcaklık göstermiştir. Bu durum yansıtıcı pigment içeren boyaların çatı ve duvarlarda kullanılması ile NIR ışınımı yansıtacağı ve binaların sıcaklığının azaltılacağını göstermiştir. Ayrıca serin renklendirilmiş boyalar, beyaz boyanın alternatifi olarak kullanılmıştır (Cosser ve ark. 2015).

Han ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, yeni geliştirilen bir dizi renklendirilmiş serin kaplamaların termal performansı incelenmiştir. Bu çalışmada akrilamid teknolojisi kullanılarak kübik florit yapılı $La_2Mo_{2-x}Fe_xO_9$ ($x=0-0,03-0,05-0,08-0,10$) nano kristalin malzemeler elde edilmiş ve bu malzemelerin kristal yapıları, kromatik ve NIR spektral yansıtma özellikleri incelenmiştir. Uygun olan pigmentli kaplamaların termal performansı, NIR yansıtma özellikleri, solar yansıtma özellikleri ve iç mekân hava sıcaklığının etkisi incelenerek hesaplanmıştır. Uygun olan akrilik temelli kaplamalar GB/T 25261-2010 standardına göre hazırlanmıştır. $La_2Mo_2O_7$ bileşiğinin içeriğinde yer alan Mo^{6+} ile Fe^{3+} 'ün yer değiştirmesi, rengin beyazdan parlak sarıya değişimine neden olur. Fe^{3+} katkılı pigmentler %71-93 gibi yüksek bir yakın kızılötesi spektral yansıtma sahiptir. Sentezlenmiş pigmentler ile renklendirilmiş kaplamalar, aynı rengin konvansiyonel kaplamaları ile kıyaslandığında %61-75 gibi daha yüksek solar yansıtma değeri gösterirken simüle edilmiş deneylerde iç mekân sıcaklık farkı $4,5^{\circ}C$ 'ye ulaşarak belirgin bir termal performans sergiler. Tasarlanmış renklendirilmiş serin kaplamalar herhangi bir toksik metal içermez ve bundan dolayı bu malzemeler çevresel olarak zararsız kabul edilir. Bu çalışmada binalar için bir dizi yeni ve yüksek performanslı renklendirilmiş serin kaplamalar sunulmaktadır (Han ve ark. 2014).

Miao ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, ışık kontrollü kumaşların üretilmesi için radyo frekans (RF) magnetron püskürtme teknolojisi kullanılarak poliester kumaş üzerine AZO/Ag/AZO çok katmanlı filmleri biriktirilmiştir. Bu çalışmada AZO/Ag/AZO kaplanmış poliester kumaşların yüzey morfolojisi, kristal yapısı, ıslanabilirliği, hava geçirgenliği, UV ışınım koruması, görünür bölge geçirgenliği ve kızılötesi özellikleri araştırılmıştır. Bunun içinde hazırlanmış numuneler taramalı SEM, XRD ve FTIR kullanılarak analiz edilmiştir. Çok katmanlı filmlerin yüzey morfolojisi ve Ag iç katmanın

gelişimi SEM ile analiz edilirken çok katmanlı filmlerin kristal yapısı XRD ile analiz edilmiştir. Ag iç katman yaklaşık 10 nm kalınlıkta sürekli film oluşturmaya başladığında kumaş yüzeyi üzerinde ilk olarak Ag iç katmanın gelişimi gözlenmiştir. AZO katmanlar, diğer rijit yüzeyler üzerinde biriken ile aynı üç katmanlı filmlerin içinde iyi tanımlanmış vurzit yapısı göstermektedir. AZO/Ag/AZO ile sırasıyla 30/13/30 nm kalınlıklarda kaplanmış poliester kumaşın yaklaşık 91,5° temas açısı, 100 Pa basınçta 18 ml/s/cm² hava geçirgenliği, 35,01 ultraviyole koruma faktörü, %2,7 görünür bölge geçirgenliği ve %95 oranında yüksek IR yansıtma değeri sergilediği görülmüştür. Bu nedenle AZO/Ag/AZO kaplanmış kumaşlar ışık kontrolü, UV kalkanlama, suya dayanıklılık ve nefes alabilen kaplama uygulamalarında kullanılabilir (Miao ve ark. 2015).

Jeevanandam ve arkadaşlarının yaptığı bu çalışmada, yakın kızılötesi ışığı (NIR: 700-2500 nm) yansıtma yeteneği için nano kristalin metal oksitlerin tozları yaygın kullanılan makro kristalin tozlar ve seçilmiş olan mineraller (kalsit, magnezit ve rodokrozit) ile kıyaslanır. Nano kristalin metal oksitler daha yüksek NIR yansıtma değerlerine sahiptir ve Kubelka-Munk (KM) teorisine göre bu durum daha küçük kristalit boyutlarının ortalama agregat boyutları ile ilgili olmasına dayanır. KM teorisine göre kimyasal açıdan özdeş oksitler için ortalama tanecik boyutundaki azalış ile yansıtmanın arttığı bulunmuştur. Kıyaslama işlemi nano kristalin metal oksitlerin, onların makro kristalin özdeşlerinin ve seçilmiş olan minerallerin yansıtma özellikleri arasında yapılmıştır. Nano kristalin metal oksitlerin fiziksel olarak modifiye edilmiş özdeşleri ve seçilmiş olan mineraller eleme ve granülasyon ile hazırlanmış ayrıca yansıtma üzerinde tanecik boyutunun etkisinin anlaşılması için çalışılmıştır. Çalışılan malzemelerin gözlenmiş yansıtma özellikleri örneğin ortalama tanecik boyutu (kristalit boyutu) ve kırılma indeksi gibi fiziksel parametrelerin temeli üzerine açıklanmıştır. Genel olarak nano kristalin oksitlerin NIR yansıtması, makro kristalin benzerlerine ve seçilen minerallere göre yaklaşık %15-20 daha yüksektir. Nano kristalin metal oksitlerin yansıtma özellikleri üzerine nem oranının ve sıcaklığın etkisini incelendiğinde NIR yansıtma değerinin, değişen sıcaklık (10-45°C) - nem (%40-90) şartlarından etkilenmediği gözlenmiştir. Nano kristalin metal oksitler, 750-1300 nm bölgesi içerisinde NIR yansıtıcı pigment olarak kullanılabilir (Jeevanandam ve ark. 2007).

Al-Kuhaili'nin yaptığı çalışmada, ilk olarak hafniyum oksit ince filmler ısıtılmamış yüzeyler üzerine konvansiyonel elektron ışınıyla buharlaştırma (EBE) yöntemi

kullanılarak hazırlanmış ve bu filmlerin optik sabit değerleri belirlenmiştir. İkinci olarak, hafniyum oksit ince filmler sıcak iklimler için optimize edilmiş ısı yansıtıcı üretilmek için $\text{HfO}_2/\text{Ag}/\text{HfO}_2$ üç katmanlı sistem içerisinde kullanılmıştır. Filmler X-ışını difraksiyonu ve X-ışını fotoelektron spektroskopisi kullanılarak karakterize edilmiştir. Filmler amorf, stokiometrik ve 300 nm dalga boyuna kadar şeffaftır. Kırılma indeksi, absorpsiyon indeksi ve band genişliğini içeren filmlerin optik özellikleri belirlenmiştir. Kırılma indeksi görünür bölge içerisinde nispeten yüksektir (1,89). Doğrudan band genişliği 5,41 eV olarak bulunmuştur. Absorpsiyon 250 nm dalga boyu üzerinde önemsizdir. Hafniyum oksit/gümüş/hafniyum oksit/cam sistemine dayanan bir ısı yansıtıcı geliştirilmiştir. Bu ısı yansıtıcısında görünür bölge içerisinde şeffaf olarak ortalama %72,4 ile geçirgenlik değeri ve yakın kızılötesi bölge içerisinde yansıtma değeri ise %67 olarak bulunmuştur. Böyle bir ısı yansıtıcı enerji tasarruflu pencereleri içeren uygulamalarda kullanılabilir. Hafniyum oksit mekanik, termal ve kimyasal stabilitesi ile birleştirilmiş özellikler bu malzemeyi enerji tasarruf uygulamaları için potansiyel bir aday yapar (Al-Kuhaili, 2004).

Thongkanluang ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, çatı kaplama malzemeleri için yüksek NIR solar yansıtma özelliğine sahip $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-V}_2\text{O}_5$ bileşimine dayanan yeni yeşil pigmentler sentezlenmiştir. Daha sonra bu yeşil pigmentler seramik sırt ile birleştirilip yansıtıcı seramik çatı kiremiti olarak uygulanmıştır ve soğutma üzerindeki verimliliği araştırılmıştır. İlk olarak yüksek yakın kızılötesi (NIR) solar yansıtma özelliğine sahip kompleks inorganik yeşil pigmentler sentezlenmiştir. Pigment tozları TiO_2 , Al_2O_3 ve V_2O_5 karışımı ile Cr_2O_3 'den hazırlanmıştır. Cr_2O_3 ağırlık oranı %80 olacak şekilde sabitlenmiştir ve TiO_2 , Al_2O_3 ve V_2O_5 'in ağırlık oranı toplamda %20 olacak şekilde 39 farklı bileşim elde edilmiştir. Bütün hazırlanmış numuneler 1150 °C'de kalsine edilmiştir. Cr_2O_3 (%80), TiO_2 (%4), Al_2O_3 (%14) ve V_2O_5 (%2) bileşimine sahip S9 numunesi, NIR solar yansıtma değeri %69,6 olan ticari serin pigment tozu ile kıyaslandığında maksimum %82,8 olarak kaydedilmiştir. S9 ve ticari serin pigment, NIR solar yansıtma özelliklerinin test edilebilmesi için seramik çatı kiremiti olarak hazırlanmıştır. Kaplanmış kiremitlerden her biri sıcaklık ölçümü için iki aynı model ev üzerine çatı malzemesi olarak örtülmüştür. S9 kaplamalı seramik çatı kiremitinin bulunduğu odanın iç hava sıcaklığı ticari serin pigment ile kaplanmış seramik çatı kiremitinin bulunduğu odanın iç sıcaklığından yaklaşık olarak 2 °C daha düşük

olduğu bulunmuştur. Yeni formüle edilen yeşil pigmentin NIR yansıtıcı çatı kaplama malzemesi olarak etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Thongkanluang ve ark. 2011).

Chen ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-Co}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ bileşimine dayanan yeni bir yeşil pigmentin sentezlenmesi ve bu pigmentlerin optik özellikleri üzerine çalışılmıştır. Buna ek olarak, askeri kamuflajda pigmentin uygulamalarına bağlı olarak NIR yansıtma performansı üzerine ZnO içeriğinin etkileri tartışılmıştır. $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-Co}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ bileşimine dayanan yüksek yakın kızılötesi yansıtma özelliğine sahip yeni bir yeşil pigment katı hal reaksiyon yöntemi ile sentezlenmiştir. Faz yapısı, yakın kızılötesi yansıtma ve renk parametreleri sırasıyla XRD, SEM, UV-VIS ve kolorimetre ile karakterize edilmiştir. XRD desenleri, bileşimin korindon faz ve spinel fazdan oluştuğunu göstermiştir. Spektral yansıtma ve renk üzerine orjinal karışım içeriğindeki çinko oksit etkisi değerlendirilmiştir. Sonuçlar pigmentin yansıtma değerinin artan ZnO içeriğiyle arttığını göstermiştir. Pigment S8, %49,1 ile minimum yansıma veren S1 ile kıyaslandığında %87,4 ile maksimum yansımayı vermiştir. Buna ek olarak, renk performansı üzerine ZnO içeriğinin etkisi de tartışılmıştır. ZnO içeriği 0'dan 0,4'e kadar arttıkça L^* değeri 27,26'dan 44,68'e kadar devamlı olarak artmıştır. a^* değeri ZnO içeriğinin değişen değeri ile çok küçük şekilde değişim gösterir. b^* değerinin azalışı 590 nm civarında Co^{2+} absorpsiyonundaki azalma ile ilgilidir (Chen ve ark. 2015).

Soumya ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, siyah pamuklu kumaşların yüzeyi üzerine silan ile işlem görmüş nano ZnO hibrit kapsüllü PMMA kaplamaların eklenmesi ile NIR yansıtma özelliği kazandırılmaya çalışılmıştır. Kızılötesi ve morötesi enerji kalkanlama kaplamalar ile geliştirilmiş tekstil yüzeyleri solar ısı koruyucu serin tekstillerin üretiminde yeni geliştirilen bir teknolojidir. Siyah pamuklu kumaşların özünde olan kara cisim ışınması etkisinden dolayı yüksek ısı artış meyili sergilemesi çalışmada tercih edilmesine olanak sağlamıştır. Deneysel çalışmada 3-(Aminopropil) trimetoksi silan modifiyeli nano ZnO hibrit (APZO NHs) ilk olarak hazırlanmıştır ve APZO NHs/PMMA solüsyonu elde etmek için orta düzey PMMA içerisinde stabil koloidal dispersiyon haline dönüştürülmüştür. Bu koloidal hibrit polimer solüsyon çok katmanlı kaplamalar oluşturmak için kumaş yüzeyi üzerine daldırma tekniği ile kaplanır. Yüzeyi geliştirilmiş siyah pamuklu kumaşlar faz analizi, kimyasal etkileşimi ve morfolojik özelliklerinin araştırılması için testlere tabi tutulmuş ve ayrıca NIR yansıtma, UV kalkanlama verimliliği ve antifungal özellikleri de araştırılmıştır. Nano hibrit/polimer son katman UV

absorbsiyon, geliştirilmiş NIR yansıtma, hidrofobiklik ve antifungal özellikler gibi faydalı nitelikler gösterir. Kaplama katmanı 7 kez uygulandığında hibrit son katlar kaplamasız siyah pamuklu kumaşın NIR yansıtma değerini %30'dan %63'e kadar arttırmış ve doğal bir esneklik kazandırmıştır. Hibrit kaplama aynı zamanda su absorpsiyonuna daha az meyilli ve mantar oluşumuna karşı daha dirençli kumaşlar meydana getirmiştir. Silan ile işlem görmüş ZnO içine katılmış PMMA hibritler ile kaplandığında, siyah pamuklu kumaşlar sonunda beyaz pamuklu kumaşlara yakın bir NIR yansıtma değerine erişmiştir (Soumya ve ark. 2016).

Gao ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, mika yüzeyler üzerine rutil TiO_2 biriktirilmesi için basit ve kolay bir çözüm yöntemi ispat edilmeye çalışılmış ve mika-titanya pigmentlerinin solar spektral optik özellikleri üzerine faz bileşiminin, morfolojisinin ve partikül boyutunun etkileri araştırılmıştır. Farklı şekilli rutil TiO_2 kaplanmış mika-titanya pigmentler $70^\circ C$ 'de $TiCl_4$ etanolik çözeltisinin hidrolizi ile hazırlanmıştır. SnO_2 gibi bir rutil yükseltgeyici katkı maddesi TiO_2 'den önce mika üzerine çöktürülmüştür. $TiCl_4$ 'ün kullanımı rutil TiO_2 kaplamalarının morfoloji kontrolünde çok önemli bir rol oynamıştır. TiO_2 yüklemesi arttıkça mono dispers nano iğneler artan tanecik boyutu ile nano çiçekler halinde toplaşır. Zengin nano yapıları ile rutil TiO_2 'in olası kristal büyüme mekanizması önerilmiştir. İlk olarak, anataz TiO_2 ile kıyaslandığında rutil TiO_2 daha güçlü UV kalkanlama yeteneği ve daha yüksek NIR yansıtma göstermiştir. İkinci olarak, 400-700 nm bölgesi içerisinde rutil numunelerin yansıtmaları TiO_2 yüklemesinin artışı ile artmıştır. Üçüncü olarak, daha küçük tanecik boyutlu rutil TiO_2 kaplamalar Kubelka-Munk teorisine göre 1300-2500 nm bölgesi içerisinde daha yüksek yansıtma özelliğine sahiptir. Rutil TiO_2 kaplanmış mika-titanya pigmentlerin yakın kızılötesi solar yansıtma değeri %97 kadar yüksektir. Bunun yanında konvansiyonel rutil TiO_2 pigment ile kıyaslandığında rutil TiO_2 kaplı mika parçaların boyalı ortamda etkili ışık stabilizasyonu sergilediği gösterilmiştir. Bu yüzden form ve boyut kontrolü ile rutil TiO_2 kaplı mika parçaları solar yansıtıcı pigment gibi kullanılabilir (Gao ve ark. 2014).

Yang ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, yüksek yakın kızılötesi yansıtma ile inorganik ve nontoksik pigmentler gibi serin malzemeler elde etmede kullanılan sol-jel teknolojisinden yararlanılmıştır. Bu çalışmada Fe/N ile $MgTiO_3$ 'ün birlikte katkılandığı (FNM) nano toz kullanılmıştır. Denge noktası hatası teorisinden dolayı Fe/N'un yerine geçmesi rengi beyazdan koyu kırmızıya değiştirmesine rağmen bant aralığı 2,11 eV'dan

1,89 eV'a kadar azalmıştır. Amonoliz reaksiyonu parçacık dispersiyonunu ve parçacık boyutunda artışı desteklenir. Buna ek olarak FNM pigmentler 700-2500 nm aralığında yüksek NIR yansıtma (> 65%) ve NIR solar yansıtma (>53,51%) gösterir. Hazırlanmış pigmentler (N katkılı $Mg_{1-x}Fe_xTiO_{3+\delta}$, $x=0,3$) ve konvansiyonel kahverengi pigmentler bina çatı malzemeleri olarak kullanıldıktan sonra kaplamaların sıcaklık farkları sırasıyla iki köpük kutunun içi sıcaklığında 2,0 °C'ye ve alüminyum yüzey plakalarında iç yüzey sıcaklığında ise 2,4 °C'ye ulaşır. Kaplamaların yüzey sıcaklık dağılımı termal kamera kullanılarak ölçülmüş ve 3 dakika sonrasında sıcaklık farkı (ΔT) 0-12°C aralığında değişkenlik göstermiştir. Kaplamaların maksimum değerine göre ($x=0,3$) enerji tasarrufu karbon dioksitin 1379,35 t azot oksitin (NO_x) 41,65 t ve sülfür oksitin (SO_x) 34,30 t yıllık emisyon değerini azaltacaktır (Yang ve ark. 2016).

Liu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ferritlerin çevre dostu ve ekonomik olarak uygulanabilirliği dikkate alınıp sol jel teknolojisi kullanılarak $Zn_{1-x}Mg_xFe_2O_4$ ($x = 0-0,1-0,2-0,3-0,4$) genel formülüne sahip bir dizi NIR yansıtıcı inorganik pigment sentezlenmiştir. Kaplamaların termal ve yansıtma performanslarının değerlendirilmesi yapılmıştır. Geliştirilen nano kristalin tozlar TG-DSC, XRD, FESEM, UV-VIS-NIR yansıtma spektrumu, FLIR, ve CIE-L*a*b* 1976 renk skalası ile karakterize edilir. Sonuçlar tek fazlı $Zn_{1-x}Mg_xFe_2O_4$ 'ün optimum sıcaklık olan 800 °C'de sentezlendiğini göstermiştir. Kalsine edilme sonucunda tozlar iyi geliştirilmiş kübik spinel yapılar ile nano boyutunda parçacıklar haline gelir. Çinko ferrit içerisine magnezyumun katkılanması ile renk kiremit kırmızısından koyu kahverengiye değişirken band aralığı ise 2,23'den 2,18 eV'a kadar değişir. Renklerin değişimi band aralığının değişmesine dayanmaktadır. Sentezlenen numuneler yüksek bir NIR solar yansıtma (>51%) sergiler ve bu numuneler arasında $x=0,4$ için maksimum %58'lik değer elde edilir. Sentezlenen güncel pigmentler ayrıca iyi bir termal performansa ve kimyasal stabiliteye sahiptir. Pigmentlenmiş kaplamaların termal performansı da değerlendirilmiştir. Konvansiyonel pigment ile sentezlenen yeni pigmentli kaplamalar arasındaki yüzey sıcaklık farkının maksimum değeri 7,6 °C'ye ulaşırken, simülasyon denemelerinde kullanılan polistiren köpükten yapılmış olan kutuların iç sıcaklık farkı ise 6,2 °C'ye ulaşır. Simüle edilmiş deneyde, termal performans analizi şu sonuçları ortaya çıkarmıştır: Yüzey sıcaklığı ve hazırlanan kaplama ile örtülü cihazların iç sıcaklığı konvansiyonel kaplamalı olanlardan daha düşüktür, hazırlanan pigment ile renklendirilen kaplama NIR bölgeyi daha az

absorblar ve kapalı alana transfer edilen ısı akışını düşürür bu da soğutma ihtiyacını düşürürken, yaz aylarında da termal konforu artırır. Tasarlanan renklendirilmiş serin kaplamalar herhangi bir toksik metal içermez ve bu yüzden de çevre dostu ürünler olarak kabul edilir. Bu çalışmada, sentezlenen yeni pigmentlerin mükemmel serin pigment adayları olduğu öne sürülmüştür (Liu ve ark. 2015).

Gao ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, Sn^{4+} katkısının mika-titanya pigmentlerinin fotoaktivite engelleme ve yakın kızılötesi yansıtma özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. X-ray difraksiyon analizi, Sn^{4+} katkısının anatazdan rutil faz dönüşümünü kolaylaştırdığını doğrulamıştır. Kalay iyonlarının katkıları, mika-titanya pigmentlerin faz bileşimi ve fotoaktivite engelleme özellikleri üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Artan katkı maddesi miktarları ile kademeli olarak rutil fazın kütle oranı artmıştır. Düşük Sn^{4+} katkı maddesi seviyelerinde mika-titanya pigmentlerin fotoaktivite özelliği artarken yüksek Sn^{4+} katkı maddesi seviyelerinde mika-titanya pigmentlerin fotoaktivite özelliği engellenmiştir. Engellenen fotoaktivite, sık sık anataz fazdan daha düşük fotokatalitik aktivite gösteren rutil fazın fazla miktarına dayanır. Önemli biçimde, SnCl_4 'un 1,0 ağırlık oranı (%) ile katkılı mika-titanya pigmentlerin sabit indirgeme oranı katkısız numuneninkine kıyasla yaklaşık olarak %12,9'dur. Dahası mika-titanya pigmentlerin yakın kızılötesi solar yansıtması 0,97 kadar yüksektir. Deneysel teste mika-titanya pigmentler ile renklendirilmiş kaplamaların solar yansıtması, kalsiyum silikat levhanın iç yüzey sıcaklığını yaklaşık 8,3 °C'ye kadar düşürmüştür. Dahası düşük fotokatalitik mika-titanya pigmentler ile renklendirilmiş kaplamalar UV aşınma karşısında artan bir fotostabilite sergiler. Bu sonuçlar göstermektedir ki Sn^{4+} modifiyeli mika-titanya pigmentler solar yansıtıcı kaplamalar içerisinde kullanımı için umut verici aday malzemedir (Gao ve ark. 2016a).

Qin ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, farklı siyah renklendiriciler ile pigmentlenmiş kaplamaların optik özellikleri sistematik olarak araştırılmış ve yüzey sıcaklıkları ile soğutma enerjisi tasarrufları değerlendirilmiştir. Bu çalışmada karbon siyahı, bakır kromit, kromit demir nikel siyahı, mangan ferrit siyah spinel, perilen siyahı ve dioksazin mor pigmentleri kullanılarak kaplamasız alüminyum alaşım yüzeylere spreycaplama yöntemi kullanılarak kaplanmıştır. Daha sonra bu numuneler serin beyaz astar ile boyanmıştır ve sonuçlar birbiri ile kıyaslanmıştır. Spektrofotometre sonuçları incelendiğinde solar yansıtma değeri karbon siyahı ve bakır kromit siyah renklendirici ile

pigmentlenmiş siyah kaplamalardan daha yüksek olmasına rağmen kromit demir nikel siyah ve manganez ferrit siyah spinel renklendiricileri ile pigmentlenmiş siyah kaplamaların gerçekte serin kaplama olamadığı görülmüştür. Sırasıyla yeşil ve mor renklerin tonlandırılmasına sahip olmasına rağmen NIR gönderilen perilen siyah ve dioksazin mor renklendiriciler ile pigmentlenmiş siyah kaplamalar serin siyah kaplamalardır. Pekin’de kaplamalı malzemelerin soğutma etkileri ve soğutma enerjisi tasarrufları değerlendirilmiş ve tartışılmıştır. Perilen siyah ve dioksazin mor renklendirici ile pigmentlenmiş siyah kaplamaların yüzey sıcaklığı düşüş değerleri sırasıyla kaplamasız alüminyum alaşım yüzey için 11,2°C ve 12,0°C’yken serin beyaz astar yüzey üzerinde 12,4°C ve 13,8°C’dir. Siyah kaplamaların uygulamaları sayesinde değerlendirilmiş enerji tasarrufları kromit demir nikel siyah renklendirici ile pigmentlenmiş kaplamalar için 1,21 kWhm⁻²yr⁻¹’den dioksazin mor renklendirici ile pigmentlenmiş kaplamalar için 5,52 kWhm⁻²yr⁻¹’a kadar sıralanır (Qin ve ark. 2014).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Kumaş

Tez çalışmasının deneysel çalışmalarında kullanılmak üzere, piyasada stor güneşlik ve karartma perde üretiminde kullanılan bir kumaş türü kaplamaya hazır şekilde satın alınmıştır. %100 poliester olan kumaşın haşılı sökülmüş ve termofiksaj işlemi yapılmış olup, Küçükçalık Tekstil San. ve Tic. A.Ş. (Bursa) firmasından tedarik edilmiştir. Çizelge 3.1’de kumaşın teknik özellikleri belirtilmiştir.

Kaplamaya hazır şekilde satın alınan kumaş toplar halinde geldiğinden dolayı laboratuvar tipi kaplama makinesinde çalışmaya uygun formda değildir. Bu sebeple kumaşların kesim işlemi Savcan Tekstil A.Ş. (Bursa) firmasında yapılmıştır.

Çizelge 3.1 Kaplama zemin kumaşının fiziksel özellikleri

	Çözü	Atkı
Hammadde	% 100 poliester	% 100 poliester
İplik Cinsi	Tekstüre mat	Tekstüre mat
Sıklık	30 adet/cm	18 adet/cm
Örgü Yapısı	1/1 Bezayağı	
Gramaj	169±1 g/m ²	
Kalınlık	0,34±0,05 mm	

3.1.2. Pigmentler

Tez çalışmasında kızılötesi ışınları yansıtan kaplamalı kumaş yapılarının yansıtıcılık özelliği inceleneceğinden dolayı siyah, sarı, mavi, yeşil ve kahverengi renklere sahip organik pigment, demir oksit pigment ve kızılötesi yansıtıcı pigment temin edilmiştir.

Organik pigmentler sarı (Yellow FDLGR), mavi (Blue FDLB), yeşil (Green FDG) ve kahverengi (Brown FD2RL) renklerine sahip, pasta pigmentler olarak Duraner A.Ş. (Bursa) firmasından tedarik edilmiştir. Çalışmalarda siyah organik pigment olarak en düşük yansıtma değerine sahip olan karbon siyahı tercih edilmiştir. Toz formdaki karbon siyahının topaklanma sorunu nedeniyle düzgün yüzeyler elde edilememiş ve bu sebeple pasta forumunda organik karbon siyahı (ColorMIX 700) Aykim Kimya Sanayii (Kocaeli) firmasından tedarik edilmiştir.

Kızılötesi yansıtıcı pigmentler The Shepherd Color Company firmasına ait siyah (Black 411A), sarı (Yellow 10P270), mavi (Blue 30C591), yeşil (Green 30C654) ve kahverengi (Brown 10P857) renklerine sahip, toz pigmentler olarak Gemiciler Boya Kimyevi Maddeler San. ve Tic. A.Ş. (İstanbul) firmasından tedarik edilmiştir.

Demir oksit pigmentler siyah (Irox 330), sarı (Irox 920), mavi (Pigment Blue 103), yeşil (Demox 70) ve kahverengi (Irox 610) renklerine sahip, toz pigmentler olarak Aykim Kimya Sanayii (Kocaeli) firmasından tedarik edilmiştir. Pigmentin pasta ve toz formda kullanılmasının ne gibi farklar yarattığını incelemek adına toz olarak kullanılan siyah Irox 330 pigmentin pasta hali de temin edilmiştir.

Piyasada demir oksit grubu içerisinde satılan mavi pigmentler genellikle ultramarin ya da kobalt yapısına dayanmaktadır. Bu sebeple karşılaştırmaların yapılabilmesi adına kullanılacak pigmentin yapısında demir bulunmasına özen gösterilmiştir. Nitekim, EVA Boya ve Kimya Maddeleri San. ve Tic. A.Ş. (İstanbul) firmasının yurt dışından ithal olarak temin ettiği mavi demir oksit ürüne rastlanmış ve Aykim Kimya Sanayii (Kocaeli) firması aracılığı ile ürün temin edilmiştir.

Çizelge 3.2. Temin edilen ürünler ve Color Index numaraları

Pigment Türü	Pigment Adı	Color Index
Organik Pigment	ColorMIX 700	Pigment Black 7
	Yellow FDLGR	Pigment Yellow 83
	Blue FDLB	Pigment Blue 15:3
	Green FDG	Pigment Green 7
	Brown FD2RL	Mix
Demir Oksit Pigment	Irox 330	Pigment Black 11
	Irox 920	Pigment Yellow 42
	Pigment Blue 103	Pigment Blue 103
	Demox 70	Mix: Pigment Yellow 42 & Blue 15:3
	Irox 610	Pigment Red 101
Kızılötesi Yansıtıcı Pigment	Black 411A	Pigment Brown 29
	Yellow 10P270	Pigment Brown 24
	Blue 30C591	Pigment Blue 28
	Green 30C654	Pigment Green 17
	Brown 10P857	Pigment Brown 33

3.1.3. Kaplama kimyasalları

Çalışmalarda kullanılacak kaplama patının hazırlanması için gerekli olan kimyasal maddeler Çizelge 3.3'te verilmiştir. Kullanılan tüm kimyasal maddeler Rudolf Duraner (Bursa) firmasından temin edilmiştir.

Çizelge 3.3. Kullanılan kaplama kimyasalları ve özellikleri

Kimyasal Madde	Özellik
Binder (Ruco-Coat AC 111)	Akrilik binder, anyonik / noniyonik
Fiksator (Ruco-Coat FX 8011)	Bütanon okzim içermeyen bloke izosiyonat bazlı çapraz bağlama maddesi, anyonik
Sentetik kıvamlaştırıcı (Ruco-Coat TH 5020)	Nötralize edilmiş poliakrilat, anyonik
Köpük kesici (Rustol ZA 157)	Hidrokarbonlar, etoksile yağ asitleri ve silis asidi karışımı, noniyonik
Dispergator (Ruco-TEX KTS)	Yüzeyaktif maddeler karışımı, anyonik
Amonyak	%25'lik sıvı
Su	Ters ozmozdan geçirilmiş yumuşak su

3.2. Yöntem

Tez çalışmasında kızılötesi yansıtma özelliklerin incelenmesi için organik pigment, kızılötesi yansıtıcı pigment ve demir oksit pigment olarak üç farklı pigment grubu tercih edilmiştir. Bu pigmentlerin birbirleriyle kıyaslanabilmeleri açısından siyah, sarı, mavi, yeşil ve kahverengi olmak üzere beş renk temin edilmiştir. Kaplama çalışmalarında her konsantrasyon için toplam yedi adet numune üretilmiştir. Bu kumaşlardan bir tanesi yağ kaplama gramajının (g/m^2) hesaplanması için kaplama işlemi tamamlandıktan sonra kurutma işlemine sokulmadan tartılmış ve ağırlıkları kaplanan alan ile beraber not edilmiştir. Geriye kalan altı kumaştan en iyi üç tanesi seçilerek tüm test işlemleri bunlara uygulanmıştır. Tüm sonuçlar kullanılan üç numunenin ortalaması ile elde edilmiştir. Kalan üç kumaş ise hatalı çıkabilecek sonuçlar için kontrol numunesi olarak ayrılmıştır.

