FARKLI DOLGU MADDELERİYLE KAPLANAN TEKSTİL YÜZEYLERİNİN SOLAR VE TERMAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Nazmiye KAYA

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI DOLGU MADDELERİYLE KAPLANAN TEKSTİL YÜZEYLERİNİN SOLAR VE TERMAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Nazmiye KAYA
0009-0008-3483-4499

Prof. Dr. Mehmet KANIK
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
YÜZEY İŞLEM VE TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2023
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI DOLGU MADDELERİYLE KAPLANAN TEKSTİL YÜZEYLERİNİN SOLAR VE TERMAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Nazmiye KAYA

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüzey İşlem ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Kanık

Doğrudan güneş ışınlarına maruz kalan yüzeylerde geleneksel soğutma sistemlerine olan ihtiyacın azaltılması ve sürdürülebilir bir enerji yönetimi sağlayabilmek için güneş ışınlarını etkili bir şekilde yansıtan yüzey kaplamaların kullanımının önemi giderek artmıştır.

Bu tez çalışmasında, çadır, branda ve tente gibi dış mekân tekstillerinin kaplanmasında kullanılabilen farklı dolgu maddelerinin solar koruma özellikleri üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, ısıl işlemle boyut stabilitesi kazandırılmış olan polyester kumaş numuneleri üzerine benzer tanecik boyutunda farklı konsantrasyon oranlarında silisyum dioksit (SiO_2), baryum sülfat ($BaSO_4$), çinko oksit (ZnO), alüminyum oksit (Al_2O_3) ve alüminyum tozları kullanılarak silindir üzeri rakle tekniğine göre kaplamalar yapılmıştır. İlave olarak, incelenen malzemelerin deney sonuçları göz önünde bulundurularak iki katmanlı kaplama çalışmaları denenmiştir. Solar yansıtma ve ısı yalıtımı yüksek olan alüminyum tozu ve çinko oksit kullanılarak çok katmanlı yapılar elde edilmiştir. Kaplanmış numunelerin kalınlık, birim alan ağırlığı ve aktarılan madde miktarı gibi fiziksel özellikleri; ısıl iletkenlik ve ısıl direnç değerleri ile termal özellikleri ve transmitans (geçirgenlik) ve reflektans (yansıtma) ve absorbans (emilim) ölçümleri ile solar özellikleri değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tekstil kaplamacılığı, polyester kumaş, solar özellikler, termal özellikler
2023, xi + 73 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF SOLAR AND THERMAL PROPERTIES OF TEXTİLE SURFACES COATED WITH DIFFERENT FILLERS

Nazmiye KAYA

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Surface Treatment and Technologies

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet KANIK

In order to reduce the need for conventional cooling systems on surfaces exposed to direct sunlight and to provide a sustainable energy management, the importance of using surface coatings that reflect sunlight effectively has increased.

In this thesis, it is aimed to investigate the effect of different fillers that can be used in the coating of outdoor textiles such as tents, tarpaulins and awnings on solar protection properties. For this purpose, coatings were made on polyester fabric samples, which were given dimensional stability by heat treatment, using silicon dioxide (SiO2), barium sulfate (BaSO4), zinc oxide (ZnO), aluminum oxide (Al2O3) and aluminum powders at different concentration ratios in similar grain size according the to knife-over-roll coating technique. In addition, two-layer coating studies have been tried taking into account the experimental results of the materials studied. Multilayer structures were obtained using aluminum powder and zinc oxide, which have high solar reflectance and thermal insulation. Physical properties of the samples such as thickness, mass per unit area, and amount of transferred material (add-on); thermal conductivity and thermal resistance values, thermal properties and solar properties were evaluated by transmittance and reflectance and absorbance measurements.

Key words: Textile coating, polyester fabric, solar properties, thermal properties
2023, xi + 73 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 sunarım.

Tez çalışmam süresince tecrübelerini, emeğini ve değerli vaktini benimle paylaşan, laboratuvar çalışmalarımdaki yardımlarını esirgemeyen, çalışmamın her aşamasında bana yol gösteren Sayın Dr. Gizem MANASOĞLU' na teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda kullandığım kumaşları temin eden Kırayteks Tekstil A.Ş. ile kaplama kimyasallarımı temin eden Rudolf Duraner A.Ş yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.

Nazmiye KAYA
24/10/2023

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET....iii
ABSTRACT....iiv
TEŞEKKÜR....v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ....viii
ŞEKİLLER DİZİNİ....iix
ÇİZELGELER DİZİNİ....x
1.GİRİŞ....1
2. KAYNAK ÖZETLERİ (KURAMSAL TEMELLER)....5
2.1. Tekstil Kaplamacılığı....5
2.1.1. Kaplamada kullanılan malzemeler....6
2.1.1.1. Kaplamada kullanılan zemin kumaşları....7
2.1.1.2. Kaplamada kullanılan polimerler....8
2.1.1.3. Kaplamada kullanılan dolgu maddeleri....10
2.1.1.4. Kaplama yöntemleri....14
2.1.1.5. Rakleli (Bıçak) kaplama yöntemleri....16
2.1.1.6. Kalandırlama işlemi....17
2.2. Elektromanyetik Spektrum....18
2.2.1. Ultraviyole (morötesi) ışınlar (UV: 295-400 nm):....19
2.2.2. Görünür bölge ışınları (400-700 nm):....19
2.2.3. İnfrared (kızılötesi) radyasyon....19
2.2.4. Solar Özelliklerle İlgili Çalışmalar....20
3. MATERYAL ve YÖNTEM....23
3.1. Materyal....23
3.1.1. Kumaş....23
3.1.2. Kaplama kimyasalları....23
3.1.3. Dolgu malzemeleri....24
3.2. Yöntem....25
3.2.1. Stok patının hazırlanması....25
3.2.2. Kaplama patının hazırlanması....26
3.2.3. Kaplama, kurutma, kalandır ve fiksaj....27
3.2.4. Kumaşlara aktarılan madde miktarının hesaplanması....28
3.2.5. Kumaşların kalınlık ve birim alan ağırlığı ölçümü....28
3.2.6. Kumaşların ısıl iletim ve ısıl direnç katsayısı ölçümü....29
3.2.7. Kumaşların solar özelliklerinin ölçümü....31
3.2.8. İstatiksel analiz....33
4. BULGULAR ve TARTIŞMA....35
4.1.Benzer Tanecik Boyutunda Farklı Tür ve Konsantrasyondaki Dolgu Malzemeleri ile Kaplanmış Kumaşlara Ait Sonuçlar....35
4.1.1. Birim alan ağırlığı sonuçları....35
4.1.2. Aktarılan madde miktarı sonuçları....36
4.1.3. Kalınlık sonuçları....37
4.1.4. Isıl iletim ve ısıl direnç ölçümü sonuçları....38
4.1.5. Solar ölçüm sonuçları....41
4.2. Alüminyum Tozu ve Çinko Oksit ile Tek ve Çift Katmanlı Olarak Kaplanmış Kumaşlara Ait Sonuçlar....44
4.2.1. Birim alan ağırlığı sonuçları....46

4.2.2. Aktarılan madde miktarı sonuçları 47
4.2.3. Kalınlık sonuçları 49
4.2.4. Kumaşların ısıl iletim ve ısıl direnç katsayısı ölçümü sonuçları 51
4.2.5. Solar ölçüm sonuçları 54
5. SONUÇ 59
KAYNAKLAR 62
EKLER 66
EK 1 Silisyum Dioksit Dolgu Malzemesinin Farklı Konsantrasyonlarında Kaplanmış Kumaşların Reflektans ve Transmitans Grafikleri 67
EK 2 Baryum Sülfat Dolgu Malzemesinin Farklı Konsantrasyonlarında Kaplanmış Kumaşların Reflektans ve Transmitans Grafikleri 68
EK 3 Çinko Oksit Dolgu Malzemesinin Farklı Konsantrasyonlarında Kaplanmış Kumaşların Reflektans ve Transmitans Grafikleri 69
EK 4 Alüminyum Oksit Dolgu Malzemesinin Farklı Konsantrasyonlarında Kaplanmış Kumaşların Reflektans ve Transmitans Grafikleri 70
EK 5 Alüminyum Tozu Dolgu Malzemesinin Farklı Konsantrasyonlarında Kaplanmış Kumaşların Reflektans ve Transmitans Grafikleri 71
EK 6 Çok Katmanlı Farklı Konsantrasyonlarında Kaplanmış Kumaşların Reflektans ve Transmitans Grafikleri 72
ÖZGEÇMİŞ 73

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	**Açıklama**
A	Absorbsiyon
P	Yansıtma
T	Transmitans
$D\lambda$	D65 ışığının bağıl spektral dağılımı
Λ	Dalga boyu
$\Delta\lambda$	Dalga boyu aralığı
$V(\lambda)$	Fotopik görme için spektral aydınlatma verimi
T	Geçirgenlik
T_V	Görünür bölge geçirgenliği
R_V	Görünür bölge yansıtması (reflektansı)
$S\lambda$	Güneş ışımasının bağıl spektral dağılımı
$U\lambda$	Küresel güneş ışımasının UV bölgesinin bağıl dağılımı
$\tau(\lambda)$	Malzemenin spektral geçirgenliği
$\rho(\lambda)$	Malzemenin spektral yansıması
A_S	Solar absorbans
T_S	Solar geçirgenlik
R_S	Solar yansıtma
T_{UV}	Ultraviyole bölge geçirgenliği
R_{NIR}	Yakın kızılötesi (infrared) bölge yansıtması (reflektansı)
Q	Isı tranferi
S	Yüzey alanı
H	Kalınlık
Δt	Sıcaklık farkı
R	Isıl direnç katsayısı
W	Watt
K	Kelvin

Kısaltmalar	**Açıklama**
cP	Centipoise
IR	İnfrared (Kızılötesi)
NIR	Near-infrared (yakın kızılötesi)
UV	Ultraviyole
VIS	Visible
ASTM	American Society for Testing and Materials
EN	European Standard
PRC	Passive Radiative Cooling
PE	Polietilen
PU	Poliüretan
UVA	Ultraviyole A
UVB	Ultraviyole B
UVC	Ultraviyole C

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 2.1.	Havada rakle (a), silidir üzeri rakle (b), blanket üzeri rakle (c).....	17
Şekil 2.2.	İki silindirli kalandır makinası.....	17
Şekil 2.3.	Elektromanyetik spektrum.....	18
Şekil 3.1.	(a) Ataç laboratuvar tipi mikser ("ATC-MX01/01P", t.y.), (b) Brookfield RVT viskozimetre ("Labomar" t.y.)	26
Şekil 3.2.	(a) Ataç GK40 RKL laboratuvar tipi kaplama makinesi, (b) Polteks marka kalandır makinası.....	28
Şekil 3.3.	Kalınlık ölçüm cihazı	29
Şekil 3.4.	Alambeta test cihazı (a) ve kesit şekli (b)	30
Şekil 3.5.	Shimadzu UV-3600 Plus Spektrofotometre.....	31
Şekil 3.6.	ISR 603 Integrating Sphere ekipmanı	32

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1.	Kaplama işleminde kullanılan bazı lifler ve özellikleri	8
Çizelge 2.2.	Kaplama kimyasalları, özellikleri ve kullanım alanları	10
Çizelge 2.3.	Kaplamada kullanılan teknikler.....	15
Çizelge 2.4.	Elektromanyetik dalga, dalga boyu ve etki ve kullanım alanları...	18
Çizelge 3.1.	Kaplama için kullanılan zemin kumaşının teknik özellikleri.....	23
Çizelge 3.2.	Kaplamada kullanılan kimyasal maddeler ve özellikleri.....	23
Çizelge 3.3.	Kullanılan dolgu malzemeleri.....	24
Çizelge 3.4.	Kullanılan dolgu malzemelerine ait tanecik boyutu ve çalışma konsantrasyonları.....	24
Çizelge 3.5.	Stok patı reçetesi.....	25
Çizelge 3.6.	Örnek kaplama patı reçetesi.....	26
Çizelge 3.7.	Farklı dolgu malzemeleri ile kaplanmış kumaşlara uygulanan istatiksel analize ait hipotez.....	34
Çizelge 4.1.	Silisyum dioksit, baryum sülfat ve çinko oksit malzemelerinin farklı konsantrasyon değerlerinde kaplanan kumaşların birim alan ağırlığı sonuçları.....	36
Çizelge 4.2.	Silisyum dioksit, baryum sülfat ve çinko oksit malzemelerinin farklı konsantrasyon değerlerinde kaplanan kumaş numunelerine ait ortalama aktarılan madde miktarı sonuçları.....	36
Çizelge 4.3.	Silisyum dioksit, baryum sülfat ve çinko oksit malzemelerinin farklı konsantrasyon değerlerinde kaplanan kumaş numuneler ait ortalama kumaş kalınlığı sonuçları.....	37
Çizelge 4.4.	Silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit malzemeleri ile kaplanan kumaş numunelerine ait birim alan ağırlığı, aktarılan madde miktarı ve kalınlık verileri için istatiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları.....	38
Çizelge 4.5.	Silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit malzemeleri ile kaplanan kumaş numunelerine ait ısıl iletkenlik katsayıları sonuçları.....	39
Çizelge 4.6.	Silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit malzemeleri ile kaplanan kumaş numunelerine ait ısıl direnç katsayıları sonuçları.....	40
Çizelge 4.7.	Silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit malzemeleri ile kaplanan kumaş numunelerine ait ısıl iletkenlik ve ısıl direnç katsayı verileri için istatiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları.....	40
Çizelge 4.8.	Silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit ile kaplanmış kumaşların solar ölçüm sonuçları.....	44
Çizelge 4.9.	Silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit ile kaplanmış kumaşların solar ölçüm verileri için istatiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları.....	45
Çizelge 4.10.	Alüminyum tozu ile farklı konsantrasyonlarda kaplanan kumaşların ortalama birim alan ağırlığı sonuçları.....	46
Çizelge 4.11.	Çinko oksit malzemesinin farklı konsantrasyonlarında kaplanan kumaşların ortalama birim alan ağırlığı sonuçları.....	47

Çizelge 4.12. Çok katmanlı kaplamada çinko oksitin farklı konsantrasyonları ile kaplanan kumaşların ortalama birim alan ağırlığı sonuçları..... 47
Çizelge 4.13. Alüminyum tozu ile farklı konsantrasyonlarda kaplanan kumaşların ortalama aktarılan madde miktarı sonuçları..... 48
Çizelge 4.14. Çinko oksit ile farklı konsantrasyonlarda kaplanan kumaşların ortalama aktarılan madde miktarı sonuçları..... 48
Çizelge 4.15. Çok katmanlı kaplamada çinko oksitin farklı konsantrasyonları ile kaplanan kumaşların ortalama aktarılan madde miktarı sonuçları..... 49
Çizelge 4.16. Alüminyum tozunun farklı konsantrasyon değerlerinde kaplanan kumaş numunelerine ait ortalama kumaş kalınlığı sonuçları..... 49
Çizelge 4.17. Çinko oksitin farklı konsantrasyon değerlerinde kaplanan kumaş numunelerine ait ortalama kumaş kalınlığı sonuçları..... 49
Çizelge 4.18. Çok katmanlı kaplamada çinko oksitin farklı konsantrasyon değerlerinde kaplanan kumaş numunelerine ait ortalama kumaş kalınlığı sonuçları..... 50
Çizelge 4.19. Alüminyum tozu, çinko oksit ve çok katmanlı kaplanan kumaş numunelerine ait birim alan ağırlığı, aktarılan madde miktarı ve kalınlık verileri için istatiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları..... 50
Çizelge 4.20. Alüminyum tozu ve çinko oksit malzemelerinin farklı konsantrasyonları ile kaplanan kumaş numunelerine ait ısıl iletkenlik katsayıları sonuçları..... 52
Çizelge 4.21. Çok katmanlı kaplanan kumaş numunelerine ait ısıl iletkenlik katsayıları sonuçları..... 52
Çizelge 4.22. Alüminyum tozu ve çinko oksit malzemelerinin farklı konsantrasyonları ile kaplanan kumaş numunelerine ait ısıl direnç katsayıları sonuçları..... 53
Çizelge 4.23. Çok katmanlı kaplanan kumaş numunelerine ait ısıl direnç katsayıları sonuçları..... 53
Çizelge 4.24. Alüminyum tozu, çinko oksit ve çok katmanlı kaplanan kumaş numunelerine ait ısıl iletkenlik ve ısıl direnç katsayı verileri için istatiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları..... 54
Çizelge 4.25. Alüminyum tozu ile kaplanmış kumaşların solar ölçüm sonuçları..... 56
Çizelge 4.26. Alüminyum tozu, çinko oksit ve çok katmanlı kaplanmış kumaşların solar ölçüm sonuçları..... 57
Çizelge 4.27. Dolgu malzemelerinden alüminyum tozu, çinko oksit ve çok katmanlı kaplanmış kumaşların solar ölçüm verileri için istatiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları..... 58

1. GİRİŞ

Günümüzde, küresel ısınma, nüfus artışı ve endüstriyel gelişmeler sonrasında enerji tüketimindeki artış nedeniyle enerji krizleri ve iklim değişikliği ile ilgili sorunlar, insan uygarlığının sürdürülebilir bir yol boyunca gelişme kabiliyetini ciddi şekilde sınırlandırıyor (Chu ve ark. 2012). Klimalar gibi geleneksel soğutma sistemleri genellikle büyük miktarlarda enerji tüketir ve çok miktarda sera gazı yayar. Geleneksel olarak kullanılan soğutma sistemleri yaklaşık olarak elektrik tüketiminin yüzde on beşi ve sera gazı emisyonlarının yüzde onu kapsar (Goldstein ve ark. 2017). Dolayısıyla enerji krizi konusunda artan farkındalık ve çevre sorunları, mevcut sistemlerin soğutma verimliliğinin iyileştirilmesi ve yeni alternatif yenilenebilir soğutma teknolojilerinin geliştirilmesi çok önemli hale gelmektedir.

Herhangi bir nesne radyasyon yoluyla ısı açığa çıkarabilir. Radyasyon yoluyla açığa çıkan ısı miktarı ortamdan alınan ısı miktarından fazla olduğu sürece cisim soğutulabilir. Pasif ışınımlı soğutma (PRC), atmosferin oldukça saydam olduğu kızılötesi radyasyon (8-13 μm) şeklinde soğuk dış alana ısı yayarak bir yüzeyi kendiliğinden soğutabildiği için büyük ilgi görmüştür (Raman ve ark. 2014). Bu ışınımlı soğutma mekanizması, elektrik, soğutucu akışkanlar veya mekanik pompalar gibi herhangi bir ek enerji girişi olmadan tamamen pasif soğutmaya bağlı olarak çalışması enerji tüketiminin azalması için önemli ölçüde katkı sağlayacaktır.

Gece ışınımlı soğutma 1970'lerden beri sistematik olarak araştırılmaktadır. İlk olarak, radyasyonlu soğutma kullanarak malzemelerin yüzeylerini gece ortam sıcaklığının altına soğutmanın fizibilitesi deneysel olarak gösterildi (Catalanotti ve ark. 1975). Radyasyonlu soğutma teknoloji uygulamalarını genişletmek için gündüz kullanımı daha da geliştirildi. Güneş enerjisi kazancını ortadan kaldırmak için, gündüz ışınımlı soğutma malzemeleri son derece düşük güneş absorpsiyon özelliğine sahip olmalıdır. 2014 yılında çok katmanlı bir fotonik yapı üretildi. Bu yapı gelen güneş ışığının %97'sini yansıtır ve atmosferik pencerede güçlü bir şekilde yayar ve bu sayede ortam sıcaklığını 4,9 santigrat dereceye kadar soğutulabileceği bildirilmiştir (Raman ve ark. 2014). Son yıllarda gündüz ışınımlı

soğutma ihtiyacının artması ile pasif ışınımlı soğutmanın enerji tasarruflu binalar, güneş pilleri, soğutma tekstilleri gibi farklı alternatif alanlarda kullanımları gözlenmektedir.

Binalar, uzun süreli kullanıma uygun, çeşitli alanalar da hizmet ve ürün oluşturması nedeniyle yüksek enerji tüketimine yol açmaktadır. Yüksek enerji tüketiminin sebep olduğu çevre sorunları ve iklim değişikleri göz önünde bulundurulduğunda binalar için enerji verimliliğini sağlayabilecek alternatif çözümler büyük önem kazanmıştır (Keskin 2010). Doğrudan gökyüzüne bakan çatılar, binalarda radyatif soğutma malzemelerinin entegrasyonu için en uygun yerler olarak kabul edilir (Chen ve ark. 2021). Radyatif soğutma çatılarının kullanımından elde edilen soğutma enerjisi tasarrufunun, tipik beyaz çatıların sağladığının iki katı olabilir (Baniassadi ve ark. 2021).

Güneş pillerinin yüksek çalışma sıcaklığı, fotovoltaik modüllerin etkinliğini ve ömürlerini azaltma eğilimindedir. Radyasyonlu soğutma malzemelerinin güneş pillerini soğutmak için kullanılmakta ve sıcaklıkta yaklaşık 36°C'lik bir düşüş ve açık devre geriliminde %31'lik bir artış sağlamaktadır (Wang ve ark. 2020).

Kişisel soğutma için ışınımlı malzemelerin kullanımını teşvik etmek amacıyla çeşitli soğutma tekstilleri geliştirilmiştir. Radyatif soğutmalı tekstillerin cilt sıcaklığını pamuğun sağladığı soğutmaya göre 2,7°C daha fazla soğuttuğu bildirilmiştir (Hsu ve ark. 2016).

Güneş farklı dalga boylarında ışınlar yayar. Farklı dalga boylarında yayılan bu ışınların dizili görünümü güneş spektrumu olarak ifade edilmektedir. Farklı dalga boylarında yayılan bu ışınlar sırasıyla; gama ışınları, X-ışınları, ultraviyole ışık, görünür (visible) ışık, kızıl ötesi ışık ve radyo dalgalarından oluşur ("Güneş Spektrumu", t.y).

Güneş spektrumu esas olarak görünür ışıktan ve yakın kızılötesi ışıktan oluşur ve bu ışınlar yaklaşık güneş ışığının %93,4'ünü oluşturur. Güneş ışınlarına maruz kalan yüzeylerde meydana gelen ısınmaya esas olarak NIR bölgesini oluşturan ışınlar yol açmaktadır (Jelle ve ark. 2015).

Binalar da güneşten gelen ışınlar sonucunda ısınma ve sıcaklık artışı gözlenmektedir. Sıcaklık artışını azaltmak için geleneksel soğutma sistemleri kullanımı sonucu yüksek enerji tüketimi oluşmaktadır. Bu nedenle enerji tüketimini azaltmak için yansıtma özelliği bulunan çatıların kullanımı tercih edilmektedir. Bu çatılar beklenen özellikler; uzun ömürlü olması, güneş ışınlarını yansıtma ve yayma özelliğinin yüksek olmasıdır (Kültür 2010).

Radyoaktif soğutma uygulamalarında yüksek oranda yansıtıcı boyalar tercih edilir. Boya malzemelerinin yansıtıcılık özelliği yanında yüksek absorbans değerinde olması beklenir. Bu nedenle yüksek absorbans değerine sahip metal oksitler, çinko tozu, silisyum dioksit, titanyum dioksit gibi pigmentler radyoaktif soğutma için kullanılır. Bu sayede güneş ışınlarının emilimi sağlanır (Family ve ark. 2017)

İnsan vücudu termal konforunu gerçekleştirmek ve bina ısıtma ve soğutmasında enerji tüketimini azaltmak için, enerji yönetimini vurgulayan kişisel termal yönetim insan vücudunun ve yerel çevresinin incelenmesi bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. İnsan vücudu ve çevresi arasındaki ısı alışverişini etkili bir şekilde düzenlemek için gelişmiş tekstiller icat edilmekte ve geliştirilmektedir. Güneş ışığı yansımasını artırmak için tekstiller üzerinde kaplamalar geliştirmektedir (Peng ve ark. 2020).

Bu tez çalışmasında, doğrudan güneş ışınlarına maruz kalan çadır, branda ve tente gibi dış mekân tekstillerinin kaplanmasında kullanılabilen farklı dolgu maddelerinin solar koruma özellikleri üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Solar koruma özelliklerinin değerlendirilmesi adına farklı dolgu malzemeleri ile kaplanmış numunelerin, dolgu malzemesi içermeyen pat ile yapılan kaplamaya (kör kaplama) kıyasla güneş ışınlarını yansıtma (solar reflektans), geçirme (transmitans) ve absorblama özelliklerinin değerlendirilmesi hedeflenmektedir.

