

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AHŞAP MALZEMENİN FOTODEGRADASYONA KARŞI DAYANIKLILIĞININ
TANEN VE NANO METAL OKSİTLER İLE ARTTIRILMASI**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ömür Ahmet YAZICI

Orman Ürünleri Anabilim Dalı

MART 2019

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AHŞAP MALZEMENİN FOTODEGRADASYONA KARŞI
DAYANIKLILIĞININ TANEN VE NANO METAL OKSİTLER İLE
ARTTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ömür Ahmet YAZICI
(151081104)**

Orman Ürünleri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Eylem DİZMAN TOMAK

MART 2019

BTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 151081104 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Ömür Ahmet YAZICI, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "AHŞAP MALZEMENİN FOTODEGRADASYONA KARŞI DAYANIKLILIĞININ TANEN VE NANO METAL OKSİTLER İLE ARTTIRILMASI" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Eylem DİZMAN TOMAK**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Z. Sevgen PERKER**
Bursa Uludağ Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi Oktay GÖNÜLTAŞ
Bursa Teknik Üniversitesi

Savunma Tarihi : 21 Mart 2019

FBE Müdürü : **Doç. Dr. Murat ERTAŞ**
Bursa Teknik Üniversitesi/...../.....

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Ömür Ahmet YAZICI

İmzası :

X X X X X

ÖNSÖZ

“Ahşap Malzemenin Fotodegradasyona Karşı Dayanıklılığının Tanen ve Nano Metal Oksitler ile Arttırılması” başlıklı bu çalışma Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Ürünleri Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmasının her aşamasında karşılaşılan sorunların aşılmasında fikirlerinden yararlandığım, her konuda destek ve yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Eylem DİZMAN TOMAK’a sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Çalışma boyunca desteğini esirgemeyen, birikimlerinden yararlandığım Sayın Hocalarım Doç. Dr. Ebru D. SAM PARMAK ve Dr. Öğretim Üyesi Oktay GÖNÜLTAŞ’a teşekkürü borç bilirim. Ayrıca laboratuvar çalışmalarında ve tez yazımında ellerinden gelen yardımı esirgemeyen değerli arkadaşlarım Ferhat ARICAN, Arş. Gör. Şebnem S. ARPACI ve Nur SARIALAN’a teşekkür ederim. Çalışma için nano çinko oksit ile seryum oksidin ücretsiz teminini sağlayan Feza Kimya İç ve Dış Tic. Ltd. Şti.’ne çok teşekkür ederim.

Bu çalışmanın hazırlanmasında 215O116 kodlu ve “Ahşabın Dış Ortam Koşullarına Karşı Dayanıklılığının Tanen Katkılı Üst Yüzey İşlem Maddesi ile Arttırılması” başlıklı Bilimsel Araştırma projesi ile maddi destek sağlayan TUBİTAK-ARDEB birimine de ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Beni bugünlere getiren her zaman sevgi ve desteğini gösteren canım aileme sonsuz minnet duygularımı ifade etmek isterim.

Mart 2019

Ömür Ahmet YAZICI

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vii
SEMBOLLER	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET	xiii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	15
1.1 Ahşabın Temel Kimyasal Yapısı.....	18
1.2 Ahşabın Fotodegradasyonu	19
1.3 Ahşabın Fotodegradasyondan Korunmasına Yönelik Emprenye Maddeleri ve Yöntemleri.....	21
1.4 Tanenler.....	23
1.5 Orman Ürünlerinde Nanoteknoloji ve Uygulamaları.....	25
2. LİTERATÜR ÖZETİ	28
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	34
3.1 Ahşap Malzeme.....	34
3.2 Kimyasal Maddeler ve Tanenler	34
3.2.1 Valeks taneni.....	35
3.2.2 Mimoza taneni.....	35
3.2.3 Üst yüzey işlem maddesi ve epoksi boya.....	36
3.2.4 Referans nano kaplayıcı madde	36
3.2.5 Nano çinko oksit	36
3.2.6 Nano seryum oksit	36
3.3 Araştırma Yöntemi	37
3.3.1 Deney örneklerinin hazırlanması	37
3.3.2 Örneklerin epoksi boya ile kaplanması	38
3.3.3 Kızılçam kabuğunun ekstraksiyon işlemi	39
3.3.4 Üst yüzey işlem uygulaması	40
3.3.5 Hızlandırılmış dış ortam testi.....	41
3.3.6 Renk ölçümü	41
3.3.7 Parlaklık ölçümü	42
3.3.8 Yüzey pürüzlülük ölçümü	43
3.3.9 Makroskopik değişimlerin belirlenmesi.....	44
3.3.10 İstatistiksel yöntemler	44
4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR	45
4.1 Örneklerin Renk Değişimlerine İlişkin Bulgular	45
4.2 Örneklerin Parlaklık Değerlerine İlişkin Bulgular	71
4.3 Örneklerin Yüzey Pürüzlülük Değerlerine İlişkin Bulgular	80

4.4 Örneklerin Makroskopik Değişimlerine İlişkin Bulgular	92
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	120
KAYNAKLAR	125
ÖZGEÇMİŞ.....	133



KISALTMALAR

AACs	: Alkilamonyum Bileşikleri
ACQ	: Amonyak Bakır Quat
BTZ	: Hidroksifenil-Benzotriazol
BVA	: Basit Varyans Analizi
CBA-A	: Bakır Azol
EPA	: Amerikada Çevre Koruma Örgütü
HPT	: Hidroksifenil-Triazin
HALS	: Engelli Amin Işık Koruyucuları
OSB	: Yönlendirilmiş Yonga Levha
FT-IR	: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskopu
XPS	: X-Işını Fotoelektron Spektroskopisi
MDF	: Orta Yoğunlukta Lif Levha
NEAT	: Yeni Kapsülleme Katkı Teknolojisi
PMRA	: Kanada Atık Yönetimi ve Düzenleme Kurumu
UV	: Ultraviyole
VOC	: Uçucu Organik Bileşikler
WEI-IEO	: Avrupa Birliği Ülkeleri ve Batı Avrupa Ahşap Koruma Enstitüsü

SEMBOLLER

$^{\circ} \text{C}$: Santigrat derece
Al_2O_3	: Alüminyum oksit
CeO_2	: Seryum oksit
cm	: Santimetre
cm^2	: Santimetrekare
cm^3	: Santimetreküp
Cu	: Bakır
CuCl_2	: Bakır (II) klorür
g	: Gram
ha	: Hektar
kg	: Kilogram
m^2	: Metrekare
m^3	: Metreküp
NaBH_4	: Sodyum bor hidrür
sa.	: Saat
SiO_2	: Silisyum oksit
TiO_2	: Titanyum dioksit
UF	: Üre formaldehit
ZnO	: Çinko oksit

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Sarıçam odununun teknolojik özellikleri.	34
Çizelge 3.2 : Kullanılan örneklere ait deneme varyasyonları.	37
Çizelge 3.3 : Deneylerde kullanılan örnek sayısı.	38
Çizelge 4.1 : Valeks taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin ΔL^* değerleri.	46
Çizelge 4.2 : Mimoza taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin ΔL^* değerleri.	47
Çizelge 4.3 : Kızılçam kabuk taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin ΔL^* değerleri.	48
Çizelge 4.4 : Üst yüzey işlem maddesi ve referans madde ile muamele edilen örnekler ile kontrol örneklerinin ΔL^* değerleri.	49
Çizelge 4.5 : Valeks taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin Δa^* değerleri.	51
Çizelge 4.6 : Mimoza taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin Δa^* değerleri.	52
Çizelge 4.7 : Kızılçam kabuk taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin Δa^* değerleri.	53
Çizelge 4.8 : Üst yüzey işlem maddesi ve referans madde ile muamele edilen örnekler ile kontrol örneklerinin Δa^* değerleri.	54
Çizelge 4.9 : Valeks taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin Δb^* değerleri.	55
Çizelge 4.10 : Kızılçam kabuk taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin Δb^* değerleri.	56
Çizelge 4.11 : Üst yüzey işlem maddesi ve referans madde ile muamele edilen örnekler ile kontrol örneklerinin Δb^* değerleri.	57
Çizelge 4.12 : Valeks taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin ΔE^* değerleri.	58
Çizelge 4.13 : Mimoza taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin ΔE^* değerleri.	59
Çizelge 4.14 : Kızılçam kabuk taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin ΔE^* değerleri.	60
Çizelge 4.15 : Üst yüzey işlem maddesi ve referans madde ile muamele edilen örnekler ile kontrol örneklerinin ΔE^* değerleri.	61
Çizelge 4.16 : Valeks taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 1512 saat sonrasındaki renk parametrelerinin basit varyans analizi.	62
Çizelge 4.17 : Valeks taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 1512 saat sonrasındaki renk parametrelerinin Duncan homojenlik grupları.	62

Çizelge 4.18 : Mimoza taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 1512 saat sonrasındaki renk parametrelerinin basit varyans analizi.....	63
Çizelge 4.19 : Mimoza taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 1512 saat sonrasındaki renk parametrelerinin Duncan homojenlik grupları.	63
Çizelge 4.20 : Kızılçam kabuk taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 1512 saat sonrasındaki renk parametrelerinin basit varyans analizi.....	64
Çizelge 4.21 : Kızılçam kabuk taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 1512 saat sonrasındaki renk parametrelerinin Duncan homojenlik grupları	64
Çizelge 4.22 : Valeks taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 60° parlaklık değerleri.....	73
Çizelge 4.23 : Mimoza taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 60° parlaklık değerleri.....	74
Çizelge 4.24 : Kızılçam kabuk taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 60° parlaklık değerleri.	75
Çizelge 4.25 : Üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örnekler ile kontrol örneklerinin 60° parlaklık değerleri.	76
Çizelge 4.26 : Tanen + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 1512 saat sonrasındaki parlaklık değerlerinin basit varyans analizi.	77
Çizelge 4.27 : Tanen + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 1512 saat sonrasındaki parlaklık değerlerinin Duncan homojenlik grupları.	77
Çizelge 4.28 : Valeks taneni + nano CeO ₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri.....	81
Çizelge 4.29 : Mimoza taneni + nano CeO ₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri.....	82
Çizelge 4.30 : Kızılçam kabuk taneni + nano CeO ₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri.....	83
Çizelge 4.31 : Valeks + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri.	84
Çizelge 4.32 : Mimoza + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri.	85
Çizelge 4.33 : Kızılçam kabuk taneni + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri.....	86
Çizelge 4.34 : Referans, nano CeO ₂ ve nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri.....	87
Çizelge 4.35 : Kontrol örneklerinin yüzey pürüzlülük değerleri.....	88
Çizelge 4.36 : Tanen katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 1512 saat sonrasındaki pürüzlülük değerlerinin (Rz) basit varyans analizi.....	89
Çizelge 4.37 : Tanen katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 1512 saat sonrasındaki pürüzlülük değerlerinin (Rz) Duncan homojenlik grupları.....	89
Çizelge 4.38 : Tanen + nano CeO ₂ 'li örneklerin görsel değerlendirme puanlaması. 92	
Çizelge 4.39 : Tanen + nano ZnO'lu örneklerin görsel değerlendirme puanlaması.. 93	
Çizelge 4.40 : ÜYM + nano metal oksit, kontrol ve referans örneklerinin görsel değerlendirme puanlaması.	93

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Dış ortam koşullarının emprenyeli ahşap malzemeye etkisi	15
Şekil 3.1: Örneklerin zımparalanarak üst yüzey işlemlerine hazırlanması.....	38
Şekil 3.2 : Kızılçam kabuğu ekstraksiyon işlemi.....	39
Şekil 3.3 : %20'lik kızılçam kabuk ekstraktı.....	39
Şekil 3.4 : Üst yüzey işlem uygulaması.....	40
Şekil 3.5 : Hızlandırılmış dış ortam testi cihazı.....	41
Şekil 3.6 : Renk ölçüm cihazı ile yüzeyde renk değişimlerinin belirlenmesi.....	42
Şekil 3.7 : Parlaklık ölçüm cihazı ile yüzeyde parlaklık değişimlerinin belirlenmesi	43
Şekil 3.8 : Yüzey pürüzlülük ölçümlerinin yapılması	44
Şekil 4.1 : Kontrol örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri	94
Şekil 4.2 : Üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri.....	95
Şekil 4.3 : %0,1 valeks taneni + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri.....	96
Şekil 4.4 : %0,5 valeks taneni + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri.....	97
Şekil 4.5 : %1 valeks taneni + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri.....	98
Şekil 4.6 : %0,5 mimoza taneni + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri ..	99
Şekil 4.7 : %1 mimoza taneni + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri.....	100
Şekil 4.8 : %3 mimoza taneni + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri.....	101
Şekil 4.9 : %0,1 kızılçam kabuk taneni + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri	102
Şekil 4.10 : %0,5 kızılçam kabuk taneni + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri	103
Şekil 4.11 : %1 kızılçam kabuk taneni + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri	104
Şekil 4.12 : Üst yüzey işlem maddesi + nano ZnO ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri.....	105
Şekil 4.13 : Referans madde ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri	106
Şekil 4.14 : 1512 saat hızlandırılmış dış ortam testine maruz bırakılan nano ZnO'lu örneklerin görüntüleri	107

Şekil 4.15 : %0,1 valeks taneni + nano CeO ₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri	108
Şekil 4.16 : %0,5 valeks taneni + nano CeO ₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri	109
Şekil 4.17 : %1 valeks taneni + nano CeO ₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri.....	110
Şekil 4.18 : %0,5 mimoza taneni + nano CeO ₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri	111
Şekil 4.19 : %1 mimoza taneni + nano CeO ₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri	112
Şekil 4.20 : %3 mimoza taneni + nano CeO ₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri	113
Şekil 4.21 : %0,1 kızıлчаam kabuk taneni + nano CeO ₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri.....	114
Şekil 4.22 : %0,5 kızıлчаam kabuk taneni + nano CeO ₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri.....	115
Şekil 4.23 : %1 kızıлчаam kabuk taneni + nano CeO ₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri.....	116
Şekil 4.24 : Üst yüzey işlem maddesi + nano CeO ₂ ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri.....	117
Şekil 4.25 : 1512 saat hızlandırılmış dış ortam testine maruz bırakılan nano CeO ₂ 'lu örneklerin görüntüleri	118

AHŞAP MALZEMENİN FOTODEGRADASYONA KARŞI DAYANIKLILIĞININ TANEN VE NANO METAL OKSİTLER İLE ARTTIRILMASI

ÖZET

Çalışmanın amacı, sarıçam ahşap yüzeylerinin 3 farklı konsantrasyonda valeks, mimoza ve kızılçam kabuk taneni ile nano çinko ve seryum oksit katkılı su esaslı akrilik bir üst yüzey işlem maddesi uygulaması ile UV degradasyonuna karşı daha dayanıklı hale getirilmesidir. Bu amaçla üst yüzey işleminde katkı maddesi olarak kullanılacak en etkili tanen çeşidi ile en optimum tanen miktarının belirlenmesi için yüzeyi tanen + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile kaplanmış örnekler, 1512 saat hızlandırılmış dış ortam testine maruz bırakılmıştır. Test süresince örnek yüzeylerindeki renk, parlaklık ve yüzey pürüzlülükleri ile makroskopik değişimler periyodik olarak belirlenmiştir. Çalışmada UV'ye karşı ticari bir nano ahşap kaplayıcı ile muamele edilen örnekler referans olarak kullanılmış, sonuçlar işlem görmemiş kontrol örnekleri ile kıyaslanmıştır.

Test sonrasında tüm örneklerin yüzeyleri koyulaşmış, parlaklığı kaybedilmiş ve yüzeyler pürüzlü hale gelmiştir. Tanen ve nano metal oksitli örnekler kontrol ve referans örneklerine kıyasla daha açık renk, daha iyi stabilite, daha parlak ve pürüzsüz yüzeyler vermiştir. Renk parametreleri ve pürüzlülük değerlerindeki değişim üzerine çinko oksit ile kombinasyonlarda düşük konsantrasyonlu tanen çözeltileri daha iyi sonuçlar vermiş ve sinerjik etki sağlanmıştır. Seryum oksit, çinko okside kıyasla daha etkili bulunmuştur. Çalışmada, kontrol ve referans örneklerinde 48 saat sonundan itibaren çatlak oluşumu gözlenirken test örneklerinde herhangi bir çatlak ve deformasyon oluşmamıştır. Çinko oksit kombinasyonlu örneklerde mimoza ve kızılçam kabuk tanenli örnekler, seryum oksit kombinasyonlu örneklerde valeks ve kızılçam kabuk tanenli örneklerin genel görünümü test sonunda daha iyi bulunmuştur. Sonuçlar, tanen gibi doğal antioksidantların UV dayanımı artırma amacıyla şeffaf üst yüzey işlem maddelerine katılan pahalı inorganik nano parçacıklara alternatif olabileceğini ve bunların kullanım miktarının azaltılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Fotodegradasyon, tanen, renk değişimi, parlaklık değişimi, yüzey pürüzlülüğü, nano metal oksit.

IMPROVEMENTS ON WEATHERING RESISTANCE OF WOOD BY TANNIN AND NANO METAL OXIDES

SUMMARY

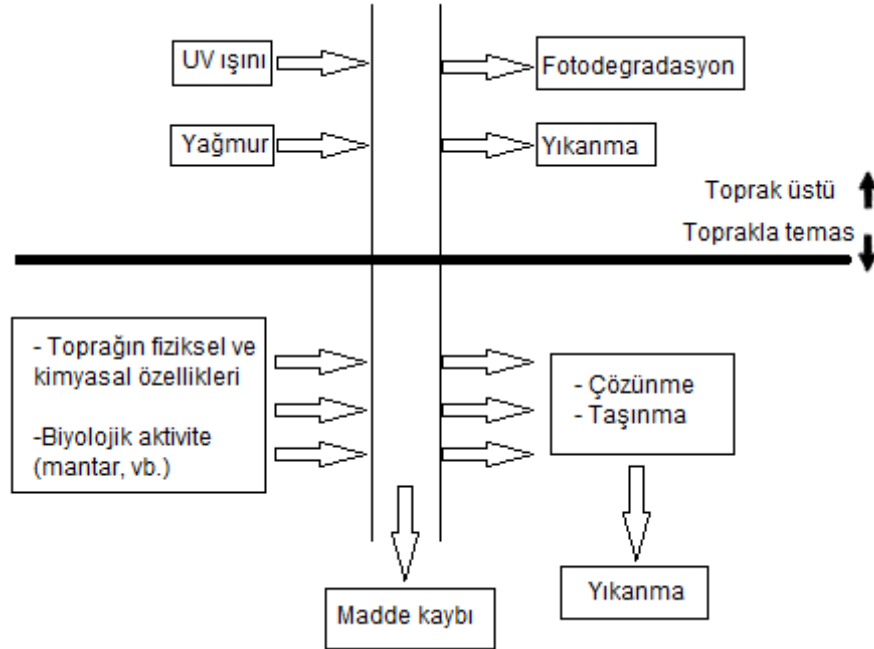
The aim of this study was to improve UV resistance of Scots pine wood in outdoors by coating the surfaces with a water based stain reinforced with 3 different concentration levels of valex, mimosa and Pinus brutia bark tannins, and zinc and cerium oxide nano particles. For this purpose, samples coated with tannin + nano metal oxide reinforced stain were exposed to accelerated weathering for 1512 hours. Commercially available nano coating was used as a reference chemical. Color, gloss, surface roughness and macroscopic changes were evaluated periodically during the test, and the results of coated samples were compared with controls.

Results showed that wood surfaces got dark color, lost the gloss and become rougher after the weathering test. Samples with tannin and nano metal oxide reinforced stains showed better surface properties than control and reference samples. Color parameters and surface roughness values clearly showed low tannin concentrations gave better results in tannin and nano zinc oxide combinations. Cerium oxide was found to be more efficient on protection of wood surfaces in comparison to zinc oxide. Cracks were observed in control and reference samples after 48 hours of weathering period while there was not any crack formation on the test samples. General condition of samples seemed to be better for mimosa and pine tannins for zinc oxide combinations, and valex and pine tannins for cerium oxide combinations after the weathering test. Results of such a combination system clearly showed amount of expensive inorganic nanoparticles could be reduced with the addition of natural antioxidants into transparent coatings.

Keywords: Photodegradation, tannin, color changes, gloss changes, surface roughness, nano metal oxide.

1. GİRİŞ

Üç boyutlu polimerik bir malzeme olan ahşabın, ağırlığına oranla yüksek dirence sahip olması, ısı, elektrik ve ses yalıtımına olanak sağlaması, yanma olayında çeliğe kıyasla sergilediği üstünlük, estetik ve görünüm özelliklerinin tercih edilmesi, kolay işlenmesi, işlenme maliyetinin az olması gibi diğer yapı malzemelerine kıyasla önemli avantajları bulunmaktadır. Ancak bu avantajlarının yanı sıra bazı önemli dezavantajları da bulunmaktadır. Mantarlar, böcekler ve oyucu deniz organizmaları gibi biyotik zararlılar ile rutubet, dış hava koşulları, kuvvetli asit ve bazlar gibi abiyotik zararlılara karşı dirençli bir yapısının olmaması nedeniyle empenye edilerek kullanılması gerekmektedir (Bozkurt vd. 1993; Tomak, 2011; Yıldız, 2005). Dış ortam koşullarının empenyeli ahşap malzemeye etkisi Şekil 1.1’de gösterilmiştir (Temiz, 2005).



Şekil 1.1 : Dış ortam koşullarının empenyeli ahşap malzemeye etkisi

Ahşap malzeme kullanım yerine uygun empenye maddeleri ile empenye edilmesi durumunda, uzun yıllar herhangi bir tahribat olmaksızın su basma seviyesinin üstündeki ve altındaki kullanım yerlerinde değerlendirilebilmektedir (Bozkurt vd.

1993; Yıldız, 2005). Klasik ahşap koruma kavramı, ahşabın çeşitli biyositlerle (kreozot, arsenik, çinko, bakır, krom vb. zehirli maddeler) empenye edilmesi esasına dayanmaktadır. Ahşap koruma endüstrisinde, 20. yüzyılın başından günümüze doğru gelişen süreçte asıl değişim ahşap koruma maddelerinde olmuştur. Kreozot ve CCA (bakır/krom/arsenik) dünya çapında en çok kullanılan empenye maddelerinin başında gelmektedir (Yıldız, 2005). Ancak, bileşiminde arsenik, krom gibi zehirli maddeler bulunduran empenye maddeleri ile empenye edilen ahşap kullanım ömrünü tamamlayıp atıl hale geldiğinde ortaya çıkan atık sorunu artan çevresel baskılara yol açmaktadır (Gezer, 2003; Humar vd. 2005). Arsenik içeren CCA'nın ahşap koruma endüstrisindeki kullanımı ve atıl hale gelen CCA'lı malzemenin yeniden değerlendirilmesi 2003'den itibaren Amerika'daki Çevre Koruma Örgütü (EPA) ve Kanada'daki Atık Yönetimi ve Düzenleme Kurumu (PMRA) tarafından sınırlandırılmıştır. Bu karar Avrupa Birliği Ülkeleri ve Batı Avrupa Ahşap Koruma Enstitüsü (WEI-IEO) tarafından da kabul edilmiştir (EPA, 2010; Gezer, 2003; Tomak, 2011). Zehirli empenye maddelerinin kullanımına ilişkin son zamanlardaki baskı ve yasaklar, ahşap koruma endüstrisini daha çevre dostu ahşap koruyucu maddeleri kullanmaya ve geliştirmeye zorunlu kılmıştır. Dayanıklılığı sağlayan empenye sistemleri hem üretimde hem de kullanımda sürdürülebilir olmalıdır. Ayrıca, kullanım ömrünü tamamlayan empenyeli malzemelerin içeriğindeki kimyasallar herhangi bir probleme yol açmadan enerji üretimi için yakılarak bertaraf edilebilir olmalı ya da kompozit malzemelere dönüşüm için ikinci bir lif kaynağı olarak değerlendirilebilir olmalıdır (Koski, 2008; Tomak, 2011). Günümüzde ahşap koruma amaçlı daha çok bakır ve krom esaslı empenye maddeleri ile borlu bileşikler kullanılmaktadır. Çevre dostu borlu bileşiklerin, ahşapta biyolojik dayanımı sağlamasına rağmen, kolaylıkla yıkanabilmesi nedeniyle su ile temas eden yerlerde kullanımı uygun değildir. Krom içeren empenye maddelerinin kullanımı da çevresel baskılar ile karşı karşıyadır ve empenye maddesi üreticileri yeni nesil kromsuz maddeler geliştirmeye zorunlu bırakılmaktadır. Bu açıdan ahşap modifikasyon yöntemleri, yüzey kaplayıcılar, boyalar ve bitkisel ekstrakt gibi biyolojik kökenli malzemeler önemli bir yer teşkil etmekte ve bu yöntemlere talep günden güne artmaktadır.

Günümüzde çevreye karşı zehirlilik özelliği göstermeyen doğal ürün esaslı koruma maddeleri (bitki, kabuk, özodun ekstraktifleri ve yağları, vakslar, reçineler, tanen

vb.) geleneksel emprenye maddelerine alternatif olabilme potansiyeli taşımaktadır. Ahşap işleyen endüstrilerde ve orman işletmelerinde tomruk üretimi sırasında ortaya çıkan kabuk önemli bir atık durumundadır ve bu kabuklar potansiyel tanen kaynağıdır. Kabuk ekstraktlarının ahşap koruma amacıyla kullanılmasında mantar, bakteri, termit gibi ahşap tahrip edici organizmalara karşı biyolojik dayanımı iyileştirilmiş malzemeler eldesi literatürde belirtilmektedir. Ayrıca kabuk ekstrakt katkılı üst yüzey işlem uygulamalarında ahşap yüzeylerin ultraviyole ışınlarına (UV) karşı dayanım göstermesinde umut verici sonuçlar alınmıştır. Ticari öneme sahip bitki tanenlerinin ahşabın dayanımını arttırmayı konu alan çalışmalar çevre dostu ürün geliştirilmesi açısından önemlidir.

Tanenlerin ahşap malzemelerin korunmasına yönelik araştırılmasını konu alan çalışmaların çoğunluğu ahşabın tanenler ile emprenyesinin ardından biyolojik dayanımın belirlenmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalarda çoğunlukla ticari olarak temin edilebilen tanenler (mimoza, kebraho, valeks, sumak, mazı vb.) kullanılmıştır (Bernardis ve Popoff, Calegari vd. 2014; Jasni vd. 2001; Şen, 2001; Şen vd. 2002, 2009; Şen ve Hafizoğlu, 2008; Şimşek, 2013; Taşcıoğlu vd. 2012, 2013; Tırak, 2006; Tomak ve Gönültaş, 2018; Yamaguchi ve Okuda, 1998). Literatürde tanenlerin ahşabın UV degradasyonuna etkisini konu alan sınırlı sayıda çalışma vardır. İğne yapraklı odun kabuğu ya da ibrelerinden ekstrakte edilen doğal antioksidantların UV'ye karşı katkı maddesi olarak üst yüzey işlem maddesi ile birlikte değerlendirilmesi Kocaefe ve Saha (2012), Saha vd. (2011a; 2011b), Saha vd. (2013a; 2013b) tarafından araştırılmıştır. Ülkemizde kızılçam kabuk ekstraktları ile muamele edilen ahşap veya levha örneklerinin biyolojik dayanım özelliklerinin araştırıldığı çok sayıda çalışma ile karşılaşmıştır (Nemli vd. 2006; Şen, 2001; Şen vd. 2002, 2009; Şen ve Hafizoğlu, 2008; Tırak, 2006; Taşcıoğlu vd. 2012, 2013). Ancak ülkemiz odun türü tomruklarının kabuk atıklarından laboratuvar koşullarında elde edilen kızılçam kabuk taneni çözeltilisinin kullanıldığı ve UV performansının diğer ticari tanen (valeks ve mimoza) çözeltilerine kıyasla ne ölçüde olduğu henüz araştırılmamıştır. Tez çalışmasında 3 farklı tanen çözeltilisinin (ülkemiz ticari taneni: valeks; yabancı ülke ticari taneni: mimoza; laboratuvarında üretilen kabuk taneni: kızılçam) nano çinko ve seryum oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile birlikteli etkisi araştırılmıştır. Ayrıca, ticari bir UV koruyucu üst yüzey işlem maddesine kıyasla alternatif bir madde olmaları değerlendirilmiştir. Özetle çalışmada;

1. Tanen ve nano metal oksitlerin akrilik esaslı şeffaf bir üst yüzey işlem maddesine katılabilirliğini belirlemek ve olası bir UV koruyucu katkı maddesi olarak değerlendirmesini yapmak,
2. Nano çinko ve seryum oksidin tanenler ile birlikte kullanılabilirliğini incelemek,
3. Tanen gibi doğal antioksidantların UV dayanımı artırma amacıyla şeffaf üst yüzey işlem maddelerine katılan pahalı inorganik nano parçacıklara alternatif madde olabilme durumlarını belirlemek,
4. Orman Ürünleri Endüstrisinde kabuk atıklarından elde edilen tanenin katma değeri yüksek ürünlere dönüşümüne katkı sağlamak,
5. Sarıçam gibi az dayanıklı ahşap türüne ekonomik değer kazandırmak ve teknolojik bilgiler elde etmek,
6. Ahşap koruma alanında klasik emprenye ve üst yüzey işlem maddeleri ile bu maddelerin kullanım yeri kısıtlamasına çevre dostu alternatif yeni yaklaşımlar geliştirmek hedeflenmiştir.

1.1 Ahşabın Temel Kimyasal Yapısı

Ahşap bileşenlerinin oranı, temel olarak %40-50 oranında selüloz, %20-35 oranında lignin, %15-35 oranında hemiselüloz gibi organik bileşiklerden ve %5-20 oranında organik ekstraktiflerden oluşmaktadır. Bu oranlar ahşap türüne, yaşına ve çevresel şartlara göre değişiklik göstermektedir. Selüloz, hücre çeperinin asıl iskeletini, hemiselüloz, lignin ve pektin bu iskeleti çevreleyen ve boşlukları dolduran ara maddeyi meydana getirir (Ahmed, 2000; Bozkurt vd. 1993). Ahşabın fiziksel ve mekanik direnç özellikleri büyük ölçüde selülozdan etkilenmektedir (Bozkurt ve Göker, 1996; Bozkurt ve Erdin, 2000). Ayrıca selüloz termitler ve diğer ahşap tahripçisi organizmalar için temel enerji kaynaklarından birisidir (Ahmed, 2000). Kristal ve amorf olmak üzere ard arda dizilen iki farklı yapı gösteren bölgeden selüloz molekülleri birbirlerine güçlü hidrojen bağları ile bağlanır (Nupponen, 2005) ve ortalama polimerizasyon derecesi yaklaşık olarak 10.000'dir (Bozkurt ve Göker, 1996). Molekül zinciri β -D-mannopiranoz ve β -D glukopiranoz birimlerinden oluşan hemiselülozlar selüloz mikrofibrilleri arasında yer almakta olup 150-200 gibi daha düşük polimerizasyon derecesine sahiptirler (Nupponen, 2005). Lignin çok karmaşık yapıda, birbirlerine eter ve C-C bağları ile bağlı olan fenilpropan birimlerinden

oluşan üç boyutlu bir polimerdir (Nupponen, 2005). Lignin miktarı hücre çeperleri arasındaki orta lamelde en yüksektir (Bozkurt ve Göker, 1996) ve hücre çeperinde hücreye sertlik verme, basınç direncini artırma ve hidrofobik özellik kazandırma konularında etkin rol oynamaktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000). Ultraviyole (UV) bozunması, karakteristik renk değişikliklerinden sorumlu olan lignin yapısından kaynaklanır (Temiz, 2005). Ahşaptaki ekstraktif maddeler ahşabın yapısal bir bileşeni değildir ve heksan, aseton ve dietileter gibi organik çözücüler ile uzaklaştırılabilmektedir (Bozkurt ve Göker, 1996; Nupponen, 2005). Bunlar genellikle terpenler, reçineler, polifenoller, şekerler, yağ asitleri ve tanenlerdir. Bu maddeler çoğunlukla öz odunda toplanmıştır ve ahşabın renk, koku, geçirgenlik, dayanıklılık ve yoğunluğunu etkileyerek ona bazı özellikler kazandırmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1996).

1.2 Ahşabın Fotodegradasyonu

Bozundurucu dış ortam koşulları ahşabın yüzeyinde renk değişimine, grileşmeye ve yüzey kalitesinin bozulmasına sebebiyet veren karmaşık fiziksel ve kimyasal değişimlere neden olur (Derbyshire ve Miller, 1981). Dış ortam koşullarına maruz kalma süresinin artmasıyla ahşaptaki bu değişimleri, mantar gelişimi, çatlama ve yarıma ile eğrilmeler takip eder (Williams, 2005). Degradasyon mekanizması ahşap türü, güneş ışığı, rutubet, sıcaklık, oksijen, atmosferik kirlilik, kimyasallar, sıcak/soğuk, rüzgar aşındırması ve biyolojik faktörlerden etkilenmektedir (Feist ve Hon, 1984; Williams, 2005). Bu faktörler arasında UV ve suyun etkisinin çok önemli olduğu düşünülmektedir (Anderson vd. 1991a; Feist ve Hon, 1984; Temiz vd. 2005, 2007; Zhang vd. 2009). Ahşabın fotodegradasyonunda etkili faktör, yapısındaki kromoforik gruplardır. Ahşap bileşenlerindeki kromoforik gruplar karbonil, karboksil, kinon, peroksit, hidroperoksit, konjuge çifte bağlar, asetil vb.'dir (Feist ve Hon, 1984; Temiz, 2005; Williams, 2005). Ahşapta fotodegradasyonun olabilmesi için kimyasal bağların yeterli ışık ile koparılması gerekmektedir. Güneş ışığı bu etkiye sahiptir. Fotodegradasyonda ahşap bileşenleri içerisinde en çok lignin etkilenmekte olup (%80-90), UV etkisiyle serbest radikaller oluşturmakta ve yüzey kimyasında değişikliklere neden olmaktadır. Karbonhidratların UV ışığını absorplama etkisi %5-%20 ve ekstraktiflerin %2 olduğu belirtilmiştir (Temiz, 2005). Kromoforik grup ve ışık etkisinin yanısıra su ve oksijen de ahşabın dış ortam

degradasyonunda önemli bir rol oynamaktadır. Su molekülleri ahşap yapısına penetre olup hücre çeperini genişleterek hidrojen bağlarında bir azalmaya neden olmakta, serbest radikalleri kendilerine çekebilmekte ve onlarla etkileşime girebilmektedir. Ahşap rutubetinin %5-7 oranında olması serbest radikal oluşumunu engellemektedir ancak ahşaptaki bu değerlerden daha fazla olan rutubet, serbest radikal oluşumunu arttırmaktadır. Oksijen ise oksidant olarak, serbest radikaller ile tepkimeye girerek polimerik peroksi radikalleri ve peroksitleri oluşturmaktadır. Bu yüzden oksijen, serbest radikallerin oluşumunu sağlamakta ve ışık etkisiyle oluşan oksitlenmede bir rol oynamaktadır. Sıcaklık ve hava kirliliği, serbest radikallerin ışık tarafından oluşumunu hızlandırır, ahşabın ışığı absorplama aralığını genişletebilir veya yeni absorplama merkezleri oluşturabilirler. Sıcaklık ile ahşapta çatlaklar ve yarıklar oluşabilir (Temiz, 2005).

Ahşaptaki UV degradasyonu sonucu metoksil ve lignin içeriğinde bir azalma, karboksil ve asidite oranında bir artış meydana gelmektedir. Sonuç olarak, dış ortam koşullarına maruz bırakılan ahşap yüzeyleri selüloz bakımından zengin olmakta ve çözünebilir yapıdaki lignin bozunma ürünleri yağmur suları ile yıkanmaktadır (Temiz, 2005). Ahşap yüzeyinde ışık ve suyun etkisiyle renk değişimi ve koyulaşmalar, açıklıklar ve çatlaklar meydana gelmektedir. Hücre çeperi bağlarının dayanımı yüzeye yakın olan yerlerde kaybedilir ve bunun sonucunda degradasyon oluşur. Dış hava koşulları devam ettiği sürece bozunmaya uğraşmış kısımlarda erozyon devam eder. Dış ortam koşullarına bırakılan ahşap yüzeylerinde ilk değişiklik yüzeyin sararmasıdır. Daha sonra renk açılmakta ve son olarak esmer koyu renge dönmektedir. Renk değişiminin temel nedeni UV ışınlarının oksijen ve ozon gibi oksidatif faktörler ile sıcaklık ve rutubetin birlikte etkisi sonucunda lignin ve karbonhidratları depolimerize etmesidir (Feist ve Hon, 1984; Temiz, 2005; Temiz vd. 2007; Williams, 2005). Ahşapta meydana gelen renk değişimlerinin yüzeylerde bulunan kinonlardan kaynaklandığı belirtilmektedir (Temiz, 2005). Ancak degradasyon oldukça yavaş olup 100 yılda 5-6 mm'dir (Williams, 2005). Yoğunluğu yüksek olan ahşap türlerinde erozyon daha düşük olup (Temiz, 2005), fotodegradasyona karşı dayanım daha iyidir (Anderson vd. 1991b). Dış ortam koşulları nedeniyle oluşan tüm bu değişiklikler ahşap bileşenlerini etkiler, estetik görünümünü önemli ölçüde bozar ve ahşabın fiziksel, mekanik ve biyolojik özelliklerini etkileyerek (Evans vd. 2005; Williams, 2005) servis ömrünü kısaltır.

1.3 Ahşabın Fotodegradasyondan Korunmasına Yönelik Emprenye Maddeleri ve Yöntemleri

Ahşap malzemenin fotodegradasyona karşı daha dayanıklı hale getirilmesi için çeşitli yöntemler önerilmiş olup bunlar aşağıda belirtilmiştir (Temiz, 2005):

1. Ahşap malzemenin yüzeyinin UV koruyucularla kaplanarak UV ışığının engellenmesi,
2. Asetillendirme, metillendirme, benzenlendirme, vb. yöntemler ile ahşap yapısı içinde bulunan ışığı absorbe eden birimlerin modifiye edilmesi,
3. Oksidatif ağartma, NaBH_4 'le ve polietilen glikol ile muamele, vb. ile renk değişikliğine neden olan yapıların giderilmesi,
4. Oksijen çıkarılması,
5. Fenolik amin kullanarak radikal oluşumunun engellenmesi ile ışık etkisi boyunca meydana gelen serbest radikallerin bertaraf edilmesi.

Ahşap yapısı içinde bulunan ışık absorplama birimlerinin modifiye edilmesi için a-karbonil, konjuge $\text{C}=\text{C}$ çifte bağlar ve fenolik hidroksil grupları gibi ahşaptaki temel kromoforik grupların modifiye edilmesi zorunludur. Bu amaçla, asetillendirme, metillendirme, hidrojenlendirme, benzenlendirme, esterlendirme gibi fotodegradasyonu azaltıcı yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır (Dizman vd. 2005; Grelier vd. 2000; Liu, 1997; Temiz, 2005). Ancak yapılan çalışmalarda, bu yöntemlerle UV'ye karşı orta derecede başarılı sonuçlar alındığı belirtilmiştir (Williams, 2005).

Diğer bir yöntem krom, demir ve bakır gibi suda çözünen maddeler ile emprenye etmektir (Feist ve Hon, 1984; Liu vd. 1994). Fotokimyasal reaksiyonda aktif bileşenler olan serbest fenolik gruplarla bu metal iyonlar arasında oluşacak ahşap-iyon kompleksiyle ahşapta meydana gelebilecek degradasyonlar önlenir (Temiz, 2005). Bakır ve krom bazlı emprenye maddeleri karbonil gruplarını ve delignifikasyonu azaltarak fotodegradasyonu azaltırlar (Grelier vd. 2000; Nejad ve Cooper, 2011; Temiz vd. 2005). %5-10 konsantrasyondaki kromik asidin ahşabı dış ortam koşullarına ve fotokimyasal degradasyona karşı etkili bir şekilde koruduğu bulunmuştur (Feist ve Hon, 1984; Williams, 2005). Ahşabın CCA ile emprenyesinde CCA yapısında bulunan kromum lignin guayasil birimleriyle kompleks oluşturarak

ahşap yüzeyinin UV'ye karşı kararlı (Temiz, 2005) ve erozyona karşı dayanıklı hale getirdiği (Feist ve Ross, 1995; Nejad ve Cooper, 2011) bildirilmiştir. Ülkemizde ve dünya genelinde ahşap malzemenin korunması amacıyla yaygın olarak bakır bazlı emprenye maddeleri kullanılmaktadır. Alkilamonyum bileşikleri (AACs), CCA, amonyak bakır quat (ACQ 1900 ve ACQ 2200), tanalith-E 3491 ve wolmanit CX-8 ile emprenye edilen ahşabın dış ortam koşullarına karşı dayanımı Jin vd. (1991) ve Temiz vd. (2005) tarafından rapor edilmiştir. Ahşabın azol ve bakır etanolamin ile empreye edilmesi fotodegradasyona karşı koruma sağlar ve ahşabın hidrofobikliğini artırır (Cornfield vd. 1994; Zhang ve Kamdem, 2000). Bakır, ahşap bileşenleri ile bakır-selüloz kompleksi, bakır-lignin kompleksi ve kristal yada amorf inorganik/organik bakır bileşikleri gibi kompleksler oluşturarak, degradasyonu azaltır (Greliev vd. 2000; Temiz vd. 2005). Ahşap bileşenleri ile inorganik iyon arasındaki metal kompleks oluşumu Zhang ve Kamdem (2000) ve Zhang vd. (2009) tarafından da kabul edilmiştir.