Çizelge 3.1'de özellikleri verilen poliester kumaşlar üzerine her renk için 1, 5, 10, 20 ve 30 g/kg olmak üzere beş farklı konsantrasyonda kaplama işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Burada amaçlanan pigment konsantrasyonunun kaplama özellikleri üzerine etkisinin incelenmesidir.

Silindir üzerinde rakleli kaplama yöntemi ile kaplanan numuneler 120 °C’de 6 dakika süre ile kurutulur ve ardından 160 °C’de 3 dakika süreyle fiksaj (kondenzasyon) işlemine tabi tutulmuştur.

3.2.1. Stok patının hazırlanması

Belirlenmiş pigmentler ile yapılacak olan kaplamalar için hazırlanan stok patı reçetesi Çizelge 3.4’te verilmektedir.

Çizelge 3.4. Stok patı reçetesi

Kimyasal Madde	Miktar
<i>Binder</i>	500 gram
<i>Amonyak</i>	5 gram
<i>Fiksator</i>	25 gram
<i>Köpük Kesici</i>	5 gram
<i>Dispergator</i>	1 gram
<i>Sentetik Kıvamlaştırıcı</i>	14,6 gram
<i>Su</i>	449,4 gram
<i>Toplam</i>	<i>1000 gram</i>

Stok patının hazırlanmasından öncelikle gerekli binder miktarı tartılmış üzerine pH ayarı için amonyak eklenmiştir. Ardından fiksator eklenmiş ve karıştırma işlemi devam ederken üzerine köpük kesici ilavesi yapılmıştır. Su ve kıvamlaştırıcı karıştırma esnasında yavaş yavaş eklenmiştir ve tüm eklenecek malzemeler tamamlandıktan sonra karıştırıcının devri yükseltılarak karıştırma işlemine bir süre daha devam edilmiştir. Yüksek devir sentetik kıvamlaştırıcının etkisini arttırmakta ve böylece stok patında ulaşılması gereken viskozite değeri sağlanmaktadır.

Stok ve kaplama patının viskozite ölçümlerinde Şekil 3.1’de gösterilen Brookfield RVT analog viskozimetre cihazı kullanılmıştır. Bu cihazda ölçümler 6 numaralı mil

kullanılarak 50 rpm hızda gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.2’de ise ölçümlerde kullanılan mil ve hız değeri için cihazdan okunan değer ile çarpılacak olan katsayı tablosu görülmektedir. Tez çalışmasında 6 numaralı mil ve 50 rpm hız tercih edildiği için cihazdan okunan değer 200 ile çarpılması gerekmektedir. Çalışmalarda stok patı, viskozitesi $4\ 000\pm 200$ cPs olacak şekilde hazırlanmıştır.



Şekil 3.1. Brookfield RVT analog viskozimetre (<http://www.recyclab.com>, 2017)

RV Serisi Viskozimetre													
1		2		3		4		5		6		7	
.5	200	.5	800	.5	2K	.5	4K	.5	8K	.5	20K	.5	80K
1	100	1	400	1	1K	1	2K	1	4K	1	10K	1	40K
2	50	2	200	2	500	2	1K	2	2K	2	5K	2	20K
2.5	40	2.5	160	2.5	400	2.5	800	2.5	1.6K	2.5	4K	2.5	16K
4	25	4	100	4	250	4	500	4	1K	4	2.5K	4	10K
5	20	5	80	5	200	5	400	5	800	5	2K	5	8K
10	10	10	40	10	100	10	200	10	400	10	1K	10	4K
20	5	20	20	20	50	20	100	20	200	20	500	20	2K
50	2	50	8	50	20	50	40	50	80	50	200	50	800
100	1	100	4	100	10	100	20	100	40	100	100	100	400

= Mil
 = Mil Hızı
 = Katsayı
K = 1000

Şekil 3.2. Viskozimetrenin uygun mil ve hız kombinasyonu için okunan katsayıları

3.2.2. Kaplama patının hazırlanması

Hazırlanan stok patına belirlenmiş olan pigmentler Çizelge 3.5'te verilen reçeteye uygun olarak katılarak kaplama patları elde edilmiştir. Tez çalışmasında pigment konsantrasyonu olarak 1, 5, 10, 20 ve 30 g/kg (X gram) değerlerinde çalışma yapılması uygun görülmüştür.

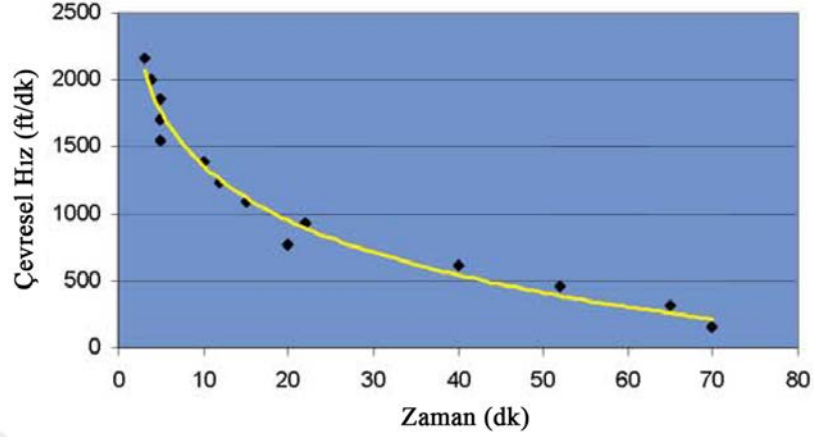
Çizelge 3.5. Kaplama patı reçetesi

Kimyasal Madde	Miktar
<i>Stok Patı</i>	600 gram
<i>Pigment</i>	X gram
<i>Köpük Kesici</i>	4 gram
<i>Dispergator</i>	2 gram
<i>Denge (Su+Kıvamlaştırıcı)</i>	Y gram
<i>Toplam</i>	<i>1000 gram</i>

Kaplama patı hazırlanırken öncelikle pigmentlerin pat içerisinde homojen dağılımını sağlamak adına denge miktarından (Y gram) belirli bir miktar su ayrılmıştır. Bu su içerisine çalışılacak pigment konsantrasyonu tartılmış ve ardından bu karışımın içerisine dispergator de ilave edilerek bir süre yüksek devirli karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Hazırlanan stok patı uygun miktarda tartıldıktan sonra üzerine köpük kesici ilave edilerek bir süre karıştırılmıştır. Ardından daha öncesinde hazırlanan pigment, su ve dispergator karışımı yavaş yavaş pat içerisine ilave edilmiştir. Tez çalışmasında kaplama patı için viskozite değeri $7\ 000\pm 200$ cPs olarak kararlaştırılmıştır. Bu sebeple ilaveler yapıldıktan sonra uygun miktarda sentetik kıvamlaştırıcı ve geriye kalan su miktarı eklenerek kaplama patı hazırlanmıştır. Sentetik kıvamlaştırıcının miktarı çalışılacak pigment grubuna ve konsantrasyonuna bağlı olarak değişiklik göstereceğinden dolayı burada oran verilmemiştir.

Kızılötesi yansıtıcı pigmentler ile çalışırken karşılaşılan en büyük zorluk karıştırma işlemidir. Çalışılan yüksek devirler, pigmentleri parçaladığından dolayı renk kaymalarına ve TSR değerlerinde düşüslere neden olmaktadır. Şekil 3.3'te The Shepherd Color

Company firmasının ürünleri için önerdiği karıştırma eğrisi gösterilmektedir. Bu sebeple bu pigmentler ile çalışırken karıştırma süresine ve devrine çok özen gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Kızılötesi yansıtıcı pigmentler için üretici tarafından önerilen karıştırma eğrisi (<https://www.pcimag.com/ext/resources/VirtualBrochure/Shepherd-Color.pdf>, 2017)

3.2.3. Kaplama, kurutma ve fiksaj işlemlerinin yapılması

Tez çalışmasında kaplama ve kurutma işlemleri Şekil 3.4'te verilen Ataç GK40 RKL laboratuvar tipi kaplama ve kurutma makinesinde gerçekleştirilmiştir. Kaplamaya hazır olarak satın alınan kumaşlar çözgü yönünde 43 cm, atkı yönünde ise 33 cm olacak şekilde konfeksiyon firmasında parçalara ayrılmıştır.



Şekil 3.4. Ataç GK40 RKL laboratuvar tipi kaplama makinesi

Kaplama işlemi, silindir üzerinde rakle prensibine göre gerçekleştirilmiştir. Kaplama makinesinde kullanılan bıçak keskin uçlu bir profile sahiptir ve kaplama işleminde 90°'lik bıçak açısı kullanılmıştır. Bıçak hızı 2,0 m/dk şeklinde makine parametresi olarak ayarlanmıştır. Bıçak ve silindir arasındaki mesafe her kaplama işleminde sabit olmak üzere, sentil yardımıyla 0,5 mm olarak ölçülmüştür.

Kaplama işlemi yapılan numuneler, yine aynı makine içerisinde 120°C'de 6 dakika süre ile kurutulmuştur. Kurutma işlemi tamamlanan kumaş numuneleri, Şekil 3.5'te gösterilen Rapid Laboratory HT Steamer içinde 160°C'de 3 dakika süre ile fiksaj işlemine tabi tutulmuştur.



Şekil 3.5. Rapid HT kurutma ve buharlama makinesi (<http://trrapid.com>, 2017)

3.2.4. Kumaşa aktarılan madde miktarının hesaplanması

Kaplama işlemi yapılmadan önce kumaşlar teker teker kodlanmış ve ardından ağırlıkları tartılarak not edilmiştir. Her konsantrasyon için toplamda yedi adet numune oluşturulmuştur. Bunlardan bir tanesi yaş ağırlık için ayrılmış, kalan altı numune ise kurutma ve fikse işlemi sonrasında çeşitli testlere tabi tutulmuştur. Yaş kaplama gramajı Denklem 3.1'e göre hesaplanmıştır.

$$YKG = \frac{G_2 - G_1}{A_n} \quad (3.1)$$

YKG: Yaş kaplama gramajı (add-on) (g/m²)

G₂: Kaplamalı yaş kumaş ağırlığı (g)

G₁: Kaplamasız kumaş ağırlığı (g)

A_n: Kaplanan numune alanı (m²)

Hazırlanan kaplama patı su bazlı bir sistem olduğu için kurutma işlemi sonrasında su, buharlaşarak uzaklaşmaktadır. Böylece kumaş üzerinde sadece aktarılmak istenen madde kalmaktadır. Aktarılan madde miktarının (g/m²) tespitinde Denklem 3.2’de verilmiş olan eşitlikten yararlanılmaktadır.

$$K_3 = K_2 - K_1 \quad (3.2)$$

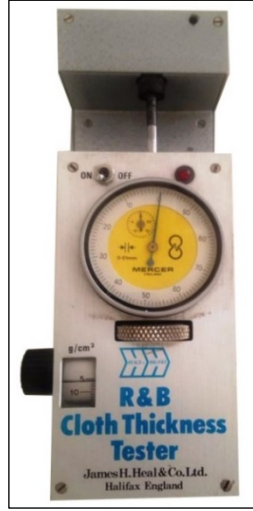
K₁: Kaplamasız kumaş gramajı (g/m²)

K₂: Kaplamalı kumaş gramajı (g/m²)

K₃: Aktarılan madde miktarı (g/m²)

3.2.5. Kaplanmış kumaşların kalınlığının ölçülmesi

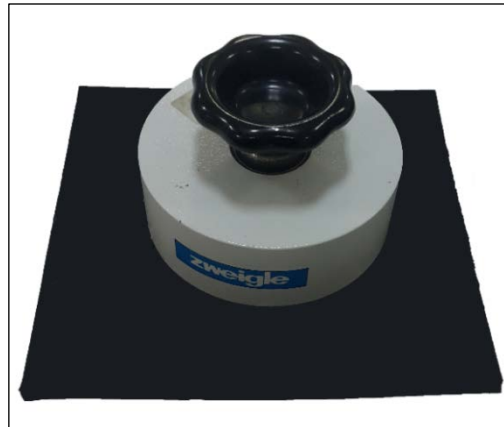
Kaplamalı ve kaplamasız numune kumaşların kalınlık ölçümleri Şekil 3.6’da gösterilen James Heal firmasının R&B Cloth Thickness Tester cihazı ile TS 7128 EN ISO 5084 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm öncesinde ve belirli ölçüm aralıklarında cihaz kalibre edilmiştir. Cihaz, test edilecek numuneyi sabit dairesel ayak ile hareketli dairesel ayak arasında sabit bir basınç ile sıkıştırılmaktadır. Kaplamalı kumaşlar için dairesel baskı ayağının basıncı 5 g/cm² olarak ayarlanmıştır. Kumaş üzerine gerekli yük uygulandığı anda cihaz uyarı vermekte ve üzerinde bulunan analog ekrandan kumaş kalınlık değeri milimetre cinsinden okunmaktadır. Her bir kumaş için beş ölçüm yapılmış ve bu bunların ortalaması alınarak kalınlık değerleri belirlenmiştir.



Şekil 3.6. Kalınlık ölçüm cihazı

3.2.6. Kaplanmış kumaşların gramaj tayini

Kumaş gramaj tayini, Şekil 3.7’de gösterilen 100 cm² dairesel bir alana sahip numune kesme şablonu kullanılarak TS 251 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu şablon yardımıyla kolay bir şekilde dairesel kumaş numuneleri elde edilebilmektedir. Kesilmiş kumaş numunelerinin hassas terazi ile tartılarak gram cinsinden ağırlık değerleri elde edilmiştir. Elde edilen ağırlık değerleri 100 katsayısı ile çarpıldığında doğrudan g/m² cinsinden gramaj değerleri elde edilmektedir. Kaplamalı ve kaplamasız kumaşlarda test işlemi yapılırken kenara yakın, buruşukluk ve kat izi olan yerlerden kaçınılmıştır. Her kumaş numunesi üç kez tartılmış olup çıkan sonucun ortalaması alınmıştır.



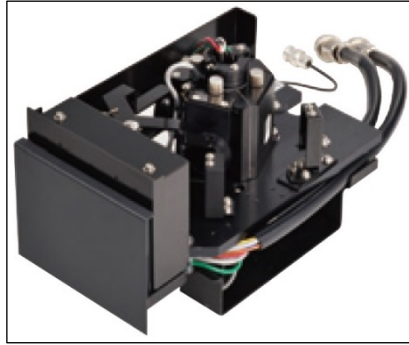
Şekil 3.7. Kumaş numune kesme şablonu

3.2.7. Kaplanmış kumaşların spektrofotometrik özelliklerinin ölçülmesi

Kumaş numunelerinin solar özelliklerinin incelenmesinde Şekil 3.8’de gösterilen Shimadzu (Japonya) firmasına ait UV-3600 Plus model spektrofotometre kullanılmıştır. Cihazda üç adet dedektör bulunmaktadır. Ultraviyole ve görünür bölgede PMT (photomultiplier tube), yakın kızılötesi bölgede ise InGaAs ve soğutmalı PbS dedektörleri kullanılmaktadır. InGaAs dedektör sayesinde tüm dalga boyu ölçüm aralığında yüksek hassasiyet elde edilebilmektedir. Cihazda kumaş gibi ince yapıların spektrofotometrik özelliklerinin incelenebilmesi için Şekil 3.9’da gösterilen ISR 603 Integrating Sphere ekipmanına ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 3.8. Shimadzu UV-3600 Plus Spektrofotometre



Şekil 3.9. Shimadzu ISR 603 Integrating Sphere yardımcı ekipmanı

Tez çalışmasında tüm kumaş numuneleri ISR 603 ekipmanı kullanılarak ölçülmüştür. Kumaşların solar özelliklerinin incelenmesi için EN 14500:2008 standardına göre çalışan UV-VIS-NIR spektrofotometrede ölçüm yapılmıştır ve elde edilen sonuçlar EN 410 standardına göre hesaplanmıştır.

Spektrofotometrede 280-2500 nm dalga boyu aralığı 5,0 nm örnekleme aralığı ile taranmıştır. Cihaz yardımıyla tüm numunelerin yansıtma ve geçirgenlik değerleri (%) ile bunlara dayalı olarak çizilen grafikleri elde edilmiştir. Cihazda ölçüme geçmeden önce mutlaka baryum sülfat yüzeyden referans alınmaktadır.

Spektrofotometre ölçümünden elde edilen yansıtma ve geçirgenlik değerleri EN 410 standardına göre hesaplama yapan özel bir program yardımıyla anlamlı birimlere dönüştürülür. Bu program ile elde edilen veriler Çizelge 3.6'da verilmektedir. Ancak bu program yardımıyla kızılötesi bölgedeki yansıtma miktarı (R_{IR}) ayrılamamaktadır. Bu sebeple 800-2500 nm dalga boyu aralığındaki yansıtma değerlerinin elde edilebilmesi için başka bir programa başvurulmuştur.

Çizelge 3.6. Spektrofotometre ölçümleri için hazırlanan hesaplama programından elde edilen veriler

PROGRAM ÇIKTILARI	AÇIKLAMA
T_{uv}	UV geçirgenlik
T_v	Görünür ışıktaki geçirgenlik
T_s	Solar geçirgenlik
R_v	Görünür ışıktaki yansıtma
R_s	Solar yansıtma
A_s	Solar absorbens

Özel hesaplama programı solar özelliklerin hesaplanmasında Denklem (3.3-3.8) arasında verilen denklemleri kullanarak hesaplama işlemini gerçekleştirmektedir. Burada D_{λ} , D65 ışığının bağıl spektral dağılımıdır. $\tau(\lambda)$, malzemenin spektral geçirgenliğidir. $V(\lambda)$, fotopik görme için spektral aydınlatma verimidir. $\Delta\lambda$, dalga boyu aralığıdır. $\rho(\lambda)$, malzemenin spektral yansıtmasıdır. S_{λ} , güneş ışımasının bağıl spektral dağılımıdır. U_{λ} , küresel güneş ışımasının UV bölgesinin bağıl dağılımıdır (Yıldırım ve ark. 2017).

$$T_V(\%) = \frac{\sum_{\lambda=380}^{780} D_{\lambda} \tau(\lambda) V(\lambda) \Delta \lambda}{\sum_{\lambda=380}^{780} D_{\lambda} V(\lambda) \Delta \lambda} \quad (3.3)$$

$$R_V(\%) = \frac{\sum_{\lambda=380}^{780} D_{\lambda} \rho(\lambda) V(\lambda) \Delta \lambda}{\sum_{\lambda=380}^{780} D_{\lambda} V(\lambda) \Delta \lambda} \quad (3.4)$$

$$T_S(\%) = \frac{\sum_{\lambda=300}^{2500} S_{\lambda} \tau(\lambda) \Delta \lambda}{\sum_{\lambda=300}^{2500} S_{\lambda} \Delta \lambda} \quad (3.5)$$

$$R_S(\%) = \frac{\sum_{\lambda=300}^{2500} S_{\lambda} \rho(\lambda) \Delta \lambda}{\sum_{\lambda=300}^{2500} S_{\lambda} \Delta \lambda} \quad (3.6)$$

$$A_S(\%) = 1 - (T_S + R_S) \quad (3.7)$$

$$T_{UV}(\%) = \frac{\sum_{\lambda=280}^{380} U_{\lambda} \tau(\lambda) \Delta \lambda}{\sum_{\lambda=280}^{380} U_{\lambda} \Delta \lambda} \quad (3.8)$$

4. BULGULAR

4.1. Kumaş Üzerine Aktarılan Madde Miktarı

Farklı renklerde ve konsantrasyonlarda organik pigment, demir oksit pigment ve kızılötesi yansıtıcı pigment kullanılarak elde edilen kaplamalı kumaş numunelerine ait yaş kaplama gramajı, kaplanmış kumaş gramajı ve aktarılan madde miktarı ölçülerek hesaplanmıştır. Çizelge 4.1’de farklı renklerde (siyah, sarı, mavi, yeşil ve kahverengi) ve farklı konsantrasyonlarda (1, 5, 10, 20 ve 30 g/kg) organik pigmentler ile kaplanan numunelerin sonuçları yer almaktadır.

Tez çalışmasında hem pasta hem de toz formda pigmentler kullanıldığı için karşılaştırmaların doğru yapılabilmesi adına kumaş yüzeyinde biriktirilmesi gereken katı madde miktarının sabit olması gerekmektedir. Bu sebeple temin edilen pasta formdaki organik pigmentlerin ve pasta formdaki demir oksit pigmentin üretici firmalarından katı madde oranları temin edilmiştir. Alınan katı madde oranlarına göre çalışılacak konsantrasyonlar için ters orantı kurularak reçetedeki miktarlar ayarlanmış ve kaplama patları hazırlanmıştır. Burada amaçlanan her çalışma için kaplama patı içerisindeki katı madde miktarının aynı tutulmasıdır. Böylece toz pigmentlerde olduğu gibi kaplama patı içerisindeki katı madde miktarlarının her konsantrasyon için 1, 5, 10, 20 ve 30 g/kg olması sağlanmıştır.

Çizelge 4.1. Değişen organik pigment konsantrasyonlarına göre aktarılan madde miktarları*

Renk	Konsantrasyon (g/kg)	Yaş Kaplama Gramajı (g/m ²)	Kaplanmış Kumaş Gramajı (g/m ²)	Aktarılan Madde Miktarı (g/m ²)
Siyah (Pasta Karbon Siyahı)	1	483,3	266,0	94,0
	5	485,3	267,2	98,2
	10	489,9	269,7	100,7
	20	491,7	271,0	102,0
	30	495,5	278,7	109,7
Sarı	1	492,6	263,0	94,0
	5	506,3	263,2	94,2
	10	509,1	266,7	97,7
	20	515,9	272,1	103,1
	30	519,7	276,6	107,6
Yeşil	1	478,8	258,5	89,5
	5	481,6	260,3	91,3
	10	483,7	260,8	91,8
	20	484,5	263,6	94,6
	30	492,5	268,6	99,6
Mavi	1	477,8	262,1	93,1
	5	478,2	262,2	93,2
	10	481,9	263,9	94,9
	20	492,3	270,1	101,1
	30	498,3	276,7	107,7
Kahverengi	1	477,9	267,4	98,4
	5	483,0	268,0	99,0
	10	493,9	270,9	101,9
	20	494,8	275,2	106,2
	30	495,1	281,0	112,0

*)Kaplamasız kumaş gramajı 169±1 g/m²'dir.

Organik pigment konsantrasyonundaki artış tüm renklerde, kaplama patlarındaki katı madde oranının da artması anlamına geldiğinden yaş kaplama gramajında, kaplanmış kumaş gramajında ve aktarılan madde miktarında artışına neden olmuştur. Çizelge 4.1 incelendiğinde organik pasta karbon siyahı için aktarılan madde miktarı en düşük konsantrasyon olan 1 g/kg'da 94,0 g/m² iken en yüksek konsantrasyon olan 30 g/kg'da 109,7 g/m² olarak hesaplanmıştır.

Farklı renklerde (siyah, sarı, mavi, yeşil ve kahverengi) ve farklı konsantrasyonlarda (1, 5, 10, 20 ve 30 g/kg) demir oksit pigmentler ile kaplanmış numunelerin sonuçları Çizelge 4.2'de verilmektedir.

Çizelge 4.2. Değişen demir oksit pigment konsantrasyonlarına göre aktarılan madde miktarları*

Renk		Konsantrasyon (g/kg)	Yaş Kaplama Gramajı (g/m ²)	Kaplanmış Kumaş Gramajı (g/m ²)	Aktarılan Madde Miktarı (g/m ²)
Siyah	Pasta	1	483,2	263,3	94,3
		5	483,7	263,9	94,9
		10	489,5	266,7	97,7
		20	499,0	273,4	104,4
		30	501,1	276,5	107,5
	Toz	1	480,3	262,9	93,9
		5	483,5	266,7	97,7
		10	485,8	267,0	98,0
		20	490,5	269,9	100,9
		30	492,4	282,6	113,6
Sarı	1	480,3	267,1	98,1	
	5	485,6	268,5	99,5	
	10	487,4	269,3	100,3	
	20	489,9	277,1	108,1	
	30	492,5	284,6	115,6	
Yeşil	1	485,8	266,2	97,2	
	5	487,9	268,2	99,2	
	10	488,9	271,0	102,0	
	20	492,2	273,8	104,8	
	30	494,7	280,9	111,9	
Mavi	1	476,6	260,4	91,4	
	5	478,3	261,2	92,2	
	10	480,4	265,0	96,0	
	20	481,4	272,2	103,2	
	30	487,6	277,1	108,1	
Kahverengi	1	472,4	260,8	91,8	
	5	473,2	266,2	97,2	
	10	473,7	267,6	98,6	
	20	475,3	269,4	100,4	
	30	477,2	277,1	108,1	

*)Kaplamaşız kumaş gramajı 169±1 g/m²'dir.

Demir oksit pigment konsantrasyonundaki artış tüm renklerde, yaş kaplama gramajında, kaplanmış kumaş gramajında ve aktarılan madde miktarında beklenen artışı sağlamıştır. Çizelge 4.2 incelendiğinde demir oksit siyah toz pigment için aktarılan madde miktarı en düşük konsantrasyon olan 1 g/kg'da 93,9 g/m² iken en yüksek konsantrasyon olan 30 g/kg'da 113,6 g/m² olarak hesaplanmıştır. Pasta formundaki siyah demir oksitin verileri incelendiğinde de aynı şekilde beklenen sonuç karşılanmıştır.

Farklı renklerde ve farklı konsantrasyonlarda kızılötesi yansıtıcı pigmentler ile kaplanmış numunelerin sonuçları Çizelge 4.3'te verilmektedir.

Çizelge 4.3. Değişen kızılötesi yansıtıcı pigment konsantrasyonlarına göre aktarılan madde miktarları*

Renk	Konsantrasyon (g/kg)	Yaş Kaplama Gramajı (g/m ²)	Kaplanmış Kumaş Gramajı (g/m ²)	Aktarılan Madde Miktarı (g/m ²)
Siyah	1	485,9	266,9	97,9
	5	487,7	269,8	100,8
	10	490,3	271,6	102,6
	20	493,7	277,4	108,4
	30	495,0	281,0	112,0
Sarı	1	485,9	269,1	100,1
	5	487,6	269,8	100,8
	10	494,4	275,8	106,8
	20	496,5	280,1	111,1
	30	499,2	283,0	114,0
Yeşil	1	490,3	265,7	96,7
	5	491,7	269,2	100,2
	10	493,8	276,4	107,4
	20	495,7	281,4	112,4
	30	497,7	286,6	117,6
Mavi	1	465,6	262,4	93,4
	5	467,3	262,8	93,8
	10	470,4	266,3	97,3
	20	479,2	270,3	101,3
	30	482,9	274,9	105,9
Kahverengi	1	476,2	263,1	94,1
	5	477,0	264,2	95,2
	10	484,2	269,9	100,9
	20	487,4	271,1	102,1
	30	498,8	283,5	114,5

*)Kaplama kumaş gramajı 169±1 g/m²'dir.

Kızılötesi yansıtıcı pigment konsantrasyonundaki artış burada da tüm renklerde yaş kaplama gramajında, kaplanmış kumaş gramajında ve aktarılan madde miktarında beklenen artışı sağlamıştır. Çizelge 4.3 incelendiğinde, çalışılan tüm renkler için konsantrasyon artışı, kaplama patının içerisindeki katı madde miktarının ve dolayısıyla patın yoğunluğunun artması anlamına geldiğinden yaş kaplama gramajında, kaplamalı kumaş gramajında ve kumaşa aktarılan madde miktarında beklenildiği şekilde çeşitli oranlarda artışa neden olmuştur.

4.2. Kumaş Kalınlığı Ölçüm Sonuçları

Farklı renklerde ve konsantrasyonlarda organik pigment, demir oksit pigment ve kızılötesi yansıtıcı pigment kullanılarak elde edilen kaplamalı kumaş numunelerine ait kalınlıklar ölçülerek hesaplanmıştır. Farklı renklerde (siyah, sarı, mavi, yeşil ve kahverengi) ve farklı konsantrasyonlarda (1, 5, 10, 20 ve 30 g/kg) kaplanan tüm kumaşların kalınlık sonuçları Çizelge 4.4’de verilmektedir.

Çizelge 4.4. Pigmentlerin renklere ve konsantrasyona bağlı olarak hesaplanan kalınlık değerleri*

Kumaş Kalınlıkları (mm)							
Malzeme	Renk	Konsantrasyon (g/kg)					
		1	5	10	20	30	
Organik Pigment (Pasta)	Siyah (Karbon Siyahı)	0,38	0,38	0,38	0,39	0,39	
	Sarı	0,36	0,37	0,37	0,37	0,37	
	Mavi	0,36	0,37	0,37	0,38	0,38	
	Yeşil	0,36	0,37	0,37	0,37	0,37	
	Kahverengi	0,37	0,37	0,37	0,37	0,38	
Demir Oksit Pigment (Toz)	Siyah	Toz	0,38	0,38	0,38	0,39	0,41
		Pasta	0,36	0,37	0,37	0,38	0,38
	Sarı	0,39	0,40	0,41	0,43	0,45	
	Mavi	0,37	0,37	0,37	0,38	0,39	
	Yeşil	0,38	0,39	0,39	0,39	0,40	
	Kahverengi	0,37	0,37	0,38	0,38	0,39	
IR Yansıtıcı Pigment (Toz)	Siyah	0,38	0,38	0,38	0,38	0,39	
	Sarı	0,36	0,37	0,37	0,38	0,38	
	Mavi	0,37	0,37	0,37	0,38	0,39	
	Yeşil	0,35	0,36	0,37	0,37	0,38	
	Kahverengi	0,37	0,37	0,38	0,38	0,38	

*)Kaplamasız kumaş kalınlığı 0,34±0,05 mm’dir.

Kaplanmış numunelerde artan konsantrasyon değerlerinin kumaş kalınlığı üzerindeki etkisinin incelenmesi için gerekli veriler Çizelge 4.4’te verilmiştir. Her renk için konsantrasyon artışına bağlı olarak genellikle kaplamalı kumaş kalınlığının arttığı görülmektedir. Normal şartlarda, pigment konsantrasyonu (pat içerisindeki katı madde oranı) arttıkça kumaş üzerinde oluşturulan kaplama filminin kalınlığı da artacağından - penetrasyonun sabit tutulması halinde- toplam kumaş kalınlığının artması da beklenen bir sonuçtur.