Bu amaçla, ısıl işlemle boyut stabilitesi kazandırılmış olan polyester kumaş numuneleri üzerine benzer tanecik boyutunda ve farklı konsantrasyonda (50, 100, 150 g/kg) silisyum dioksit (SiO_2), baryum sülfat ($BaSO_4$), çinko oksit (ZnO) ve alüminyum oksit (Al_2O_3)

kullanılarak silindir üzeri rakle tekniğine göre 0,4 mm kalınlığında kaplamalar yapılmıştır.

Çok katmanlı kaplama için birinci katman olan alüminyum tozunun farklı konsantrasyonlarda (50, 75, 100 g/kg) 0,3 mm kalınlığında kaplamalar yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda yüksek yansıtma özelliğine sahip Al tozu ve ZnO malzemesi kullanılarak çok katmanlı kaplamalar denenmemiştir. İki katmanlı kaplamada birinci katman sabit konsantrasyonda Al tozu (50 g/kg) ikinci katman farklı konsantrasyonda (50, 100, 150 g/kg) ZnO dolgu malzemeleri kullanarak yapılan kaplamalarda her katmanda silindir ile rakle arası mesafe 0,3 mm olacak şekilde ayarlanmıştır.

Ölçüm ve testlerde kaplanmış kumaş numuneleri üzerinde dolgu malzemesinin tek başına etkisini değerlendirmek adına dolgu malzemesi içermeyen patla kaplanan numune (kör kaplama) ile kıyaslanmıştır.

Kaplanmış kumaşların birim alan ağırlığı ve kumaş kalınlığı gibi fiziksel ölçümleri, ısıl iletkenlik ve ısıl direnç katsayısı gibi termal ölçümleri ilgili standartlara uygun olarak yapılmıştır. Numunelerin solar yansıtma, geçirgenlik ve absorbsiyon değerleri UV-VIS-NIR spektrofotometre (Shimadzu 3600) ile 280-2500 nm dalga boyu aralığında ölçülerek dolgu maddesi içermeyen patla kaplanan numune (kör kaplama) referans alınarak sonuçlar değerlendirilmiştir. İlave olarak, infrared bölgede solar davranışları incelemek adına geliştirilen özel bir hesaplama yapan program aracılığıyla 800-2500 nm dalga boyu aralığında farklı dolgu malzemeleri kullanılarak yapılan kaplamaların solar reflektans değerleri tespit edilmiş ve bu değerler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Elde edilen tüm sonuçların istatiksel analizi ve ortalama değerleri hesaplanmıştır. Tüm sonuçlar dolgu maddesi kullanılmadan yapılan kaplama (kör kaplama) ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ (KURAMSAL TEMELLER)

2.1. Tekstil Kaplamacılığı

Tekstil sektöründe kaplama ve laminasyon tekniğinin başlıca kullanım amacı kumaşa, hidrofobluk, yanmama, antibakteriyellik, boyutsal kararlılık ve UV direnci özellikleri kazandırarak katma değeri yüksek teknik tekstiller elde etmektir. Kumaşlara uygulanan kaplama ve laminasyon yöntemleri ile kumaşa istenilen fiziksel, estetik ve görsel özellikler kazandırılmıştır. Ayrıca kumaş üzerine uygulanan kaplama ve laminasyon malzemesi olan polimer, köpük ve filmlerin avantajlarını birleştirilerek veya kombine ederek kumaşların kullanım alanları genişletilmiştir.

Geçmiş yıllarda tekstil ürünlerinden rüzgâr, yağmur gibi hava koşullarına karşı korunma sağlaması beklenmekteydi. Bu sebeple tekstil yüzeyleri polimer bir malzeme ile kaplanarak bu yüzeylerde geçirgenlik özelliği azaltılmıştır. Son yıllarda tekstil yüzeylerinden daha çok estetik ve dekoratif özelliklerin yanında uzun ömürlü kullanım, termal konfor, esneklik ve yüksek performans gibi fonksiyonel özellikler beklenmektedir. Bu anlamada kaplama ve laminasyon teknikleri kullanılarak istenilen fonksiyonel özelliklerinde üretilen çeşitli spor kıyafetleri ve koruyucu tekstil ürünleri günümüzde kullanılmaktadır (Yüceer ve ark. 2016).

Medikal uygulamalarda kullanılan kumaşlarda beklenen özellik, koruyucu özelliğinin düşük maliyet ile sağlanmasıdır. Yüzeylerde koruyucu özelliği arttırmak için örme ve dokuma gibi dokulu yüzeylerin yüzey ağırlığı azaltılabilir. Fakat dokulu yüzeylerin azaltılıp dokusuz yüzeylerin artırılması sonucu elde edilen ürünlerde istenilen konfor ve maliyete ulaşılamamıştır. Bu sebeple yüzey gerilimini artıracak, su iticilik özelliği sağlayacak ve kumaş gözeneklerinin kapanmasını sağlayacak bir kaplama ile kumaş yüzeyinde istenilen fonksiyonel özellik olan su geçirmezlik sağlanmıştır (Mukhopadhyay ve ark. 2008).

Evrensel olarak tüm savunma kuvvetleri, karada komandalar, denizde piyale, havada pilotlar gibi birçok alanda kullanılan dokumalı (dokuma ve örme), dokusuz yüzeyler, kaplamalı ve laminasyonlu veya kombine malzemelerle oluşturulan kompozit formlarda

her türlü teknik tekstiller savunma alanında büyük ölçüde kullanılmaktadır. Askeri kuvvetlerin teknik tekstillerden beklentileri, hafif, kompakt, sağlam ve yüksek performanslı olmasıdır. Bu anlamda evrensel olarak askeri kullanıma uygun üretilecek yüksek fonksiyonel özellikteki teknik tekstilleri geliştirmek ve temin etmek için dünyanın önde gelen ulusları önemli ölçüde kaynaklarını bu alan için ayırmıştır (Horrocks ve ark. 2003).

Kaplamalı kumaşlar, tekstil kumaşı ve polimer kaplamanın birleşmesi sonucu oluşmasında dolayı kompozit malzeme olarak adlandırılır. Tekstil kumaşı ve polimer kaplama aralarında güçlü ve yeterli bağ oluşması durumunda kumaşa farklı özellikler kazandırır. Kaplama ve laminasyon sonrası tekstil kumaşından beklenen özellik kaplama sonrası ham kumaşın özelliğinin bozulmaması, istenilen görünüm, esneklik ve dayanıklılıkta bir yapı elde edilmesidir (Mukhopadhyay ve ark. 2008).

2.1.1. Kaplamada kullanılan malzemeler

Kumaşlara uygulanan polimer kaplama sonrası kumaşlarda katı, sıvı ve gaz partiküllerine karşı geçirmezlik sağlayarak kumaşa yeni bir özellikler kazandırılabilir. Kumaşlara aşınma dayanımı gibi fonksiyonel özellikleri de kazandırılabilir. Kaplama sonrası kumaşlarda gerileme mukavemeti, kopma dayanımı ve boyutsal stabiliteyi gibi fonksiyonel özellikler kazanması beklenmektedir. Kaplamada kullanılan polimerin kaplamaya uygun olarak seçilmesi gerekmektedir. Bu nedenle öncelikle kaplama sonrası kumaştan beklenen fiziksel, mekanik veya termal özellikleri belirlenmesi gereklidir. Kaplamalı işlemi gerçekleştirilmeden istenilen teknik özellik doğrultusunda kumaş ile kaplamada kullanılacak polimer seçilmelidir. (Fung 2002).

Kumaşa terbiye prosesi ile kazandırılamayan özel efektler ve yüksek performans, uygun kaplama malzemelerinin toz, pasta veya köpük şeklinde uygulanması ile kumaşa kazandırılmasıdır (Kut ve ark. 2005).

2.1.1.1. Kaplamada kullanılan zemin kumaşları

Kaplamada kullanılan ham kumaş, dokulu yüzey (dokuma ve örme) kullanılabileceği gibi dokusuz yüzey (liflerden doğrudan üretilen) içeren kumaşlar da kullanılmaktadır. Ayrıca kaplama sadece yüzey formunda olan kumaşlara ilave olarak iplik formunda da uygulamaları yapılabilmektedir (Kaplan ve ark. 2007). Çizelge 2.1'de kaplama işleminde kullanılan bazı lifler ve özellikleri verilmiştir.

En çok kullanılan kumaş türlerinden biri olan polyester ve naylon kumaşların özellikleri, yüksek mukavemet içermesi, kumaşta oluşan neme ve mikroorganizmalara ve ayrıca birçok kimyasala karşı dayanımının yüksek olması nedeniyle tercih edilen kumaş türleridir. Polyester kumaşların güneş ışınlarına karşı dayanımı ve UV ışınlara karşı dayanımı naylon kumaşlara göre daha iyidir. Fakat naylon kumaşı hidroliz tepkimesine karşı direnci polyester kumaşa göre daha iyidir. Polyester kumaşların boyutsal stabilite, çekme ve uzama direnci ve düşük maliyetli olması nedeniyle naylon kumaşa göre daha çok tercih edilir. Ultraviyole dayanımının yüksek olması istenen yerlerde akrilik lifler tercih edilmektedir; güneşlik, araba konsolu ve tente branda gibi örnekler verilebilir. İlk kullanılan lif olan pamuk birçok alanda kullanılmakla birlikte günümüzde pamuk kullanımı yerine daha çok mukavemeti daha yüksek olan polyester ve naylon tercih edilmektedir. Pamuk böcek saldırısı ve küflenmeye karşı dayanımı oldukça zayıftır fakat sentetik liflere karşı iyi polimer yapışma özelliği görülmektedir bunun sebebi ise pamuğun yüzeyinin pürüzlü olması ve kısa lif uzunluğuna sahip olmasıdır. Bu sayede pamuğun yüzeyinde temas alanının geniş olması pamuğun polimere daha sıkı bir şekilde mekanik bağlanmasını sağlar (Armağan 2007).

Kaplama işlemi sonrası ürünlerde istenen performans özelliklerini belirlemesinde, zemin kumaşı ve kaplama maddesinin seçiminin önemli bir etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle kaplama öncesi önce kaplamadan istenen özellik belirlenir ve ardından bu doğrultuda kaplama yüzeyi ve kaplama dolgu malzemesi seçilir.

Çizelge 2.1. Kaplama işleminde kullanılan bazı lifler ve özellikleri (Kaplan ve ark. 2007).

Lif	Olumlu Etkisi	Olumsuz Etkisi
PAMUK	Yapısında bulunan kısa lifler sayesinde termal koşullarda çekme dayanımı yüksektir. Pürüzlü yüzey içermesi nedeniyle adezyon özelliği yüksektir.	Bozulma, küflenme ve böceklere karşı dayanımı düşüktür.
POLYESTER	Aşıma dayanımı yüksektir. Termal, mekanik ve boyutsal kararlılığı yüksektir.	Nem absorbe etme özelliği düşüktür.
POLİAMİD	Termal koşullarda dayanımı yüksektir. Isıyı absorbe etme özelliği yüksektir. Esnek ve aşınma dayanımı yüksektir.	UV dayanımı zayıftır. Nem absorpsiyonu sonucu ezilme görülmektedir.
POLİETİLEN, POLİPROPİLEN	Kimyasal malzemelere karşı yüksek dayanıma sahiptir.	Bazı maddelere adezyon zorluğu bulunmaktadır. Isıl dayanımı düşüktür.
ARAMİD	Kopma ve sıcaklık dayanımı yüksektir. Güç tutuşurluk özelliği bulunmaktadır.	UV ve güneş ışığına karşı dayanıksızdır.
CAM LİFİ	Çevre koşulları, termal ve mekanik koşullar karşısında kararlılık göstermektedir.	Düşük esneklik ve yapışma güçlüğü bulunmaktadır.

Kaplamanın iyi bir şekilde uygulanabilmesi için seçilen zemin kumaşından beklenen temel özellikler bulunmaktadır. Bunlar:

- Düz, pürüzsüz, düzensizlik yaratabilecek yapı içermeyen yüzey ve boşluk içermeyen sık bir yapı,
- Kopma ve yırtılmaya karşı dayanaklılık,
- Boyutsal kararlılık,
- Kimyasallara malzemelere karşı yüksek kararlılık,
- Yüzeyinin ıslatıla bilirlik özelliği ve düşük maliyetli olması (Bulut ve ark. 2008).

2.1.1.2. Kaplamada kullanılan polimerler

Polimer bileşikleri, küçük bir molekül birimi olan monomerlerin birbirine sırasıyla çok sayıda kimyasal kovalent bağlarla eklenmesi sonucu oluşan büyük moleküllerdir. Polimerler, aynı monomer biriminin sırasıyla çok sayıda birbirine ilave edilmesiyle oluşması nedeniyle yüksek molekül ağırlığına sahiptir. Polimerlerin birçok önemli mekanik özellikleri molekül ağırlığına bağlıdır. Polimerlerin özelliklerinin oluşmasında molekül ağırlığının etkisi de bulunmaktadır. Polimerlerin kullanımının yaygın olmasının nedeni birçok özelliği barındırması, ağırlığının düşük olması, mukavemetlerinin yüksek

olması, çevre koşullarına karşı gösterdikleri stabilite ve düşük maliyetli olmalarıdır. Polimerler üç sınıfta incelenir. Bunlar; termoplastik, termoset ve elastomer polimerlerdir. Termoplastik polimerler tekrar tekrar kullanıma uygun ısıtıldığında yumuşayan ve şekil verilebilen bir özelliğe sahipken, termoset plastikler ise tekrar kullanıma uygun olmayan ısıtıldıklarında sertleşen ve hep aynı şekilde kalan şekil değiştirmeyen yapıdadırlar. Elastomerler polimerler yapılarında bulunan bağları koparmayacak şekilde mekanik gerilmelere maruz bırakıldıklarında yüksek elastik uzama özelliği gösteren malzemelerdir (Vural 2014).

Kaplamada kullanılan polimerler lineer yapıda uzun zincirli termoplastik polimerlerdir. Kaplama işlemi süresince, kumaş ve polimer madde kurutma, fiksaj gibi işlemler sonucu ısıl işlem uygulanmaktadır. Bu sebeple kaplamada kullanılacak polimerlerin seçiminde dikkate alınan özellikler, kullanılacak kimyasal, çevresel faktörler, çekme uzama gibi mekanik özellikler, düşük maliyet ve proses özellikleri etkili olmaktadır. Kaplama sonrası elde edilen malzemeden beklenen fonksiyonel özelliklerin oluşmasında doğrudan kaplamada kullanılan polimerler etkili olmaktadır (Kut ve ark. 2005). Kaplamada yaygın kullanılan polimerler ve kullanım alanları Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Fonksiyonel özellik kazandırılmış teknik tekstillerin üretiminde genellikle kaplama yüzeyi olarak kullanılan ham kumaşın yüzeyine kaplanabilen, akışkanlıktaki kaplama patı ile üretilebilen ürünleri kapsamaktadır. Kaplama sonrası kaplamayı sabitlemek için kurutma veya sertleştirme işlemleri uygulanır. Polimerler kaplamada eriyik veya çözelti olarak yüzeye kaplanabilen ve çözücünün buharlaştırılmasıyla veya soğutmayla uzaklaştırılarak yüzeyde film tabaka oluşturan maddelerdir. Kaplamada teknik tekstillerin üretimi için kullanılan polimerler lineer yapıda uzun zincirli termoplastik polimerlerdir Kaplamada kullanılan polimerlerin bazıları çapraz bağlanma özellikleri içermektedir. Kullanılan polimerin mekanik özellikleri kaplama sonrası nihai ürünün dayanıklılık ve performans gibi birçok özelliğini doğrudan etkiler (Manasoğlu 2014).

Çizelge 2.2. Kaplama kimyasalları, özellikleri ve kullanım alanları (Bulut ve Sülar 2008).

Polimer	Özellikleri	Uygulama alanları
Polietilen	Düşük sürtünme katsayısına sahiptir. Kimyasal ve elektrik direnci yüksektir.	Film, boru, levha ve kablo yapımında kullanılır.
Polistiren	Optik saydamlık, şekillendirme kolaylığına sahiptir. Yüksek yalıtım özelliği bulunur.	Şişe, kapak, oyuncak ve tıbbi malzemelerde kullanılır.
Polipropilen	Yüksek kimyasal ve elektriksel dayanıma sahiptir. Yorulma dayanımı yüksektir.	Otomobil iç panelleri, lif ve elektriksel yalıtım gereken yerlerde kullanılır.
Akrilik	Kimyasal ve çevre koşullarına karşı dayanıklıdır. Mekanik dayanımı yüksektir.	Yapışkan malzeme yapımı, araçların zeminlerinde kullanılır.
Polivinil klorür	Renklendirilebilir bir malzemedir. Kimyasal ve neme karşı dirençlidir.	Yapay kumaş, kaplamalarda ve elektrik teli yalıtımı gibi çeşitli alanlarda kullanılırlar.
Polibutilen	Kolay şekillendirilebilme özelliğine sahiptir. Yüksek elektrik, kimyasal ve kimyasal dirence sahiptir.	Elektrik bağlantıları sigorta yuvaları gibi alanlarda kullanılır.

2.1.1.3. Kaplamada kullanılan dolgu maddeleri

Tekstil sektöründe kullanılan geleneksel ürünler artan teknolojik gelişmeler ile insanların beklentilerini ve ihtiyaçlarını karşılayamamaktadır. Polyester kumaşlar hidrofobik özellikte olması nedeniyle boyama işlemi sırasında çeşitli zorluklar yaşanmaktadır. Pamuk kumaşların ise UV ışın ve mikroorganizmalara karşı dayanımının düşük olması nedeniyle kullanım zorlukları yaşanmaktadır. Metal oksit malzemeler, yüksek mekanik dayanım, yüksek optik saydamlık, yüksek iletkenlik, düşük maliyet, toksik etki içermemesi ve üretim kolaylığı gibi özelliklere sahip olması nedeniyle son yıllarda kullanımı artmıştır.

Aşağıda literatürde tekstil kaplamacılığında kullanılan çeşitli metal oksit dolgu malzemeleri konusunda çalışmalara yer verilmiştir.

Titanyum dioksit: Beyaz renkli moleküldür. TiO_2 ayrıca renklerin zenginleştirilmesinde ve parlaklığında kullanılır. Üstelik UV koruması sağlar. Buradan da anlaşılacağı gibi; boyalarda, cilalarda, kâğıt ve plastiklerde, mürekkeplerde, kauçuk ve tekstil ürünlerinde, kozmetiklerde, güneş koruyucularda, deri ürünlerinde, yiyecek renklendirmede ve

seramik yapımında kullanılır. TiO_2 yoğunluğu yaklaşık olarak 4,23 g/cm^3 ve kırılma indisi 2,55'dir.

Titanyum dioksit, kimyasal stabilite, UV koruyuculuk özelliği, antibakteriyel özelliği, fiziksel, elektriksel ve optik özellikleri dolayısıyla son yıllarda yapılan çalışmaların giderek arttığı bir madde haline gelmiştir (Gupta ve ark. 2008).

Bozok ve diğerleri (2019), yaptığı çalışmada nano toz formda olan TiO_2, bağlayıcı olarak SiO_2 nanosol ile bir araya getirilerek keten içerikli numunelere aktarılmıştır. Ardından 110 derecede 5 dk kurutma ve 120 ve 150 derece olmak üzere iki farklı sıcaklıkta fiksaj işlemi uygulanmıştır. Numunelere karakterizasyon, kaplama sonrası renk değişimi, ışık haslığı ve bazı fiziksel testler uygulanmıştır. Sonuçlarda; TiO_2'in silika sol ile kumaş yüzeyine tutunabildiği ve 150 derece fikse sıcaklığında uygulanan nanosol kaplamaların numunelerin ışık haslıklarını iyileştirdiği tespit edilmiştir.

Demir oksit: Demir oksitler doğada yaygın olarak bulunur Demir cevheri, pigment, katalizör ve termit olarak kullanılırlar. Demir oksitler boyalarda, kaplamalarda ve renkli betonlarda ucuz ve dayanıklı pigmentlerdir. FeO_3 yoğunluğu yaklaşık olarak 5,2 g/cm^3 ve kırılma indisi 2,91'dir.

Soruç (2017), yaptığı çalışmada demir oksit pigmentlerinin farklı konsantrasyon değerlerinde solar özelliklerini incelenmesine yönelik çalışma gerçekleştirmiştir. Demir oksit pigmentlerin NIR ışınlarını daha yüksek oranlarda yansıttıklarını ortaya koymuştur.

Kalsit (kalsiyum karbonat): Kalsit kristal yapıda, camsı parlaklıkta ve renksiz saydam yapıdadır. Kimyasal formülü $CaCO_3$, sertliği 3, özgül ağırlığı 2,7 g/cm^3, parlak ve saydam renkli, kolay kırılabilen, kireçtaşı veya mermerin yapıtaşı olan bir mineraldir (Yücetürk 2010).

Kalsittin beyazlık derecesinin yüksek olması nedeniyle boya ve kâğıt sanayinde kullanılmaktadır. Mikronize boyutlarda öğütüldükten sonra boya, kâğıt, plastik gibi birçok

sektörde beyazlık, ucuzluk ve kazandırdığı özellikler nedeniyle oldukça fazla kullanılan bir dolgu maddesidir (Devlet Planlama Teşkilatı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu 2001).

Aşağıda tez çalışmasında kullanılan çeşitli dolgu maddeleri ve özellikleri hakkında kısa bilgilere yer verilmiştir.

Silisyum dioksit: Dünyada kristal formda silisyum dioksit ve silisyum içeren yaklaşık 800 çeşit silisyum oksit malzemesi bulunmaktadır. Silisyum dioksit malzemesi doğal ve sentetik olarak iki grupta sınıflandırılabilir. Doğada bulunan silisyum minareli (kil, cam, porselen, emaye), silikatların çökeltilmesi ile üretilir. Sentetik silisyum dioksit, kimyasal dönüşüm yöntemleri veya termal ya da ıslak proses ile üretilebilir.

SiO_2 malzemesi, yüksek biyouyumluluk, düşük toksit etki, optik saydamlık ve çoğu madde ile temas halinde kimyasal olarak kararlılık özellikleri gösterir. Değişen çevre koşullarında termal kararlılık gösterir (Graf 2000). Silisyum dioksit (SiO_2), birçok alanda tamamlayıcı malzeme olarak kullanılmaktadır. Gıda sektörü, kişisel bakım ürünleri, kâğıt üretimi, lastik ve bitki yetiştirme alanları gibi alanlarda kullanılmaktadır. SiO_2 yoğunluğu yaklaşık olarak 2,33 g/cm^3 ve kırılma indisi değeri 1,46'dır.

Çinko oksit: Çinko oksit yüksek elektrik, elektronik ve optik özellikleri içeren bir yarı iletkendir. Ayrıca oda sıcaklığında termal ve mekanik kararlılığa sahiptir. Bir metal oksit olan ZnO yüksek bağlanma enerjisine (60 eV) sahip yarı iletken bir malzemedir. ZnO düşük maliyette üretilmesi ve zararlı toksit etki yaratmaması sebebiyle birçok alanda tercih edilen kullanıma sahiptir (Xia ve ark. 2012).

Elektronik ve elektroniğin alt alanları olan opto-elektronik, elektro-kimyasal veya mekanik gibi çeşitli alanlarda, biyosensörler (Ahmad ve ark. 2017), kimyasal sensörler (Jagadale ve ark. 2018), piezoelektrik (Tamvakos ve ark. 2015), güneş pilleri (Qu ve ark. 2017) gibi çeşitli alanlarda kullanımı bulunmaktadır. ZnO yoğunluğu yaklaşık olarak 5,1 g/cm^3 ve kırılma indisi 1,78'dir.

Baryum sülfat: Kokusuz suda çözünmeyen beyaz kristal bir katıdır. Seyreltik asit, alkol ve sıcak konsantre sülfirik asitte çözünür. Baryum sülfat yoğunluğunun yüksek olması, iki yüzeyin sürtünmesi sonucu oluşan deformasyonun düşük olması, birim alana uygulanan kuvvet karşısında yüksek dayanım ve ısıya karşı termal stabiliteye sahip olması, manyetik alandan etkilenmeme, doğal kaynaklardan kolay temin ve uygun maliyetle elde edilmesi sondaj sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Cam üretim sektöründe çeşitli baryum bileşikleri kullanılmaktadır. Özellikle preslenerek üretilen camlarda, baryum oksit malzeme kurşun oksitte göre daha parlak yüzey elde edilmesini sağlamaktadır. Boya sanayinde duvar tipi boyalarda, baryum sülfat beyazlatıcı pigment, yağlı boyalarda ise inceltici malzeme olarak kullanılmaktadır. Baryumun malzemesinin X-ışınlarını zararsız hale getirmesi nedeniyle röntgen çekimlerinde, nötronları engelleme etkisinden dolayı atom reaktörlerinde kullanımı mevcuttur. $BaSO_4$ yoğunluğu yaklaşık olarak 4,5 g/cm^3 ve kırılma indisi 1,64'tür (Marmara Kalsit 2015).