Ahşabın dış ortam bozunmalarından korunması için uygulanan diğer bir yöntemde yüzey işlemleriyle (boyalar, vernikler, cilalar, su itici maddeler vb.) UV ışığının ve suyun ahşap içerisine girmesinin engellenmesidir (Evans vd. 2005; Temiz, 2005; Williams, 2005). Su itici maddeler, zaman içinde etkinlikleri kaybetmeleri nedeniyle kalıcı sonuçlar verememektedir. Son yıllarda ahşabın dokusunu, rengini ve tekstürünü kapatmayan şeffaf ve yarı şeffaf üst yüzey işlem maddesine talep artmaktadır (George vd. 2005; Jirous-Rajkovic vd. 2004; Scrinzi vd. 2011). Uçucu organik bileşiklerde (Volatile Organic Component-VOC) öngörülen limit değerlerinin düşük tutulması gibi nedenlerle su bazlı vernik ve boyaların önemi artmakta, solvent bazlı sistemlere göre daha çevre dostu ürünlerin eldesi sağlanabilmektedir (Schaller vd. 2012). Ancak, çoğu kez su bazlı reçine, boya veya vernik sistemlerinde sertlik azalması gözlenmekte ve bu durum dış etkenlere karşı dayanıklılığı belirlemede bir gösterge olmaktadır (Budakçı vd. 2009). Üst yüzey işlem maddelerinin etkisi, çevresel faktörlere, üst yüzey işlem maddesine, maddenin opaklığına, ahşap türüne, ahşaptaki rutubete, fotokimyasal degradasyona, mavi renk ve küf mantarlarınca oluşturulan mikrobiyolojik degradasyona bağlıdır (Meijer, 2011). Çoğu kez, vernik gibi şeffaf üst yüzey işlemleri UV ışınlarına karşı hassastır ve UV ışınları ahşaba geçerek lignini bozundurlar (Aloui vd. 2007; George vd. 2005; Jirous-Rajkovic vd. 2004). 1 ya da 3 yıl gibi bir süre içerisinde üst yüzey işlem

maddesi çatlamalar ve soyulmalar ile karşı karşıya kalabilmektedir (Evans vd. 2005). Şeffaf üst yüzey işlem maddelerinin fotodegradasyona maruz kalabilmesi ve zaman içerisinde ahşap yüzeyi ile kaplama arasında yapışmanın azalması bu maddelerin bazı yerlerdeki kullanımını önemli ölçüde sınırlandırmaktadır. Üst yüzey maddesine katılan UV soğurucular (UVA) ve engelli amin ışık koruyucuları (HALS), ışığa karşı stabiliteyi arttırarak uzun süreli koruma sağlarlar (Aloui vd. 2007; Schaller vd. 2008, 2009). Hydroxyphenyl-s-triazines (HPT) içeren UV soğurucular oldukça dayanıklıdır (Schaller vd. 2008). UV absorbe edicilerin şeffaf akrilik reçine ile birlikte kullanılması ve artan UV dayanımı Özgenç (2014) tarafından belirtilmiştir. Şeffaf veya yarı şeffaf boya ya da vernik içerisindeki nano metal oksitlerin UV ışınlarını absorbe edebildiği belirtilmiştir (Blanchard ve Blanchet, 2011). Nano parçacıkların üst yüzey işlem maddesi ile birlikte kullanımında en çok nano silikon dioksit (SiO₂), nano titanyum dioksit (TiO₂) ve nano çinko oksit (ZnO) kullanılmış olup nano ZnO'nun daha iyi etkinlik sağladığı belirtilmiştir (Zhou vd. 2005). Literatürde, ahşabın UV'ye karşı dayanımını arttırmak için üst yüzey maddesine UVA ve HALS katılarak yapılan pahalı uygulamalar oldukça fazladır. Üst yüzey işlem maddelerine katılan organik ışık stabilize edici maddeler geri dönüşümü olmayan petrol esaslı sentetik ürünlerdir ve çevreye karşı olumsuz etkileri vardır. Doğal polifenoller antioksidant özellikleri ile bilinmekte olup sentetik antioksidantların yerini almaya başlamıştır. Birçok doğal polifenol budakta, odunda ve kabukta bulunmaktadır. İğne yapraklı odun kabuklarında yüksek oranda polifenollerin bulunması nedeniyle antioksidant etkiye sahiptir ve sentetik UV stabilize edici maddelere kıyasla zehirli özellik göstermeyen ve yenilenebilir bir doğaları vardır (Saha vd. 2013).

Daha önce de değinildiği gibi zehirli empenye maddelerinin kullanımına ilişkin baskı ve yasaklar, ahşap koruma endüstrisini çevre dostu ahşap koruyucu maddeleri kullanmaya ve geliştirmeye zorunlu kılmıştır. Son yıllarda, dış etkenlere ve UV'ye karşı sınırlı etkinlik gösteren boya, reçine ya da vernik içerisine UV dayanım özelliği sergileyen nano metal oksitler, bitkisel ekstrakt gibi biyolojik kökenli malzemelerin katılmasıyla UV ışınlarının absorbe edildiği çalışmalar önem kazanmıştır.

1.4 Tanenler

Tanenler birçok bitkinin odun, dal, yaprak, kabuk ve meyvelerinde bulunan fenolik yapıdaki doğal biyopolimerlerdir. Doğal ürün esaslı tanenlerin etkinlikleri, tanenin

türüne, alındığı orjine, kimyasal bileşimine, yetiştirildiği coğrafi bölge ve iklim şartları başta olmak üzere birçok faktöre göre değişiklik gösterebilmektedir. Tanenler açık kahverenginden beyaza kadar değişik renklerde ilginç kokusu ve buruk bir tadı olan amorf toz şeklindedir. Tanenler alkaloid, jelatin ve diğer proteinlerle çökeltme reaksiyonları verebilen doğal fenolik maddelerdir (Khanbabaee ve Ree, 2001). Griffith (1991) tanenleri makromolekül fenolik maddeler olarak tanımlamış, hidrolize ve kondanse tanenler olmak üzere iki ana gruba ayırmıştır. Hidrolize tanenlerin dünya çapındaki sınırlı üretimlerinden dolayı onlara karşı olan kimyasal ve ekonomik ilgi kondanse tanenlere göre oldukça düşüktür (Pizzi, 1983). Hidrolize tanenler özellikle kestane, Terminalia, Phyllanthus, divi-divi (*Caesalpinia coriaria*), meşe ve sumak ekstraktlarından elde edilen pirogallol, gallik ve ellagik asit gibi basit fenollerden oluşan bileşiklerdir (Gönültaş, 2013). Dünyada her yıl yaklaşık 200.000 ton ticari tanen üretilmektedir ve bu üretimin %90'dan fazlası kondanse tanenlerdir (Pizzi, 2006). Kondanse tanenlerin ana bileşenleri kateşinler (flavan-3-oller) ve lökoantosiyanidinler (flavan-3, 4-dioller)'dir. Özellikle *Acacia* ve *Quebracho* özünde bulunan kondanse tanenler birçok araştırmaya konu olmuştur (Gönültaş, 2013).

Bitki polifenollerini yaşamın birçok aşamasında faydalanılan geleneksel bileşiklerdir. Günümüzde bu polifenolik bileşiklere ilgi daha çok onun antioksidant özelliğinden dolayıdır. Sepicilikte kullanılan tanenler genelde hidrolize tip tanenlerdir. Mimoza, kebraho, sumak, meşe kabuk taneni ve çam tanenleri değişik amaçlar için üretilen doğal boyaların bileşiminde bulunmaktadır. Özellikle tekstil endüstrisinde tanen içeren doğal boyalara olan ilgi sağlık üzerindeki etkileri nedeniyle her geçen gün artmaktadır (Gönültaş, 2013). Ticari olarak önemli olup yurdumuzda üretimi yapılan önemli sepi maddelerimiz meşe (*Quercus ithaburensis*) palamudu, çameks (çam kabukları), sumak (*Rhus coriariae*) yaprakları ve meşe (*Quercus infectoria*) mazısıdır. Bunlar arasında özellikle meşe palamudu (valeks) ve kızılçam kabukları yurdumuza has sepi maddeleri arasında kabul edilmektedir. Bitkisel sepi maddelerimiz yurt içinde geniş bir kullanım alanına sahip olmakla birlikte yurt dışına da ihraç edilmektedir (Şen ve Hafizoğlu, 2008).

Tanenler bitkilerde, patojen saldırıları engelleme, oksidasyon ve UV degradasyonunu engelleme gibi koruyucu role sahiptir (Grisby vd. 2014). Fenolik yapılarından dolayı fungusit ve insektisit özelliklere sahip olan bitkisel ekstraktların ve tanenlerin çevreye

zararlı özellikleri bulunmamaktadır (Şen ve Hafızoğlu, 2008). Antioksidant ve UV absorbe etme özellikleri hidroksilasyon derecesine bağlıdır (Grigsby vd. 2014). Kondanse tanenler doğal emprenye maddeleri olarak anti-fungal maddelerdir ve proteinler ile kompleksler oluşturarak mantar enzimlerinin degrade edici etkilerini engellerler (Laks vd. 1988). Ayrıca metal tuzları (çinko, bakır, demir, alüminyum vb.) ile kompleksler oluşturarak yıkanmaya dayanıklı ve biyolojik dayanımı iyileştirilmiş emprenye maddesi formülasyonlarının hazırlanmasını sağlayabilirler (Lotz ve Hollaway, 1988; Scalbert vd.1998). Bitkisel kökenli doğal ürünlerin (bitki ekstraktlarının, uçucu yağların, vaksların, reçinenin, tanenlerin, özodun ekstraktiflerinin vb.) ahşap koruma alanında kullanılabilirliğine ilişkin bir derleme çalışması Singh ve Singh (2012) tarafından yapılmış ve sözkonusu doğal ürünlerin kullanılması ile umut verici emprenye maddesi formülasyonlarının hazırlanabileceği belirtilmiştir.

Ülkemiz 2015 yılı rakamlarına göre 498.642.042 m³'lük levha (kontrplak, kaplama, yongalevha, liflevha vb) üretimi ile Avrupa'da ve dünyada söz sahibi bir kapasiteye sahiptir. Liflevha üretiminde Avrupa'da 1. ve dünyada 2. sırada; yongalevha üretiminde Avrupa'da 3. ve dünyada 5. sırada yer almaktadır (Kocaeli Ticaret Odası Raporu, 2016). Bu sonuçlar ahşap levha sektöründe üretim prosesi sonrasında önemli miktarlarda atık kabuğun ortaya çıktığını göstermektedir ve bu kabuklar potansiyel tanen kaynağıdır. Ülkemizde tanenin elde edilebileceği bir diğer atık kaynağı ise orman işletmeleri tarafından ağaçların kesilerek tomruk üretimi sırasında kabuklarının soyulması ile ortaya çıkmaktadır. Atık kabuğun büyük miktarlarda olması söz konusu atığı uygun bir şekilde bertaraf etme ihtiyacını doğurmuştur. Ancak kabuk önemli bir biyokütle kaynağıdır ve optimum ekonomik şartlarda değişik proseslerle kabuktan maksimum düzeyde yararlanılması ve çevre kirlilik etkileri de önlenerek bu biyokütle kaynağının ekonomiye kazandırılması mümkündür (Gönültaş, 2013).

1.5 Orman Ürünlerinde Nanoteknoloji ve Uygulamaları

Bugün sağlık alanından, elektrik-elektronik, bilgisayar, tekstil ve kozmetik gibi birçok alanda “nanoteknoloji” terimi ve ürünleri ile karşılaşmaktayız. Nanoteknolojinin önümüzdeki 10 yıl içerisinde 1 trilyon dolar pazara sahip olacağı ve 2 milyon yeni iş alanı çıkartacağı tahmin edilmektedir (Candan ve Akbulut,

2013). Nanoteknoloji, ahşap koruma alanında çevre dostu yeni metal biositlerin kullanımıyla, ahşabın doğal görünümünü değiştirmeden çizilme ve aşınma direnci iyileştirilmiş, emprenye edilebilirliği yüksek, su itici, temizlenebilir/kendi kendini temizleyebilir, dış ortam koşullarına dayanıklı, kimyasallara ve yanmaya dayanıklı, UV özelliği gösteren, kalıcı, anti fungal ve anti bakteriyel özellikler gösteren ahşap yüzeyler ve akıllı malzemeler elde edilmesini sağlayabilir, ve ham malzemenin etkinliğini ve servis ömrünü arttırarak çevre kirliliğinin ve enerji giderlerinin azalmasına neden olabilir (Akhtari ve Arefkhani, 2010; Fufa ve Hovde, 2010).

Nano modifiyeli ahşap polimer kompozitler, fiziksel, termal ve mekanik özelliklerin iyileştirildiği ürünler eldesinde umut veren yeni teknolojik ürünlerdir (Devi ve Maji, 2012). Ahşap ve levha uygulamalarında nano oksit (TiO_2 , ZnO , SiO_2 ve CeO_2), nano metal parçacıklar (Ag vb.) ve nano killer saf olarak veya diğer katkı maddelerine katılarak kullanılmaktadır (Fufa ve Hovde, 2010). Yanmaya karşı kil, SiO_2 ve TiO_2 ; higroskopik özellikler açısından kil, seryum oksit (CeO_2), SiO_2 ; UV dayanımı açısından TiO_2 , ZnO ve CeO_2 ; biosit özellikler açısından gümüş (Ag), SiO_2 ; çizilme ve aşınma dayanımı açısından SiO_2 'nin kullanılabilmesi rapor edilmiştir (Fufa ve Hovde, 2010). Nano parçacıklar, hücre çeperindeki por büyüklüğünü ve alanını azaltarak su moleküllerinin ahşap içine girmesini engeller, büyük alan/hacim oranı ile ahşabın zayıf UV dayanımını iyileştirir, ahşaptaki rutubeti azaltarak ve suyun ahşap içerisine giriş yollarını bloke ederek anti-mikrobiyal olarak etki yapar ve ahşaptaki boşlukları doldurarak sertliği arttırır (Fufa ve Hovde, 2010). Nano metallerin sahip oldukları karakteristik özellikler (büyüklük, toz-sıvı formu, konsantrasyon vb.) ahşap koruma uygulamalarında performansı önemli ölçüde etkilemektedir (Akhtari ve Arefkhani, 2010; Blanchard ve Blanchet, 2011). 1-100 nm büyüklüğündeki nano metaller kimyasalın ahşaptaki penetrasyonu önemli ölçüde arttırabilir. Eğer partikül büyüklüğü ahşaptaki pencere tipi geçit çapından (<10,000 nm) ve kenarlı geçitlerden (400–600 nm) daha küçük ise, penetrasyonun homojen bir dağılım içinde olması beklenir (Akhtari ve Arefkhani, 2010). Nano bakır ve demir oksidin ahşaptaki dağılımı Matsunaga vd. (2009) tarafından araştırılmıştır. Nano bakır ile emprenye edilen örneklerde bakırın, klasik bakır bazlı emprenye maddelerine göre daha farklı bir dağılım gösterdiği, özışını traheitlerinde ve geçit lümenlerinde bulunduğu belirlenmiştir (Matsunaga vd. 2007). Nano parçacıklar yüksek dispersiyon stabilitesine sahip olup nanometal hazırlamalarında düşük

vizkoziteye sahiptirler. Bütün bu özelliklerin bir araya gelmesiyle ahşapı homojen bir şekilde koruyabilmektedirler (Akhtari ve Arefkhani, 2010). Nano parçacık kullanımının, emprenyesi güç ahşap türlerinin emprenye edilebilirliğini arttırabileceği ve mühendislik ürünü kompozit malzemelerde yıkanma özelliği az olan ürün eldesini sağlayabileceği belirtilmiştir (Kartal vd. 2009). Nano bileşikler üzerine yapılan çalışmalar (Clausen vd. 2010; Clausen vd. 2011; Kartal vd. 2009; Mantanis vd. 2014) özellikle nano bakır ve nano ZnO bileşiklerinin, suda normal boyutlu bileşiklere kıyasla çok daha az yıkandığını göstermiştir. Bunda da nano bileşiklerin daha iyi nüfuz özellikleri, yeknesak dağılım karakteristikleri, yüksek dispersiyon stabilitesi, düşük vizkozite, yüksek yüzey/hacim oranı ve daha farklı optik, elektronik, manyetik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özellik taşımaları gösterilmiştir. Ahşap koruyucu formülasyonlar, nano parçacıkların son kullanım yeri için en geniş kullanım alanından biridir (Matsunaga vd. 2009). Küçük boyutlarda olduklarından, ahşap yüzeyinde şeffaf yüzeyler elde edilmesine imkan tanımaktadır. Nano parçacıkların ahşap ve levhadaki uygulamaları genellikle üst yüzey işlem maddesi ile birlikte kullanımı, emprenye işlemi ve tutkalla katılma yoluyla gerçekleştirilmektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Tanenlerin ahşapla muamele edildiği çalışmalarda; çoğunlukla mantar çürüklük ve termitlere karşı olan biyolojik dayanım araştırılmıştır. Az sayılabilecek çalışmada ise yaşlandırma testleri yapılmıştır. Bu amaçla yapılan bazı çalışmalar ve sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

Kebraho ve kestane taneni ile emprenye edilen ahşabın beyaz ve esmer çürüklük mantarlarına karşı biyolojik dayanımı iyileşmiş, etkinlik için %4'den fazla konsantrasyonun kullanılması gerektiği belirtilmiş ancak sonuçlar geleneksel emprenye maddelerine kıyasla daha düşük bulunmuştur (Dirol ve Scalbert, 1991).

Şen (2001) 1, 3, 5, 7 ve 10 konsantrasyonlardaki bitki tanenleri ile emprenye ettikleri ahşap örneklerinde %4'den fazla konsantrasyonların antifungal ve insektisit özellik gösterdiğini bulmuş, yıkanma testlerinde tanenlerin zayıf fiksasyon özellikleri belirtilmiştir.

Taşcıoğlu vd. (2012), %6 ve 12 konsantrasyonlarda mimoza, kebraho ve kızılçam ekstraktları ile muamele ettiği sarıçam, kayın ve kavak örneklerini termit saldırılarına maruz bırakmış, en iyi etkinliğin %12 konsantrasyonda mimoza ve kebraho ekstraktları ile sağlandığını rapor etmiştir. Yine Taşcıoğlu vd. (2013), 4 farklı konsantrasyonda mimoza, kebraho ve kızılçam ekstrakt çözeltisinin beyaz ve esmer çürüklük mantarlarına karşı etkinliğini araştırdığı çalışmada, mimoza ve kebraho ekstraktlarının %9 ve 12 konsantrasyonda etkili olduğunu, kızılçam ekstraktlarının ise %12 konsantrasyonda dahi etkili olmadığını bulmuştur. Çalışmada %9 ve daha yüksek konsantrasyonlardaki mimoza ve kebraho ekstraktiflerinin mantarlara karşı alternatif ahşap koruyucu maddeler olabileceği belirtilmiştir.

Ladin kozalağı, ladin kabuğu ve çam kozalağından ekstrakte edilen 8 farklı tanen fraksiyonunu, 8 esmer çürüklük mantarı, 3 beyaz çürüklük mantarı ve 4 yumuşak çürüklük mantarının gelişimini engellemiş, saflaştırma ile antifungal özellikler daha da artmıştır (Anttila vd. 2013).

Tomak ve Gönültaş (2018), 3, 5, 10 ve 15 konsantrasyondaki valeks, kestane, tara ve meşe sülfid taneninin *Coniophora puteana*, *Postia placenta*, *Trametes versicolor* ve *Pleurotus ostreatus* mantarlarına karşı antifungal özelliklerini araştırmış, tanenlerin

esmer çürüklük mantarlarına karşı etkili olduğunu ancak beyaz çürüklük mantarlarına etkili olmadığını rapor etmişlerdir. En etkili tanen çeşidinin valeks ve kestane taneni olduğu bulunmuştur.

Tanen + hegzamin ile emprenye edilen ahşabın suni yaşlandırma ve doğal yaşlandırma testleri sonrasındaki renk değişimlerinin araştırıldığı çalışmada, suni yaşlandırma sonrası örnek yüzeylerindeki renk değişiminin yanı sıra test örneklerinde kontrole kıyasla daha fazla çatlak oluşumu gözlenmiştir. Doğal dış ortam koşullarına bırakılan ve tanen ile muamele edilen örneklerde ise renklenme, kontrole kıyasla daha az önemli bulunmuş, renk değişimi üzerinde tanen muamelesinin pozitif bir etkiye sahip olduğu belirtilmiş, ancak çatlak oluşumu kontrol örneklerine kıyasla test örneklerinde daha fazla olmuştur. Tanen ile muamele edilen örneklerin toplam renk değişimine karşı stabilitesi kontrol örneklerine göre daha iyi seviyede bulunmuştur (Tondi vd. 2012d). Tondi vd. (2013b), yaşlandırma sonrası tanenli test örneklerinde daha fazla mikro çatlak oluşumu ve daha düşük temas açısı tespit edilmiştir. Etkinliğin istenen seviyede olamamasının nedeni olarak;

1. UV ışınlarını daha fazla absorbe eden aromatik olarak zengin koyu yüzeyler eldesi,
2. Yaşlandırma sonrasında örnek boyutlarında süreklilik arz eden boyutsal değişiklikler, rijit ve kırılğan tanen polimerinin oluşan stres nedeniyle çatlaklar oluşturması ve bu çatlaklardan küçük oligomerik fraksiyonların yıkanması gösterilmiştir.

Bu iki nedenin, tanen esaslı formülasyonlarda düşük yaşlandırma performansına neden olduğu belirtilmiştir (Tondi vd. 2013b).

Kabuk ekstrakt katkılı üst yüzey işlem uygulamalarında ahşap yüzeylerinde umut verici sonuçlar alınmıştır. Bu konuyla ilgili yapılan çalışmalar ve sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

Isıl işlemlerle çam, kavak ve huş ahşap örneklerinin yüzeyleri kabuk ekstraktı + şeffaf akrilik poliüretan üst yüzey işlem maddesi + lignin stabilize edici karışım ile kaplanmış ve ardından hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılmıştır. Örneklerin UV'ye karşı etkinliği renk değişim parametrelerinin belirlenmesi, gözlemsel değerlendirme, X-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS), taramalı elektron mikroskopu (SEM) ve ışık mikroskop incelemeleri ile araştırılmıştır. Sonuçlarda kabuk ekstraktı ve lignin bazlı stabilize edicinin organik UV stabilize edici + HALS

sistemine kıyasla daha iyi performans özellikleri sergilediği bulunmuştur (Kocaeve ve Saha, 2012).

Yine ısıtılmış işlemli çam örneklerinin yüzeyleri kabuk ekstraktı + akrilik poliüretan kaplama ile kapatılmış ardından 1500 saat UV'ye maruz bırakılmıştır. Örneklerin renk ölçümleri, yüzeylerinin görsel değerlendirilmesi ve fourier dönüşüm kızılötesi spektroskopisi (FT-IR) gerçekleştirilmiştir. Kabuk ekstraktı katkılı kaplamanın endüstriyel kaplamadan daha iyi sonuçlar verdiği, ancak söz konusu karışıma lignin bazlı stabilize edici katılmasıyla en iyi performansa ulaşıldığı belirtilmiştir (Saha vd. 2011a).

Saha vd. (2013a) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, iğne yapraklı odun kabuğu ya da ibrelerinden ekstrakte edilen doğal antioksidantların UV'ye karşı katkı maddesi olarak akrilik poliüretan kaplamalara katılmasının değerlendirilmesi yapılmıştır. Her iki ekstraktın başarılı sonuçlar verdiği gözlenmiş ancak kabuk ekstraktının ibre ekstraktına karşı daha etkili olduğu bulunmuştur (Saha vd. 2013a).

Tisler vd. (2000), %3'lük stilben fraksiyonu, bakır (II) klorit ve demir (III) klorit ile kombine edilen ladin kabuğunun çeşitli konsantrasyonlardaki sulu ekstraktlarını, solvent bazlı ve su bazlı üst yüzey işlem maddesi ile birlikte kullanmışlar, 72 saatlik UV dayanımını 4 ahşap türü üzerinde araştırmışlar, renk ölçüm sonuçlarında %10, 25 ve 40 oranında ladin kabuk ekstraktlarının demir klorit ile birlikte kullanılmasında en iyi sonucu elde etmişlerdir.

Saha vd. (2011b), kabuk ekstraktı ve inorganik UV absorbe ediciler (nano ve mikro titanyum ile nano çinko oksit) katkılı akrilik poliüretan kaplama ile muamele ettikleri ısıtılmış işlemli çam örneklerinin yüzeylerindeki ıslanabilirliği, kaplamanın penetrasyon karakteristiğini, hızlandırılmış dış ortam testi süresince kaplamanın kalınlığında meydana gelen değişimi araştırmışlardır. Ekstrakt ve inorganik UV absorbe edicilerle muamele edilen kaplamaların koruyucu özelliklerinin iyileştiği, titanyum nano parçacıkların diğer 2 UV absorbe ediciye kıyasla daha az etkili olduğu bulunmuştur.

Saha vd. (2013b), kabuk ekstraktı, lignin stabilize edici ve CeO₂ katkılı akrilik poliüretan reçinesinin hızlandırılmış yaşlandırma testine karşı etkinliğini araştırmış, bunu da renk ölçümü, temas açısı ölçümü, FTIR analizleri ile tespit etmiştir. Renk ölçüm sonuçları, CeO₂ içeren kaplamanın en etkili olduğunu, görsel değerlendirme ise CeO₂ + lignin stabilize edici madde katkılı reçinenin etkili olduğunu göstermiştir. En düşük temas açısı sadece CeO₂ içeren kaplamalarda

bulunmuştur. Kabuk ekstraktı ya da CeO₂ içeren kaplamalar ahşap yüzeylerini organik UV absorbe edicilere kıyasla daha iyi koruyabilmiştir.

Mimoza ve kebraho ekstraktları ve Tanalith-E ile emprenye edilen kayın örnekleri poliüretan, selülozik ve su bazlı vernikler ile üst yüzey işleme tabi tutulmuş ardından 100 ve 300 saatlik hızlandırılmış yaşlandırma sonrasında yüzey parlaklığında meydana gelen değişimler araştırılmıştır. Çalışmada, poliüretan verniği uygulamasıyla mimoza ve kebraho ekstraktları ile emprenye edilen ahşap malzemelerin hem dayanıklılığının hem de yüzey parlaklığının uzun süre korunabileceği belirtilmiştir (Yalçın, 2017). Aynı örneklerin yapışma direnci ve yüzey pürüzlülüğünün araştırıldığı başka bir çalışmada, 100 saatlik hızlandırılmış yaşlandırma süresinde yapışma direnci artmış ancak daha sonra süre ile birlikte azalmış, yüzey pürüzlülüğü ise artmıştır (Yalçın ve Ceylan, 2017).

Farklı lignoselülozik ekstraktların (kestane meyve kabukları, *Pinus pinaster*, *Eucalyptus globulus* ve *Quercus frainetto* kabukları) kaplamaların UV degradasyonunca neden oluşan renk değişiminin önlenmesine yönelik yapılan çalışmada, en iyi etkinlik *Pinus pinaster* ekstraktında elde edilmiş, kontrol örneklerinde oksijence zengin gruplar bulunurken, ekstraktlar ile boyanan örneklerde kimyasal bağlardaki değişikliğin daha az olduğu belirlenmiştir (Galiñanes vd. 2015). Thébault vd. (2015), sahil çamı, mimoza ve radiata çam kabuğu ile kebraho taneni esaslı poliüretan kaplamanın orta yoğunluklu liflevha (MDF) örneklerindeki etkinliğini temas açısı ölçümleri ile belirlemiştir. Tanenli örneklerde temas açısı 69° ile 84,3° arasında değişim gösterirken kontrol örneklerinde 21,6° olarak bulunmuş ve çalışmada izosiyanatsız tanen esaslı poliüretan kaplamalar ile hidrofobik yüzeyler elde edilebileceği belirtilmiştir.

Esterleştirilmiş radiata çamı taneninin biyolojik olarak degrade edilebilir plastiklere katılması ile UV'nin plastiği degrade etmesi azaltılmış, tanen katkısının UV stabilize edici rol oynadığı belirtilmiştir ve böyle bir işlemin plastiklerin UV stabilitesinin artırılmasında bir potansiyel taşıdığı rapor edilmiştir (Grigsby vd. 2014).

Nano parçacıkların ahşapla muamele edildiği çalışmalarda;

Nano ZnO ile muamele edilen ahşapta, esmer çürüklük mantarlarının saldırıları tam olarak engellenemez iken beyaz çürüklük mantarlarının saldırısı engellenmiştir. 8 haftalık dış ortam testinde UV'ye karşı dayanım sağlanmıştır. Tüm özellikler incelendiğinde nano ZnO'in, UV'ye, yıkamaya ve termitlere karşı dayanıklı olduğu bulunmuştur (Clausen vd. 2009).

%1, 2,5 ve 5 konsantrasyonda ZnO (30 ve 70 nm) ile emprenye edilen ahşapta, termitlere ve yıkanmaya karşı dayanım sağlanmış, her iki parçacık büyüklüğü arasında bir fark gözlenmemiştir (Clausen vd. 2011).

Sarıçam örneklerinin nano ZnO ile emprenyesinde laboratuvar koşullarında en yüksek konsantrasyonlarda bile herhangi bir yıkanma gözlenmediği ancak 1 yıllık dış ortam koşullarında kimyasalın %58-65 azaldığı bulunmuştur. Dış ortam koşullarında emprenye edilen örneklerde kontrole kıyasla grileşme azalmıştır. %2,5 ya da daha yüksek konsantrasyonda su almaya karşı dayanım sağlanmıştır. Nano ZnO'in, yıkanmaya, su almaya ve UV'ye karşı ahşap koruyucu formülasyonlarda kullanılabileceği belirtilmiştir (Clausen vd. 2010).

Afrouzi vd. (2013) çinko oksitle emprenye ettikleri kavak ahşabının 200, 400 ve 600 saatlik hızlandırılmış yaşlandırma testi sonra renk değişimini belirlemiş, çalışma sonucunda emprenyeli örneklerin kontrol örneklerine kıyasla renk değişimini azalttığı, çinko oksitin konsantrasyonu arttıkça daha iyi sonuçlar alındığı bulunmuştur.

Liu vd. (2010), %0.5, 1 ve 2 konsantrasyonda nano CeO₂ ile muamele ettikleri (firçayla sürme) ince kaplama örneklerinin 30 günlük doğal dış ortam koşullarına maruz bırakma sonrasında, kimyasalın kaplama örneklerinin ağırlık kaybı ve renk değişiminde çok fazla iyileştirme etkisi olmadığını ancak çekme direncinde kayıpları engellediğini bulmuştur.

Nano parçacıkların üst yüzey işlem maddesi ile birlikte kullanımında; su bazlı akrilik üst yüzey işlem maddesine nano TiO₂ katılmasıyla fotodegradasyona karşı artan stabilite Allen vd. (2002); nano TiO₂ ve ZnO parçacıkların poliakrilat su bazlı üst yüzey işlem maddesine katılmasıyla hızlandırılmış dış ortam testi sonrasında renk değişiminin ve çatlakların azaltılması Miklecic vd. (2013); ZnO ve CeO₂ nano parçacıkların %1-2 oranında su bazlı poliüretan/poliakrilat reçine ile birlikte kullanımının, laboratuvar koşullarında hızlandırılmış dış ortam testine maruz bırakılması ve renk parametrelerindeki değişimin araştırılması Blanchard ve Blanchet (2011); nano TiO₂ ve ZnO'in su bazlı akrilik üst yüzey işlem maddesine katılması ile UV'ye karşı dayanım sağlanması ve yüzeyde sağlanan stabil durumun kaplamanın performansı ile doğrudan ilişkili olduğu Cristea vd. (2010); polipropilen içerisine katılan nano ZnO parçacıklarının önemli ölçüde fotodegradasyonu ve yüzey çatlaklarını azaltması Zhou ve Li (2006); nano ZnO bazlı UV sertleşen nano kompozit lake ile muamele edilen ahşap örneklerinde, geleneksel UV koruyucu

formülasyonlara kıyasla stabilizasyon etkisinin daha yüksek olduğu Weichelt vd. (2010); su bazlı akrilik sistemin içerisine nano TiO₂ katılması, ahşap yüzeylerinin UV'ye karşı dayanımının artırılması ve uzun dönemli koruma sistemleri için umut verici olduğu Veronovski vd. (2013); maleik anhidrit modifiyeli polipropilen + nano ZnO dispersiyonu ve poliüretan ile muamele edilen ahşabın renk değişiminin ve ahşap polimerlerindeki fotodegradasyonunun kontrole kıyasla azaltılması Salla vd. (2012); tarihi kültürel ahşap malzemenin korunmasında yaygın olarak kullanılan Paraloid B72 içerisinde ZnO nano katkı maddesi katılarak ahşapta artan retensiyon miktarı ve hidrofobik yüzeyler Traistaru vd. (2013); TiO₂ ve ZnO esaslı ticari su bazlı nano bileşik ile muamele edilen örneklerde azalan şişme özellikleri Sahin ve Mantanis (2011) tarafından rapor edilmiştir.

Schaller vd. (2012), içerisinde %0.25, 0.5, 1 ve 2 konsantrasyonlarda 2-(2-hidroksifenil)-benzotriazol (BTZ), hidroksifenil-s-triazin (HPT), CeO₂, ZnO ve TiO₂ bulunan akrilik su bazlı üst yüzey maddesi ile muamele ettikleri ahşap örneklerini hızlandırılmış yaşlandırma testine maruz bırakmışlar, ardından renk ve parlaklık ölçümleri yapmışlardır. Çalışma sonucunda CeO₂ ve BTZ'nin 2000 saat sonrasında, ZnO'nun 3000 saat sonrasında koruma etkinliğini kaybetmeye başladığını, NEAT (novel encapsulation additive technology) teknolojisi ile üretilen HPT'nin nano metal oksitlere kıyasla, nanometal oksitlerden TiO₂'in diğer nano metal oksitlere kıyasla daha iyi sonuçlar verdiğini bulmuşlardır.

Nano SiO₂, nano TiO₂, ve nano ZnO parçacıklarının solvent bazlı akrilik, polyester bazlı poliüretan ve su bazlı akrilik lateks kaplamalar içerisinde etkisi UV-VIS ve dispersiyon özellikleri incelenerek araştırılmış, en iyi sonuç nano ZnO kullanılmasında elde edilmiştir (Zhou vd. 2005).

Nano ZnO'nun poliüretan/akrilik şeffaf son kat maddesine katılımı araştırılmış ve iyi bir UV dayanımı için nano ZnO'nun 2g/m² oranında kullanılması gerektiği modellenme yoluyla belirlenmiştir (Lowry vd. 2008).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Ahşap Malzeme

Çalışmada ahşap malzeme olarak iğne yapraklı odun türlerinden sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) kullanılmıştır. Yetiştirme muhitine göre 20-40 m boy yapabilen, narin gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı veya dolgun gövdeli, yayvan tepeli ve kalın dallı bir yeşil ağaçtır (Anşin ve Özkan, 1993). Diri odun genişliği yetiştirme muhiti şartları ve odun yaşı ile değişmekle birlikte ortalama 5-10 cm olup, sarımsı beyaz renktedir. Yetiştirme muhitine bağlı olarak yıllık halkalar dar veya geniş olabilir. Yaz odunu parlak kahverengi olup, radyal kesitte birbirine paralel şeritler halinde görülür, teğet kesitte geniş sarımsı şeritler oluşturur. Özodun sınırı belirgin olup, genellikle yuvarlaktır, bazı odunlarda diri odun içerisine diller şeklinde girintiler yapar. Kırmızımsı sarı ve kırmızımsı kahverengindedir. Kesimden sonra daha koyulaşır. Yıllık halka sınırları belirgin ve hafif dalgalıdır (Dündar, 2005; Tomak, 2011).

Sarıçam odununun bazı teknolojik özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir (Bozkurt ve Erdin, 1997; Örs ve Keskin, 2001; Tomak, 2011).

Çizelge 3.1 : Sarıçam odununun teknolojik özellikleri.

Özellikler	Birimi	Ortalama Değer
Basınç direnci	kg/cm ²	550
Eğilme direnci	kg/cm ²	1000
Elastikiyet modülü	kg/cm ²	120
Makaslama direnci	kg/cm ²	100
Tam kuru yoğunluğu	g/cm ³	0,49

3.2 Kimyasal Maddeler ve Tanenler

Çalışma kapsamında ticari tanenlerden valeks taneni, Manisa’da kurulu bulunan Balaban Valeks Ltd. Sti.’nden, mimoza taneni ise *Acacia* sp. türü kabuğundan ekstraksiyonla elde edilen kondanse tip tanen olup yurtdışından temin edilmiştir.

Kızılçam kabuk taneni üretimi için kullanılan odun kabukları Yalova Orman İşletme Müdürlüğü bölgesinde temin edilen üretim kesimleri sonrası ortaya çıkan atık durumundaki kabuk örnekleridir. Su esaslı akrilik şeffaf üst yüzey işlem maddesi, beyaz epoksi boya, tiner, fırça ve muhtelif diğer malzemeler yapı kimyasalları satan bir firmadan sağlanmıştır. Ekstraksiyonda kullanılan etil alkol ve diğer kimyasal maddeler Balmumcu Kimya San. Tic. Ltd. Şti'den temin edilmiştir. Referans madde olarak kullanılacak olan ticari nano ahşap yüzey kaplayıcı Nanoart firmasından, nano çinko ve seryum oksit ise Feza Kimya İç ve Dış Tic. Ltd. Şti.'den sağlanmıştır.

3.2.1 Valeks taneni

Meşe ağacı palamutlarından ekstraksiyonla elde edilen tanen, genelde ham derinin işlenmesinde tabaklama maddesi olarak kullanılır. Kahverengi renkli tanen Türkiye'de Manisa ilinde iki adet fabrikada üretilmektedir. Valeks taneni kastalagin ve veskalagin birimleri içeren hidrolize tip tanendir. Valeks taneni ekstraktı %70 oranında tanen, %25 civarında tanen olmayan bileşikler ve %5 civarında rutubet içerir (Dığrak vd. 1999). Yüksek tanen yüzdesi ve diğer özellikleriyle, derinin kalitesinde çok önemli rol oynar. Valeks ayrıca eczacılıkta, boya ve yapıştırıcı yapımında da kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra valeks taneni su artıma tesislerinde atık sulardan ağır metallerin giderilmesinde de kullanılmaktadır.

3.2.2 Mimoza taneni

Dünyada farklı alanlarda en yaygın kullanılan tanen türlerinden birisidir. Brezilya, Güney Afrika, Tanzanya, Malezya, Endonezya ve Avusturalya'da yetişen *Acacia mearnsii*, *Acacia mollissima*, *Acacia decurrens* ve *Acacia pycnantha* odunlarının kabuklarından elde edilir. Tanen ekstraktı %62-63 tanen ve %18-20 tanen olmayan maddeler içerir. Kateşin ve epikateşin birimleri içeren mimoza taneni çam, pekan ve kebraho taneninden daha düşük polimerizasyon derecesine sahiptir. Mimoza tanen ekstraktında profisetinidin-prorobinetinidin tip yapı baskın olarak görülmektedir ve kondanse tanen sınıfına girmektedir (Pizzi, 1994).

Sepicilikte geniş kullanım alanı bulan mimozanın deride meydana getirdiği renk açık pembedir (Dikmelik, 2013).

3.2.3 Üst yüzey işlem maddesi ve epoksi boya

Massiveline su bazlı ahşap üst yüzey işlem maddesi akrilik emülsiyon esaslı, şeffaf ve parlak özelliklere sahip olup, her türlü iç ve dış cephede kullanılan ahşap doğrama, ahşap dış cephe kaplaması, bahçe mobilyası vb. yerlerde kullanım imkânına sahiptir. Zımparalanmış ahşap yüzeylere %5-10 su ile inceltilerek fırça ile iki veya üç kat, katlar arası 3-4 saat beklenerek uygulanır. Hacim yoğunluğu 0,98-1,03 kg/m³ olup, vizkozitesi 25°C'de 55-60 sn/D⁴'dur. Katı madde miktarı %33,5 (w/w)'dur (Dyo ürün bilgi formu).

Sıcaklığa, suya ve dış koşullara dayanıklı Dyo marka iki bileşenli epoksi beyaz boya ahşap örneklerinin enine kesitlerinin kapatılmasında kullanılmıştır.

3.2.4 Referans nano kaplayıcı madde

Ahşap ve taş yüzeyler için geliştirilen nano-teknoloji esaslı bir kaplama maddesidir. Bileşimindeki yapışmazlık bileşenleri yüzeylerde, su ve yağ itici özellik sağlamaktadır. Ahşap yüzeyinde görünmez, su geçirmez, kirleri iten ve UV ışınlarına karşı dayanıklı bir kaplama elde edilir. Bahçe mobilyası, ahşap masalar, ahşap garaj kapıları, verandalar veya bahçe çitleri gibi dış ortam koşullarındaki ahşapta kullanılır. Tek bileşenli bir madde olup m²'ye 100-200 ml kullanılması tavsiye edilmektedir. Kaplamanın 4 saat içerisinde kuruduğu belirtilmiştir. Ürün lisanslı olması nedeniyle bileşimine yönelik bilgiler Nanoart firması tarafından paylaşılmamıştır.

3.2.5 Nano çinko oksit

Çinko oksit nano partikül dispersiyonu BYK firmasının ürünüdür. Ürünün yoğunluğu 1,59 g/ml, uçucu olmayan madde %45, çözücüsü su, nano partikül içeriği %40 ve partikül büyüklüğü 20 nm'dir. Nano çinko oksit UV'ye karşı uzun süreli koruma sağlama amaçlı şeffaf ahşap boya ve kaplama maddelerine katkı maddesi olarak kullanılır. Üst yüzey işlem maddesindeki katı reçine miktarının %2-6'sı kadar ilave edilmesi tavsiye edilmektedir (NanoBYK3820 ürün bilgi formu).

3.2.6 Nano seryum oksit

Seryum oksit nano partikül dispersiyonu BYK firmasının ürünüdür. Ürünün yoğunluğu 1,013 g/ml, uçucu olmayan madde %23, çözücüsü su, nano partikül

içeriği %18 ve partikül büyüklüğü 10 nm'dir. Nano seryum oksit UV'ye karşı uzun süreli koruma sağlama amaçlı şeffaf ahşap boya ve kaplama maddelerine katkı maddesi olarak kullanılır. Üst yüzey işlem maddesindeki katı reçine miktarının %4-8'i kadar ilave edilmesi tavsiye edilmektedir (NanoBYK3810 ürün bilgi formu).

3.3 Araştırma Yöntemi

Çalışma kapsamındaki kullanılan örneklere ait deneme varyasyonları Çizelge 3.2'de , çalışmada belirlenen tanenler ve konsantrasyonlara yönelik ön çalışmalar Tomak (2017) ve Tomak vd. (2018) yayınlarında raporlanmıştır.

Çizelge 3.2 : Kullanılan örneklere ait deneme varyasyonları.

Denemelere yönelik değişkenler	Açıklama
A. Ahşap türü	Sarıçam diri odunu
B. Tanen	Valeks, mimoza ve kızılçam kabuk taneni
C. UV koruyucu madde	Nano ZnO (20 nm), Nano CeO ₂ (10 nm)
D. Tanen konsantrasyonu	Valeks taneni: %0,1, %0,5, %1 Kızılçam kabuk taneni: %0,1, %0,5, %1 Mimoza taneni: %0,5, %1, %3
E. Üst yüzey işlem maddesi	Su bazlı akrilik esaslı reçine
F. Referans madde	Holz & Stein Versiegelung
G. 2 Grup kontrol örnekleri	Üst yüzey uygulaması olmayan Nano metal oksit katkılı su esaslı üst yüzey işlem maddesi ile kaplanan örnekler

3.3.1 Deney örneklerinin hazırlanması

Sarıçam, ülkemizde ve Avrupa'da yaygın olarak kullanıldığı ve doğal dayanımı az olduğu için tercih edilmiştir. Çalışmada 11 x 75 x 152 mm boyutlarındaki 200 adet masif çam örneğinin temini ve boyutlandırılması ASTM D358-98 standardına göre Osmanlı Mobilya Atölyesi, Bursa'da gerçekleştirilmiştir. Örneklerin boyutlandırılmasını takiben sağlam, düzgün ve budaksız örneklerin seçilmesine dikkat edilmiş ve örnek yüzeylerdeki kıymık vb. pürüzlülüklerin giderilmesi amacıyla tüm yüzeyler 180'lik zımpara ile ardından 240'lık zımpara ile temiz yüzeyler elde edilmiştir (Şekil 3.1). Numaralandırılan tüm örnekler %65 bağıl nem ve 20°C'de 2 hafta iklimlendirme dolabında kondisyonlanmış ve denge rutubetine

getirilmiştir. Her grup için 5 adet örnek hazırlanmıştır. Deneyleerde kullanılan örnek sayısı Çizelge 3.3'te özetlenmiştir.

Çizelge 3.3 : Deneyleerde kullanılan örnek sayısı.