4.3. Kumaş Gramajı Ölçüm Sonuçları

Farklı renklerde ve konsantrasyonlarda organik pigment, demir oksit pigment ve kızılötesi yansıtıcı pigment kullanılarak elde edilen kaplamalı kumaş numunelerine ait gramaj sonuçları ölçülerek hesaplanmıştır. Çizelge 4.5'te farklı renklerde (siyah, sarı, mavi, yeşil ve kahverengi) ve farklı konsantrasyonlarda (1, 5, 10, 20 ve 30 g/kg) kaplanan tüm kumaşların gramaj sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 4.5. Pigmentlerin renklere ve konsantrasyona bağlı olarak hesaplanan gramaj değerleri*

Kumaş Gramajları (g/m ²)							
Malzeme	Renk	Konsantrasyon (g/kg)					
		1	5	10	20	30	
Organik Pigment (Pasta)	Siyah (Karbon Siyahı)	266,0	267,2	269,7	271,0	278,7	
	Sarı	263,0	263,2	266,7	272,1	276,6	
	Mavi	262,1	262,2	263,9	270,1	276,7	
	Yeşil	258,5	260,3	260,8	263,6	268,6	
	Kahverengi	267,4	268,0	270,9	275,2	281,0	
Demir Oksit Pigment (Toz)	Siyah	Toz	262,9	266,7	267,0	269,9	282,6
		Pasta	263,3	263,9	266,7	273,4	276,5
	Sarı	267,1	268,5	269,3	277,1	284,6	
	Mavi	260,4	261,2	265,0	272,2	277,1	
	Yeşil	266,2	268,2	271,0	273,8	280,9	
Kahverengi	260,8	266,2	267,6	269,4	277,1		
IR Yansıtıcı Pigment (Toz)	Siyah	266,9	269,8	271,6	277,4	281,0	
	Sarı	269,1	269,8	275,8	280,1	283,0	
	Mavi	262,4	262,8	266,3	270,3	274,9	
	Yeşil	265,7	269,2	276,4	281,4	286,6	
	Kahverengi	263,1	264,2	269,9	271,1	283,5	

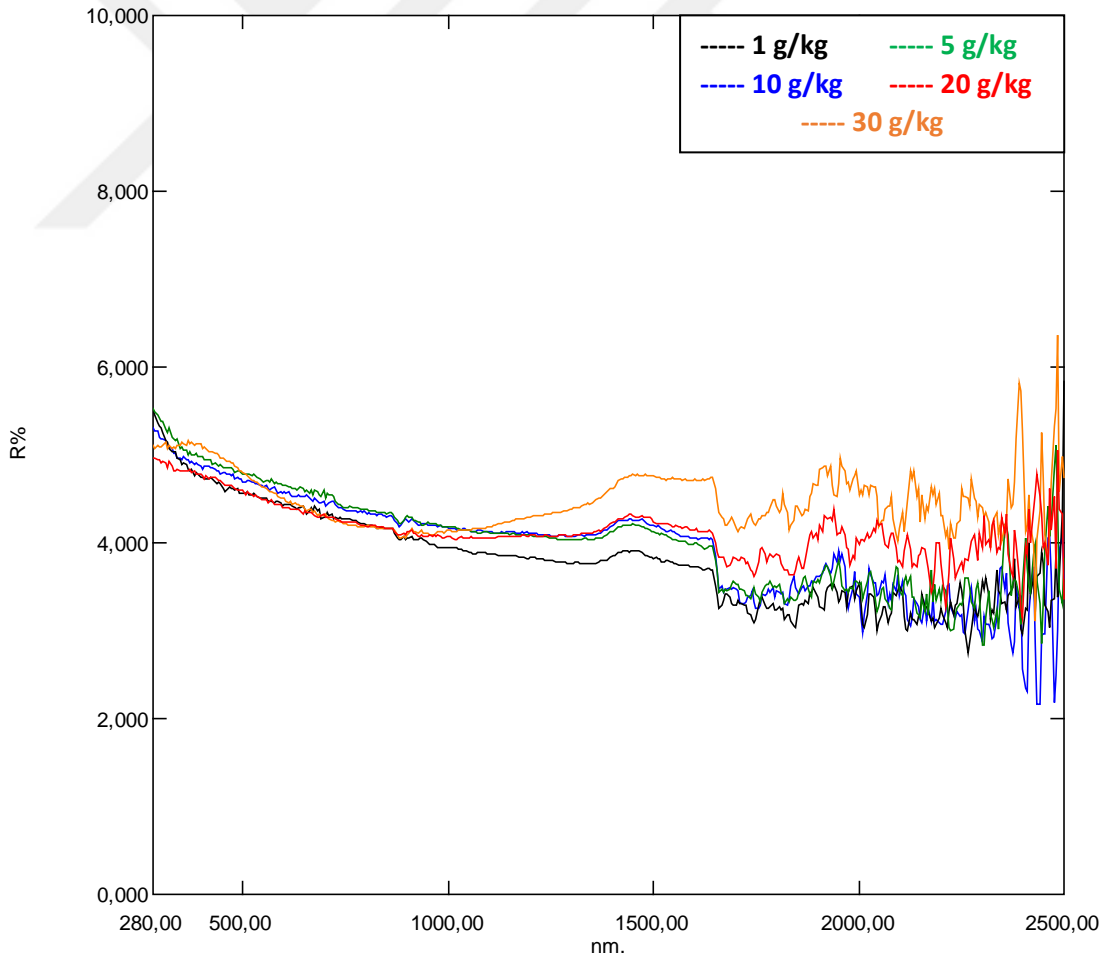
*)Kaplamasız kumaş gramajı 169±1 g/m²'dir.

Pigment konsantrasyonundaki artış, kaplama patlarındaki katı madde oranının da artması anlamına geldiğinden; bu artışa paralel olarak kumaş gramajının da artması beklenen bir durumdur. Çizelge 4.5 incelendiğinde konsantrasyon artışı her renk için kumaş gramajının da artmasına neden olmuştur.

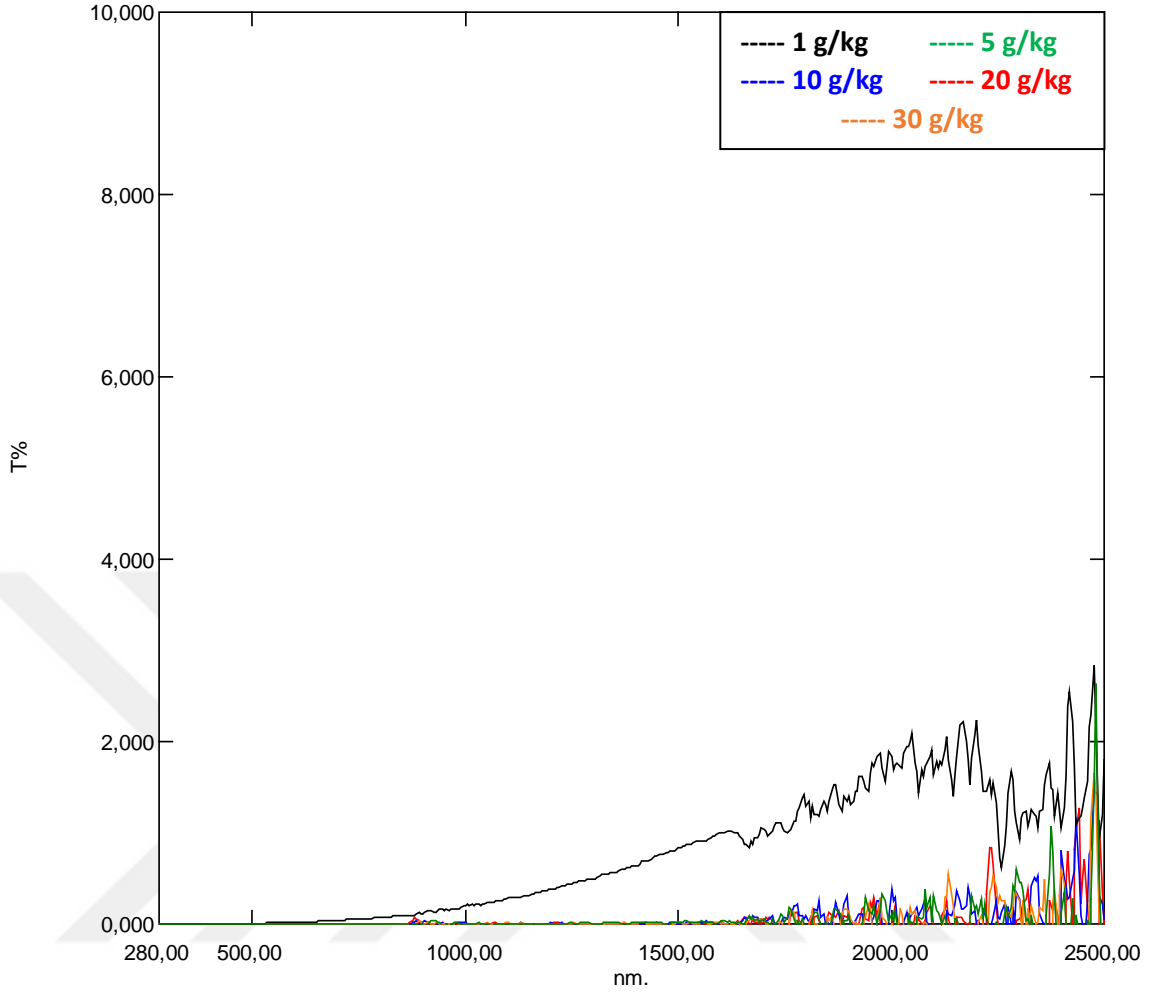
4.4. Kumaşların Spektrofotometrik Ölçüm Sonuçları

4.4.1. Organik pigment ile kaplanmış kumaşların spektrofotometrik sonuçları

Farklı renklerde ve konsantrasyonlarda organik pigment kullanılarak yapılan kaplamalar sonucunda elde edilen numunelere ait spektrofotometre sonuçları ölçülerek hesaplanmıştır. Test işlemi EN 14500:2008 standardına göre çalışan UV-VIS-NIR spektrofotometrede yapılmış ve elde edilen sonuçlar EN 410 standardına göre çalışan özel bir program ile hesaplanmıştır. Şekil 4.1-4.10 arasında her renk için konsantrasyona bağlı olarak elde edilen yansıtma ve geçirgenlik eğrileri verilmiştir. Çizelge 4.6-4.10 arasında ise her renk için konsantrasyona bağlı olarak elde edilen yansıtma ve geçirgenlik değerlerinden hesaplanmış olan sonuçlar verilmiştir.



Şekil 4.1. Pasta karbon siyahı ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri

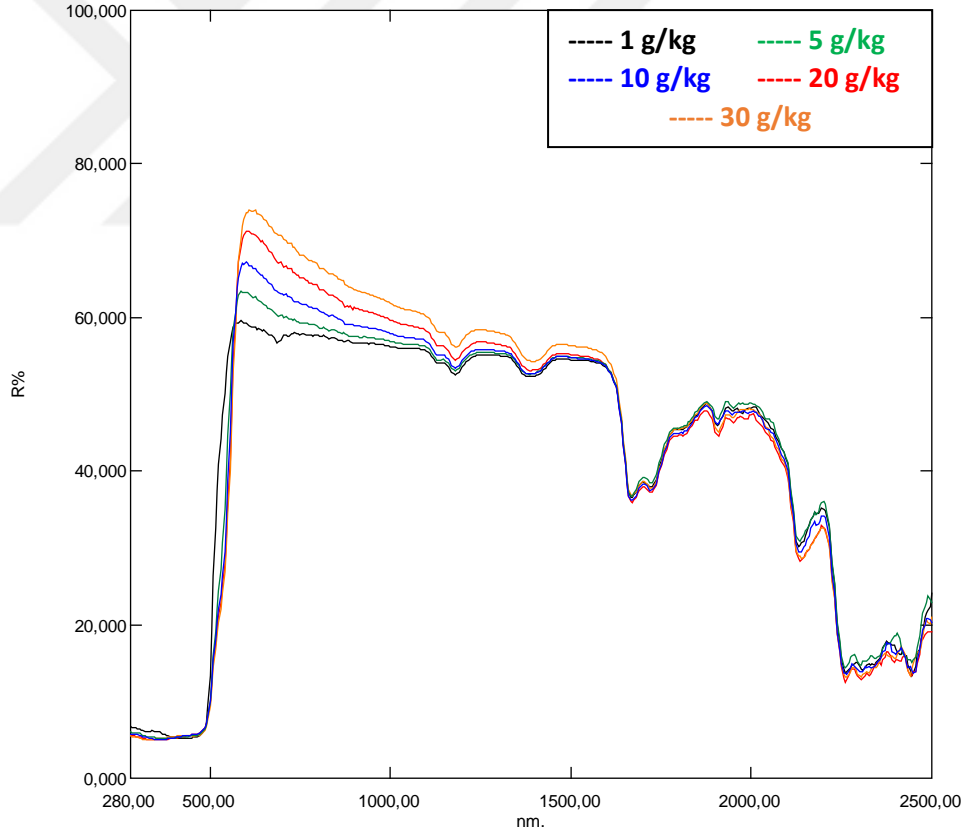


Şekil 4.2. Pasta karbon siyahı ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri

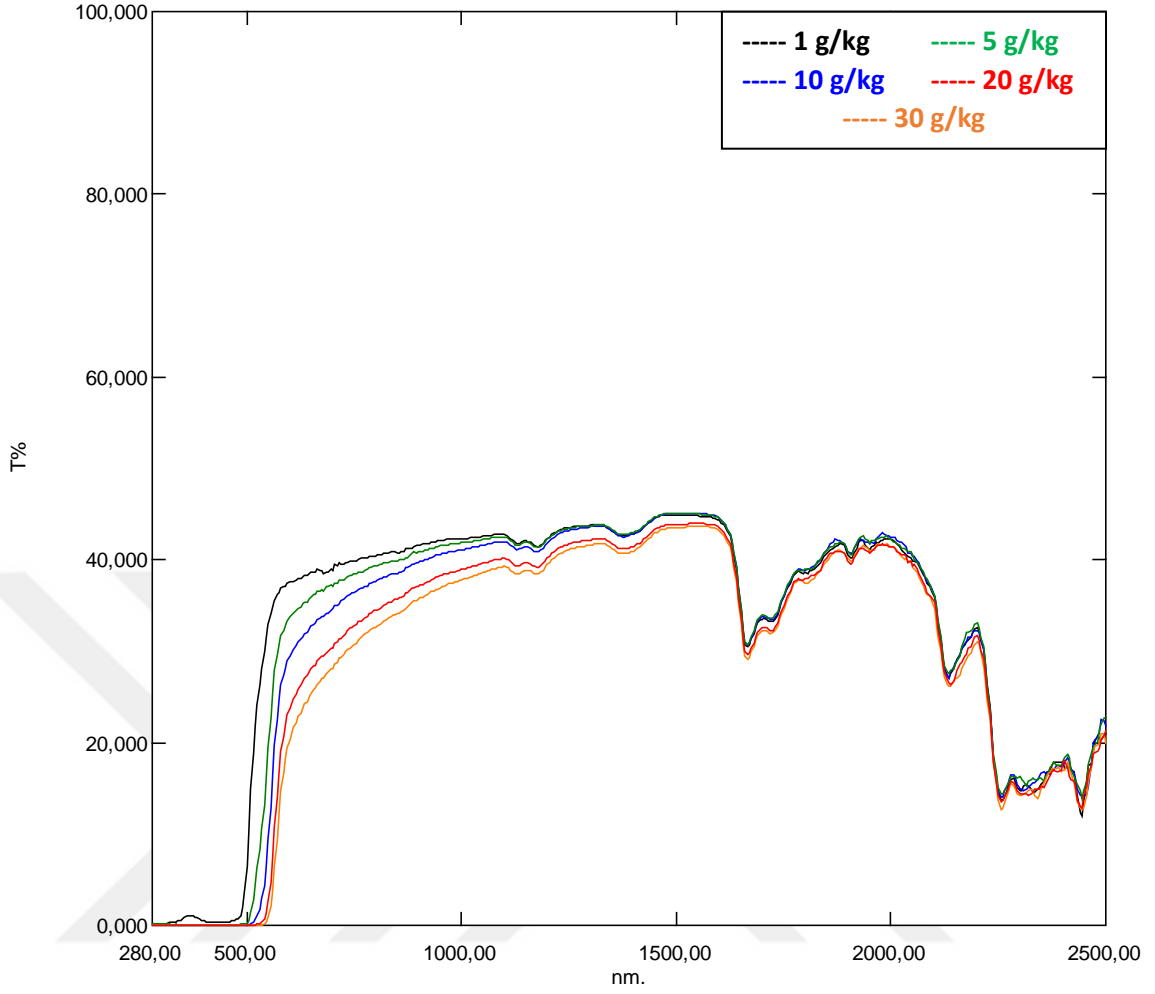
Çizelge 4.6. Pasta formundaki karbon siyahı ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Pasta Karbon Siyahı Numuneleri					
Konsantrasyon	1 g/kg	5 g/kg	10 g/kg	20 g/kg	30 g/kg
Tv	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Rv	4,52	4,63	4,62	4,49	4,58
Ts	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00
Rs	4,28	4,39	4,40	4,34	4,45
As	95,53	95,61	95,59	95,66	95,55
Tuv	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Pasta karbon siyahı ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış olan numunelerin yansıtma eğrileri Şekil 4.1’de verilmiştir. Bu grafik incelendiğinde pasta karbon siyahının UV, görünür ve yakın IR bölgede çok düşük bir yansıtma değeri gösterdiği görülmektedir. Görünür bölgedeki yansıtma değeri tüm konsantrasyonlar için hemen hemen aynı ve %4 civarındadır. Şekil 4.2’deki grafikte ise aynı numunelere ait geçirgenlik eğrileri verilmiştir. Grafik incelendiğinde UV ve görünür bölgedeki geçirgenlik değerinin %0 civarında olduğu görülmektedir. Yakın IR bölgede en düşük konsantrasyon olan 1 g/kg için geçirgenlik değeri, diğer konsantrasyonlara nazaran biraz daha yüksek çıkmıştır. Pasta karbon siyahı ile 1, 5, 10, 20 ve 30 g/kg konsantrasyonlarda yapılan kaplamaların ölçümlerinden elde edilen hesaplanmış veriler Çizelge 4.6’da verilmiştir. Konsantrasyon arttıkça solar yansıtma değeri (%4), solar geçirgenlik değeri (%0) ve solar absorpsiyon değeri (%95) hemen hemen sabit kalmıştır.



Şekil 4.3. Sarı organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri

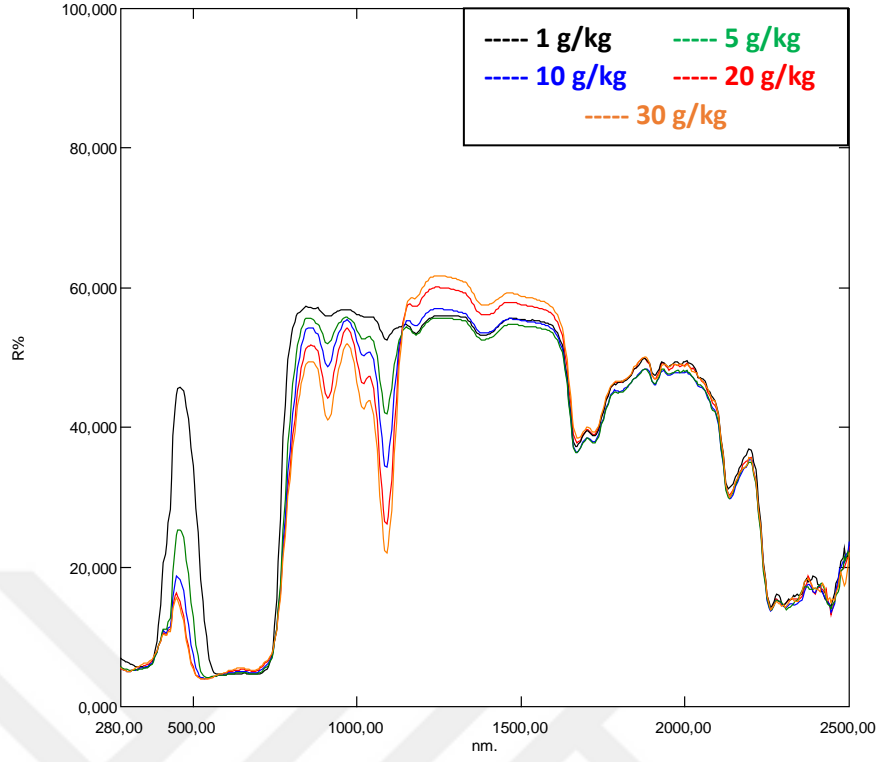


Şekil 4.4. Sarı organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri

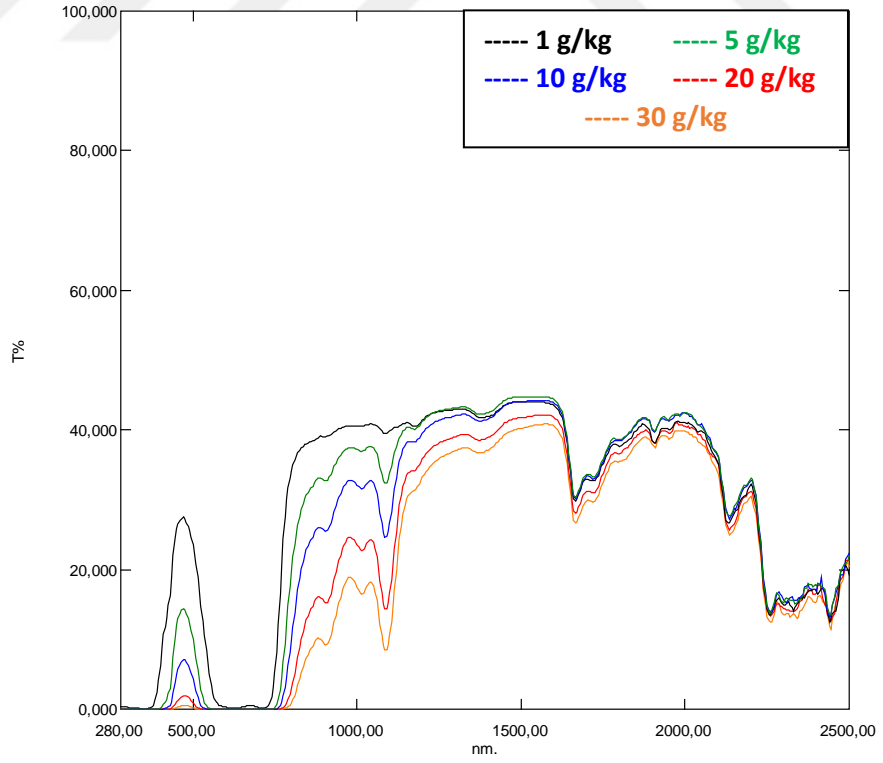
Çizelge 4.7. Sarı organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Sarı Organik Pigment Numuneleri					
Konsantrasyon	1 g/kg	5 g/kg	10 g/kg	20 g/kg	30 g/kg
Tv	29,30	19,73	14,44	9,79	7,49
Rv	48,61	43,70	43,01	43,18	43,14
Ts	29,73	27,23	25,46	23,16	21,52
Rs	43,36	43,03	43,70	45,16	46,45
As	26,92	29,74	30,84	31,69	32,03
Tuv	0,65	0,07	0,05	0,03	0,03

Sarı organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış olan numunelerin yansıtma eğrileri Şekil 4.3'te, geçirgenlik eğrileri Şekil 4.4'te ve bu iki grafiğin sonucundan elde edilen hesaplanmış veriler ise Çizelge 4.7'de verilmiştir. Yansıtma eğrileri incelendiğinde numunelerin UV bölgesinde çok düşük bir yansıtma değeri verdiği gözlenmektedir. Görünür bölgede ise numunelerin yansıtma değeri yükselmiştir ancak konsantrasyon arttıkça %48'lerden %43'lere doğru düşmüştür. Organik pigment ile farklı renklerde kaplanmış numunelerin sonuçları incelendiğinde görünür bölgedeki en yüksek yansıtma değerleri konsantrasyona bağlı olarak sarı renk ile kaplanmış numunelere aittir. Yakın IR bölgesinde önce yavaş bir şekilde yansıtma değerlerinin düşmeye başladığı, daha sonrasında ise özellikle 1600 nm'den sonra yansıtma değerlerinin düzensiz bir şekilde artıp azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon arttıkça IR bölgesindeki yansıtma miktarının da arttığı gözlenmektedir. Numunelerin geçirgenlik değerlerinin konsantrasyona bağlı olarak UV bölgede %0-0,6 arasında olduğu, görünür bölgede ortalama %7-29 değerlerine ulaştığı görülmektedir. Yakın IR bölgede ise önce geçirgenliğin biraz daha arttığı ve 1600 nm'den sonra düzensiz bir artış azalış eğilimine girdiği görülmektedir. Sarı organik pigment ile kaplanmış numunelerde konsantrasyon artışı solar geçirgenlik değerinin %29'lardan %21'lere düşmesine neden olmuştur. Konsantrasyon artışı aynı zamanda solar yansıtma değerinin %43'ten %46'lara, solar absorbans değerinin ise %26'lardan %32'lere ulaşmasına neden olmuştur. Organik pigment ile farklı renklerde kaplanmış numuneler kendi arasında incelendiğinde solar yansıtma değeri sadece sarı renkte artış göstermiştir. Solar absorbans değeri ise diğer renklere kıyasla çok daha düşük bir değerdedir. Bu da sarı organik pigment ile kaplanmış yüzeylerin daha az enerji depolayacağına işaret etmektedir.



Şekil 4.5. Mavi organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri

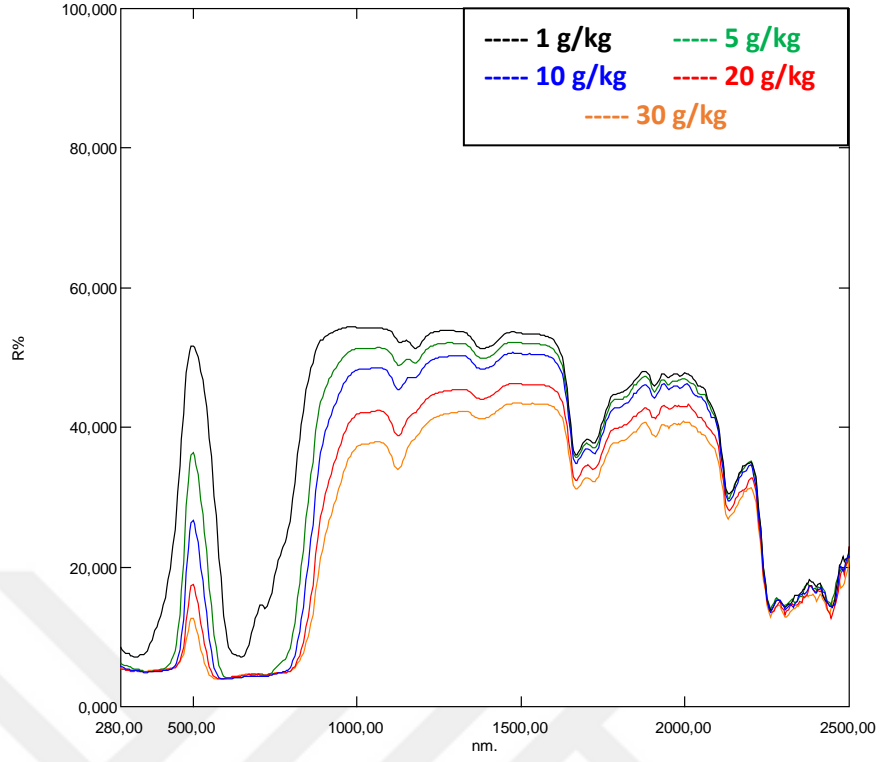


Şekil 4.6. Mavi organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmitans eğrileri

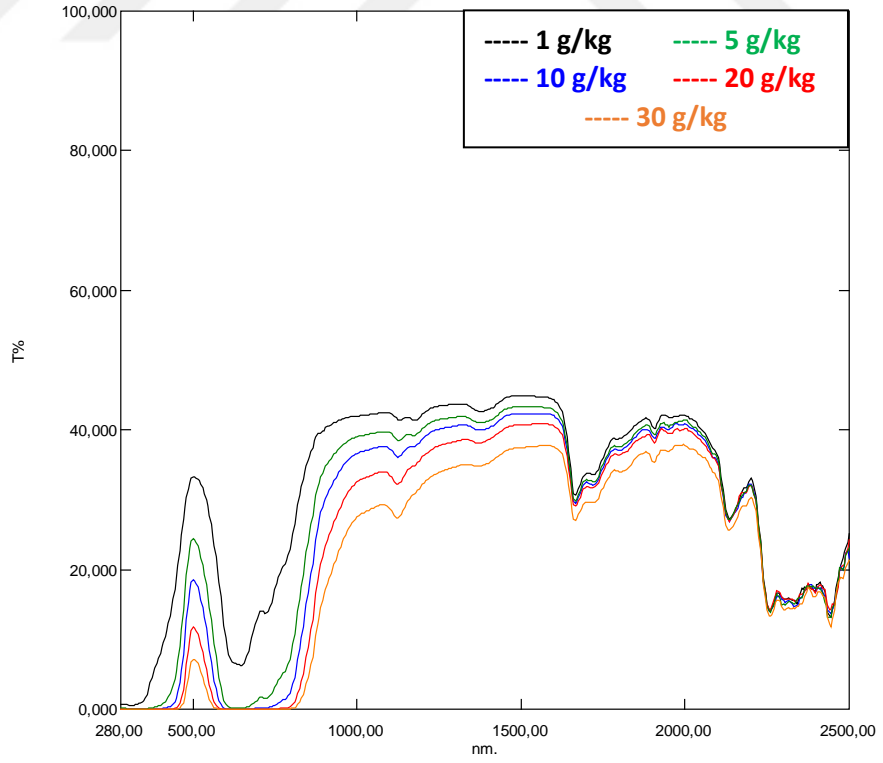
Çizelge 4.8. Mavi organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Mavi Organik Pigment Numuneleri					
Konsantrasyon	1 g/kg	5 g/kg	10 g/kg	20 g/kg	30 g/kg
Tv	7,45	1,96	0,71	0,15	0,04
Rv	11,77	6,06	5,11	4,85	4,84
Ts	21,06	15,80	12,97	9,92	8,41
Rs	30,83	25,83	24,44	23,66	23,16
As	48,11	58,37	62,59	66,42	68,43
Tuv	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00

Mavi organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış olan numunelerin yansıtma eğrileri Şekil 4.5'te, geçirgenlik eğrileri Şekil 4.6'da ve bu iki grafiğin sonucundan elde edilen hesaplanmış veriler ise Çizelge 4.8'de verilmiştir. Bu numunelerin yansıtma eğrileri incelendiğinde UV bölgede çok düşük bir yansıtma değeri verdiği gözlenmektedir. Görünür bölgede bu numunelerin yansıtma değeri yükselmiştir ancak konsantrasyon arttıkça %11'lerden %4'lere doğru gerilemiştir. Yakın IR bölgede ise hızlı bir şekilde yansıtma değerlerinin artmaya başladığı, daha sonrasında ise özellikle 1100 nm'de ani bir düşüş yaşayıp ardından tekrar yükseldiği ve sonrasında yansıtma değerlerinin düzensiz bir şekilde artıp azaldığı görülmektedir. Mavi organik pigment ile kaplanmış kumaş numunelerin konsantrasyona bağlı olarak geçirgenlik değerlerinin sırayla UV bölgede %0-0,1 arasında olduğu, görünür bölgede ortalama %0-7 değerine ulaştığı ve yakın IR bölgede ise önce geçirgenliğin biraz daha arttığı ve 1600 nm'den sonra düzensiz bir düşme eğilimine girdiği görülmektedir. Konsantrasyon artışı ile solar yansıtma değerinin %30'lardan %23'lere, solar geçirgenlik değerinin ise %21'lerden %8'lere düşmesine neden olmuştur. Solar absorbans değeri ise konsantrasyon artışı ile %48'lerden %68'lere kadar yükselmiştir.