Alüminyum oksit: Suda çözünmeyen beyaz renksiz bir tozdur. Alüminyumun oksijenle tepkimesi sonucunda oluşur. Alüminyum oksit yüksek aşındırıcı özelliği, korozyon direnci ve termal şok dayanımı sahiptir. Malzemenin yüksek aşındırıcılık özelliği nedeniyle metal yüzeyleri kaplama öncesi hazırlanmasında yardımcı olur. Genellikle aşındırıcı ve zımpara imalatında kullanılır. Yüksek termal şok dayanımı deneniyle refraktör sanayinde kullanılır. Al_2O_3 yoğunluğu yaklaşık olarak 3,94 g/cm^3 ve kırılma indisi 1,76'dır.

Alüminyum tozu: Alüminyum mat görünüme sahiptir. Alüminyumun mat görünüme sahip olmasının nedeni üzerinde ince oksit tabakası oluşmasıdır. Alüminyum yumuşak olması nedeniyle kolay şekillendirilebilirlik özelliğine sahiptir. Yüksek korozyon dayanımı ve iletkenlik özelliklerine sahiptir. Alüminyumun yoğunluğu yaklaşık olarak 2,70 g/cm^3'tür.

Alüminyum düşük yoğunluğa ve yüksek mukavemette sahip olması nedeniyle ulaşım araçlarında (uçak, otomobil), korozyon direnci nedeniyle bina dış cephelerinde, yüksek iletkenlik özelliği nedeniyle elektrik ile ilgili alanlarda ve yemek pişirme gereçleri gibi birçok alanda kullanımı mevcuttur (Greenwood ve ark. 2012).

2.1.1.4. Kaplama yöntemleri

Kaplama yöntemi kullanılacak malzemelere ve kaplama sonrası elde edilmesi istenen özelliklere bağlı olarak belirlenir. Kaplama malzemesi, kaplama yüzeyinde, iplik ve lif yüzeylerinde yayılmasına olanak sağlayacak akışkanlıkta ve kaplanmak istenen yüzey ile istenilen ölçüde adezyonu sağlayacak şekilde olması ve kaplama işleminin ardından kumaş yüzeyinden beklenen özellik düzgün ve pürüzsüz olmasıdır. Tüm kaplama yöntemlerinde kaplama işlemine başlamadan önce kumaş tam olarak açılmalı, kumaş yüzeyinde gerilim kontrollü yapılmalı ve istenilen yüzey kaplama kalınlığı ayarlandıktan sonra sırasıyla yapılacak işlemler; kaplama patı kaplanacak yüzeye beslemesi yapılarak kaplama işlemi gerçekleştirilir, kaplama sonrası kaplama patında bulunan çözücülerin buharlaşarak uzaklaştırılabilmesi için kurutucuda kurutma işlemine tabi tutulur ve ardından soğutma işlemi uygulanarak kaplamı kumaş sarılır.

Kaplama prosesinin temelini, genellikle, alınan besleme miktarını ayarlayacak için bir çift sıkma silindirinin yer aldığı yüzeye emdirme işleminin gerçekleştiği emdirme tekneleri ile kaplama gerçekleştirilmektedir. Ardından kurutma işlemini gerçekleştirme için kaplanmış yüzey kurutma makinasına gerilir ve kuru sıcak hava yüzeye uygulanır. Kaplama işlemi kumaşın sadece bir yüzüne uygulanmak istenirse kumaşın kaplama patına daldırılarak kaplanması uygun olmayıp tek yüzeye kaplama için çeşitli farklı kaplama teknikler kullanılmaktadır. Tekstil yüzeylerine kaplama işlemi, kaplama malzemesi yüzeye doğrudan (direkt) ve dolaylı (transfer) uygulanması şeklinde iki şekilde üretilebilir (Öner 2006).

Polimer malzemeyi tekstil yüzeyine uygulama yöntemleri bölümlere ayrılmak istenirse; kaplama malzemesi şekli, kaplamayı uygulama şekli ve kullanılan aparatları dikkate alınır. Çizelge 2.3'te kaplamada kullanılan teknikler sınıflandırılarak verilmiştir (Bulut ve Sülar 2008).

Çizelge 2.3. Kaplamada kullanılan teknikler (Bulut ve Sülar 2008)

Kaplama maddesinin sıvı olduğu kaplama metotları	Kaplama maddesinin sonradan eklendiği yöntemler	Bıçaklı (rakleli kaplama)	Genellikle dokuma kumaşlara uygulanan eski bir yöntemdir. Kaplama malzemesi yüzeye hareketli olmayan bir rakle ile düzgün şekilde uygulanır.
		Tel sarılmış rulo ile kaplama	Düşük viskozitede ve az gramajda kaplamalarda için kullanılır.
	Kaplama maddesinin önceden eklendiği yöntemler	Silindir kaplama	Düşük viskoziteli kaplamapatlarında tercih edilir.
		Döner şablon ile kaplama	Rotasyon baskı prosesine benzemektedir.
		Püskürtme ile kaplama	Bu metotta kaplama malzemesi, taşıyıcı silindirlerle yönlendirilen kumaşa püskürtücü nozullar tarafından aktarılmaktadır. Düşük viskoziteli, su bazlı ve ince kaplamalar için uygundur.
Kaplama maddesinin katı olduğu kaplama metotları	Sıcak eriyik ile kaplama	Ekstrüzyon ile kaplama	Kaplama polimeri, ekstrüder aracılığıyla kaplama için uygun sıcaklıkta eriyik hale getirilir. Polimer silindirler arasında kumaş ile birbirine yapışarak kaplanır. Ardından soğutma silindiri kaplama yüzeye sabitlenir.
		Pudralı kaplama	Kumaş üzerine serpilen tozhaldeki polimer, ısıtıcılar aracılığı ile eritilir ve kaplama işlemi sağlanır. Genellikle bu kaplama yönteminde polietilen, naylon, EVA gibi kaplama malzemeleri kullanılır.
	Kalandır ile kaplama		Katı haldeki kaplama malzemesi ısıtılmış iki silindir arasından geçirilerek sıvı hale getirilir ve kumaşa kaplanır.
	Transfer kaplama		Kumaşa daha önce hazırlanmış kaplama tabakası yapıştırma veya ısı ile kesintisiz bir şekilde uygulanır. Kaplama filmi üzerinde hata ve gözenek bulunmaz. Dokusuz yüzey, örme, likralı ve hassas yüzeylere problemsiz bir şekilde kaplanabilir.
Modern kaplama yöntemleri	Sol-jel ile kaplama		Çözelti şeklinde birçok alanda kullanılır. Bunlar: Cam, seramik ve kompozit malzemeler gibi alanlar olabilir. Sol- jel kaplama ile yüzeye çeşitli fonksiyonel özellikler kazandırılabilir. Bunlar: Ultraviole koruma, hidrofobik, güç tutuşurluk, kir yağ iticilik gibi özellikler kazandırılabilir.
	Plazma ile kaplama		Kaplama yüzeyinin değişimine yol açan bir kaplama yöntemidir. Plazma kaplama birçok alanda kullanılır. Bunlar; sağlık sektörü, araç, iletken malzemeler ve tekstil ürünleridir. Tekstil yüzeyine istenilen özellikler kazandırılır. Bu kaplama yöntemi ile yüzeye çeşitli fonksiyonel özellikler kazandırılabilir.

2.1.1.5. Rakleli (Bıçak) kaplama yöntemleri

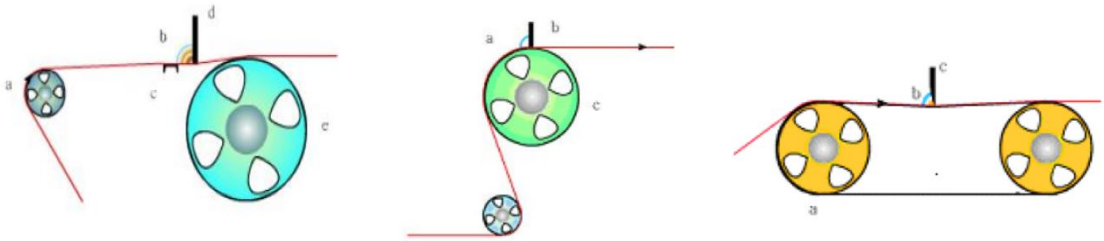
Kaplama patı kaplama yüzeyine direk uygulanarak sabit bir rakle (bıçak) yardımıyla homojen bir şekilde yüzeye uygulanmaktadır. Bu metotta kaplama maddesi miktarı sonradan ayarlanır. Geniş kaplama yüzeyleri için özel tasarlanmış makineler mevcuttur. Kaplama malzemesinin yeterli akışkanlık değerine sahip olması, kaplama kalınlığı, nüfuziyet ve kaplamanın arka yüzeyine geçip geçmemesi açısından önemli bir faktördür. Kaplama kalınlığını belirleyen temel etmen kaplanacak kumaş ile bıçak arasındaki mesafedir (Kanık ve Manasoğlu 2015).

Bıçaklı kaplama yöntemi, temassız (havada) rakle, silindir üzerinde bıçak ve kauçuk blanket üzerinde rakle olmak üzere bıçağın konumuna göre üç farklı teknikte uygulanmaktadır (Sen 2007).

Temassız rakle yönteminde, bıçak gerilerek sabitlenmiş kumaşa doğrudan temas halindeyken ve kaplama patı kumaşın kaplama yüzeyine doğru itilir. Havada rakle yöntemi ince ve hafif gramajlı kaplamalar için uygulanmaktadır.

Silindir üzerine rakle yönteminde, boyutsal olarak kararlı olan kaplama yüzeyleri için uygundur. Çünkü kaplama yüzeyinde bulunan herhangi bir hata veya ek yeri kaplama esnasında kaplama yüzeyinin bıçak altında sıkışarak kırılmasına neden olabilir (Manasoğlu 2014). Ayrıca bu yöntem yüksek add-on verilmesi gereken durumlarda kullanılır.

Kauçuk blanket üzerinde bıçak yönteminde, kaplanacak kumaş malzemesi iki silindir ara kısmına yerleştirilmiş sonsuz bir kauçuk blanket ile tutturulmaktadır. Kumaş üzerinde bırakılan kaplama miktarı blanketin gerilimiyle değişir. Bu yöntem gerilmeye maruz kalması istenmeyen tekstiller için uygundur. Şekil 2.1‘de rakleli kaplama yöntemleri gösterilmektedir.

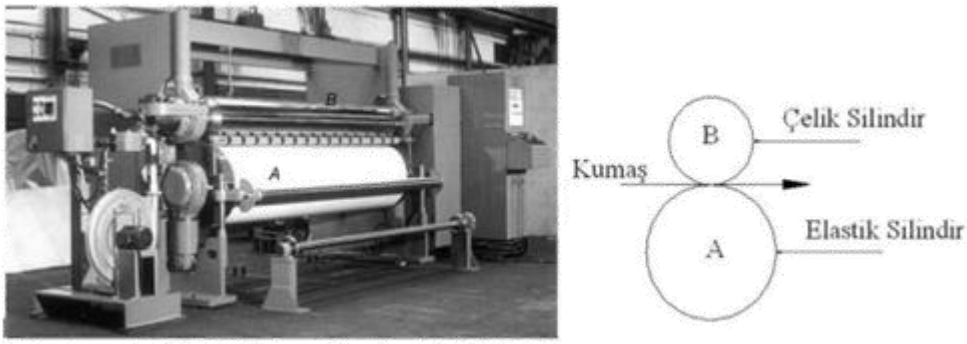


(a) **(b)** **(c)**

Şekil 2.1. Havada rakle (a), silindir üzeri rakle (b), blanket üzeri rakle (c)

2.1.1.6. Kalandırlama İşlemi

Kalandırlama; tekstil ürünlerini yumuşatmak ve yassılaştırmak iplikler arasındaki boşlukları azaltmak için kullanılmaktadır. Ayrıca tekstil yüzeyinde parlaklık sağlamak amacıyla iki silindir arasından basınç ile ürün geçirilmektedir. Tekstil mamulleri Şekil 2.2'de gösterilen en az iki silindir arasından geçirilir. Bu iki silindirden küçük olan çelikten, büyük olan ise elastik malzemeden yapılmıştır.



Şekil 2.2. İki silindirli kalandır makinası

Tercihen pamuklu ve sentetik elyaflara uygulanırken yünlülere uygulanmaz. Kalandırlama uygulaması sonrası tekstil ürününde iplikler ezilerek iplikler arası aralık azalır ve bu sayede ışık yansıtan yüzey artar.

Kalandırlama uygulaması esnasında makine opsiyonlarında değişiklik yapılarak istenilen yüzey özellikleri oluşturulabilir. Bunlar:

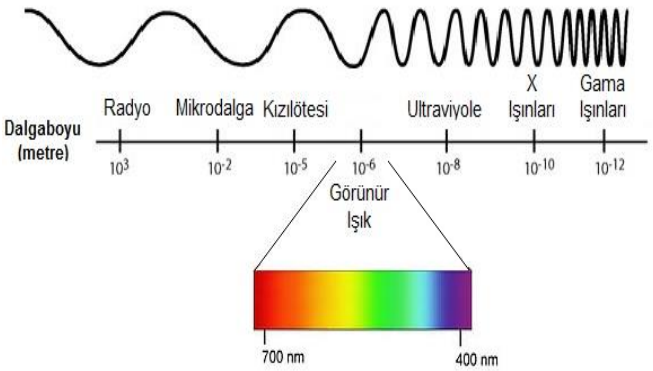
- Silindir cinsi ve sayısı,
- Uygulanan basınç ve silindir çapı,

- Sıcaklık,
- Kumaş geçiş hızı

Kalandırlama esnasında kullanılan silindirlerden çelik olan sert kromajlı çelik ile kaplı olup olabildiğince elastik silindire göre daha küçük çapta seçilir. İşlem sürecinde çelik silindir ısıtılmak istenirse hem elastik silindire zarar vermemesi ve daha az enerji kullanımı nedeniyle olabildiğince küçük çapta olması istenir. Kalandırlama işlemi esnasında basınç artıkça iplik aralıkları azalır, sıcaklık artıkça kumaşın parlaklığı artar (Çoban ve Toprakkaya 1997).

2.2. Elektromanyetik Spektrum

Güneş ışınımı farklı dalga boylarında yayılım gösterir. Farlı dalga boylarının dizili görünümü güneş spektrumu olarak isimlendirilir (‘‘Evrim Ağacı Güneş’’ 2011). Bu ışınım dalga boylarına göre Şekil 2.3’te görüldüğü gibi sıralanır. Çizelge 2.4’te elektromanyetik dalga, dalga boyu ve etki ve kullanım alanları görülmektedir.



Şekil 2.3. Elektromanyetik spektrum

Çizelge 2.4. Elektromanyetik dalga, dalga boyu ve etki ve kullanım alanları

Elektromanyetik dalga	**Dalga boyu**	**Kullanım alanları ve etkileri**
Gama ışını	<0,02 nm	Medikal teşhis, kanser tedavisi ve gözlemi
X- ışını	0.01-10 nm	Medikal teşhis, kanser tedavisi ve gözlemi
Morötesi (UV)	10-400 nm	D vitamini üretimi, Sterilizasyon
Görünür Işık	390-750 nm	Fotosentez ve görme olayları
Kızılötesi (IR)	700 nm – 1mm	Termal görüntüleme, sera etkisine neden olur.
Mikrodalga	1 mm- 1 m	Fırın, radar, iletişim
Radyo dalgaları	1 m- 100 km	İletişim ve uzaktan kumanda, MR görüntüleme

2.2.1. Ultraviyole (morötesi) ışınlar (UV: 100-400 nm):

Ultraviyole veya diğer ismiyle morötesi ışınlar 100-400 nanometre (nm) dalga boyları aralığında bulunan ışınlardır. Işınların temel kaynağı güneştir. Ultraviole ışınları güneşin yaydığı ışığa ilave katkı sağlar. Kısa dalga boyuna sahip ultraviole ışınlar insan gözüyle doğrudan algılanamaz.

UV ışınlarını üç kategoriye ayrılır. Bunlar: UV-A, UV-B ve UV-C'dir.

- UV-A: Ozon tabakasından geçebilen bir ışındır. Ultraviole ışınlarının yüzde 95 oranıyla en yaygın olarak gözlenenidir.
- UV-B: Ozon tabakası tarafından engellenir. Çok tehlikeli ışınlardır. Ultraviole ışınlarının yüzde beşini oluşturur.
- UV-C: Ozon tabakası tarafından engellenir. Sağlık konusunda çok tehlikeli bir ışındır. Güneşten korunmak için kullanılan kremlerde genelde bu ışından korunması beklenir.

2.2.2. Görünür bölge ışınları (400-700 nm):

Görünür bölge insan gözünün algılayabileceği tek elektromanyetik dalgadır. Bu bölgede 400 nm ile 700 nm aralığındaki dalga boylarını içerir. En uzun dalga boyları (yaklaşık 700 nanometre) kırmızı ve en kısa dalga boyları (380 nanometre) mor renktedir. Güneş enerjisinin yüzde ellisi görünür bölgeden oluşmaktadır.

2.2.3. İnfrared (kızılötesi) radyasyon

Mikrodalgaların sonundan, görünür bölgenin düşük enerjili bölgesine kadar olan alanı içeren kızılötesi bölgedeki elektromanyetik dalgalardır. Kızılötesi ışınlar atmosferde CO_2 ve H_2O molekülleri tarafından tutulabilir. Kızılötesi ışınları bu şekilde atmosfer tarafından tutulması sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. Bu ışınlar çeşitli alanlarda kullanılabilir bunlardan biri kızılötesi ışınlar ile görüntüleme yöntemidir (''Evrim Ağacı Güneş'' 2011).

2.2.4. Solar Özelliklerle İlgili Çalışmalar

Memiş ve Kaplan (2022), pasif gündüz soğutma sağlayan tekstil yüzeyleri elde etmek için pamuklu kumaşlar güçlü saçılma özelliği olan termal ışınımı geniş alanda ileten çinko oksit (ZnO) nanopartikülleri ve şekil hafızalı poliüretan (SMPU) matristen oluşan sıcaklığa duyarlı nanokompozit kaplama ile kaplanmıştır. Öncelikle nano kompozit çözeltiyi hazırlamak için (SMPU) üzerine %5 oranında dimetilformamid ilave edilerek 60 derece 6 saat karıştırılmış ardından %3 oranında ZnO ilave edilerek 1 saat ultrasonik karıştırıcıda karıştırılarak pamuklu kumaş yüzeyine sprey kaplama yöntemi ile kaplanmış ardından 85 derece 3 dakika kurutma ve 120 derece 2 dakika fiksaj uygulanmıştır. Kaplanmış kumaşlarda dış mekânda ve 40 derece iç mekânda kaplamanın güneş ışığını yansıtması sebebiyle 2,2 ve 0,4 derecelik ortam sıcaklığında düşme gözlenmiştir. Ayrıca dinamik hava ve su geçirgenliği sağlaması nedeniyle sporcu kıyafetlerinde kullanımı önerilmiştir.

Xiang ve diğerleri (2020), dış mekânda doğrudan güneş ışınlarına maruz kalan yüzeyler için pasif soğutma sağlayacak kompozit malzeme tasarımı ve üretimi gerçekleştirmeyi amaçlamışlardır. 3D selüloz asetat filmi üzerine otomatik biriktirme yöntemi ile polar dielektrik SiO_2 mikro küreleri çökeltilmiştir. Hazırlanan kompozit yapıda 5 µm gözenek boyutuna sahip mikro gözenekler güneş yansıması için görev yaparken, gömülü SiO_2 mikro küreler kızılötesi radyasyon için kullanılmaktadır. Silisyum dioksit mikro küreler içeren selüloz asetat filminin R_s değerinin yaklaşık %96 kadar ulaştığı gözlenmiştir. Elde edilen film pasif soğutma sağlanması istenen; binalarda, kişisel termal konfor sağlayan tekstil ürünlerinde kullanımı önerilmiştir.

Yozgatlı ve diğerleri (2022), yaptığı çalışmada gama radyasyonuna karşı zırhlama özelliğine sahip kaplamalı tekstil ürünleri geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda; baryum sülfat ve bizmut oksit metallerini içeren kaplama dispersiyonları kumaşlara bıçaklı kaplama yöntemiyle uygulanması ve elde edilecek kaplamalı tekstil ürünlerinin zırhlama verimleri yüzde olarak tespit edilmesi hedeflenmiştir. Poliüretan bazlı kaplama kimyasalı içerisine baryum sülfat ve bizmut oksit tozları %60 oranında eklenip, 1-2 saat karıştırılarak iki farklı kaplama patı hazırlığı yapılmıştır. Hazırlığı tamamlanan kaplama patları, kaplama uygulamasına hazır hale getirilen kumaşlara Ataç RGK-40 bıçaklı

kaplama (rakle) aleti kullanılarak uygulanmıştır. İki kat baryum sülfat, iki kat bizmut oksit ve bir kat baryum sülfat/bir kat bizmut oksit olmak üzere üç farklı deney seti oluşturulmuştur. Kumaşlara her kaplama uygulaması sonunda fikseleme işlemi yapılmıştır. Elde edilen kumaşların kalınlık değişimleri ve NaI (TI) dedektörü kullanılarak zırhlama verimi potansiyeli tespit edilmiştir. Polyester kumaşlarda zırhlama oranı %1,9 tespit edilmiştir. Kumaşların % gama radyasyonu zırhlama verimleri beklenen değerlerin oldukça altında çıkmıştır.

Küçük (2020), yaptığı çalışmada polyester ve pamuk kumaşlara çeşitli özellikler kazandırılarak istenilen alanda kullanıma uygun hale getirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla metaller ve oksitlerin sentezlenmesinden oluşan metal oksit nanoyapılar (ZnO ve SiO_2) kumaş yüzeylerine kaplanmıştır. Ürünlerin teknik özelliklerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Polyester ve pamuk zemin kumaşlarına ZnO ve SiO_2 nanoyapılar ile kaplanmıştır. Kaplama yöntemi olarak sol-jel daldırma ve hidrotermal sentez yöntemi kullanılmıştır. Kaplama sonrası kaplama yüzeyi SEM, EDS, XRD, ATR-FTIR, TGA karakterizasyon yöntemleri ile analiz edilmiştir. Ayrıca SiO_2 ve ZnO nanoyapılarla kaplamalı pamuk kumaşları ultraviyole görünür bölge spektroskopisi ve ultraviole bloklama değerleri tespit edilmiştir.

Zhong ve diğerleri (2021), çalışmada spektral olarak seçici alüminyum fosfat parçacıkları kullanarak ışınımlı dış mekân soğutması için çok işlevli bir pamuklu kumaş üretilmesi hedeflenmiştir. Bu pamuklu kumaş, güneş ışığını yansıtarak (yansıtma %90'a yakındır) ve ısıyı kaplamanın dış boşluğuna yayarak (emisivite yaklaşık 0,92'dir) ve ham pamuğa kıyasla ortalama ~ 5,4°C'lik bir sıcaklık düşüşüne ulaşabilir. İnsan vücudunun doğrudan güneş ışığı altında 1,0°C ile ~ 4,4°C arasında aşırı ısınmasını önlemesini sağlar.

Li ve diğerleri (2018), çalışmada ZnO partiküllerini erimiş PE ile parafin yağında ZnO:PE (2:5) ağırlık oranında karıştırarak deneysel olarak ZnO-PE tekstil malzemesini üretmiştir ve ardından ince bir film haline getirmiştir. Metilen klorür ile filmdeki parafin yağı uzaklaştırılmıştır. Havada 2 saat kuruduktan sonra tekstil numunesinde artık metilen klorür tespit edilmemiştir. Elde edilen 150 μm kalınlığındaki ZnO-PE filmi güneş altında

beyaz renk göstermiş, görünür ışığın tüm açılardan güçlü bir şekilde saçılmasını yol açmıştır.