Varyasyonlar		Test ¹	Kontrol
Tanen + nano ZnO + üst yüzey işlem maddesi	3 çeşit tanen 3 konsantrasyon	36	9
Tanen + nano CeO ₂ + üst yüzey işlem maddesi	3 çeşit tanen 3 konsantrasyon	36	9
Nano ZnO + üst yüzey işlem maddesi	1 konsantrasyon	4	1
Nano CeO ₂ + üst yüzey işlem maddesi	1 konsantrasyon	4	1
Referans madde	Ticari nano kaplama	4	1
Kontrol	Sarıçam diri odunu	4	1



Şekil 3.1: Örneklerin zımparalanarak üst yüzey işlemlerine hazırlanması

3.3.2 Örneklerin epoksi boya ile kaplanması

Örneklerin UV degradasyonuna maruz kalmayacak yüzeylerinin kapatılması ve bu yüzeylerin bertaraf edilmesi standarda uygun olacak şekilde suya dayanıklı epoksi boya ile kaplanarak yapılmıştır. Epoksi boyadan iki birim, sertleştiricisinden 1 birim alınarak hazırlanan karışım bir fırça yardımıyla örneklerin 5 yüzeyine uygulanmış ve katlar arasında 24 saat beklenecek şekilde 2 kat uygulanmıştır. Örneklerin üst yüzey işlem maddesi uygulanacak ve performans testlerinin yapılacağı tanjansiyel yüzey üzerinde herhangi bir boya vb. kirlilikler olmamasına titizlik gösterilmiştir.

¹ Test örnekleri (her varyasyon için 4 adet) hızlandırılmış dış ortam testine maruz bırakılmıştır. Kontrol örnekleri (her varyasyon için 1 adet) ise teste maruz bırakılmaksızın, deneyler süresince kapalı güneş görmeyen bir yerde bekletilmiştir.

3.3.3 Kızılcam kabuğunun ekstraksiyon işlemi

Araştırma kapsamında laboratuvara getirilen kabuk örneklerinin içerisindeki odun parçaları ve diğer safsızlıklar (taş ve metal parçaları, yosun, yaprak) temizlenerek oda sıcaklığında birkaç hafta bekletilip %10-12 rutubete kadar kurumaları sağlanmıştır. Ardından kabuk örnekleri öğütme için uygun boyutlara parçalanmış ve Fritsch marka laboratuvar tipi değirmende 1 mm boyuta öğütülmüştür. Öğütme işleminden sonra cam kavanozlara konulup etiketlenerek ekstraksiyona hazır hale getirilmiştir.

Kızılcam kabuk örneği etanol:su (7:3) çözeltilisinde 1:8 kabuk:çözücü oranında, 70°C ekstraksiyon sıcaklığında, 1 saat boyunca ekstrakte edilmiştir (Şekil 3.2). %20'lik katı madde içeriğine sahip tanen üretilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.2 : Kızılcam kabuğu ekstraksiyon işlemi



Şekil 3.3 : %20'lik kızılcam kabuk ekstraktı

3.3.4 Üst yüzey işlem uygulaması

Üst yüzey işlem maddesine 3 farklı konsantrasyonda tanen + nano ZnO ve tanen + nano CeO₂ katılmış ve homojen bir karışım sağlanması için magnetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Nano ZnO ve CeO₂ üst yüzey işlem maddesine katı madde oranı esas alınarak %5 oranında katılmıştır. Ancak nano ZnO'nun ve CeO₂'nin tanen ile birlikte kombine edildiği gruplarda sinerjik etkiyi daha iyi gözlemleyebilmek için nano ZnO ve CeO₂ oranı %1 olarak belirlenmiştir. Bu oran daha önceki literatür çalışmaları ve tez ön çalışmaları dikkate alınarak belirlenmiştir. Tanen ise yine üst yüzey işlem maddesindeki katı madde miktarı esas alınarak bileşime katılmıştır. Söz konusu uygulamaların etkisini doğrudan görebilmek adına ön kat (primer) uygulaması yapılmamış, bunun yerine 3 kat üst yüzey işlem uygulaması yapılmıştır. Hazırlanan karışım, deney örneklerinin epoksi kaplanmamış tanjansiyel yüzeyine fırça yardımıyla 3 kat 200 g/m² olacak şekilde uygulanmıştır (Şekil 3.4). Her kat arasında en az 12 saat beklenmiştir. Her grup için ayrı fırçalar kullanılmıştır. Nano ahşap yüzey kaplayıcı ise, üretici firmanın tavsiyelerine esas alınarak ve örnekler arasında homojenlik yaratabilmek adına herhangi bir seyreltme olmaksızın fırça ile 3 kat 200 g/m² olacak şekilde uygulanmıştır. Ardından tüm test, kontrol ve referans örnekleri testler öncesinde %65 bağıl nem ve 20°C'de 2 hafta iklimlendirme dolabında kondisyonlanmıştır.



Şekil 3.4 : Üst yüzey işlem uygulaması

3.3.5 Hızlandırılmış dış ortam testi

Hızlandırılmış dış ortam testi (yapay dış ortam testi) Atlas Marka UV test cihazında dış ortam yaşlandırmasını simüle etmek için ASTM G154 standardı esas alınarak 1 nolu prosedüre göre gerçekleştirilmiştir. Örnekler aşağıdaki resimde (Şekil 3.5) gösterilen cihaza yerleştirilmiş ve ardından kontrollü, yükseltilmiş sıcaklıklarda UV ışığı ve nemin değişken döngülerine 1512 saat süresince maruz bırakılmıştır. Test, 340 nm lambalar kullanılarak $0,89 \text{ W/m}^2/\text{nm}$ ışınımında, $60(\pm 3)^\circ\text{C}$ 'de 8 saat UV ışığı ve ardından $50(\pm 3)^\circ\text{C}$ 'de 4 saat kondenzasyon işlem döngüsünde gerçekleştirilmiştir. Hızlandırılmış dış ortam testine maruz bırakılan örnek yüzeyindeki değişimler için ilk saatler çok önemli olduğundan 168 saat boyunca 24 saatte bir örnekler cihazdan çıkartılmış, örnek üstündeki su damlaları narin bir şekilde peçete yardımıyla silinmiş ve yüzeylerde ölçümler yapılmıştır. Ölçümü ve değerlendirmesi tamamlanan örnekler tekrar cihaza yerleştirilmiştir. 168 saat boyunca toplam 7 ölçüm sonrasında söz konusu değerlendirmeler 168 saatte bir olacak şekilde yapılmıştır. Test süresi (1512 saat) boyunca 1 örnek üzerinde toplam 15 periyodik ölçüm gerçekleştirilmiştir. Hızlandırılmış dış ortam testinde periyodik olarak sık aralıklarla örneklerin üzerinde ölçüm yapılacağından tahribatsız muayene/test yöntemleri esas alınmıştır. Test sonrasında örnekler güneş almayan bir yerde saklanmıştır.



Şekil 3.5 : Hızlandırılmış dış ortam testi cihazı

3.3.6 Renk ölçümü

Renk ölçümü Konica-Minolta 2600d marka renk ölçüm cihazı ile CIE L^* , a^* ve b^* renk parametreleri belirlenerek yapılmıştır. L^* açık renklilik, a^* ve b^* ise kromatik koordinatları göstermektedir ($+a^*$ kırmızı için, $-a^*$ yeşil için, $+b^*$ sarı için, $-b^*$ mavi için kullanılmaktadır). Renk değişimlerini net olarak tespit edebilmek için örneklerin UV degradasyonuna maruz kalan yüzeylerinde periyodik olarak aynı bölgeden

ölçümler yapılmıştır (Şekil 3.6). Renk ölçümleri hızlandırılmış dış ortam testi öncesi örneklerin belirlenen aynı bölgelerinde yapılmış, UV nedeniyle meydana gelen değişimler için bu ölçümler başlangıç sayılmıştır. Bir örnek üzerinde 4 farklı noktadan ölçüm alınmış ve bunların ortalamaları değerlendirilmiştir.



Şekil 3.6 : Renk ölçüm cihazı ile yüzeyde renk değişimlerinin belirlenmesi

Toplam renk değişimi (ΔE^*) (3.1, 3.2, 3.3 ve 3.4) nolu denklemler yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\Delta L^* = L_s^* - L_i^* \quad (3.1)$$

$$\Delta a^* = a_s^* - a_i^* \quad (3.2)$$

$$\Delta b^* = b_s^* - b_i^* \quad (3.3)$$

$$\Delta E^* = \Delta E^* = (\Delta L^*^2 + \Delta a^*^2 + \Delta b^*^2)^{1/2} \quad (3.4)$$

Burada, ΔL^* , Δa^* , Δb^* başlangıç (i) ve test sonrasında (s) meydana gelen renk değişikliklerini (ΔE^*) belirtmektedir (Ustaömer, 2008).

3.3.7 Parlaklık ölçümü

Parlaklık ölçümü BYK Micro-Tri-Gloss marka parlaklık ölçüm cihazı ile 60° ölçüm geometresinde belirlenmiştir (Şekil 3.7). Parlaklık değişimlerini net olarak tespit edebilmek için örneklerin UV degradasyonuna maruz kalan yüzeylerinde periyodik

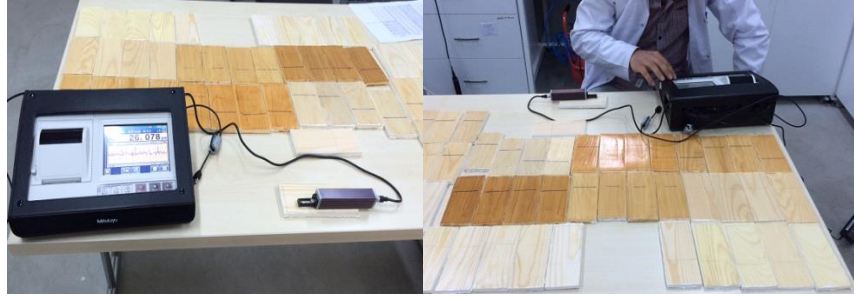
olarak aynı bölgelerden ölçümler yapılmıştır. Parlaklık ölçümleri hızlandırılmış dış ortam testi öncesi örneklerin belirlenen aynı bölgelerinde yapılmış, UV nedeniyle meydana gelen değişimler için bu ölçümler başlangıç sayılmıştır. Bir örnek üzerinde 4 farklı noktadan ölçüm alınmış ve bunların ortalamaları değerlendirilmiştir.



Şekil 3.7 : Parlaklık ölçüm cihazı ile yüzeyde parlaklık değişimlerinin belirlenmesi

3.3.8 Yüzey pürüzlülük ölçümü

Hızlandırılmış dış ortam testine tabi tutulan ve tutulmayan örneklerin yüzey pürüzlülüğü Mitutoyo Surfest SJ-310 cihazı ile ISO 4287-1997 standartlarına göre belirlenmiştir (Şekil 3.8). Yüzeydeki pürüzlülüğü tespit edebilmek için örneklerin UV degradasyonuna maruz kalan yüzeylerinde periyodik olarak aynı aralıktan ölçümler yapılmıştır. Pürüzlülük ölçümleri hızlandırılmış dış ortam testi öncesi örneklerin belirlenen aynı noktalarında yapılmış, UV nedeniyle meydana gelen değişimler için bu ölçümler başlangıç sayılmıştır. Bir örnek üzerinde Ra, Rq ve Rz pürüzlülük değerleri için 4 farklı noktadan ölçüm alınmış ve bunların ortalamaları değerlendirilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde, elmas uçlu bir tarama detektörü kullanılmış, kesme uzunluğu $\lambda_c = 0,8$ mm, örnekleme uzunluğu 12,5 mm olarak ayarlanmıştır. Ölçümler 0,5 mm/sn hızla liflere dik doğrultuda gerçekleştirilmiştir. Yüzey pürüzlülük parametrelerinden Ra, ortalama pürüzlülük değerini; Rq, kuadratik ortalama pürüzlülük değerini; Rz, maksimum pürüzlülük derinliğini ifade etmektedir.



Şekil 3.8 : Yüzey pürüzlülük ölçümlerinin yapılması

3.3.9 Makroskopik değişimlerin belirlenmesi

Ahşap veya kaplama yüzeylerinde meydana gelebilecek değişimler (erozyon, kabarma, pullanma) ve çatlaklar, görsel değerlendirme ve puanlama ile ASTM D660, ASTM D661, ASTM D662, ASTM D714, ASTM D772 ve ASTM D4214 standartlarından yararlanılarak değerlendirilmiştir. Hızlandırılmış dış ortam testi sonrasında incelenen test ve kontrol örneklerinin yüzeylerine 10'dan 0'a kadar puanlar verilmiştir. 10 puan yüzeyin iyi korunduğunu, 0 puan ise yüzeyde yoğun degradasyon olduğunu göstermektedir. Örneklerin her ölçüm sonrasında yüksek çözünürlüklü Nikon D5200 18-55 Mm VR Kit marka cihaz ile fotoğrafları çekilmiş ve makroskopik olarak birbirlerine kıyasla görselleri oluşturulmuştur.

3.3.10 İstatistiksel yöntemler

Veriler SPSS 18.0 istatistik paket programı kullanılarak ve %95 güven düzeyi esas alınarak analiz edilmiştir. Test örnekleri ile bunlara ait kontrol ve referans örneklerinin arasında, araştırılan yüzey özelliklerine ilişkili olarak istatistiksel anlamda bir farklılık olup olmadığı basit varyans analizi (BVA) ile belirlenmiştir. Etkilemenin anlamlı çıkması halinde ortalama değerler "Duncan" homojenlik grupları ile karşılaştırılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

4.1 Örneklerin Renk Değişimlerine İlişkin Bulgular

Hızlandırılmış dış ortam testi öncesi ve sonrasındaki renk parametrelerine (ΔL^* , Δa^* , Δb^* ve ΔE^*) ait sonuçlar Çizelge 4.1-4.15’de, istatistik test sonuçları Çizelge 4.16-4.21’de verilmiştir. 1512 saat sonrasında ΔL^* değerleri, valeks taneni + CeO₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerde, kullanılan konsantrasyon değerlerine bağlı olarak -15,16 ile -3,86 arasında, valeks taneni + nano ZnO’lu örneklerde -0,25 ile 20,55 arasında; mimoza taneni + CeO₂’li örneklerde -15,45 ile -0,72 arasında, mimoza taneni + nano ZnO’lu örneklerde -9,05 ile 14,88 arasında; kıvılcık kabuk taneni + CeO₂’li örneklerde -26,19 ile -19,81 arasında, kıvılcık kabuk taneni + nano ZnO’lu örneklerde -7,30 ile 8,83 arasında değişim göstermektedir. ΔL^* değerleri 1512 saat sonrasında ÜYM + nano CeO₂’lu örneklerde -27,13; ÜYM + nano ZnO’lu örneklerde -17,68; referans madde ile yüzeyi kaplanan örneklerde -24,20 ve kontrol örneklerinde -33,32 olarak bulunmuştur. ΔL^* değerlerinin negatif değerler alması örnek yüzeylerinin koyulaştığını, pozitif değerler ise açık renk aldığını ifade etmektedir.

1512 saat sonrasında Δa^* değerleri valeks taneni + nano CeO₂’li örneklerde konsantrasyon değerlerine bağlı olarak 7,07 ile 11,14 arasında, valeks taneni + nano ZnO’lu örneklerde -13,59 ile 0,38 arasında; mimoza taneni + nano CeO₂’li örneklerde 0,22 ile 10,60 arasında, mimoza taneni + nano ZnO’lu örneklerde -1,08 ile 7,21 arasında; kıvılcık kabuk taneni + nano CeO₂’li örneklerde 7,61 ile 14,95 arasında, kıvılcık kabuk taneni + nano ZnO’lu örneklerde -6,41 ile 1,64 arasında değişim göstermektedir. Δa^* değerleri, ÜYM + nano CeO₂’li örneklerde 8,29; ÜYM + nano ZnO’lu örneklerde 8,29; referans madde ile yüzeyi kaplanan örneklerde 7,86 ve kontrol örneklerinde 7,81 olarak bulunmuştur. Negatif Δa^* değeri yeşilimsi yüzeyleri, pozitif değer ise kırmızımsı yüzeyleri ifade etmektedir.

Çizelge 4.1 : Valeks taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin ΔL^* değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)														
	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512
Ort.	-3,33	-3,51	-3,60	-4,04	-4,63	-4,80	-5,12	-8,42	-9,69	-11,29	-11,67	-13,22	-14,01	-15,58	-15,16
S.s	0,63	0,81	0,94	0,92	1,10	0,78	0,72	0,93	0,88	1,18	1,19	0,99	1,31	1,26	1,83
Ort.	-4,21	-3,69	-2,53	-2,53	-2,01	-1,74	-1,64	-2,24	-2,48	-3,60	-3,87	-4,68	-5,58	-6,54	-6,23
S.s	2,09	1,44	2,19	2,47	1,81	1,44	2,33	2,02	2,03	2,40	2,64	2,22	2,17	2,82	3,52
Ort.	-5,22	-5,10	-3,53	-3,03	-1,45	-1,37	-0,29	0,47	0,43	0,44	-0,03	-2,42	-3,10	-3,75	-3,86
S.s	2,38	2,68	2,27	2,87	1,41	1,85	2,15	2,02	2,08	2,27	2,32	2,88	2,93	3,13	2,94
Ort.	0,21	0,40	0,81	0,84	0,97	1,03	0,60	-1,08	-2,04	-2,96	-3,33	-4,75	-3,74	-2,28	-0,25
S.s	1,15	1,18	2,15	2,12	1,81	1,57	2,37	2,39	2,34	2,81	3,27	3,09	3,00	3,34	3,54
Ort.	2,07	3,15	3,99	4,97	5,26	5,99	5,84	9,98	10,11	10,54	12,67	13,88	14,18	14,98	15,37
S.s	1,58	1,49	1,31	1,95	1,91	1,64	2,29	2,72	2,99	3,04	3,52	3,51	3,17	3,39	3,83
Ort.	2,85	3,52	4,34	5,59	6,39	6,64	7,24	10,53	11,44	12,12	14,61	14,67	16,32	16,99	20,55
S.s	1,65	1,80	2,26	2,51	2,74	2,86	2,76	3,07	3,19	3,43	3,65	3,65	3,85	3,95	3,17

Çizelge 4.2 : Mimoza taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin ΔL^* değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)															
	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512	
%0,1 Mimoza + CeO ₂	Ort.	-10,23	-11,70	-12,56	-12,13	-12,31	-12,38	-13,07	-13,89	-13,75	-14,40	-14,76	-14,97	-15,95	-15,67	-15,45
	S.s	0,72	0,76	1,48	0,71	0,81	1,10	1,63	0,89	1,40	0,90	1,01	1,51	1,87	1,90	2,20
%0,5 Mimoza + CeO ₂	Ort.	-13,58	-14,83	-14,97	-15,01	-15,63	-15,68	-15,61	-15,38	-14,44	-12,84	-10,23	-9,82	-9,01	-10,33	-9,96
	S.s	1,84	1,96	1,70	1,57	2,06	1,52	2,03	1,84	1,92	1,84	1,91	1,64	1,45	1,85	2,12
%1 Mimoza + CeO ₂	Ort.	-17,06	-18,59	-18,90	-18,61	-18,67	-19,10	-18,81	-17,99	-12,79	-8,65	-7,55	-6,72	-4,53	-2,14	-0,72
	S.s	2,12	2,55	2,38	2,03	2,28	2,13	2,32	1,79	1,97	2,11	1,83	2,06	2,44	2,72	1,62
%0,1 Mimoza + ZnO	Ort.	-1,58	-3,01	-3,04	-3,42	-3,49	-3,57	-3,84	-5,22	-6,35	-7,23	-7,59	-7,85	-8,42	-8,46	-9,05
	S.s	1,18	0,90	0,95	0,77	1,44	0,91	1,17	1,42	1,56	1,28	0,88	1,32	1,65	1,47	2,31
%0,5 Mimoza + ZnO	Ort.	-2,05	-3,94	-3,37	-2,27	-1,49	-0,80	-0,97	-0,37	-0,83	-1,53	-1,34	-2,79	-3,07	-4,01	-4,18
	S.s	2,06	1,61	2,18	1,75	1,42	1,45	1,33	2,37	2,62	2,64	2,63	2,31	2,35	2,25	2,20
%1 Mimoza + ZnO	Ort.	-5,88	-6,33	-6,32	-6,21	-4,44	-3,63	-1,85	2,40	5,97	6,82	8,76	10,10	10,87	11,80	14,88
	S.s	1,70	1,84	2,06	1,81	2,18	1,43	1,07	1,06	2,74	2,67	2,20	2,77	2,64	2,44	2,95

Çizelge 4.3 : Kızılçam kabuk taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin ΔL^* değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)														
	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512
Ort. %0,1 KÇ + CeO ₂	-6,74	-8,90	-9,83	-11,62	-12,33	-13,16	-13,73	-18,25	-20,73	-21,43	-22,24	-23,95	-25,43	-26,21	-26,19
S.s	0,89	1,21	1,37	1,53	1,05	1,18	1,30	1,04	1,80	2,03	2,44	2,17	2,60	1,86	2,75
Ort. %0,5 KÇ + CeO ₂	-8,26	-10,16	-10,90	-12,18	-13,01	-14,14	-14,97	-18,51	-20,21	-20,33	-20,49	-23,10	-25,00	-24,22	-22,62
S.s	0,82	0,81	1,20	0,64	0,86	0,93	1,34	0,95	0,83	2,26	1,37	1,13	1,49	1,17	1,69
Ort. %1 KÇ + CeO ₂	-9,41	-11,81	-13,03	-12,89	-13,64	-15,19	-15,11	-17,18	-18,22	-18,32	-18,69	-20,74	-22,93	-22,31	-19,81
S.s	1,87	1,60	1,26	1,88	0,94	1,57	1,50	1,57	1,28	2,14	2,32	1,63	2,25	2,37	2,07
Ort. %0,1 KÇ + ZnO	-8,43	-10,12	-12,27	-11,46	-12,21	-12,31	-12,88	-13,89	-13,73	-12,56	-12,94	-13,00	-13,29	-9,63	-7,30
S.s	1,64	1,57	2,01	2,29	2,10	2,19	1,99	2,05	2,68	2,37	2,16	1,79	2,73	1,55	1,67
Ort. %0,5 KÇ + ZnO	-8,81	-9,51	-10,16	-10,84	-10,27	-10,20	-10,50	-9,71	-7,84	-6,54	-6,24	-5,70	-5,04	-4,20	-0,77
S.s	1,65	1,31	1,60	1,49	1,73	1,94	2,12	2,20	2,33	2,43	2,31	2,15	2,17	2,34	1,02
Ort. %1 KÇ + ZnO	-9,02	-9,95	-10,43	-9,68	-10,28	-9,59	-9,90	-7,85	-5,85	-4,94	-1,36	0,75	2,20	2,54	8,83
S.s	1,55	2,13	2,00	1,91	1,38	1,76	1,54	1,68	1,74	1,86	1,04	1,11	1,82	1,84	1,10

Çizelge 4.4 : Üst yüzey işlem maddesi ve referans madde ile muamele edilen örnekler ile kontrol örneklerinin ΔL^* değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)														
	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512
Ort.	-11,84	-14,99	-17,97	-18,63	-20,38	-23,45	-23,14	-23,29	-23,28	-25,16	-25,51	-27,28	-28,05	-30,94	-33,32
S.s	2,31	2,23	2,41	3,33	3,22	2,29	3,58	3,69	3,85	3,14	3,17	3,23	3,15	3,64	3,51
Ort.	-6,52	-8,72	-10,33	-12,00	-13,28	-14,26	-15,03	-20,38	-22,35	-23,91	-24,48	-26,31	-27,39	-28,07	-27,13
S.s	1,65	1,84	0,88	1,66	1,38	1,29	1,43	1,44	1,84	1,70	2,29	1,64	2,25	2,47	1,62
Ort.	-6,85	-7,99	-11,40	-10,37	-11,27	-12,50	-12,31	-15,62	-16,55	-17,43	-17,09	-17,98	-19,83	-17,71	-17,68
S.s	1,43	1,88	3,29	2,19	1,74	1,91	1,97	2,34	1,88	1,21	1,57	1,92	1,62	2,34	3,21
Ort.	-9,49	-11,90	-14,83	-15,75	-17,65	-17,76	-18,98	-22,10	-21,81	-22,87	-23,89	-23,54	-24,12	-25,56	-24,20
S.s	2,51	2,43	2,81	2,56	2,96	3,36	3,37	3,52	1,90	3,35	2,75	2,29	3,65	3,51	3,48

Hızlandırılmış dış ortam test süresi sonrasında Δb^* değerleri ise valeks taneni + nano CeO_2 'li örneklerde -0,34 ile 6,09 arasında, valeks taneni + nano ZnO'lu örneklerde -36,23 ile -18,99 arasında; mimoza taneni + nano CeO_2 'li örneklerde -20,97 ile 6,0 arasında, mimoza taneni + nano ZnO'lu örneklerde -19,96 ile 1,09 arasında; kızılcım kabuk taneni + nano CeO_2 'li örneklerde -11,85 ile 3,72 arasında, kızılcım kabuk taneni + nano ZnO'lu örneklerde -21,10 ile -15,39 arasında değişim göstermektedir. Δb^* değerleri, ÜYM + nano CeO_2 'li örneklerde 2,94; ÜYM + nano ZnO'lu örneklerde -2,43; referans madde ile yüzeyi kaplanan örneklerde -10,72 ve kontrol örneklerinde 1,47 olarak bulunmuştur. Δb^* değerinin negatif değerler alması mavileşen yüzeyleri, pozitif değerler alması sarılaşan yüzeyleri ifade etmektedir.

Toplam renk değişimi (ΔE^*) test sonunda valeks taneninin nano CeO_2 ile kombine edildiği örneklerde 9,06 ile 19,86; valeks taneninin nano ZnO ile kombine edildiği örneklerde 19,84 ile 42,73 aralığında değişim göstermektedir. ΔE^* değerleri mimoza taneninin nano CeO_2 ile kombine edildiği örneklerde 17,75 ile 21,11 aralığında, mimoza taneninin nano ZnO ile kombine edildiği örneklerde 10,89 ile 24,15 arasında bulunmuştur. Kızılcım kabuk taneni ve nano CeO_2 kullanılması durumunda ΔE^* değerleri 24,51 ile 30,87 arasında, tanenin nano ZnO ile birlikte kullanılması durumunda 15,65 ile 23,79 arasında bulunmuştur. Toplam renk değişim değerleri ÜYM'nin nano CeO_2 ile kombine edildiği örneklerde 31,45; ÜYM'nin nano ZnO ile kombine edildiği örneklerde 27,45; referans madde kullanılması durumunda 27,34 ve kontrol örneklerinde 34,81 olarak tespit edilmiştir. ΔE^* değerinin az çıkması renk değişiminin o örneklerde az olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.16, 4.18 ve 4.20'de gösterilen SPSS 18.0 Programındaki basit varyans analizi sonuçları göre her bir tanen çözeltisi ile muamele edilen örneklerin renk parametreleri ile kontrol ve referans örneklerinin renk parametreleri arasında %95 güven düzeyi ile istatistiksel anlamda önemli farklılıklar bulunmuştur ($p < 0,05$). Duncan homojenlik gruplarında harflerle ifade edilen homojenlik grupları, harf sırasına göre en yüksek ortalamadan en düşüğe doğru sıralanmıştır. Aynı harfle işaretlenmiş varyasyonlar istatistiksel açıdan farksızdır. Homojenlik grupları Çizelge 4.17, 4.19 ve 4.21'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 : Valeks taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin Δa^* değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)															
	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512	
%0,1 Valeks + CeO ₂	Ort.	3,34	4,13	4,42	5,15	5,72	6,01	6,42	8,68	9,89	10,47	10,19	10,00	10,25	10,71	11,14
	S.s	0,46	0,32	0,56	0,44	0,61	0,52	0,70	0,68	0,79	0,75	0,97	0,90	0,89	0,94	1,17
%0,5 Valeks + CeO ₂	Ort.	3,71	4,22	4,66	4,74	4,98	5,28	5,45	6,41	7,54	7,80	7,64	6,93	7,04	7,86	7,89
	S.s	0,64	0,55	0,61	0,80	0,79	0,57	1,03	0,77	0,64	0,82	0,71	0,66	0,42	0,59	0,80
%1 Valeks + CeO ₂	Ort.	4,16	4,76	4,86	4,98	5,03	5,14	5,26	5,96	6,90	7,14	6,78	6,35	6,01	6,84	7,07
	S.s	0,51	0,54	0,44	0,62	0,54	0,46	0,47	0,67	0,70	0,74	1,21	0,67	1,05	0,74	0,80
%0,1 Valeks + ZnO	Ort.	0,05	0,14	0,19	0,20	0,30	0,33	0,77	1,95	3,15	3,63	3,77	4,40	3,17	2,05	0,38
	S.s	0,84	0,48	1,04	0,98	0,81	0,62	1,12	1,55	1,18	1,63	1,50	2,03	2,12	2,13	2,09
%0,5 Valeks + ZnO	Ort.	-0,57	-0,71	-0,82	-1,28	-1,14	-1,35	-1,56	-2,28	-3,05	-3,42	-4,97	-6,46	-7,35	-8,38	-8,48
	S.s	0,78	1,15	0,84	1,21	1,17	1,25	1,09	2,00	2,38	2,97	2,74	2,43	2,63	2,94	2,54
%1 Valeks + ZnO	Ort.	-0,79	-0,82	-1,41	-1,47	-1,42	-1,60	-1,84	-2,17	-2,72	-3,72	-5,78	-7,35	-7,84	-10,63	-13,59
	S.s	0,82	0,64	0,88	0,99	1,18	1,88	1,12	1,97	1,18	2,03	2,65	2,14	2,49	1,79	2,11

Çizelge 4.6 : Mimoza taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin Δa^* değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)															
	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512	
%0,5 Mimoza + CeO ₂	Ort.	3,11	5,28	6,58	7,07	7,76	8,22	8,55	10,02	10,82	10,93	10,24	9,62	10,41	10,51	10,60
	S.s	0,47	0,39	0,56	0,56	0,52	0,79	0,81	0,90	0,70	0,75	0,92	0,84	0,67	0,56	0,92
%1 Mimoza + CeO ₂	Ort.	1,91	3,87	4,85	5,91	6,00	6,87	7,26	9,09	8,88	8,46	5,73	4,77	3,80	6,44	6,63
	S.s	0,71	0,70	0,84	0,76	0,83	0,92	0,79	0,84	1,23	1,18	1,76	1,90	1,52	1,43	1,15
%3 Mimoza + CeO ₂	Ort.	-0,80	0,92	1,69	2,30	2,12	3,30	3,82	4,71	2,60	-1,23	-3,47	-3,22	-0,03	-0,08	0,22
	S.s	1,53	1,74	1,90	2,17	2,09	2,01	2,15	2,08	1,12	1,39	1,82	1,92	1,77	1,31	1,71
%0,5Mim oza + ZnO	Ort.	1,45	3,14	3,73	4,30	4,55	4,67	5,07	6,50	7,36	7,83	7,50	7,52	7,61	7,48	7,21
	S.s	0,49	0,55	0,69	0,51	0,74	0,56	0,54	0,59	0,71	0,64	0,79	0,86	0,85	0,97	1,04
%1 Mimoza + ZnO	Ort.	2,03	4,28	4,93	4,89	4,77	5,09	5,06	5,72	5,88	6,16	6,37	6,45	6,01	6,20	5,86
	S.s	0,80	0,92	1,13	1,10	1,07	1,10	1,12	1,09	1,15	1,18	2,02	2,06	1,74	2,18	1,28
%3 Mimoza + ZnO	Ort.	3,90	6,31	7,02	7,39	7,60	7,68	7,59	6,99	6,31	6,03	4,36	3,28	2,17	1,32	-1,08
	S.s	0,45	0,67	0,71	0,66	0,55	0,65	0,42	0,52	0,65	0,50	0,68	1,09	1,06	1,34	2,63

Çizelge 4.7 : Kızılçam kabuk taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin Δa^* değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)														
	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512
%0,1 KÇ + CeO ₂	Ort.	4,22	5,50	6,36	7,13	7,67	8,16	8,56	11,03	12,39	12,65	12,99	13,60	14,07	14,95
	S.s	0,68	0,85	0,94	0,92	0,90	0,92	1,09	0,93	1,22	1,75	1,71	1,45	1,60	1,41
%0,5 KÇ + CeO ₂	Ort.	4,94	6,20	7,12	7,32	8,43	8,66	9,30	11,31	12,39	12,21	11,93	11,21	11,25	10,45
	S.s	0,55	0,48	0,66	0,58	0,63	0,47	0,67	0,84	0,78	1,09	0,47	1,39	1,28	1,49
%1 KÇ + CeO ₂	Ort.	4,83	6,33	6,47	7,40	7,07	7,90	8,47	8,67	9,99	10,12	8,43	8,06	7,94	7,61
	S.s	1,15	1,01	1,90	1,02	1,30	0,98	1,68	1,50	1,16	1,40	1,21	1,21	1,45	1,33
%0,1 KÇ + ZnO	Ort.	4,64	5,55	5,89	6,06	6,40	6,44	6,65	6,85	6,75	6,11	6,27	5,97	4,38	1,64
	S.s	0,94	0,86	1,18	1,09	1,14	1,04	1,23	0,99	1,38	1,19	1,12	1,22	1,20	1,48
%0,5 KÇ + ZnO	Ort.	5,09	5,81	6,20	6,57	6,21	6,11	6,02	5,21	4,18	3,12	1,96	1,26	0,53	-1,50
	S.s	0,84	0,45	0,42	0,62	0,58	0,39	0,60	0,53	0,62	0,65	0,95	0,98	0,61	1,05
%1 KÇ + ZnO	Ort.	5,13	5,77	5,80	6,06	6,08	5,98	5,82	5,21	4,23	3,00	1,91	-1,77	-2,04	-6,41
	S.s	0,54	0,24	0,46	0,43	0,48	0,39	0,43	0,65	0,88	0,81	1,01	1,26	0,76	0,94

Çizelge 4.8 : Üst yüzey işlem maddesi ve referans madde ile muamele edilen örnekler ile kontrol örneklerinin Δa^* değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)														
	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512
Ort.	7,04	8,94	10,25	10,63	10,89	11,13	11,49	10,96	10,59	10,45	8,36	8,12	7,82	8,13	7,81
S.s	2,06	1,80	2,07	1,63	1,58	2,02	1,68	2,12	2,18	2,07	1,50	1,75	1,85	1,56	1,64
Ort.	4,62	5,78	7,02	7,69	8,95	9,17	10,15	12,95	14,19	14,49	13,77	14,03	14,64	15,11	15,16
S.s	1,31	1,26	0,89	0,89	1,23	0,94	1,23	1,19	1,53	1,42	1,30	1,00	1,30	1,15	0,65
Ort.	2,34	3,22	4,34	4,79	5,21	5,81	5,89	9,04	9,72	10,79	10,74	10,91	11,36	9,75	8,29
S.s	0,78	1,09	1,59	1,27	1,11	1,72	1,44	1,04	1,41	1,51	0,86	1,06	1,15	1,19	2,10
Ort.	7,65	9,38	10,63	11,52	12,01	12,24	12,36	12,10	11,18	10,25	9,91	9,22	8,63	7,79	7,86
S.s	1,25	1,15	1,28	1,48	1,62	1,15	1,67	2,04	1,34	2,38	2,06	1,65	1,70	0,75	1,14

Çizelge 4.9 : Valeks taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin Δb^* değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)															
	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512	
%0,1 Valeks + CeO ₂	Ort.	6,48	8,37	9,08	10,21	10,68	11,52	11,91	12,57	11,18	8,42	6,59	4,36	5,14	6,00	6,09
	S.s	0,85	0,95	1,09	0,96	1,11	1,35	1,64	1,96	2,22	2,29	2,53	1,85	2,21	1,79	2,21
%0,5 Valeks + CeO ₂	Ort.	4,95	6,53	8,08	8,40	9,00	9,76	9,76	10,45	9,29	6,80	4,34	2,13	1,71	3,28	1,55
	S.s	1,91	1,27	2,28	1,86	1,81	1,49	2,11	2,23	2,81	3,54	4,28	3,07	3,14	3,46	3,86
%1 Valeks+ CeO ₂	Ort.	3,86	5,38	6,59	7,49	8,78	9,03	9,99	10,50	9,50	7,09	3,63	1,54	-0,03	0,59	-0,34
	S.s	1,79	1,96	1,78	1,72	1,33	1,65	1,00	1,29	1,97	2,29	4,32	3,80	2,84	3,37	3,43
%0,1 Valeks + ZnO	Ort.	0,53	1,15	1,15	0,67	0,42	0,12	0,51	-1,36	-2,42	-2,82	-7,05	-7,82	-9,36	-12,97	-18,99
	S.s	0,39	1,11	1,20	1,06	1,11	1,11	1,54	1,26	1,98	1,55	1,63	2,15	2,16	2,38	2,44
%0,5 Valeks + ZnO	Ort.	-2,18	-1,12	-0,85	-0,70	-0,53	-1,07	-1,14	-4,75	-8,63	-11,01	-21,27	-22,41	-27,58	-30,23	-30,12
	S.s	1,04	0,84	0,54	1,56	1,39	1,44	1,76	1,30	2,11	2,88	3,33	3,77	3,60	3,53	2,23
%1 Valeks+ ZnO	Ort.	-2,79	-1,23	0,41	-0,71	0,94	0,00	0,35	-3,46	-7,16	-13,46	-21,38	-24,89	-27,67	-30,80	-36,23
	S.s	1,05	1,23	1,05	1,35	1,31	1,42	1,41	1,18	1,06	3,05	3,15	4,02	2,83	3,72	2,63

Çizelge 4.10 : Kızılçam kabuk taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin Δb^* değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)														
	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512
%0,1 KÇ + CeO ₂	Ort.	5,35	6,98	7,94	8,70	8,82	9,84	10,12	11,53	7,76	4,05	0,02	4,19	4,64	3,72
	S.s	1,20	1,64	1,80	1,95	2,09	2,26	2,53	3,12	4,21	6,91	7,84	4,80	3,39	4,95
%0,5 KÇ + CeO ₂	Ort.	5,83	7,58	8,63	8,94	10,39	10,41	11,07	11,80	7,53	0,66	-4,46	0,01	-2,88	-3,87
	S.s	1,19	1,41	1,61	2,41	2,19	2,25	2,77	2,87	2,84	3,11	3,52	3,41	2,89	2,30
%1 KÇ + CeO ₂	Ort.	4,08	5,47	5,79	6,41	6,75	6,79	7,07	6,82	1,07	-10,23	-10,40	-8,77	-9,14	-11,85
	S.s	1,79	1,71	2,15	2,07	2,11	2,06	2,09	2,32	2,30	1,96	4,78	4,05	4,07	4,61
%0,1 KÇ + ZnO	Ort.	6,17	7,24	6,29	6,65	6,53	6,58	6,18	5,07	3,69	1,71	-1,22	-2,16	-8,05	-16,73
	S.s	0,67	0,86	1,17	1,15	1,33	1,47	1,24	1,37	1,15	1,24	1,11	1,28	1,65	1,37
%0,5 KÇ + ZnO	Ort.	6,71	6,26	6,26	6,01	5,70	5,32	4,42	2,68	1,30	-0,34	-4,25	-5,82	-7,43	-15,39
	S.s	0,35	1,07	1,41	1,06	1,36	1,43	1,85	1,71	1,30	1,31	1,54	1,10	1,45	2,06
%1 KÇ + ZnO	Ort.	6,32	3,78	3,77	3,60	2,47	2,59	1,05	-0,97	-1,52	-3,04	-5,81	-8,68	-11,33	-21,10
	S.s	1,11	1,55	1,42	1,24	1,82	1,35	1,72	1,13	1,03	1,04	1,29	1,99	1,83	1,90

Çizelge 4.11 : Üst yüzey işlem maddesi ve referans madde ile muamele edilen örnekler ile kontrol örneklerinin Δb^* değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)														
	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512
Ort.	17,86	17,66	17,74	17,35	16,41	14,77	14,66	10,58	7,25	5,13	3,24	2,85	1,94	1,43	1,47
S.s	1,77	2,41	1,58	2,33	3,03	1,83	1,91	2,13	1,24	1,52	1,09	1,21	1,56	1,70	1,88
Ort.	6,86	8,49	10,03	10,47	11,98	12,00	13,15	13,12	11,83	6,41	-2,01	-1,76	1,26	3,54	2,94
S.s	1,78	2,46	2,11	2,30	2,48	2,49	2,64	2,89	3,03	3,92	3,63	3,10	3,70	4,08	3,94
Ort.	5,20	7,88	10,56	10,63	11,66	12,43	12,62	15,31	16,02	14,63	13,30	11,48	8,41	5,20	-2,43
S.s	1,03	1,18	1,92	1,27	1,12	2,45	2,13	2,07	2,32	1,73	1,32	1,14	1,88	1,29	2,27
Ort.	12,02	11,82	10,89	10,60	9,34	8,12	7,88	2,70	-1,36	-4,65	-6,43	-8,99	-10,63	-10,57	-10,72
S.s	1,79	1,93	1,72	2,44	1,91	1,93	1,24	1,60	1,71	1,21	2,44	2,20	2,48	2,07	2,47

Çizelge 4.12 : Valeks taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin ΔE^* değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)															
	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512	
%0,1 Valeksv + CeO ₂	Ort.	8,05	10,02	10,77	12,17	13,03	13,89	14,50	17,50	17,87	17,66	17,24	18,25	19,94	19,86	
	S.s	0,83	0,79	1,05	0,84	1,14	1,27	1,59	1,80	1,91	1,76	1,78	1,35	1,39	1,18	2,00
%0,5 Valeks + CeO ₂	Ort.	7,80	8,76	10,06	10,35	10,71	11,37	11,61	12,71	12,55	11,40	10,50	9,35	9,83	11,48	11,25
	S.s	1,41	1,09	1,48	1,50	1,43	1,19	1,91	1,74	1,93	1,85	1,48	1,11	0,99	1,74	1,96
%1 Valeks + CeO ₂	Ort.	8,18	9,31	9,30	9,97	10,34	10,68	11,49	12,27	11,94	10,41	9,04	8,24	7,76	8,84	9,06
	S.s	1,16	1,35	1,10	1,30	1,25	1,33	1,09	1,22	1,98	1,90	1,40	1,70	1,59	1,72	1,50
%0,1 Valeks + ZnO	Ort.	1,21	1,50	1,98	2,11	2,07	2,01	2,86	4,79	6,28	7,00	9,75	11,79	12,82	14,77	19,84
	S.s	0,45	0,68	0,70	0,87	1,03	1,00	1,26	1,19	1,39	1,51	1,26	1,90	1,75	2,21	2,17
%0,5 Valeks + ZnO	Ort.	3,45	3,56	4,19	5,54	5,43	6,47	6,27	11,39	14,16	15,51	25,82	27,44	32,61	35,68	36,26
	S.s	1,02	1,45	1,34	1,19	1,05	1,70	1,31	2,80	3,55	3,29	3,48	3,99	3,21	3,52	2,48
%1 Valeks + ZnO	Ort.	4,25	4,22	5,85	6,37	6,87	7,05	7,69	11,28	13,48	17,25	24,91	28,89	31,72	36,35	42,73
	S.s	1,51	1,32	1,25	1,34	1,63	1,29	2,11	3,00	3,04	3,88	3,73	3,46	3,42	3,17	2,96

Çizelge 4.13 : Mimoza taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin ΔE^* değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam testi süresi (saat)															
	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512	
%0,5Mimoza + CeO ₂	Ort.	11,89	14,99	16,40	17,32	18,22	19,09	19,81	22,17	21,47	19,67	18,46	18,07	19,73	20,14	19,83
	S.s	1,02	0,95	1,33	1,18	1,31	1,58	1,84	2,33	2,29	1,76	1,17	1,28	2,05	1,96	2,54
%1 Mimoza + CeO ₂	Ort.	13,81	15,52	15,93	16,39	16,83	17,34	17,38	18,35	17,42	16,83	18,35	20,55	17,71	18,02	17,75
	S.s	1,90	2,09	1,82	1,77	2,14	1,78	2,12	1,98	1,81	1,88	2,22	2,41	3,37	1,58	1,97
%3 Mimoza + CeO ₂	Ort.	18,90	20,27	20,86	20,52	21,21	21,12	20,81	20,52	19,17	22,30	27,20	23,91	19,46	18,20	21,11
	S.s	1,99	2,00	1,65	1,71	1,66	1,79	2,04	1,84	2,57	3,00	2,52	2,40	2,51	2,52	2,64
%0,5 Mimoza + ZnO	Ort.	3,59	6,83	8,54	9,29	10,15	10,53	11,09	11,34	12,29	11,97	11,92	11,64	12,16	12,04	11,82
	S.s	0,94	1,08	0,87	0,82	1,04	1,11	0,90	0,96	0,96	0,90	1,74	1,68	1,86	1,86	2,52
%1 Mimoza + ZnO	Ort.	3,72	6,70	8,47	8,87	8,93	9,27	9,65	10,67	9,96	8,91	8,36	8,88	8,79	8,69	10,89
	S.s	1,22	1,43	1,93	1,56	1,25	1,75	1,85	2,09	2,16	1,90	2,17	2,27	3,15	3,11	3,06
%3 Mimoza + ZnO	Ort.	7,79	9,42	10,03	10,16	10,04	9,76	10,02	10,68	11,59	10,78	10,32	11,61	13,81	16,25	24,15
	S.s	1,44	1,29	1,81	1,76	1,40	1,54	1,14	1,49	0,91	2,27	2,01	2,13	2,18	2,37	3,51

Çizelge 4.14 : Kızılçam kabuk taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin ΔE^* değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)																
	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512		
%0,1 KÇ + CeO ₂	Ort.	9,61	12,61	14,18	16,23	17,06	18,39	19,14	24,34	25,57	26,06	26,81	27,66	29,31	30,47	30,87	
	S.s	1,47	2,00	2,21	2,29	1,94	2,32	2,63	2,58	2,82	3,02	2,39	2,62	3,09	2,79	3,05	3,05
%0,5 KÇ + CeO ₂	Ort.	11,30	14,16	15,67	16,92	18,74	19,67	20,97	24,79	25,00	23,97	25,11	26,32	27,58	26,97	25,51	25,51
	S.s	1,16	1,21	1,66	1,33	1,65	1,55	1,80	2,19	1,62	1,90	1,66	1,13	1,41	1,33	1,45	1,45
%1 KÇ + CeO ₂	Ort.	11,44	14,54	15,84	16,27	16,89	18,52	18,81	20,56	20,93	23,42	25,83	25,03	26,18	25,74	24,51	24,51
	S.s	2,34	2,05	1,98	2,41	1,81	1,95	2,32	2,06	1,66	2,05	2,83	1,68	2,12	2,25	1,93	1,93
%0,1 KÇ + ZnO	Ort.	11,49	13,54	14,72	14,55	15,38	15,48	15,92	16,51	15,92	14,98	14,71	14,87	15,00	13,99	18,71	18,71
	S.s	1,63	1,29	3,36	2,05	1,74	2,07	1,85	1,74	2,09	1,60	2,14	2,09	2,13	1,72	3,58	3,58
%0,5 KÇ + ZnO	Ort.	12,24	12,82	13,54	14,10	13,42	13,18	13,11	11,13	9,47	7,75	7,39	7,71	8,16	8,92	15,65	15,65
	S.s	1,47	1,40	1,38	1,21	1,07	1,18	1,94	1,44	1,61	2,06	2,14	2,00	2,15	2,09	2,26	2,26
%1 KÇ + ZnO	Ort.	12,23	12,47	12,62	12,23	12,34	11,86	11,67	9,67	7,64	6,79	4,40	6,25	9,40	11,93	23,79	23,79
	S.s	1,36	1,18	1,32	1,39	1,27	1,37	1,40	1,56	1,70	1,11	1,09	1,77	2,03	2,71	2,47	2,47

Çizelge 4.15 : Üst yüzey işlem maddesi ve referans madde ile muamele edilen örnekler ile kontrol örneklerinin ΔE^* değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)														
	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512
Ort.	22,70	25,06	27,43	27,81	28,65	30,33	30,25	30,09	30,07	29,14	30,23	29,26	30,38	32,02	34,81
S.s	2,38	2,05	2,81	2,33	2,51	1,81	2,48	3,19	4,18	2,65	4,07	4,13	4,17	4,21	4,06
Ort.	10,57	13,55	16,11	17,77	20,06	20,84	22,46	27,56	29,07	28,83	28,39	30,03	31,29	32,31	31,45
S.s	2,61	2,98	1,78	2,40	2,66	2,39	2,81	2,72	3,17	2,80	2,47	1,74	2,63	2,74	1,69
Ort.	9,00	11,76	15,65	15,86	17,08	18,61	18,85	23,39	25,05	25,14	25,14	24,70	24,30	25,02	27,45
S.s	1,97	2,69	4,09	2,94	2,64	3,95	3,37	3,28	2,78	2,03	1,80	4,16	1,95	1,88	6,27
Ort.	17,25	19,34	21,33	22,36	23,43	23,98	24,11	25,03	24,74	25,59	26,61	26,21	27,89	28,35	27,34
S.s	3,16	2,37	2,91	2,64	2,93	2,51	3,51	3,89	1,99	3,33	2,69	2,10	3,11	2,33	2,04

Çizelge 4.16 : Valeks taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 1512 saat sonrasındaki renk parametrelerinin basit varyans analizi.