Şekil 4.7. Yeşil organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri

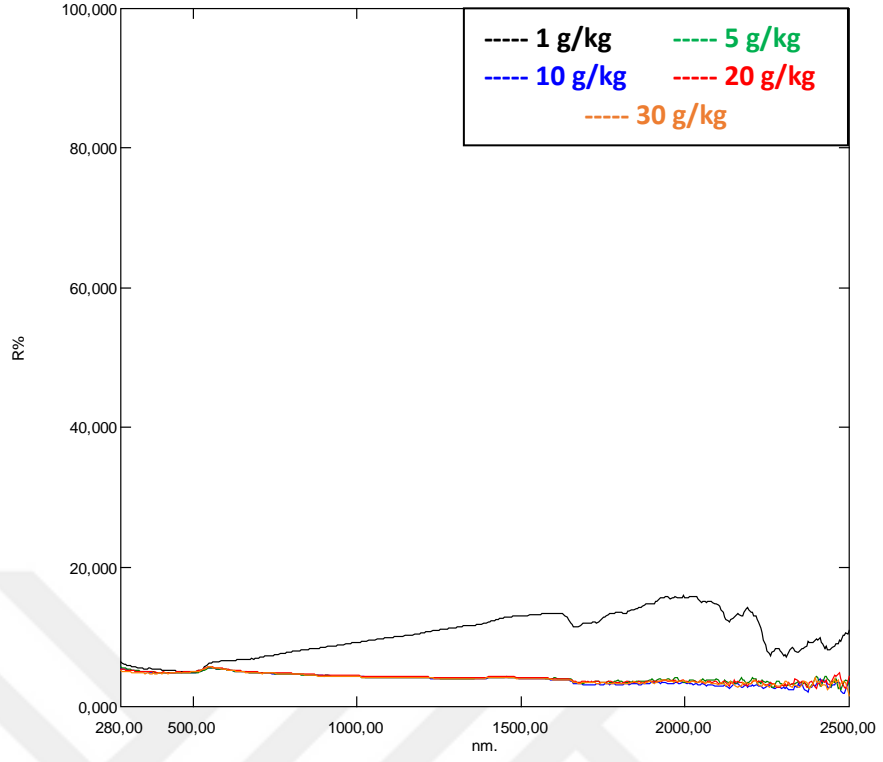


Şekil 4.8. Yeşil organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri

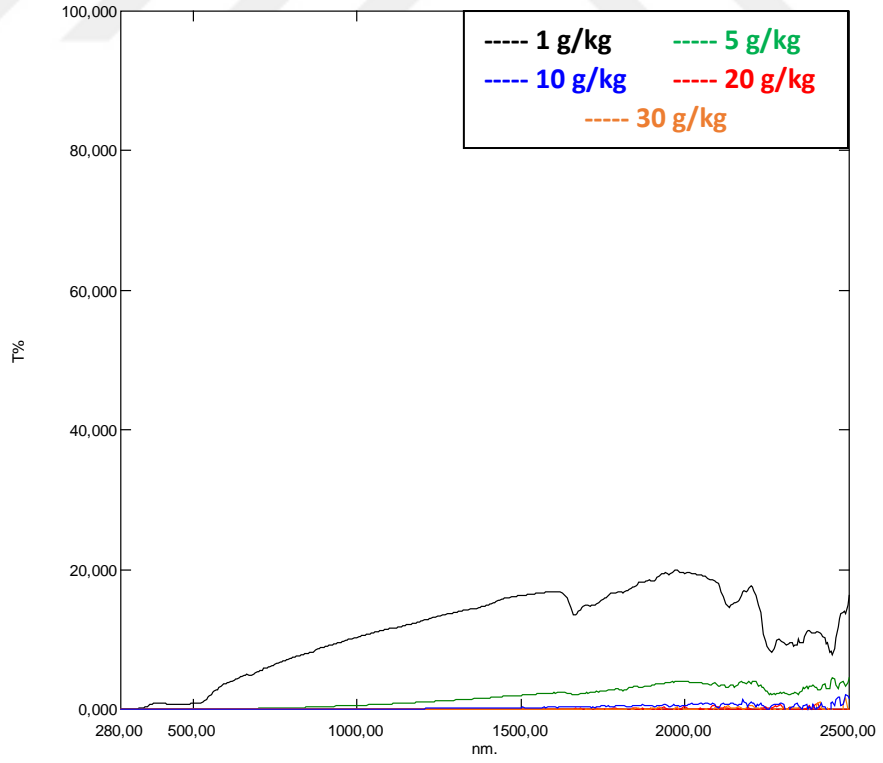
Çizelge 4.9. Yeşil organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Yeşil Organik Pigment Numuneleri					
Konsantrasyon	1 g/kg	5 g/kg	10 g/kg	20 g/kg	30 g/kg
Tv	23,14	11,92	7,49	3,86	2,04
Rv	32,17	16,34	10,99	7,32	5,83
Ts	25,40	17,53	14,64	12,06	9,94
Rs	33,16	23,49	20,25	17,10	15,34
As	41,43	58,98	65,11	70,84	74,72
Tuv	1,78	0,08	0,01	0,00	0,00

Yeşil organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış olan numunelerin yansıtma eğrileri Şekil 4.7’de, geçirgenlik eğrileri Şekil 4.8’de ve bu iki grafiğin sonucundan elde edilen hesaplanmış veriler ise Çizelge 4.9’da verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde numunelerin UV bölgede çok düşük bir yansıtma değeri verdiği, görünür bölgede yansıtma değerinin yükseldiği ancak konsantrasyon arttıkça %32’lerden %5’lere doğru düştüğü gözlenmiştir. Yeşil organik pigment ile kaplanmış numunelerin görünür bölgedeki yansıtma eğrileri, sarı dışındaki diğer renklerin yansıtma eğrileri ile kıyaslandığında daha yüksek bir yansıtma değeri vermektedir. Yakın IR bölgesinde ise hızlı bir şekilde yansıtma değerlerinin artmaya başladığı, daha sonrasında ise özellikle 1600 nm’de ani bir düşüş yaşayıp ardından düzensiz bir şekilde artıp azaldığı görülmektedir. Aynı numunelerin konsantrasyona bağlı olarak geçirgenlik değerlerinin sırayla UV bölgede %0-1,7 arasında olduğu, görünür bölgede ortalama %2-23 değerine ulaştığı ve yakın IR bölgede ise önce geçirgenliğin biraz daha arttığı ve 1600 nm’den sonra düzensiz bir düşme eğilimine girdiği görülmektedir. Konsantrasyon artışı numunelerin absorbladığı enerji miktarını arttırmaktadır. Bu numuneler için absorpsiyon değeri %41’lerden %74’lere kadar yükselmiştir. Konsantrasyon artışı aynı zamanda solar yansıtma ve solar geçirgenlik değerlerinin de azalmasına neden olmaktadır.



Şekil 4.9. Kahverengi organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri



Şekil 4.10. Kahverengi organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri

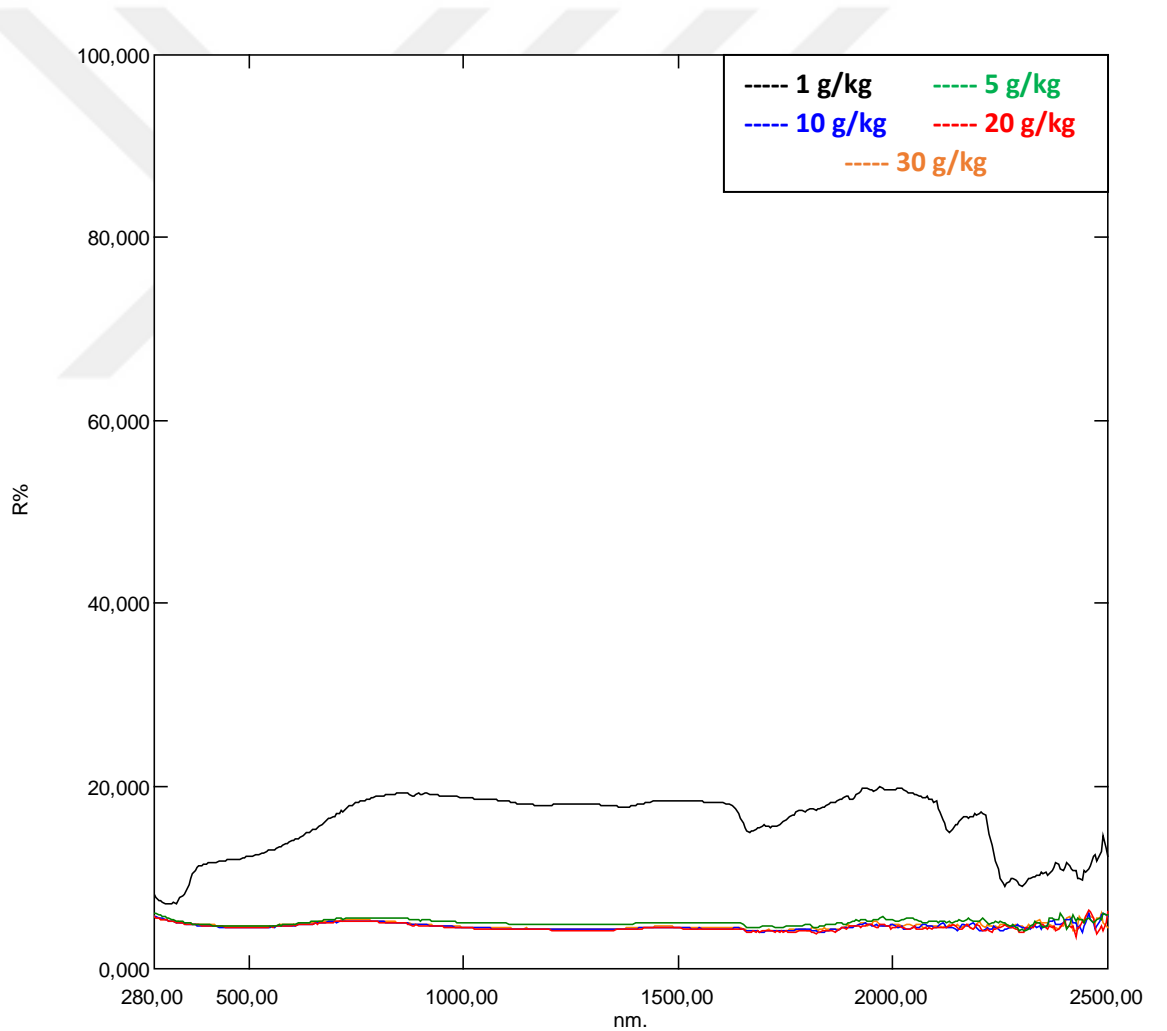
Çizelge 4.10. Kahverengi organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Kahverengi Organik Pigment Numuneleri					
Konsantrasyon	1 g/kg	5 g/kg	10 g/kg	20 g/kg	30 g/kg
Tv	2,31	0,01	0,00	0,00	0,00
Rv	5,97	5,28	5,26	5,35	5,34
Ts	6,46	0,45	0,06	0,01	0,00
Rs	7,66	4,71	4,64	4,71	4,68
As	85,88	94,84	95,30	95,29	95,32
Tuv	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00

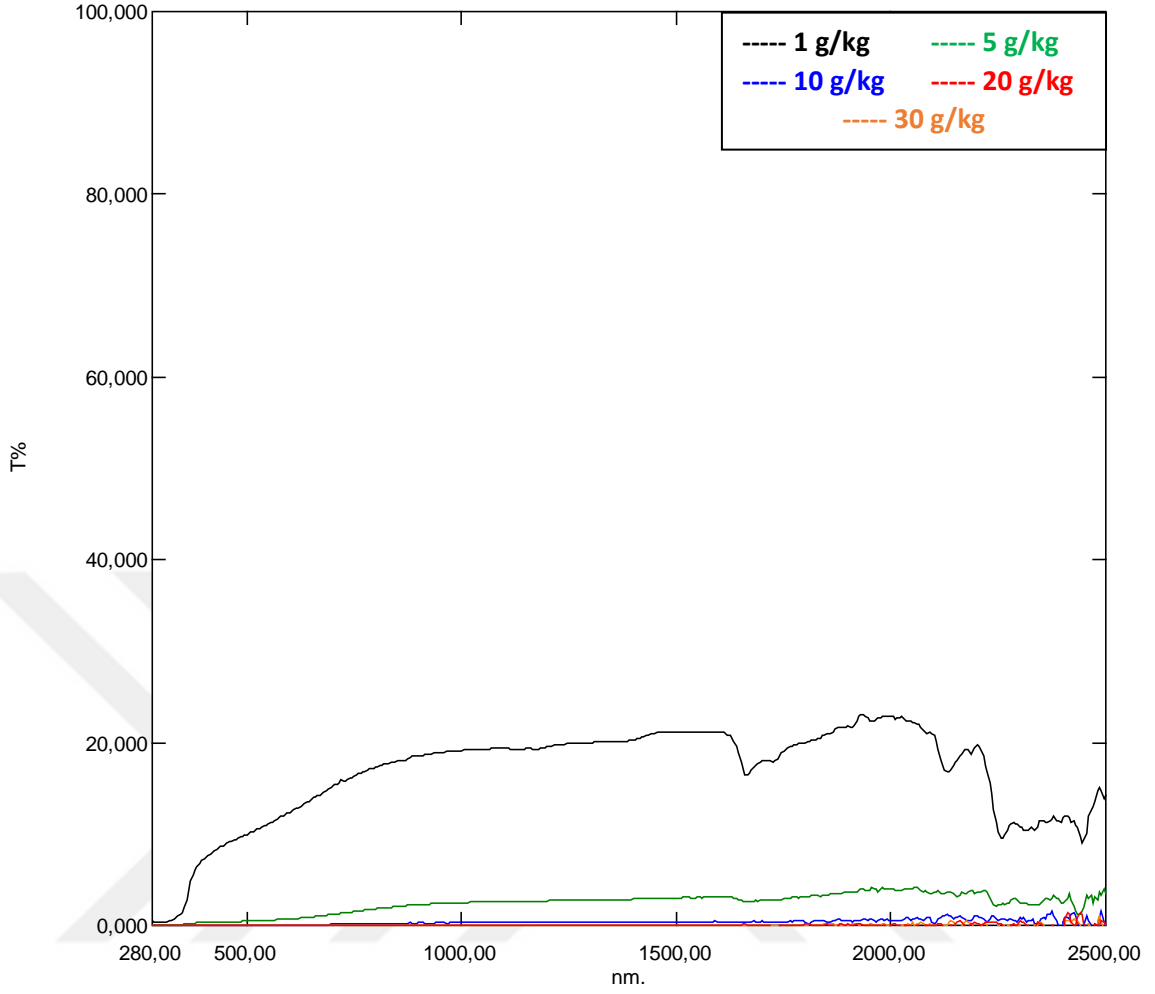
Kahverengi organik pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış olan numunelerin yansıtma eğrileri Şekil 4.9'da, geçirgenlik eğrileri Şekil 4.10'da ve bu iki grafiğin sonucundan elde edilen hesaplanmış veriler ise Çizelge 4.10'da verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde sadece en düşük konsantrasyon olan 1 g/kg değeri için bir miktar solar yansıtma kaydedilmiş, diğer konsantrasyonlar için solar yansıtma değeri hemen hemen aynı ve yaklaşık %4 civarında hesaplanmıştır. Geçirgenlik eğrileri incelendiğinde ise geçirgenlik değerinin UV bölgede %0, görünür bölgede konsantrasyona bağlı olarak ortalama %0-6'lara ulaştığı görülmektedir. 1 g/kg ve 5 g/kg konsantrasyon değerleri için yakın IR bölgede geçirgenlik önce bir miktar yükselmiş ardından ise düzensiz şekilde artış azalış göstermiştir. Kahverengi organik pigment ile kaplanmış numuneler, siyah renkten sonra en düşük solar yansıtma ve solar geçirgenlik değerlerini göstermiştir. Siyah organik pigment ile en düşük konsantrasyonda elde edilen değerler, kahverengi organik pigment ile 5 g/kg konsantrasyon değerinde elde edilmiştir. Konsantrasyon artışı ile solar yansıtma değerinin %7'lerden %4'lere, solar geçirgenlik değerinin ise %6'lardan %0'lara gerilediği görülmektedir. Solar absorpsiyon değeri ise konsantrasyon artışı ile %85'lerden %95'lere kadar artış göstermiştir.

4.4.2. Demir oksit pigment ile kaplanmış kumaşların spektrofotometrik sonuçları

Farklı renklerde ve konsantrasyonlarda demir oksit pigment kullanılarak yapılan kaplamalar sonucunda elde edilen numunelere ait spektrofotometre sonuçları ölçülerek hesaplanmıştır. Test işlemi EN 14500:2008 standardına göre çalışan UV-VIS-NIR spektrofotometrede yapılmıştır ve elde edilen sonuçlar EN 410 standardına göre çalışan özel bir program ile hesaplanmıştır. Şekil 4.11-4.22 arasında her renk için konsantrasyona bağlı olarak elde edilen yansıtma ve geçirgenlik eğrileri verilmiştir. Çizelge 4.11-4.16 arasında ise her renk için konsantrasyona bağlı olarak elde edilen yansıtma ve geçirgenlik değerlerinden hesaplanmış olan sonuçlar verilmiştir.



Şekil 4.11. Siyah pasta demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri

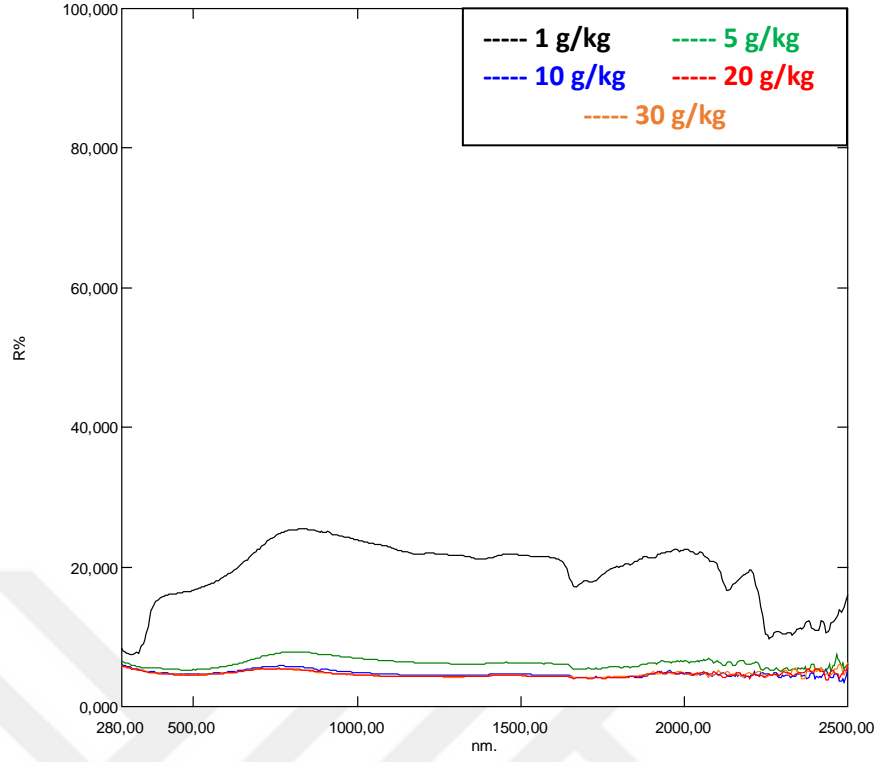


Şekil 4.12. Siyah pasta demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri

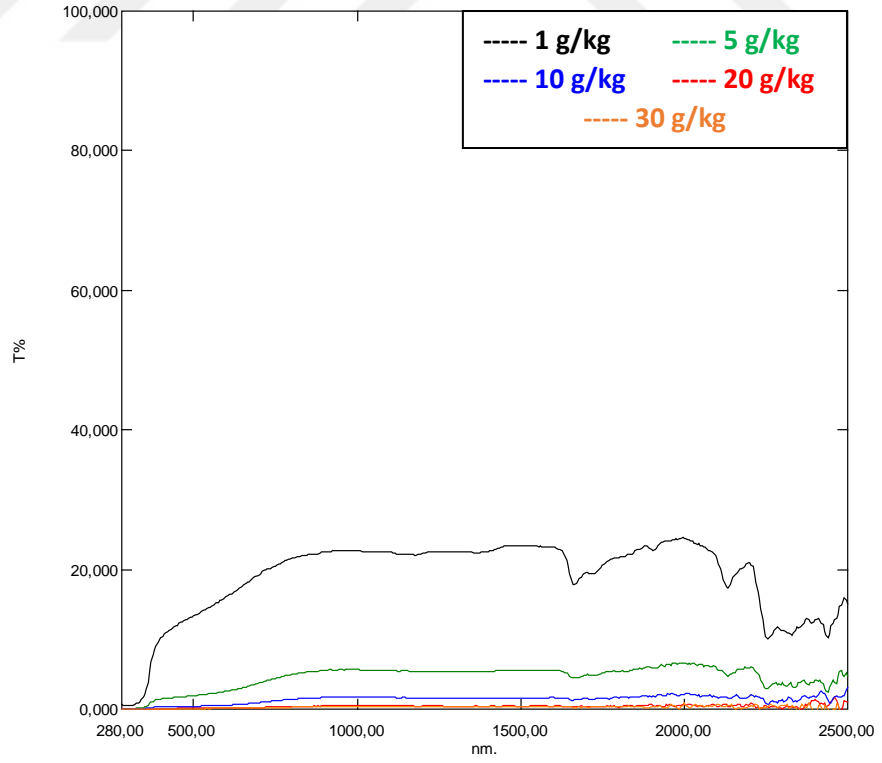
Çizelge 4.11. Siyah pasta demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Pasta Demir Oksit Numuneleri					
Konsantrasyon	1 g/kg	5 g/kg	10 g/kg	20 g/kg	30 g/kg
Tv	11,27	0,66	0,05	0,00	0,00
Rv	13,13	4,84	4,65	4,62	4,66
Ts	14,22	1,55	0,19	0,01	0,00
Rs	15,38	5,13	4,72	4,67	4,70
As	70,40	93,32	95,09	95,32	95,29
Tuv	2,07	0,10	0,01	0,00	0,00

Pasta formundaki siyah demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış olan numunelerin yansıtma eğrileri Şekil 4.11’de, geçirgenlik eğrileri Şekil 4.12’de ve bu iki grafiğin sonucundan elde edilen hesaplanmış veriler ise Çizelge 4.11’de verilmiştir. Yansıtma grafiği incelendiğinde pasta demir oksit siyahının UV, görünür ve yakın IR bölgede en düşük konsantrasyon hariç çok düşük bir yansıtma değeri verdiği görülmektedir. Görünür bölgedeki yansıtma değeri en düşük konsantrasyon için %13 civarında, diğer tüm konsantrasyonlar için ise %4 civarındadır. Siyah organik pigment ile kaplanmış numuneler ile kıyaslandığında ise burada bir miktar daha yüksek bir yansıtma değeri elde edilmiştir. Aynı numunelere ait geçirgenlik eğrileri incelendiğinde en düşük konsantrasyon için UV bölgedeki geçirgenlik değeri %2’lerde, görünür bölgedeki geçirgenlik değeri ise %14’lerdedir. Diğer konsantrasyon değerleri için hem UV bölgedeki hem de görünür bölgedeki geçirgenlik değeri hemen hemen aynı ve %0’dır. Konsantrasyon artışı, renkte koyulaşmaya yol açtığından dolayı solar geçirgenlik değerinin %14’lerden %0’lara düşmesini sağlamıştır. Ancak solar yansıtma değeri de %15’lerden %4’lere kadar düşüş göstermiştir. Solar absorbans değeri ise konsantrasyon artışı ile %70’lerden %95’lere kadar yükselmiştir. Pasta formdaki siyah organik pigment ile en düşük konsantrasyonda elde edilen solar yansıtma değeri, pasta formdaki demir oksit ile ancak 10 g/kg konsantrasyon değerlerinde yakalanabilmiştir. Aynı durum solar geçirgenlikte de söz konusu olduğundan dolayı, pasta formdaki siyah organik pigmentin daha örtücü olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 4.13. Siyah demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri

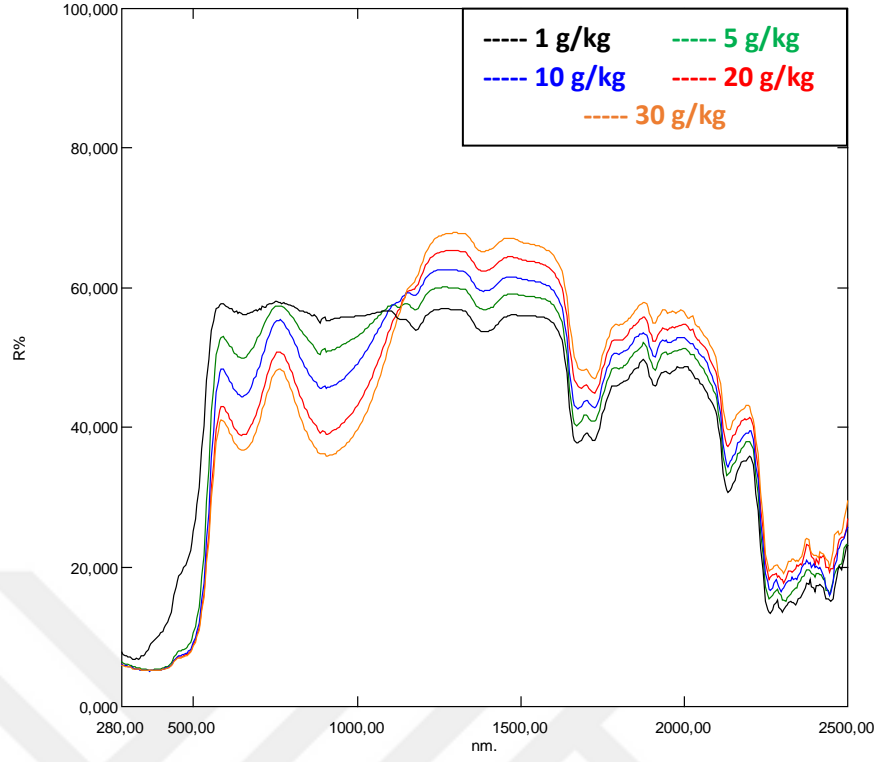


Şekil 4.14. Siyah demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri

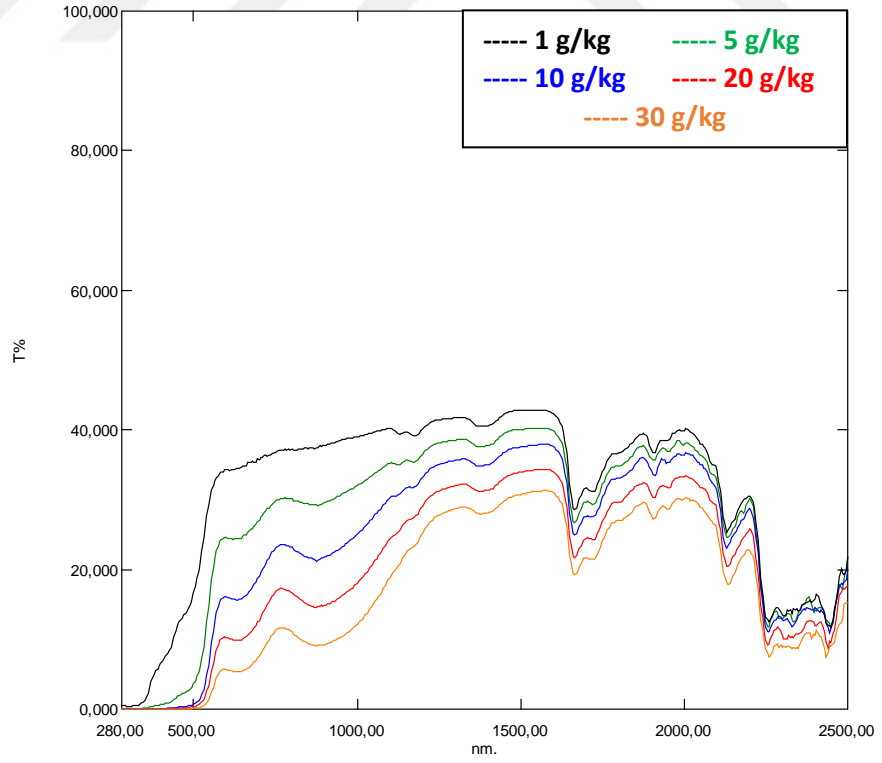
Çizelge 4.12. Siyah demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Siyah Demir Oksit Numuneleri					
Konsantrasyon	1 g/kg	5 g/kg	10 g/kg	20 g/kg	30 g/kg
Tv	15,00	2,26	0,49	0,13	0,08
Rv	18,03	5,43	4,82	4,73	4,68
Ts	17,63	3,60	0,98	0,27	0,17
Rs	20,28	6,15	5,03	4,84	4,78
As	62,09	90,26	93,99	94,89	95,05
Tuv	2,99	0,41	0,09	0,02	0,01

Siyah demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış olan numunelerin yansıtma eğrileri Şekil 4.13'te, geçirgenlik eğrileri Şekil 4.14'te ve bu iki grafiğin sonucundan elde edilen hesaplanmış veriler ise Çizelge 4.12'de verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde numunelerin UV bölgede çok düşük bir yansıtma değeri verdiği, görünür bölgede ise yansıtma değerinin bir miktar yükseldiği ancak konsantrasyon arttıkça %18'lerden %4'lere doğru düştüğü gözlenmiştir. En düşük konsantrasyon için pasta formundaki demir oksit pigmente kıyasla daha yüksek yansıtma değeri kaydedilmiştir. Konsantrasyon arttıkça toz formda da pasta formda da görünür bölgedeki yansıtma değerleri %4 civarında kalmaktadır. Yakın IR bölgede yansıtma değerleri yükselmeye devam etmiş ancak 900 nm'den sonra düşüş başlamış ve 1650 nm'de düzensiz yükseliş azalışlar gözlenmiştir. Aynı numunelerin geçirgenlik değerlerinin sırayla konsantrasyona bağlı olarak UV bölgede %0-2,9 arasında olduğu, görünür bölgede ortalama %0-14 değerine ulaştığı ve yakın IR bölgede ise önce geçirgenliğin biraz daha arttığı ve 1650 nm'den sonra düzensiz bir yükseliş azalış eğilimine girdiği görülmektedir. Konsantrasyon artışı, renkte koyulaşmaya yol açtığından dolayı solar geçirgenlik değerinin %17'lerden %0'lara düşmesini sağlamıştır. Ancak solar yansıtma değeri de %20'lerden %4'lere kadar düşüş göstermiştir. Solar absorbans değeri ise konsantrasyon artışı ile %62'lerden %95'lere kadar yükselmiştir. Pasta formdaki demir oksit pigment ile kaplanmış numuneler 10 g/kg konsantrasyonda en düşük solar geçirgenlik değerine ulaşırken, toz formdaki demir oksit pigment ile kaplanmış numuneler bu değere ancak 20 g/kg konsantrasyon değerinde yaklaşabilmiştir. Buradan da anlaşılacağı gibi pasta formdaki pigmentler, toz formdakilere göre daha örtücü bir yapıya sahiptir.