Besisa ve diğerleri (2022), çalışmada alüminyum oksit malzemesi ile farklı konsantrasyonlarda (10, 20, 30, 40 g/kg) bakır oksit malzemesi sinterleme yöntemi kullanılarak oluşturulan kompozit malzemelerin termal davranışlarını incelemiştir. Homojen bir ısı dağılımı için termal iletkenlik katsayıları incelenmiştir. Al_2O_3/CuO kompozit malzemenin artan CuO konsantrasyonu ile ısıl iletkenlik değerlerinde azalma gözlenmiştir. Bakır oksitin yüksek konsantrasyonu Al_2O_3 tanelerinin büyümesine ve yapısının bozulmasına neden olduğundan tercih edilmemektedir. %10 CuO içeren kompozitin termal genleşme, termal iletkenlik, termal emisyon, termal şok direnci ve mekanik dayanıklılığının yüksek olduğu gözlenmiştir.

Bao ve diğerleri (2017), çalışmada zemin katmanı olarak yüksek yansıtıcılık özelliğine sahip alüminyum ve zemin katmanı her türlü malzeme olabileceğinden siyah kaplanmış alüminyum folyo üzerine SiO_2 veya SiC ardından püskürtme yoluyla TiO_2 dolgu malzemesi eklemiştir. Alüminyum folyo üzerine kaplanan TiO_2+SiO_2 yüzeyde yansıtıcılık değeri %90,7'e ulaşmıştır. TiO_2+SiO_2 veya TiO_2+SiC ile yapılan kaplamalar doğrudan güneş ışınları altında bulunduklarında ortam sıcaklığının 5 derece azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca siyah kaplı alüminyum folyo üzerine TiO_2+SiO_2 veya TiO_2+SiC ile kaplanan malzemelerin doğrudan güneş ışınları altında bulunduklarında ortam sıcaklığında değişiklik olmadığı veya bir derece kadar azalma gözlendiği belirtilmiştir.

Zhai ve diğerleri (2017), çalışmada silisyum dioksit mikroküreleri ince bir şerit filmle desteklenen polimetilpentenden oluşan bir matris içinde rasgele dağılır. Dağılmış mikroküreler kızılötesi ışıkla etkileşime girerek yüzeyde güneş ışınlarının %96'sını yansıttığı belirtilmiştir.

Mazzei ve diğerleri (2000), çalışmada Alüminyum oksit ve Zirkonyum dioksit gibi oksit bazlı seramik malzemelerin yüksek termal özellik ve oksidasyon direncine sahip olduğu belirtilmiştir. Alüminyum oksit malzemesi yüksek sıcaklıklarda termal stabilite, yüksek korozyon ve oksidasyon direncine sahiptir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Kumaş

Tez çalışmasında kaplama için kullanılan zemin kumaşı, Kırayteks Tekstil A.Ş. (Bursa) firmasından mikro saten (haşılı sökülmüş) ve termofiksajı yapılmış şekilde kaplamaya hazır formda polyester kumaş olarak temin edilmiştir. Kırayteks Tekstil A.Ş. (Bursa) firmasından toplar halinde temin edilen kumaşlar kaplama makinasına uygun olan 42x32 cm boyutlarında laboratuvar ortamında kesilmiştir. Çizelge 3.1'de kaplama için kullanılan zemin kumaşının teknik özellikleri belirtilmiştir.

Çizelge 3.1. Kaplama için kullanılan zemin kumaşının teknik özellikleri

Zemin Kumaşı	**Çözgü**	**Atkı**
Hammadde	%100 polyester	%100 polyester
İplik Cinsi	Tekstüre yarı mat ekru	Tekstüre yarı mat ekru
İplik numarası (denye)	300/72	75/36
Örgü yapısı	Mikro saten	
Gramaj	155 g/m^2	
Kalınlık	0,19 mm	

3.1.2. Kaplama kimyasalları

Kaplama patının hazırlanması için kullanılan tüm kimyasal maddeler Rudolf Duraner A.Ş. (Bursa) firmasından temin edilmiştir. Kaplamada kullanılan kimyasal maddeler ve özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Kaplamada kullanılan kimyasal maddeler ve özellikleri

Kimyasal Madde	**Özellik**
Binder (AC 111)	Akrilik binder, anyonik / noniyonik, %50 katı madde oranı
Fiksatör (Ruco-Coat FX 8011)	Bloke izosiyanat içeren çapraz bağlama maddesi, anyonik
Sentetik kıvamlaştırıcı (Ruco-Coat TH 5020)	Nötralize edilmiş poliakrilat, anyonik
Köpük kesici (Ruco-Coat DA 3000)	Hidrokarbonlar, etoksile yağ asitleri ve silisik asit kombinasyonu, noniyonik
Amonyak	%25'lik sıvı (teknik kalite)
Su	Ters ozmozdan geçirilmiş yumuşak su

3.1.3. Dolgu malzemeleri

Tez çalışmasında kullanılan dolgu malzemeleri olarak benzer tanecik boyutuna sahip ve yüksek solar yansıtma özelliği gösteren Silisyum dioksit (SiO_2), Baryum sülfat ($BaSO_4$) ve Çinko oksit (ZnO) tozları DMRSÜREN Kimya San. Ticaret LTD (İstanbul), Alüminyum oksit (Al_2O_3) tozu T.S.Y. Teknolojik Seramik Yatırımları San. Tic. LTD (Bursa) ve Alüminyum tozu (Al) Elso Kimya San. ve Tic. A.Ş (İstanbul) firmaları tarafından tedarik edilmiş olup, malzemelere ait bilgiler Çizelge 3.3' de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Kullanılan dolgu malzemeleri

Dolgu Malzemesi	Toz formu	Tanecik boyutu	Yoğunluk	Saflık
SiO_2	Kübik kristal	44±0,5 mikron	2,33 g/cm^3	%99
$BaSO_4$	Kübik kristal	44±0,5 mikron	4,5 g/cm^3	%99
ZnO	Altıgen kristal	44±0,5 mikron	5,1 g/cm^3	%99.9
Al_2O_3	Kübik kristal	44±0,5 mikron	3,94 g/cm^3	%99
Al tozu	Yüzey Merkezli kübik kristal	40±0,5 mikron	2,70 g/cm^3	%99

Dolgu malzemesi olarak kullanılan ortalama 40-45 mikron tanecik boyutlarına sahip Silisyum dioksit (SiO_2), Baryum sülfat ($BaSO_4$) ve Çinko oksit (ZnO), Alüminyum oksit (Al_2O_3) ve Alüminyum tozu (Al) tozlarının farklı konsantrasyon değerleri için deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Bu dolgu malzemelerinin birbiri ile karşılaştırılabilmesi açısından dolgu malzemeleri benzer tanecik boyutu ve toz formunda tedarik edilmiştir. Dolgu malzemelerine ait tanecik boyutu ve konsantrasyon değeri Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Kullanılan dolgu malzemelerine ait tanecik boyutu ve çalışma konsantrasyonları

Dolgu malzemesi	Tanecik boyutu	Konsantrasyon (g/kg)
SiO_2, $BaSO_4$, ZnO, Al_2O_3	44±0,5 mikron	50, 100, 150
Al tozu	40±0,5 mikron	50, 75, 100
Al tozu (50 g/kg) + ZnO (50, 100, 150 g/kg)	44±0,5 /40±0,5 mikron	50, 100, 150

Kaplama çalışmalarında her farklı konsantrasyon değeri için üç farklı numune üretilmiş ve sonuçlar bu üç numunenin ortalaması ile elde edilmiştir.

3.2. Yöntem

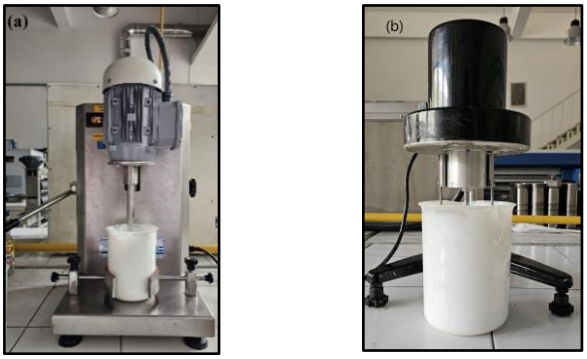
3.2.1. Stok patının hazırlanması

Dolgu malzemeleri kullanılarak uygulanacak kaplamalar için hazırlanan stok patlarına ait reçete örneği Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Stok patı reçetesi

Kimyasal Madde	Miktar (g)
Su	645
Binder	300
Amonyak	5
Fiksatör	20
Köpük kesici	5
Kıvamlaştırıcı	25
Toplam	1000

Stok patı reçetesindeki malzemeler sırasıyla ilave edilerek hazırlanmıştır. Sırasıyla gerekli binder miktarı tartılmış reçetedeki su miktarı ile karıştırılmıştır. Ardından pH ayarı için amonyak ilave edilmiştir. Hazırlanan stok patının pH değeri 8,5-9 olarak ayarlanmıştır. Ardından hazırlanan çözelti Şekil 3.1'de gösterilen Ataç marka yüksek devirli karıştırıcı ile homojen bir şekilde karıştırmaya devam edilirken fiksatör ve ardından köpük kesici ilavesi yapılmış, reçetede belirtilen sentetik kıvamlaştırıcı belli aralıklarda ilave edilmiş ve aynı zamanda karıştırma hızı artırılmıştır. Karıştırma hızı artırılarak stok patı içerisinde homojen dağılım ve ulaşılması gereken vizkozite değeri sağlanmaktadır.



(a) **(b)**

Şekil 3.1. (a) Ataç laboratuvar tipi mikser ("ATC-MX01/01P", t.y.), (b) Brookfield RVT viskozimetre ("Labomar", t.y.).

Dolgu maddesi ilave edilmeden hazırlanan stok patı ve dolgu malzemesi eklenerek hazırlanan kaplama patının viskozite ölçümlerinde Şekil 3.1'de gösterilen Brookfield RVT analog viskozimetre cihazı kullanılmıştır. Vizkozimetre cihazı ile yapılan ölçümlerde 6 numaralı mil ve milin açısal hızı 50 rpm olacak şekilde ayarlanmıştır. Tüm stok patlarında 7000 ± 200 cP aralığında viskozite değeri elde edilecek şekilde çalışılmıştır.

3.2.2. Kaplama patının hazırlanması

Hazırlanan stok patına materyal bölümünde ifade edilen dolgu malzemeleri eklenerek hazırlanan kaplama patlarına ait örnek reçete Çizelge 3.6'da verilmiştir. Hazırlanan kaplama patında kullanılan dolgu malzemelerinin konsantrasyonu olarak 50, 100, 150 g/kg (x gram) değerlerinde çalışma yapılmasına karar verilmiştir.

Çizelge 3.6. Örnek kaplama patı reçetesi

Kimyasal Madde	**Miktar (g)**
Stok patı	800
Dolgu maddesi	X
Köpük kesici	5-10
Denge (Su/Kıvamlaştırıcı)	Y
Toplam	1000

Dolgu malzemesi ilavesi ile hazırlanan kaplama patı için öncelikle dolgu malzemesinin pat içerisinde eşit dağılımını sağlamak için denge miktarı (Y gram) olan su/kıvamlaştırıcı miktarından bir miktar su ayrılmıştır. Ayrılan su içerisine uygulanacak dolgu malzemesi

tartılarak ilave edilmiş ve dolgu malzemesi yükse devirli karıştırıcı kullanılarak disperge edilmiştir. Hazırlanan stok patı örnek reçete Çizelge 3.6'da belirtilen miktarda tartılmış ve tartımın üzerine köpük kesici eklenerek bir süre karıştırılmıştır. Ardından disperge edilmiş dolgu malzemesi kademeli şekilde pat içerisine ilave edilmiştir. Viskozite sonucuna göre reçetede denge kapsamında kalan miktar, su veya kıvam maddesi ile tamamlanmıştır. Tez çalışmasında tüm kaplama patlarının viskozite değeri 8000± 200 cP olacak şekilde ayarlanmıştır.

3.2.3. Kaplama, kurutma, kalandır ve fiksaj

Kaplama yapılacak kumaş numuneleri kaplama makinasına uygun olacak şekilde çözgü yönünde 42, atkı yönünde 32 cm boyutlarında laboratuvar ortamında kesilmiştir. Kesimi yapılmış zemin kumaşlarının kaplama, kurutma ve fiksaj işlemleri Şekil 3.2'de görülen Ataç GK40 RKL laboratuvar tipi kaplama makinesinde gerçekleştirilmiştir. Kaplama makinasının çalışma prensibi, silindir üzerine bıçak (rakle) yöntemine göre olacak şekilde seçilmiştir. Keskin uçlu bıçak 90° açı ile konumlandırılmış durumdayken rakle ile silindir arasındaki boşluk her kaplamada sabit kalacak şekilde sentil yardımıyla 0,4 mm olarak ayarlanmıştır. Ardından kaplama işlemi gerçekleştirilmiş. Numune Şekil 3.2'de görülen Ataç GK40 RKL laboratuvar tipi kaplama makinesinde 100°C'de 8 dakika süre ile kurutulmuştur. Kurutma sonrası Şekil 3.2'de görülen Polteks marka kalender makinasından 500 kg/cm barda ve 3 m/dk hızda geçirilen numune Ataç GK40 RKL laboratuvar tipi kaplama makinesinde 150°C 4 dakika süre ile fiksaj (kondenzasyon) işlemi uygulanmıştır. Çok katmanlı deneyler için birinci katman bıçak 90° açı ile konumlandırılmış durumdayken rakle ile silindir arasındaki boşluk her kaplamada sabit kalacak şekilde sentil yardımıyla 0,3 mm olarak ayarlanmıştır. Ardından sırasıyla önce Ataç GK40 RKL laboratuvar tipi kaplama makinasında kaplama işlemi uygulanmıştır. Numuneler kaplama makinasında 100°C'de 7 dakika süre ile kurutulmuş, kurutma sonrası kalender makinasından 100 barda ve 3 m/dk hızda geçirilerek tekrar kaplama makinası ile 150°C 4 dakika süre ile fiksaj işlemi uygulanmıştır. Hazırlanan birinci katman üzerine aynı işlemler uygulanarak (0,3 mm silindir rakle arası mesafe, 100°C'de 7 dakika kurutma, 500 kg/cm barda ve 3 m/dk hızda kalender ve 150°C 4 dakika fikse) ikinci katman kaplanmıştır.



(a)



(b)

Şekil 3.2. (a) Ataç GK40 RKL laboratuvar tipi kaplama makinesi, (b) Polteks marka kalandır makinası

Dolgu malzemelerinden Silisyum dioksit (SiO_2), Baryum sülfat ($BaSO_4$), Çinko oksit (ZnO), Alüminyum oksit (Al_2O_3) için 50, 100, 150 g/kg konsantrasyon ve Al tozu için 50, 75, 100 g/kg konsantrasyon değerlerinde üç kumaş kaplanmış olup bu kumaşlara test ve ölçümler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda çok katmanlı kaplama için birinci katman Alüminyum tozu 50 g/kg ve ikinci katman Çinko oksit (ZnO) 50, 100, ve 150 g/kg konsantrasyon değerinde üç kumaş kaplanmıştır. Kaplanan numunelere test ve ölçümler uygulanmıştır.

3.2.4. Kumaşlara aktarılan madde miktarının hesaplanması

Kurutma işlemi sonrası su buharlaştığı için kumaş üzerinde sadece aktarılan madde kalacaktır. Kumaşa aktarılan madde miktarı (3.1)'deki denkleme göre hesaplanır.

$$Kz = Ky - Kx \tag{3.1}$$

K_x: Zemin kumaşı gramajı (g/m^2)

K_y: Kaplanmış kumaş gramajı (g/m^2)

K_z: Zemin kumaşına aktarılan kaplama maddesi miktarı (g/m^2)

3.2.5. Kumaşların kalınlık ve birim alan ağırlığı ölçümü

Zemin kumaşı ve kaplamalı kumaş numunelerinin kalınlık ölçümleri Şekil 3.3'de gösterilen James Heal firmasının R&B Cloth Thickness Tester cihazı ölçülmüştür. Yapılan ölçüm TS 7128 EN ISO 5084 standardına uygun olacak şekilde

gerçekleştirilmiştir. Ölçüm işlemi için sırasıyla; cihaz kalibre edilir, ardından ölçüm yapılacak numune cihazda bulunan sabit dairesel şeklindeki ayak ve hareketli ayak arasında sabit basınç ile sıkıştırılır. Numune kumaşların kalınlık ölçümleri için dairesel baskı ayağının basıncı 10 g/cm^2 olarak ayarlanmıştır. Numune üzerine yük uygulandığı esnada analog gösterge üzerinden kalınlık değeri milimetre olarak alınmıştır. Her numune için üç ölçüm yapılmıştır. Yapılan ölçümlerin ortalaması alınarak ortalama kalınlık değeri tespit edilmiştir.

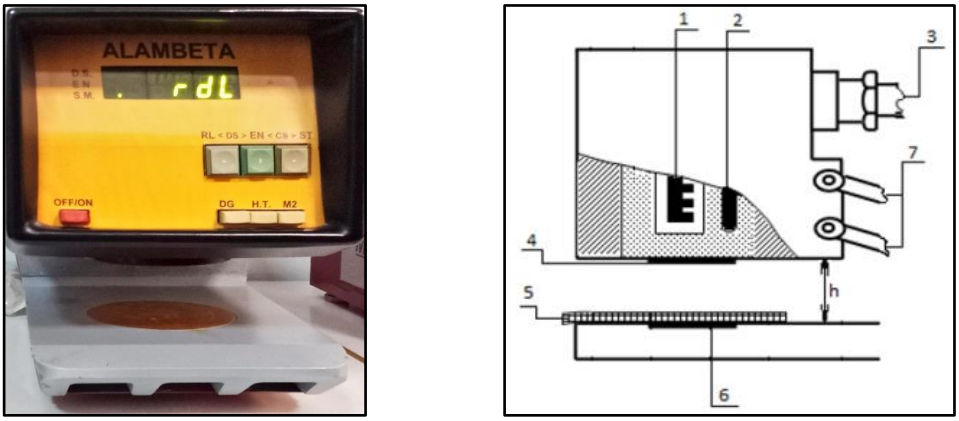


Şekil 3.3. Kalınlık ölçüm cihazı

Kumaşların birim alan ağırlığı (g/m2) ölçümleri TS 251 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Kumaş numune kesme şablonu ile kesilen daire şeklindeki numunelerin alanı 10,83 cm^2 olup bu alana düşen gram cinsinden ağırlıkları hassas terazi ile ölçülmüştür. Ölçüm sonucu elde edilen değer 10000 katsayısı ile çarpılarak doğrudan g/m^2 birim cinsinden alan ağırlığı ölçülmektedir. Her malzeme ve konsantrasyon için üç numuneden ölçüm alınmış olup bu ölçüm sonuçlarının ortalaması hesaplanmıştır.

3.2.6. Kumaşların ısıl iletim ve ısıl direnç katsayısı ölçümü

Kaplanmış numunelerin ısıl özelliklerinin ölçülmesi için bu tez çalışmasında Şekil 3.4'de gösterilen Alambeta test cihazı kullanılmıştır.



(a) **(b)**

Şekil 3.4. Alambeta test cihazı (a) ve kesit şekli (b) (1: ısıtıcı, 2: termometre, 3: bağlantı borusu, 4: ölçüm kafası, 5: numune, 6: oda koşullarındaki metal taban, 7: kafa hareketini sağlayan mekanizma, h: üst ve alt taban arasındaki mesafe

Alambeta cihazı çalışma prensibi sırasıyla; cihaz açılır (on/off), cihaz ısınması için 10 dk beklenir, cihaz ölçüm durumuna geçtikten sonra cihaz kalibrasyonu için Alembeta cihazı doğrulama parçası metal taban (6) yerleştirilir, ST tuşuna basılarak ölçüm kafası aşağıya (4) indirilir. Ölçüm tamamlandıktan sonra ölçüm kafası ilk konumuna gelir ve ekranda okunan ısıl iletkenlik değeri (λ) 34±0,5 W/mK aralıkta ise doğrulama işlemi tamamlanır. Kaplanmış numuneler doğrulama sonrası metal taban (6) yerleştirilerek, ST tuşuna basılarak ölçüm kafası (4) aşağı indirilir ve ölçüm sonrası değer ekrandan okunur. Cihazda yapılan ölçümler arasında en az 30 saniye beklenmelidir. Alambeta cihazından çeşitli parametre değerleri sağlanmaktadır. Numunelerin ısıl özellikleri TS EN ISO 11092 standardı esas alınarak ölçülmüştür.

Bu tez çalışmasında bu parametre değerlerinden ısıl iletkenlik (λ) ve ısıl direnç (r) değerleri Alambeta cihazı ile ölçülmüştür.

- Isıl iletkenlik katsayısı (λ): Genel olarak bir malzemenin ısı iletme kabiliyeti olarak açıklanır. Numuneden birim kalınlıkta, 1°K sıcaklık farkında birim alandan geçen ısı miktarıdır ve denklem (3.2) belirtilen formül ile hesaplanır. Formülde gösterilen semboller; Q: ısı transferini, S: yüzey alanı, Δt: sıcaklık farkı ve h: numune kalınlığını ifade etmektedir.

$$\lambda\ (\mathrm{W/mK}) = \frac{\mathrm{Q}}{S\ \frac{\Delta \mathrm{t}}{\mathrm{h}}} \tag{3.2}$$

- Isıl direnç katsayısı (r): Numunenin ısı akışına dayanımıdır. Isıl direnç birim kalınlıkta numunede birim zamanda geçen birim ısı enerjisi akışında, birim alanına oluşan sıcaklık farkı olarak açıklanır. Malzeme kalınlığı arttıkça ısıl direnç değeri artar (Matusiak 2006).

$$\mathrm{r}\ (m^2\mathrm{K/W}) = \frac{\mathrm{h}}{\lambda} \tag{3.3}$$

3.2.7. Kumaşların solar özelliklerinin ölçümü

Kaplamalı ve kaplamasız numunelerin solar davranışlarının incelenmesinde Şekil 3.5'te gösterilen EN 14500:2008 standardına göre çalışan Shimadzu (Japonya) firmasına ait UV-3600 Plus model spektrofotometre cihazı kullanılmıştır. Cihazda bulunan dedektörler; ultraviyole ve görünür bölgede PMT (photomultiplier tube), yakın kızılötesi bölgede ise InGaAs ve soğutmalı PbS şeklindedir. Kumaş numunelerinin cihaz içerisine yerleştirilmesi için Şekil 3.6'de gösterilen ISR 603 Integrating Sphere adlı ilave parçaya gerek duyulmaktadır. Elde edilmek istenen sonuçlara göre numune cihaz içerisine yerleştirilmektedir.



Şekil 3.5. Shimadzu UV-3600 Plus Spektrofotometre



Şekil 3.6. ISR 603 Integrating Sphere ekipmanı

UV-VIS-NIR spektrofotometre 280-2500 nm dalga boyu aralığında 5 nm örnekleme mesafesi seçilerek taranmıştır. Cihazı çalıştırdıktan sonra ölçüm yapılması düşünülen özelliğe göre (yansıtma veya geçirgenlik) doğrulama (base-line) ölçümü alınmıştır. Cihazdan elde edilen veriler doğrultusunda tüm numuneler için geçirgenlik ve yansıtma değerleri (%) ve 280-2500 nm dalga boyu aralığında çizilen grafikler elde edilir. Ayrıca tüm numuneler için yapılan ölçüm sonuçları EN 410 standardına göre çalışan bir Excel programı aracılığı ile anlamlı ortalama verilere dönüştürülmüştür. Hesaplama programı solar özellikleri ölçülmesinde Denklem (3.4-3.10) arasında verilen denklemler kullanılarak hesaplanma işlemini yapmaktadır.

$$\mathrm{Tv}(\%) = \frac{\sum_{\lambda=380}^{780} D\lambda\tau(\lambda)V(\lambda)\Delta\lambda}{\sum_{\lambda=380}^{780} D\lambda V(\lambda)\Delta\lambda} \tag{3.4}$$

$$\mathrm{Rv}(\%) = \frac{\sum_{\lambda=380}^{780} D\lambda\rho(\lambda)V(\lambda)\Delta\lambda}{\sum_{\lambda=380}^{780} D\lambda V(\lambda)\Delta\lambda} \tag{3.5}$$

$$\mathrm{Ts}(\%) = \frac{\sum_{\lambda=300}^{2500} S\lambda\tau(\lambda)\Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300}^{2500} S\lambda\Delta\lambda} \tag{3.6}$$

$$\mathrm{Rs}(\%) = \frac{\sum_{\lambda=300}^{2500} S\lambda\rho(\lambda)\Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300}^{2500} S\lambda\Delta\lambda} \tag{3.7}$$

$$As(\%) = 1 - (\mathrm{Ts} + \mathrm{Rs}) \tag{3.8}$$

$$Tuv(\%) = \frac{\sum_{\lambda=280}^{380} U\lambda\tau(\lambda)\Delta\lambda}{\sum_{\lambda=280}^{380} U\lambda\Delta\lambda} \tag{3.9}$$

$$RNIR(\%) = \frac{\sum_{\lambda=800}^{2500} D\lambda\rho(\lambda)V(\lambda)\Delta\lambda}{\sum_{\lambda=800}^{2500} D\lambda V(\lambda)\Delta\lambda} \quad (3.10)$$

Denklemlerde verilen, Dλ; D65 ışığının bağıl spektral dağılımıdır, τ(λ); malzemenin spektral geçirgenliği, V(λ); fotopik görme için spektral aydınlatma verimi, Δλ; dalga boyu aralığı, ρ(λ); malzemenin spektral yansıması, Sλ; güneş ışımasının bağıl spektral dağılımı ve Uλ; küresel güneş ışımasının ultraviole bölgesinin bağıl dağılımıdır (Yıldırım, Kanber, Karahan ve Karahan 2018).