Renk Parametreleri	Kareler toplamı	df	Ort. Karesi	F	Önem derecesi	
	Gruplar arası	31584,650	10	3158,465	199,382	0,000
ΔL^*	Gruplar içi	2281,139	144	15,841		
	Toplam	33865,789	154			
	Gruplar arası	10082,652	10	1008,265	260,146	0,000
Δa^*	Gruplar içi	604,619	156	3,876		
	Toplam	10687,271	166			
	Gruplar arası	27320,326	10	2732,033	170,917	0,000
Δb^*	Gruplar içi	2397,682	150	15,985		
	Toplam	29718,007	160			
	Gruplar arası	17444,736	10	1744,474	193,559	0,000
ΔE^*	Gruplar içi	1252,754	139	9,013		
	Toplam	18697,489	149			

Çizelge 4.17 : Valeks taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 1512 saat sonrasındaki renk parametrelerinin Duncan homojenlik grupları.

Varyasyonlar	Homojenlik grupları			
	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
%0,1 Valeks + CeO ₂	E	B	AB	E
%0,5 Valeks + CeO ₂	D	C	C	F
%1 Valeks + CeO ₂	D	C	CD	F
%0,1 Valeks + ZnO	C	D	F	E
%0,5 Valeks + ZnO	B	E	G	B
%1 Valeks + ZnO	A	F	H	A
ÜYM + CeO ₂	E	C	D	D
ÜYM + ZnO	F	A	BC	C
Referans	F	C	E	D
Kontrol	G	C	C	B

Çizelge 4.18 : Mimoza taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 1512 saat sonrasındaki renk parametrelerinin basit varyans analizi.

Renk Parametreleri	Kareler toplamı	df	Ort. Karesi	F	Önem derecesi	
ΔL^*	Gruplar arası	19891,809	10	1989,181	181,968	0,000
	Gruplar içi	1585,069	145	10,932		
	Toplam	21476,879	155			
Δa^*	Gruplar arası	3716,964	10	371,696	98,952	0,000
	Gruplar içi	578,478	154	3,756		
	Toplam	4295,441	164			
Δb^*	Gruplar arası	15706,330	10	1570,633	71,523	0,000
	Gruplar içi	3315,913	151	21,960		
	Toplam	19022,243	161			
ΔE^*	Gruplar arası	6706,584	10	670,658	59,132	0,000
	Gruplar içi	1576,492	139	11,342		
	Toplam	8283,076	149			

Çizelge 4.19 : Mimoza taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 1512 saat sonrasındaki renk parametrelerinin Duncan homojenlik grupları.

Varyasyonlar	Homojenlik grupları			
	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
%0,5 Mimoza + CeO ₂	E	B	A	EF
%1 Mimoza + CeO ₂	D	CD	E	F
%3 Mimoza + CeO ₂	B	E	F	E
%0,5 Mimoza + ZnO	D	CD	BC	G
%1 Mimoza + ZnO	C	D	D	G
%3 Mimoza + ZnO	A	E	F	D
ÜYM + CeO ₂	E	C	C	C
ÜYM + ZnO	G	A	AB	B
Referans	F	C	DE	C
Kontrol	H	C	B	A

Çizelge 4.20 : Kızılçam kabuk taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 1512 saat sonrasındaki renk parametrelerinin basit varyans analizi.

Renk Parametreleri	Kareler toplamı	df	Ort. Karesi	F	Önem derecesi	
ΔL^*	Gruplar arası	19655,358	10	1965,536	204,920	0,000
	Gruplar içi	1429,164	149	9,592		
	Toplam	21084,522	159			
Δa^*	Gruplar arası	6466,227	10	646,623	196,781	0,000
	Gruplar içi	515,903	157	3,286		
	Toplam	6982,130	167			
Δb^*	Gruplar arası	11783,710	10	1178,371	58,480	0,000
	Gruplar içi	3062,809	152	20,150		
	Toplam	14846,519	162			
ΔE^*	Gruplar arası	3746,995	10	374,699	36,668	0,000
	Gruplar içi	1461,268	143	10,219		
	Toplam	5208,263	153			

Çizelge 4.21 : Kızılçam kabuk taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 1512 saat sonrasındaki renk parametrelerinin Duncan homojenlik grupları

Varyasyonlar	Homojenlik grupları			
	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
%0,1 KÇ + CeO ₂	FG	A	AB	B
%0,5 KÇ + CeO ₂	E	C	C	DE
%1 KÇ + CeO ₂	D	D	D	DE
%0,1 KÇ + ZnO	C	E	E	F
%0,5 KÇ + ZnO	B	F	E	G
%1 KÇ + ZnO	A	G	F	E
ÜYM + CeO ₂	D	D	C	CD
ÜYM + ZnO	G	A	AB	B
Referans	EF	D	D	CD
Kontrol	H	D	B	A

Hızlandırılmış dış ortam testine maruz bırakılan tanen + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile kaplanan örneklerin yüzeyleri koyulaşmıştır. Yüzeylerin koyu renk alması grupların negatif ΔL^* değerine sahip olması ile belirlenmiştir.

Tanen + nano ZnO ile yüzeyi kaplanan örnekler yaşlandırma testinin sonunda testin başlangıç saatlerine kıyasla açık renk almaya başlamıştır. Referans, kontrol ve ÜYM + nano ZnO ile yüzeyi kaplanan örnekler ise tüm yaşlandırma test sürelerinde koyu renk almış ($-\Delta L^*$ değerleri) ve bu 3 grup örnek test edilen diğer gruplara kıyasla en koyu yüzey veren örnekler olmuşlardır. Referans madde, ÜYM + nano ZnO'lu

örneklerden daha koyu yüzeyler vermiştir. %0,5 ve %1 valeks + nano ZnO'lu örneklerin yüzeyi test süresi boyunca açık renk kazanmaya (pozitif ΔL^* değerleri) devam etmiş ve her iki konsantrasyon birbirlerine benzer bir performans sergilemiştir. %0,1 konsantrasyonlu örnekler ise test başından 168 saate kadar rengini korumuş ardından ΔL^* değerleri hafifçe negatif yani koyu renk almaya başlamıştır. Valeks tanenli grupta en düşük ΔL^* değeri ve en iyi renk stabilitesi %0,1 konsantrasyonlu örnek grubunda olmuştur. Yüksek konsantrasyonlu mimoza ve kızılçam tanenlerinin başlangıçtaki koyu renkli yüzeyi test sonunda açık renk almaya başlamış oysa düşük konsantrasyon seviyeleri test sonunda da ΔL^* değerlerinde çok hafif değişkenlikler göstererek koyu rengi devam ettirmiştir. ΔL^* değerleri bakımından en iyi renk stabilitesi mimoza taneninde %1 konsantrasyonlu örneklerde, kızılçam kabuk taneninde %0,5 konsantrasyonlu örneklerde tespit edilmiştir.

Valeks taneni hariç tanen + nano ZnO kombinasyonlarında kırmızılık indeksi (Δa^*) 168 saat boyunca artış eğiliminde olmuş sonra kırmızılık indeksi test süresi devam ettikçe azalmaya başlamıştır. Benzer eğilim referans, kontrol ve ÜYM + nano ZnO'lu örneklerde de gözlenmiştir. Bu örnekler, tanen + nano ZnO'lu örneklerle kıyasla daha yüksek kırmızılık indeksine sahip olmuşlardır. %0,5 ve %1 valeks + nano ZnO'lu örneklerin yüzeyleri hızlandırılmış dış ortam test süresi arttıkça negatif Δa^* değerleri alması ile yeşilimsi renge dönerken %0,1 konsantrasyonlu örnekler kırmızı renk göstermiş ve bu grupta Δa^* değerlerindeki değişim bakımından en iyi stabiliteyi sağlamışlardır. %3 konsantrasyonlu mimoza + nano ZnO'lu örneklerde 168 saat boyunca pozitif Δa^* değerlerinde artış görülmüş daha sonra süre arttıkça azalmaya başlamış ve test sonunda negatif değerler ile yüzeyler yeşilimsi renk almıştır. Δa^* değerlerinde %0,5 ve %1 konsantrasyonlu mimozalı örneklerde test süresince bir artış görülmüş ve kırmızı renk yoğunlaşmıştır. Mimoza tanenli grupta en iyi sonuç, değerlerin test başından sonuna kadar stabilitesi bakımından %1 konsantrasyonlu örneklerde elde edilmiştir. %0,5 ve %1 konsantrasyonlu kızılçam kabuk taneni + nano ZnO'lu örneklerde 168 saat boyunca hafif artan Δa^* değerleri test süresi sonuna kadar azalma eğilimi göstermiştir. Kırmızımsı olan yüzeyler test sonunda yeşilimsi renk almıştır. %0,1 konsantrasyondaki örnekler 1176 saate kadar stabil gitmiş ardından azalmaya başlamıştır. Δa^* değerleri açısından en iyi stabilite %0,1 konsantrasyonlu kızılçam kabuk taneninde elde edilmiştir.

Örneklerin sarı renk indeksi (Δb^*) testin başlangıç periyotlarında stabil veya çok az artış göstermiştir ancak test süresi devam ettikçe azalmıştır. %0,5 ve %1 valeks + nano ZnO'lu örneklerin yüzeyleri 168 saat boyunca çok hafif veya stabil devam etmiş ardından benzer oranlarda süre sonuna kadar azalma eğilimi göstermiştir. 168 saate kadar sarı olan yüzeyler bu süreden sonra mavimsi renk almaya başlamıştır. %0,1 konsantrasyonda bu şekilde bir eğilimine sahiptir. Δb^* değerleri açısından en iyi performans %0,1 konsantrasyonda elde edilmiştir. %0,5, %1 ve %3 konsantrasyonlu mimoza taneninde benzer eğilimler gözlenmiştir. %1 ve %3 konsantrasyonda test sonundaki Δb^* değerindeki azalmalar negatif alanda görülmüştür. Bu grupta da konsantrasyon arttıkça Δb^* değerlerindeki değişim daha fazla olmuştur. Valeks ve mimoza tanenine benzer olarak kızılçam kabuk taneninde de konsantrasyon arttıkça Δb^* değerindeki değişimler daha fazla olmuştur. Test sonunda kızılçam kabuk taneni + nano ZnO'lu örneklerin başlangıçtaki sarı rengi mavi renge dönüşmüştür.

Toplam renk değişimi (ΔE^*) yaşlanma test süresi arttıkça artmıştır. Referans ve ÜYM + nano ZnO'lu örnekler 1512 saat sonrasında birbirine benzer renk değişimi değerleri vermiştir. Valeks + nano ZnO'lu örneklerin yüzeyindeki renk değişimi ilk 168 saat boyunca hafif artışlar göstermiş ardından ΔE^* değerlerindeki artış daha fazla olmuştur. Test sonunda %0,5 ve %1 konsantrasyonlu örnekler, ÜYM + nano ZnO ve referans madde ile yüzeyi kaplanan örnekler göre daha fazla renk değişimine sahip olmuşlardır. Valeks taneninde konsantrasyon arttıkça renk değişimi daha fazla olmuştur. Mimoza taneni + nano ZnO'lu örneklerin test süresi boyunca ΔE^* değerlerindeki değişim çok az olmuştur. Mimoza taneni için renk değişimindeki stabilite en iyi %0,5 ve %1 konsantrasyonlarda sağlanmıştır. Kızılçam kabuk taneninin ΔE^* değerleri 168 saat süresince nerdeyse stabil olmuş bunu bir azalma ve sonra artış takip etmiştir. Kızılçam kabuk taneni + ZnO kombinasyonunda en düşük renk değişimi %0,5 konsantrasyonda bulunmuştur. Valeks taneninin %0,5 ve 1 konsantrasyon seviyesi hariç tanen + ZnO kombinasyonlarında ΔE^* değeri referans, ÜYM + ZnO ve kontrolden daha düşük bulunmuştur. Test edilen varyasyonlar arasında %0,5 ve %1 konsantrasyonlu mimoza taneni, renk stabilitesi bakımından en iyi sonucu veren grup olmuştur. Genel olarak, tanen tipi dikkate alınmaksızın, tanenlerin ZnO ile kombinasyonlarında konsantrasyon arttıkça ΔL^* , Δa^* , Δb^* ve ΔE^* değerlerinde daha fazla değişimler tespit edilmiştir. ZnO ile kombine edilen örneklerde renk ölçüm değerleri örneklerin resimleri ile birbirine uyumlu

bulunmuştur. Örneklerin resimlerinden de görüleceği üzere düşük konsantrasyon seviyelerindeki tanenler yaşlanma testi sonrasında daha iyi bir renk stabilitesi sağlamışlardır.

Nano CeO₂ kombinasyonlu örneklerde, mimoza taneni hariç diğer tanenlerde test süresince yüzeyler koyu renk almaya devam etmiştir. Kontrol, referans ve ÜYM + nano CeO₂'li örnekler diğer örneklerden daha koyu renkli yüzeyler vermiştir. Üst yüzey işlem maddesine CeO₂ katılması örneklerin ΔL^* değerleri açısından bir iyileşme sağlamamıştır. Valeks taneninin %0,5 ve 1 konsantrasyonunda koyuluk indeksi ($-\Delta L^*$) değerleri 168 saat sonrasında çok az bir değişim gösterirken %0,1 konsantrasyon seviyesinde önemli oranda artış göstermiştir. Mimoza tanenli örneklerin koyu renkli yüzeyleri 336 saat sonrasında açılmaya başlamış olup, bu durum yüksek konsantrasyon seviyelerinde daha fazla gözlenmiştir. Kızılçam kabuk taneninin tüm konsantrasyon seviyeleri, yaşlandırma testi süresi boyunca referans örneklere benzer bir koyuluk indeks değeri vermiştir.

Yaşlandırma testi örneklerin kırmızılık indeksini arttırmıştır. ÜYM + nano CeO₂'li ve %0,1 konsantrasyonlu kızılçam kabuk taneni + nano CeO₂'li örnekler yaşlandırma testi sonunda diğer örneklere kıyasla daha kırmızı yüzeyler göstermiştir. Kontrol ve referans örnekleri, 168 saat boyunca diğer örneklerden daha yüksek kırmızılık indeks değeri vermiştir ancak yaşlandırma test süresi arttıkça Δa^* değerleri sürekli olarak azalma eğilimindedir. Benzer eğilim diğer tanenlerin yüksek konsantrasyon seviyelerinde de gözlenmiştir. Valeks taneninin Δa^* değerleri 168 saat boyunca neredeyse stabil kalmış, daha sonra 1512 saat boyunca hafifçe artmıştır. Valeks taneninin düşük konsantrasyonları daha fazla kırmızı yüzeyler vermiştir. Mimoza tanenin yüksek konsantrasyon seviyelerinde artan kırmızılık indeks değerleri 336 saat sonrasında önemli oranda azalmıştır. Yaşlandırma testi boyunca, mimoza taneninin %0,5 konsantrasyon seviyesi, diğer konsantrasyon seviyelerine kıyasla Δa^* değerlerinde daha az bir değişim ve stabilite göstermiştir. Kızılçam kabuk taneninin konsantrasyonundaki artış, kırmızılık indeksini azaltmıştır.

Tanen + nano CeO₂'li örneklerin Δb^* değerleri 336 saat boyunca ya stabil kalmış yada çok az artmış, ardından 840 saate kadar azalmış bunu test sonuna kadar artış takip etmiştir. Test sonunda örnek yüzeyleri valeks tanenin tüm konsantrasyon seviyelerinde sarı renk kazanmış ve bu tanende konsantrasyon seviyesinin Δb^* değerleri üzerine çok etkili olmadığı bulunmuştur. Mimoza ve kızılçam kabuk

taneninde, konsantrasyon seviyesinin 1512 saat sonunda Δb^* değerleri üzerine etkisi daha net gözlenmekte olup, yüksek konsantrasyon seviyeleri mavi renk indeksine, düşük konsantrasyon seviyeleri ise Δb^* değerlerinde daha az bir değişime ve sarı renk indeksine neden olmuştur.

Tanen + nano CeO_2 'li örneklerin toplam renk değişimi yaşlandırma test süresi boyunca artış göstermiştir. En yüksek renk değişimi sırasıyla: kontrol, ÜYM + nano CeO_2 , %0,1 kızılcım kabuk taneni + nano CeO_2 ve referans örnekleri olarak bulunmuştur. Kızılcım kabuk taneni diğer tanenlere kıyasla en yüksek renk değişimine neden olan tanen tipi olarak tespit edilmiştir. Valeks taneninin düşük konsantrasyon değerlerinde daha fazla renk değişimi olmuştur. Valeks taneninin %0,5 ve 1 konsantrasyon değerleri birbirine benzer renk değişim değerleri vermiştir. Mimoza taneninin test başından sonuna kadar ΔE^* değerlerindeki en iyi stabilite %0,5 ve 1 konsantrasyon seviyesinde bulunmuştur. Kızılcım kabuk taneninde ise, düşük konsantrasyon seviyeleri yüksek konsantrasyon değerlerine kıyasla daha fazla renk değişimi göstermiştir. Tanen tipleri arasında en koyu ve kırmızı yüzeyler kızılcım kabuk taneninde, en düşük ΔL^* , Δa^* , Δb^* ve ΔE^* değişimleri ise valeks taneninde bulunmuştur. Renk ölçüm değerlerindeki değişim örneklerin genel görünümleri ile uyumludur.

Valeks tanenli örneklerde toplam renk değişimi, Basit Varyans Analizindeki Duncan homojenlik sonuçlarına göre, %1 valeks + ZnO > Kontrol = %0,5 valeks + ZnO > ÜYM + ZnO \geq Referans = ÜYM + nano CeO_2 > %0,1 Valeks + nano ZnO = %0,1 Valeks + nano CeO_2 > %0,5 Valeks + nano CeO_2 = %1 Valeks + nano CeO_2 şeklindedir.

Renk değişimi mimoza tanenli örneklerde, Kontrol > ÜYM + nano ZnO \geq Referans = ÜYM + nano CeO_2 > %3 Mimoza + nano ZnO > %3 Mimoza + nano CeO_2 \geq %0,5 Mimoza + nano CeO_2 > %1 Mimoza + nano CeO_2 > %0,5 Mimoza + nano ZnO = %1 Mimoza + nano ZnO şeklinde olmuştur.

ΔE^* değerleri kızılcım kabuk tanenli örneklerde, Kontrol > ÜYM + nano ZnO = %0,1 KÇ + nano CeO_2 \geq ÜYM + nano CeO_2 = Referans \geq %0,5 KÇ + nano CeO_2 \geq %1 KÇ + nano CeO_2 \geq %1 KÇ + nano ZnO > %0,1 KÇ + nano ZnO > %0,5 KÇ + nano ZnO

Uzun süreli dış ortam koşullarına maruz bırakılan örnek yüzeylerinde fotokimyasal reaksiyonlar nedeniyle renklenmeler meydana gelir. Bu durum çoğunlukla lignin başta olmak üzere ahşap bileşenlerinin degradasyonundan kaynaklanır (Saha vd. 2011a). Ahşap örnekleri, UV etkisine maruz bırakıldığında, UV ışını lignin tarafından absorbe edilmekte ve serbest radikaller (çoğunlukla fenolik radikaller) oluşmaktadır (Deka ve Petric, 2008). Oluşan serbest radikaller oksijen ile reaksiyona girmekte, karbonil ve karboksil kromoforik gruplar ile kinonların oluşumunu sağlamaktadır. Ahşap yüzeylerinde meydana gelen renk değişiminin temel nedeni bu yapılardan kaynaklanmaktadır (Deka ve Petric, 2008; Ozgenç, 2014). Dış ortam koşullarına maruz bırakılan yüzeylerdeki ligninin degradasyonu, yüzeyin daha koyu hale gelmesine ve gri renk almasına sebep olmaktadır (Ozgenç, 2014). Çalışmada, kontrol ve referans madde ile yüzeyi kaplanan örneklerde koyu renk ve grileşmenin sebebi yukarıdaki açıklamalarda da belirtildiği gibi yoğun lignin ve karbohidrat degradasyonu olabilir.

Şeffaf akrilik esaslı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kaplanan örneklerde meydana gelen renk değişimleri (koyu renk, $-\Delta L^*$; kırmızı, Δa^* ; sarı, Δb^*) hem ahşap hem de üst yüzey işlem maddesinin kendisinden kaynaklanabilir. Yapılan bir çalışmada, FTIR ve elektron paramagnetik rezonans (EPR) analizlerine göre, akrilik su esaslı şeffaf üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyleri kaplanan örneklerde gözlenen renk değişimleri (koyu, kırmızı ve sarı renk), UV ışınlarının yüzeydeki kaplamadan geçip ahşap yüzeylerine ulaşmasına ve lignin başta olmak üzere ahşap bileşenlerinin degradasyonuna bağlanmıştır (Deka ve Petric, 2008). Ayrıca, kaplama ve polimerlerde, UV radyasyonu nedeniyle oluşan foto-oksidatif degradasyon, sarılaşma ve renklenme yaygın bir olaydır (Singh vd. 2001). Scrinzi vd. (2011), şeffaf üst yüzey kaplamalarda ilk saatlerde önemli koyu renk değişimleri olduğunu, L^* değerlerindeki azalmaya bağlı olarak meydana gelen renk değişiminin, şeffaf kaplamalardaki bağlayıcıda meydana gelen değişimlerle korelasyon gösterdiğini rapor etmiştir.

Tanenlerin nano ZnO ile kombinasyonunda test sonuna doğru açık renk (ΔL^*) gözlenmiş ve bu durum yüksek konsantrasyonlu örneklerde daha belirgin olmuştur. Düşük konsantrasyonlardaki tanen çözeltileri kullanılması durumunda renkte daha iyi bir stabilite sağlanmış ve renk değişim parametrelerinde sinerjik etkiler elde edilmiştir. Renkte açılma özellikle yüksek konsantrasyonlardaki mimoza ve kızılçam

kabuk taneninin CeO₂ ile kombinasyonlarında da belirgin olarak gözlenmiştir. Bu örneklerde test sonuna doğru parlak beyaz renk gözlenmesinin muhtemel 2 nedeni, nano partiküllerin yüzeyde aglomerasyonu (kümelenmesi) veya UV ve suyun etkisi ile kaplama kalınlığında deformasyonlar ve incelmeler sonucunda nano partiküllerin ortaya çıkması olabilir. Benzer beyaz noktalar Saha vd. (2011a, 2013a,b) tarafından da gözlenmiştir. Hızlandırılmış dış ortam test süresi arttıkça kaplama kalınlığında azalmalar olduğu ve 1500 saatlik süre sonunda kaplama kalınlığının, yaşlandırma öncesindeki kalınlığın 1/3'ü olduğu Saha vd. (2011b) tarafından belirtilmiştir. Benzer bulgular Saha vd. (2011a, 2013a) tarafından da bulunmuştur. Akrilik poliüretan kaplama + kabuk ekstraktı + lignin stabilizatör ile yüzeyleri kaplanan örneklerde hızlandırılmış dış ortam testi sonrasında açık renkli yüzeyler elde edilmiştir (Saha vd. 2011a). Akrilik poliüretan kaplama + kabuk veya ibre ekstraktı + UV absorbe edici madde ile yüzeyi kaplanan örnekler test sonunda akrilik poliüretan kaplama + UV absorbe edici madde ile yüzeyi kaplanan örneklere kıyasla daha düşük renk değişimi değerleri vermiş ve ekstrakt ile UV absorbe edici maddenin birlikte kullanılması ile sinerjik etki sağlanmıştır (Saha vd. 2013a).

Çalışmada %5 konsantrasyonda nano metal oksit içeren üst yüzey işlem uygulamasının, tanen + %1'lik nano metal oksit içeren uygulamalara kıyasla daha iyi sonuçlar vereceği beklenirken tanen + nano metal oksit katkılı örneklerde referans madde ve ÜYM + nano metal oksit ile yüzeyi kaplanan örnekler ile kontrol örneklerine kıyasla daha az renk değişimi ve daha iyi bir renk stabilitesi gözlenmiştir. Bu sonuçlar tanenlerin şeffaf üst yüzey sistemlere UV'ye karşı dayanım sağlama amacıyla katılan pahalı inorganik nano parçacık kullanım oranını azaltabileceğini net olarak göstermiştir. Renk değişimi üzerinde tanen muamelesinin pozitif bir etkiye sahip olduğu Tondi vd. (2012d) tarafından da belirtilmiştir. Meşenin hızlandırılmış dış ortam testi sonrasında renk değişimine karşı gösterdiği etkinlik meşede antioksidan özellik gösteren ekstraktiflerin varlığına atfedilmiştir (Nzokou vd. 2011). 1500 saatlik yaşlandırma sonrasında en yüksek renk değişimi akrilik poliüretan kaplamalarda ve bunun organik UV absorbe ediciler ile kombinasyonunda elde edilirken, kabuk ekstraktı katkılı üst yüzey işlem uygulamasında yüksek koruma sağlanmıştır. Çalışmada bitkisel kökenli UV absorbe edicilerin pigment ve organik UV absorbe edicilere alternatif oldukları vurgulanmıştır (Saha vd. 2011a). İbre ekstraktlarının akrilik poliüretan kaplamalarda kullanılması ile de organik UV

absorbe edicilere kıyasla daha düşük renk değişimleri gözlenmiştir (Saha vd. 2013a). Yine seryum oksit katkılı üst yüzey uygulaması ile kabuk ekstraktı katkılı üst yüzey uygulaması renk değişimi üzerine benzer sonular vermiştir (Saha vd. 2013b).

4.2 Örneklerin Parlaklık Değerlerine İlişkin Bulgular

Hızlandırılmış dış ortam test öncesi ve sonrasındaki parlaklık değerlerine (60°) ait sonuçlar Çizelge 4.22-4.25'de özetlenmiştir. Deney örneklerinin parlaklık değerlerine ait istatistik test sonuçları Çizelge 4.26 ve 4.27'de verilmiştir.

Parlaklık değerleri test sonunda valeks taneni ve nano CeO₂'nin kullanıldığı örneklerde 32,64 ile 41,19; valeks tanenin nano ZnO ile kombine edildiği örneklerde 4,15 ile 8,24 aralığında değişim göstermektedir. Parlaklık değerleri mimoza taneni ve nano CeO₂'li örneklerde 21,74 ile 39,43 aralığında, mimoza tanenin nano ZnO ile kombine edildiği örneklerde 3,84 ile 7,91 arasında bulunmuştur. Kızılçam kabuk taneni ve nano CeO₂ kullanılması durumunda değerler 20,61 ile 37,11 arasında, tanenin nano ZnO ile birlikte kullanılması durumunda 3,16 ile 17,74 arasında bulunmuştur. Parlaklık değerleri ÜYM'nin nano CeO₂ ile kombine edildiği örneklerde 19,03; ÜYM'nin nano ZnO ile kombine edildiği örneklerde 16,54; referans madde kullanılması durumunda 2,54 ve kontrol örneklerinde 3,52 olarak tespit edilmiştir. Basit varyans analizi sonuçları göre, grupların parlaklık değerleri arasında %95 güven düzeyi ile önemli farklılıklar bulunmuştur (p<0,05).

Tanenlerin nano ZnO ile kombine edildiği gruplarda, kızılçam kabuk taneni hariç diğer tanen çeşitleri ÜYM + nano ZnO'lu örneklere kıyasla parlaklıkta azalmalara neden olmuştur. Tanen konsantrasyonu arttıkça başlangıç parlaklık değerlerinde daha fazla azalmalar gözlenmiştir. Üst yüzey işlem maddesindeki tanenlerin ZnO ile reaksiyona girdiği ve bu durumda yansıyan ışığın absorbe edilmesine veya dağıtılmasına sebebiyet vererek parlaklığı azalttığı düşünülmektedir. Benzer durum ahşap örneklerinin emprenyesinde lümenlerde bulunan emprenye maddesi bileşenlerinin yansıyan ışığı absorbe etmesi veya dağıtması nedeniyle emprenyeli örneklerde parlaklığın düşük bulunmasıdır (Baysal vd. 2013; Yalınkılıç vd. 1999). Daha önceki çalışmalarda da belirtildiği üzere tanenler, çinko, bakır, demir ve alüminyum gibi metaller ile reaksiyona girmektedir (Lotz and Hollaway 1988; Scalbert et al. 1998). Ahşap yüzeyindeki fotoaktif iyonlar, vernik ile yüzeyi kaplanan örneklerde parlaklığın azalmasına neden olurlar (Baysal vd. 2013; Yalınkılıç vd.

1999). Tanenlerin nano CeO₂ kombinasyonlarında ise, valeks taneninin tüm konsantrasyonları ve %3 konsantrasyonlu mimoza taneni, ÜYM + nano CeO₂'li örneklerle kıyasla başlangıç parlaklık değerlerinde azalmalara neden olmuş ve tanen konsantrasyonundaki artışın bu 4 grup örneğin başlangıç parlaklık değerlerinde daha fazla azalmaya neden olduğu gözlenmiştir. ZnO ile kombine edilen örneklerdeki bulgulara benzer olarak, kızılçam kabuk taneni + nano CeO₂'li örnekler parlaklık değerlerinde bir azalmaya neden olmamıştır. Referans ve kontrol örnekleri birbiri ile benzer parlaklık değerleri vermiş olup, ahşap yüzeyinde en düşük parlaklık değeri sergileyen gruplar olmuşlardır.

Parlaklık, hızlandırılmış dış ortam testine maruz bırakılan tanen + nano ZnO katkılı üst yüzey işlemleri örnek yüzeylerinde, test süresi boyunca sürekli azalma eğilimi göstermiştir. %0,5 ve %1 valeks + nano ZnO'lu örneklerin ilk 24 saatlik zamanda önemli ölçüde azalan parlaklık değerleri, 144 saat sonuna kadar hafif azalmalar göstermiş ardından 168 saat sonuna kadar dikkat çeken bir şekilde azalmış ve test sonuna kadar hafif oranlarda azalarak devam etmiştir. Test sonunda her iki konsantrasyon, birbirine benzer değerler vermiştir. %0,1 konsantrasyonda ise parlaklık 144. saat sonuna kadar hafif oranlarda azalmıştır. Bu örneklerde en fazla parlaklık azalması 168 saat sonunda gözlenmiş olup parlaklık değerleri test sonuna kadar azalmaya devam etmiştir. %0,5, 1 ve 3 konsantrasyonlu mimoza + nano ZnO'lu örneklerde test süresince parlaklık azalmıştır. Konsantrasyon değerleri arasında dikkat çeken farklılıklar olmamakla birlikte test sonunda en parlak yüzeyler ve parlaklık değerlerindeki en az değişim %0,5 konsantrasyonda gözlenmiştir. %0,1 ve %0,5 konsantrasyonlu kızılçam kabuk taneni + nano ZnO'lu örneklerde 336 saat boyunca hafif azalan parlaklık değerlerini test sonuna kadar sürekli azalmalar takip etmiştir. Test sonunda en parlak yüzeyler ve test süresince parlaklık değerlerindeki en az değişim %0,1 ve %0,5 konsantrasyonlu kızılçam kabuk taneni + nano ZnO'lu örneklerde elde edilmiştir. Kızılçam kabuk taneninin %1 konsantrasyonu parlaklık değerlerinde önemli azalmalara neden olmuştur. Tanen + nano ZnO'lu örnek grubunda, parlaklık değerlerindeki stabilite düşük konsantrasyonlu örneklerde yüksek konsantrasyonlu örneklerle kıyasla daha iyi bulunmuştur. Parlaklık değerlerinde dikkat çeken bir diğer nokta ise, düşük konsantrasyonlu örneklerde parlaklık zaman içinde yavaş yavaş azalırken, yüksek konsantrasyonlu örneklerde test süresinin başlangıç periyotlarında keskin olarak azalma eğilimi göstermesidir.

Çizelge 4.22 : Valeks taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 60° parlaklık değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)															
	0	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512
%0,1 Valeks + CeO ₂	Ort. 73,61	71,29	68,42	69,52	67,40	65,87	67,44	65,26	63,34	60,23	54,72	51,35	47,55	49,56	45,22	38,22
	S.s 2,92	3,77	2,86	2,96	2,76	5,00	3,15	4,57	8,25	3,28	5,01	5,65	6,86	8,33	6,35	7,93
%0,5 Valeks + CeO ₂	Ort. 64,24	60,84	60,13	56,14	58,95	56,75	57,91	57,12	54,11	54,84	55,28	50,92	50,88	47,06	40,76	41,19
	S.s 5,40	6,14	7,58	5,57	5,74	4,64	5,45	5,66	5,48	4,87	6,65	6,35	4,73	6,81	3,87	7,36
%1 Valeks + CeO ₂	Ort. 53,12	48,19	48,38	48,48	48,93	47,10	47,87	46,35	45,25	42,94	42,20	43,35	42,90	41,08	32,94	32,64
	S.s 4,00	4,56	5,45	4,52	4,90	5,97	3,27	3,79	5,13	2,96	3,72	3,09	4,47	7,44	6,81	5,38
%0,1 Valeks + ZnO	Ort. 65,75	64,94	60,48	61,67	61,58	58,76	58,08	27,05	24,80	21,83	17,73	12,31	11,21	9,03	8,24	8,24
	S.s 5,12	5,29	5,44	5,63	4,72	5,27	5,69	1,37	3,99	3,36	2,71	3,31	1,75	1,19	1,46	1,45
%0,5 Valeks + ZnO	Ort. 57,27	38,85	39,27	37,41	37,23	35,63	33,89	17,78	12,66	11,59	9,68	7,13	6,54	5,07	5,00	5,47
	S.s 5,66	4,69	3,47	2,45	2,62	1,93	2,95	1,85	2,12	2,36	2,29	1,64	1,41	1,01	0,73	0,62
%1 Valeks + ZnO	Ort. 44,65	27,61	26,73	24,17	24,07	24,53	21,88	13,80	12,32	9,40	6,86	5,79	5,74	4,50	4,08	4,15
	S.s 3,12	2,53	3,70	3,36	3,53	2,41	3,97	2,79	0,99	1,59	1,84	1,39	1,40	1,30	0,53	0,92

Çizelge 4.23 : Mimoza taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 60° parlaklık değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)																
	0	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512	
%0,5Mimoza + CeO ₂	Ort.	82,60	76,32	72,27	72,34	72,08	73,36	69,58	68,74	68,88	65,40	64,59	60,26	56,02	48,01	43,31	39,43
	S.s	7,40	5,38	3,75	2,92	4,16	1,99	10,82	9,82	3,86	6,87	13,98	7,64	5,50	9,06	6,02	5,13
%1 Mimoza + CeO ₂	Ort.	84,31	72,16	71,91	68,72	69,40	67,64	65,16	64,64	63,63	62,90	60,42	51,06	48,28	47,21	40,42	38,08
	S.s	3,45	3,21	2,33	3,23	2,04	8,35	4,25	2,28	3,86	3,11	7,67	6,02	7,19	4,66	6,68	2,14
%3 Mimoza + CeO ₂	Ort.	70,45	66,43	66,36	66,23	66,48	67,59	64,94	64,84	60,99	53,54	54,12	43,81	43,66	31,89	31,65	21,74
	S.s	5,08	3,73	2,81	4,27	4,05	3,26	4,90	5,20	4,42	4,96	9,97	3,92	7,53	4,97	5,54	4,60
%0,5Mimoza + ZnO	Ort.	44,17	34,21	32,53	32,02	31,91	31,93	31,68	30,54	28,93	20,54	14,58	13,84	12,58	9,77	8,26	7,91
	S.s	5,69	4,07	4,81	5,38	5,84	4,68	5,84	4,08	4,69	3,25	2,99	2,28	2,23	1,70	1,62	1,69
%1 Mimoza + ZnO	Ort.	53,85	32,95	31,86	31,35	31,49	29,31	30,66	25,29	19,95	17,21	8,52	7,90	4,93	5,49	4,15	3,84
	S.s	3,70	3,70	3,61	3,23	3,94	3,00	4,19	3,67	2,85	1,92	1,17	1,84	1,24	1,37	0,66	0,76
%3 Mimoza + ZnO	Ort.	44,97	38,96	37,35	31,02	29,57	25,72	25,03	18,71	14,50	14,69	8,20	7,46	5,16	4,97	4,82	4,23
	S.s	4,53	4,08	3,88	2,68	4,37	2,06	2,43	1,98	1,66	1,01	1,58	1,66	1,10	1,33	1,04	1,01

Çizelge 4.24 : Kızılçam kabuk taneni + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 60° parlaklık değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)																
	0	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512	
%0,1 KÇ + CeO ₂	Ort.	83,23	80,03	81,86	78,36	80,41	75,54	72,55	69,60	60,93	61,86	59,28	57,92	50,49	50,43	49,67	37,11
	S.s	6,22	7,39	6,88	7,94	4,60	6,18	4,81	6,99	9,30	9,56	12,60	5,48	8,13	4,93	11,96	5,62
%0,5 KÇ + CeO ₂	Ort.	83,98	82,85	83,45	82,32	77,42	75,92	70,00	67,91	50,07	50,46	42,49	40,10	41,38	37,19	38,61	30,55
	S.s	4,89	3,73	1,93	3,15	5,21	5,60	4,68	5,11	6,49	5,79	13,30	12,68	11,19	4,62	5,44	3,49
%1 KÇ + CeO ₂	Ort.	85,34	80,93	78,33	78,43	72,49	68,71	67,32	63,39	53,33	51,17	45,86	43,23	38,40	36,31	34,62	20,61
	S.s	4,05	3,82	3,36	2,63	2,98	3,70	3,67	5,55	11,83	5,00	6,69	4,61	11,46	4,05	8,90	4,46
%0,1 KÇ + ZnO	Ort.	71,12	68,66	68,27	67,94	65,79	66,07	65,84	61,04	61,05	57,21	46,26	36,96	27,72	26,37	18,41	17,74
	S.s	4,81	4,95	4,92	5,28	4,70	5,08	5,09	5,64	5,11	5,07	5,08	5,18	4,52	4,51	3,65	4,67
%0,5 KÇ + ZnO	Ort.	73,58	70,40	64,27	65,36	64,32	62,22	63,61	63,17	55,48	51,09	42,06	31,52	23,90	21,34	15,42	9,47
	S.s	4,93	4,87	4,83	4,66	4,81	4,98	5,83	4,16	4,21	4,30	3,22	3,80	3,50	2,69	2,22	1,24
%1 KÇ + ZnO	Ort.	71,23	47,02	32,86	27,84	27,18	26,75	26,59	22,88	16,12	11,55	9,40	5,72	4,00	3,78	3,74	3,16
	S.s	4,76	2,87	5,20	5,49	5,07	5,14	5,39	3,67	2,25	1,77	1,94	1,92	1,03	0,72	0,73	0,38

Çizelge 4.25 : Üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örnekler ile kontrol örneklerinin 60° parlaklık değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)															
	0	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512
Ort.	4,59	4,49	4,43	4,38	4,40	4,41	4,33	4,15	4,08	3,87	3,69	3,67	3,63	3,62	3,60	3,52
S.s	1,44	0,96	0,78	0,59	0,84	0,38	1,03	0,50	0,72	0,43	0,49	0,60	0,52	0,42	0,50	0,43
Ort.	67,99	67,85	66,88	66,28	66,13	63,42	63,11	63,08	59,02	50,79	45,13	28,97	23,81	18,50	17,88	16,54
S.s	4,86	3,33	3,41	3,48	3,43	3,68	3,33	4,55	3,84	3,10	5,30	4,47	5,33	4,39	3,05	2,83
Ort.	81,39	81,46	79,04	80,09	74,95	72,84	69,42	71,16	55,31	55,90	53,33	51,46	43,62	33,03	30,26	19,03
S.s	3,13	1,84	3,66	1,34	3,46	4,53	6,36	3,22	8,81	17,16	4,45	9,25	4,18	5,77	7,71	6,40
Ort.	3,57	3,48	3,45	3,40	3,33	3,13	3,08	2,93	2,76	2,73	2,63	2,64	2,59	2,53	2,54	2,54
S.s	0,67	0,77	0,81	0,90	0,61	0,21	0,54	0,48	0,19	0,28	0,26	0,26	0,24	0,28	0,29	0,30

Çizelge 4.26 : Tanen + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 1512 saat sonrasındaki parlaklık değerlerinin basit varyans analizi.