Şekil 4.15. Sarı demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri

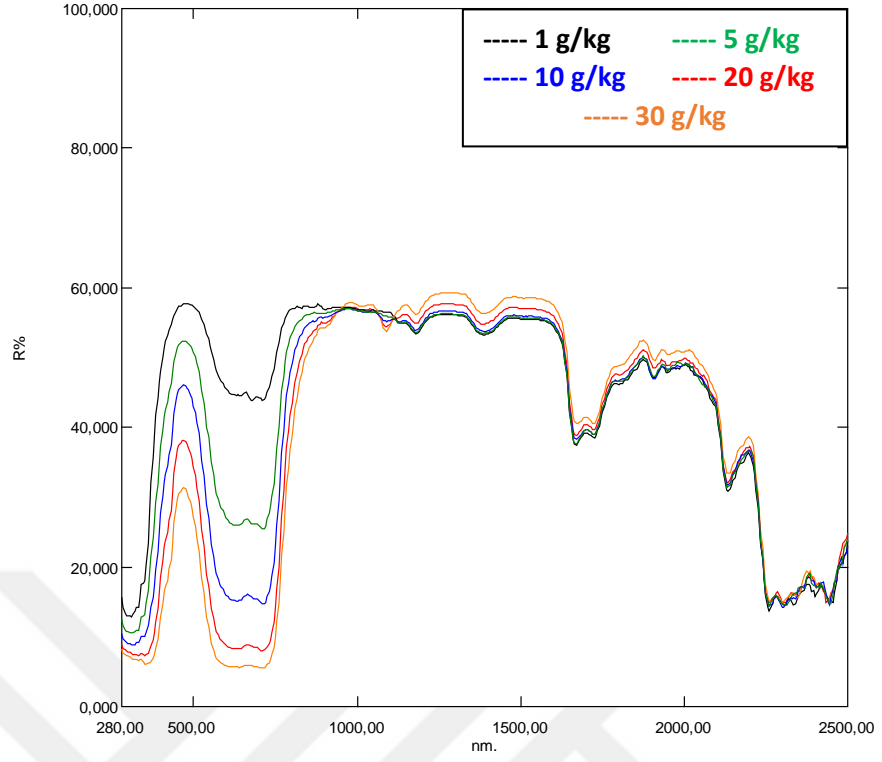


Şekil 4.16. Sarı demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri

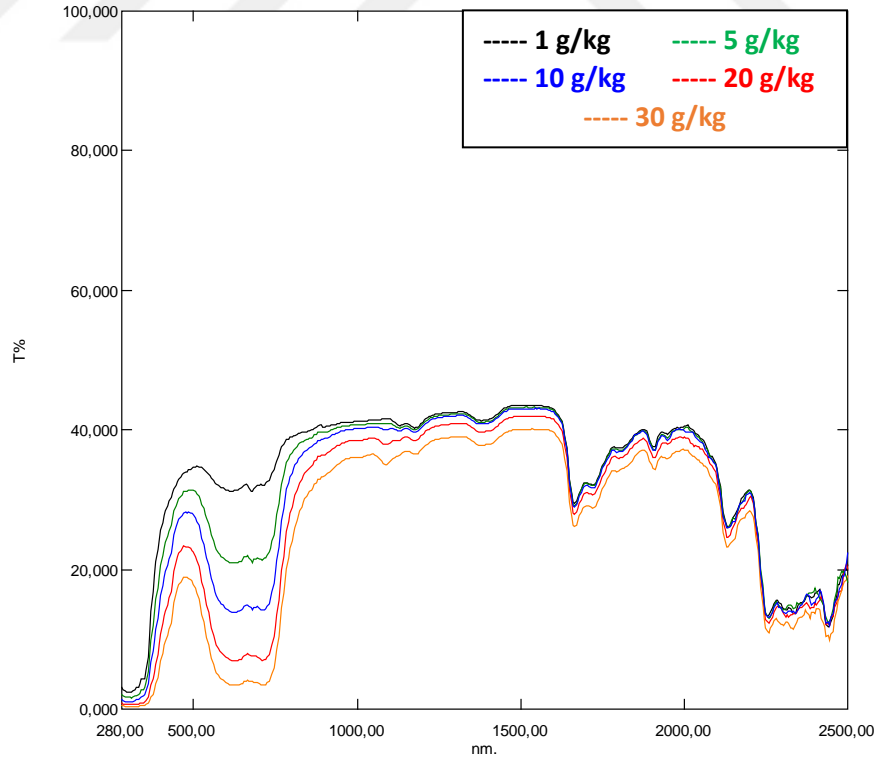
Çizelge 4.13. Sarı demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Sarı Demir Oksit Numuneleri					
Konsantrasyon	1 g/kg	5 g/kg	10 g/kg	20 g/kg	30 g/kg
Tv	28,97	16,11	9,08	5,51	2,95
Rv	47,91	36,48	32,05	28,56	27,26
Ts	29,99	21,80	16,76	12,66	9,43
Rs	44,99	40,11	37,94	35,47	34,35
As	25,03	38,09	45,31	51,87	56,22
Tuv	1,88	0,17	0,02	0,01	0,00

Sarı demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış olan numunelerin yansıtma eğrileri Şekil 4.15'te, geçirgenlik eğrileri Şekil 4.16'da ve bu iki grafiğin sonucundan elde edilen hesaplanmış veriler ise Çizelge 4.13'te verilmiştir. Yansıtma eğrileri incelendiğinde numunelerin UV bölgesinde çok düşük bir yansıtma değeri verdiği, görünür bölgede ise bu numunelerin yansıtma değerinin yükseldiği ancak konsantrasyon arttıkça %47'lerden %27'lere doğru düştüğü gözlenmiştir. Sarı organik pigment ile kaplanmış numuneler ile kıyaslandığında ise görünür bölgede her konsantrasyon değeri için daha düşük bir yansıtma sergilemiştir. 760-900 nm arasında yansıtma değerleri hızla düşüş gösteren sarı demir oksit kaplanmış numuneler, 900 nm'den sonra daha yüksek yansıtma değerlerine ulaşmıştır. 1650 nm'den sonra ise yansıtma değerleri düzensiz artış ve azalış göstermiştir. Aynı numunelerin geçirgenlik değerlerinin konsantrasyona bağlı olarak sırayla UV bölgede %0-1,8 arasında olduğu, görünür bölgede ortalama %2-28 değerine ulaştığı ve yakın IR bölgede ise önce geçirgenliğin biraz daha arttığı ve 1650 nm'den sonra düzensiz bir artış azalış eğilimine girdiği görülmektedir. Sarı organik pigment ile kaplanmış numunelerde solar yansıtma değeri incelendiğinde konsantrasyon arttıkça yansıtma değerinin arttığı gözlenmiştir. Ancak sarı demir oksit pigment ile kaplanan numunelerde konsantrasyon artışı solar yansıtma değerini organik pigmentlerden farklı olarak düşürmektedir. Solar geçirgenlik değeri kıyaslandığında ise sarı demir oksit ile kaplanmış numuneler daha düşük bir geçirgenlik sağlamaktadır.



Şekil 4.17. Mavi demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri

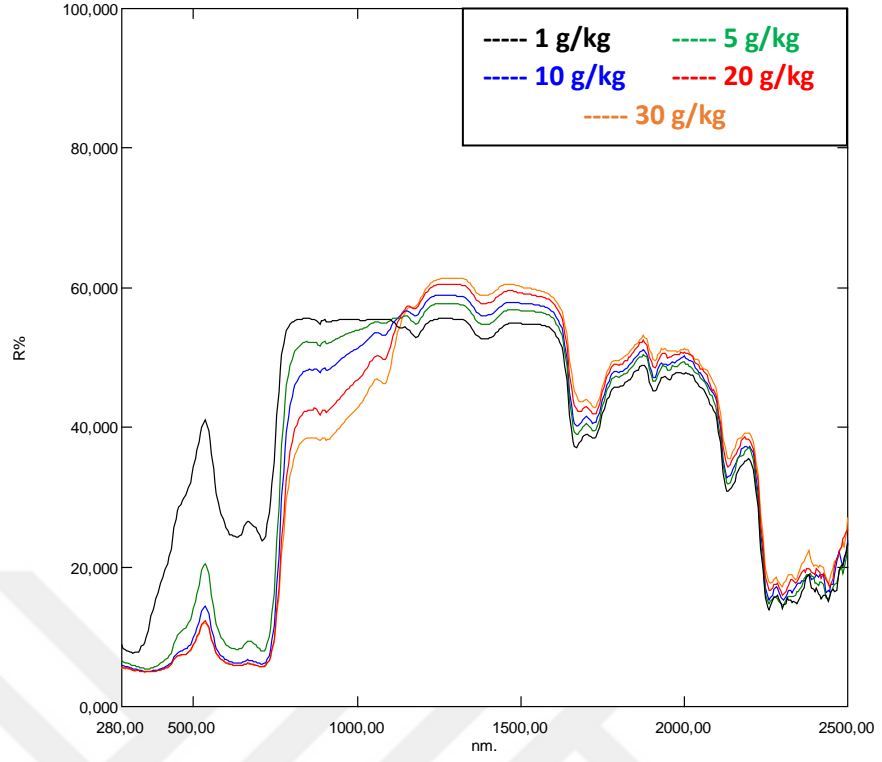


Şekil 4.18. Mavi demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri

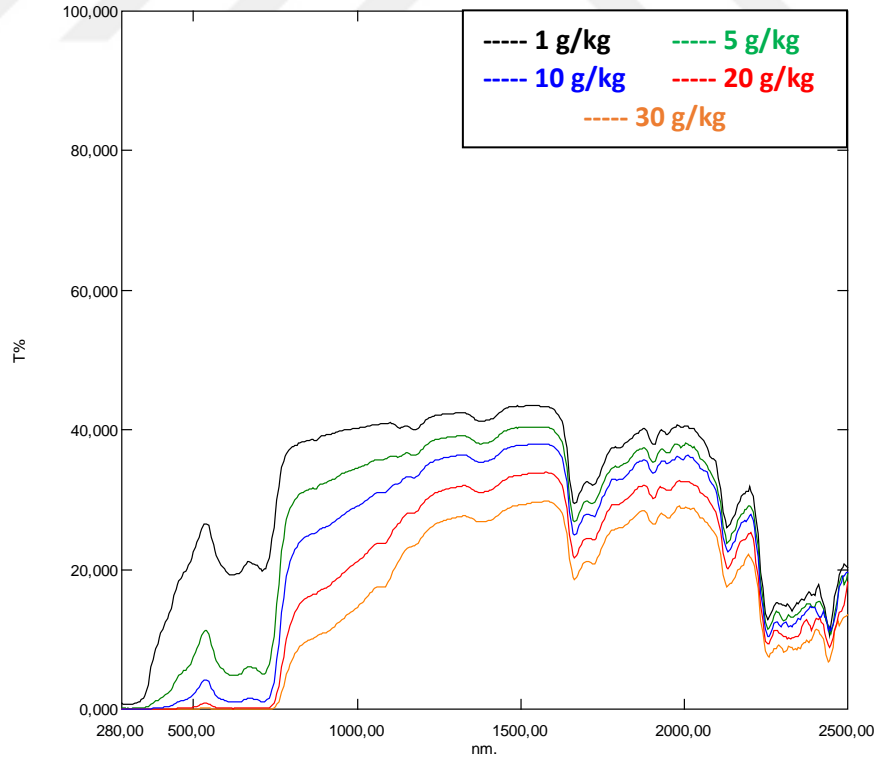
Çizelge 4.14. Mavi demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Mavi Demir Oksit Numuneleri					
Konsantrasyon	1 g/kg	5 g/kg	10 g/kg	20 g/kg	30 g/kg
Tv	33,21	25,49	19,99	12,96	8,86
Rv	50,73	36,65	26,20	16,98	12,49
Ts	34,36	29,90	26,85	22,03	18,74
Rs	50,23	42,80	36,81	31,71	29,22
As	15,41	27,30	36,34	46,26	52,05
Tuv	6,67	4,69	3,26	1,59	0,82

Mavi demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış olan numunelerin yansıtma eğrileri Şekil 4.17’de, geçirgenlik eğrileri Şekil 4.18’de ve bu iki grafiğin sonucundan elde edilen hesaplanmış veriler ise Çizelge 4.14’te verilmiştir. Yansıtma eğrileri incelendiğinde numunelerin UV bölgede düşük bir yansıtma değeri verdiği, görünür bölgede ise bu numunelerin yansıtma değerinin yükseldiği ancak konsantrasyon arttıkça %50’lerden %12’lere doğru düştüğü gözlenmiştir. Mavi organik pigment ile kaplanmış numuneler ile kıyaslandığında, mavi demir oksit ile kaplanmış numuneler görünür bölgede her konsantrasyon değeri için daha yüksek bir yansıtma elde edilmesine olanak sağlamıştır. 700-900 nm arasında yansıtma değerleri hızla yükseliş göstermiş, ardından bu yansıtma değerindeki artış yavaşlamıştır ve 1650 nm’den sonra yansıtma değerleri düzensiz şekilde artış ve azalış göstermiştir. Geçirgenlik değerlerinin ise sırayla UV bölgede %0,8-6,6 arasında olduğu, görünür bölgede ortalama %8-33 değerine ulaştığı ve yakın IR bölgede ise önce geçirgenliğin biraz daha arttığı ve 1650 nm’den sonra düzensiz bir artış azalış eğilimine girdiği görülmektedir. Konsantrasyon artışı, renkte koyulaşmaya yol açtığından dolayı solar geçirgenlik değerinin %34’lerden %18’lere düşmesini sağlamıştır. Ancak solar yansıtma değeri de %50’lerden %29’lara kadar düşüş göstermiştir. Solar absorbans değeri ise konsantrasyon artışı ile %15’lerden %52’lere kadar yükselmiştir. Mavi demir oksit pigment ile kaplanmış numunelerin solar yansıtma değeri, mavi organik pigment ile kaplanmış numunelere kıyasla her konsantrasyon değeri için daha yüksektir. Aynı zamanda mavi demir oksit pigmentler, mavi organik pigmentlere göre daha düşük solar absorbans değeri de sunmaktadır.



Şekil 4.19. Yeşil demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri

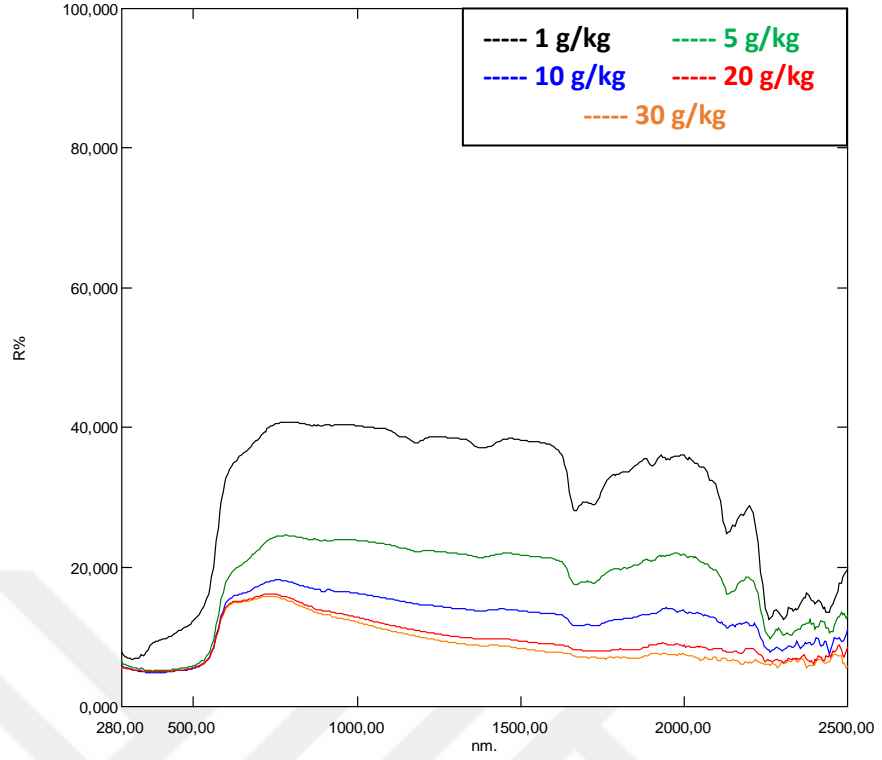


Şekil 4.20. Yeşil demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri

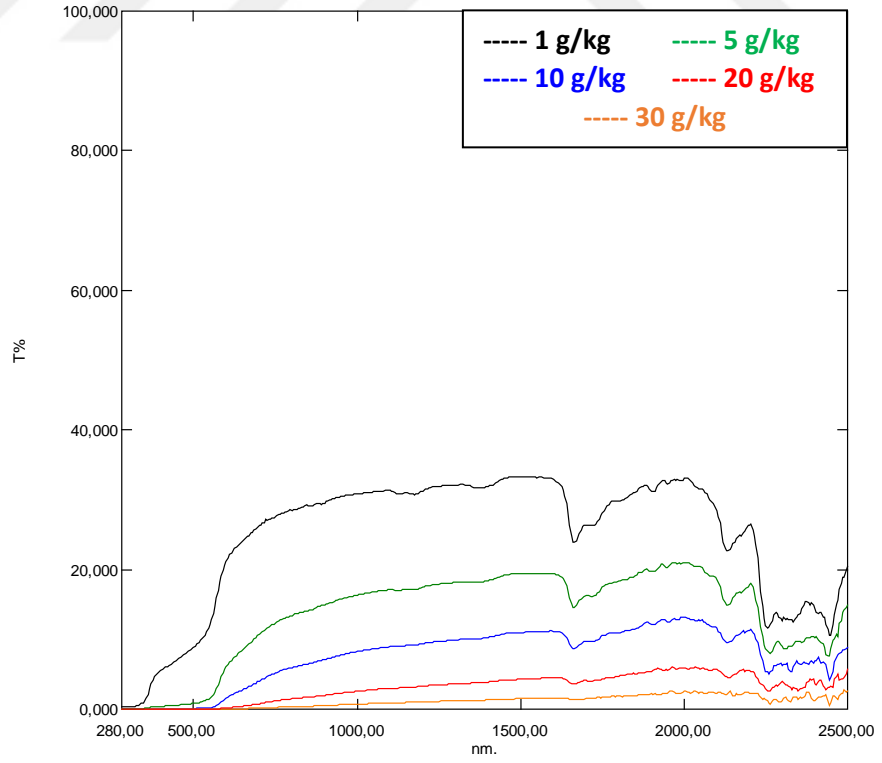
Çizelge 4.15. Yeşil demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Yeşil Demir Oksit Numuneleri					
Konsantrasyon	1 g/kg	5 g/kg	10 g/kg	20 g/kg	30 g/kg
Tv	22,98	7,78	2,42	0,41	0,06
Rv	32,80	14,00	9,92	8,85	8,74
Ts	27,48	17,44	13,04	9,62	7,31
Rs	37,72	27,79	25,44	23,95	23,18
As	34,80	54,78	61,52	66,42	69,52
Tuv	2,68	0,30	0,03	0,00	0,00

Yeşil demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış olan numunelerin yansıtma eğrileri Şekil 4.19’da, geçirgenlik eğrileri Şekil 4.20’de ve bu iki grafiğin sonucundan elde edilen hesaplanmış veriler ise Çizelge 4.15’te verilmiştir. Yansıtma eğrileri incelendiğinde numunelerin UV bölgesinde düşük bir yansıtma değeri verdiği, görünür bölgede ise bu numunelerin yansıtma değerinin yükseldiği ancak konsantrasyon arttıkça %32’lerden %8’lere doğru düştüğü gözlenmiştir. Görünür bölgede 550 nm’ye kadar artan yansıtma değerleri 550 nm’den 700 nm’ye kadar düşüş göstermiştir. Yakın IR bölgede hızla artan yansıtma değerleri belli bir dalga boyundan sonra yavaşlamış ve 1600 nm’de sonrasında düzensiz bir artış azalış göstermiştir. Geçirgenlik değerlerinin ise konsantrasyona bağlı olarak sırayla UV bölgede %0-2,6 arasında olduğu, görünür bölgede ortalama %0-22 değerine ulaştığı ve yakın IR bölgede ise önce geçirgenliğin biraz daha arttığı ve 1600 nm’den sonra düzensiz bir artış azalış eğilimine girdiği görülmektedir. Konsantrasyon artışı, renkte koyulaşmaya yol açtığından dolayı solar geçirgenlik değerinin %27’lerden %7’lere düşmesini sağlamıştır. Ancak solar yansıtma değeri de %37’lerden %23’lere gerileme göstermiştir. Solar absorbans değeri ise konsantrasyon artışı ile %34’lerden %69’lara kadar yükselmiştir. Yeşil demir oksit pigment ile kaplanmış numunelerin solar yansıtma değeri, yeşil organik pigment ile kaplanmış numunelere kıyasla her konsantrasyon değeri için daha yüksektir. Aynı zamanda yeşil demir oksit pigmentler, yeşil organik pigmentlere göre daha düşük solar absorbans değeri de sunmaktadır.



Şekil 4.21. Kahverengi demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri



Şekil 4.22. Kahverengi demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri

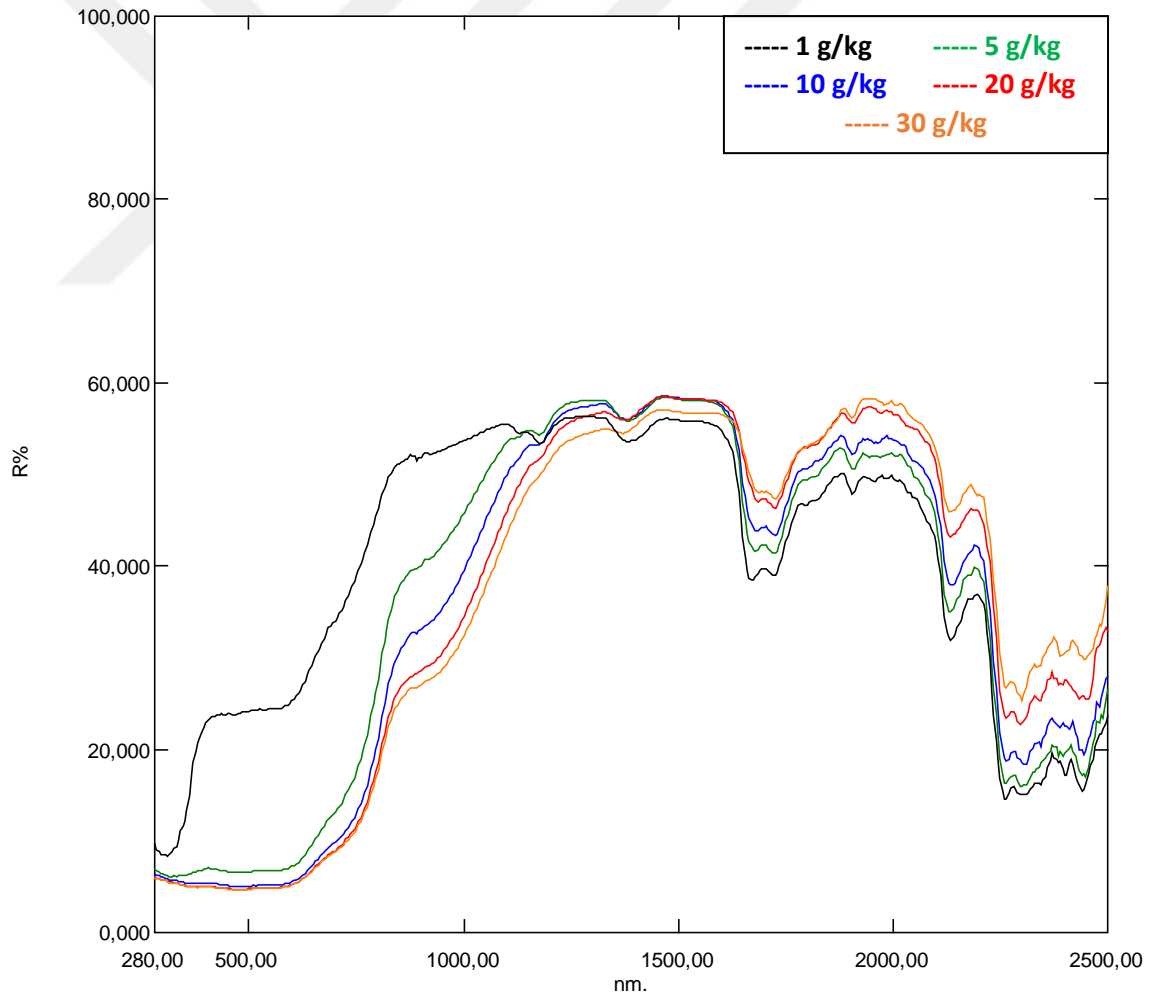
Çizelge 4.16. Kahverengi demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Kahverengi Demir Oksit Numuneleri					
Konsantrasyon	1 g/kg	5 g/kg	10 g/kg	20 g/kg	30 g/kg
Tv	14,51	3,02	0,63	0,06	0,01
Rv	21,44	10,80	9,42	9,14	9,09
Ts	21,14	9,39	4,23	1,26	0,41
Rs	28,94	16,55	12,32	10,59	10,26
As	49,92	74,06	83,45	88,15	89,34
Tuv	1,63	0,14	0,01	0,00	0,00

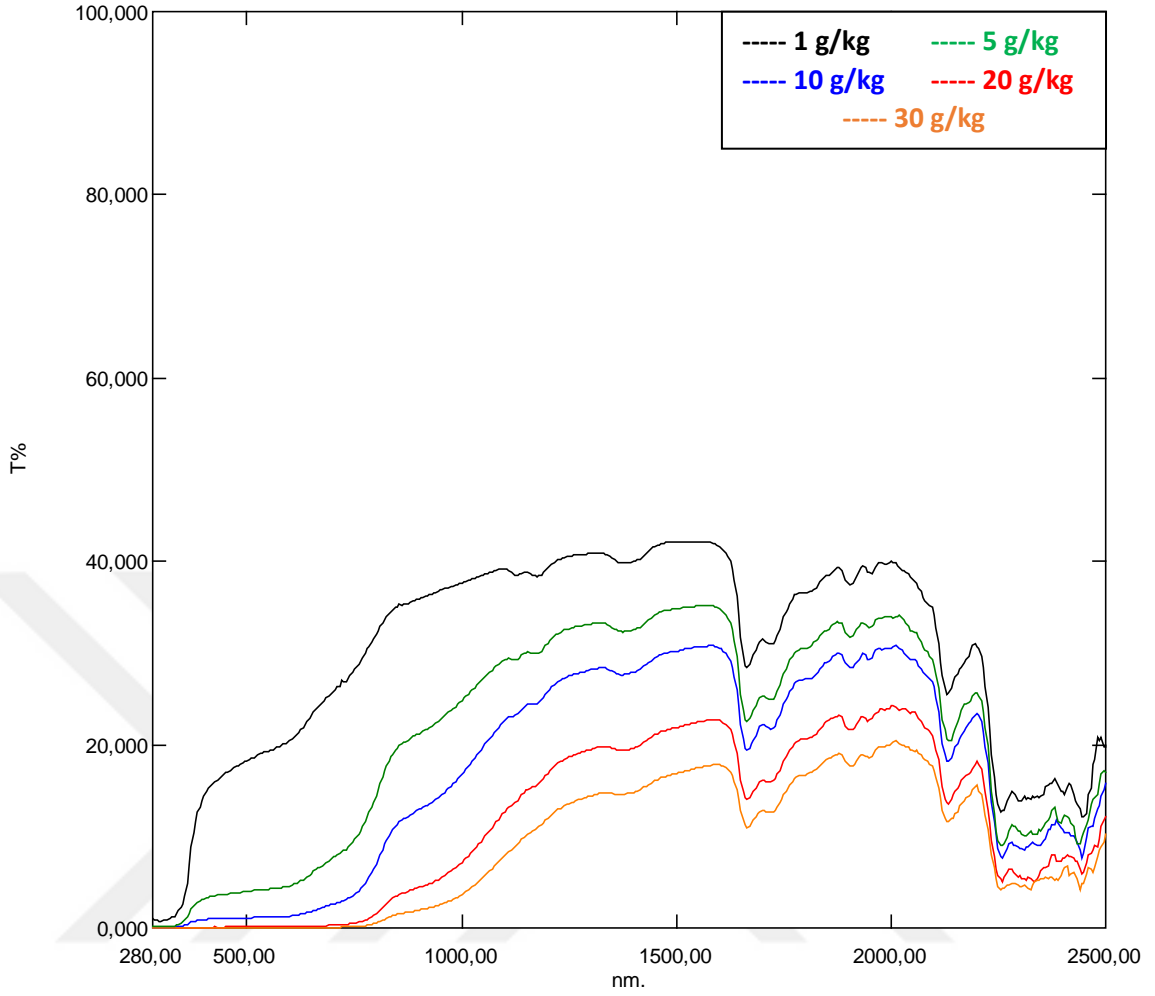
Kahverengi demir oksit pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış olan numunelerin yansıtma eğrileri Şekil 4.21’de, geçirgenlik eğrileri Şekil 4.22’de ve bu iki grafiğin sonucundan elde edilen hesaplanmış veriler ise Çizelge 4.16’da verilmiştir. Yansıtma eğrileri incelendiğinde numunelerin UV bölgede düşük bir yansıtma değeri verdiği, görünür bölgede ise bu numunelerin yansıtma değerinin yükseldiği ancak konsantrasyon arttıkça %21’lerden %9’lara doğru düştüğü gözlenmiştir. Kahverengi demir oksit pigment ile kaplanmış numuneler, kahverengi organik pigment ile kaplanmış numunelere kıyasla görünür bölgede her konsantrasyon için daha yüksek bir yansıtma değeri sağlamıştır. Yakın IR bölgede de yansıtma önce az bir miktarda artış gösterip 1600 nm’ye kadar yavaş bir şekilde düşüş göstermiştir. 1600-2500 nm arasında ise düzensiz bir yansıtma eğrisi çizmiştir. Numunelerin geçirgenlik değerlerinin konsantrasyona bağlı olarak sırayla UV bölgede %0-1,6 arasında olduğu, görünür bölgede ortalama %0-14 değerine ulaştığı ve yakın IR bölgede ise önce geçirgenliğin biraz daha arttığı ve 1600 nm’den sonra düzensiz bir artış azalış eğilimine girdiği görülmektedir. Konsantrasyon artışı numunelerin solar yansıtma ve solar geçirgenlik değerlerinde azalmaya, solar absorbans değerinde ise artmaya yol açmaktadır. Kahverengi demir oksit pigment ile kaplanmış numunelerin solar yansıtma değeri, kahverengi organik pigment ile kaplanmış numunelere kıyasla her konsantrasyon değeri için daha yüksektir. Aynı zamanda kahverengi demir oksit pigmentler, kahverengi organik pigmentlere göre daha düşük solar absorbans değeri de sunmaktadır.