3.2.8. İstatiksel analiz

Çalışmalar sonucunda elde edilen ölçümler IBM SPSS Statistics 23 programı ile değerlendirilmiştir. Silisyum dioksit (SiO_2), Baryum sülfat ($BaSO_4$) ve Çinko oksit (ZnO), Alüminyum oksit (Al_2O_3) ve Alüminyum tozu (Al) dolgu malzemeleri için konsantrasyonun numunelerin birim alan ağırlığı, aktarılan madde miktarı ve kalınlık gibi fiziksel özellikler, ısıl iletkenlik, termal direnç gibi termal özellikler ve solar özellikleri üzerine etkilerini belirlemek için tek yönlü ANOVA uygulanmıştır. Anlamlılık seviyeleri Student- Newman- Kuels (SNK) testi ile karşılaştırılmış. Anlamlılık seviyesi (α) 0,05 olarak seçilmiştir. Ortalama değerlere göre etki derecesi belirlenmiştir. Etki dereceleri arasında önemli derece farklılıklar olduğunu ifade etmek için farklı harfler kullanılmıştır.

Tek faktörlü(yönlü) varyans analizin yapısal modeli bir gözlem için;

Xab =μ + Aa + Ɛab

Xab: A faktörünün a'ıncı seviyesinde b'inci gözlem

μ: Faktörün bütün seviyelerinde ortak etki

Ai: Faktörün a'inci seviyede etkisi

Ɛab: A faktörünün a'ıncı seviyede b'inci gözlemde bulunan tesadüfi hata

Çizelge 3.7. Farklı dolgu malzemeleri ile kaplanmış kumaşlara uygulanan istatiksel analize ait hipotez

Değişken 1 (birim ağırlık, aktarılan madde miktarı, kalınlık, termal veya solar özellikler)		
Faktör	**H_0**	**H_A**
Konsantrasyon	Konsantrasyonun Değişken 1'e etkisi yoktur	Konsantrasyonun Değişken 1'e etkisi vardır
Dolgu maddesi türü	Dolgu maddesi türünün Değişken 1'e etkisi yoktur	Dolgu maddesi türünün Değişken 1'e etkisi vardır

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1.Benzer Tanecik Boyutunda Farklı Tür ve Konsantrasyondaki Dolgu Malzemeleri ile Kaplanmış Kumaşlara Ait Sonuçlar

Dolgu malzemelerinden; silisyum dioksit, baryum sülfat, çinko oksit ve alüminyum oksit malzemelerinin farklı konsantrasyonları (50,100,150 g/kg) ile yapılan çalışmalara ait sonuçlar bu bölümde verilmiştir.

4.1.1. Birim alan ağırlığı sonuçları

Silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit malzemelerinin farklı konsantrasyon (50, 100, 150 g/kg) değerlerinde kaplanan kumaş numunelerine ait ortalama birim alan ağırlığı (g/m^2) sonuçları Çizelge 4.1'de görülmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde dolgu maddesi konsantrasyonu artıkça numunelerin birim alan ağırlık değeri artış göstermiştir.

Dolgu malzemelerinin minimum konsantrasyon değeri (50 g/kg) ile maksimum konsantrasyon değeri (150 g/kg) arasında birim alan ağırlık artış oranlarının silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit için sırayla; %13,33, %12,84 ve %12,82 olduğu görülmektedir.

Dolgu malzemelerinin maksimum konsantrasyonları ile kaplı numunelerinin kör kaplamaya kıyasla birim alan ağırlık artış oranlarının silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit için sırasıyla; %25,97, %29,68 ve %26,79 olduğu görülmektedir.

Dolgu malzemelerinin maksimum konsantrasyonları ile kaplı numunelerinin zemin kumaşına kıyasla birim alan ağırlık artış oranlarının silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit için sırasıyla; %92,45, %98,12 ve %94,29 olduğu görülmektedir.

Bu sonuçlar, gerek minimum ve gerekse maksimum konsantrasyonlarda $BaSO_4$'ın en yüksek, SiO_2'in de en düşük ağırlık artış oranına yol açtığını göstermektedir. SiO_2, $BaSO_4$ ve Al_2O_3'in özgül ağırlıkları sırayla; 2,33, 4,5, 3,94 g/cm^3 olup, bu farkların dolgu maddelerinin özgül ağırlıkları ilgili olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.1. Silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit malzemelerinin farklı konsantrasyon değerlerinde kaplanan kumaşların birim alan ağırlığı sonuçları

Birim alan ağırlığı (g/m²)						
Numune	Dolgu malzemesi konsantrasyonu (g/kg)					
	50		100		150	
	Ortalama	SS	Ortalama	SS	Ortalama	SS
Silisyum dioksit	277,01	4,36	292,39	5,33	313,94	6,52
Baryum sülfat	286,41	6,16	304,70	4,35	323,18	6,53
Alüminyum oksit	280,08	5,33	294,45	3,53	315,99	3,78
Kör kaplama	249,22 (0,4 mm kaplama kalınlığı)					1,82
Zemin kumaşı	163,12					

Baryum sülfat, alüminyum oksit ve silisyum dioksite ait ortalama birim alan ağırlığı değerlerinin (323,18, 315,99, 313,94 g/kg) malzeme yoğunlukları (4,5, 3,94, 2,33 g/cm$^{3)}$ ile paralellik gösterdiği ortaya çıkmaktadır.

4.1.2. Aktarılan madde miktarı sonuçları

Dolgu malzemesi olarak kullanılan; silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit malzemelerinin farklı konsantrasyon (50, 100, 150 g/kg) değerlerinde kaplanan kumaş numunelerine ait ortalama aktarılan madde miktarı sonuçları Çizelge 4.2'de gözlenmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde dolgu maddesi konsantrasyonu artıkça numunelere aktarılan madde miktarı değerin artış göstermektedir.

Minimum konsantrasyon değerinden maksimum konsantrasyon değerine geçişte silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit dolgu malzemeleri için aktarılan madde miktarı oranlarındaki artış sırasıyla; %34,42, %30,26 ve %30,70 olduğu ve bu oranlarla dolgu maddesi yoğunlukları arasında bir paralellik durumunun söz konusu olduğu ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 4.2. Silisyum dioksit, baryum sülfat ve çinko oksit malzemelerinin farklı konsantrasyon değerlerinde kaplanan kumaş numunelerine ait ortalama aktarılan madde miktarı sonuçları

Aktarılan madde miktarı (g/m²)						
Numune	Dolgu malzemesi konsantrasyonu (g/kg)					
	50		100		150	
	Ortalama	SS	Ortalama	SS	Ortalama	SS
Silisyum dioksit	113,89	3,86	129,27	4,52	150,82	5,34
Baryum sülfat	123,29	5,33	141,58	5,33	160,06	4,35
Alüminyum oksit	116,96	4,35	131,33	4,36	152,87	6,41
Kör kaplama	86,1 (0,4 mm kaplama kalınlığı)					3,93

4.1.3. Kalınlık sonuçları

Silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit dolgu malzemelerinin farklı konsantrasyon (50, 100, 150 g/kg) değerlerinde kaplanan kumaş numunelerine ait ortalama kalınlık sonuçları Çizelge 4.3'de verilmiştir. Kör kaplamaya göre 150 (g/kg) konsantrasyon değerinde olan silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit kaplama kalınlığındaki artış oranının sırasıyla; %29,62, %14,81 ve %33,33 olduğu görülmektedir.

Aynı konsantrasyonda farklı dolgu malzemeleri ile kaplanan kumaşların ortalama kalınlık değerlerinin birbirine oldukça yakın olmasının dolgu malzemelerinin aynı tanecik boyutunda olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Dolgu malzemelerinin aynı tanecik boyutunda olması nedeniyle benzer kaplama kalınlık sonuçları gözlenmektedir.

Çizelge 4.3. Silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit malzemelerinin farklı konsantrasyon değerlerinde kaplanan kumaş numunelerine ait ortalama kumaş kalınlığı sonuçları

Kumaş kalınlığı sonuçları (mm)						
Numune	**Dolgu malzemesi konsantrasyonu (g/kg)**					
	50		**100**		**150**	
	Ortalama	**SS**	**Ortalama**	**SS**	**Ortalama**	**SS**
Silisyum dioksit	0,28	0,01	0,31	0,01	0,35	0,01
Baryum sülfat	0,27	0,01	0,28	0,01	0,31	0,01
Alüminyum oksit	0,31	0,01	0,35	0,01	0,36	0,00
Kör kaplama	0,27 (0,4 mm kaplama kalınlığı)					0,01

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit dolgu malzemeleri ile kaplanmış numunelerin birim alan ağırlığı, aktarılan madde miktarı ve kumaş kalınlığı değerleri üzerinde 0,05 anlamlılık seviyesinde etkisi olduğu Çizelge 4.4'te görülmektedir. Bu durumda, Çizelge 3.7'da verilen alternatif hipotezlerden konsantrasyonun değişkenler üzerinde etkisi olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 4.4. Silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit malzemeleri ile kaplanan kumaş numunelerine ait birim alan ağırlığı, aktarılan madde miktarı ve kalınlık verileri için istatiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları

Faktör		Birim alan ağırlığı (g/m^2)		Aktarılan madde miktarı (g/m^2)		Kalınlık (mm)	
Silisyum dioksit							
Konsantrasyon	R	0,00*	249,22 a	0,00*	86,1 a	0,00*	0,27 A
	50		277,01 b		113,89 b		0,28 A
	100		292,39 c		129,27 c		0,31 B
	150		313,94 d		150,82 d		0,35 C
Baryum sülfat							
Konsantrasyon	R	0,00*	249,22 a	0,00*	86,1 a	0,00*	0,27 A
	50		286,41 b		123,26 b		0,27 A
	100		304,70 c		141,58 c		0,28 B
	150		323,18 d		160,06 d		0,31 C
Alüminyum oksit							
Konsantrasyon	R	0,00*	249,22 a	0,00*	86,1 a	0,00*	0,27 A
	50		280,08 b		116,96 b		0,31 B
	100		294,45 c		131,33 b		0,35 C
	150		315,99 d		152,87 d		0,36 D

(a), (b), (c), (d) SNK testine göre istatiksel farklılıkları göstermektedir,
*%5 anlamlılık seviyesi

4.1.4. Isıl iletim ve ısıl direnç katsayısı ölçümü sonuçları

Farklı konsantrasyon (50, 100, 150 g/kg) değerlerinde silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit dolgu malzemeleri ile kaplanmış kumaşlara ait ısıl iletkenlik katsayısı Çizelge 4.5'te ve ısıl direnç katsayısı değerleri de Çizelge 4.6'da görülmektedir. Dolgu malzemelerinin artan konsantrasyon değerleri ile ısıl iletkenlik ve ısıl direnç katsayılarında artış gözlenmektedir.

Dolgu malzemelerinin minimum konsantrasyon değeri (50 g/kg) ile maksimum konsantrasyon değeri (150 g/kg) arasında ısıl iletkenlik katsayılarındaki artış oranlarının

silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit için sırasıyla; %21,71, %10,58 ve %14,56 olduğu görülmektedir.

Dolgu malzemelerinin maksimum konsantrasyonları ile kaplı numunelerinin kör kaplamaya kıyasla ısıl iletkenlik katsayılarındaki artış oranlarının silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit için sırasıyla; %16,88, %11,08 ve %13,55 olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.5. Silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit malzemeleri ile kaplanan kumaş numunelerine ait ısıl iletkenlik katsayıları sonuçları

λ (W/mK.10^{-3})						
Numune	**Dolgu malzemesi konsantrasyonu (g/kg)**					
	50		**100**		**150**	
	Ortalama	**SS**	**Ortalama**	**SS**	**Ortalama**	**SS**
Silisyum dioksit	40,40	0,50	45,00	1,1	49,17	1,82
Baryum sülfat	42,26	0,47	43,90	1,25	46,73	1,59
Alüminyum oksit	41,70	0,89	45,60	0,89	47,77	0,55
Kör kaplama	42,07 (0,4 mm kaplama kalınlığı)					

Dolgu malzemelerinin minimum konsantrasyon değeri (50 g/kg) ile maksimum konsantrasyon değeri (150 g/kg) arasında ısıl direnç katsayılarındaki artış oranlarının silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit için sırasıyla; %2,77, %6,21 ve %7,23 olduğu görülmektedir.

Dolgu malzemelerinin maksimum konsantrasyonları ile kaplı numunelerinin kör kaplamaya kıyasla ısıl direnç katsayılarındaki artış oranlarının silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit için sırasıyla; %3,27, %1,00 ve %14,26 olduğu görülmektedir.

Isı yalıtımında iyileşme olması için ısıl iletkenlik değerlerinde anlamlı bir düşüş; ısıl direnç değerlerinde ise anlamlı bir artışın olması gerekmektedir. Elde edilen ısıl iletkenlik sonuçları yapılan her üç dolgu maddesinin de ısı iletim katsayısının düşüşüne bir katkı sağlamadığını, tersine ısı iletimini bir küçük bir miktarda da olsa artırdığını göstermektedir. Buna karşılık, Çizelge 4.6'daki ısıl direnç (r) değerleri, dolgu maddesi konsantrasyonuna bağlı olarak ısı yalıtım etkisinde küçük de olsa bir artışın meydana geldiğini göstermektedir. Isıl direnç kumaş kalınlığı ile ilgili bir büyüklük olduğundan bu

durumun malzeme konsantrasyonuna bağlı olarak kaplanmış kumaş kalınlığında meydana gelen artıştan kaynaklandığına işaret temektedir.

Çizelge 4.6. Silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit malzemeleri ile kaplanan kumaş numunelerine ait ısıl direnç katsayıları sonuçları

r (m^2K/W)						
Numune	**Dolgu malzemesi konsantrasyonu (g/kg)**					
	50		**100**		**150**	
	Ortalama	**SS**	**Ortalama**	**SS**	**Ortalama**	**SS**
Silisyum dioksit	6,13	0,12	6,20	0,26	6,3	0,50
Baryum sülfat	5,80	0,17	5,97	0,10	6,16	0,35
Alüminyum oksit	6,50	0,25	6,80	0,57	6,97	0,12
Kör kaplama	6,10 (0,4 mm kaplama kalınlığı)					

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit dolgu malzemeleri ile kaplanmış numunelerin ısıl iletkenlik ve ısıl direnç katsayıları üzerinde 0,05 seviyesinde anlamlılık etkisi olduğu Çizelge 4.7'de görülmektedir.

Çizelge 4.7. Silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit malzemeleri ile kaplanan kumaş numunelerine ait ısıl iletkenlik ve ısıl direnç katsayı verileri için istatiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları

Faktör		**λ ($W/mK.10^{-3}$)**		**r (m^2K/W)**	
Silisyum dioksit					
Konsantrasyon	R	0,00*	42,07 a	0,00*	6,10 a
	50		40,40 a		6,13 a
	100		45,00 b		6,2 b
	150		49,17 c		6,3 c
Baryum sülfat					
Konsantrasyon	R	0,00*	42,07 a	0,00*	6,10 b
	50		42,26 a		5,80 a
	100		43,90 a		5,97 a
	150		46,73 b		6,16 b

Çizelge 4.7. Silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit malzemeleri ile kaplanan kumaş numunelerine ait ısıl iletkenlik ve ısıl direnç katsayı verileri için istatiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları (devam)

Alüminyum oksit					
Konsantrasyon	R	0,00*	42,07 a	0,00*	6,10 a
	50		41,70 a		6,50 b
	100		45,60 b		6,80 c
	150		47,77 c		6,97 c

(a), (b), (c), (d) SNK testine göre istatiksel farklılıkları göstermektedir,
*%5 anlamlılık seviyesi

4.1.5. Solar ölçüm sonuçları

Dolgu malzemesi olarak kullanılan benzer tanecik boyutuna sahip; silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit malzemelerinin farklı konsantrasyon (50, 100, 150 g/kg) değerlerinde kaplanan kumaş numunelerine ait transmitans, reflektans ve absorbans değerleri Çizelge 4.8'de görülmektedir.

Silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit dolgu malzemelerinin farklı konsantrasyonları (50, 100, 150 g/kg) ile kaplanan kumaş numunelerinin solar özellikleri incelendiğinde artan konsantrasyonla doğru orantılı olarak geçirgenlik değerleri (T_{UV}, T_V, T_S) azalırken, reflektans değerleri (R_V, R_S, R_{NIR}) ve solar absorbans (A_S) değerleri artan konsantrasyonla doğru orantılı olarak artış göstermektedir.

Konsantrasyon değeri 50 g/kg'dan 150 g/kg'a çıktığında;

- Silisyum dioksit ile kaplı numunelerin T_{UV} değeri %7,15'ten %34,12 oranında bir azalma ile %4,71'e düşmüştür. T_V ve T_S değerleri ise sırasıyla; %20,19 ve %20,98 oranlarında azalarak %28,93 ve %28,81 değerine düşmüştür. R_V, R_S ve R_{NIR} değerleri sırasıyla; %7,04, %8,69 ve %12,26 oranında artış göstererek %58,39, %54,79 ve %54,56 değerine yükselmiştir. Solar absorbans (A_S) değerleri ise %22,69 oranında artarak %16,41 değerine yükselmiştir.

- Baryum sülfat ile kaplı numunelerin T_{UV} değeri %6,41'den %49,92 oranında bir azalma ile %3,21'e düşmüştür. T_V ve T_S değerleri ise sırasıyla; %29,49 ve %28,74 oranlarında azalarak %24,89 ve %25,29 değerine düşmüştür. R_V, R_S ve R_{NIR} değerleri sırasıyla; %12, %14,74 ve %20,15 oranında artış göstererek %62,60, %59,22 ve %60,26 değerine yükselmiştir. Solar absorbans (A_S) değerleri ise %20,08 oranında artarak %15,49 değerine yükselmiştir.

- Alüminyum oksit ile kaplı numunelerin T_{UV} değeri %6,99'dan %27,90 oranında bir azalma ile %5,04'e düşmüştür. T_V ve T_S değerleri ise sırasıyla; %19,56 ve %21,80 oranlarında azalarak %27,30 ve %27,01 değerine düşmüştür. R_V, R_S ve R_{NIR} değerleri sırasıyla; %12,79, %13,89 ve %14,23 oranında artış göstererek %65,26, %61,42 ve %58,60 değerine yükselmiştir. Solar absorbans (A_S) değerleri ise %20,94 oranında artarak %15,90 değerine yükselmiştir.

- Maksimum dolgu konsantrasyonunda (150 g/kg) silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit numuneleri kör kaplama ile kıyaslandığında T_{UV} değeri sırasıyla; %32,13, %53,75 ve %37,70 oranında, T_V değeri sırasıyla; %18,37, %29,77 ve %22,97 oranında ve T_S değeri sırasıyla; %18,63, % 28,58 ve %23,72 oranında azılmıştır.

- Maksimum dolgu konsantrasyonunda (150 g/kg) silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit numuneleri kör kaplama ile kıyaslandığında R_V değeri sırasıyla; %1,90, %8,47 ve %12,20 oranında, R_S değeri sırasıyla; %2,83, %10,10 ve %13,32 oranında, R_{NIR} değeri sırasıyla; %6,06, %17,14 ve %12,22 değerinde artış göstermiştir.

- Farklı dolgu malzemelerinin; silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksitin maksimum konsantrasyon değerinde T_{UV} değerleri sırasıyla; %4,71, %3,21 ve %5,04 olduğu görülmektedir. Bu değerlerden en yüksek T_{UV} değerlerine sahip olan malzemenin alüminyum dioksit olduğu görülmektedir. Silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksitin maksimum konsantrasyon değerinde T_V ve T_S değerlerinin sırasıyla; 28,93, 24,89, 27,30 ve 28,81, 25,29 ve 27,01

olduğu görülmektedir. Bu değerlerden en yüksek T_V ve T_S değerlerine sahip olan malzemenin silisyum dioksit olduğu görülmektedir. Solar geçirgenlik değerinin en yüksek olduğu malzemenin silisyum dioksit olduğu görülmektedir.

- Farklı dolgu malzemelerinin; silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksitin maksimum konsantrasyon değerinde solar yansıtma değerleri olan; R_V (%58,39, %62,60, %65,26), R_S (%54,79, %59,22, %61,42) ve R_{NIR} (%54,56, %60,26, %58,60) sonuçları incelendiğinde en yüksek R_{NIR} değerine sahip olan malzemenin baryum sülfat olduğu görülmektedir. R_V ve R_S değerlerinin en yüksek olduğu malzemenin ise alüminyum oksit olduğu görülmektedir.

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit dolgu malzemeleri ile kaplanmış numunelerin solar ölçüm verileri üzerinde 0,05 seviyesinde konsantrasyonun anlamlı etkisinin olduğu Çizelge 4.9'da görülmektedir.

Çizelge 4.8. Silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit ile kaplanmış kumaşların solar ölçüm sonuçları

Dolgu	Konsantrasyon (g/kg)	T_{UV}		T_V		T_S		R_V		R_S		R_{NIR}		A_S	
		Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS
SiO_2	50	7,15	0,18	36,25	0,69	36,46	0,70	54,55	0,46	50,41	0,62	48,60	0,68	13,13	0,30
	100	5,81	0,19	31,12	0,17	32,06	0,23	57,75	0,24	54,10	0,26	53,25	0,23	13,84	0,04
	150	4,71	0,06	28,93	0,26	28,81	0,28	58,39	0,83	54,79	0,87	54,56	0,92	16,41	0,85
$BaSO_4$	50	6,41	1,13	35,3	0,28	35,49	0,26	55,89	0,07	51,61	0,10	50,15	0,14	12,9	0,35
	100	4,62	0,89	29,47	0,09	29,67	0,09	59,60	0,18	55,65	0,14	55,52	0,80	14,68	0,22
	150	3,21	0,17	24,89	0,56	25,29	0,56	62,60	0,66	59,22	0,78	60,26	0,80	15,49	0,61
Al_2O_3	50	6,99	0,17	33,94	0,23	34,54	0,22	56,91	0,19	52,89	0,21	50,26	0,27	12,57	0,04
	100	5,06	0,07	27,39	0,17	27,90	0,16	60,12	0,05	56,70	0,03	54,93	0,61	15,40	0,16
	150	5,04	0,03	27,30	0,02	27,01	0,73	65,26	0,44	61,42	0,40	58,60	0,38	15,90	0,66
Kör Kaplama (0,4 mm kaplama kalınlığı)		6,94	0,13	35,44	0,60	35,41	0,13	57,30	0,29	53,24	0,36	51,44	0,28	11,60	0,55

Çizelge 4.9. Silisyum dioksit, baryum sülfat ve alüminyum oksit ile kaplanmış kumaşların solar ölçüm verileri için istatiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları

Faktör		T_{UV}		T_V		T_S		R_V		R_S		R_{NIR}		As	
Silisyum dioksit															
Konsantrasyon	R	**0,00***	6,94 c	**0,00***	35,44 c	**0,00***	35,41 c	**0,00***	57,30 b	**0,00***	53,24 b	**0,00***	51,44 b	**0,00***	11,60 a
	50		7,15 c		36,25 c		36,46 d		54,55 a		50,41 a		48,60 a		13,13 b
	100		5,81 b		31,12 b		32,06 b		57,75 b		54,10 b,c		53,25 c		13,84 b
	150		4,71 a		28,93 a		28,71 a		58,39 b		54,79 c		54,56 d		16,41 c
Baryum sülfat															
Konsantrasyon	R	**0,00***	6,94 d	**0,00***	35,44 c	**0,00***	35,41 c	**0,00***	57,30 a	**0,00***	53,24 b	**0,00***	51,44 b	**0,00***	11,60 a
	50		6,41 c		35,30 c		35,49 c		55,89 a		51,61 a		50,15 a		12,90 b
	100		4,62 b		29,47 b		29,67 b		59,60 c		55,65 c		55,52 c		14,68 c
	150		3,21 a		24,89 a		25,29 a		62,60 d		59,22 d		60,26 d		15,49 c
Alüminyum oksit															
Konsantrasyon	R	**0,00***	6,94 b	**0,00***	35,44 b	**0,00***	35,41 c	**0,00***	57,30 a	**0,00***	53,24 b	**0,00***	51,44 b	**0,00***	11,60 a
	50		6,99 b		33,94 b		34,54 b		56,91 a		52,89 a		50,26 a		12,57 b
	100		5,06 a		27,39 a		27,90 a		60,12 b		56,70 c		54,93 c		15,40 c
	150		5,04 a		27,30 a		27,01 a		65,26 d		61,42 d		58,60 d		15,90 d

(a), (b), (c), (d) SNK testine göre istatiksel farklılıkları göstermektedir,
*%5 anlamlılık seviyesi

4.2.Alüminyum Tozu ve Çinko Oksit ile Tek ve Çift Katmanlı Olarak Kaplanmış Kumaşlara Ait Sonuçlar

Dolgu malzemelerinden; alüminyum tozunun farklı konsantrasyonları (50, 75, 100 g/kg) ve çinko oksit malzemesinin farklı konsantrasyonları (50, 100, 150 g/kg) ile yapılan çalışmalar ile bu dolgu maddelerinin kombinasyonu ile yapılan çift katmanlı kaplamalara ait sonuçlar bu bölümde verilmiştir.