	Parlaklık	Kareler toplamı	df	Ort. Karesi	F	Önem derecesi
	Gruplar arası	22328,541	10	2232,854	113,829	0,000
Valeks	Gruplar içi	2098,901	107	19,616		
	Toplam	24427,442	117			
	Gruplar arası	21488,543	10	2148,854	193,713	0,000
Mimoza	Gruplar içi	1275,692	115	11,093		
	Toplam	22764,235	125			
	Gruplar arası	10412,894	10	1041,289	72,140	0,000
KÇ	Gruplar içi	1472,295	102	14,434		
	Toplam	11885,188	112			

Çizelge 4.27 : Tanen + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 1512 saat sonrasındaki parlaklık değerlerinin Duncan homojenlik grupları.

Varyasyonlar	H. Grupları	Varyasyonlar	H. Grupları	Varyasyonlar	H. Grupları
%0,1 Valeks+ CeO ₂	A	%0,5 Mimoza + CeO ₂	A	%0,1 KÇ+ CeO ₂	A
%0,5 Valeks+ CeO ₂	A	%1 Mimoza + CeO ₂	A	%0,5 KÇ+ CeO ₂	B
%1 Valeks+ CeO ₂	B	%3 Mimoza+ CeO ₂	B	%1 KÇ+ CeO ₂	CD
%0,1 Valeks + ZnO	E	%0,5 Mimoza + ZnO	D	%0,1 KÇ + ZnO	DE
%0,5 Valeks + ZnO	EF	%1 Mimoza + ZnO	E	%0,5 KÇ + ZnO	F
%1 Valeks + ZnO	F	%3 Mimoza + ZnO	E	%1 KÇ + ZnO	G
ÜYM + CeO ₂	CD	ÜYM + CeO ₂	BC	ÜYM + CeO ₂	CDE
ÜYM + ZnO	D	ÜYM + ZnO	C	ÜYM + ZnO	E
Referans	F	Referans	E	Referans	G
Kontrol	F	Kontrol	E	Kontrol	G

Hızlandırılmış dış ortam test faktörleri tanen + nano CeO₂'li örneklerin parlaklık değerlerinde de azalmalara neden olmuştur. Valeks ve mimoza taneni test süresince parlaklık değerlerinde keskin azalmalara neden olmamış, her iki tanenin parlaklık değerleri test süresince hafif olarak azalmıştır. Bu tanenlerde düşük konsantrasyon seviyeleri yüksek konsantrasyon seviyelerine kıyasla daha parlak yüzeyler sergilemiştir. Kızılçam kabuk taneni + nano CeO₂'li örnekler, ÜYM + nano CeO₂'li

örneklere benzer parlaklık değeri vermiştir. Bu örneklerin parlaklık değerlerinde 168 saat sonunda önemli azalmaları test sonuna kadar hafif azalmalar takip etmiştir. Test sonunda tüm tanenlerin nano CeO₂'li kombinasyonları, ÜYM + nano CeO₂'li örneklere kıyasla daha parlak yüzeyler vermiş olup, düşük konsantrasyonlu örneklerde daha parlak yüzeyler elde edilmiştir. Test sonunda, tanen + nano ZnO'lu örneklerin parlaklık değerleri referans ve kontrol örneklerinin parlaklık değerlerine benzer bulunmuştur. Tanenlerin nano ZnO kombinasyonu ile parlaklıkta stabilite sağlanamamıştır. Oysa, tanen + nano CeO₂'li örneklerin parlaklık değerlerindeki değişim referans ve kontrol örneklerine kıyasla önemli oranda iyileştirilmiştir.

Tanen + nano CeO₂ kombinasyonları tanen + nano ZnO kombinasyonlarına kıyasla daha parlak yüzeyler vermiştir. Nano metal oksitlerin yapısal farklıklarının bu durum üzerinde etkisi olduğu düşünülmektedir. ZnO nanoparçacıkları titanyum dioksit nano parçacıkları gibi fotokatalitik aktif metal oksitlerdir (Shang ve Zeng 2013). Bu tip parçacıklar elektromagnetik radyasyonun spesifik aralığında, elektron çiftleri oluştururlar, malzemenin yüzeyinden uzaklaşırlar ve oksijen, su yada hidroksiller ile serbest radikaller oluşturmak için reaksiyona girerler (Saha vd. 2013b). ZnO'nun tersine, CeO₂ nano parçacıkları ise fotokatalitik olarak aktif değildir ve daha düşük kırılma indeksine sahip olup, çinko ve titanyum oksite kıyasla görünür ışığa karşı daha saydamdırlar (Fauchadour vd. 2005; Saha vd. 2013b). Nanoparçacıklar arasındaki bu yapısal farklılıklar, test süresince yüzeylerin beyazlaşma eğiliminde de önemli bir rol oynamış olabilir.

Görüleceği üzere nano ZnO ile kombinasyonlar söz konusu olduğunda yüzeylerdeki parlaklığın hızlandırılmış dış ortam test faktörlerince (UV ve su) daha fazla azaltıldığı, yüzeylerin parlaklığının korunamadığı ve stabilitesinin sağlanamadığı bulunmuştur. Tanenlerin nano ZnO ile birlikte kombine edilmesi durumunda renk parametrelerinde sağlanan sinerjik etki, parlaklık açısından sağlanamamıştır.

Valeks tanenli örneklerde parlaklık değerleri, Basit Varyans Analizindeki Duncan homojenlik sonuçlarına göre, %0,1 Valeks + nano CeO₂ = %0,5 Valeks + nano CeO₂ > %1 Valeks + nano CeO₂ > ÜYM + nano CeO₂ ≥ ÜYM + nano ZnO > %0,1 Valeks + nano ZnO ≥ %0,5 Valeks + nano ZnO ≥ %1 Valeks + nano ZnO = Kontrol = Referans şeklindedir.

Parlaklık, mimoza tanenli örneklerde, %0,5 Mimoza + nano CeO₂ = %1 Mimoza + nano CeO₂ > %3 Mimoza+ nano CeO₂ ≥ ÜYM + nano CeO₂ ≥ ÜYM + nano ZnO > %0,5 Mimoza + nano ZnO > %1 Mimoza + nano ZnO = %3 Mimoza + nano ZnO = Referans = Kontrol şeklinde olmuştur.

Parlaklık değerleri, kızılçam kabuk tanenli örneklerde, %0,1 KÇ + nano CeO₂ > %0,5 KÇ + nano CeO₂ > %1 KÇ + nano CeO₂ ≥ ÜYM + nano CeO₂ ≥ %0,1 KÇ + nano ZnO ≥ ÜYM + nano ZnO > %0,5 KÇ + nano ZnO > %1 KÇ + nano ZnO = Referans = Kontrol şeklindedir.

Duncan homojenlik sonuçları, nano CeO₂'nin nano ZnO'ya, düşük konsantrasyon seviyelerinin yüksek konsantrasyon seviyelerine kıyasla daha parlak yüzeyler verdiğini net olarak göstermiştir.

Yaşlandırma testleri ile ahşap yüzeylerindeki aşınma ve beraberindeki erozyon, parlaklığın azalmasına neden olur (Yalınkılıç vd. 1999). Çalışmada hızlandırılmış dış ortam testi sonrası ahşap yüzeylerindeki erozyon ve vernik tabakalarındaki degradasyon parlaklığın azalmasına sebep vermiş olabilir. Rutubet ve vernik moleküllerindeki yapısal deformasyonlar parlaklıktaki azalmanın temel nedeni olabilir (Demirci vd. 2013). Hızlandırılmış yaşlandırma testi sonrasında vernikli ve/veya emprenyeli ahşap yüzeylerinde azalan parlaklık değerleri Demirci vd. (2013), Baysal vd. (2013) ve Türkoğlu vd. (2015) tarafından rapor edilmiştir. 8 farklı verniğin 2500 saatlik dış ortam testinde parlaklık ilk 250-500 saatlik zaman diliminde önemli ölçüde azalmıştır. Test devam ettikçe daha düşük oranda azalmalar bulunmuştur (Custodia ve Eusebio, 2006). Belirtilen sonuçlara benzer olarak, çalışmada de parlaklığın ilk zaman dilimlerinde daha fazla azaldığı, daha sonra azalmanın yavaşladığı görülmüştür. Tanenlerin nano metal oksitler ile kombine edilmesinde hızlandırılmış dış ortam testi sonunda önemli ölçüde azalan parlaklık, metal oksitlerin tanenler ile reaksiyona girmesi sonucu yansıyan ışığın absorbe edilmesi veya dağıtılması sebebiyle gözlenmiş olabilir.

Parlaklık değerlerinde keskin azalma tanen + nano ZnO'lu gruplar için en fazla ilk 24 saat sonrasında gerçekleşmiştir. 336 saatlik test sonunda da dikkat çeken azalmalar bulunmuştur. Bu da parlaklığın örneklerde ilk 336 saatlik zaman diliminde önemli ölçüde azaldığını göstermiştir. Tanen + nano CeO₂'li örneklerde test süresi boyunca azalmalar az az süreklilik göstermiştir.

4.3 Örneklerin Yüzey Pürüzlülük Değerlerine İlişkin Bulgular

Hızlandırılmış dış ortam testi öncesi ve sonrasındaki yüzey pürüzlülük değerlerine ait sonuçlar Çizelge 4.28-4.35'de özetlenmiştir. Deney örneklerinin yüzey pürüzlülük değerlerine ait istatistik test sonuçları Çizelge 4.36-4.37'de verilmiştir.

1512 saat sonrasında Ra değerleri valeks taneni + nano CeO₂'li örneklerde konsantrasyon değerlerine bağlı olarak 1,086 ile 1,250 arasında, valeks taneni + nano ZnO'lu örneklerde 0,85 ile 1,17 arasında; mimoza taneni + nano CeO₂'li örneklerde 0,867 ile 1,332 arasında, mimoza taneni + nano ZnO'lu örneklerde 0,98 ile 1,21 arasında; kızılcım kabuk taneni + nano CeO₂'li örneklerde 0,910 ile 1,035 arasında, kızılcım kabuk taneni + nano ZnO'lu örneklerde 0,57 ile 1,10 arasında değişim göstermektedir. Ra değerleri, ÜYM + nano CeO₂'li örneklerde 1,77; ÜYM + nano ZnO'lu örneklerde 1,10; referans madde ile yüzeyi kaplanan örneklerde 4,89 ve kontrol örneklerinde 4,53 olarak bulunmuştur.

Hızlandırılmış dış ortam test süresi sonrasında Rq değerleri ise valeks taneni + nano CeO₂'li örneklerde 1,548 ile 1,740 arasında, valeks taneni + nano ZnO'lu örneklerde 1,05 ile 1,50 arasında; mimoza taneni + nano CeO₂'li örneklerde 1,137 ile 1,692 arasında, mimoza taneni + nano ZnO'lu örneklerde 1,20 ile 1,41 arasında; kızılcım kabuk taneni + nano CeO₂'li örneklerde 1,155 ile 1,377 arasında, kızılcım kabuk taneni + nano ZnO'lu örneklerde 0,95 ile 1,76 arasında değişim göstermektedir. Rq değerleri, ÜYM + nano CeO₂'li örneklerde 2,52; ÜYM + nano ZnO'lu örneklerde 2,20; referans madde ile yüzeyi kaplanan örneklerde 6,48 ve kontrol örneklerinde 5,66 olarak bulunmuştur.

Rz değerleri test sonunda valeks taneni ve nano CeO₂'nin kullanıldığı örneklerde 5,836 ile 6,689; valeks taneninin nano ZnO ile kombine edildiği örneklerde 5,43 ile 7,70 aralığında değişim göstermektedir. Rz değerleri mimoza taneni ve nano CeO₂'li örneklerde 4,166 ile 7,466 aralığında, mimoza taneninin nano ZnO ile kombine edildiği örneklerde 5,17 ile 6,83 arasında bulunmuştur. Kızılcım kabuk taneni ve nano CeO₂ kullanılması durumunda Rz değerleri 4,332 ile 4,758 aralığında, tanenin nano ZnO ile birlikte kullanılması durumunda 4,46 ile 6,79 arasında bulunmuştur. Rz değerleri ÜYM'nin nano CeO₂ ile kombine edildiği örneklerde 12,65; ÜYM'nin nano ZnO ile kombine edildiği örneklerde 8,58 referans madde kullanılması durumunda 26,77 ve kontrol örneklerinde 29,13 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.28 : Valeks taneni + nano CeO₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)																
	0	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512	
Ra	Ort.	0,432	0,454	0,554	0,557	0,578	0,528	0,569	0,580	0,647	0,615	0,680	0,785	0,861	0,917	1,165	
	S.s	0,134	0,163	0,124	0,181	0,115	0,128	0,121	0,109	0,165	0,100	0,139	0,179	0,184	0,219	0,213	0,183
%0,1 Valeks + CeO ₂	Ort.	0,531	0,572	0,687	0,696	0,754	0,711	0,725	0,728	0,828	0,788	0,856	0,960	0,987	1,110	1,216	1,548
	S.s	0,164	0,212	0,161	0,218	0,155	0,137	0,149	0,141	0,208	0,130	0,172	0,233	0,236	0,284	0,328	0,279
Rz	Ort.	2,207	2,497	2,745	2,859	2,966	3,112	3,242	3,399	3,588	3,716	3,967	4,136	4,258	4,303	4,611	6,689
	S.s	0,704	0,880	0,784	0,821	0,676	0,557	0,525	0,559	0,620	0,624	0,891	0,966	1,024	1,084	1,170	1,486
Ra	Ort.	0,569	0,624	0,696	0,721	0,749	0,807	0,802	0,842	0,877	0,875	0,820	0,936	0,941	1,008	1,074	1,086
	S.s	0,150	0,080	0,163	0,107	0,158	0,140	0,177	0,105	0,175	0,098	0,109	0,053	0,195	0,094	0,127	0,100
%0,5 Valeks + CeO ₂	Ort.	0,729	0,777	0,878	0,961	0,892	0,998	1,063	1,093	1,080	1,052	1,199	1,257	1,360	1,378	1,231	1,740
	S.s	0,202	0,101	0,151	0,169	0,353	0,191	0,118	0,175	0,122	0,118	0,085	0,068	0,089	0,086	0,231	2,485
Rz	Ort.	2,813	3,162	3,443	3,653	3,872	4,131	4,248	4,323	4,487	4,637	4,828	5,123	5,270	5,436	5,619	5,836
	S.s	0,748	0,605	0,617	0,539	0,418	0,436	0,481	0,401	0,402	0,422	0,347	0,272	0,177	0,213	0,262	0,315
Ra	Ort.	0,724	0,758	0,845	0,893	0,998	0,981	0,934	0,987	0,984	0,923	0,986	1,012	0,985	1,079	1,149	1,250
	S.s	0,170	0,176	0,178	0,248	0,165	0,164	0,142	0,155	0,166	0,157	0,164	0,139	0,146	0,171	0,166	0,233
%1 Valeks + CeO ₂	Ort.	0,897	0,920	1,025	1,110	1,235	1,230	1,151	1,241	1,205	1,152	1,234	1,311	1,251	1,370	1,475	1,639
	S.s	0,211	0,185	0,185	0,286	0,200	0,175	0,147	0,160	0,219	0,187	0,166	0,184	0,158	0,189	0,165	0,248
Rz	Ort.	3,555	3,804	4,056	4,306	4,749	4,937	5,054	5,196	5,275	5,260	5,424	5,786	5,779	5,958	6,083	6,583
	S.s	0,671	0,644	0,680	0,809	0,688	0,651	0,687	0,663	0,683	0,843	0,850	0,533	0,571	0,479	0,511	0,856

Çizelge 4.29 : Mimoza taneni + nano CeO₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)																
	0	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512	
Ra	Ort.	0,360	0,429	0,469	0,462	0,519	0,548	0,543	0,521	0,525	0,569	0,637	0,688	0,702	0,768	0,793	0,867
	S.s	0,134	0,110	0,130	0,135	0,133	0,117	0,197	0,149	0,150	0,161	0,153	0,185	0,183	0,236	0,190	0,281
%0,5 Mimoza + CeO ₂	Ort.	0,447	0,542	0,583	0,578	0,658	0,700	0,724	0,663	0,655	0,699	0,795	0,832	0,862	0,920	0,988	1,137
	S.s	0,152	0,157	0,148	0,173	0,179	0,172	0,254	0,189	0,173	0,212	0,220	0,260	0,270	0,305	0,292	0,313
Rz	Ort.	1,729	1,995	2,134	2,280	2,456	2,660	2,752	2,776	2,891	3,025	3,075	3,320	3,392	3,567	3,746	4,218
	S.s	0,529	0,494	0,503	0,538	0,593	0,691	0,720	0,737	0,775	0,807	0,866	0,976	1,098	1,164	1,177	1,175
Ra	Ort.	0,327	0,407	0,415	0,481	0,529	0,506	0,546	0,562	0,605	0,621	0,646	0,717	0,704	0,757	0,849	1,045
	S.s	0,087	0,072	0,063	0,109	0,104	0,118	0,115	0,133	0,177	0,152	0,156	0,161	0,078	0,099	0,072	0,108
%1 Mimoza + CeO ₂	Ort.	0,405	0,505	0,537	0,594	0,718	0,656	0,714	0,702	0,756	0,779	0,826	0,869	0,886	0,961	1,112	1,315
	S.s	0,111	0,106	0,088	0,147	0,143	0,155	0,165	0,143	0,190	0,194	0,231	0,200	0,120	0,165	0,104	0,103
Rz	Ort.	1,614	1,987	2,168	2,378	2,587	2,767	2,898	2,977	3,171	3,244	3,409	3,465	3,513	3,702	3,858	4,166
	S.s	0,432	0,366	0,380	0,447	0,473	0,508	0,537	0,401	0,433	0,391	0,384	0,382	0,282	0,279	0,284	0,431
Ra	Ort.	0,476	0,607	0,532	0,635	0,634	0,728	0,790	0,781	0,812	0,872	0,951	1,003	1,040	1,104	1,204	1,332
	S.s	0,118	0,078	0,076	0,117	0,173	0,162	0,222	0,161	0,142	0,169	0,172	0,123	0,106	0,130	0,099	0,130
%3 Mimoza + CeO ₂	Ort.	0,653	0,777	0,748	0,837	0,842	0,948	0,998	1,060	1,060	1,112	1,202	1,281	1,330	1,413	1,485	1,692
	S.s	0,184	0,100	0,108	0,152	0,176	0,138	0,231	0,210	0,125	0,206	0,217	0,128	0,104	0,143	0,133	0,248
Rz	Ort.	3,478	3,866	4,048	4,393	4,545	4,950	5,131	5,058	5,326	5,686	5,910	6,042	6,181	6,486	6,978	7,466
	S.s	1,482	1,035	1,039	1,019	0,992	0,967	1,045	0,868	0,788	1,304	1,287	1,070	1,070	1,208	1,164	1,454

Çizelge 4.30 : Kızılçam kabuk taneni + nano CeO₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)																
	0	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512	
Ra	Ort.	0,394	0,472	0,492	0,539	0,473	0,631	0,612	0,665	0,639	0,614	0,705	0,747	0,827	0,873	0,913	1,035
	S.s	0,147	0,197	0,153	0,181	0,249	0,217	0,217	0,222	0,198	0,187	0,253	0,183	0,190	0,209	0,218	0,222
%0,1 KÇ + CeO ₂	Ort.	0,487	0,595	0,611	0,586	0,907	0,774	0,837	0,847	0,809	0,888	0,945	1,043	1,138	1,157	1,258	1,377
	S.s	0,189	0,253	0,203	0,287	0,400	0,268	0,279	0,289	0,221	0,303	0,258	0,281	0,299	0,302	0,252	2,005
Rz	Ort.	1,954	2,275	2,389	2,554	2,690	2,823	2,955	3,147	3,368	3,516	3,685	3,832	3,795	4,065	4,312	4,758
	S.s	0,877	0,920	0,877	0,814	0,794	0,822	0,833	0,851	0,909	1,012	1,061	1,096	0,855	0,964	1,060	1,207
Ra	Ort.	0,380	0,427	0,412	0,488	0,469	0,465	0,536	0,565	0,561	0,590	0,594	0,615	0,643	0,714	0,767	0,982
	S.s	0,114	0,106	0,161	0,160	0,136	0,131	0,152	0,153	0,186	0,197	0,148	0,152	0,132	0,153	0,136	0,110
%0,5 KÇ + CeO ₂	Ort.	0,468	0,531	0,517	0,616	0,602	0,607	0,673	0,734	0,679	0,724	0,732	0,747	0,793	0,899	0,964	1,200
	S.s	0,135	0,138	0,179	0,168	0,162	0,144	0,185	0,190	0,191	0,239	0,179	0,195	0,186	0,236	0,223	0,134
Rz	Ort.	1,812	1,999	2,124	2,319	2,442	2,611	2,614	2,796	2,806	3,037	3,205	3,291	3,403	3,638	3,730	4,485
	S.s	0,520	0,465	0,502	0,508	0,478	0,521	0,481	0,412	0,425	0,726	0,614	0,761	0,735	0,718	0,568	0,785
Ra	Ort.	0,300	0,329	0,366	0,437	0,414	0,477	0,511	0,529	0,525	0,514	0,639	0,635	0,677	0,738	0,807	0,910
	S.s	0,096	0,093	0,085	0,104	0,096	0,129	0,113	0,092	0,097	0,086	0,078	0,084	0,085	0,131	0,137	0,150
%1 KÇ + CeO ₂	Ort.	0,360	0,426	0,453	0,529	0,559	0,605	0,639	0,644	0,629	0,620	0,745	0,734	0,823	0,917	1,009	1,155
	S.s	0,111	0,121	0,109	0,112	0,133	0,119	0,136	0,093	0,106	0,106	0,086	0,073	0,087	0,182	0,201	0,204
Rz	Ort.	1,363	1,650	1,892	2,073	2,262	2,422	2,502	2,645	2,685	2,814	2,984	3,101	3,249	3,401	3,678	4,332
	S.s	0,372	0,312	0,301	0,310	0,278	0,292	0,300	0,244	0,255	0,331	0,302	0,365	0,354	0,397	0,463	0,844

Çizelge 4.31 : Valeks + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)																
	0	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512	
Ra	Ort.	0,49	0,51	0,57	0,60	0,62	0,63	0,66	0,66	0,67	0,68	0,73	0,74	0,80	0,82	0,85	0,85
	S.s	0,13	0,11	0,16	0,16	0,24	0,31	0,17	0,21	0,19	0,17	0,27	0,11	0,13	0,18	0,27	0,29
%0,1 Valeks + ZnO	Ort.	0,65	0,64	0,70	0,73	0,77	0,77	0,83	0,82	0,82	0,84	0,90	0,89	0,99	1,03	1,06	1,05
	S.s	0,13	0,16	0,19	0,22	0,32	0,37	0,21	0,28	0,26	0,19	0,33	0,13	0,15	0,25	0,34	0,33
Rz	Ort.	2,64	2,59	3,19	3,00	3,08	3,24	3,25	3,25	3,24	3,26	3,40	3,70	3,70	4,24	4,69	5,43
	S.s	0,55	0,61	0,91	0,99	1,22	0,79	1,04	1,00	0,85	1,15	1,35	0,44	1,09	0,83	1,38	1,33
Ra	Ort.	0,63	0,62	0,64	0,67	0,69	0,71	0,70	0,71	0,71	0,74	0,74	0,75	0,78	0,79	0,82	0,88
	S.s	0,11	0,17	0,15	0,19	0,11	0,27	0,24	0,15	0,11	0,25	0,19	0,10	0,19	0,16	0,23	0,16
%0,5 Valeks + ZnO	Ort.	0,81	0,77	0,79	0,84	0,87	0,89	0,87	0,88	0,85	0,92	0,90	0,94	0,97	1,02	1,02	1,11
	S.s	0,13	0,21	0,18	0,23	0,11	0,35	0,29	0,22	0,11	0,33	0,22	0,15	0,20	0,20	0,27	0,16
Rz	Ort.	3,44	3,57	3,41	3,42	3,47	3,47	3,29	3,49	3,52	3,59	3,37	3,83	4,41	4,76	4,91	5,45
	S.s	0,99	1,03	0,47	0,98	0,60	1,37	0,92	0,97	0,37	1,23	0,83	0,95	0,61	0,83	1,05	0,93
Ra	S.s	0,30	0,32	0,46	0,50	0,37	0,48	0,47	0,48	0,38	0,34	0,25	0,41	0,49	0,50	0,28	0,37
	Ort.	1,14	1,16	1,23	1,19	1,24	1,25	1,28	1,29	1,28	1,27	1,31	1,37	1,42	1,44	1,46	1,50
%1 Valeks + ZnO	S.s	0,39	0,38	0,58	0,60	0,46	0,60	0,55	0,58	0,45	0,40	0,58	0,37	0,62	0,37	0,72	0,52
	Ort.	4,64	4,92	4,73	5,17	5,10	5,25	5,30	5,48	5,41	5,47	5,07	5,60	6,47	6,74	7,05	7,70
Rz	S.s	1,55	2,31	1,52	2,17	1,76	1,90	2,30	2,45	2,17	2,77	2,19	1,83	2,73	2,03	1,92	2,64

Çizelge 4.32 : Mimoza + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri.

Varyasyonlar		Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)															
		0	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512
Ra	Ort.	0,70	0,75	0,80	0,80	0,86	0,83	0,89	0,90	0,89	0,91	0,91	0,93	0,94	0,97	0,99	0,98
	S.s	0,15	0,20	0,23	0,12	0,23	0,22	0,21	0,10	0,21	0,22	0,23	0,32	0,28	0,26	0,20	0,16
%0,5 Mimoza + ZnO	Ort.	0,87	0,93	1,01	1,01	1,03	1,09	1,13	1,11	1,15	1,14	1,14	1,18	1,17	1,18	1,20	1,20
	S.s	0,18	0,26	0,30	0,16	0,25	0,23	0,26	0,26	0,27	0,40	0,25	0,15	0,37	0,33	0,25	0,19
Rz	Ort.	3,52	3,77	4,05	4,03	3,97	4,18	4,36	4,53	4,51	4,68	4,63	4,75	4,87	4,90	4,96	5,17
	S.s	0,65	1,22	1,23	0,67	0,92	0,86	1,20	0,93	0,90	0,84	1,07	1,49	1,15	0,79	0,81	1,01
Ra	Ort.	0,74	0,74	0,74	0,74	0,75	0,77	0,77	0,83	0,82	0,82	0,85	0,88	0,93	0,92	0,96	1,00
	S.s	0,10	0,22	0,11	0,18	0,32	0,33	0,28	0,19	0,19	0,16	0,18	0,18	0,16	0,28	0,23	0,35
%1 Mimoza + ZnO	Ort.	0,93	0,94	0,94	0,91	0,94	0,98	0,99	1,06	1,01	1,01	1,03	1,09	1,18	1,14	1,17	1,24
	S.s	0,11	0,27	0,15	0,23	0,42	0,43	0,39	0,24	0,23	0,22	0,23	0,24	0,21	0,35	0,29	0,43
Rz	Ort.	3,57	3,66	3,63	3,90	3,92	3,93	3,94	4,06	4,17	4,16	4,39	4,52	4,72	4,91	5,26	5,62
	S.s	1,36	0,97	0,45	0,47	0,79	1,27	0,83	0,95	0,78	1,59	1,07	0,87	1,15	1,22	0,95	1,63
Ra	Ort.	0,71	0,84	0,85	0,85	0,89	0,89	0,92	0,93	0,96	0,99	0,98	0,98	1,07	1,03	1,13	1,21
	S.s	0,19	0,24	0,22	0,26	0,36	0,12	0,25	0,23	0,30	0,25	0,07	0,12	0,25	0,15	0,03	0,27
%3 Mimoza + ZnO	Ort.	0,89	1,01	1,08	1,06	1,09	1,10	1,15	1,15	1,15	1,25	1,21	1,21	1,31	1,28	1,37	1,41
	S.s	0,26	0,30	0,27	0,32	0,43	0,17	0,32	0,28	0,35	0,31	0,08	0,14	0,33	0,19	0,47	0,05
Rz	Ort.	3,55	4,08	4,41	4,57	4,37	4,52	4,46	4,73	4,86	5,40	5,66	5,65	5,55	5,96	6,40	6,83
	S.s	0,91	1,21	1,09	1,28	1,37	0,87	0,91	1,11	1,12	1,19	0,38	0,47	1,07	0,57	1,09	0,78

Çizelge 4.33 : Kızılçam kabuk taneni + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)															
	0	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512
Ra	Ort.	0,55	0,56	0,62	0,64	0,64	0,66	0,69	0,71	0,71	0,72	0,72	0,73	0,81	0,82	0,84
	S.s	0,22	0,19	0,22	0,23	0,25	0,10	0,24	0,22	0,17	0,15	0,13	0,18	0,23	0,39	0,39
%0,1 KÇ + ZnO	Ort.	0,66	0,68	0,76	0,78	0,78	0,78	0,81	0,87	0,86	0,90	0,87	0,93	1,03	0,96	1,29
	S.s	0,25	0,23	0,28	0,27	0,30	0,29	0,27	0,26	0,20	0,29	0,14	0,25	0,29	0,45	0,54
Rz	Ort.	2,39	2,56	3,04	3,15	2,84	2,85	2,83	3,22	3,08	3,36	3,20	3,60	3,71	3,39	4,46
	S.s	0,79	0,72	1,14	1,13	1,20	0,35	1,26	0,81	0,68	1,31	0,45	1,14	1,10	1,67	2,12
Ra	Ort.	0,39	0,43	0,46	0,45	0,48	0,47	0,50	0,52	0,53	0,55	0,56	0,58	0,60	0,58	0,57
	S.s	0,10	0,15	0,19	0,21	0,11	0,15	0,20	0,11	0,13	0,10	0,14	0,10	0,12	0,10	0,20
%0,5 KÇ + ZnO	Ort.	0,47	0,54	0,57	0,55	0,59	0,58	0,63	0,67	0,66	0,73	0,71	0,72	0,72	0,69	0,95
	S.s	0,12	0,16	0,22	0,28	0,13	0,20	0,25	0,17	0,15	0,14	0,19	0,12	0,14	0,11	0,32
Rz	Ort.	2,00	2,57	2,55	2,30	2,52	2,55	2,47	2,50	2,64	2,63	2,78	2,83	3,37	3,20	4,53
	S.s	0,37	0,59	0,77	1,27	0,50	0,45	0,99	0,61	0,49	0,50	0,29	0,48	1,50	1,03	1,32
Ra	Ort.	0,48	0,49	0,52	0,52	0,55	0,59	0,60	0,63	0,62	0,72	0,81	0,81	0,79	0,85	1,10
	S.s	0,14	0,11	0,24	0,19	0,25	0,13	0,16	0,32	0,24	0,13	0,21	0,35	0,14	0,24	0,23
%1 KÇ + ZnO	Ort.	0,61	0,60	0,64	0,63	0,70	0,68	0,76	0,78	0,81	0,93	1,00	1,00	1,06	1,07	1,76
	S.s	0,19	0,13	0,29	0,25	0,30	0,18	0,20	0,38	0,27	0,17	0,26	0,44	0,28	0,29	0,28
Rz	Ort.	2,48	2,32	2,70	3,07	2,96	3,11	3,16	3,98	4,11	4,43	4,55	5,11	5,16	6,09	6,79
	S.s	0,64	0,38	1,23	1,33	1,10	0,90	0,97	1,44	1,52	0,83	1,55	1,57	1,22	1,57	1,92

Çizelge 4.34 : Referans, nano CeO₂ ve nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri.

Varyasyonlar	Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)															
	0	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344	1512
Ra	Ort.	0,408	0,442	0,525	0,596	0,560	0,668	0,622	0,658	0,654	0,738	0,815	0,838	0,860	0,894	1,639
	S.s	0,034	0,076	0,046	0,079	0,098	0,091	0,109	0,102	0,092	0,155	0,139	0,140	0,129	0,149	0,423
Rq	Ort.	0,502	0,555	0,656	0,758	0,739	0,831	0,797	0,840	0,823	0,951	1,000	1,048	1,127	1,162	2,201
	S.s	0,044	0,104	0,067	0,108	0,142	0,134	0,096	0,096	0,119	0,189	0,154	0,158	0,174	0,183	0,402
Rz	Ort.	2,005	2,275	2,568	2,961	3,114	3,245	3,386	3,569	3,654	3,931	3,893	4,130	4,212	4,456	9,601
	S.s	0,301	0,337	0,083	0,112	0,197	0,258	0,262	0,195	0,222	0,428	0,403	0,579	0,571	0,793	0,907
Ra	Ort.	0,60	0,62	0,64	0,65	0,67	0,67	0,69	0,73	0,75	0,74	0,77	0,86	0,86	0,89	1,10
	S.s	0,24	0,12	0,15	0,13	0,15	0,15	0,16	0,16	0,15	0,19	0,15	0,30	0,10	0,24	0,33
Rq	Ort.	0,72	0,77	0,79	0,78	0,81	0,83	0,85	0,89	0,93	0,91	0,98	1,08	1,20	1,50	2,20
	S.s	0,27	0,17	0,18	0,15	0,16	0,21	0,21	0,19	0,19	0,26	0,24	0,36	0,34	0,33	0,41
Rz	Ort.	2,81	3,00	2,99	2,96	3,03	3,33	3,13	3,24	3,59	3,41	4,00	4,06	4,96	5,63	8,58
	S.s	1,16	0,64	0,61	0,50	0,53	1,03	0,84	0,70	0,62	1,11	0,74	1,24	0,58	1,92	1,57
Ra	Ort.	2,43	2,46	2,56	2,66	2,59	3,20	3,31	3,28	3,45	3,68	3,58	4,00	4,30	4,44	4,89
	S.s	0,33	0,47	0,51	0,79	0,74	0,67	0,49	0,57	0,79	0,61	0,97	0,72	0,74	0,80	0,88
Referans	Ort.	2,98	3,02	3,18	3,35	3,25	3,95	4,12	4,05	4,39	4,50	4,40	4,95	4,98	5,49	6,48
	S.s	0,42	0,52	0,60	0,93	0,72	0,81	0,55	0,68	0,82	0,71	1,20	0,95	1,27	0,93	1,59
Rz	Ort.	12,40	12,91	13,33	14,20	13,74	17,14	17,83	17,75	18,02	19,07	19,05	22,16	22,71	23,53	26,77
	S.s	1,92	1,80	2,03	3,23	2,53	3,03	2,74	2,84	3,42	3,12	3,03	4,17	4,32	3,54	4,02

Çizelge 4.35 : Kontrol örneklerinin yüzey pürüzlülük değerleri.

Varyasyonlar		Hızlandırılmış dış ortam test süresi (saat)														
		0	24	48	72	96	120	144	168	336	504	672	840	1008	1176	1344
Ort.	2,26	2,42	2,34	2,58	2,40	2,70	2,71	2,83	3,02	3,11	3,07	3,29	3,50	3,47	3,79	4,53
S.s	0,33	0,42	0,35	0,70	0,56	0,75	0,58	0,55	0,66	0,57	0,66	0,55	0,68	1,32	0,69	0,84
Ort.	2,83	2,97	2,92	3,02	3,06	3,43	3,36	3,56	3,88	3,86	3,90	3,94	4,36	4,36	4,50	5,66
S.s	0,37	0,54	0,43	0,83	0,68	0,90	0,70	0,71	0,77	0,67	0,87	0,60	0,79	1,65	1,27	0,99
Ort.	12,46	12,84	13,48	12,89	14,71	15,13	14,49	16,01	16,83	16,59	17,24	18,46	19,21	21,38	24,28	29,13
S.s	1,65	2,18	1,79	2,64	4,09	2,55	2,10	2,92	3,25	2,67	2,76	3,96	2,74	4,22	5,14	3,46
Kontrol	Ra	Rq	Rz													

Çizelge 4.36 : Tanen katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 1512 saat sonrasındaki pürüzlülük değerlerinin (Rz) basit varyans analizi.

	Pürüzlülük	Kareler toplamı	df	Ort. Karesi	F	Önem derecesi
Valeks	Gruplar arası	5548,292	10	554,829	111,403	0,000
	Gruplar içi	368,548	74	4,980		
	Toplam	5916,840	84			
Mimoza	Gruplar arası	5930,015	10	593,001	130,550	0,000
	Gruplar içi	336,132	74	4,542		
	Toplam	6266,146	84			
KÇ	Gruplar arası	6244,614	10	624,461	125,105	0,000
	Gruplar içi	369,372	74	4,992		
	Toplam	6613,986	84			

Çizelge 4.37 : Tanen katkılı üst yüzey işlem maddesi ile muamele edilen örneklerin 1512 saat sonrasındaki pürüzlülük değerlerinin (Rz) Duncan homojenlik grupları.

Varyasyonlar	H. Grupları	Varyasyonlar	H. Grupları	Varyasyonlar	H. Grupları
%0,1 Valeks+ CeO ₂	EF	%0,5 Mimoza+ CeO ₂	G	%0,1 KÇ+ CeO ₂	F
%0,5 Valeks+ CeO ₂	F	%1 Mimoza+ CeO ₂	G	%0,5 KÇ+ CeO ₂	F
%1 Valeks+ CeO ₂	EF	%3 Mimoza+ CeO ₂	DEF	%1 KÇ+ CeO ₂	F
%0,1 Valeks + ZnO	F	%0,5 Mimoza + ZnO	FG	%0,1 KÇ + ZnO	F
%0,5 Valeks + ZnO	F	%1 Mimoza + ZnO	FG	%0,5 KÇ + ZnO	F
%1 Valeks + ZnO	DEF	%3 Mimoza + ZnO	EF	%1 KÇ + ZnO	EF
ÜYM + CeO ₂	C	ÜYM + CeO ₂	C	ÜYM + CeO ₂	C
ÜYM + ZnO	DE	ÜYM + ZnO	DE	ÜYM + ZnO	DE
Referans	B	Referans	B	Referans	B
Kontrol	A	Kontrol	A	Kontrol	A

Hızlandırılmış dış ortam testi öncesinde, tanen + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem uygulaması, örneklerin başlangıç yüzey pürüzlülüğünü (Ra, Rq ve Rz) kontrol ve referans örneklerine kıyasla azaltmıştır. Bu durumun üst yüzey işlem uygulaması ile yüzeyde oluşan film tabakası ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Referans madde ile yüzeyi kaplanan örneklerin pürüzlülük değerleri kontrol örneklerine benzerdir. Çünkü referans madde ahşap yüzeyinde bir film tabakası oluşturmamaktadır. Hızlandırılmış yaşlandırma testi sonrasında referans ve kontrol örneklerinde artan pürüzlülüğün bu örneklerdeki çatlak oluşumu ve yüzey erozyonu ile ilgisi olduğu düşünülmektedir.

Basit varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.36) her bir tanen çözeltilisinin pürüzlülük değerleri ile kontrol ve referans örneklerinin pürüzlülük değerleri arasında %95 güven düzeyi ile istatistiksel anlamda önemli farklılıklar bulunmuştur ($p<0,05$).

Örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri hızlandırılmış dış ortam test süresi arttıkça artış göstermiştir. Kontrol ve referans örneklerinin pürüzlülük değerleri test süresi boyunca sürekli artış halinde olup tüm gruplar içerisinde en yüksek pürüzlülük değeri bu örneklerde gözlenmiştir. Bu durum yüzeylerde artan çatlak oluşumundan kaynaklanmış olabilir. Sonuç olarak tanen + nano metal oksit uygulaması ile hızlandırılmış dış ortam test faktörlerine (UV ve su) karşı daha düzgün yüzeyler elde edilebileceği ortaya çıkmıştır. Tanen + nano metal oksit'li örneklerin pürüzlülük değerleri test süresi arttıkça çok az artış göstermiştir. Bu durum örnek yüzeylerinde gözlenebilir herhangi çatlak vb. deformasyonlar oluşmaması ile ilgili olabilir. 1512 saat sonrasında tanen + nano metal oksit katkılı üst yüzey maddesi ile işlem gören örnekler sadece nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kaplanan örneklere kıyasla daha düzgün yüzeyler vermiştir. Pürüzlülük değerleri üzerine tanen konsantrasyonunun etkisi tam olarak belirgin olmasada, yüksek konsantrasyonlar düşük konsantrasyon seviyelerine kıyasla daha pürüzlü yüzeyler vermiştir. Yaşlandırma testi sonrasında tanen konsantrasyonu arttıkça daha pürüzlü yüzeyler elde edilmesi Yalçın ve Ceylan (2017) tarafından da tespit edilmiştir. Tanen konsantrasyonu arttıkça yüzeyin daha fazla UV absorbe etmesi sağlanmış olabilir ve bu da vernik tabakalarında daha fazla mikro çatlak oluşumuna veya vernik yapısında daha fazla bozunmaya yol açarak daha pürüzlü yüzeyler eldesini sağlamış olabilir.

Tanen + ZnO ile kombine edilen örnekler içerisinde en düzgün yüzeyler %0,1 ve 0,5 konsantrasyonlu kızılçam kabuk tanenli örneklerde; Tanen + CeO₂ ile kombine edilen örnekler içerisinde ise en düzgün yüzeyler %0,1 ve 0,5 konsantrasyonlu kızılçam kabuk taneni ve %0,5 ve 1 konsantrasyonlu mimoza taneninde bulunmuştur. Çinko ve seryum oksit, yüzey pürüzlülük üzerine benzer sonuçlar versede istatistiksel açıdan seryum oksit çinko okside kıyasla daha iyi bir performans sergilemiştir. Düşük konsantrasyonlu tanenlerin nano metal oksitler ile birlikte kombine edilmesi durumunda renk parametrelerinde sağlanan sinerjik etki, pürüzlülük değerleri açısından da sağlanmıştır.