4.4.3. Kızılötesi yansıtıcı pigment ile kaplanmış kumaşların spektrofotometrik sonuçları

Farklı renklerde ve konsantrasyonlarda kızılötesi yansıtıcı pigment kullanılarak yapılan kaplamalar sonucunda elde edilen numunelere ait spektrofotometre sonuçları ölçülerek hesaplanmıştır. Test işlemi EN 14500:2008 standardına göre çalışan UV-VIS-NIR spektrofotometrede yapılmıştır ve elde edilen sonuçlar EN 410 standardına göre çalışan özel bir program ile hesaplanmıştır. Şekil 4.23-4.32 arasında her renk için konsantrasyona bağlı olarak elde edilen yansıtma ve geçirgenlik eğrileri verilmiştir. Çizelge 4.17-4.21 arasında ise her renk için konsantrasyona bağlı olarak elde edilen yansıtma ve geçirgenlik değerlerinden hesaplanmış olan sonuçlar verilmiştir.



Şekil 4.23. Siyah kızılötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri

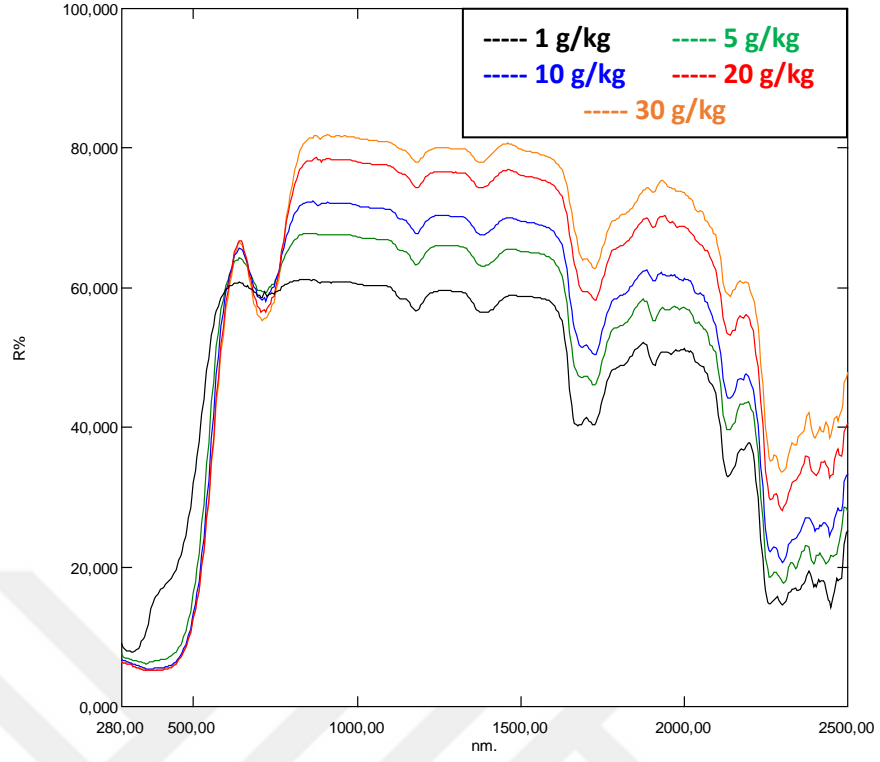


Şekil 4.24. Siyah kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri

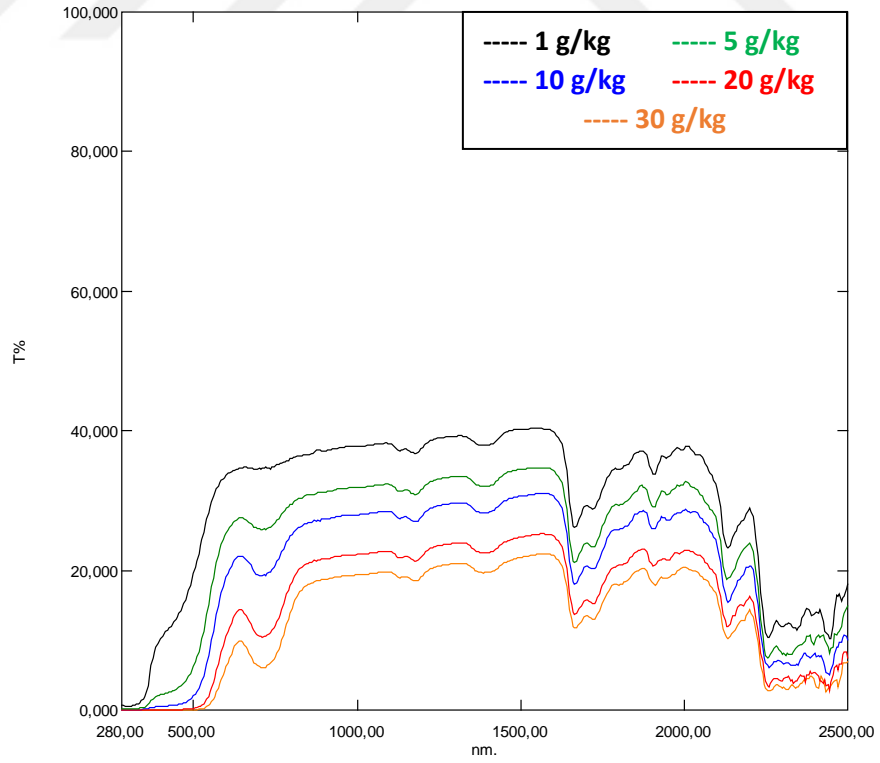
Çizelge 4.17. Siyah kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Siyah Kızilötesi Yansıtıcı Pigmentli Numuneler					
Konsantrasyon	1 g/kg	5 g/kg	10 g/kg	20 g/kg	30 g/kg
Tv	19,16	4,56	1,19	0,10	0,03
Rv	24,58	7,22	5,28	5,01	5,01
Ts	25,96	13,48	8,54	4,54	3,07
Rs	36,21	23,82	20,95	19,80	19,31
As	37,84	62,70	70,52	75,66	77,62
Tuv	3,81	0,93	0,26	0,02	0,01

Siyah kıvılotesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış olan numunelerin yansıtma eğrileri Şekil 4.23'te, geçirgenlik eğrileri Şekil 4.24'te ve bu iki grafiğin sonucundan elde edilen hesaplanmış veriler ise Çizelge 4.17'de verilmiştir. Yansıtma eğrileri incelendiğinde numunelerin UV bölgede düşük bir yansıtma değeri verdiği, görünür bölgede ise bu numunelerin yansıtma değerinin yükseldiği ancak konsantrasyon arttıkça %24'lerden %5'lere doğru düştüğü gözlenmiştir. Siyah organik ve demir oksit pigment gruplarına göre en düşük konsantrasyon için en yüksek yansıtma değeri kıvılotesi yansıtıcı pigmentte kaydedilmiştir. Konsantrasyon arttıkça her iki grupta en yüksek konsantrasyon için %4 civarında bir yansıtma değeri kaydedilirken, burada %5'lik bir yansıtma elde edilmiştir. Yakın IR bölgede de yansıtma 1600 nm'ye kadar artış göstermekte ardından düzensiz bir yansıtma eğrisi çizmektedir. Aynı numunelerin geçirgenlik değerlerinin ise konsantrasyona bağlı olarak sırayla UV bölgede %0-3,8 arasında olduğu, görünür bölgede ortalama %0-19 değerine ulaştığı ve yakın IR bölgede ise önce geçirgenliğin biraz daha arttığı ve 1600 nm'den sonra düzensiz bir artış azalış eğilimine girdiği görülmektedir. Konsantrasyon artışı, renkte koyulaşmaya yol açtığından dolayı solar geçirgenlik değerinin %25'lerden %3'lere düşmesini sağlamıştır. Ancak solar yansıtma değeri de %36'lardan %19'lara kadar düşüş göstermiştir. Solar absorbans değeri ise konsantrasyon artışı ile %37'lerden %77'lere kadar yükselmiştir. Kıvılotesi yansıtıcı pigment grubu ile yapılan çalışmalarda diğer gruplara kıyasla solar geçirgenlik değeri daha yüksek kalmıştır. Ancak solar yansıtma değerlerine baktığımızda en yüksek değer 1 g/kg için siyah demir oksit pigmentte yakalanmıştır (%20,2) ve o da kıvılotesi yansıtıcı pigmentin gerisinde kalmıştır. Ayrıca solar absorbans değeri de diğer gruplardan daha düşük çıkmıştır.



Şekil 4.25. Sarı kızılötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri

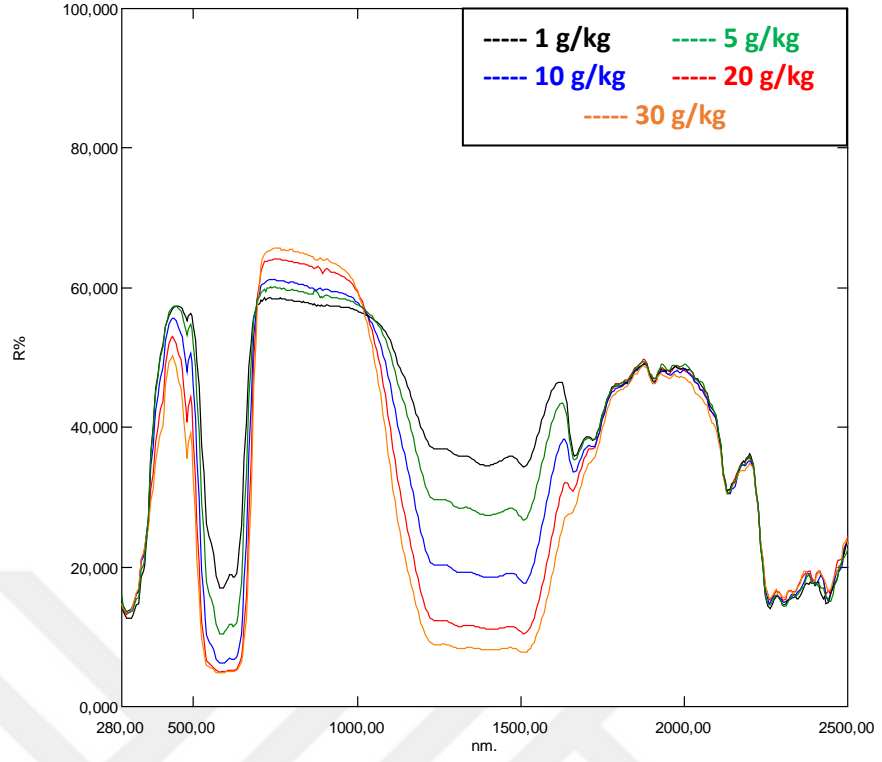


Şekil 4.26. Sarı kızılötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri

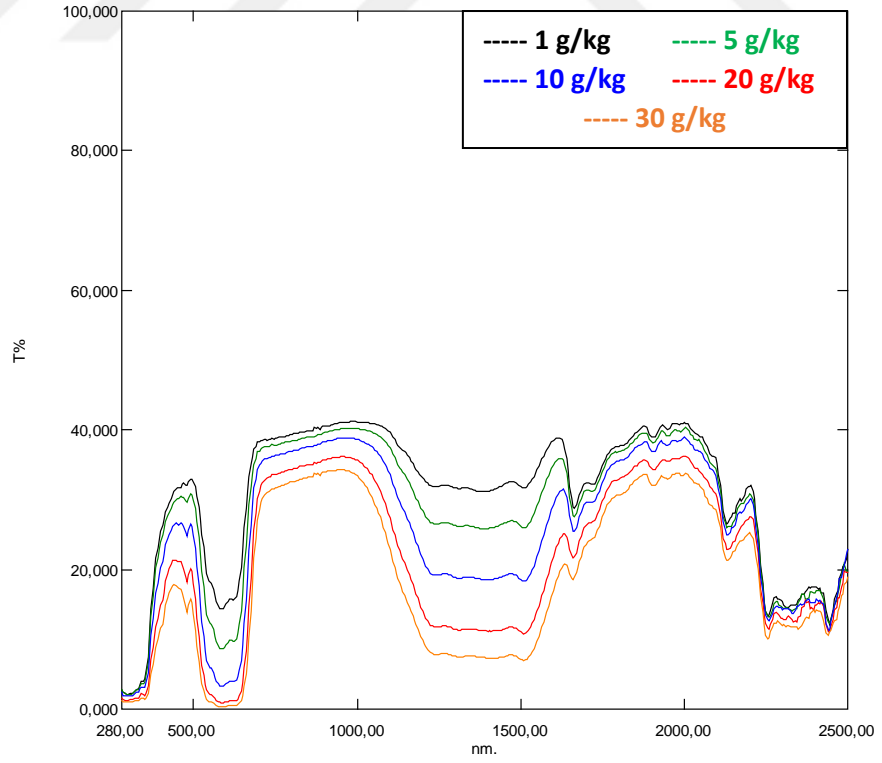
Çizelge 4.18. Sarı kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Sarı Kızılötesi Yansıtıcı Pigmentli Numuneler					
Konsantrasyon	1 g/kg	5 g/kg	10 g/kg	20 g/kg	30 g/kg
Tv	28,75	17,51	10,96	4,88	2,62
Rv	50,09	42,06	38,50	36,66	36,08
Ts	29,50	21,74	17,29	11,99	9,47
Rs	48,31	47,31	47,99	50,26	51,18
As	22,19	30,95	34,73	37,75	39,35
Tuv	2,87	0,66	0,16	0,02	0,00

Sarı kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış olan numunelerin yansıtma eğrileri Şekil 4.25'te, geçirgenlik eğrileri Şekil 4.26'da ve bu iki grafiğin sonucundan elde edilen hesaplanmış veriler ise Çizelge 4.18'de verilmiştir. Yansıtma eğrileri incelendiğinde numunelerin UV bölgesinde düşük bir yansıtma değeri verdiği, görünür bölgede ise bu numunelerin yansıtma değerinin yükseldiği ancak konsantrasyon arttıkça %50'lerden %36'lara doğru düştüğü gözlenmiştir. Sarı demir oksit pigment ile kaplanmış numunelerde bu düşüş %47'lerden %27'lerde kadar, sarı organik pigment ile kaplanmış numunelerde ise bu düşüş %48'lerden %43'lere kadardır. Buradan da görüldüğü gibi görünür bölge içerisinde en yüksek konsantrasyon olan 30 g/kg'da en yüksek yansıtma değeri sarı organik pigment ile kaplanmış numunelerden elde edilmiştir. Yakın IR bölgede de yansıtma 1600 nm'ye kadar artış göstermekte ardından düzensiz bir şekilde artıp azalmaktadır. Konsantrasyon arttıkça IR bölgedeki yansıtma miktarının da arttığı gözlenmektedir. Aynı numunelerin geçirgenlik değerlerinin ise konsantrasyona bağlı olarak sırayla UV bölgede %0-2,8 arasında olduğu, görünür bölgede ortalama %2-28 değerine ulaştığı ve yakın IR bölgede ise önce geçirgenliğin biraz daha arttığı ve 1600 nm'den sonra düzensiz bir düşme eğilimine girdiği görülmektedir. Konsantrasyon artışı, renkte koyulaşmaya yol açtığından dolayı solar geçirgenlik değerinin %29'lardan %9'lara düşmesini sağlamıştır. Solar yansıtma değeri de artan konsantrasyon için %48'lerden %51'lere kadar yükselmiştir. Solar absorbans değeri ise konsantrasyon artışı ile %22'lerden %39'lara kadar yükselmiştir. Kızılötesi bölgedeki yansıtma değeri ile solar yansıtma değeri hem kızilötesi yansıtıcı pigmentte hem de organik pigmentte konsantrasyon artışı ile artış göstermektedir.



Şekil 4.27. Mavi kıvılotesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri

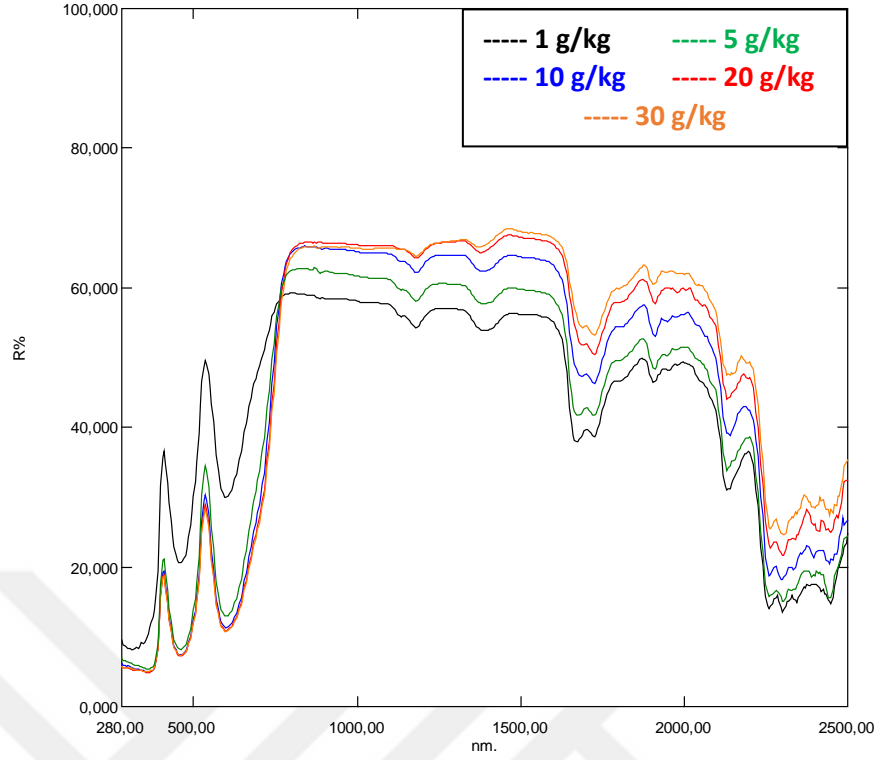


Şekil 4.28. Mavi kıvılotesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri

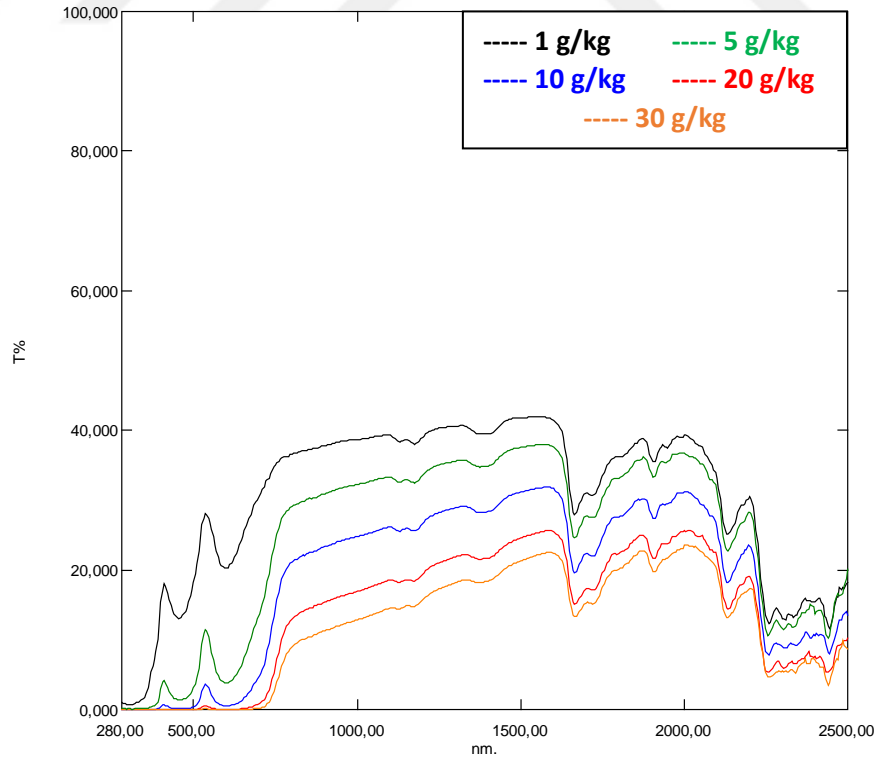
Çizelge 4.19. Mavi kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Mavi Kızilötesi Yansıtıcı Pigmentli Numuneler					
Konsantrasyon	1 g/kg	5 g/kg	10 g/kg	20 g/kg	30 g/kg
Tv	19,82	14,97	8,99	4,69	3,01
Rv	27,98	21,65	15,00	11,36	10,02
Ts	30,15	27,65	23,89	19,38	16,82
Rs	44,60	42,26	38,83	36,40	34,86
As	25,24	30,09	37,28	44,23	48,32
Tuv	6,68	6,11	5,01	3,27	2,36

Mavi kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış olan numunelerin yansıtma eğrileri Şekil 4.27’de, geçirgenlik eğrileri Şekil 4.28’de ve bu iki grafiğin sonucundan elde edilen hesaplanmış veriler ise Çizelge 4.19’da verilmiştir. Yansıtma eğrileri incelendiğinde numunelerin UV bölgede düşük bir yansıtma değeri verdiği gözlenmiştir. Görünür bölgede ise 450 nm’ye kadar yansıtma değeri artış göstermiş ardından 600 nm’ye kadar ise hızlı bir şekilde düşüş göstermiştir. Daha sonrasında ise tekrardan 700 nm’ye kadar yansıtma değeri hızla yükselmiştir. 700-1000 nm arasında hemen hemen sabit bir yansıtma eğrisi çizdikten sonra 1200 nm’ye kadar hızla yansıtma değeri düşmektedir. 1200-1500 nm arasında tekrardan sabit bir eğri çizdikten sonra 1600 nm’ye kadar artış gösterip ardından düzensiz bir yansıtma eğrisi çizmiştir. Aynı numunelerin geçirgenlik değerlerinin konsantrasyona bağlı olarak sırayla UV bölgede %2,3-6,6 arasında olduğu, görünür bölgede ortalama %3-19 değerine ulaştığı ve yakın IR bölgede yansıtma eğrisinde bahsedilen noktalar için de artış ya da azalış gösterdiği gözlenmiştir. Konsantrasyon artışı, renkte koyulaşmaya yol açtığından dolayı solar geçirgenlik değerinin %30’lardan %16’lara düşmesini sağlamıştır. Ancak solar yansıtma değeri de %44’lerden %34’lere kadar düşüş göstermiştir. Solar absorban değeri ise konsantrasyon artışı ile %25’lerden %48’lere kadar yükselmiştir. Mavi demir oksit ile en düşük konsantrasyonda yapılan kaplama işleminden %50,2’lik solar yansıtma değeri elde edilmiştir ve bu değer kızilötesi yansıtıcı pigmentin yansıtma değerinden (%44,6) daha yüksektir. Ancak konsantrasyon arttıkça kızilötesi yansıtıcı pigmentten elde edilen solar yansıtma oranı diğer pigmente kıyasla daha yüksektir.



Şekil 4.29. Yeşil kıvılotesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri

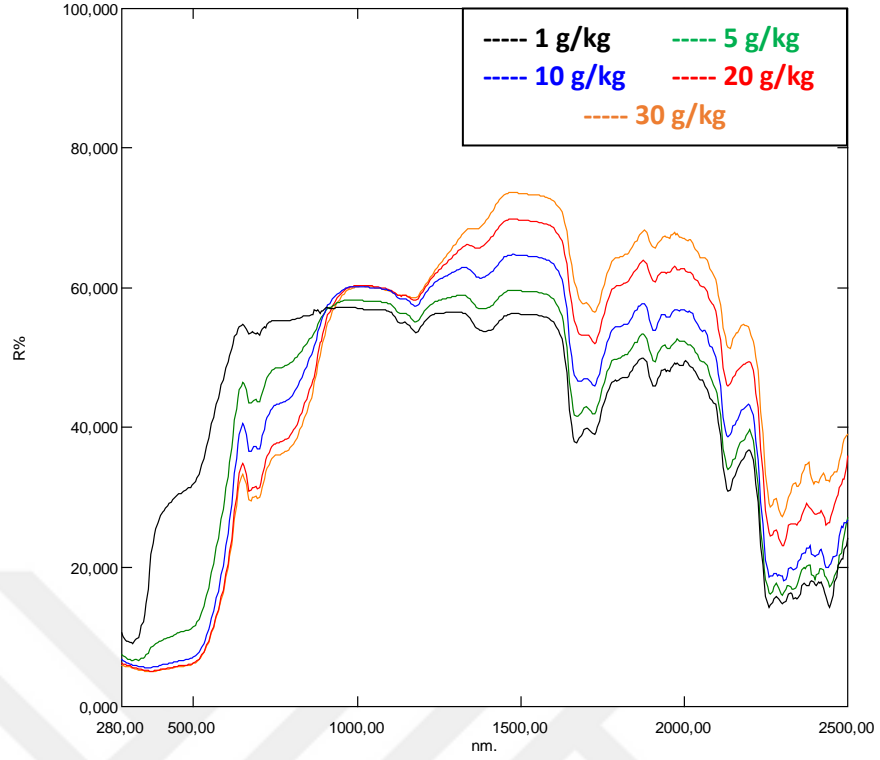


Şekil 4.30. Yeşil kıvılotesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri

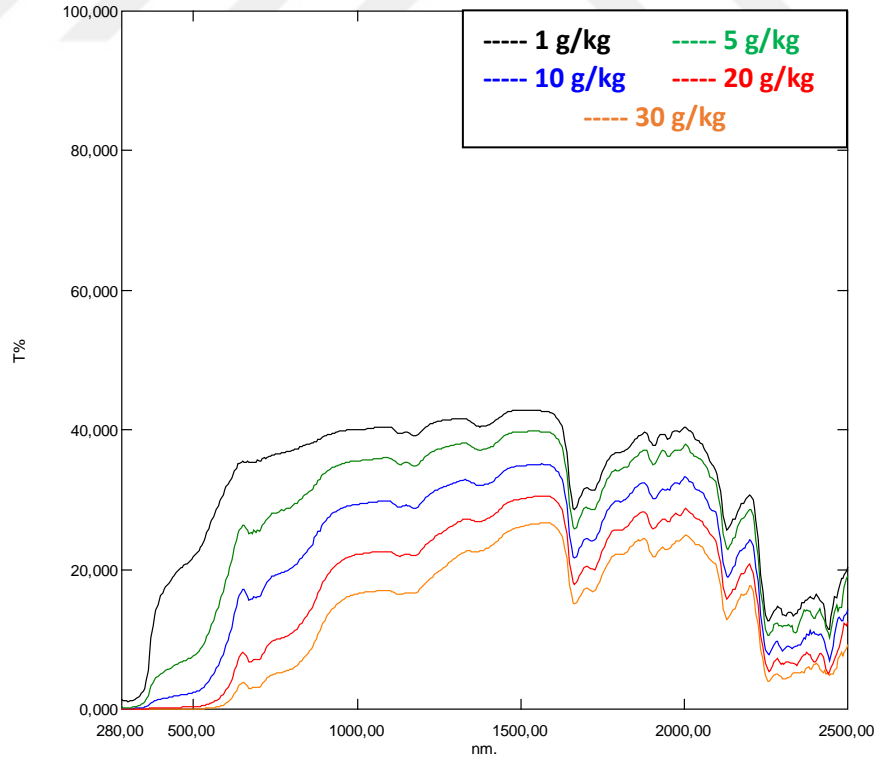
Çizelge 4.20. Yeşil kıvılotesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Yeşil Kıvılotesi Yansıtıcı Pigmentli Numuneler					
Konsantrasyon	1 g/kg	5 g/kg	10 g/kg	20 g/kg	30 g/kg
Tv	23,71	6,65	1,53	0,18	0,05
Rv	38,15	21,06	18,46	17,68	17,33
Ts	28,35	17,34	11,73	7,75	6,02
Rs	43,04	36,27	36,42	36,79	36,61
As	28,61	46,39	51,85	55,46	57,37
Tuv	2,61	0,21	0,02	0,00	0,00

Yeşil kıvılotesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış olan numunelerin yansıtma eğrileri Şekil 4.29’da, geçirgenlik eğrileri Şekil 4.30’da ve bu iki grafiğin sonucundan elde edilen hesaplanmış veriler ise Çizelge 4.20’de verilmiştir. Yansıtma eğrileri incelendiğinde numunelerin UV bölgede düşük bir yansıtma değeri verdiği gözlenmiştir. Görünür bölgede ise yansıtma değerleri 410 nm’ye kadar artış, 460 nm’ye kadar olan kısımda ise hızlı bir düşüş göstermiştir. 460 nm’den 535 nm’ye kadar tekrar artan yansıtma, 610 nm’ye kadar tekrardan düşüş göstermiştir. Diğer pigment gruplarına ait yansıtma grafiklerinden farklı olarak burada, görünür bölge içerisinde çift pik gözlenmiştir. 1650 nm’ye kadar yüksek olan yansıtma değeri burada hızla düşmüştür ve devamında düzensiz bir yansıtma eğrisi vermiştir. Konsantrasyon artıka IR bölgedeki yansıtma miktarının da arttığı gözlenmektedir. Aynı numunelerin geçirgenlik değerlerinin konsantrasyona bağılı olarak sırayla UV bölgede %0-2,6 arasında olduğu, görünür bölgede ortalama %0-23 değerine ulaştığı ve yakın IR bölgede ise önce geçirgenliğin biraz daha arttığı ve 1650 nm’den sonra düzensiz bir artış azalış eğilimine girdiği görülmektedir. Konsantrasyon artışı, renkte koyulaşmaya yol açtığından dolayı solar geçirgenlik değerinin %28’lerden %6’lara düşmesini sağlamıştır. Ancak solar yansıtma değeri de %43’lerden %36’lara kadar düşüş göstermiştir. Solar absorbans değeri ise konsantrasyon artışı ile %28’lerden %57’lere kadar yükselmiştir. Kıvılotesi yansıtıcı pigment, diğer iki pigment grubuna kıyasla solar yansıtma konusunda daha yüksek bir performans sergilemiştir. Solar absorbans değerinin de diğerlerinden daha düşük olması yüzeyde biriktireceği enerjinin daha az olacağı anlamına gelmektedir.