Tek katmanlı kaplamalardan elde edilen sonuçlar doğrultusunda çok katmanlı kaplamalar, birinci katman sabit konsantrasyonda alüminyum tozu (50 g/kg); ikinci katman ise farklı konsantrasyonlarında (50, 100, 150 g/kg) çinko oksit malzeme kullanılarak yapılan kaplama çalışmalarını kapsamaktadır.

4.2.1. Birim alan ağırlığı sonuçları

Dolgu malzemesi olarak kullanılan; alüminyum tozunun farklı konsantrasyonları (50, 75, 100 g/kg) ve çinko oksit malzemesinin farklı konsantrasyonları (50, 100, 150 g/kg) ile kaplanan kumaş numunelerine ait ortalama birim alan ağırlığı sonuçları Çizelge 4.10 ve 4.11'de görülmektedir.

Alüminyum tozu malzemesinin minimum konsantrasyon değeri (50 g/kg) ile maksimum konsantrasyon değeri (100 g/kg) arasında birim alan ağırlık artış oranı %3,34 olduğu görülmektedir.

Alüminyum tozunun maksimum konsantrasyonu ile kaplı numunelerinin kör kaplamaya kıyasla birim alan ağırlık artış oranı %12,33 olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.10. Alüminyum tozu ile farklı konsantrasyonlarda kaplanan kumaşların ortalama birim alan ağırlığı sonuçları

Birim alan ağırlığı (g/m^2)						
Numune	**Dolgu malzemesi konsantrasyonu (g/kg)**					
	50		**75**		**100**	
	Ortalama	**SS**	**Ortalama**	**SS**	**Ortalama**	**SS**
Alüminyum tozu	230,84	3,85	233,92	5,33	238,56	6,32
Kör kaplama	212,37 (0,3 mm kaplama kalınlığı)					0,00
Zemin kumaşı	163,12					

Çinko oksit malzemesinin minimum konsantrasyon değeri (50 g/kg) ile maksimum konsantrasyon değeri (150 g/kg) arasında birim alan ağırlık artış oranı %11,58 olduğu Çizelge 4.11'de görülmektedir.

Çinko oksit malzemesinin maksimum konsantrasyonu ile kaplı numunelerin kör kaplamaya kıyasla birim alan ağırlık artış oranının %30,90 olduğu görülmektedir.

Bu sonuçlar, gerek minimum ve gerekse maksimum konsantrasyonlarda ZnO'ın birim alan ağırlığındaki artışın alüminyum tozundan daha yüksek olduğu gözlenmektedir. ZnO, alüminyum tozunun özgül ağırlıkları sırayla; 5,10 ve 2,70 g/cm^3 olup, bu farkların dolgu maddelerinin özgül ağırlıkları ilgili olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.11. Çinko oksit malzemesinin farklı konsantrasyonlarında kaplanan kumaşların ortalama birim alan ağırlığı sonuçları

Birim alan ağırlığı (g/m^2)						
Numune	**Dolgu malzemesi konsantrasyonu (g/kg)**					
	50		**100**		**150**	
	Ortalama	**SS**	**Ortalama**	**SS**	**Ortalama**	**SS**
Çinko oksit	292,39	5,33	307,78	6,35	326,25	5,32
Kör kaplama	249,22 (0,4 mm kaplama kalınlığı)					1,82
Zemin kumaşı	163,12					

Çok katmanlı kaplamada minimum konsantrasyon değeri (50 g/kg) ile maksimum konsantrasyon değeri (150 g/kg) ile kaplanan numunelerdeki birim alan ağırlık artış oranının %12,06 olduğu Çizelge 4.12'de görülmektedir.

Çok katmanlı kaplamada maksimum konsantrasyon ile kaplı numunelerin kör kaplamaya kıyasla birim alan ağırlık artış oranının %70,87 olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.12. Çok katmanlı kaplamada çinko oksitin farklı konsantrasyonları ile kaplanan kumaşların ortalama birim alan ağırlığı sonuçları

Numune	**Birim alan ağırlığı (g/m^2)**	
	Ortalama	**SS**
Alümünyum -50 g/kg + Çinko oksit - 50 g/kg	323,17	2,17
Alümünyum -50 g/kg + Çinko oksit - 100 g/kg	350,88	5,35
Alümünyum -50 g/kg + Çinko oksit - 150 g/kg	362,16	2,25
Kör kaplama (0,3 mm kaplama kalınlığı)	212,37	0,00
Zemin kumaşı	163,12	5,33

4.2.2. Aktarılan madde miktarı sonuçları

Dolgu malzemesi olarak kullanılan; alüminyum tozunun farklı konsantrasyonları (50, 75, 100 g/kg) ve çinko oksit malzemesinin farklı konsantrasyonları (50, 100, 150 g/kg) ile kaplanan kumaş numunelerine ait ortalama aktarılan madde miktarı sonuçları Çizelge 4.13 ve 4.14'te görülmektedir.

Minimum konsantrasyon (50 g/kg) değerinden maksimum konsantrasyon (100 g/kg) değerine geçişte alüminyum tozunda aktarılan madde miktarı oranlarındaki artışın %11,40 olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.13. Alüminyum tozu ile farklı konsantrasyonlarda kaplanan kumaşların ortalama aktarılan madde miktarı sonuçları

Aktarılan madde miktarı (g/m²)						
Numune	**Dolgu malzemesi konsantrasyonu (g/kg)**					
	50		**75**		**100**	
	Ortalama	**SS**	**Ortalama**	**SS**	**Ortalama**	**SS**
Alüminyum tozu	67,72	4,35	70,79	5,33	75,44	6,02
Kör kaplama	49,25 (0,3 mm kaplama kalınlığı)					0,00

Çinko oksit dolgu malzemesinin minimum konsantrasyon (50 g/kg) değerinden maksimum konsantrasyon (150 g/kg) değeri geçişte aktarılan madde miktarı oranlarındaki artışın %26,19 olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.14. Çinko oksit ile farklı konsantrasyonlarda kaplanan kumaşların ortalama aktarılan madde miktarı sonuçları

Aktarılan madde miktarı (g/m²)						
Numune	**Dolgu malzemesi konsantrasyonu (g/kg)**					
	50		**100**		**150**	
	Ortalama	**SS**	**Ortalama**	**SS**	**Ortalama**	**SS**
Çinko oksit	129,27	3,46	144,66	5,33	163,13	4,35
Kör kaplama	86,1 (0,4 mm kaplama kalınlığı)					3,93

Çok katmanlı kaplamada, değişen çinko oksit konsantrasyon değerlerinde minimum konsantrasyon değeri (50 g/kg) ile maksimum konsantrasyon değeri (150 g/kg) arasında aktarılan madde miktarı oranındaki artışın %24,36 olduğu Çizelge 4.15'te görülmektedir.

Bu sonuçlar, gerek minimum ve gerekse maksimum konsantrasyonlarda aktarılan madde miktarının ZnO dolgu malzemesinde al tozuna göre daha yüksek olduğu görülmektedir. ZnO ve Al tozunun özgül ağırlıkları sırayla; 5,1 ve 2,70 g/cm^3 olup, bu farkların dolgu maddelerinin özgül ağırlıkları ilgili olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.15. Çok katmanlı kaplamada çinko oksitin farklı konsantrasyonları ile kaplanan kumaşların ortalama aktarılan madde miktarı sonuçları

Numune	Aktarılan madde miktarı (g/m^2)	
	Ortalama	SS
Alümünyum -50 g/kg + Çinko oksit - 50 g/kg	160,05	4,35
Alümünyum -50 g/kg + Çinko oksit - 100 g/kg	187,75	6,12
Alümünyum -50 g/kg + Çinko oksit - 150 g/kg	199,04	3,54
Kör kaplama (0,3 mm kaplama kalınlığı)	49,25	0,00

4.2.3. Kalınlık sonuçları

Alüminyum tozunun farklı konsantrasyon (50, 75, 100 g/kg) değerleri ve çinko oksitin farklı konsantrasyonları (50, 100, 150 g/kg) ile kaplanan kumaş numunelerine ait ortalama kalınlık sonuçları Çizelge 4.16 ve 4.17'de görülmektedir.

Kör kaplamaya göre 100 (g/kg) konsantrasyon değerinde alüminyum tozu ve 150 g/kg konsantrasyon değerinde çinko oksitin kaplama kalınlığında oluşturduğu artış oranlarının sırayla; %4,34 ve %11,11 olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.16. Alüminyum tozunun farklı konsantrasyon değerlerinde kaplanan kumaş numunelerine ait ortalama kumaş kalınlığı sonuçları

Kumaş kalınlığı sonuçları (mm)						
Numune	Dolgu malzemesi konsantrasyonu (g/kg)					
	50		75		100	
	Ortalama	SS	Ortalama	SS	Ortalama	SS
Alüminyum tozu	0,23	0,01	0,23	0,01	0,24	0,01
Kör kaplama	0,23 (0,3 mm kaplama kalınlığı)					0,00

Çizelge 4.17. Çinko oksitin farklı konsantrasyon değerlerinde kaplanan kumaş numunelerine ait ortalama kumaş kalınlığı sonuçları

Kumaş kalınlığı sonuçları (mm)						
Numune	Dolgu malzemesi konsantrasyonu (g/kg)					
	50		100		150	
	Ortalama	SS	Ortalama	SS	Ortalama	SS
Çinko oksit	0,27	0,01	0,28	0,1	0,30	0,01
Kör kaplama	0,27 (0,4 mm kaplama kalınlığı)					0,01

Çok katmanlı kaplamada, çinko oksit malzemenin maksimum konsantrasyonu ile kaplı numunelerinin kör kaplamaya kıyasla kaplama kalınlığındaki artış oranının %52,17 olduğu Çizelge 4.18'de görülmektedir.

Çizelge 4.18. Çok katmanlı kaplamada çinko oksitin farklı konsantrasyon değerlerinde kaplanan kumaş numunelerine ait ortalama kumaş kalınlığı sonuçları

Numune	Kumaş kalınlığı sonuçları (mm)	
	Ortalama	SS
Alümünyum -50 g/kg + Çinko oksit - 50 g/kg	0,32	0,01
Alümünyum -50 g/kg + Çinko oksit - 100 g/kg	0,34	0,00
Alümünyum -50 g/kg + Çinko oksit - 150 g/kg	0,35	0,01
Kör kaplama (0,3 mm kaplama kalınlığı)	0,23	0,00

Çok katmanlı kaplamada numune hazırlanırken her katman için kalandır ve fikse işleminin uygulanması nedeniyle kalınlık sonuçlarındaki artışın beklenen değerden az olduğu görülmektedir.

Kör kaplama, alüminyum tozu ve çok katmanlı kaplama için 0,3 mm, çinko oksit için ise 0,4 mm olarak iki farklı kalınlıkta uygulanması nedeniyle birim alan ağırlığı ve aktarılan madde miktarı değerlerinde farklılıklar görülmektedir.

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre alüminyum tozu, çinko oksit ve çok katmanlı kaplanmış numunelerin birim alan ağırlığı, aktarılan madde miktarı ve kumaş kalınlığı değeri üzerinde 0,05 anlamlılık seviyesinde etkisi olduğu Çizelge 4.19'da görülmektedir.

İstatistiksel analiz sonuçlarından alüminyum tozunun anlamlılık değeri 0,01* olduğu ve sonucun 0,05 anlamlılık seviyesinde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.19. Alüminyum tozu, çinko oksit ve çok katmanlı kaplanan kumaş numunelerine ait birim alan ağırlığı, aktarılan madde miktarı ve kalınlık verileri için istatiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları

Faktör		Birim alan ağırlığı (g/m^2)		Aktarılan madde miktarı (g/m^2)		Kalınlık (mm)	
Alüminyum tozu							
Konsantrasyon	R	0,01*	212,37 a	0,01*	49,25 a	0,01*	0,23 a
	50*		230,84 b		67,72 b		0,23 a
	75		233,92 b, c		70,79 b, c		0,23 a
	100		238,56 d		75,44 d		0,24 b

Çizelge 4.19. Alüminyum tozu, çinko oksit ve çok katmanlı kaplanan kumaş numunelerine ait birim alan ağırlığı, aktarılan madde miktarı ve kalınlık verileri için istatiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları (devam)

Çinko oksit							
Konsantrasyon	R	0,00*	249,22 a	0,00*	86,1 a	0,00*	0,27 a
	50		292,39 b		129,27 b		0,27 a
	100		307,78 c		144,66 c		0,28 a
	150		326,25 d		163,13 d		0,30 b
Alüminyum (50 g/kg)+ Çinko oksit (50, 100,150 g/kg)							
Konsantrasyon	R	0,00*	212,37 a	0,00*	49,25 a	0,00*	0,23 a
	50*		230,84 b		67,72 b		0,23 a
	50		323,17 c		160,05 c		0,32 b
	100		350,88 d		187,75 d		0,34 c
	150		362,16 d		199,04 e		0,35 c

(a), (b), (c), (d), (e) SNK testine göre istatiksel farklılıkları, R kör kaplamayı ve 50* ise alüminyum 50 g/kg göstermektedir,
*%5 anlamlılık seviyesi

4.2.4. Kumaşların ısıl iletim ve ısıl direnç katsayısı ölçümü sonuçları

Alüminyum tozunun 50, 75, 100 g/kg konsantrasyon değerlerinde ve çinko oksit dolgu malzemesinin 50, 100, 150 g/kg konsantrasyon değerlerinde kaplanmış kumaşlara ait ısıl iletkenlik katsayısı Çizelge 4.20'de ve ısıl direnç katsayıları Çizelge 4.22'de görülmektedir. Çizelgedeki sonuçlardan genel olarak dolgu malzemelerinin artan konsantrasyon değerleri ile ısıl iletkenlik ve ısıl direnç katsayılarında artış gözlenmektedir.

Alüminyum tozunun minimum konsantrasyon değeri (50 g/kg) ile maksimum konsantrasyon değeri (100 g/kg) arasında ısıl iletkenlik katsayılarındaki artış oranı %10,53 olduğu görülmektedir.

Çinko oksit dolgu malzemesinin minimum konsantrasyon değeri (50 g/kg) ile maksimum konsantrasyon değeri (150 g/kg) arasında ısıl iletkenlik katsayılarındaki artış oranı %4,76 olduğu görülmektedir.

Dolgu malzemelerinin maksimum konsantrasyonları ile kaplı numunelerinin kör kaplamaya kıyasla ısıl iletkenlik katsayılarındaki artış oranlarının alüminyum tozu ve çinko oksit için sırasıyla; %15,20 ve %5,06 olduğu görülmektedir.

Bu sonuçlar dikkate alındığında alüminyumun metal olması nedeniyle ZnO dolgu malzemesine göre kaplama sonrası ısıl iletkenlik katsayılarının daha yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.20. Alüminyum tozu ve çinko oksit malzemelerinin farklı konsantrasyonları ile kaplanan kumaş numunelerine ait ısıl iletkenlik katsayıları sonuçları

λ (W/mK.10^{-3})					
Alüminyum tozu					
50 g/kg		**75 g/kg**		**100 g/kg**	
Ortalama	**SS**	**Ortalama**	**SS**	**Ortalama**	**SS**
37,83	1,12	39,43	0,65	41,53	1,08
Kör kaplama (0,3 mm kaplama kalınlığı)					
36,05					
Çinko oksit					
50 g/kg		**100 g/kg**		**150 g/kg**	
Ortalama	**SS**	**Ortalama**	**SS**	**Ortalama**	**SS**
42,30	0,36	42,97	0,51	44,20	0,61
Kör kaplama (0,4 mm kaplama kalınlığı)					
42,07					

Çok katmanlı kaplamalarda, çinko oksit malzemenin maksimum konsantrasyonu (150 g/kg) ile kaplı numunenin kör kaplamaya kıyasla ısıl iletkenlik katsayısındaki artış oranı %45,35 olduğu görülmektedir.

Çok katmanlı kaplamalarda, minimum çinko oksit konsantrasyon değeri (50 g/kg) ile maksimum konsantrasyon değeri (150 g/kg) arasında ısıl iletkenlik katsayısı oranındaki artışın %4,11 olduğu Çizelge 4.21'de görülmektedir.

Çizelge 4.21. Çok katmanlı kaplanan kumaş numunelerine ait ısıl iletkenlik katsayıları sonuçları

Numune	**λ (W/mK.10^{-3})**	
	Ortalama	**SS**
Alümünyum -50 g/kg + Çinko oksit - 50 g/kg	50,33	0,46
Alümünyum -50 g/kg + Çinko oksit - 100 g/kg	51,73	0,67
Alümünyum -50 g/kg + Çinko oksit - 150 g/kg	52,40	0,56
Kör kaplama (0,3 mm kaplama kalınlığı)	36,05	0,21

Alüminyum tozunun konsantrasyon değerindeki artışla ısıl direnç katsayısında azalma görülmektedir. Konsantrasyon oranının artmasıyla iletkenlik katsayısında artış gözlense de kaplama kalınlığında artan konsantrasyon oranıyla belirgin bir değişim görülmemektedir. Alüminyumun metal bir malzeme olması nedeniyle kör kaplamaya kıyasla ısıl direnç katsayılarının düşük olduğu görülmektedir.

Çinko oksit dolgu malzemesinin minimum konsantrasyon değeri (50 g/kg) ile maksimum konsantrasyon değeri (150 g/kg) arasında ısıl direnç katsayılarındaki artış oranı %1,70 olduğu görülmektedir. Bu artışın beklenilenden az olmasının, artan ZnO konsantrasyonu ile kaplama kalınlığında meydana gelen artışın düşük kalmasıyla ilgi olduğu değerlendirilmektedir.

Çizelge 4.22. Alüminyum tozu ve çinko oksit malzemelerinin farklı konsantrasyonları ile kaplanan kumaş numunelerine ait ısıl direnç katsayıları sonuçları

r (m^2K/W)					
Alüminyum tozu					
50 g/kg		**75 g/kg**		**100 g/kg**	
Ortalama	**SS**	**Ortalama**	**SS**	**Ortalama**	**SS**
5,87	0,05	5,5	0,02	5,46	0,32
Kör kaplama (0,3 mm kaplama kalınlığı)					
5,80					
Çinko oksit					
50 g/kg		**100 g/kg**		**150 g/kg**	
Ortalama	**SS**	**Ortalama**	**SS**	**Ortalama**	**SS**
5,90	0,06	5,97	0,11	6,00	0,10
Kör kaplama (0,4 mm kaplama kalınlığı)					
6,10					

Çok katmanlı kaplamada, çinko oksit malzemenin maksimum konsantrasyonu (150 g/kg) ile kaplı numunenin kör kaplamaya kıyasla ısıl direnç katsayısı oranındaki artışın %5,17 olduğu Çizelge 4.23'te görülmektedir. Elde edilen sonuçlar göz önünde alınlığında beklenildiği gibi çok katmanlı kaplamada ısıl yalıtım özelliğinde artış görülmektedir.

Çizelge 4.23. Çok katmanlı kaplanan kumaş numunelerine ait ısıl direnç katsayıları sonuçları

Numune	**r (m^2K/W)**	
	Ortalama	**SS**
Alümünyum -50 g/kg + Çinko oksit - 50 g/kg	6,07	0,10
Alümünyum -50 g/kg + Çinko oksit - 100 g/kg	6,07	0,67
Alümünyum -50 g/kg + Çinko oksit - 150 g/kg	6,10	0,00
Kör kaplama (0,3 mm kaplama kalınlığı)	5,80	0,00

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre alüminyum tozu ve çok katmanlı kaplanmış numunelerin ısıl iletkenlik ve ısıl direnç değeri üzerinde 0,05 anlamlılık seviyesinde etkisinin olduğu Çizelge 4.24'te görülmektedir.

Çinko oksit kaplı malzemelerde ısıl iletkenlik katsayısı konsantrasyon oranı ile artarken ısıl direnç katsayısında değişim görülmemektedir.

Çizelge 4.24. Alüminyum tozu, çinko oksit ve çok katmanlı kaplanan kumaş numunelerine ait ısıl iletkenlik ve ısıl direnç katsayı verileri için istatiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları

Faktör		λ (W/mK.10^{-3})		r (m^2K/W)	
Alüminyum tozu					
Konsantrasyon	R	0,00*	36,05 a	0,03*	5,80 a
	50		37,83 b		5,87 a
	75		39,43 c		5,5 a
	100		41,53 d		5,46 a
Çinko oksit					
Konsantrasyon	R	0,00*	42,07 a	0,13*	6,10 a
	50		50,33 a		5,90 a
	100		51,73 a		5,97 a
	150		44,20 b		6,00 a
Çok katmanlı kaplama					
Konsantrasyon	R	0,00*	36,05 a	0,00*	5,80 a
	Al + Zn0 50 g/kg		41,70 b		6,07 b
	Al+ Zn0 100 g/kg		45,60 c		6,07 b
	Al+ Zn0 150 g/kg		52,40 c		6,10 b

(a), (b), (c), (d) SNK testine göre istatiksel farklılıkları göstermektedir. Al çok katmanlı kaplamada konsantrasyon değeri 50 g/kg'dır,
*%5 anlamlılık seviyesi

4.2.5. Solar ölçüm sonuçları

Alüminyum tozu ile farklı konsantrasyon (50, 75, 100 g/kg) değerlerinde kaplanan kumaş numunelerine ait transmitans, reflektans ve absorbans değerleri Çizelge 4.25'te görülmektedir.

Çinko oksitin farklı konsantrasyonları (50, 100, 150 g/kg) ile, çok katmanlı kaplamalarda birinci katman olarak sabit konsantrasyon oranındaki alüminyum tozu ve ikinci katmanda çinko oksitin değişen konsantrasyonları (50,100,150 g/kg) ile yapılan kaplamaların solar özellikleri Çizelge 4.26'da görülmektedir.

Alüminyum oksit dolgu malzemelerinin farklı konsantrasyonları (50, 75, 100 g/kg) ile kaplanan kumaş numunelerinin solar özellikleri incelendiğinde artan konsantrasyonla doğru orantılı olarak; geçirgenlik değerlerinin ($T_{UV,}$ T_V, T_S) yaklaşık sıfır değerine ulaştığı, solar absorbans (A_S) değerinin azaldığı ve reflektans değerlerinin (R_V, R_S, R_{NIR}) artış gösterdiği görülmektedir.

Konsantrasyon değeri 50 g/kg'dan 100 g/kg'a çıktığında;

- Alüminyum tozu ile kaplı numunelerin R_V, R_S ve R_{NIR} değerleri sırasıyla; %7,13, %5,81 ve %5,90 oranında artış göstererek %65,51, %64,06 ve %63,74 değerine yükselmiştir. Solar absorbans (A_S) değerleri ise %10,05 oranında azalarak %35,46 değerine düşmüştür.