Valeks tanenli örneklerde pürüzlülük değerleri, Basit Varyans Analizindeki Duncan homojenlik sonuçlarına göre, Kontrol > Referans > ÜYM + CeO₂ ≥ ÜYM + ZnO ≥ %1 Valeks + ZnO ≥ %1 Valeks + CeO₂ = %0,1 Valeks + CeO₂ ≥ %0,5 Valeks + ZnO = %0,1 Valeks + ZnO = %0,5 Valeks + CeO₂ şeklindedir.

Pürüzlülük mimoza tanenli örneklerde, Kontrol > Referans > ÜYM + CeO₂ ≥ ÜYM + ZnO ≥ %3 Mimoza + CeO₂ ≥ %3 Mimoza + ZnO ≥ %1 Mimoza + ZnO = %0,5 Mimoza + ZnO ≥ %1 Mimoza + CeO₂ = %0,5 Mimoza + CeO₂ şeklinde olmuştur.

Pürüzlülük değerleri kızılçam kabuk tanenli örneklerde, Kontrol > Referans > ÜYM + CeO₂ ≥ ÜYM + ZnO ≥ %1 KÇ + ZnO ≥ %0,5 KÇ + ZnO = %0,1 KÇ + ZnO = %1 KÇ + CeO₂ = %0,5 KÇ + CeO₂ = %0,1 KÇ + CeO₂ şeklindedir.

Hızlandırılmış dış ortam test süresi ile artan yüzey pürüzlülüğü diğer araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (Çakıcıer, 2007; Yalçın ve Ceylan, 2017; Yıldız vd. 2013). Artan yüzey gerilimi ve vernik tabakalarındaki mikro çatlaklar pürüzlülük artışının nedenleri olabilir (Yalçın ve Ceylan, 2017). Demirci vd. (2013) UV testi sonrasında vernik veya boyalı yüzeylerde artan pürüzlülüğü, UV, sıcaklık ve nemin etkisi ile yüzey tabakasında meydana gelen deformasyonlara bağlamıştır. UV radyasyonu, foto-oksidasyona, termal yaşlanmaya ve hidrolize sebebiyet vererek kaplamalardaki güçlü polimer bağları kırılabilir ve bunun sonucu olarak mikro çatlaklar oluşabilir (Demirci vd. 2013).

4.4 Örneklerin Makroskopik Değişimlerine İlişkin Bulgular

Hızlandırılmış dış ortam testine maruz bırakılan örneklerin makroskopik olarak değerlendirildiği puanlama durumu Çizelge 4.38 ve 4.40'da ve görselleri Şekil 4.1-4.25'de gösterilmiştir.

Test başından sonuna kadar yapılan 16 değerlendirmenin ortalama puanı kontrol örneklerinde oldukça düşük (4,87) bulunmuştur. Kontrol ve referans örneklerinde 48 saat sonundan itibaren çatlak oluşumu gözlenmiş ve çatlaklar test süresiyle daha derin ve artarak görülmeye devam etmiştir. Kontrol örneklerini, referans madde ile yüzeyi kaplanan örnekler 6,13'lik ortalama puan ile takip etmiştir.

%0,1 valeks taneni + nano ZnO ile %0,5 ve %1 mimoza taneni + nano ZnO'lu örneklerde 1344 saat sonunda küçük çatlaklar oluşmaya başlamıştır. Nano ZnO ile kombine edilen diğer tüm gruplarda ve nano CeO₂'li tüm grupların yüzeyinde herhangi bir deformasyon gözlenmemiştir. Üst yüzey işlem maddesine nano ZnO ve CeO₂ katılması durumunda yüzeylerde herhangi bir çatlak olmamıştır. Yüzeylerde çatlak vb. deformasyonlar olmayan gruplarda yüzey pürüzlülük değerleri de düşük çıkmıştır.

Çizelge 4.38 : Tanen + nano CeO₂'li örneklerin görsel değerlendirme puanlaması.

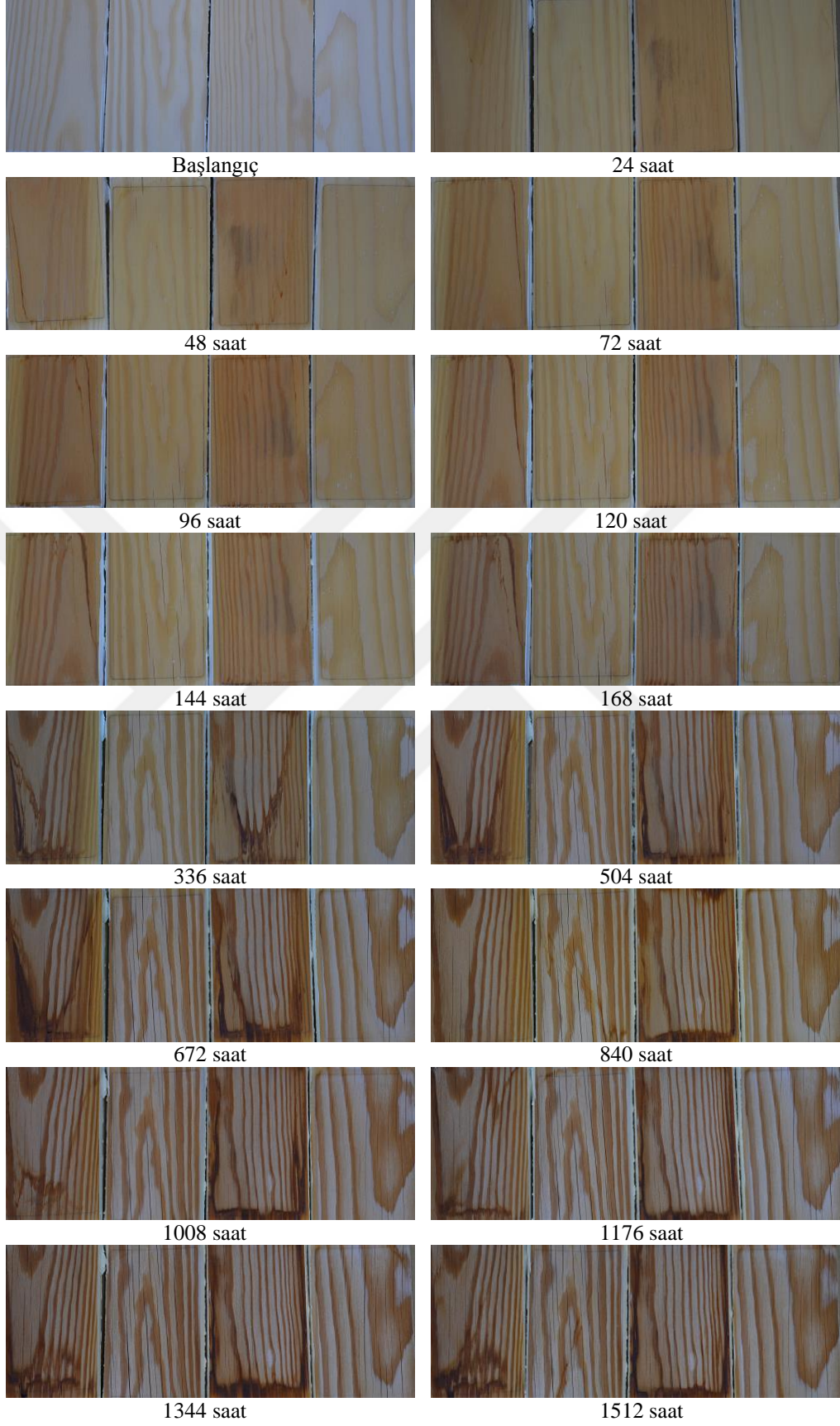
Süre (saat)	Valeks + CeO ₂			Mimoza + CeO ₂			Kızılçam + CeO ₂		
	%0,1	%0,5	%1	%0,5	%1	%3	%0,1	%0,5	%1
0	10	10	10	10	10	10	10	10	10
24	10	10	10	10	10	10	10	10	10
48	10	10	10	10	10	10	10	10	10
72	10	10	10	10	10	10	10	10	10
96	10	10	10	10	10	10	10	10	10
120	10	10	10	10	10	10	10	10	10
144	10	10	10	10	10	10	10	10	10
168	10	10	10	10	10	10	10	10	10
336	10	10	10	10	10	10	10	10	10
504	10	10	10	10	10	10	10	10	10
672	10	10	10	10	10	10	10	10	10
840	10	10	10	10	10	10	10	10	10
1008	10	10	10	10	10	10	10	10	10
1176	10	10	10	10	10	10	10	10	10
1344	10	10	10	10	10	10	10	10	10
1512	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Ort.	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Çizelge 4.39 : Tanen + nano ZnO'lu örneklerin görsel değerlendirme puanlaması.

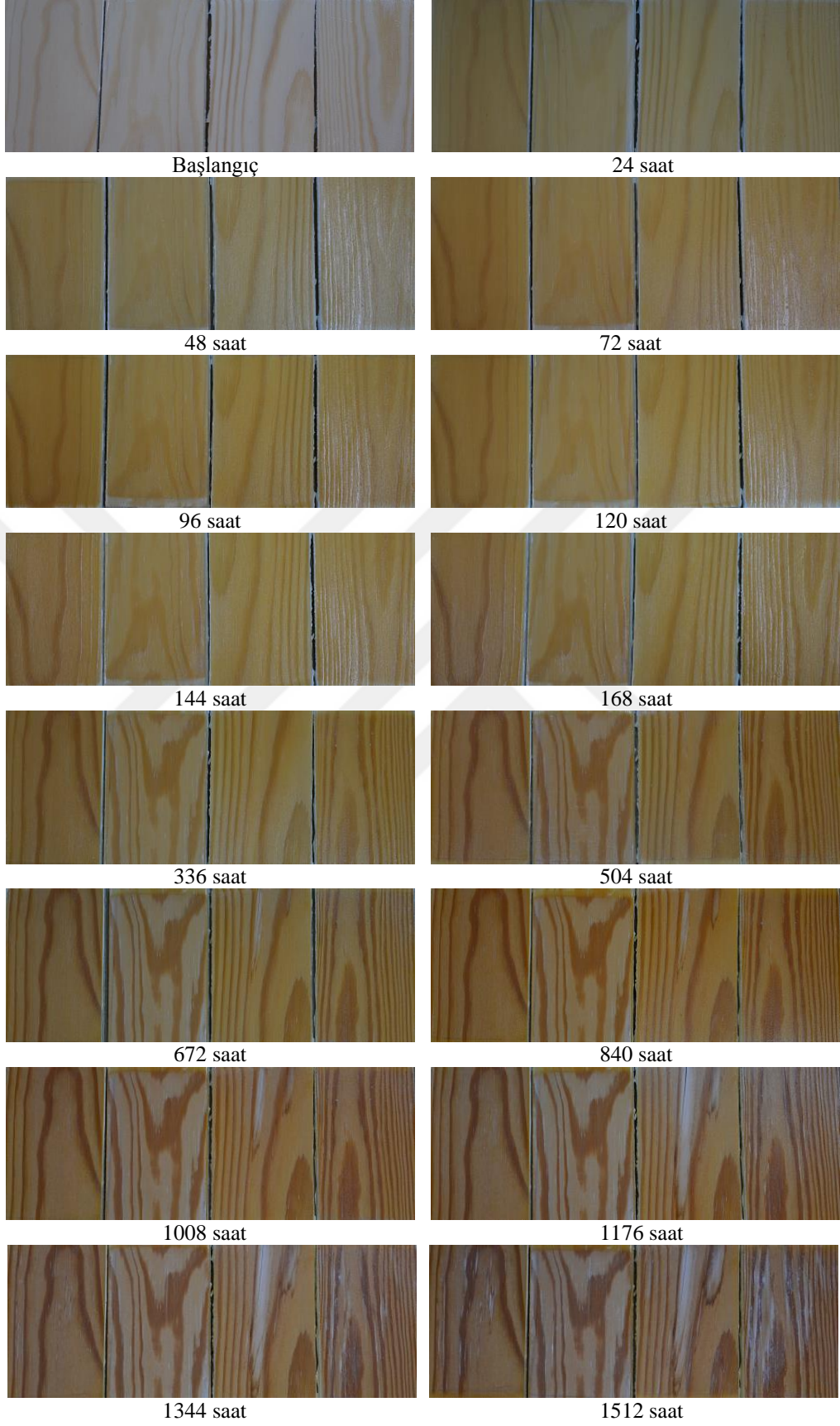
Süre (saat)	Valeks + ZnO			Mimoza + ZnO			Kızılcım + ZnO		
	%0,1	%0,5	%1	%0,5	%1	%3	%0,1	%0,5	%1
0	10	10	10	10	10	10	10	10	10
24	10	10	10	10	10	10	10	10	10
48	10	10	10	10	10	10	10	10	10
72	10	10	10	10	10	10	10	10	10
96	10	10	10	10	10	10	10	10	10
120	10	10	10	10	10	10	10	10	10
144	10	10	10	10	10	10	10	10	10
168	10	10	10	10	10	10	10	10	10
336	10	10	10	10	10	10	10	10	10
504	10	10	10	10	10	10	10	10	10
672	10	10	10	10	10	10	10	10	10
840	10	10	10	10	10	10	10	10	10
1008	10	10	10	10	10	10	10	10	10
1176	10	10	10	10	10	10	10	10	10
1344	9	10	10	9	8	10	10	10	10
1512	8	10	10	9	8	10	10	10	10
Ort.	9,80	10	10	9,87	9,73	10	10	10	10

Çizelge 4.40 : ÜYM + nano metal oksit, kontrol ve referans örneklerinin görsel değerlendirme puanlaması.

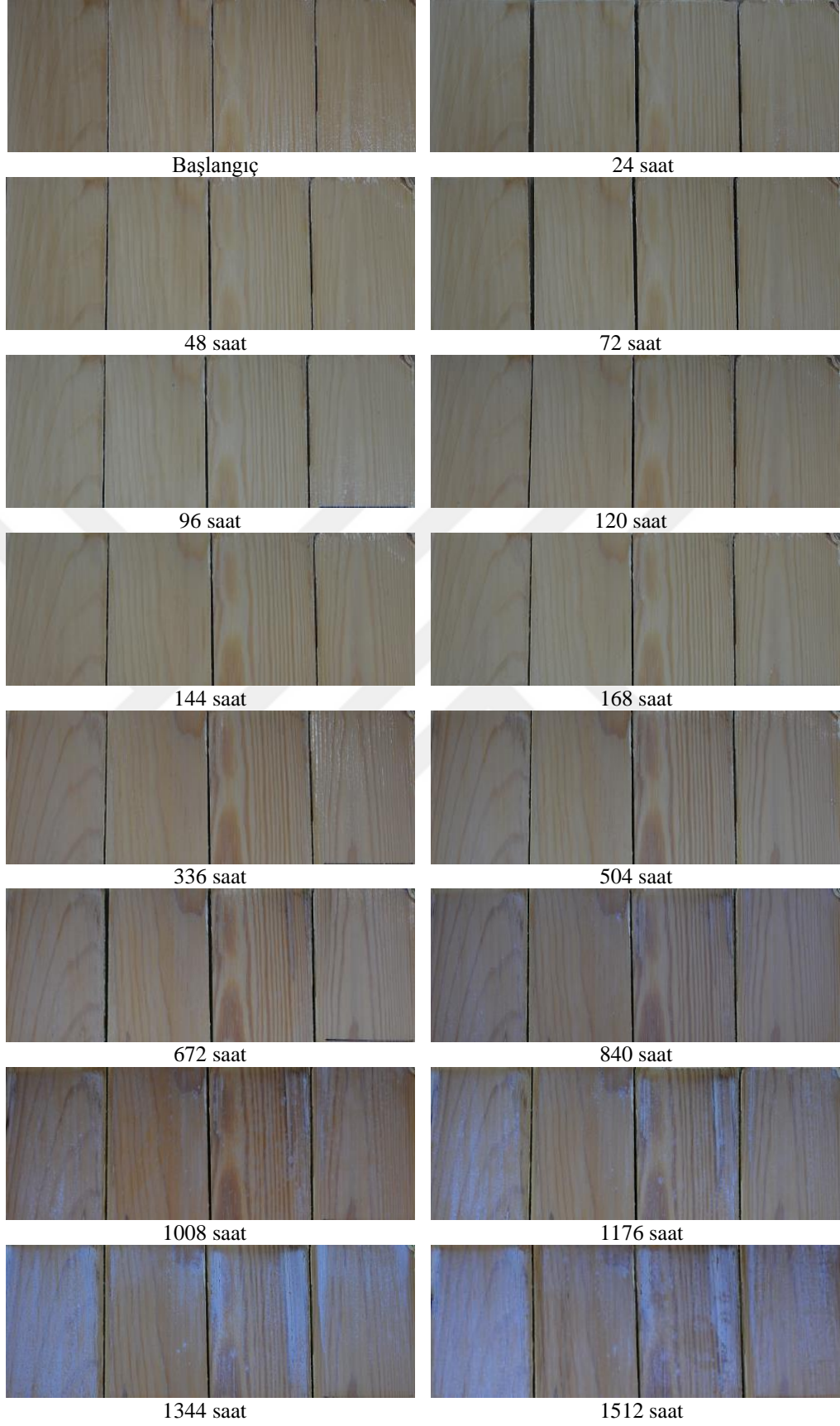
Süre (saat)	ÜYM + CeO ₂	ÜYM + ZnO	Kontrol	Referans
0	10	10	10	10
24	10	10	10	10
48	10	10	9	9
72	10	10	8	9
96	10	10	8	9
120	10	10	7	8
144	10	10	6	8
168	10	10	5	7
336	10	10	5	6
504	10	10	4	5
672	10	10	3	5
840	10	10	3	4
1008	10	10	2	4
1176	10	10	1	3
1344	10	10	1	3
1512	10	10	1	2
Ort.	10	10	4,87	6,13



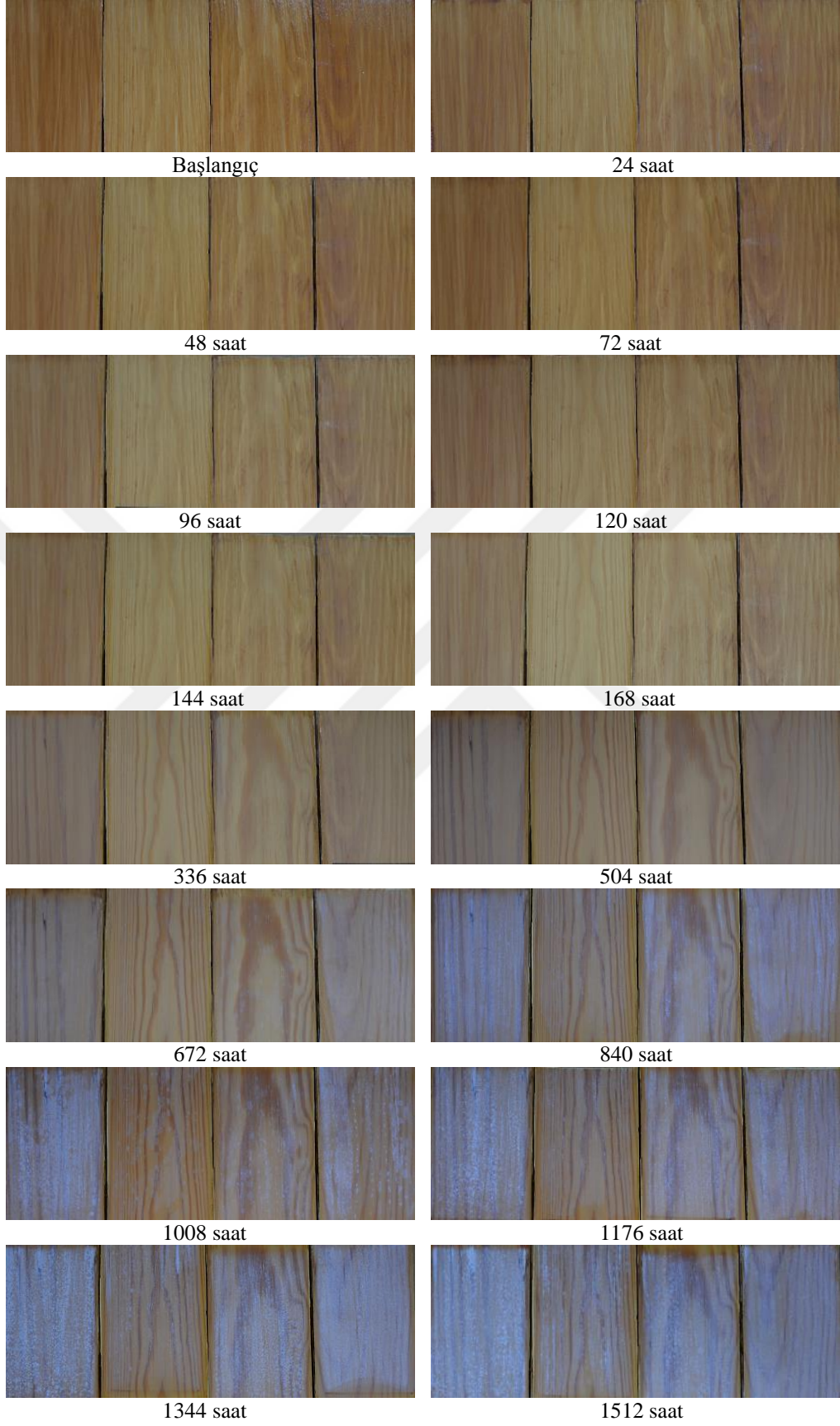
Şekil 4.1 : Kontrol örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



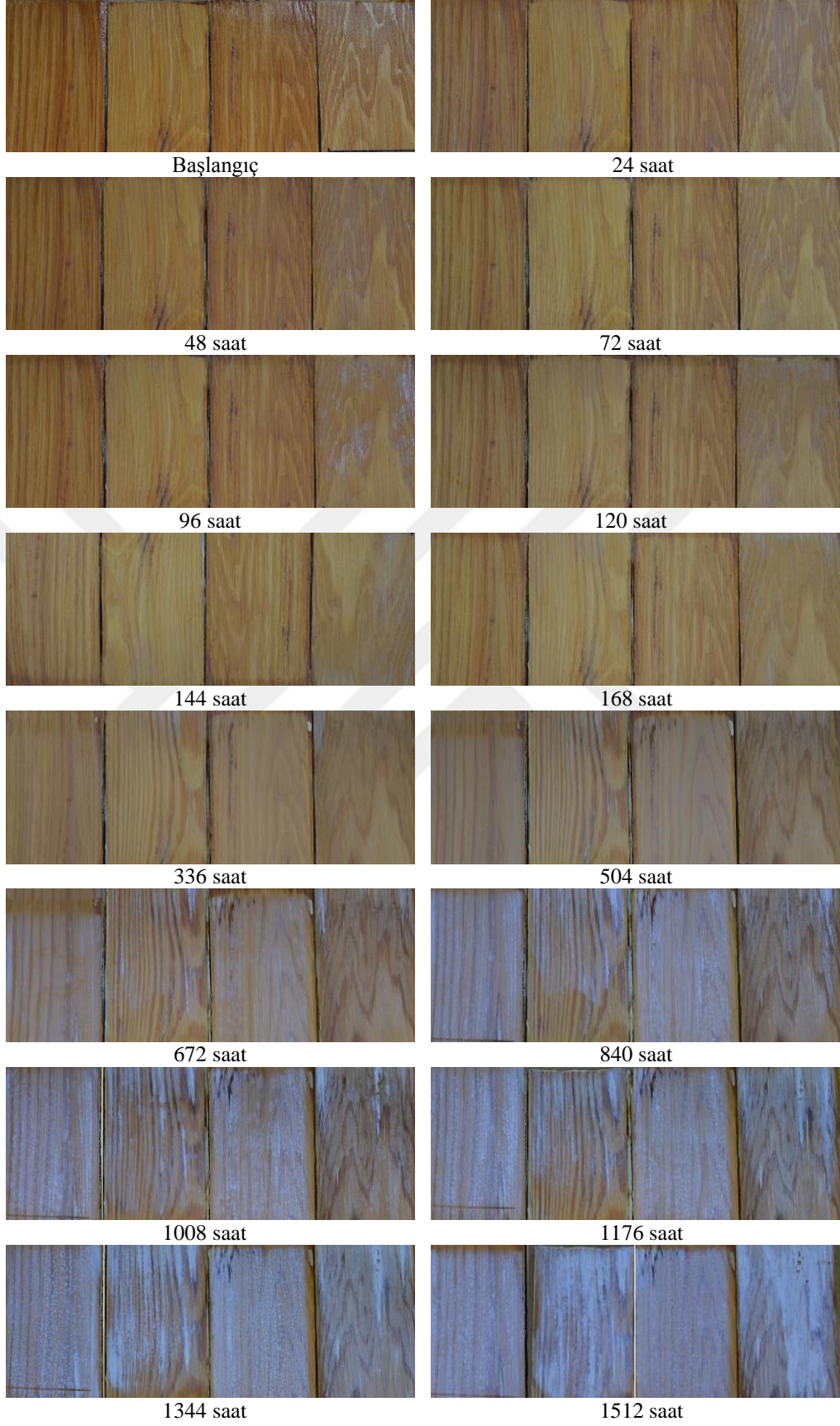
Şekil 4.2 : Üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



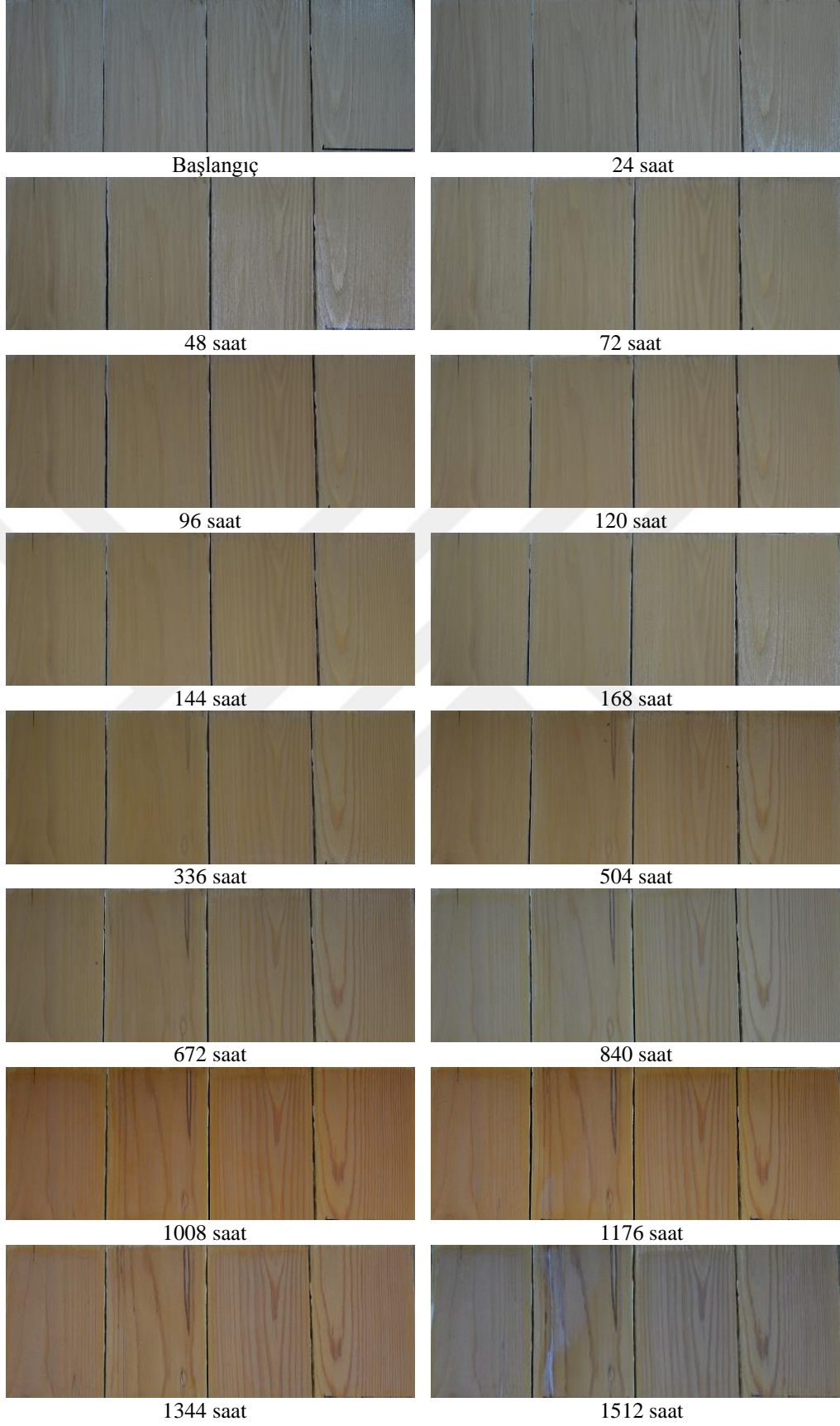
Şekil 4.3 : %0,1 valeks taneni + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



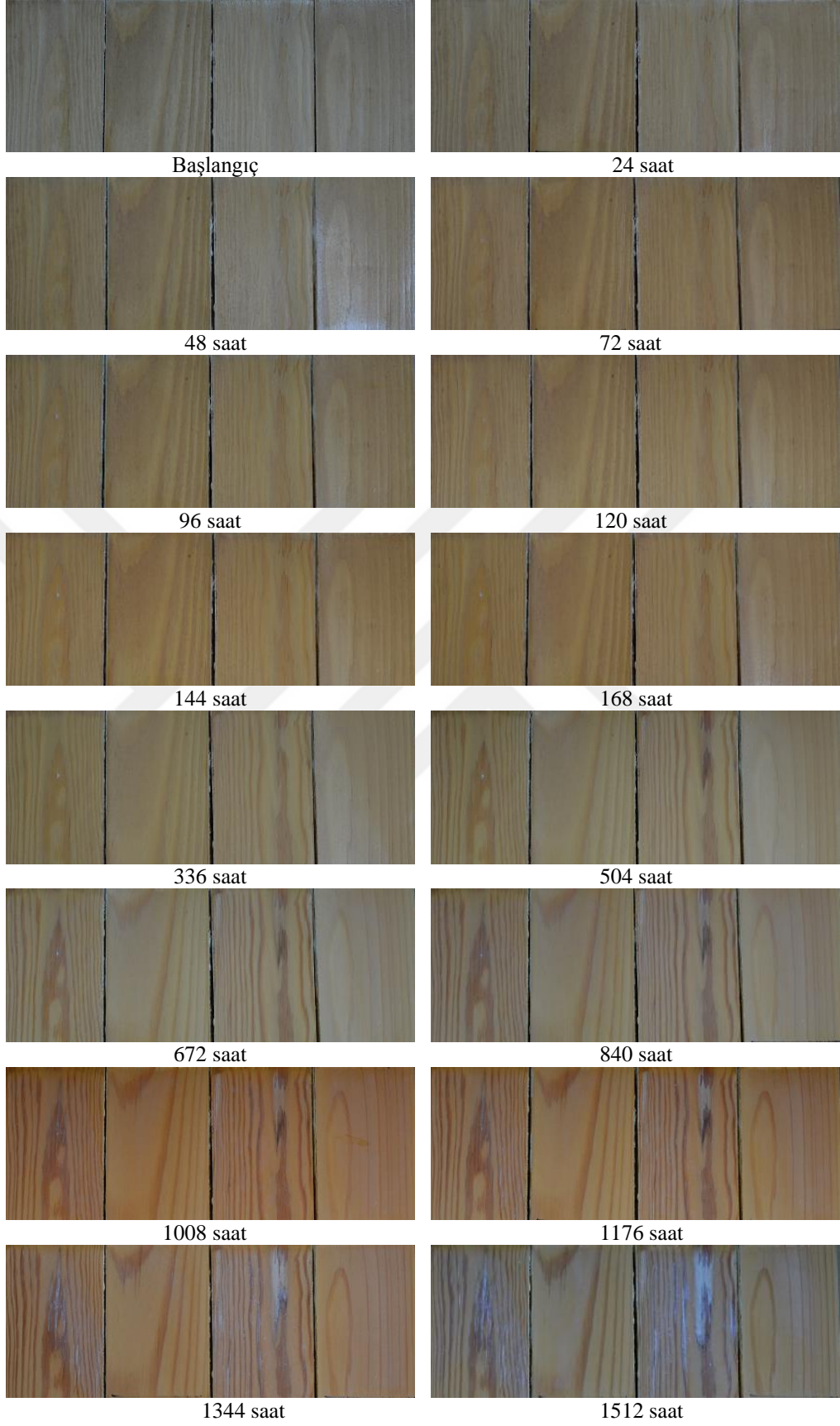
Şekil 4.4 : %0,5 valeks taneni + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



Şekil 4.5 : %1 valeks taneni + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



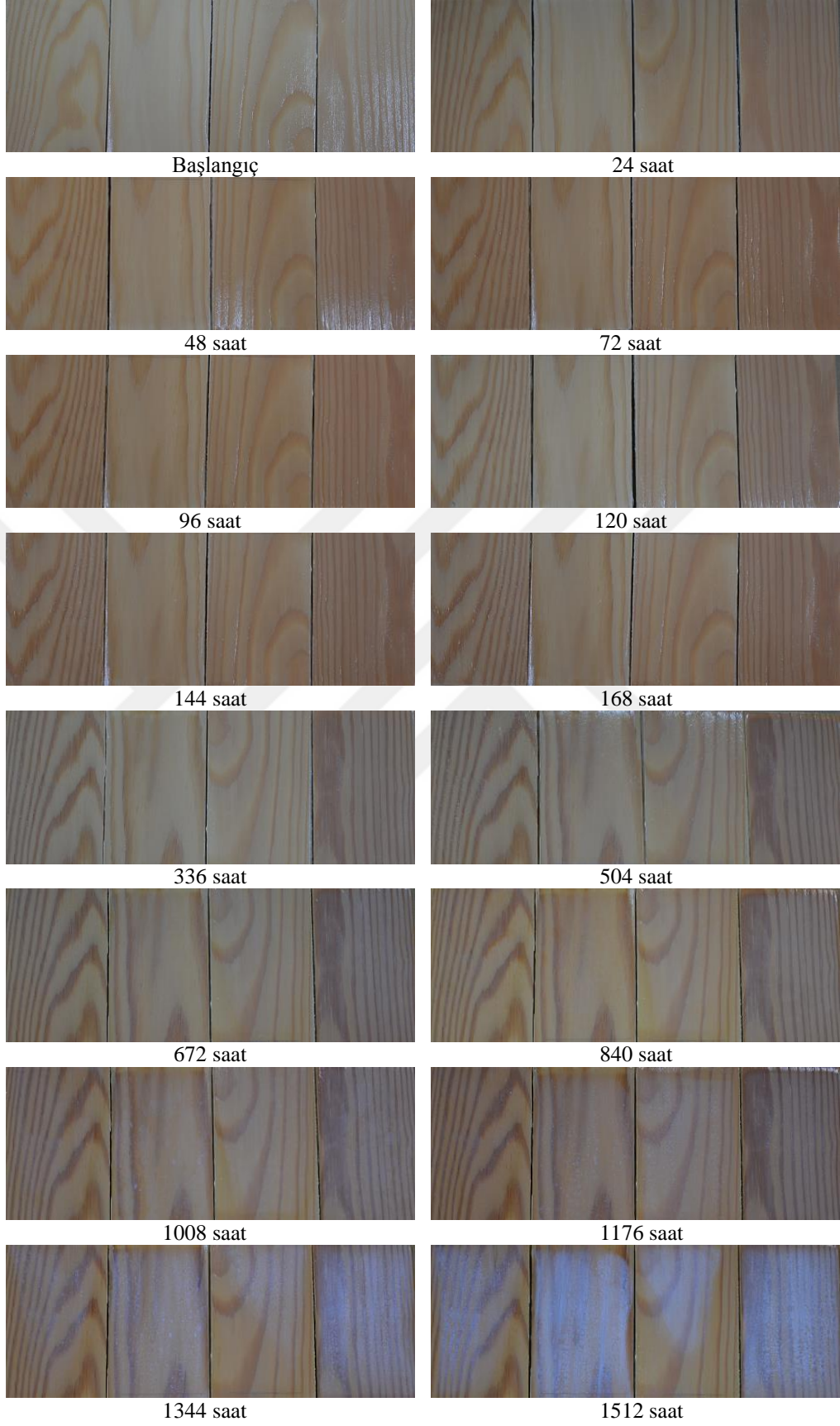
Şekil 4.6 : %0,5 mimoza taneni + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



Şekil 4.7 : %1 mimoza taneni + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



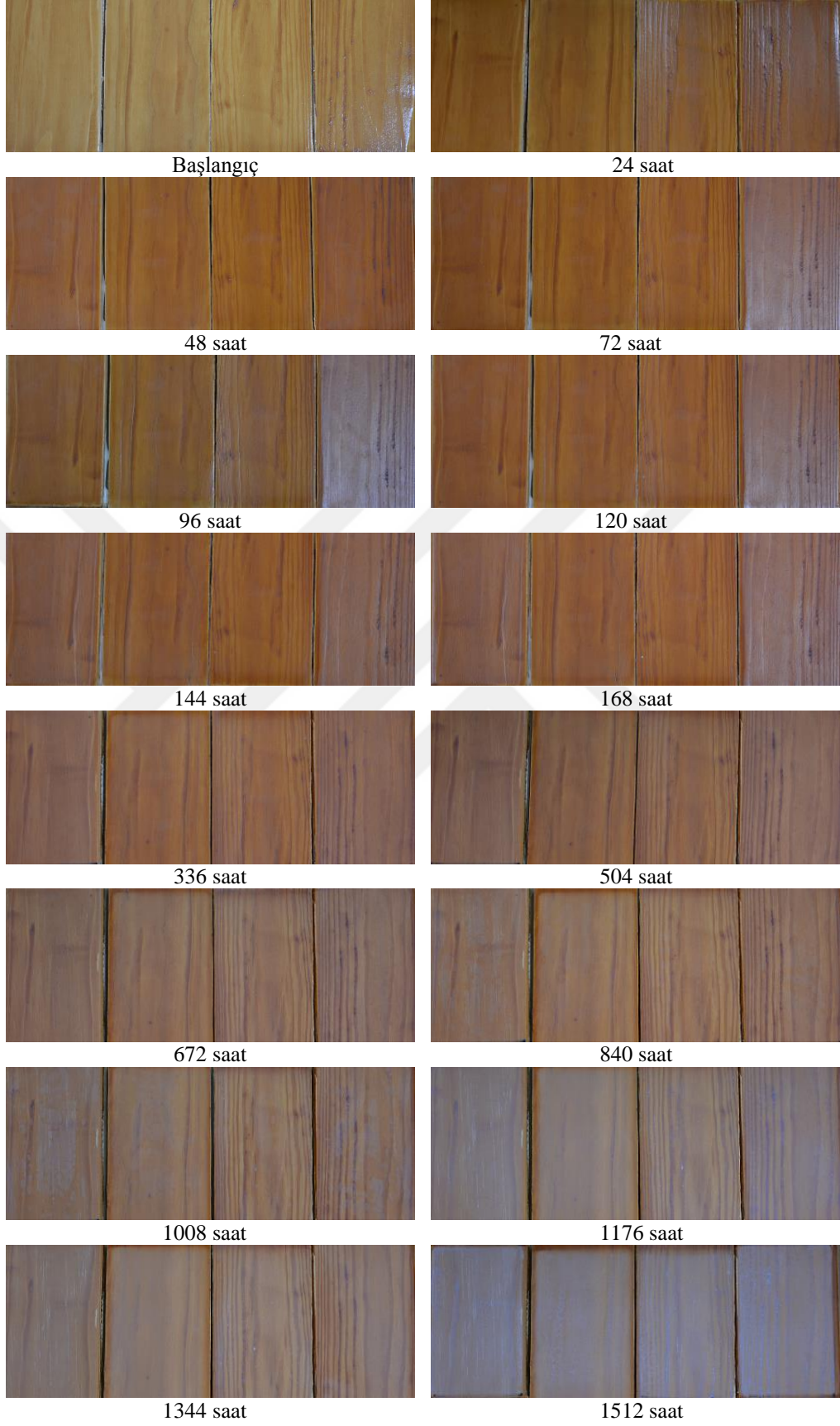
Şekil 4.8 : %3 mimoza taneni + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



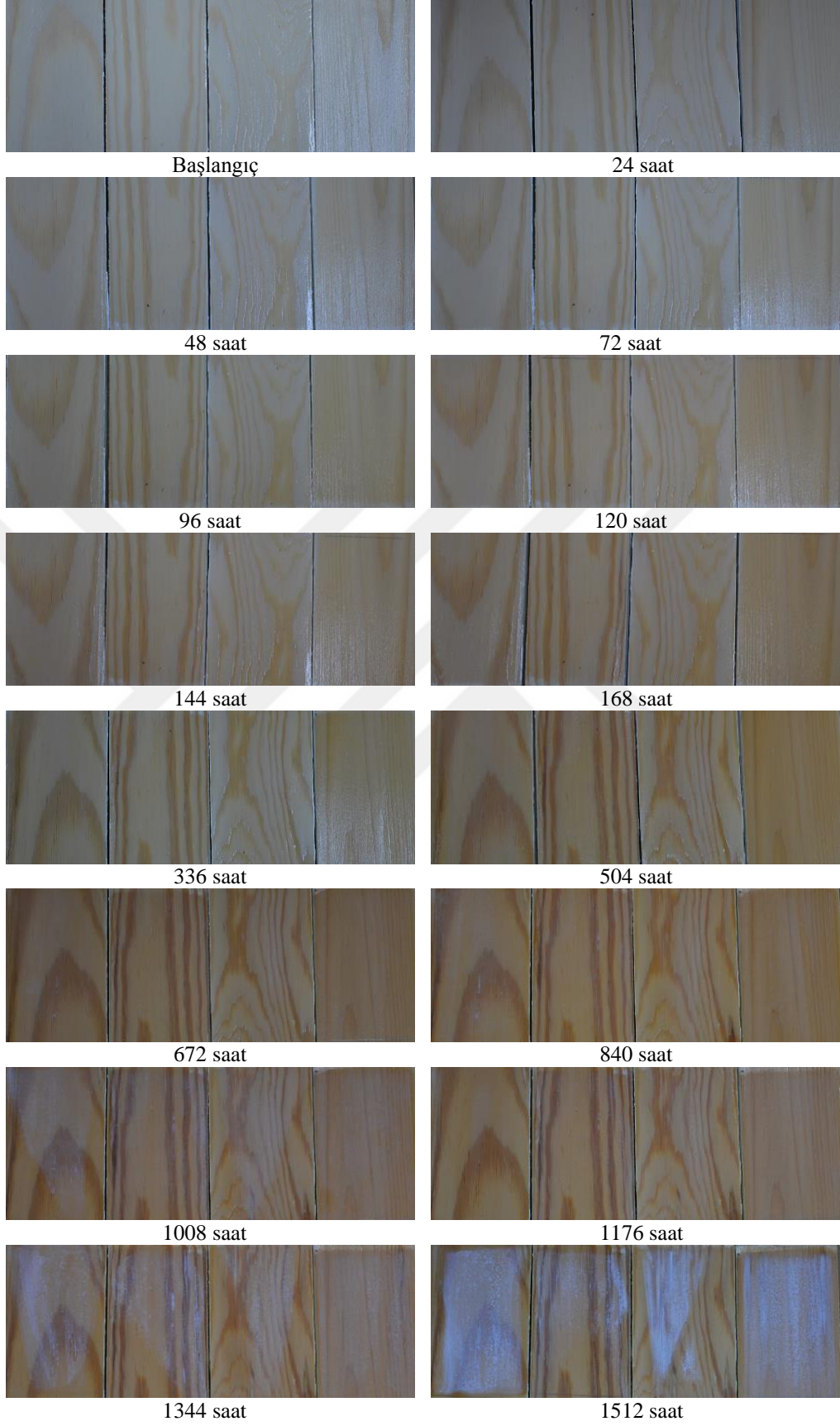
Şekil 4.9 : %0,1 kızılçam kabuk taneni + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