Şekil 4.31. Kahverengi kıvılcı yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin reflektans eğrileri



Şekil 4.32. Kahverengi kıvılcı yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin transmittans eğrileri

Çizelge 4.21. Kahverengi kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Kahverengi Kızilötesi Yansıtıcı Pigmentli Numuneler					
Konsantrasyon	1 g/kg	5 g/kg	10 g/kg	20 g/kg	30 g/kg
Tv	27,25	13,12	5,68	1,56	0,41
Rv	40,93	21,14	15,09	12,89	12,57
Ts	31,00	22,31	15,73	10,19	6,67
Rs	45,70	36,54	33,94	32,56	32,43
As	23,30	41,15	50,34	57,25	60,89
Tuv	4,54	1,43	0,39	0,05	0,01

Kahverengi kızilötesi yansıtıcı pigment ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış olan numunelerin yansıtma eğrileri Şekil 4.31’de, geçirgenlik eğrileri Şekil 4.32’de ve bu iki grafiğin sonucundan elde edilen hesaplanmış veriler ise Çizelge 4.21’de verilmiştir. Yansıtma eğrileri incelendiğinde numunelerin UV bölgede düşük bir yansıtma değeri verdiği, görünür bölgede ise bu numunelerin yansıtma değerinin yükseldiği ancak konsantrasyon arttıkça %40’lardan %12’lere doğru düştüğü gözlenmiştir. Görünür bölgede en yüksek yansıtma değeri kızilötesi yansıtıcı pigmentlere aittir. Yakın IR bölgede de yansıtma değeri 1600 nm’ye kadar değişen oranlarda artmaya devam etmiştir. 1600-2500 nm arasında ise düzensiz bir yansıtma eğrisi vermiştir. Konsantrasyon arttıkça IR bölgedeki yansıtma miktarının da arttığı gözlenmektedir. Aynı numunelerin geçirgenlik değerlerinin konsantrasyona bağlı olarak sırayla UV bölgede %0-4,5 arasında olduğu, görünür bölgede ortalama %0-27 değerine ulaştığı ve yakın IR bölgede ise önce geçirgenliğin biraz daha arttığı ve 1600 nm’den sonra düzensiz bir artış ve azalış eğilimine girdiği görülmektedir. Konsantrasyon artışı, renkte koyulaşmaya yol açtığından dolayı solar geçirgenlik değerinin %31’lerden %6’lara düşmesini sağlamıştır. Ancak solar yansıtma değeri de %45’lerden %32’lere kadar düşüş göstermiştir. Solar absorbans değeri ise konsantrasyon artışı ile %23’lerden %60’lara kadar yükselmiştir. Solar yansıtma değeri en düşük konsantrasyon için kahverengi organik pigmentte %7,6 kahverengi demir oksit pigmentte ise %28,9 olarak kaydedilmiştir. Kızilötesi yansıtıcı pigment diğerlerinden farklı olarak %45,6’lık bir yansıtma değeri elde edilmesine olanak sağlamıştır.

4.4.4. Kızılötesi bölgedeki yansıtma değerleri

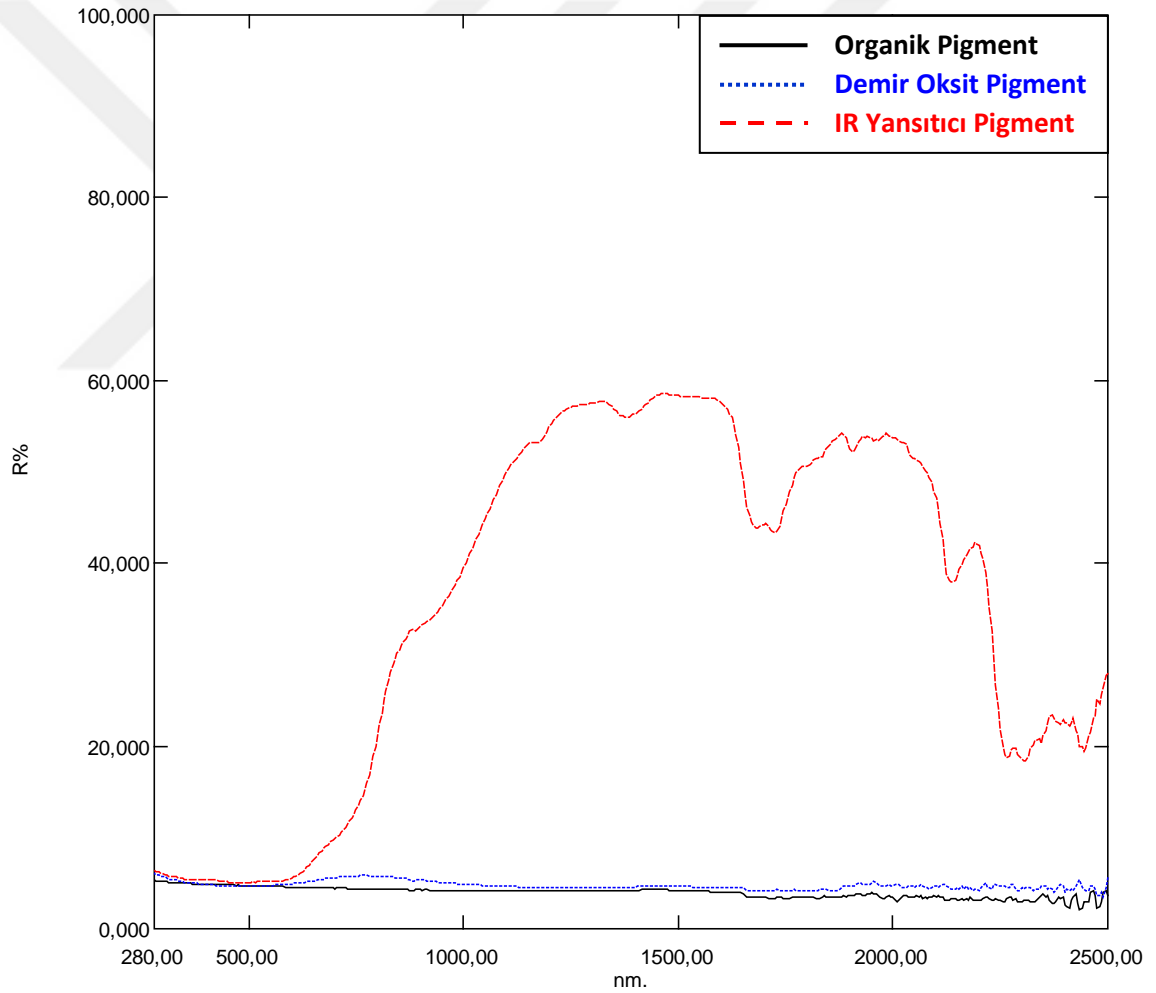
Yansıtma ve geçirgenlik ölçümleri tamamlanan numunelerin hesaplama programı yardımıyla çeşitli değerleri elde edilmiştir. Farklı pigment grupları ile kaplanmış numunelerin kızılötesi bölgedeki davranışlarının incelenmesi için 800-2500 nm aralığında işlem yapan özel bir hesaplama programı kullanılmıştır. Görünür bölge pratikte 400-700 nm arasında kabul edilse de kırmızı rengin tonları 700 nm'den sonra da ışımalara devam etmektedir. Çizelge 4.22'de çalışılan tüm malzemeler ve konsantrasyonlar için kızılötesi bölgedeki yansıtma değerleri R_{IR} (%) verilmiştir.

Çizelge 4.22. Pigmentlerin renklere ve konsantrasyona bağlı olarak hesaplanan kızılötesi bölgedeki (800-2500 nm) yansıtma % değerleri (R_{IR})

Malzeme	Renk	Konsantrasyon (g/kg)					
		1	5	10	20	30	
Organik Pigment (Pasta)	Siyah (Karbon Siyahı)	3,89	4,00	4,07	4,09	4,23	
	Sarı	53,17	53,52	54,01	55,47	57,13	
	Mavi	52,45	50,29	49,07	47,83	46,63	
	Yeşil	48,28	42,17	38,44	33,33	30,02	
	Kahverengi	10,13	4,25	4,12	4,21	4,18	
Demir Oksit Pigment (Toz)	Siyah	Toz	22,88	6,61	4,96	4,69	4,62
		Pasta	18,12	5,24	4,59	4,52	4,55
	Sarı	53,21	52,78	51,63	49,76	48,82	
	Mavi	53,28	53,18	52,14	52,03	52,10	
	Yeşil	52,17	51,44	50,21	47,91	46,22	
Kahverengi	37,71	22,32	15,04	11,61	10,91		
IR Yansıtıcı Pigment (Toz)	Siyah	50,85	45,89	42,43	40,27	39,10	
	Sarı	56,83	62,89	67,10	73,92	76,87	
	Mavi	48,70	47,33	44,48	42,75	41,45	
	Yeşil	54,33	57,91	61,41	63,59	63,72	
	Kahverengi	53,67	53,93	55,11	55,73	56,47	

4.4.5 Renklere göre pigmentlerin karşılaştırılması

Her bir pigment sınıfına ait başlık altında verilen spektrofotometrik ölçüm sonuçlarının renk bazında bir karşılaştırmasını yapabilmek amacıyla, ortalama konsantrasyon olan 10 g/kg'a ait yansıtma eğrileri ile hesaplanan değerler karşılaştırmalı olarak yeniden düzenlenmiştir. Şekil 4.33-4.37 arasında organik, demir oksit ve kızilötesi yansıtıcı pigmentlerin sabit konsantrasyon değerinde renklere bağlı olarak yansıtma eğrileri verilmiştir. Çizelge 4.23-4.27 arasında ise bu pigmentlerin sabit konsantrasyon için hesaplanan değerleri verilmiştir.

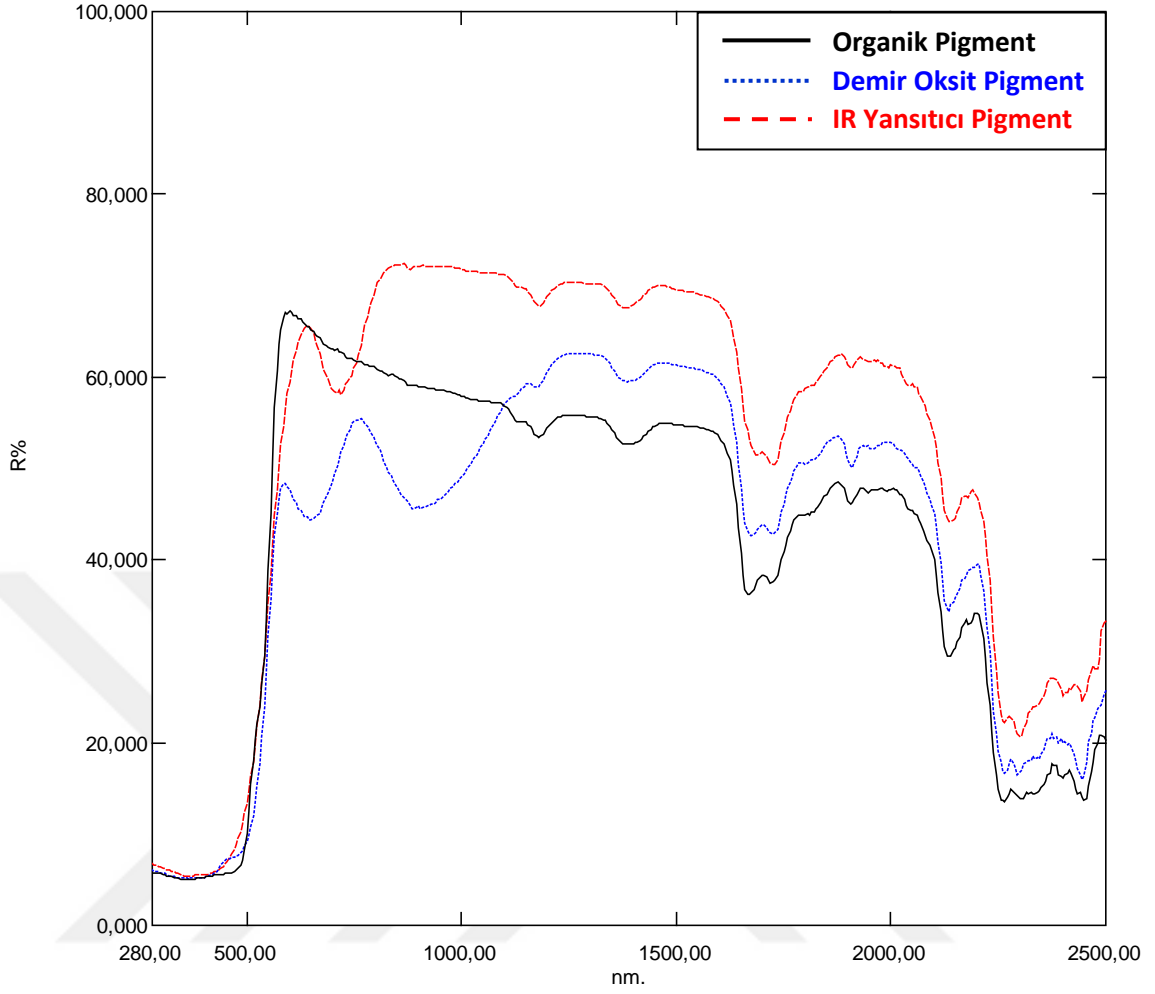


Şekil 4.33. Siyah renge sahip olan organik, kızilötesi yansıtıcı ve demir oksit pigmentlerin 10 g/kg konsantrasyon değeri için yansıtma eğrileri

Çizelge 4.23. Siyah renge sahip olan organik, kızılötesi yansıtıcı ve demir oksit pigmentlerin 10 g/kg konsantrasyon değeri için spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Siyah Numuneler			
Tür	Organik Pigment	Demir Oksit Pigment	IR Yansıtıcı Pigment
Tv	0,00	0,49	1,19
Rv	4,62	4,82	5,28
Ts	0,00	0,98	8,54
Rs	4,40	5,03	20,95
As	95,59	93,99	70,52
Tuv	0,00	0,09	0,26
RIR	4,07	4,96	42,43

Siyah renk ile 10 g/kg konsantrasyon değerinde kaplanmış olan numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları incelendiğinde kızılötesi yansıtma özelliğine sahip pigmentlerin, organik pigment ve demir oksit pigmente büyük bir fark attığı gözlenmektedir. Bu üç pigmentin görünür bölgedeki yansıtma ve geçirgenlik değerleri hemen hemen aynıdır. Ancak yansıtma özelliği yakın kızılötesi bölgeye girerken organik pigmentte sabit kalmış, demir oksit pigmentte bir miktar yükselme göstermiş, kızılötesi yansıtıcı pigmentte ise hızlı bir şekilde yükselme göstermiştir. Kızılötesi bölgedeki yansıtma değerleri (R_{IR}) incelendiğinde demir oksit pigmentin, organik pigmente kıyasla daha yüksek bir yansıtma değeri verdiği ve absorblanan ışık enerjisi miktarının daha düşük olduğu sonucuna varılmaktadır. Kızılötesi yansıtma özelliğine sahip pigment ise demir ve krom içeriğinden ($CrFeO_3$) dolayı kızılötesi bölgede %42'lik bir yansıtma elde edilmesini sağlamıştır. Bu durumda kızılötesi yansıtıcı pigment ile kaplanan bir yüzeyin diğer pigment gruplarına kıyasla daha az ışık enerjisi absorblayacağından dolayı daha serin bir yüzey elde edilmesine olanak sağlayacağı ve dolayısıyla pencerelerde perde olarak kullanımında oda içerisinin daha geç ısınacağı sonuçlarına varılabilmektedir.

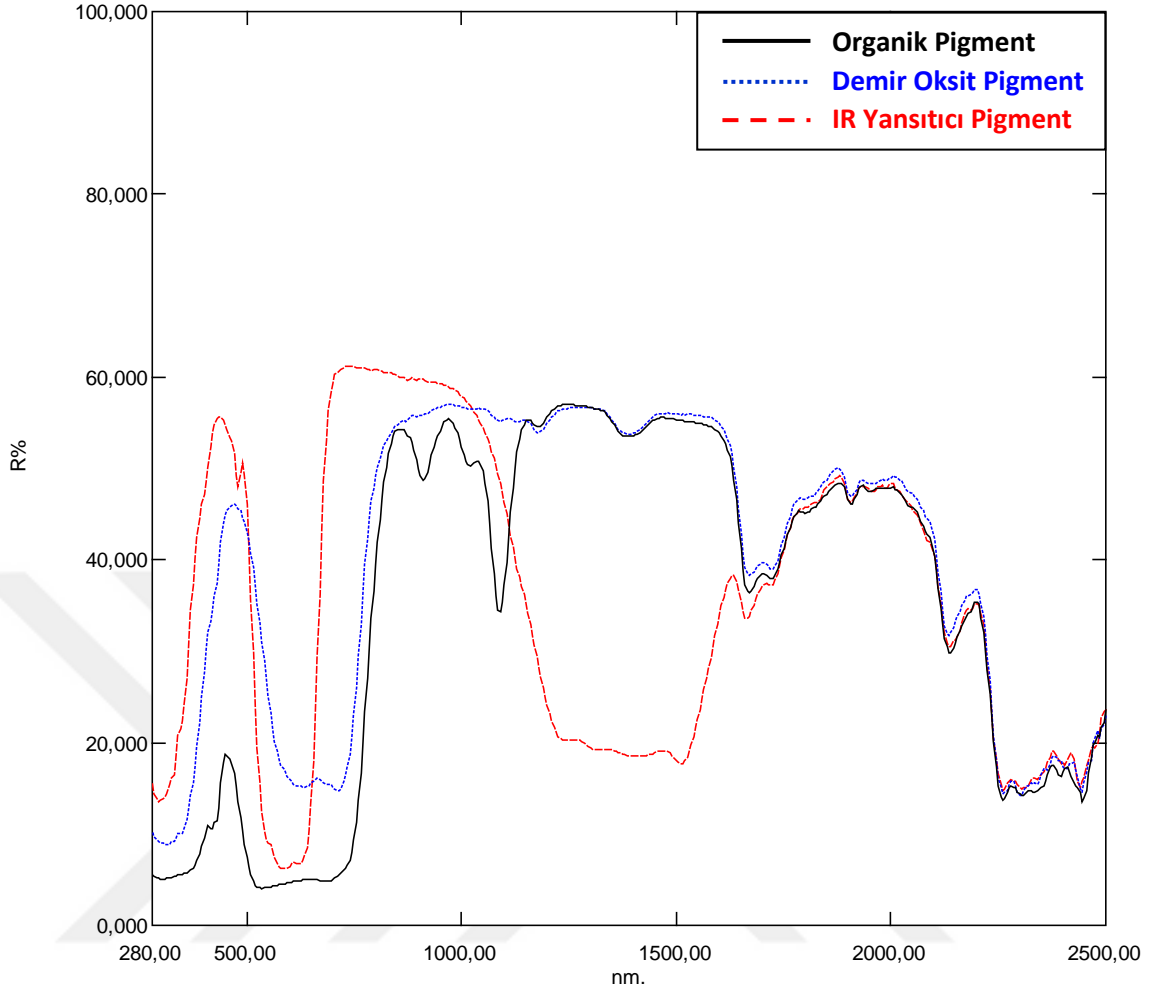


Şekil 4.34. Sarı renge sahip olan organik, kızılötesi yansıtıcı ve demir oksit pigmentlerin 10 g/kg konsantrasyon değeri için yansıtma eğrileri

Çizelge 4.24. Sarı renge sahip olan organik, kızılötesi yansıtıcı ve demir oksit pigmentlerin 10 g/kg konsantrasyon değeri için spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Sarı Numuneler			
Tür	Organik Pigment	Demir Oksit Pigment	IR Yansıtıcı Pigment
Tv	14,44	9,08	10,96
Rv	43,01	32,05	38,50
Ts	25,46	16,76	17,29
Rs	43,70	37,94	47,99
As	30,84	45,31	34,73
Tuv	0,05	0,02	0,16
RIR	54,01	51,63	67,10

Sarı renk ile 10 g/kg konsantrasyon değerinde kaplanmış olan numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları incelendiğinde kızılötesi yansıtma özelliğine sahip pigmentin, organik pigment ve demir oksit pigmente kıyasla daha yüksek bir yansıtma eğrisi verdiği gözlenmiştir. Bu üç pigmentin UV bölgedeki geçirgenlik değerleri incelendiğinde hemen hemen aynı ve %0 civarındadır. Görünür bölgede ise en düşük geçirgenlik değeri %9, en düşük yansıtma değeri ise %32 ile demir oksit pigmente aittir. Solar geçirgenlik ve solar yansıtma değerleri incelendiğinde de en düşük değerler sarı demir oksit pigmente aittir. Dolayısıyla solar absorbans değeri de en yüksek olan, yine bu pigment ile kaplanan kumaş numunelerine aittir. Şekil 4.34'teki yansıtma eğrileri incelendiğinde 1100 nm'den sonra demir oksit pigmentin yansıtma değerleri organik pigmentin önüne geçmiştir. Bu sebeple demir oksit pigmentin kızılötesi bölgede elde edilen yansıtma değeri (R_{IR}) organik pigmente daha çok yaklaşmıştır. Kızılötesi yansıtma özelliğine sahip pigment ise krom, antimon ve titanyum içeriğinden dolayı kızılötesi bölgede %67'lik bir yansıtma elde edilmesini sağlamıştır. Bu durumda bu pigment ile kaplanan yüzeyler diğer pigment gruplarına kıyasla daha serin bir yüzey elde edilmesine olanak sağlayacaktır.

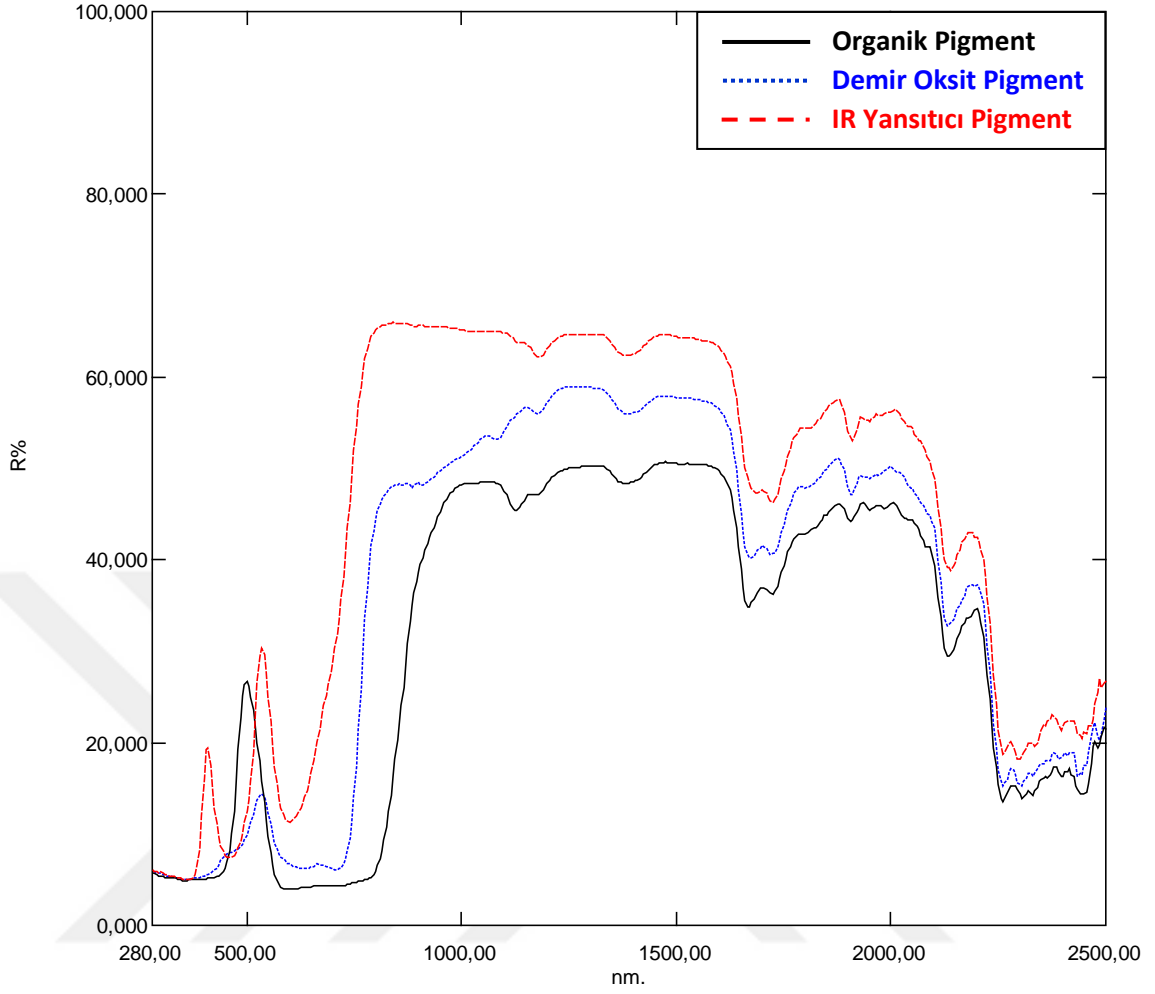


Şekil 4.35. Mavi renge sahip olan organik, kızılötesi yansıtıcı ve demir oksit pigmentlerin 10 g/kg konsantrasyon değeri için yansıtma eğrileri

Çizelge 4.25. Mavi renge sahip olan organik, kızılötesi yansıtıcı ve demir oksit pigmentlerin 10 g/kg konsantrasyon değeri için spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Mavi Numuneler			
Tür	Organik Pigment	Demir Oksit Pigment	IR Yansıtıcı Pigment
T_v	0,71	19,99	8,99
R_v	5,11	26,20	15,00
T_s	12,97	26,85	23,89
R_s	24,44	36,81	38,83
A_s	62,59	36,34	37,28
T_{uv}	0,00	3,26	5,01
R_{IR}	49,07	52,14	44,48

Mavi renk ile 10 g/kg konsantrasyon değerinde kaplanmış olan numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları incelendiğinde solar yansıtma değerlerine göre kızılötesi yansıtma özelliğine sahip pigmentlerin, organik pigment ve demir oksit pigmente kıyasla bir miktar daha yüksek bir yansıtma eğrisi verdiği gözlenmiştir. Bu üç pigmentin UV bölgedeki geçirgenlik değerleri incelendiğinde organik pigmentin %0, demir oksit pigmentin %3, kızılötesi yansıtıcı pigmentin ise %5 olarak hesaplanmıştır. Görünür bölgede ise en düşük geçirgenlik değeri %0,7 en düşük yansıtma değeri ise %5 ile organik pigmente aittir. Solar geçirgenlik ve solar yansıtma değerleri incelendiğinde de en düşük değerler mavi organik pigmente aittir. Dolayısıyla solar absorbands değeri de en yüksek olan, yine bu pigment ile kaplanan kumaş numunelerine aittir. Şekil 4.35'teki yansıtma eğrileri incelendiğinde UV ve görünür bölgede yüksek bir yansıtmaya sahip olan kızılötesi yansıtıcı pigment 1000 nm'den sonra ani bir düşüş yaşamakta ve ardından 1500 nm'de tekrardan yükselişe geçmektedir. Bu sebeple kobalt ve alüminyum içeriğine (CoAl_2O_4) sahip kızılötesi yansıtıcı pigmentlerin solar yansıtma değeri %38 ile en yüksek olsa da kızılötesi bölgedeki yansıtma değeri %44 ile en düşüktür. Mavi demir oksit pigment ile kaplanan bir yüzeyin diğer pigment gruplarına kıyasla daha az ışık enerjisi absorblayacağından dolayı daha serin bir yüzey elde edilmesine olanak sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

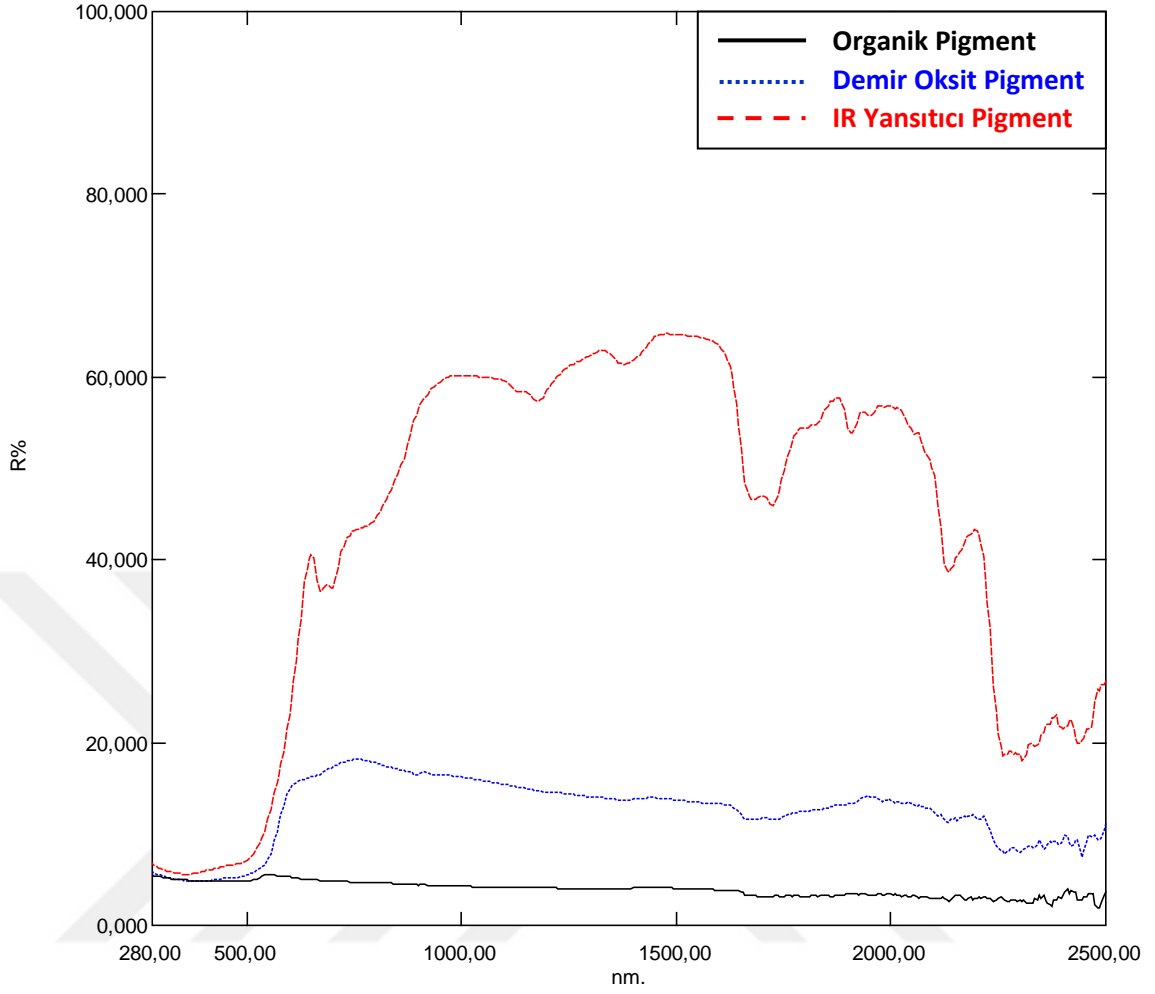


Şekil 4.36. Yeşil renge sahip olan organik, kızılötesi yansıtıcı ve demir oksit pigmentlerin 10 g/kg konsantrasyon değeri için yansıtma eğrileri

Çizelge 4.26. Yeşil renge sahip olan organik, kızılötesi yansıtıcı ve demir oksit pigmentlerin 10 g/kg konsantrasyon değeri için spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Yeşil Numuneler			
Tür	Organik Pigment	Demir Oksit Pigment	IR Yansıtıcı Pigment
T _v	7,49	2,42	1,53
R _v	10,99	9,92	18,46
T _s	14,64	13,04	11,73
R _s	20,25	25,44	36,42
A _s	65,11	61,52	51,85
T _{uv}	0,01	0,03	0,02
R _{IR}	38,44	50,21	61,41

Yeşil renk ile 10 g/kg konsantrasyon değerinde kaplanmış olan numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları incelendiğinde kızılötesi yansıtma özelliğine sahip pigmentlerin, organik pigment ve demir oksit pigmente kıyasla daha yüksek bir yansıtma eğrisi verdiği gözlenmiştir. Bu üç pigmentin UV bölgedeki geçirgenlik değerleri incelendiğinde hemen hemen aynı ve %0 civarındadır. Görünür bölgede ise en düşük geçirgenlik değeri %1 ile kızılötesi yansıtıcı pigmente, en düşük yansıtma değeri ise %9 ile demir oksit pigmente aittir. Solar geçirgenlik ve solar yansıtma değerleri incelendiğinde de en düşük solar geçirgenlik değeri %11 ile kızılötesi yansıtıcı pigmente, en düşük solar yansıtma değeri ise %20 ile organik pigmente aittir. Dolayısıyla solar absorban değeri de en yüksek olan, organik pigment ile kaplanmış numunelerin sonuçlarıdır. Kızılötesi bölgedeki yansıtma özelliği incelendiğinde en yüksek yansıtma özelliğine %61 ile kızılötesi yansıtıcı pigment, ardından %50 ile demir oksit pigment, en son ise %38 ile organik pigment sahiptir. Kızılötesi yansıtma özelliğine sahip pigment krom (Cr_2O_3) içeriğinden dolayı kızılötesi bölgede yüksek bir yansıtma değeri sağlamıştır. Bu durumda kızılötesi yansıtıcı pigment ile kaplanan bir yüzeyin diğer pigment gruplarına kıyasla daha az ışık enerjisi absorblayacağından dolayı daha serin bir yüzey elde edilmesine olanak sağlayacağı ve dolayısıyla pencerelerde perde olarak kullanımında oda içerisinde daha geç ısınacağı sonuçlarına varılabilmektedir.