Konsantrasyon değeri 50 g/kg'dan 150 g/kg'a çıktığında;

- Çinko oksit ile kaplı numunelerin T_{UV} değeri %0,53 değerinden %45,28 oranında bir azalma ile %0,29'e düşmüştür. T_V ve T_S değerleri ise sırasıyla; %39,37 ve %35,98 oranında azalarak %12,38 ve %213,70 değerine düşmüştür. R_V, R_S ve R_{NIR} değerleri sırasıyla; %14,32, %12,96 ve %15,77 oranında artış göstererek %85,23, %76,09 ve %74,66 değerine yükselmiştir. Solar absorbans (A_S) değerleri ise %15,04 oranında artarak %9,54 değerine düşmüştür.

- Çok katmanlı kaplı numunelerin geçirgenlik değerlerinin ($T_{UV,}$ T_V, T_S) yaklaşık sıfır değerine ulaştığı gözlenmiştir. R_V, R_S ve R_{NIR} değerleri sırasıyla; %24,33, %24,47 ve %24,25 oranında artış göstererek %80,34, %71,61 ve %68,04 değerine yükselmiştir. Solar absorbans (A_S) değerleri ise %33,15 oranında azalarak %28,36 değerine düşmüştür.

- Çok katmanlı kaplı numunelerin maksimum konsantrasyonda (150 g/kg) kör kaplamaya kıyasla R_V, R_S ve R_{NIR} değerleri sırasıyla; %40,38, %34,50 ve %32,27 oranında artış göstererek %80,34, %71,61 ve %68,04 değerine yükselmiştir.

Çizelge 4.25. Alüminyum tozu ile kaplanmış kumaşların solar ölçüm sonuçları

Alüminyum		**Konsantrasyon (g/kg)**		
		50	**75**	**100**
T_{UV}	**Ort.**	0,00	0,00	0,00
	SS	0,00	0,00	0,00
T_V	**Ort.**	0,02	0,01	0,00
	SS	0,00	0,00	0,00
T_S	**Ort.**	0,04	0,02	0,00
	SS	0,00	0,02	0,02
R_V	**Ort.**	61,15	63,09	65,51
	SS	0,54	0,62	0,53
R_S	**Ort.**	60,54	62,30	64,06
	SS	0,54	0,58	0,55
R_{NIR}	**Ort.**	60,19	61,73	63,74
	SS	0,57	0,56	0,66
A_S	**Ort.**	39,42	37,68	35,46
	SS	0,53	0,59	0,56

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre alüminyum tozu, çinko oksit ve çok katmanlı kaplanmış numunelerin solar ölçüm verileri üzerinde 0,05 seviyesinde anlamlılık etkisi olduğu Çizelge 4.25'te görülmektedir.

Çizelge 4.26. Alüminyum tozu, çinko oksit ve çok katmanlı kaplanmış kumaşların solar ölçüm sonuçları

Konsantrasyon (g/kg)	T_{UV}		T_V		T_S		R_V		R_S		R_{NIR}		A_S	
	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS
Alüminyum 50 g/kg	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00	61,15	0,54	60,54	0,54	60,19	0,57	39,42	0,53
Çinko oksit 50 g/kg	0,53	0,02	20,42	0,37	21,40	0,41	74,55	0,58	67,36	0,09	64,49	0,19	11,23	0,34
Çinko oksit 100g/kg	0,37	0,02	15,51	0,51	16,73	0,50	81,04	0,13	72,86	0,18	70,51	0,23	10,41	0,44
Çinko oksit 150 g/kg	0,29	0,01	12,38	0,31	13,70	0,33	85,23	0,31	76,09	0,85	74,66	0,38	5,54	0,04
Alüminyum 50g/kg + Çinko oksit 50 g/kg	0,00	0,00	0,02	0,01	0,05	0,03	64,62	1,14	57,53	1,01	54,76	0,99	42,42	1,04
Alüminyum 50g/kg + Çinko oksit 50 g/kg	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,02	75,79	0,93	67,34	0,97	64,08	1,22	32,63	0,96
Alüminyum 50g/kg + Çinko oksit 50 g/kg	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,01	80,34	0,29	71,61	0,24	68,04	1,55	28,36	0,36
Kör Kaplama	6,94	0,13	35,44	0,60	35,41	0,13	57,30	0,29	53,24	0,36	51,44	0,28	11,60	0,55

Çizelge 4.27. Dolgu malzemelerinden alüminyum tozu, çinko oksit ve çok katmanlı kaplanmış kumaşların solar ölçüm verileri için istatiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları

Faktör		T_{UV}		T_V		T_S		R_V		R_S		R_{NIR}		As
Alüminyum tozu														
Konsantrasyon	R	**0,00***	6,94 b	**0,00***	35,44 b	**0,00***	35,41 b	**0,00***	57,30 a	**0,00***	53,24 a	**0,00***	51,44 b	**0,00***	11,60 a
	50		0,00 a		0,00 a		0,04 a		61,15 b		60,54 b		60,19 a		39,42 d
	75		0,00 a		0,00 a		0,02 a		63,09 c		62,30 c		61,73 c		37,68 c
	100		0,00 a		0,00 a		0,00 a		65,51 d		64,06 d		63,74 d		35,46 b
Çinko oksit															
Konsantrasyon	R	**0,00***	6,94 c	**0,00***	35,44 d	**0,00***	35,41 d	**0,00***	57,30 a	**0,00***	53,24 a	**0,00***	51,44 a	**0,00***	11,60 c
	50		0,53 b		20,42 c		21,40 c		74,55 b		67,30 a		64,49 b		11,23 c
	100		0,37 a		15,51 b		16,73 b		81,04 c		72,86 c		70,51 c		10,41 b
	150		0,29 a		12,38 a		13,70 a		85,23 d		76,09 d		74,66 d		5,54 a
Çok katmanlı kaplama															
Konsantrasyon	R	**0,00***	6,94 b	**0,00***	35,44 b	**0,00***	35,41 b	**0,00***	57,30 a	**0,00***	53,24 a	**0,00***	51,44 a	**0,00***	11,60 a
	50		0,00 a		0,02 a		0,05 a		64,62 b		57,53 b		54,76 b		42,42 d
	100		0,00 a		0,01 a		0,03 a		75,79 c		67,34 c		64,08 c		32,63 c
	150		0,00 a		0,01 a		0,03 a		80,34 d		71,61 d		68,04 d		28,36 b

(a), (b), (c), (d) SNK testine göre istatiksel farklılıkları göstermektedir
*%5 anlamlılık seviyesi

5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, çadır, branda ve tente gibi dış mekân tekstillerinde güneş ışınlarını yansıtma özelliklerinin geliştirilmesine yönelik olarak akrilik bazlı binder, çapraz bağlayıcı (fiksatör), sentetik kıvamlaştırıcı, köpük kesici, amonyak ve su kullanılarak aynı tanecik boyutunda farklı dolgu maddeleri ile farklı konsantrasyonlarda hazırlanan kaplama patı rakleli (bıçaklı) kaplama metodu kullanılarak ısıl işlemle boyut stabilitesi kazandırılmış polyester zemin kumaş üzerine uygulanmıştır. Kaplama sonrası elde edilen numunelerin değerlendirilmesi adına fiziksel, termal ve solar özellikleri tespit etmek için çeşitli testler uygulanmıştır.

Çalışmalarda öncelikle dolgu maddesi olarak kullanılan aynı tanecik boyutuna sahip silisyum dioksit (SiO_2), baryum sülfat ($BaSO_4$), çinko oksit (ZnO) ve alüminyum oksit (Al_2O_3) tozlarının kaplama işlemi sonrası kumaş yüzeyine etkisini araştırmak amacıyla kaplama uygulanmıştır. Çalışmanın karşılaştırılabilir olması için dolgu malzemesi kullanılmadan hazırlanan patın (stok patı) ve dolgu malzemesi kullanılarak hazırlanan kaplama patının pH değeri, vizkozite değeri, kaplama kalınlığı, kurutma (süre ve sıcaklık), kalandır (bar, süre ve sıcaklık) ve fiksaj (süre ve sıcaklık) gibi çalışma parametreleri sabit tutulmuştur. Çalışmada kullanılan her dolgu malzemesi için 50, 100, 150 g/kg konsantrasyon değerlerinde kaplamalar yapılmıştır. Kaplama sonrası elde edilen numunelere sırasıyla, kalınlık, birim ağırlık, aktarılan madde miktarı, termal ve solar özelliklerin ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Tek katmanlı kaplama çalışmalarında elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurularak iki katmanlı kaplama denemeleri de yapılmıştır. İki katmanlı kaplama için ilk katman sabit konsantrasyonda (50g/kg) alüminyum tozu ile; ikinci katman ise daha önce çalışılan üç dolgu maddesi arasında en iyi solar yansıtma özelliğine sahip olduğu ortaya çıkan çinko oksit kullanılarak kaplanmıştır.

Literatürdeki bazı çalışmalarla (Manasoğlu 2022) uyumlu olarak, farklı dolgu malzemeleriyle kaplanmış kumaşların birim ağırlık, aktarılan madde miktarı ve kalınlık değerlerinde artan dolgu maddesi konsantrasyonu ile orantılı bir artış gözlenmiştir. Bu artış, artan konsantrasyonla birlikte kumaş üzerine aktarılan katı madde miktarının da

arttığını göstermektedir. Çalışmada, konsantrasyona bağlı olarak birim ağırlık ve aktarılan madde madde miktarında meydana gelen artışın kullanılan dolgu maddesinin özgül ağırlığı ile yakından ilişkili olduğu; özgül ağırlık değeri arttıkça bu değerlerdeki artış oranın da arttığı ortaya çıkmıştır.

Aynı konsantrasyonda farklı dolgu malzemeleri kullanılarak kaplanan numunelerin kalınlık değerlerinin de benzer olduğu; bu sonucun çalışmada kullanılan dolgu maddelerinin benzer tanecik boyutuna sahip olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Çok katmanlı kaplamalarda ise tekrarlı kurutma, kalandır ve fikse işlemi nedeniyle kaplama kalınlığındaki artışın beklenen değerden seviyelerden daha düşük kaldığı görülmektedir.

Çalışmada termal özelliklerin incelenmesi için ısıl iletkenlik ve ısıl direnç katsayıları ölçülmüştür. Genel olarak, artan konsantrasyon oranları ile birlikte ısıl iletkenlik ve ısıl direnç katsayılarında çeşitli oranlarda artış görülmektedir. Isıl iletkenlik değerlerindeki artışın, kaplama patlarının kumaşın içerisine nüfuz etmesinden dolayı kaplanan kumaşların içerdiği hava (ki dolgu maddelerine göre havanın ısı iletim katsayısı çok düşüktür) oranındaki azalmayla ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Malzemelerin ısıl direnç katsayılarındaki artışın malzemenin ısı yalıtımına katkı sağladığı bilinmektedir. Farklı dolgu malzemeleri ile kaplanan kumaşların kör kaplamaya kıyasla ısıl direnç katsayılarında az veya çok artışlar görülmüştür. Bu durumun kaplama sonucunda kumaş kalınlığında meydana gelen artışla ilgi olduğu ortaya çıkmıştır.

UV-VIS-NIR spektrofotometre ile 280-2500 nm dalga boyu aralığında yapılan ölçümlerde elde edilen solar yansıtma, geçirgenlik ve absorbsiyon sonuçları kullanılan dolgu maddesinin tür ve konsantrasyonuna göre önemli farklılıklar göstermiştir. Genel olarak, dolgu malzemesi olarak kullanılan SiO_2, $BaSO_4$, Al_2O_3, ZnO ve Al tozu kullanılarak kaplanan polyester kumaş numunelerinin solar yansıtma özelliklerinin artan konsantrasyon oranı ile birlikte artığı, solar geçirgenlik değerinin ise azaldığı görülmektedir. Solar absorbans değeri ise SiO_2, $BaSO_4$ ve Al_2O_3 malzemelerin artan

konsantrasyon oranı ile artığı, fakat ZnO ve Al tozlarında ise artan konsantrasyon oranı ile azaldığı görülmektedir.

Bu çalışmada kullanılan farklı dolgu malzemelerinin maksimum konsantrasyonlarında elde edilen solar yansıtma özelliği olan RNIR değerleri büyükten küçüğe doğru, 150 g/kg ZnO (74,66), 50 g/kg Al + 150 g/kg ZnO (68,04), 100 g/kg Al tozu (63,74), 150 g/kg $BaSO_4$ (60,26), 150 g/kg Al_2O_3 (58,60) ve 150 g/kg SiO_2 (54,56) şeklinde sıralanmaktadır. Buradan 150 g/kg konsantrasyonda solar yansıtma özelliğinin en yüksek olduğu dolgu malzemenin ZnO olduğu ortaya çıkmaktadır.

Çok katmanlı kaplamaların en yüksek solar yansıtma değerinin 150 g/kg konsantrasyonda tek katmanlı ZnO kaplaması ile elde edilen değerden daha daha düşük kalmasının ZnO kaplaması ile zemindeki Al renginin tamamen örtülememiş olması nedeniyle yüzey renginin hafif gri renk almasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. İlerideki çalışmalarda ikinci katman olarak kullanılan dolgu malzemesinin kaplama kalınlığının veya katman sayısının arttırılmasıyla örtücülük etkisi arttırılmasının solar yansıtma değenlerinde iyileşme sağlayabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, solar koruma özelliklerinin geliştirilmesinde çalışılan malzemeler arasında et etkili dolgu malzemesinin ZnO olduğu; zemin kata Al tozu kaplayarak ZnO'in ikinci katmanda kullanılması halinde zemindeki Al'un üst katman tarafından etkili bir şekilde örtülmesinin önemli olduğu ortaya konulmuştur.

KAYNAKLAR

Ahmad, R., Ahn, M. S., & Hahn, Y. B. (2017). ZnO nanorods array based fieldeffect transistor biosensor for phosphate detection. Journal of Colloid and Interface Science, 498, 292-297. https://doi.org/10.1016/ j.jcis.2017.03.069

Armağan, O. G., 2007. Farklı Lif Tipleriyle Üretilen Lamine Kumaşların Performansının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 108. https://polen.itu.edu.tr:8443/server/api/core/bitstreams/46fb373e-0aaf-4358-962c-9cbc922856ec/content

Baniassadi, A., Sailor, D.J., Ban-Weiss G.A. (2019). Potential energy and climate benefits of super-cool materials as a rooftop strategy Urban Climate, 29, 100495. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100495

Bao, H., Yan, C., Wang, B., Fang, X., Zhao, C. Y., & Ruan, X. (2017). Double-layer nanoparticle-based coatings for efficient terrestrial radiative cooling. Solar Energy Materials and Solar Cells, 168, 78-84.

Besisa, D. H., Ewais, E. M., & Mohamed, H. H. (2022). Thermal performance and mechanical durability of Al2O3/CuO ceramics as solar receiver materials for solar thermal applications. Ceramics International, 48(16), 23609-23617.

BOZOK, S. S., & OĞULATA, R. T. TiO2 Nano Toz Katkılı SiO2 Nanosollerin Keten Kumaşlar Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 34(3), 65-72.

Bulut, Y. ve Sülar, V. (2008). Kaplama veya laminasyon teknikleri ile üretilen kumaşlarin genel özellikleri ve performans testleri. Tekstil ve Mühendis, 15(71), 5-16.

Catalanotti, S., Cuomo, V., Piro, G., Ruggi, D., Silvestrini, V., Troise, G. (1975). The radiative cooling of selective surfaces. Solar Energy, 17, 83-89. https://doi.org/10.1016/0038-092X(75)90062-6

Chen, J., Lu, L. (2021). Comprehensive evaluation of thermal and energy performance of radiative roof cooling in buildings. Journal of Build. Engineering, 33,10163. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101631

Chu, S., Majumdar, A. (2012). Opportunities and challenges for a sustainable energy future. Nature,488(7411), 294–303. https://doi.org/10.1038/nature11475

Çoban, S., Toprakkaya, D.(1997). Kalandır Etki Parametrelerinin Araştırılması. Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi.(l),45-46. İzmir: Ege Üniversitesi Basım.

Devlet Planlama Teşkilatı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu. (2001). Endüstriyel hammaddeler alt komisyonu genel endüstri mineralleri I (Asbest-grafit-Kalsit-Fluorit-Titanyum) (Teknik rapor) https://www.sbb.gov.tr/wp-

content/uploads/2018/11/08_Madencilik_SanayiHammaddeleri_AsbetGrafitKalsitFluorit.pdf web sayfasından erişildi.

Evrim Ağacı (2011). Erişim Adresi https://evrimagaci.org/elektromanyetik-spektrum-tayf-nedir-12795

Fung W. (2002) Coated and Laminated Textiles, CRC Press, 1st Edition, Woodhead Publishing Limited, England

Graf, C. (2000). Silica, Amorphous. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, pp. 1-43. John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/0471238961.0113151823010404.a01.pub3

Greenwood, N. N., & Earnshaw, A. (2012). Chemistry of the Elements. Elsevier.

Goldstein, E. A., Raman, A., Fan, S. (2017). Sub-ambient non-evaporative fluid cooling with the sky. Nature Energy, 2, 17143. https://doi.org/10.1038/nenergy.2017.143

Gupta, K. K., Jassal, M., & Agrawal, A. K. (2008). Sol-gel derived titanium dioxide finishing of cotton fabric for self cleaning.

Güneş Spektrumu (t.y.) Erişim Adresi: https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/ozonuv/gunesspectrumu.pdf

Horrocks A.R., Anands C., (2003). Handbook of Technical Textiles. Yer: Woodhead Publishing Limited, England

Hsu, P.-C., Song, A.Y., Catrysse, P.B., Liu, C., Peng, Y., Xie, J., Fan, S., Cui S. (2016). Radiative human body cooling by nanoporous polyethylene textile. Science, 353, 1019-1023. https://doi.org/10.1126/science.aaf5471

Family, R., & Mengüç, M. P. (2017). Materials for radiative cooling: a review. Procedia environmental sciences, 38, 752-759.

Jagadale, S. B., Patil, V. L., Vanalakar, S. A., Patil, P. S., & Deshmukh, H. P. (2018). Preparation, characterization of 1D ZnO nanorods and their gas sensing properties. Ceramics International, 44(3), 3333-3340. https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.11.116

Jelle, B.P., Kalnæs, S.E., Gao, T. (2015). Low-emissivity materials for building applications: a state-of-the-art review and future research perspectives Energy Build., 96, 329-356. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.03.024

Kaplan, E., Koç, E., Kumaş Kaplama Teknikleri ve Kaplanmış Kumaş Özelliklerinin İncelenmesi, II. Tekstil Teknolojileri ve Tekstil Makinaları Kongresi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Gaziantep, 2007, p.1-11.

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

Kut, D., Güneşoğlu, C. (2005). Poliüretan ve poliakrilat kaplanmış kumaşların performans özelliklerinin karşılaştırılması. Tekstil Maraton. 15(80): 62-65. https://search.trdizin.gov.tr/tr/yayin/detay/48552/

Küçük, M. Fonksiyonel tekstiller geliştirmek amacıyla metal oksit nanoyapıların sentezlenmesi ve kumaşlara uygulanması (Doctoral dissertation). https://polen.itu.edu.tr/items/a59ba058-25ac-43da-bc47-3e4c694f0eb9/full

Kültür, S. (2010). Çatı kaplama malzemesinin güneş ışınımı yansıtma performansının Değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul. http://hdl.handle.net/11527/8229

Manasoğlu, G. 2014. Selüloz tozlarının tekstil kaplamacılığında kullanımı üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa. http://hdl.handle.net/11452/8469

Marmara Kalsit, (2005). Erişim Adresi: https://marmarakalsit.com.tr/s/barit-baso4

Matusiak, M. (2006). Investigation of the thermal insulation properties of multilayer textiles. Fibres & Textiles in Eastern Europe, 14(5), 98-102.

Memiş, N. K., Kaplan, S. (2022): Passive Daytime Cooling Cotton Fabric With Adaptive Comfort Features, Tekstil ve Mühendis, 29:128, 261-266. https://doi.org/10.7216/teksmuh.1222496

Mazzei, A. C., & Rodrigues, J. A. (2000). Alumina-mullite-zirconia composites obtained by reaction sintering: Part I. Microstructure and mechanical behaviour. Journal of Materials Science, 35, 2807-2814.

Mukhopadhyay, A., Midha, V. K. (2008). A review on designing the waterproof breathable fabrics Part II: Construction and suitability of breathable fabrics for different uses. Journal of Industrial Textiles, 38, 17. https://doi.org/10.1177/1528083707082166

Öner, E. (2006) Tekstilde Kaplama, Tekstil Terbiye Teknolojisi Ders Notları, Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, İstanbul.
Peng, Y., Cui, Y. (2020). Advanced Textiles for Personal Thermal Management and Energy. Joule, 4, 724-742. https://doi.org/10.1016/j.joule.2020.02.011

Raman, A.P., Anoma, M.A., Zhu, L., Rephaeli, E., Fan, S. (2014). Passive radiative cooling below ambient air temperature under direct sunlight. Nature, 515(7528), 540-544. https://doi.org/10.1038/nature13883

Sen, A. K. (2007). Coated textiles: principles and applications. Yer: Crc Press.

Soruç, S. (2017). Kızılötesi (IR) Işınları Yansıtan Kaplamalı Kumaş Yapılarının Geliştirilmesi (Doctoral dissertation, Bursa Uludag University (Turkey)).

Tamvakos, D., Lepadatu, S., Antohe, V. A., Tamvakos, A., Weaver, P. M., Piraux, L., Pullini, D. (2015). Piezoelectric properties of template-free electrochemically grown ZnO nanorod arrays. Applied Surface Science, 356, 1214-1220. https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.08.187

Vural M. (2014). Polimer ve Kompozitler ders notları akademi.itu.edu.tr.

Wang, Z., Kortge, D., Zhu, J., Zhou, Z., Torsina, H., Lee, C., Bermel P. (2020). Lightweight, passive radiative cooling to enhance concentrating photovoltaics. Joule, 4. 2702-2717. https://doi.org/10.1016/j.joule.2020.10.004

Xiang, B., Zhang, R., Luo, Y., Zhang, S., Xu, L., Min, H., Tang, S. (2020). 3D porous polymer film with designed pore architecture and auto-deposited SiO2 for highly efficient passive radiative cooling. Nano Enegy, 81, 105600. https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2020.105600

Xia, X., Tu, J., Zhang, Y., Wang, X., Gu, C., Zhao, X. B., & Fan, H. J. (2012). High-quality metal oxide core/shell nanowire arrays on conductive substrates for electrochemical energy storage. ACS Nano, 6(6), 5531- 5538. https://doi.org/10.1021/nn301454q

Yuceer M., Genç A., Güneşoğlu C., Karakaplan N., Ertek A.M. (2016). Sıcak Eriyik Laminasyon Tekniği ile Fonksiyonel Denim Kumaş Üretimi ve Proses Parametrelerinin Optimizasyonu. 12. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi. http://abakus.inonu.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11616/14764/10184775.pdf?sequence=1&isAllowed=y veri tabanından erişildi.

Yücetürk, G. (2010). Yapay Mermerde Kullanilan Kuvars Ve Kalsit Minerallerinin Fiziko-Meknik Özellikleri. Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 2(3), 72-80.