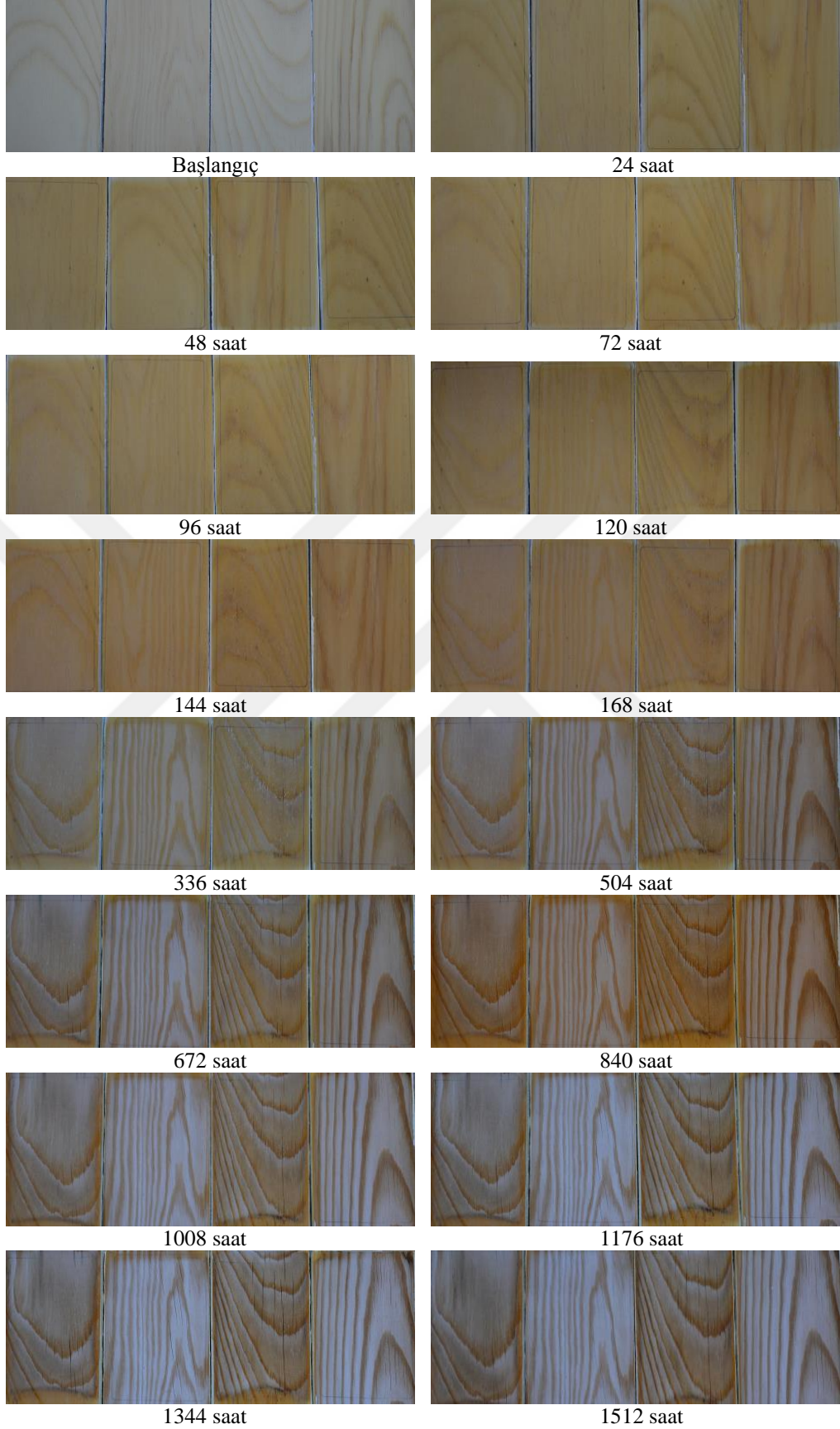
Şekil 4.10 : %0,5 kıvılcık kabuk taneni + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



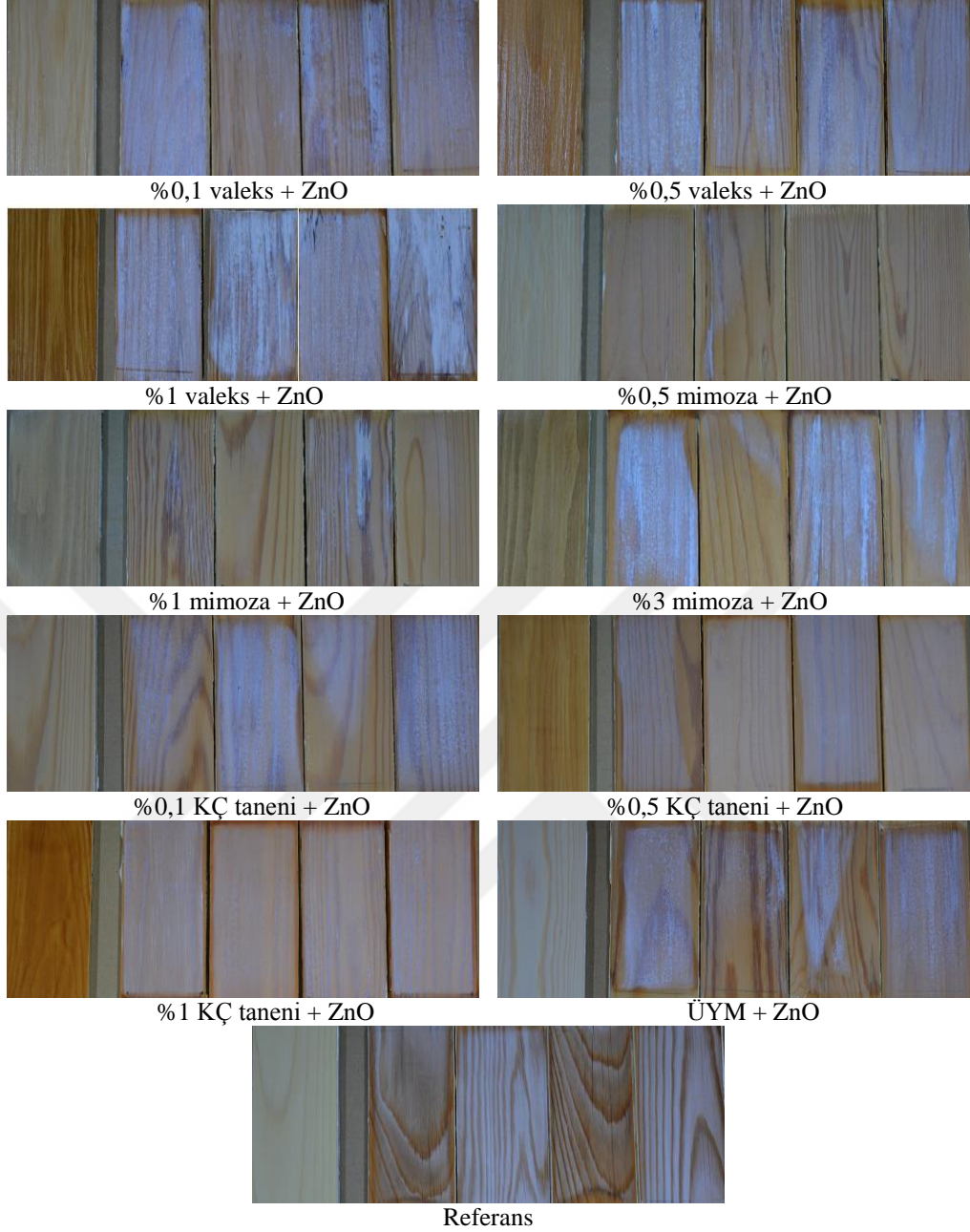
Şekil 4.11 : %1 kızılçam kabuk taneni + nano ZnO katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



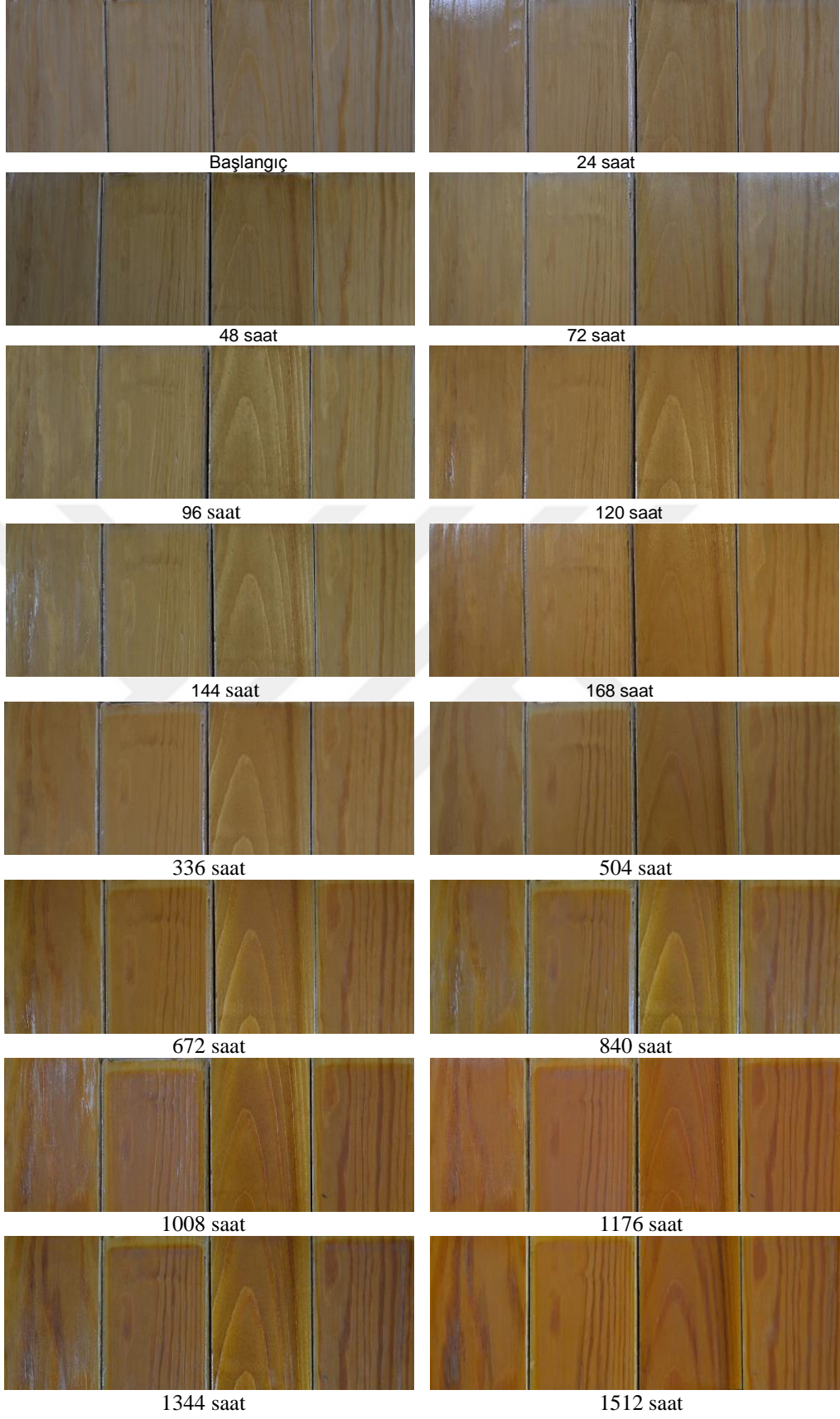
Şekil 4.12 : Üst yüzey işlem maddesi + nano ZnO ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



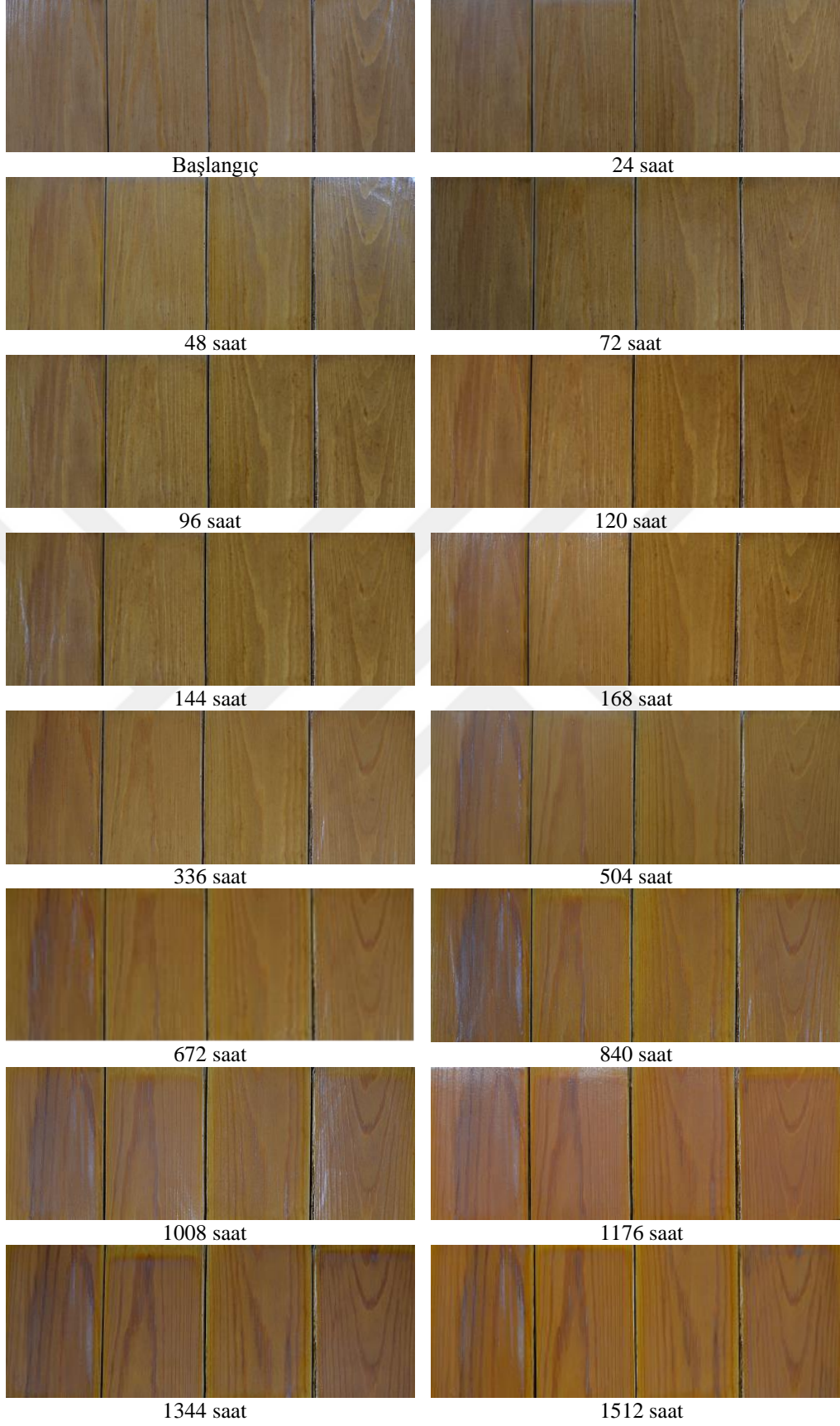
Şekil 4.13 : Referans madde ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



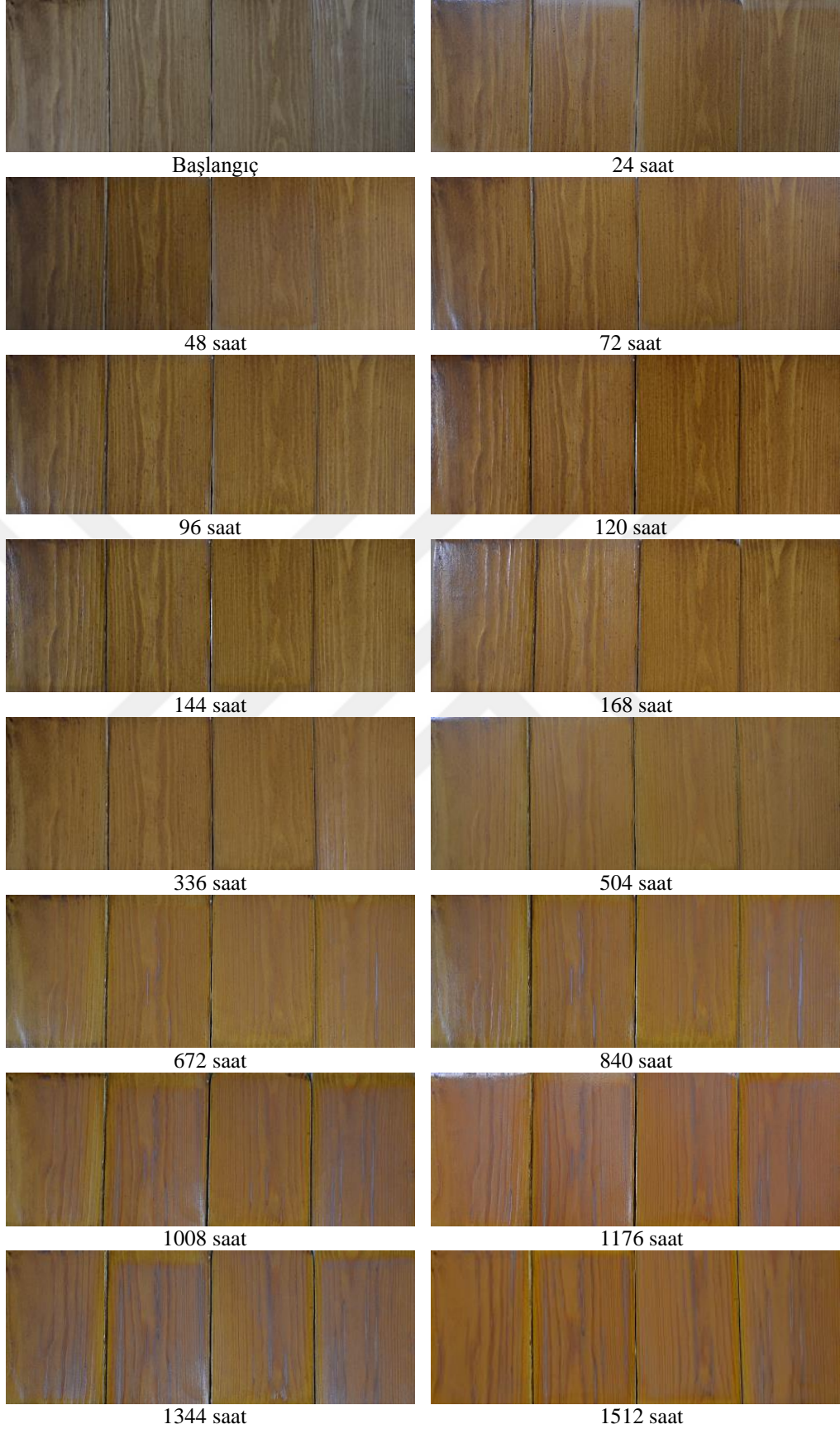
Şekil 4.14 : 1512 saat hızlandırılmış dış ortam testine maruz bırakılan nano ZnO'lu örneklerin görüntüleri



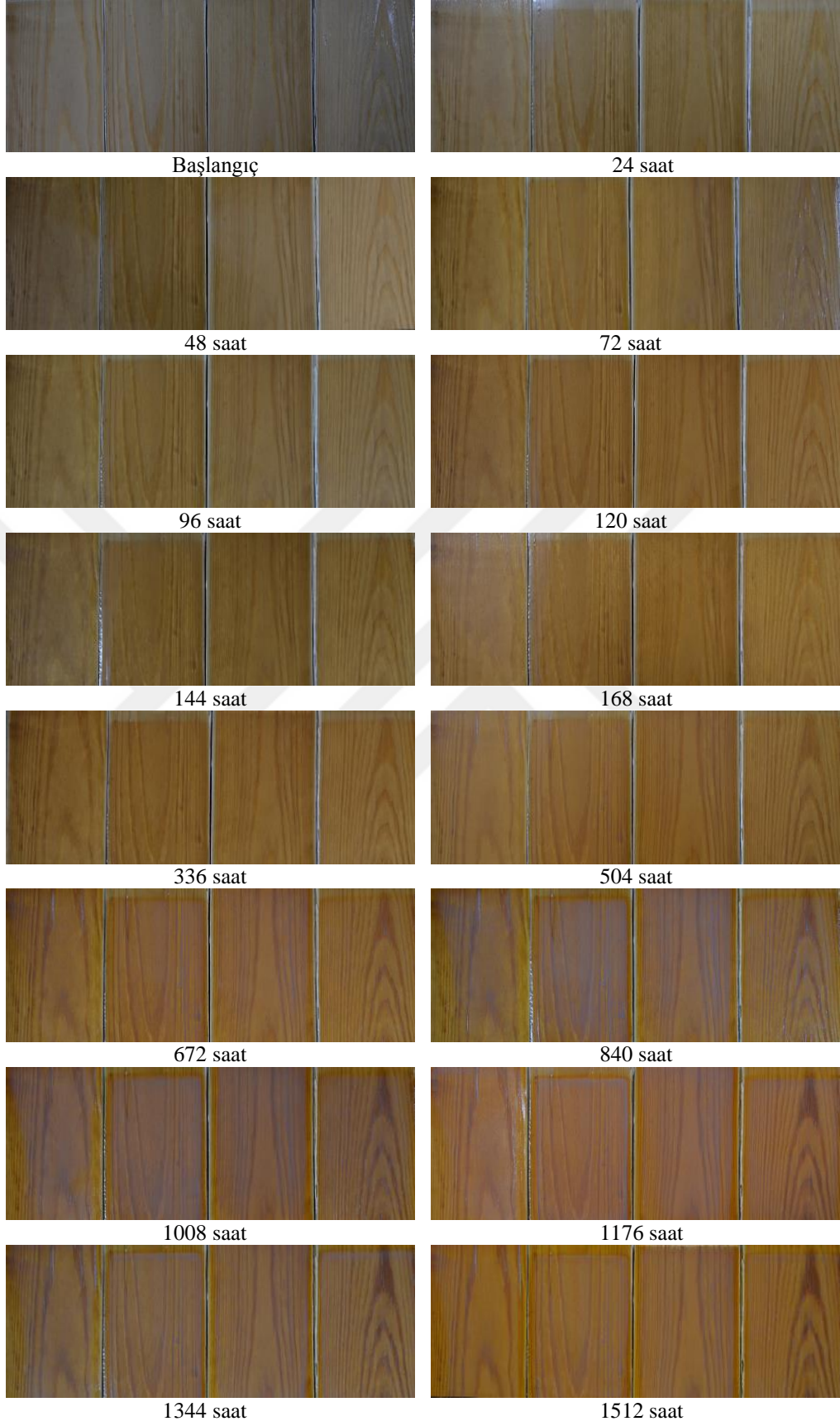
Şekil 4.15 : %0,1 valeks taneni + nano CeO₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



Şekil 4.16 : %0,5 valeks taneni + nano CeO₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



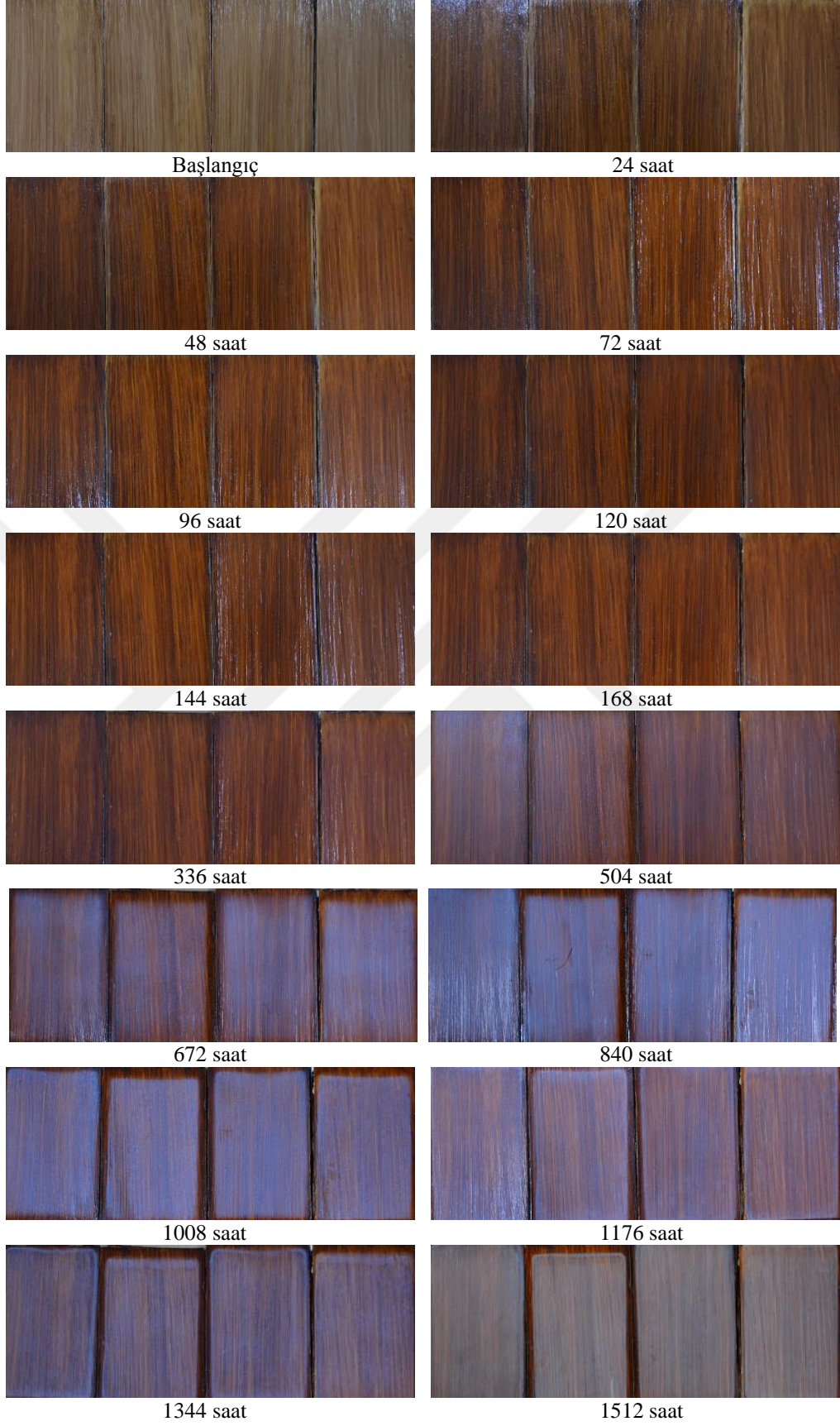
Şekil 4.17 : %1 valeks taneni + nano CeO₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



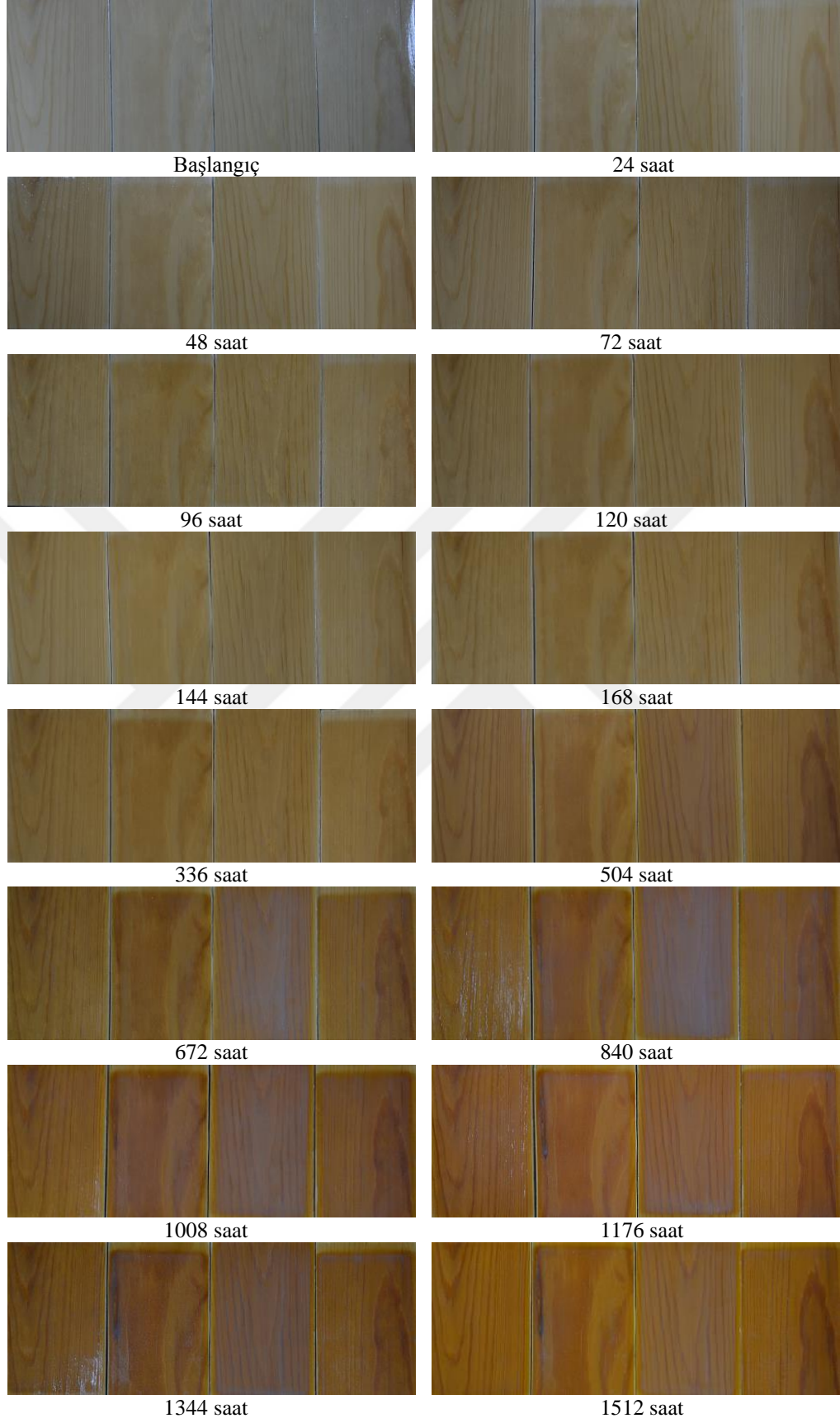
Şekil 4.18 : %0,5 mimoza taneni + nano CeO₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



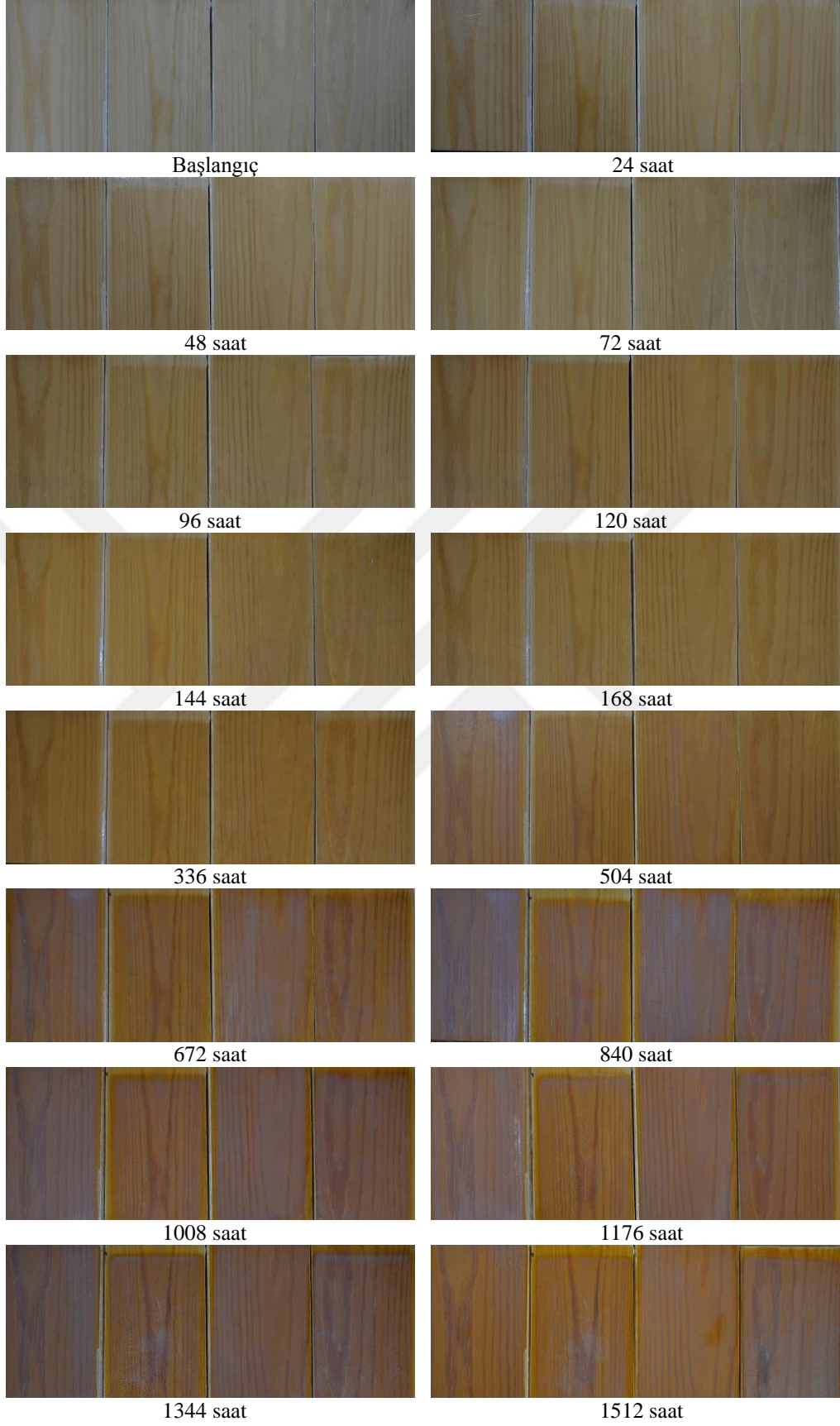
Şekil 4.19 : %1 mimoza taneni + nano CeO₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



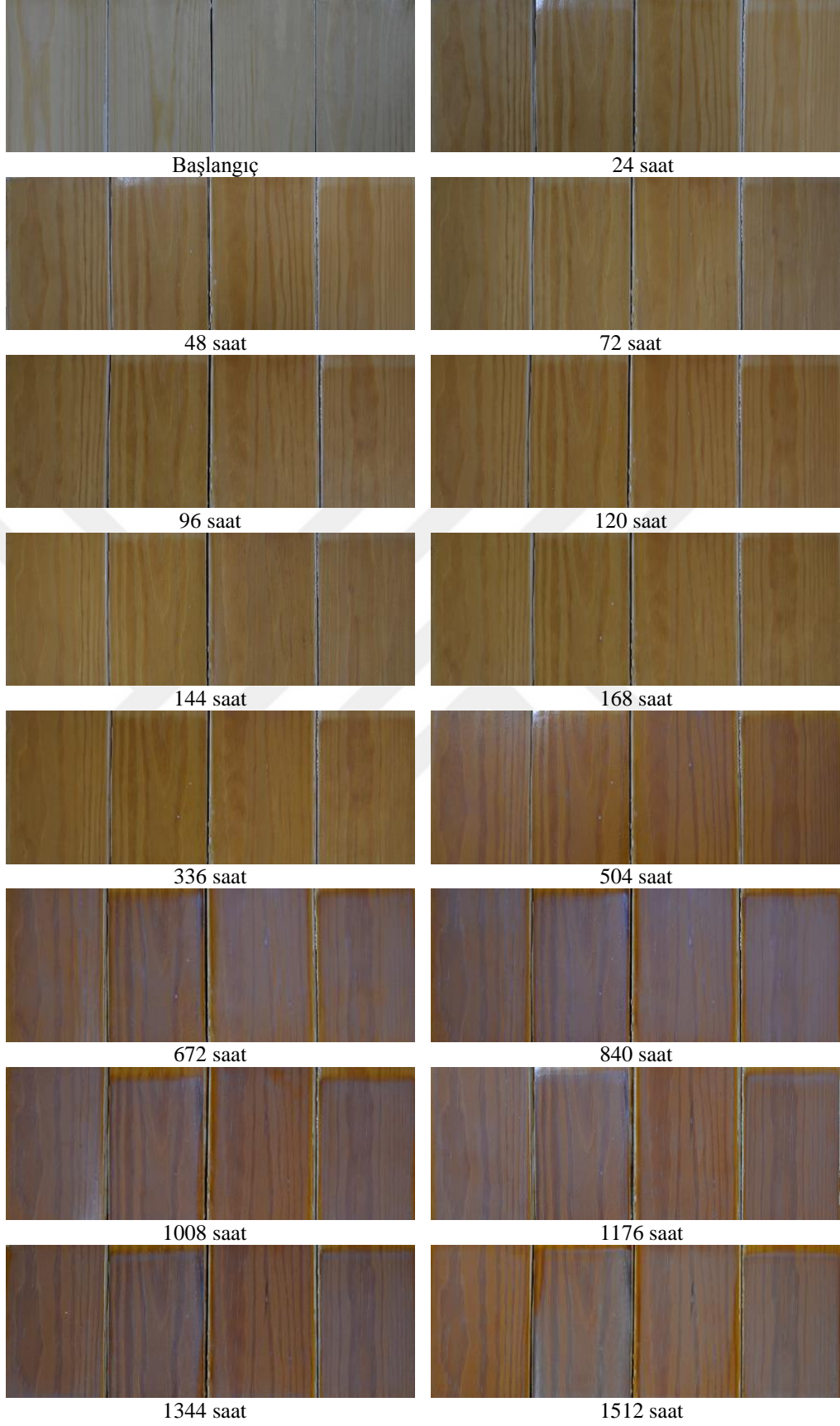
Şekil 4.20 : %3 mimoza taneni + nano CeO₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



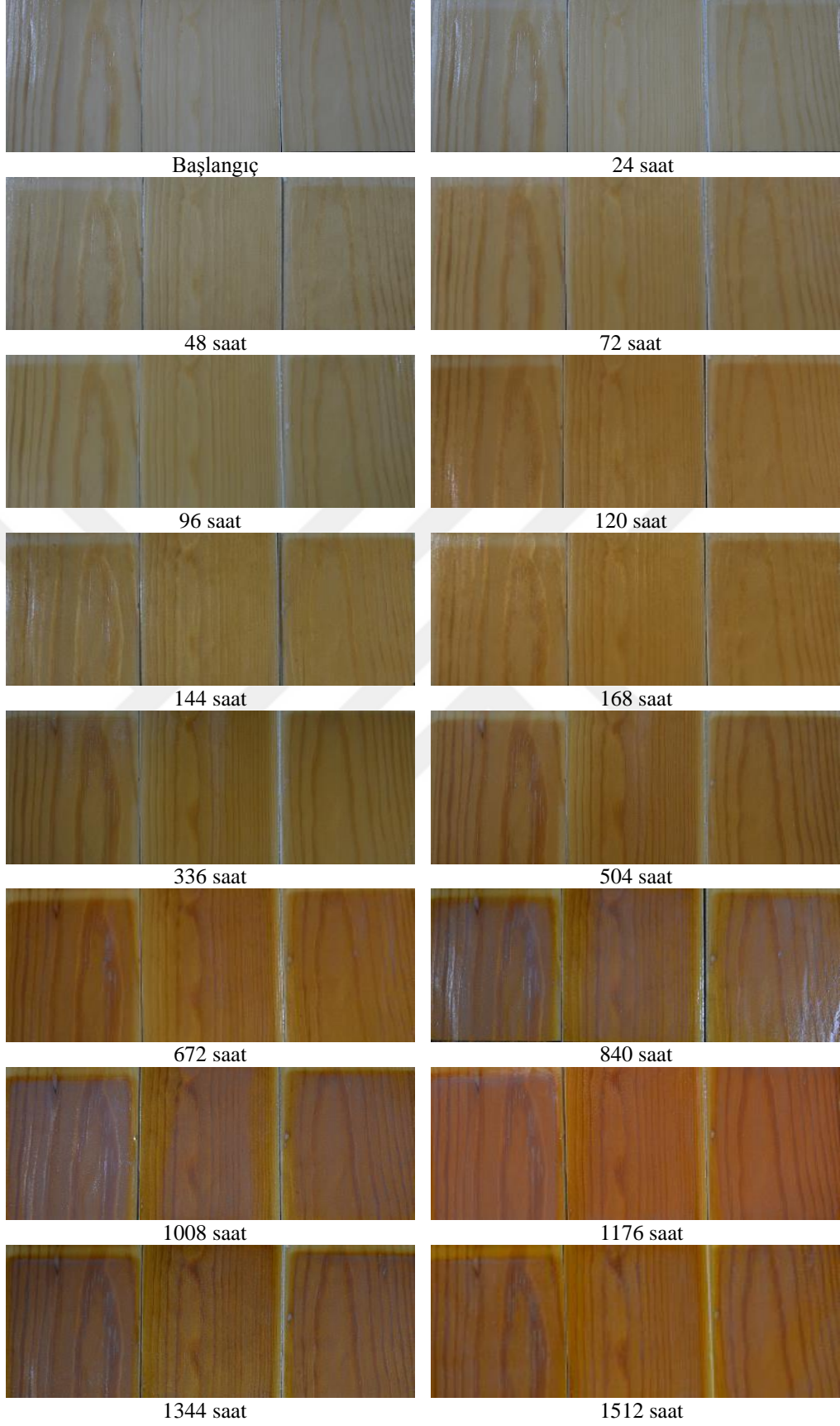
Şekil 4.21 : %0,1 kızılçam kabuk taneni + nano CeO₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



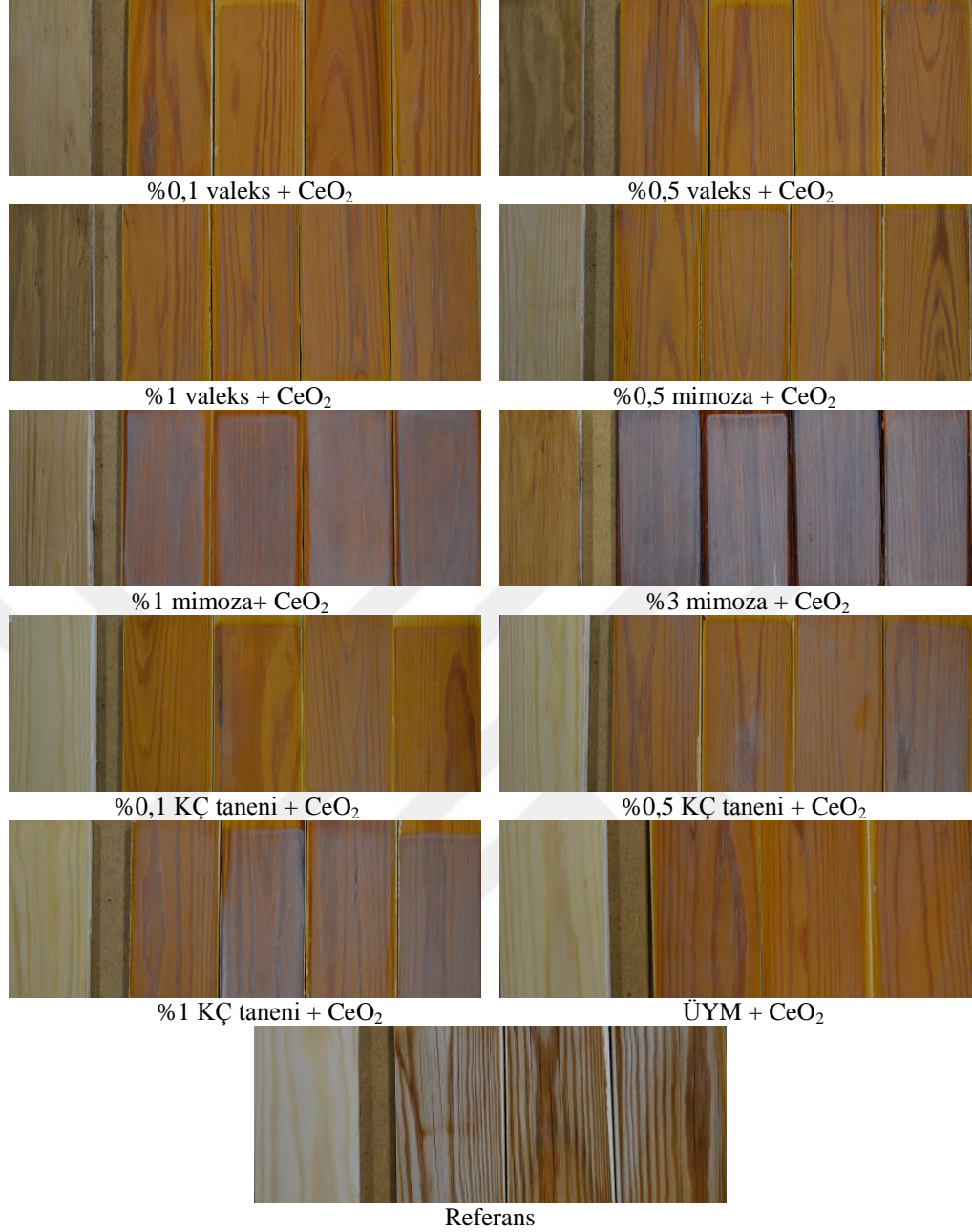
Şekil 4.22 : %0,5 kızılçam kabuk taneni + nano CeO₂ katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



Şekil 4.23 : %1 kıvılcık kabuk taneni + nano CeO₂ katkıli üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



Şekil 4.24 : Üst yüzey işlem maddesi + nano CeO₂ ile yüzeyi kapatılan örneklerin hızlandırılmış dış ortam testi sonrası görüntüleri



Şekil 4.25 : 1512 saat hızlandırılmış dış ortam testine maruz bırakılan nano CeO₂'lu örneklerin görüntüleri

Hızlandırılmış dış ortam testi sonrasındaki görüntülerinden de görüleceği üzere referans ve kontrol örneklerinde 336 saat sonrasında grileşme yaygın olarak gözlenmiştir. Bu durum yüzey bileşenlerinin degradasyonu ile ilişkilidir. Daha önce renk parametrelerinde de ifade edildiği gibi her iki metal oksit test süresi sonunda örnek yüzeylerinde beyazlaşma eğilimi göstermiştir. Bu eğilim yüksek konsantrasyonlu tanen kombinasyonlarında daha belirgin olarak gözlenmiştir. Beyazlaşma eğilimi nano CeO₂'li örneklerde nano ZnO'lu örneklere kıyasla daha az bulunmuştur. Ancak tanen + nano CeO₂'li örnekler tanen + nano ZnO'lu örneklere

kıyasla ahşapta daha koyu renge neden olmuştur. Makroskopik olarak örnek yüzeyleri incelendiğinde nano metal oksit kombinasyonlarında yüksek tanen konsantrasyonlu örneklerin genel durumu düşük konsantrasyonlu örneklere kıyasla daha kötü bulunmuştur. Tanen + nano ZnO kombinasyonlarında mimoza ve kızılçam kabuk taneni, tanen + nano CeO₂ kombinasyonunda valeks ve kızılçam kabuk taneni estetik açıdan daha iyi yüzey özellikleri sergilemişlerdir.