Şekil 4.37. Kahverengi renge sahip olan organik, kızılötesi yansıtıcı ve demir oksit pigmentlerin 10 g/kg konsantrasyon değeri için yansıtma eğrileri

Çizelge 4.27. Kahverengi renge sahip olan organik, kızılötesi yansıtıcı ve demir oksit pigmentlerin 10 g/kg konsantrasyon değeri için spektrofotometrik ölçüm sonuçları (%)

Kahverengi Numuneler			
Tür	Organik Pigment	Demir Oksit Pigment	IR Yansıtıcı Pigment
Tv	0,00	0,63	5,68
Rv	5,26	9,42	15,09
Ts	0,06	4,23	15,73
Rs	4,64	12,32	33,94
As	95,30	83,45	50,34
Tuv	0,00	0,01	0,39
RIR	4,12	15,04	55,11

Kahverengi renk ile 10 g/kg konsantrasyon değerinde kaplanmış olan numunelerin spektrofotometrik ölçüm sonuçları incelendiğinde kızılötesi yansıtma özelliğine sahip pigmentlerin, organik pigment ve demir oksit pigmente kıyasla daha yüksek bir yansıtma eğrisi verdiği gözlenmiştir. Bu üç pigmentin UV bölgedeki geçirgenlik değerleri incelendiğinde hemen hemen aynı ve %0 civarındadır. Görünür bölgede ise en düşük geçirgenlik (%0) ve yansıtma değeri (%5) organik pigment ile kaplanmış numunelere aittir. Solar geçirgenlik ve solar yansıtma değerleri incelendiğinde de yine en düşük değerler organik pigment ile kaplanmış numunelere aittir. Dolayısıyla solar absorbans değeri de en yüksek olan %95 ile organik pigment ile kaplanmış numunelerin sonuçlarıdır. Kızılötesi bölgedeki yansıtma özelliği incelendiğinde en yüksek yansıtma özelliğine %55 ile kızılötesi yansıtıcı pigment, ardından %15 ile demir oksit pigment, en son ise %4 ile organik pigment sahiptir. Bu da göstermiştir ki kahverengi ile yapılan çalışmalarda organik pigment yerine demir oksit pigment tercih edilebilir. Kızılötesi yansıtma özelliğine sahip pigment demir, krom, çinko ve titanyum [(Zn,Fe)(Fe,Cr)₂O₄] içeriğinden dolayı kızılötesi bölgede yüksek bir yansıtma değeri sağlamıştır. Kahverengi kızılötesi yansıtıcı pigment ile kaplanan bir yüzeyin diğer pigment gruplarına kıyasla daha az ışık enerjisi absorblayacağından dolayı daha serin bir yüzey elde edilmesine olanak sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Piyasada stor güneşlik ve karartma perde üretiminde kullanılan haşılı sökülmüş ve termofiksaj işlemi görmüş %100 poliester dokuma bir kumaş üzerine akrilik bazlı bir binder, amonyak, çapraz bağlayıcı, sentetik kıvamlaştırıcı, dispergatör ve su kullanarak çeşitli pigment grupları ile farklı konsantrasyonlarda kaplama işlemleri yapılmıştır. Elde edilen kaplanmış numunelerin fiziksel özellikleri ile solar ışığa karşısındaki davranışları çeşitli testler yardımıyla değerlendirilmiştir.

Çalışmalarda ilk olarak organik pigment, demir oksit pigment ve kızılötesi yansıtıcı özel pigment konsantrasyonunun çeşitli kaplama özellikleri üzerine etkisini araştırmak amacıyla kaplama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmaların kıyaslanabilir olması adına hem stok patı hem de kaplama patı viskozite değerleri, kaplama kalınlığı, kurutma ve fiksaj şartları gibi çalışma parametreleri sabit tutulmuştur. Çalışmada her pigment grubu için siyah, sarı, mavi, yeşil ve kahverengi olmak üzere 1, 5, 10, 20 ve 30 g/kg konsantrasyon değerlerinde kaplamalar yapılmıştır. Elde edilen kaplamalı kumaş numunelerinin gramaj değerleri, kalınlık değerleri, yaş kaplama gramaj değerleri, aktarılan madde miktarları ve spektrofotometrik özellikleri ölçülmüştür.

Kaplanmış numunelerde artan konsantrasyon değerlerinin kumaş kalınlığı üzerindeki etkisi kumaş kalınlığı ölçüm cihazıyla yapılan ölçümler ile değerlendirilmiştir. Organik, demir oksit ve kızılötesi sınıflarından farklı renklerde pigmentlerle kaplanan tüm numunelerde pigment konsantrasyonu 1 g/kg'dan 30 g/kg'a doğru gidildikçe kaplama kalınlıkları çeşitli oranlarda artış göstermiştir. Konsantrasyon artışı, kumaşa aktarılan katı madde oranının artması anlamına geldiğinden bu değerler beklentileri doğrulayan sonuçlardır. Aynı konsantrasyon değeri için renkler arasında ortaya çıkan kalınlık farklarının pigmentlerin tanecik boyutlarının birbirlerinden farklı olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Tanecik boyutu arttıkça kaplama filmi içerisindeki pigmentlerin tanecikleri arasındaki boşluklar da artmakta ve kaplama filmi daha hacimli hale geldiğinden kalınlık artışı da buna göre bir miktar daha yüksek çıkmaktadır.

Çalışmada incelenen bir diğer konu ise artan konsantrasyon ile yaş kaplama gramajı, kaplamalı kumaş gramajı (kuru) ve aktarılan madde miktarlarının nasıl değiştiğidir. Çalışılan tüm numuneler için konsantrasyon artışı, kaplama patının içerisindeki katı

madde miktarının ve dolayısıyla patın yoğunluğunun artması anlamına geldiğinden yaş kaplama gramajında, kaplamalı kumaş gramajında ve kumaşa aktarılan madde (pigment) miktarında beklenildiği şekilde çeşitli oranlarda artışa neden olmuştur.

Ortaya çıkan bir başka sonuç ise, pigment içeren kaplama patlarının homojenitesindeki artışla birlikte kaplamanın örtücülüğünün de artması ve böylece daha düşük konsantrasyonlarla istenen geçirgenlik/geçirmezlik değerlerine ulaşılabilmesidir. Bu noktada toz ve pasta formunda ayrı ayrı çalışılan siyah demir oksit pigmentlerinde, hazır pasta formunda satılan pigmentlerle elde edilen patların daha homojen olması nedeniyle 5 g/kg konsantrasyonda toz haldeki kullanılan 10 g/kg konsantrasyona yakın örtücülük değerlerine ulaşılmıştır.

Organik pigmentlerde artan konsantrasyonla birlikte renk koyulaştıkça genel olarak tüm solar spektrum boyunca yansıtma ve geçirgenlik oranları düşmekte, buna karşılık absorpsiyon oranları artmaktadır. IR yansıtıcı pigmentlerde ise, görünür bölgede benzer bir davranış gözlenirken, IR bölgesinde özellikle 1000 nm civarından sonra konsantrasyon arttıkça yansıtma oranları da artmaktadır. IR bölgesinde konsantrasyona bağlı olarak artan yansıtma oranları aynı zamanda bu tür pigmentlerle kaplanan yüzeylerde daha az ısınma anlamına gelmektedir. Çalışılan demir oksit pigmentlerden sarı, mavi ve yeşil IR pigmentlere benzer; siyah ve kahverengi ise organik pigmentlere benzer yansıtma davranışı göstermektedir.

Çalışmanın esas amacı, farklı yapıda ve renkteki pigmentlerin konsantrasyona bağlı olarak güneş ışınları karşısındaki davranışlarının UV-VIS-NIR spektrofotometre ile ölçülmesi ve çeşitli programlarla hesaplanan spektroskopik parametrelerin elde edilmesidir. Renk bazında ortaya çıkan sonuçları aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

Siyah renk ile kaplanan numunelere ait sonuçlar, görünür bölgede tüm konsantrasyonlar için en düşük yansıtma değerlerinin organik pigmentlerde, en yüksek yansıtma değerlerinin ise kızılötesi yansıtıcı pigmentlerde kaydedildiğini göstermiştir. Demir oksit pigmentler ise genel olarak iki grubun arasında değerlere sahiptir. Sadece kızılötesi bölgedeki yansıtma değerleri karşılaştırıldığında, tüm konsantrasyonlar için kızılötesi yansıtıcı pigmentlerin belirgin şekilde yüksek yansıtma özelliğine sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. Siyah numuneler solar absorpsiyon açısından kıyaslandığında ise tüm

konsantrasyonlar için en yüksek değerler organik pigmentlerden elde edilmiş olup, burada karbon siyahının çok yüksek örtme gücüne (ışık geçirmezlik değerine) sahip olduğu açıkça ortaya çıkmaktadır. En düşük solar absorpsiyon değerleri ise kızılötesi yansıtıcı pigmentlerden elde edilmiştir.

Sarı renkli organik pigmentler güneş ışınları karşısında diğer organik pigment renklerinden farklı davranışa sahip olup, görünür bölgede daha belirgin olmak üzere genel olarak konsantrasyon arttıkça yansıtma oranları ile absorpsiyon oranları artmakta ve buna bağlı olarak geçirgenlik oranı düşmektedir. Sarı renkli pigmentlerin açık-parlak renkli olmasından kaynaklandığı düşünülen bu davranış, aynı zamanda kısmen IR yansıtıcı metal kompleks pigmentleri ile benzerlik göstermektedir. Sarı demir oksit pigmentler genel olarak organik ve IR yansıtıcı pigmentlerden daha düşük yansıtma oranları göstermesi yanında, artan konsantrasyona bağlı olarak toplam yansıtma değerleri de düşmektedir. Bu yönüyle sarı renk haricindeki diğer organik pigmentlerde ortaya çıkan yansıtma davranışına benzer bir özellik göstermektedir.

Mavi renk ile kaplanmış numuneler incelendiğinde görünür bölgede tüm konsantrasyonlar için en düşük yansıtma değerleri organik pigmentlerde, en yüksek yansıtma değerleri ise demir oksit pigmentlerde kaydedilmiştir. Mavi numunelerde tüm konsantrasyonlar için en yüksek solar absorpsiyon değerleri organik pigmentlerde elde edilmiştir. En düşük solar absorpsiyon değerleri ise düşük konsantrasyonlarda (1, 5 ve 10 g/kg) demir oksit pigmentlerinde; yüksek konsantrasyonlarda ise (20 ve 30 g/kg) kızılötesi yansıtıcı pigmentlerden elde edilmiştir. Kızılötesi bölgede tüm konsantrasyonlarda en yüksek yansıtma oranları demir oksit pigmentlerde elde edilirken, en düşük oranlar ise kızılötesi yansıtıcı pigmentlerde kaydedilmiştir. Kızılötesi yansıtıcı bir pigmentte ortaya çıkan bu durumun, söz konusu pigmentin aynı sınıftan diğer pigmentlere göre farklı bir spektruma sahip olması nedeniyle özellikle 1000-1700 nm bölgesinde çok yüksek absorpsiyon (çok düşük yansıtma) göstermesinden kaynaklandığı görülmektedir. Dolayısıyla, çalışmada kullanılan mavi pigmentin bir organik pigment gibi davrandığı ve IR yansıtma performansının yetersiz olduğu ortaya çıkmaktadır.

Yeşil renk ile kaplanan numunelere ait toplam solar yansıtma oranları, en yüksekten düşüğe doğru IR yansıtıcı, demir oksit ve organik pigmentler şeklinde sıralanmaktadır. Aynı sıralama kızılötesi bölgedeki ortalama yansıtma değerleri açısından da geçerlidir.

En yüksek yansıtma oranlarının kızılötesi yansıtıcı pigmentlerde elde edilmesi yanında, bu pigmentlerde konsantrasyon artışıyla birlikte yansıtma oranlarında da belirgin bir artış meydana gelmektedir. Buna karşılık, kızılötesi bölgede yeşil organik ve demir oksit pigmentlerde artan konsantrasyonla birlikte yansıtma oranları da düşmektedir.

Kahverengi renkli pigmentlerle kaplanmış numunelerin solar yansıtma değerleri en yüksek olan IR yansıtıcı pigmentler, ardından ise demir oksit ve organik pigmentlere doğru azalmaktadır. Kızılötesi bölgede de benzer bir sıralama olup, konsantrasyon artışına bağlı değişim açısından IR yansıtıcı pigmentler ile diğer iki grup farklı davranış göstermektedir. Organik ve demir oksit kahverengi pigmentlerde konsantrasyon artışıyla yansıtma değerleri belirgin şekilde düşerken, IR yansıtıcı pigmentlerde bir miktar artmaktadır.

Bu sonuçlara dayanarak, özellikle yaz aylarında soğutmada harcanan enerjiden tasarruf sağlamak amacıyla IR yansıtma özelliği yüksek perdelik kumaş yapılarının geliştirilmesinde renkler bazında aşağıdaki pigmentlerin kullanımının uygun olduğunu söylemek mümkündür:

- Siyah : IR yansıtıcı pigment (C.I. Pigment Brown 29)
- Sarı : IR yansıtıcı pigment (C.I. Pigment Brown 24) veya organik pigment (C.I. Pigment Yellow 83)
- Mavi : Organik pigment (C.I. Pigment Blue 15:3) veya demir oksit pigment (C.I. Pigment Blue 103)
- Yeşil : IR yansıtıcı pigment (C.I. Pigment Green 17) veya demir oksit pigment (Mix: C.I. Pigment Yellow 42 & C.I. Pigment Blue 15:3)
- Kahve : IR yansıtıcı pigment (C.I. Pigment Brown 33)

Beyazlar için TiO_2 pigmentlerinin tüm solar spektrum boyunca mükemmel yansıtma özelliğine sahip olduğu bilindiğinden burada verilen renklere TiO_2 'nin de dahil edilmesi uygun olacaktır.

Sonuç olarak, sarı renk haricinde organik pigmentlere göre demir oksit pigmentler ve mavi renk haricinde de her iki gruba göre kızılötesi yansıtıcı pigmentler yüzeylerde ısınmaya sebep olan yakın IR ışınlarını daha yüksek oranda yansıtılmaktadırlar. Bunun anlamı, özellikle IR yansıtıcı pigmentlerle kaplanan yüzeylerin ve ortamların güneş

ışınları tarafından daha az ısıtılması demek olduğundan özellikle yaz aylarında dikkate değer oranda enerji tasarrufu sağlanması demektir. Ancak, IR yansıtıcı pigmentlerin fiyatlarının yüksek olması nedeniyle, kaplama stor perdelik kumaş yapılarında kullanım için en azından bazı renklerde demir oksit pigmentlerin kullanılması bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, alternatif olarak kullanılacak yeni metal oksit pigmentlerin araştırılması da önem taşımaktadır.



KAYNAKLAR

Anonim, 1970. Demir cevheri ve teşekkülü. Bilimsel Madencilik Dergisi, <http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/569.pdf> (Erişim tarihi: 03.09.2017).

Anonim, 2012. Krumper solar blinds. <http://krumperssolarsolutions.ca/solar-blinds> (Erişim Tarihi: 07.10.2017).

Anonim, 2015. Coated Fabrics Market: Global Industry Analysis and Opportunity Assessment 2014 - 2020. <http://www.futuremarketinsights.com/reports/coated-fabrics-market> (Erişim Tarihi: 09.06.2016)

Al-Kuhaili, M. F. 2004. Optical properties of hafnium oxide thin films and their application in energy-efficient windows. *Optical Materials*, 27(3): 383-387.

Ardahanlıoğlu, Y. 2006. İnfrared Yansımali Kamuflej Boya Formülasyonu ve Pigmentlerin Etkisinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara.

Asker, Ğ., Balcı, O., Topçal, F., 2011. Kaplama ve emdirme aplikasyon yöntemlerinin kombinasyonu ile üretilen melez kumaşların performans özelliklerinin incelenmesi. *Tekstil ve Mühendis*, 18(82): 6-18.

Ayçam İ., Utkutuğ G. 1999. Farklı malzemelerle üretilen pencere tiplerinin ısı performanslarının incelenmesi ve enerji etkin pencere seçimi. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 4-7 Kasım 1999, İzmir, s. 61-73.

Aydemir, H. 2013. Seçilmiş perdelik kumaşların ses yalıtımı ve mekanik özelliklerinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri.

Balcı, O., Çaylan, Ö., Can, N. 2011. Silindir üstü bıçak yöntemi kullanılarak yapılan tek yüz kaplama işlemini etkileyen proses parametrelerinin incelenmesi. *Tekstil ve Mühendis*, 18(84): 15-22.

Ballı, C. 2015. Biyokütle kullanılarak renkli pigment üretiminin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Bilecik.

Bendiganavale, A. K., Malshe, V. C. 2008. Infrared reflective inorganic pigments. *Recent Patents on Chemical Engineering*, 1(1): 67-69.

Bilgin, S. 1996. Kırmızı demir pigmentinin (kırmızı Fe₂O₃) elde edilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Bulut, Y. 2010. Kaplamalı giysilik kumaşların mekanik özellikleri. *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Bölümü/Tekstil Anabilim Dalı, İzmir.

Bulut, Y., Sülar, V. 2008. Kaplama veya laminasyon teknikleri ile üretilen kumaşların genel özellikleri ve performans testleri. *Tekstil ve Mühendis*, 15(70-71): 6-16.

Buxbaum, G., Pfaff, G. 2005. Industrial inorganic pigments. Wiley - VCH, Weinheim, 315 pp.

Chen, L., Weng, X. L., Deng, L. J., Yuan, L. 2015. Preparation and characterization of Cr₂O₃ – TiO₂ – CoO₃ – ZnO green pigment: Energy Science and Applied Technology: Proceedings of the 2nd International Conference on Energy Science and Applied Technology (ESAT 2015), Editör: Fang, Z., Taylor & Francis Group, London, pp: 43-46.

Cireli, A., Kutlu, B., Onar, N., Erkan, G. 2006. Tekstilde ileri teknolojiler. *Tekstil ve Mühendis*, 13(61): 7-20.

Conway, R. 2016. Coating of textiles: Handbook of technical textiles Volume 1 Technical Textile Processes, Ed: Horrocks, A. R., Anand, S. C., Woodhead Publishing, United Kingdom, pp: 211-229.

Cornell, R. M., Schwertmann, U. 2006. The iron oxides: structure, properties, reactions, occurrences and uses. Wiley - VCH, Weinheim, 703 pp.

Coser, E., Moritz, V. F., Krenzinger, A., Ferreira, C. A. 2015. Development of paints with infrared radiation reflective properties. *Polímeros*, 25(3): 305-310.

Çakıroğlu, M. E. 2009. Demir oksitler ile içme sularından arsenik giderimi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul.

Detrie, T., Swiler, D. 2009. Infrared reflecting complex inorganic colored pigments: High performance pigments, Ed.: Faulkner, E. B., Schwartz, R. J., Wiley - VCH, Weinheim, pp: 467-488.

Faivre, D. 2016. Iron oxides: from nature to applications. Wiley - VCH, Weinheim, 632 pp.

Fang, V., Kennedy, J., Futter, J., Manning, J., 2013. A review of near infrared reflectance properties of metal oxide nanostructures. GNS Science Report 2013/39, <https://www.gns.cri.nz/static/pubs/2013/SR%202013-039.pdf> (Erişim tarihi: 28.09.2017).

Fung, W. 2002. Coated and Laminated Textiles, Woodhead Publishing Limited, England, 402 pp.

Gao, Q., Wu, X., Fan, Y. 2014. Solar spectral optical properties of rutile TiO₂ coated mica-titania pigments. *Dyes and Pigments*, 109(October 2014): 90-95.

Gao, Q., Wu, X., Ma, Y., Li, D., Fan, Y., Du, C. 2016a. Effect of Sn⁴⁺ doping on the photoactivity inhibition and near infrared reflectance property of mica-titania pigments for a solar reflective coating. *Ceramics International*, 42(15): 17148-17153.

Gao, Q., Wu, X., Xia, Z., Fan, Y. 2016b. Coating mechanism and near-infrared reflectance property of hollow fly ash bead/TiO₂ composite pigment. *Powder Technology*, 305(January 2017): 433-439.

Güner, H., Mart 2015. Teknik Tekstil Sektörüne İlişkin Güncel Bilgiler, İTKİB Tekstil, Deri ve Halı Şubesi,
http://www.itkib.org.tr/ihracat/DisTicaretBilgileri/raporlar/dosyalar/2015/TEKNIK_TEKSTIL_SEKTORUNE_ILISKIN_GUNCEL_BILGILER-MART_2015.pdf (Erişim Tarihi: 09.06.2016).

Gürbüz, M. 2014. Kahverengi spinel sentezi: sentezleme mekanizması ve kinetiğinin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Nanoteknoloji ve İleri Malzemeler Ana Bilim Dalı, Mersin.

Gürses, A., Açıkyıldız, M., Güneş, K., Gürses, M. S. 2016. Dyes and pigments. Springer International Publishing, İsviçre, 83 pp.

Han, A., Ye, M., Liu, L., Feng, W., Zhao, M. 2014. Estimating thermal performance of cool coatings colored with high near-infrared reflective inorganic pigments: Iron doped La₂Mo₂O₇ compounds. *Energy and Buildings*, 84(December 2014): 698-703.

Han, A., Ye, M., Zhao, M., Liao, J., Wu, T. 2013. Crystal structure, chromatic and near-infrared reflective properties of iron doped YMnO₃ compounds as colored cool pigments. *Dyes and Pigments*, 99(3): 527-530.

Heller K. B., Pringle C. 2001. Economic Impact Analysis (EIA) for The Fabric Coatings NESHAP-Industry Profile. Research Triangle Institute, 7647.002.137 Nolu Proje Raporu. https://www3.epa.gov/ttnecas1/regdata/IPs/Fabric%20Coatings_IP.pdf (Erişim Tarihi: 09.06.2016).

Huber, A. 2007. Problem-zone window. Museum Microclimates, 19-23 November 2007, Copenhagen, pp: 199-206.

Jeevanandam, P., Mulukutla, R. S., Phillips, M., Chaudhuri, S., Erickson, L. E., Klabunde, K. J. 2007. Near infrared reflectance properties of metal oxide nanoparticles. *The Journal of Physical Chemistry C*, 111(5): 1912-1918.

Kahraman, D. 2007. Demir oksit içeren killerle kırmızı rengin elde edilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Seramik Anasanat Dalı, İzmir.

Kanık, M., Manasoğlu, G. 2015. Kumaş kaplama ve laminasyon teknikleri eğitim kitapçığı. *BUTEKOM Akademi Tekstilde Özel Konular*, 10: 5-34.

Keskin, T. 2010. Binalar Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu. <http://iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/Binalar%20Sektoru%20Mevcut%20Durum%20Değerlendirmesi%20Raporu.pdf> (Erişim Tarihi: 07.10.2017).

Kut, D., Güneşoğlu, C. 2005. Poliüretan ve poliakrilat kaplanmış kumaşların performans özelliklerinin karşılaştırılması. *Tekstil Maraton*. 15(80): 62-65.

Kültür, S. 2010. Çatı kaplama malzemesinin güneş ışınımı yansıtma performansının değerlendirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, İstanbul.

Liu, L., Han, A., Ye, M., Feng, W. 2015. The evaluation of thermal performance of cool coatings colored with high near-infrared reflective nano-brown inorganic pigments: Magnesium doped ZnFe₂O₄ compounds. *Solar Energy*, 113(March 2015): 48-56.

MacLeod, D. M. 2007. Wire-wound rod coating: Coatings technology fundamentals, testing, and processing techniques, Ed: Tracton, A. A., CRC Press Taylor & Francis Group, pp: 19-1 – 19-8.

Maleki B.A. 2011. Shading: Passive cooling and energy conservation in buildings. *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering*, 3(4): 72-79.

Manasoğlu, G. 2014. Selüloz tozlarının tekstil kaplamacılığında kullanımını üzerine bir araştırma. *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

McCormick, M. 2015. Infrared colorants for cool coatings. *Paint & Coatings Industry*, 32(1): 42-43. [<https://www.pcimag.com/articles/101516-infrared-colorants-for-cool-coatings> (Erişim Tarihi:07.10.2017)].

MEGEP, 2008. Pigmentler, Kimya Teknolojisi, Ankara.

MEGEP, 2013. Pigmentler, Kimya Teknolojisi, Ankara.

Miao, D., Jiang, S., Zhao, H., Shang, S., Zhu, P. 2015. Fabrication of high infrared reflective AZO/Ag/AZO films on polyester fabrics. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 26(2): 1198-1204.

Pfaff, G. 2017. Inorganic pigments. Walter de Gruyter GmbH, Germany, 329 pp.

Qin, J., Qu, J., Song, J., Song, Z., Zhang, W., Shi, Y., Zhang, T., Xue, X., Zhang, R., Zhang, H., Zhang, Z., Wu, X. 2014. The optical properties of black coatings and their estimated cooling effect and cooling energy savings potential. *Journal of Power and Energy Engineering*, 2(4): 68-75.

Qin, Y., Qin, Z., Liu, Y., Cheng, M., Qian, P., Wang, Q., Zhu, M. 2015. Superparamagnetic iron oxide coated on the surface of cellulosenanospheres for the rapid removal of textile dye under mild condition. *Applied Surface Science*, 357(Part B): 2103-2111.

Ravenswaaij, B., Huijnen, J. 2013. Solar-reflective colorants for exterior buildings and façades. *Paint & Coatings Industry*, 29(10): 38-45. [<http://www.pcimag.com/articles/98308-solar-reflective-colorants> (Erişim Tarihi: 30.09.2017)].

Ryan, M. 2005. Introduction to IR-reflective pigments. *Paint & Coatings Industry*, <http://www.pcimag.com/articles/83468-introduction-to-ir-reflective-pigments> (Erişim Tarihi: 30.09.2017)].

Sen, A. K. 2008. Coated Textiles Principles and Applications. CRC Press Taylor & Francis Group; 2nd edition, 264 pp.

Shim, E. 2010. Coating and Laminating Processes and Techniques for Textiles: Smart Textile Coatings and Laminates, Editör: Smith W. C., Woodhead Publishing, pp: 10-41.

Soumya, S., Kumar, S. N., Mohamed, A. P., Ananthakumar, S. 2016. Silanated nano ZnO hybrid embedded PMMA polymer coatings on cotton fabrics for near-IR reflective, antifungal cool-textiles. *New Journal of Chemistry*, 40(8): 7210-7221.

Sowade, T. 2011. IR-reflecting pigments. *Paint & Coatings Industry*, 24(10):22-26. [<http://www.pcimag.com/articles/92566-irreflecting-pigments> (Erişim Tarihi: 30.09.2017)].

Synnefa, A., Santamouris, M., Liva, I. 2005. A comparative study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment. International Conference 'Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment', pp:101-107, Greece.

Thongkanluang, T., Limsuwan, P., Rakkwamsuk, P. 2011. Preparation and application of high near-infrared reflective green pigment for ceramic tile roofs. *International Journal of Applied Ceramic Technology*, 8(6): 1451-1458.

Wang, D., Su, D., Zhong, M. 2014. Chromatic and near-infrared reflective properties of Fe³⁺ doped KZnPO₄. *Solar Energy*, 110(December 2014): 1-6.

Yang, R., Han, A., Ye, M., Chen, X., Yuan, L. 2016. Synthesis, characterization and thermal performance of Fe/N co-doped MgTiO₃ as a novel high near-infrared reflective pigment. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 160(Şubat 2017): 307-318.

Yıldırım, K., Kanber, A., Karahan, M., Karahan, N. 2017. The solar properties of fabrics produced using different weft yarns. *Textile Research Journal*, 0(00):1-16.

Zou, F. 2009. Energy saving curtain, *Master Thesis*, Gävle University, Sweden.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Semih SORUÇ
Doğum Yeri ve Tarihi : Beyoğlu – 05.06.1991
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Ahmet Vefik Paşa Anadolu Lisesi / (2005-2009)
Lisans : U.Ü. Tekstil Mühendisliği / (2009-2014)
Yüksek Lisans : U.Ü. Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : TÜBİTAK 1001 (214M391)
01.05.2015-01.05.2017

İletişim (e-posta) : semihsoruc@gmail.com