Yozgatlı, E. P., Taşköprü, C., Yurt, F., & Boyacı, B. (2022). Gama Radyasyonuna Karşı Zırhlama Özelliğine Sahip Kaplamalı Tekstil Ürünleri Geliştirilmesi. Bu kitabın baskı versiyonu bildirilerin tam metinlerini içermektedir. E-kitaba, 43

Zhong, S., Yi, L., Zhang, J., Xu, T., Xu, L., Zhang, X., Cai, Y. (2021). Self-cleaning and spectrally selective coating on cotton fabric for passive daytime radiative cooling. Chemical Engineering Journal, 407, 127104. https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.127104

Zhai, Y., Ma, Y., David, S. N., Zhao, D., Lou, R., Tan, G., & Yin, X. (2017). Scalable-manufactured randomized glass-polymer hybrid metamaterial for daytime radiative cooling. Science, 355(6329), 1062-1066

EKLER

EK 1 Silisyum Dioksit Dolgu Malzemesinin Farklı Konsantrasyonlarında Kaplanmış Kumaşların Reflektans ve Transmitans Grafikleri

EK 2 Baryum Sülfat Dolgu Malzemesinin Farklı Konsantrasyonlarında Kaplanmış Kumaşların Reflektans ve Transmitans Grafikleri

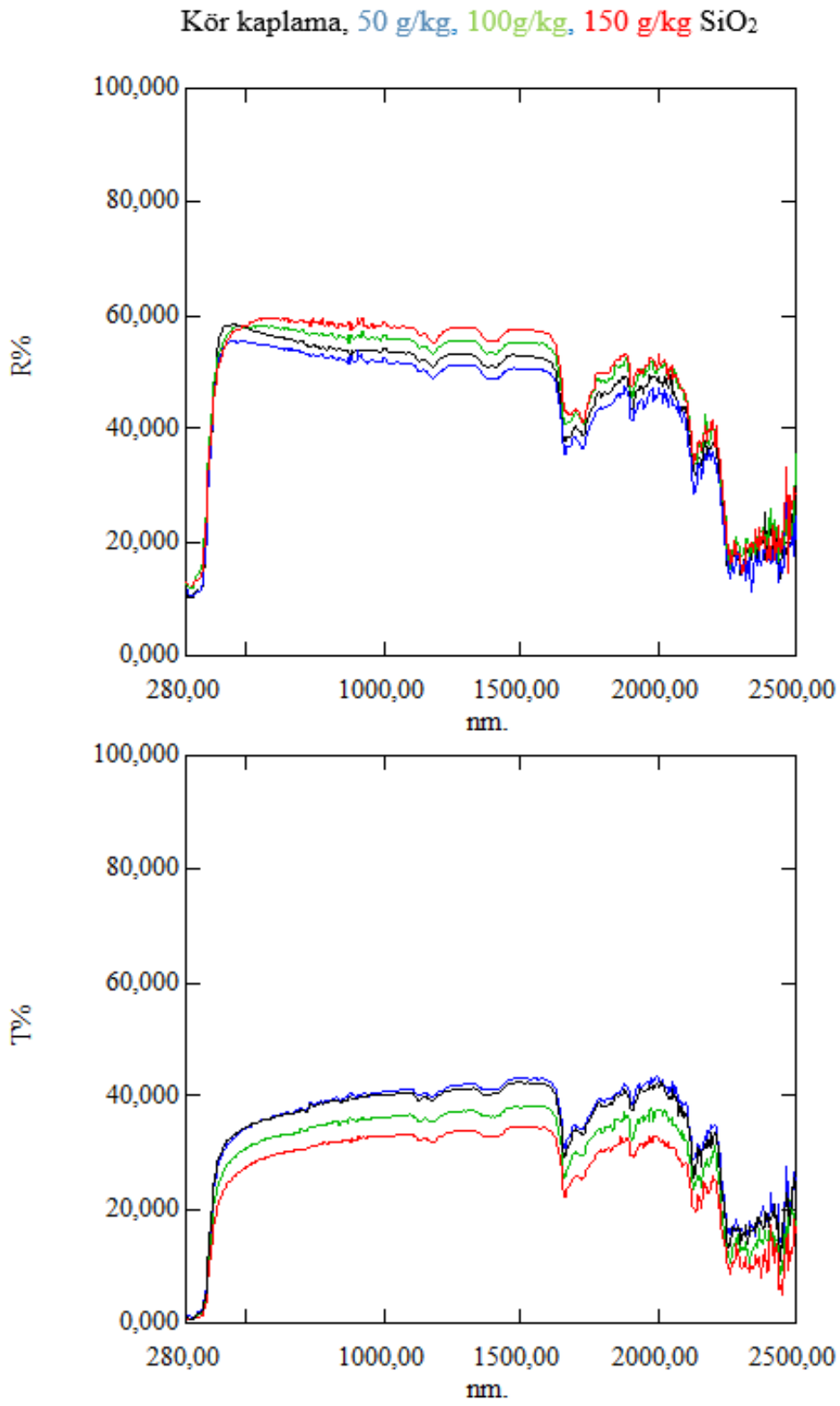
EK 3 Çinko Oksit Dolgu Malzemesinin Farklı Konsantrasyonlarında Kaplanmış Kumaşların Reflektans ve Transmitans Grafikleri

EK 4 Alüminyum Oksit Dolgu Malzemesinin Farklı Konsantrasyonlarında Kaplanmış Kumaşların Reflektans ve Transmitans Grafikleri

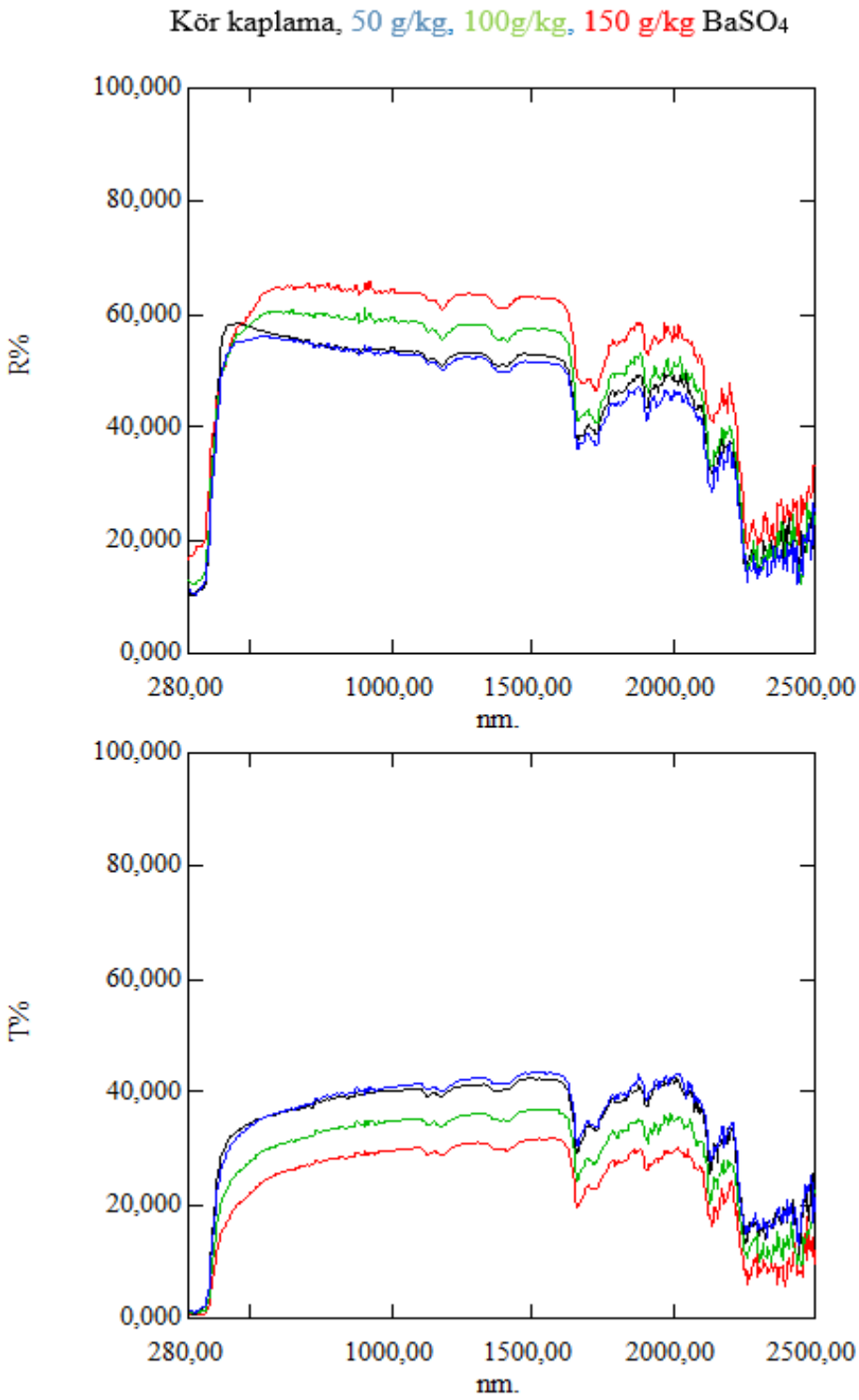
EK 5 Alüminyum Tozu Dolgu Malzemesinin Farklı Konsantrasyonlarında Kaplanmış Kumaşların Reflektans ve Transmitans Grafikleri

EK 6 Çok Katmanlı Farklı Konsantrasyonlarında Kaplanmış Kumaşların Reflektans ve Transmitans Grafikleri

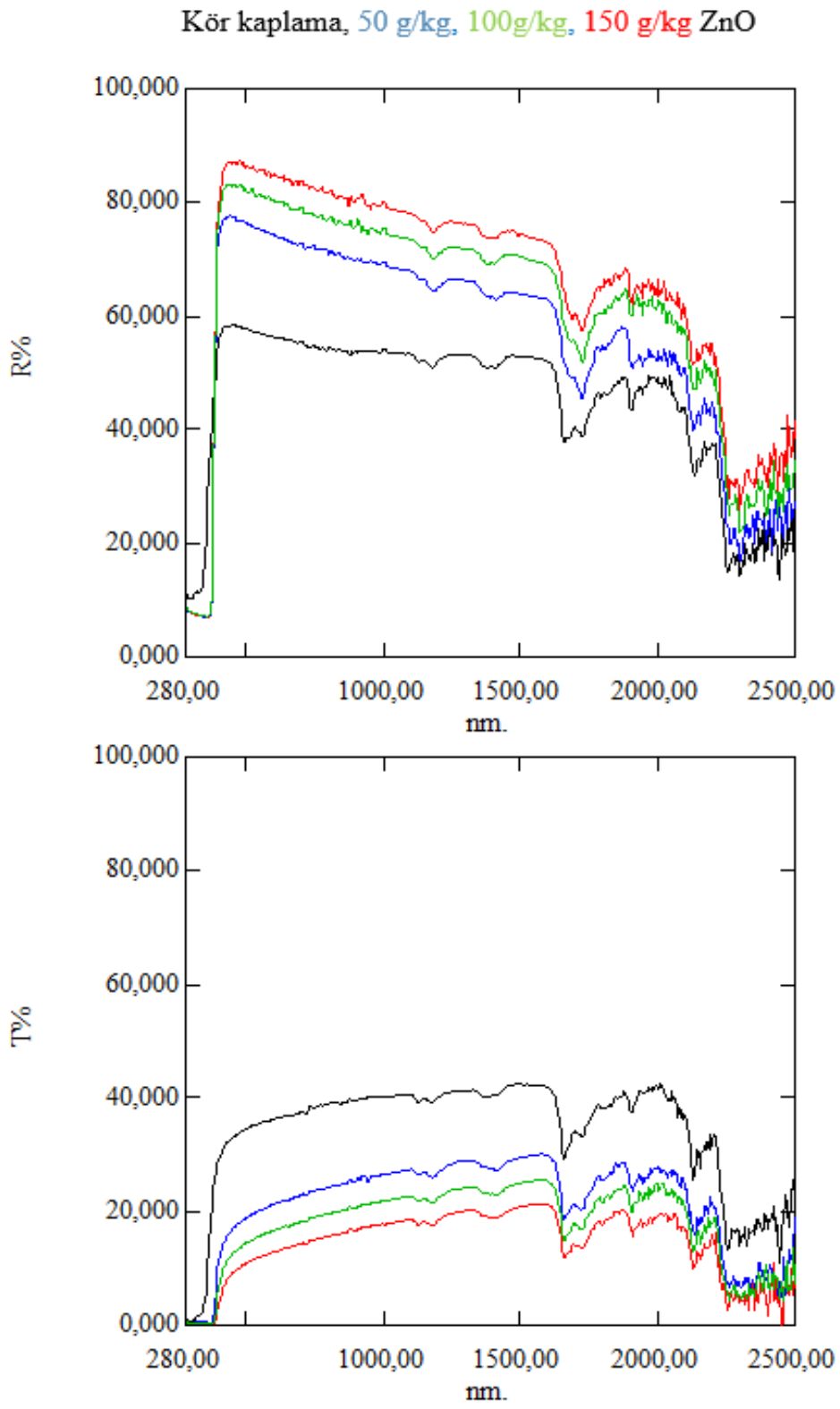
EK 1 Silisyum Dioksit Dolgu Malzemesinin Farklı Konsantrasyonlarında Kaplanmış Kumaşların Reflektans ve Transmitans Grafikleri



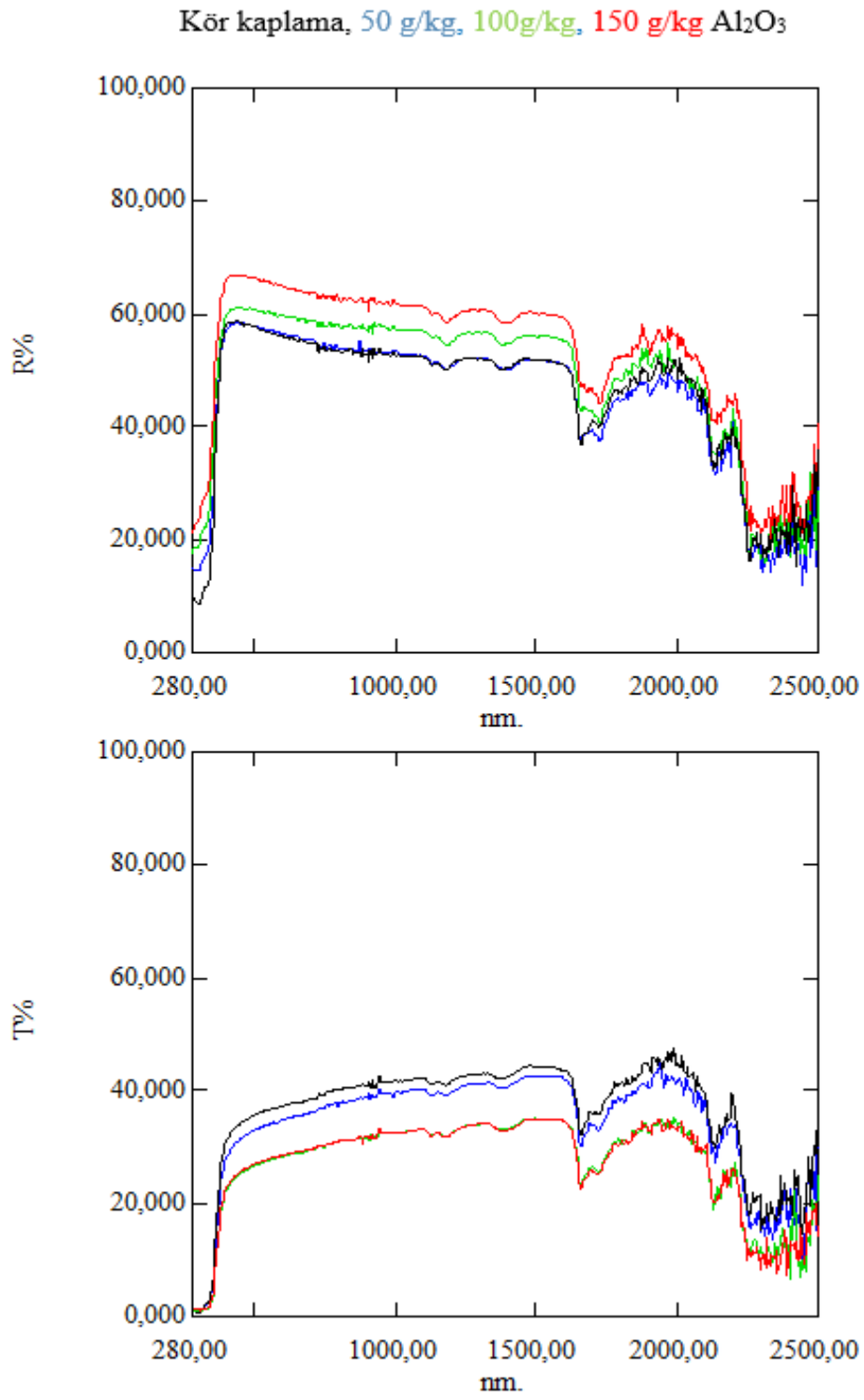
EK 2 Baryum Sülfat Dolgu Malzemesinin Farklı Konsantrasyonlarında Kaplanmış Kumaşların Reflektans ve Transmitans Grafikleri



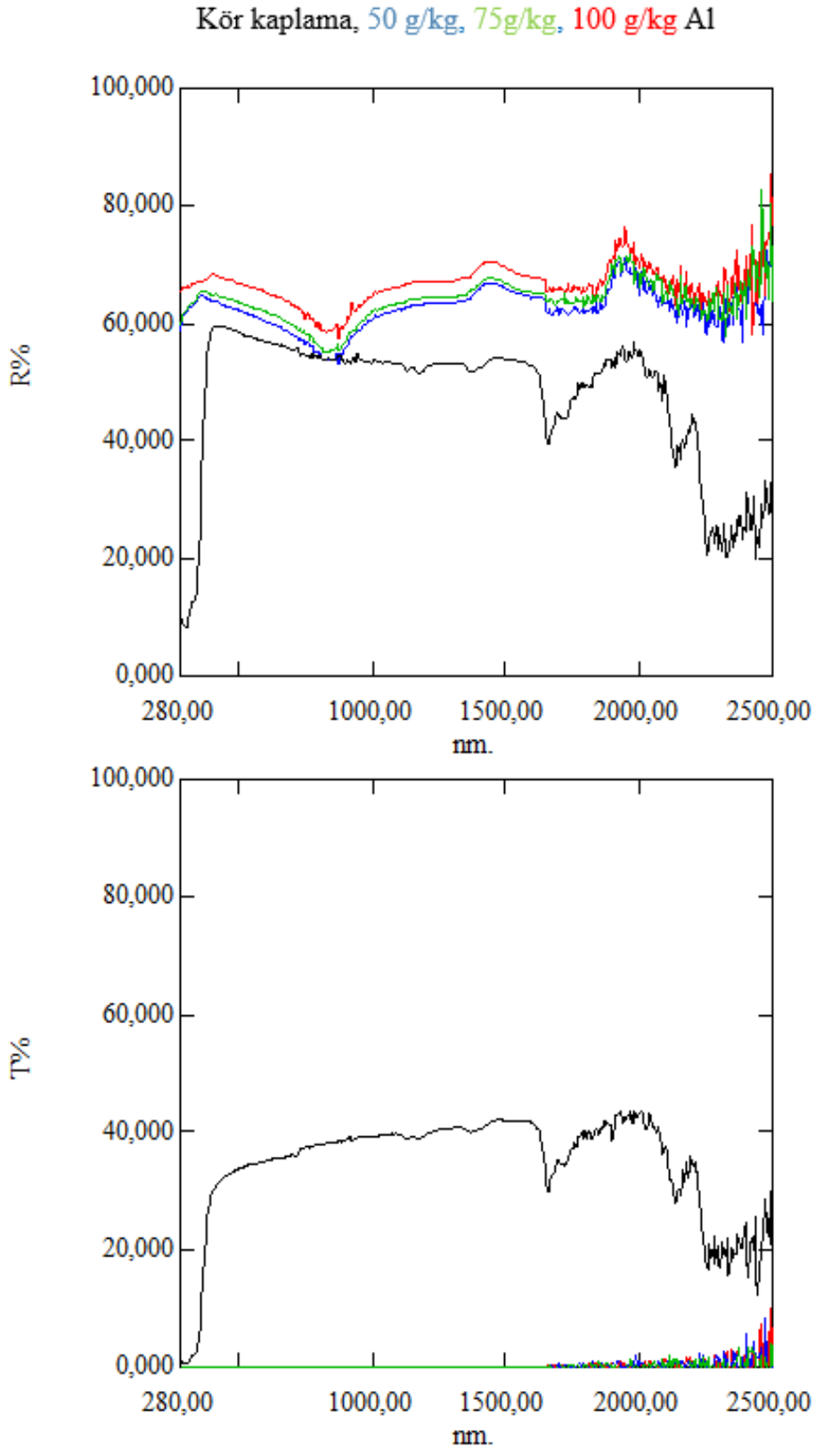
EK 3 Çinko Oksit Dolgu Malzemesinin Farklı Konsantrasyonlarında Kaplanmış Kumaşların Reflektans ve Transmitans Grafikleri



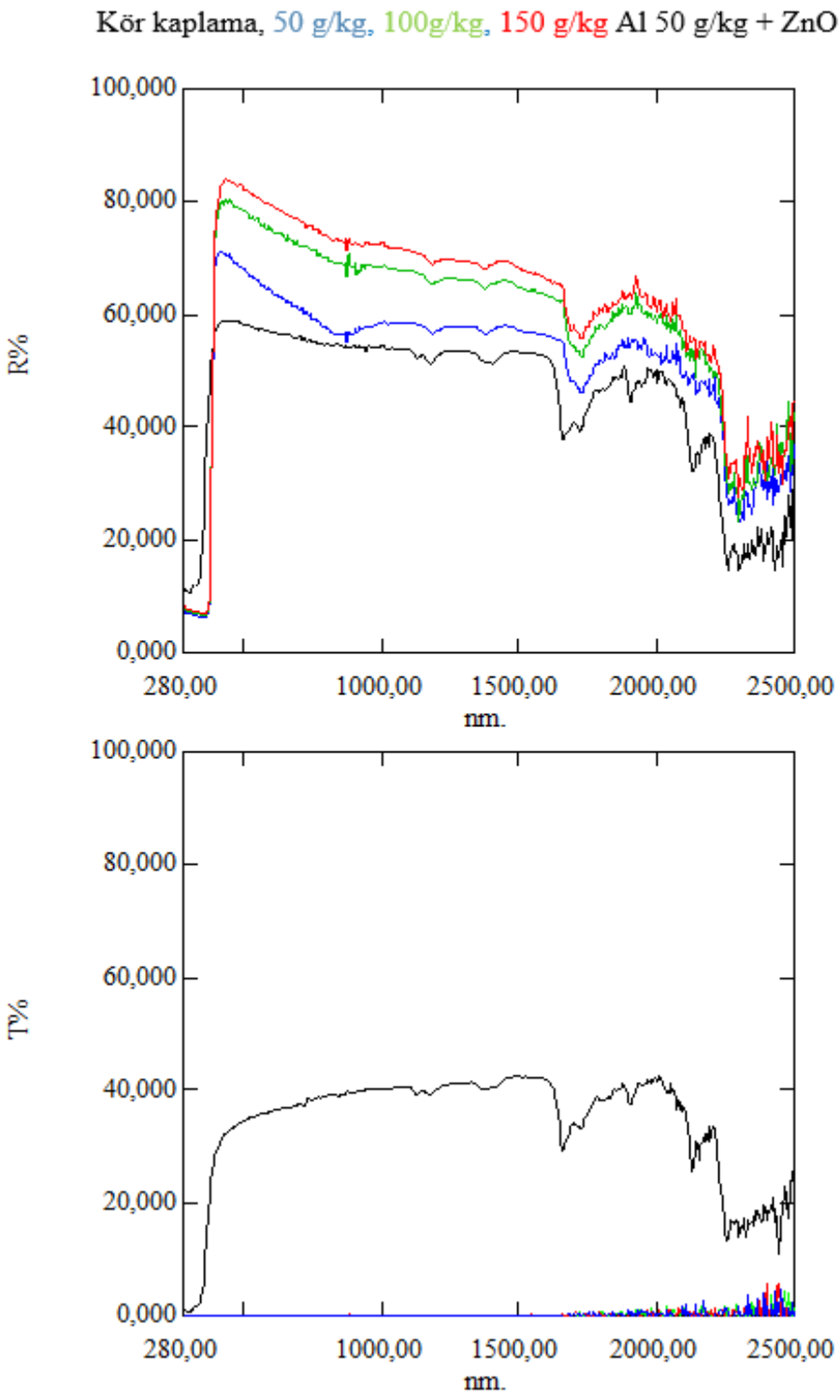
EK 4 Alüminyum Oksit Dolgu Malzemesinin Farklı Konsantrasyonlarında Kaplanmış Kumaşların Reflektans ve Transmitans Grafikleri



EK 5 Alüminyum Tozu Dolgu Malzemesinin Farklı Konsantrasyonlarında Kaplanmış Kumaşların Reflektans ve Transmitans Grafikleri



EK 6 Çok Katmanlı Farklı Konsantrasyonlarında Kaplanmış Kumaşların Reflektans ve Transmitans Grafikleri



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	: Nazmiye KAYA
Doğum Yeri ve Tarihi	: Yalova – 15.02.1994
Yabancı Dil	: İngilizce
Eğitim Durumu	
Lise	: Gemlik Anadolu Lisesi / (2008-2012)
Lisans	: Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
	Anadolu Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü (Açıköğretim) (2014-2020)
Yüksek Lisans	: Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüzey İşlem ve Teknolojileri Anabilim Dalı
Çalıştığı Kurum/Kurumlar	: Uğurlu Finisaj Sistemleri, Üretim Planlama Mühendis (2018-2019)
	VESTEL Beyaz Eşya Fabrikası Patent Uzmanı (2021- Devam)
İletişim (e-posta)	: naz.biyikli@gmail.com