Örneklerde makroskopik olarak gözlenen koyulaşma veya açılma, sarımsı ve kırmızımsı renkler ΔL^* , Δa^* ve Δb^* değerlerindeki değişimler ile uyumludur. Örneklerin resimlerinden de görüleceği üzere parlaklık hızlandırılmış dış ortam test süresi boyunca azalmıştır. Referans madde ile yüzeyleri kaplanan örnekler ile kontrol örneklerinde gözlenen yoğun çatlaklar yüzeylerin daha pürüzlü olmasına sebebiyet vermiştir.

Çalışmada makroskopik açıdan gözlenen bulgular diğer araştırmacıların bulguları ile benzerdir. Bu çalışmalar ve sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

Akrilik poliüretan ve bunun organik UV absorbe ediciler ile kombinasyonunda 1008 saatlik yaşlandırma testi sonunda küçük çatlaklar gözlenir iken kontrol örneklerinde çatlak oluşmu test başından itibaren görülmeye başlanmış ve örnekler bozundurucu faktörlere karşı zayıf koruyucu etkinlik göstermiştir (Saha vd. 2013b). Sentetik UV stabilize edici madde katkılı kaplamalarda 1500 saatlik yaşlandırma testi sonunda çatlak oluşumun yanı sıra yüksek renk değişimi ve yüzeyin tamamen beyaz hale gelmesi de gözlenmiştir (Saha vd. 2013a). Kaplamanın kabuk ekstraktları ile birlikte kullanılmasında 1500 saatlik yaşlandırma testi sonunda 2-3 küçük beyaz leke haricinde önemli bir deformasyon görülmemiştir. Çalışmada akrilik kaplama + kabuk ekstraktı + lignin stabilize edici madde ile muamele edilen örneklerde gözlenebilir bir deformasyon bulunmamış ve iyi bir koruyucu etkinlik göstermiştir (Saha vd. 2011a). Fufa vd. (2012), titanyum nano partikülleri içeren akrilik vernik ile yüzeyi kaplanan ladin örneklerinde 47 günlük doğal dış ortam testi sonrasında önemli renk değişimleri olduğunu, kontrol örneklerinin ise 10 gün sonrasında orijinal rengini kaybetmeye başladığını bulmuştur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Hızlandırılmış dış ortam testine maruz bırakılan tanen + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlemlili örneklerin yüzeyleri koyulaşmıştır. Tanen + nano ZnO ile yüzeyi kaplanan örnekler yaşlandırma testinin sonunda testin başlangıç saatlerine kıyasla açık renk almaya başlamıştır. Bu durum özellikle yüksek konsantrasyonlu örneklerde daha belirgin olmuştur. Referans, kontrol ve ÜYM + nano ZnO ile yüzeyi kaplanan örnekler ise tüm yaşlandırma test sürelerinde diğer gruplara kıyasla en koyu yüzey veren örnekler olmuşlardır. Nano ZnO kombinasyonlarında, ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^* değerleri bakımından en iyi renk stabilitesi valeks taneninde %0,1 konsantrasyonlu örnek grubunda, mimoza taneninde %0,5 ve %1 konsantrasyonlu örneklerde, kızılçam kabuk taneninde ise %0,1 ve %0,5 konsantrasyonlu örneklerde tespit edilmiştir. Toplam renk değişimi (ΔE^*) yaşlanma test süresi arttıkça artmıştır. Referans ve ÜYM + nano ZnO'lu örnekler 1512 saat sonrasında birbirine benzer renk değişimi değerleri vermiştir. Test edilen varyasyonlar arasında %0,5 ve 1 konsantrasyonlu mimoza taneni, renk stabilitesi bakımından en iyi sonucu veren grup olmuştur. Genel olarak, tanen tipi dikkate alınmaksızın, tanenlerin ZnO ile kombinasyonlarında konsantrasyon arttıkça ΔL^* , Δa^* , Δb^* ve ΔE^* değerlerinde daha fazla değişimler tespit edilmiştir.

Nano CeO₂ kombinasyonlu örneklerde, mimoza taneni hariç diğer tanenlerde test süresince yüzeyler koyu renk almaya devam etmiştir. Kontrol, referans ve ÜYM + nano CeO₂'li örnekler diğer örneklerden daha koyu renkli yüzeyler vermiştir. Tanen + nano CeO₂'li örneklerin toplam renk değişimi yaşlandırma test süresi boyunca artış göstermiştir. En yüksek renk değişimi sırasıyla: kontrol, ÜYM + nano CeO₂, %0,1 kızılçam kabuk taneni + nano CeO₂ ve referans örnekleri olarak bulunmuştur. Kızılçam kabuk taneni diğer tanenlere kıyasla en yüksek renk değişimine neden olan tanen tipi olarak tespit edilmiştir. Valeks taneninin düşük konsantrasyon değerlerinde daha fazla renk değişimi olmuştur. Mimoza taneninin test başından sonuna kadar ΔE^* değerlerindeki en iyi stabilite %0,5 ve %1 konsantrasyon seviyesinde bulunmuştur. Kızılçam kabuk taneninde ise, düşük konsantrasyon seviyeleri yüksek

konsantrasyon değerlerine kıyasla daha fazla renk değişimi göstermiştir. Tanen tipleri arasında en koyu ve kırmızı yüzeyler kızılçam kabuk taneni ile en düşük ΔL^* , Δa^* , Δb^* ve ΔE^* değişimleri ise valeks taneninde bulunmuştur. Renk değerlerindeki sonuçlar tanenlerin şeffaf üst yüzey sistemlere UV'ye karşı dayanım sağlama amacıyla katılan pahalı inorganik nano parçacık kullanım oranını azaltabileceğini net olarak göstermiştir.

Tanenlerin nano ZnO ile kombine edildiği gruplarda, kızılçam kabuk taneni hariç diğer tanen çeşitleri ÜYM + nano ZnO'lu örneklerle kıyasla parlaklıkta azalmalara neden olmuştur. Tanen konsantrasyonu arttıkça başlangıç parlaklık değerlerinde daha fazla azalmalar gözlenmiştir. Tanenlerin CeO₂ kombinasyonlarında ise, valeks taneninin tüm konsantrasyonları ve %3 konsantrasyonlu mimoza taneni, ÜYM + CeO₂'li örneklerle kıyasla başlangıç parlaklık değerlerinde azalmalara neden olmuş ve tanen konsantrasyonundaki artışın bu 4 grup örneğin başlangıç parlaklık değerlerinde daha fazla azalmaya neden olduğu gözlenmiştir. Referans ve kontrol örnekleri birbiri ile benzer parlaklık değerleri vermiş olup, ahşap yüzeyinde en düşük parlaklık değeri sergileyen gruplar olmuşlardır.

Parlaklık, hızlandırılmış dış ortam testine maruz bırakılan tanen + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlemleri örnek yüzeylerinde, test süresi boyunca sürekli azalma eğilimi göstermiştir. Test sonunda tanen + nano ZnO'lu örnekler arasında en parlak yüzeyler ve test başından sonuna kadar parlaklık değerlerindeki en az değişim %0,1 ve %0,5 konsantrasyonlu kızılçam kabuk taneni + nano ZnO'lu örneklerde elde edilmiştir. Tanen + nano ZnO'lu örnek grubunda, parlaklık değerlerindeki stabilite düşük konsantrasyonlu örneklerde yüksek konsantrasyonlu örneklerle kıyasla daha iyi bulunmuştur. Düşük konsantrasyonlu örneklerde parlaklık zaman içinde yavaş yavaş azalırken, yüksek konsantrasyonlu örneklerde test süresinin başlangıç periyotlarında keskin olarak azalma eğilimi göstermesidir.

Test sonunda tüm tanenlerin CeO₂'li kombinasyonları, ÜYM + nano CeO₂'li örneklerle kıyasla daha parlak yüzeyler vermiş olup, düşük konsantrasyonlu örneklerde daha parlak yüzeyler elde edilmiştir. Valeks ve mimoza taneni test süresince parlaklık değerlerinde keskin azalmalara neden olmamış, her iki tanenin parlaklık değerleri test süresince hafif olarak azalmıştır.

1512 saat sonunda, tanen + nano ZnO'lu örneklerin parlaklık değerleri referans ve kontrol örneklerinin parlaklık değerlerine benzer bulunmuştur. Bu durum nano ZnO ile kombinasyonlar söz konusu olduğunda yüzeylerdeki parlaklığın hızlandırılmış dış ortam test faktörlerince (UV ve su) daha fazla azaltıldığı, yüzeylerin parlaklığının korunamadığı ve stabilitesinin sağlanamadığı bulunmuştur. Oysa, tanen + nano CeO₂'li örneklerin parlaklık değerlerindeki değişim referans ve kontrol örneklerine kıyasla önemli oranda iyileştirilmiştir. Tanen + nano CeO₂ kombinasyonları tanen + nano ZnO kombinasyonlarına kıyasla daha parlak yüzeyler vermiştir. Parlaklık değerlerinde keskin azalma tanen + nano ZnO'lu gruplar için en fazla ilk 24 saat sonrasında gerçekleşmiştir. 336 saatlik test sonunda da dikkat çeken azalmalar bulunmuştur. Bu da parlaklığın örneklerde ilk 336 saatlik zaman diliminde önemli ölçüde azaldığını göstermiştir. Tanen + nano CeO₂'li örneklerde test süresi boyunca azalmalar az az süreklilik göstermiştir.

Hızlandırılmış dış ortam testi öncesinde, tanen + nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem uygulaması, örneklerin başlangıç yüzey pürüzlülüğünü, kontrol ve referans örneklerine kıyasla azaltmıştır. Örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri hızlandırılmış dış ortam test süresi arttıkça artış göstermiştir. Kontrol ve referans örneklerinin pürüzlülük değerleri test süresi boyunca sürekli artış halinde olup tüm gruplar içerisinde en yüksek pürüzlülük değeri ve yüzeydeki çatlak oluşumu bu örneklerde gözlenmiştir. Tanen + nano metal oksit uygulaması ile hızlandırılmış dış ortam test faktörlerine (UV ve su) karşı daha düzgün yüzeyler elde edilebileceği ortaya çıkmıştır. Tanen + nano metal oksit'li örneklerin pürüzlülük değerleri test süresi arttıkça çok az artış göstermiştir. 1512 saat sonrasında tanen + nano metal oksit katkılı üst yüzey madde ile işlem gören örnekler sadece nano metal oksit katkılı üst yüzey işlem maddesi ile yüzeyi kaplanan örneklere kıyasla daha düzgün yüzeyler vermiştir. Pürüzlülük değerleri üzerine tanen konsantrasyonunun etkisi tam olarak belirgin olmasada, yüksek konsantrasyonlar düşük konsantrasyon seviyelerine kıyasla daha pürüzlü yüzeyler vermiştir. Tanen + nano ZnO ile kombine edilen örnekler içerisinde en düzgün yüzeyler %0,1 ve %0,5 konsantrasyonlu kızılçam kabuk tanenli örneklerde; Tanen + nano CeO₂ ile kombine edilen örnekler içerisinde ise en düzgün yüzeyler %0,1 ve %0,5 konsantrasyonlu kızılçam kabuk taneni ve %0,5 ve %1 konsantrasyonlu mimoza taneninde bulunmuştur. İstatistiksel açıdan seryum oksit çinko okside kıyasla daha iyi bir performans sergilemiştir. Düşük

konsantrasyonlu tanenlerin nano metal oksitler ile birlikte kombine edilmesi durumunda renk parametrelerinde sağlanan sinerjik etki, pürüzlülük değerleri açısından da sağlanmıştır.

Örneklerin makroskopik olarak değerlendirilmesinde kontrol ve referans örneklerinde 48 saat sonundan itibaren çatlak oluşumu gözlenmiş ve çatlaklar test süresiyle daha derin ve artarak görülmeye devam etmiştir. %0,1 valeks taneni + nano ZnO ile %0,5 ve %1 mimoza taneni + nano ZnO'lu örneklerde 1344 saat sonunda küçük çatlaklar oluşmaya başlamıştır. Nano ZnO ile kombine edilen diğer tüm gruplarda ve nano CeO₂'li tüm grupların yüzeyinde herhangi bir deformasyon gözlenmemiştir. Her iki metal oksit test süresi sonunda örnek yüzeylerinde beyazlaşma eğilimi göstermiştir. Bu eğilim yüksek konsantrasyonlu tanen kombinasyonlarında daha belirgin olarak gözlenmiştir. Beyazlaşma eğilimi CeO₂'li örneklerde ZnO'lu örneklere kıyasla daha az bulunmuştur. Ancak tanen + CeO₂'li örnekler tanen + ZnO'lu örneklere kıyasla ahşapta daha koyu renge neden olmuştur. Makroskopik olarak örnek yüzeyleri incelendiğinde nano metal oksit kombinasyonlarında yüksek tanen konsantrasyonlu örneklerin genel durumu düşük konsantrasyonlu örneklere kıyasla daha kötü bulunmuştur. Tanen + nano ZnO kombinasyonlarında mimoza ve kızılçam kabuk taneni, tanen + nano CeO₂ kombinasyonunda valeks ve kızılçam kabuk taneni estetik açıdan daha iyi yüzey özellikleri sergilemişlerdir.

Çalışmada özetlenen sonuçlara dayalı olarak, dış ortam koşullarına karşı bitkisel kökenli UV absorbe edicilerin (tanen, ekstrakt gibi) pigment, organik veya inorganik UV absorbe edicilere alternatif olabilecekleri ortaya çıkmıştır. Dolayısı ile çevreye kirliliğine karşı hassasiyetin arttığı günümüzde, çevre ile dost ve kabuk atıklarından elde edilen tanenlerin boya veya vernik sistemlerine katılarak dış ortam koşullarındaki ahşap malzemenin korunmasında kullanılması tavsiye edilebilir. Karışıma nano metal oksitler katılması durumunda iyi yüzey özellikleri elde etmek için tanen konsantrasyonlarının düşük tutulması gerekmektedir. Bu durum aynı zamanda geliştirilme potansiyeli olan tanen katkılı üst yüzey sistemlerinde maliyetlerin azalmasını da beraberinde getirecektir. Ancak parlak yüzeylerin gerekli olduğu dış kullanım yerlerinde söz konusu uygulamaların parlaklığı azalttığı unutulmamalıdır. Çalışmada kullanılan diğer iki tanene kıyasla kızılçam kabuk

taneni ile daha umut verici sonuçlar alınmıştır. Bu da ülkemizde yaygın yayılış alanı gösteren kızılçam açısından önemli bir potansiyeli ortaya koymaktadır. İleride yapılması muhtemel çalışmalar için, ülkemizde yaygın yayılış gösteren veya endüstriyel olarak iyi bir kabuk potansiyeli taşıyan başka ahşap türleri denenebilir. Farklı çözücüler ve oranlarda ekstraktlar ile çalışmalar yapılabilir. Değişik üst yüzey işlem maddeleri ve nano metal oksitler denenebilir. Çalışmada sarıçam ahşabı örnekleri kullanılmıştır. Yapraklı odun türü örneklerinde performansın belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılabilir. Farklı tanen ve nano ZnO, CeO₂ kombinasyonları, doğal dış ortam koşulları altında denenebilir. Tez kapsamında yapılan çalışmalarda örneklerde meydana gelen renk değişim mekanizmasının temel nedeninin belirlenmesi için FTIR ve EPR analizlerinin yapılması önerilmektedir. Ayrıca mikroskopik analizler ve kaplama kalınlığının belirlenmesi ile kaplamadaki olası erozyonlar incelenerek deformasyonlar daha ayrıntılı değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

- Afrouzi, Y.M., Omidvar, A., Marzbani, P.** (2013). Effect of Artificial Weathering on the Wood Impregnated with Nano-Zinc Oxide, *World Applied Sciences Journal*, 22 (9), 1200-1203.
- Ahmed, B., M.** (2000). *The Effects of Boron-Treated Timbers Against Coptotermes Species in Australia*, (PhD Thesis). Institute of Land and Food Resource The University of Melbourne, Australia.
- Akhtari, M. & Arefkhani M.** (2010). Application of Nanotechnology in Wood Preservation, *41st Annual Meeting*, Biarritz: IRG-WP, Mayıs 9-12
- Allen, N.S., Edge, M., Ortega, A., Liauw, C.M., Stratton, J., McIntyre R.B.** (2002). "Behaviour of Nanoparticle (Ultrafine) Titanium Dioxide Pigments and Stabilisers on the Photooxidative Stability of Water Based Acrylic and Isocyanate Based Acrylic Coatings", *Polymer Degradation and Stability*, 78 (3), 467-478.
- Aloui, F., Ahajji, A., Irmouli, Y., George, B., Charrier, B., Merlin A.** (2007). "Inorganic UV Absorbers for the Photostabilisation of Wood-Clearcoating Systems: Comparison with Organic UV Absorbers", *Applied Surface Science*, 253 (8), 3737-3745.
- Anderson, E.L., Pawlak, Z., Owen, N.L., Feist, W.C.** (1991a). "Infrared Studies of Wood Weathering. Part I: Softwoods", *Applied Spectroscopy*, 45 (4), 641-647.
- Anderson, E.L., Pawlak, Z., Owen, N.L., Feist W.C.** (1991b). "Infrared Studies of Wood Weathering. Part II: Hardwoods", *Applied Spectroscopy*, 45 (4), 648-652.
- Anşın, R. & Özkan Z.C.** (1993). *Tohumlu Bitkiler*. Trabzon: KTÜ Orman Fakültesi Yayın No: 19.
- Antilla, A.K., Pirtillä, A.M., Häggman, H., Harju, A., Venäläinen, M., Happala, A., Holmbom, B., Julkunen-Tiitto R.** (2013). "Condensed Conifer Tannins as Antifungal Agents in Liquid Culture", *Holzforschung*, 67 (7), 205-209
- ASTM D358-98.** (2006). Standard Specification for Wood to Be Used as Panels in Weathering Tests of Coatings, American Society for Testing and Materials.
- ASTM D4214-07.** (2015). Standard Test Methods for Evaluating the Degree of Chalking of Exterior Paint Films, American Society for Testing and Materials.
- ASTM D660-93.** (2011). Standard Test Method for Evaluating Degree of Checking of Exterior Paints, American Society for Testing and Materials.
- ASTM D661-93.** (2011). Standard Test Method for Evaluating Degree of Cracking of Exterior Paints, American Society for Testing and Materials.
- ASTM D662-93.** (2011). Standard Test Method for Evaluating Degree of Erosion of Exterior Paints, American Society for Testing and Materials.
- ASTM D714-02.** (2017). Standard Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints, American Society for Testing and Materials.
- ASTM D772-86.** (1993). Standard Test Method for Evaluating Degree of Flaking (Scaling) of Exterior Paints, American Society for Testing and Materials.
- ASTM G154.** (2006). Standard Practice for Operating Fluorescent Light Apparatus for UV Exposure of Nonmetallic Materials, American Society for Testing and Materials.

- Baysal, E., Tomak, E.D., Ozbey, M., Altin, E.** (2014). "Surface Properties of Impregnated and Varnished Scots Pine Wood after Accelerated Weathering", *Coloration Technology*, 130 (1), 140-146.
- Bernardis, A.C. & Popoff O.** (2009). "Durability of Pinus Elliotti Wood Impregnated with Quebracho Colorado (Schinopsis Balansae) Bio-Protectives Extracts and CCA", *Maderas. Ciencia y Tecnologia*, 11 (2), 107-115.
- Blanchard, V. & Blanchet P.** (2011). "Color Stability for Wood Products During Use: Effects of Inorganic Nanoparticles", *BioResources*, 6 (2), 1219-1229.
- Bozkurt, A., Göker, Y., Erdin N.** (1993). *Emprenye Tekniği*. İstanbul, İstanbul Üniversitesi.
- Bozkurt, A.Y. & Erdin, N.** (1997). *Ağaç Teknolojisi*. İstanbul, İstanbul Üniversitesi.
- Bozkurt, A.Y. & Erdin N.** (2000). *Odun Anatomisi*. İstanbul, İstanbul Üniversitesi.
- Bozkurt, A.Y. & Göker Y.** (1996). *Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi.
- Budakçı, M., Uysal, B., Esen R.** (2009). "Borik Asit Modifikasyonunun Su Bazlı Verniğin Sertlik Değerlerine Etkisi", *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük, Mayıs 13-15.
- Calegari, L., Lopes, P.J.G., Santana, G.M., Stangerlin. D.M., De Oliviera, E., Gatto D.A.** 2014. "Eficiência de Extrato Tânico Combinado ou não com Ácido Bórico na Proteção da Madeira de Ceiba pentandra Contra Cupim Xilófago", *Revista Floresta*, 44 (1), 43-52.
- Candan, Z. & Akbulut, T.** (2013). "Developing Environmentally Friendly Wood Composite Panels by Nanotechnology", *BioResources*, 8 (3), 3590-3598.
- Clausen, C.A., Yang, V.W., Arango, R.A., Green III, F.** (2009). "Feasibility of nanozinc oxide as a wood preservative", *American Wood Protection Association*, 105(5), 255-260.
- Clausen, C.A., Green III, F., Kartal, S.N.** (2010). "Weatherability and leach resistance of wood impregnated with nano-zinc oxide", *Nanoscale research letters*, 5 (9), 1464-1467.
- Clausen, C.A., Kartal, S.N., Arango, R.A., Green III, F.** (2011). "The role of particle size of particulate nano-zinc oxide wood preservatives on termite mortality and leach resistance", *Nanoscale Research Letters*, 6 (8), 427.
- Cornfield, J.A., Hale, M., Fellis G.** (1994). "A Comparison of Analytical and Visual Techniques Used for Assessment of Weathering Properties of Chromium and Copper Azole Treated Timber", *25th Annual Meeting*, Bali, IRG-WP, Mayıs 29-Haziran 3
- Cristea, M.V., Riedl, B., Blanchet, P.** (2010). "Enhancing the performance of exterior waterborne coatings for wood by inorganic nanosized UV absorbers", *Progress in Organic Coatings*, 69 (4), 432-441.
- Custódio, J.E.P. & Eusébio M.I.** (2006). "Waterborne Acrylic Varnishes Durability on Wood Surfaces for Exterior Exposure", *Progress in Organic Coatings*, 56 (1), 59-67.
- Çakıcıer, N.** (2007). *Ağaç Malzeme Yüzey İşlem Katmanlarında Yaşlanma Sonucu Belirlenen Değişiklikler*, (Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Deka, M., Petric M.** (2008). "Photo-Degradation of Water Borne Acrylic Coated Modified and Non-Modified Wood during Artificial Light Exposure", *BioResources*, 3 (2), 346-362.

- Demirci, Z., Sonmez, A., Budakçı M.** (2013). "Effect of Thermal Ageing on the Gloss and the Adhesion Strength of the Wood Varnish Layers", *BioResources*, 8 (2), 1852-1867.
- Derbyshire, H., Miller, E.R.** (1981). "The Photodegradation of Wood During Solar Irradiation. Part 1: Effects on the Structural Integrity of Thin Wood Strips", *Holz als Roh- und Werkstoff*, 39 (8), 341-350.
- Devi, R.R., Maji, T.K.** (2012). "Effect of Nano-SiO₂ on Properties of Wood/Polymer/Clay Nanocomposites", *Wood Science and Technology*, 46 (6), 1151-1168.
- Dığrak, M., Alma, M.H., İçlim, A., Sen S.** (1999). "Antibacterial and Antifungal Effects of Various Commercial Plant Extracts", *Pharmaceutical Biology*, 37 (3), 216-220.
- Dikmelik, Y.** (2013). *Deri teknolojisi*, Hurriyet Matbaacılık, Sepici Kùltür Hizmeti Yayınları-4, İzmir.
- Dirol, D., Scalbert A.** (1991). "Improvement of Wood Decay Resistance by Tannin Impregnation", *22nd Annual Meeting*, Kyoto, IRG-WP, Mayıs 20-24
- Dizman, E.,** (2005). *Kimyasal Modifikasyonun Kızılağaç ve Ladin Yongalevhalarında Fiziksel, Mekanik ve Biyolojik Özelliklere Etkisi*, (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dünder, T.** (2005). *Sarıçamda Değişik Silvikùltürel Müdahalelerin Odunun Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi*, (Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dyo ürün bilgi formu.** Erişim: 05 Haziran 2018. <http://www.dyo.com.tr/dyo/doc/993-massiveline-tr.pdf>
- EPA, US EPA-Pesticides: Reregistration-Chromated Copper Arsenate (CCA).** Erişim: 25 Ocak 2010, <http://www.epa.gov/oppad001/reregistration/cca/>.
- Evans, P., Chowdhury, J.M., Mathews, B., Schmalzl, K., Ayer, S., Kiguchi, M., Kataoka, Y.** (2005). *Weathering and surface protection of wood*. New York, William Andrew Inc.,
- Feist, W.C., Hon, D.N.S.** (1984). *The Chemistry of Solid Wood*. Washington, DC: Advances in Chemistry Series 207.
- Feist, W.C., Ross A.S.** (1995). "Performance and Durability of Finishes on Previously Coated CCA-Treated Wood", *Forest Products Journal*, 45 (9), 29-36.
- Fufa, S.M., Jelle, B.P., Hovde, P.J., Rørvik P.M.** (2012). "Coated Wooden Claddings and the Influence of Nanoparticles on the Weathering Performance", *Progress in organic coatings*, 75 (1), 72-78.
- Fufa, S.M., Hovde, P.J.** (2010). "Nano-based modifications of wood and their environmental impact: Review", World Conference on Timber Engineering (WCTE). Riva del Garda: University of Bath Haziran 20-24
- Galiñanes, C., Sonia Freire M., González-Álvarez J.** (2015). "UV Protection Effects of Phenolic Extracts from Chestnut Fruit and Forest Industries Residues", *European Journal of Wood and Wood Products*, 73 (6), 731-739.
- George, B., Suttie, E., Merlin, A., Deglise, X.** (2005). "Photodegradation and photostabilisation of wood - the state of the art", *Polymer Degradation and Stability*, 88 (9), 268-274.
- Gezer, E.D.** (2003). *Kullanım Süresinin Tamamlamış Emprenyeli Ağaç Malzemelerin Yeniden Değerlendirilmesi Olanaklarının Araştırılması*, (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Gönültaş, O.** (2013). *Doğu Ladini (Picea orientalis) ve Meşe (Quercus spp.) Kabukları Taneninin Biotutkal Üretiminde Kullanılması*, (Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Grelief, S., Castellan, A., Kamdem, D.P.** (2000). "Photo-Protection of Copper Amine Treated Wood", *Wood and Fiber Science*, 32, 196-202.
- Griffiths, D.W.** (1991). Toxic Substances in Crop Plants. Editör: D'Mello, J.P.F., Duffus, D.M., Duffus, F.H. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- Grisby, W., Bridson, J.H., Schrade C.** (2014). "Modifying Biodegradable Plastics with Additives Based on Condensed Tannin Esters", *Journal of Applied Polymer Science*, 132 (11), 132, 41626.
- Humar, M., Kalan, P., Pohleven, F. ve Sentjurc, M.** (2005). Influence of Carboxylic Acids on Fixation of Copper in Wood Impregnated with Copper Amine Based Preservatives, *Wood Science and Technology*, 39 (8), 685-693.
- ISO 4287:1997.** Geometrical Product Specifications (GPS) - Surface texture: Profile Method -Terms, Definitions and Surface Texture Parameters. Geneva, Switzerland.
- Jasni, R., Pari, H., Kosasih, G., Sutrisno K.** (2001). "The Potential Use of Tannin as a Preservative For Wood and Rattan". *Proceedings of the Fifth International Conference on the Development of Wood Science*, (ss 61-67.) Ljubljana, Mart 12-15.
- Jin, L., Archer, K., Preston A.** (1991). "Surface Characteristics of Wood Treated With Various AAC, ACQ and CCA Formulations After Weathering", 22nd Annual Meeting, Kyoto, IRG-WP, Mayıs 20-24.
- Jirous-Rajkovic, V., Bogner, A., Radovan, D.** (2004). "The efficiency of various treatments in protecting wood surfaces against weathering", *Surface Coatings International Part B-coatings*, 87(2), 1-70.
- Kartal, S.N., Green, III F., Clausen, C.A.** (2009). "Do the Unique Properties of Nanometals Affect Leachability or Efficacy Against Fungi and Termites", *International Biodeterioration & Biodegradation*, 63 (4), 490-495.
- Khanbabaee, K., Ree T.V.** (2001). "Tannins: Classification and Definition", *Natural Product Reports*, 18 (12), 641-649.
- Kocaefe, D., Saha S.** (2012). "Comparison of the Protection Effectiveness of Acrylic Polyurethane Coatings Containing Bark Extracts on Three Heat-treated North American Wood Species: Surface Degradation", *Applied Surface Science*, 258, 5283-5290.
- Kocaeli Ticaret Odası.** "Ağaç ve Orman Ürünleri Raporu 2016" Erişim: 15 Şubat 2016, <http://koto.org.tr/wp-content/uploads/2016/12/Agac-ve-Orman-Urunleri-Raporu.pdf>.
- Koski, A.** (2008). *Applicability of Crude Tall Oil for Wood Protection.* (PhD Thesis). University of Oulu, Faculty of Technology, Linnanmaa.
- Laks, P.E. & McKaig P.A.** (1988). "Flavonoid Biocides: Wood Preservatives Based on condensed Tannis", *Holzforschung*, 42, 299-306.
- Liu, C., Ahniyaz, A., Evans, P.** (2010). "Preliminary Observations of the Photostabilization of Wood Surfaces with Cerium Oxide Nanoparticles", *41st Annual Meeting*, Biarritz, IRG-WP, Mayıs 9-13.
- Liu, R., Ruddick, J.N.R., Jin L.** (1994). "The Influence of Copper (II) Chemicals on the Weathering of Treated Wood, Part I. ACQ Treatment of Wood on Weathering", *25th Annual Meeting*, Bali, IRG-WP, Mayıs 29- Haziran 3.
- Lotz, W.R., Hollaway D.F.** (1988). *United States Patent number: 4,732,817*, U.S, Wood Preservation,
- Lowry, M.S., Hubble, D.R., Wressell, A.L., Vratsanos, M.S., Pepe, F.R., Hegedus, C.R.** (2008). "Assessment of UV-permeability in nano-ZnO filled coatings

via high throughput experimentation”, *Journal of Coatings Technology and Research*, 5(2), 233-239.

Mantanis, G., Terzi, E., Kartal, S.N., Papadopoulos, A.N. (2014). “Evaluation of mold, decay and termite resistance of pine wood treated with zinc- and copper-based nanocompounds”, *International Biodeterioration and Biodegradation*, 90,140-144.

Matsunaga, H., Kiguchi, M., Evans, P.D. (2009). “Microdistribution of copper-carbonate and iron oxide nanoparticles in treated wood”, *Journal of Nanoparticle Research*, 11(5), 1087-1098.

Matsunaga, H., Kigushi, M., Evans, P. (2007). “Micro-distribution of metals in wood treated with a nano-copper wood preservative”, *38th Annual Meeting, Hawaii, IRG-WP*, Mayıs 20-24.

Meijer, M. (2001). “Review on the durability of exterior wood coatings with reduced VOC-Content”, *Progress in Organic Coatings*, 43, 217-225.

Miklečić, J., Jirouš-Rajković, V., Španić, N. (2013). “Usage of stains with incorporated TiO₂ and ZnO nanoparticles in finishing of thermally modified wood”, *Science for Sustainability International Scientific Conference for PhD Students*, Győr: University of West Hungary, Mayıs 20-23.

NanoBYK3810 ürün bilgi formu., Erişim: 12 Haziran 2018, <https://www.palmerholland.com/Assets/User/Documents/Product/41964/4279/MITM02712.pdf>

NanoBYK3820 ürün bilgi formu. Erişim: 05 Ocak 2017, <https://www.byk.com/en/additives/additives-by-name/nanobyk-3820.php>.

Nejad, M., Cooper, P. (2011). “Exterior wood coatings. Part-1: Performance of Semitransparent Stains on Preservative-Treated Wood”, *Journal of Coatings Technology and Research*, 8 (4), 449–458.

Nemli, G., Gezer, E.D., Yildiz, S., Temiz, A., Aydın A. (2006). “Evaluation of the Mechanical, Physical Properties and Decay Resistance of Particleboard Made from Particles Impregnated with Pinus Brutia Bark Extractives”, *Bioresource Technology*, 97, 2059–2064.

Nuopponen, M. (2005). *FTIR and UV Raman Spectroscopic Studies on Thermal Modification of Scots Pine Wood and its Extractable Compounds*, (Ph.D Thesis). Helsinki University of Technology, Espoo.

Nzokou, P., Kamdem, D.P., Temiz A. (2011). "Effect of Accelerated Weathering on Discoloration and Roughness of Finished Ash Wood Surfaces in Comparison With Red Oak and Hard Maple", *Progress in Organic Coatings*, 71 (4), 350-354.

Örs, Y., Keskin, H. (2001). *Ağaç Malzeme Bilgisi*. İstanbul: Atlas Yayın Dağıtım, Yayın No: 02.,İstanbul Üniversitesi

Özgenç, Ö. (2014). *Doğu Karadeniz Bölgesi Yayla Evlerinde Kullanılan Ahşap Malzemenin Dış Hava Koşullarına Karşı Dayanımının Arttırılması*, (Doktora Tezi). Karadeniz Teknşk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Pizzi, A. (1983). *Wood Adhesives Chemistry And Technolog*, Fransa: Nancy I Epinal Üniversitesi

Pizzi, A. (1994). *Advanced Wood Adhesives Technology*, Fransa: Nancy I Epinal Üniversitesi

Pizzi, A. (2006). “Recent Developments in Eco-Efficient Bio-Based Adhesives for Wood Bonding: Opportunities and Issues”, *Journal of Adhesion Science and Technology*, 20 (8), 829-846.

Saha, S., Kocaeefe, D., Boluk, Y., Pichette A. (2011a). “Enchancing Exterior Durability of Jack Pine by Photo-Stabilization of Acrylic Polyurethane coating Using

Bark Extract. Part 1: Effect of UV on color Change and ATR-FT-IR analysis”, *Progress in Organic Coatings*, 70, 376-382.

Saha, S., Kocaefe, D., Krause, C., Larouche T. (2011b). “Effect of Titania and Zinc Oxide Particles on Acrylic Polyurethane Coating Performance”, *Progress in Organic Coatings*, 70, 170–177.

Saha, S., Kocaefe, D., Boluk Y. (2013a). “Boreal Forest Conifer Extracts: Potential Natural Additives for Acrylic Polyurethane Coatings for the Protection of Heat-Treated Jack Pine”, *Journal of Adhesion Science and Technology*, 10 (1), 109-122.

Saha, S., Kocaefe, D., Boluk, Y., Pichetta A. (2013b). ”Surface Degradation of CeO₂ Stabilized Acrylic Polyurethane Coated Thermally Treated Jack Pine During Accelerated Weathering”, *Applied Surface Science*, 276, 86-94.

Sahin, H.T. & Mantanis, G.I. (2011). “Nano-Based surface treatment effects on swelling, water sorption and hardness of wood”, *Maderas Ciencia y tecnología*, 13 (1), 41-48.

Salla, J., Pandey, K.K., Srinivas K. (2012). “Improvement of UV Resistance of Wood Surfaces by Using ZnO Nanoparticles”, *Polymer Degradation and Stability*, 97 (4), 592-596.

Scalbert, A., Cahill, D., Dirol, D., Navarrete, M.-A., De Troya, M.-T., Van Leemput M. (1998). “A tannin/copper Preservation Treatment for Wood”, *Holzforchung*, 52 (2), 133-138.

Schaller, C., Rogez, D., Braig A. (2012). “Organic vs Inorganic Light Stabilizers for Waterborne Clear Coats:A Fair Comparison”, *Journal of Coatings Technology and Research*, 9 (4), 433-441.

Schaller, C., Rogez, D., Braig A. (2008). “Hydroxyphenyl-s-triazines: Advanced Multi-Purpose UV-Absorbers For Coatings”, *Journal of Coatings Technology and Research*, 5, 25-31.

Schaller, C., Rogez, D., Braig A. (2009). “Hindered Amine Light Stabilizers in Pigmented Coatings”, *Journal of Coatings Technology and Research*, 6, 81-88.

Scrizzi, E., Rossi, S., Deflorian, F., Zanella C. (2011). “Evaluation of Aesthetic Durability of Waterborne Polyurethane Coatings Applied on Wood for Interior Applications”, *Progress in Organic Coatings*, 72, 81-87.

Shang, S.M., Zeng, W., Kirstein (Ed.), T. (2013) “Conductive Nanofibres and Nanocoatings for Smart Textiles, Multidisciplinary Know How for Smart Textiles Developers”, *Woodhead Publishing*, 52 (2), 133-138.

Singh, R.P., Tomer, N.S., Bhadraiah S.V. (2001). “Photo-oxidation Studies on Polyurethane Coating: Effect of Additives on Yellowing Of Polyurethane”, *Polymer Degradation and Stability*, 73, 443-446.

Singh, T. & Singh A.P. (2012). “A Review on Natural Products as Wood Protectant”, *Wood Science and Technology*, 46, 851-870.

Şen, S. (2001). *Bitki Fenollerinin Odun Koruma Etkinliklerinin Belirlenmesi*, (Doktora Tezi). Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.

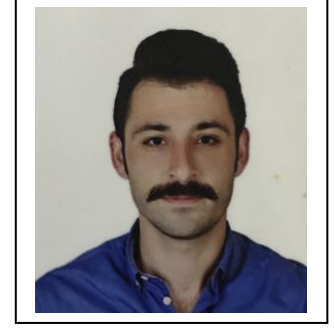
Şen, S., Hafizoğlu, H., Dıġrak M. (2002). “Bazı Bitkisel Ekstraktların Fungisit Olarak Odun Koruyucu Etkilerinin Araştırılması”, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5 (1), 99-110.

Şen, S., Taşcıoġlu, C., Tırak K. (2009). “Fixation, Leachability, and Decay Resistance of Wood Treated With Some Commercial Extracts And Wood Preservative Salts”, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 63, 135-141.

- Şen, S. & Hafızoğlu H.** (2008). “Bazı Bitkisel Ekstraktların Toprakla Temasta Odun Koruyucu Etkinliklerinin Belirlenmesi”, *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 4 (1-2), 69-82.
- Şimşek, U.B.** (2013). *Bitkisel ve Kimyasal Koruyucularla Emprenye Edilen Sariçam Odununun Bazı Fiziksel Ve Biyolojik Özellikleri*, (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Taşcıoğlu, C., Yalçın, M., De Troya, T., Sivrikaya H.** (2012). “Termiticidal Properties of Some Wood and Bark Extracts Uses as Wood Preservatives”, *Bioresources*, 7 (3), 2960-2969.
- Taşcıoğlu, C., Yalçın, M., Sen, S., Akçay C.** (2013). “Antifungal Properties of Some Wood Plant Extracts Used as Wood Preservatives”, *International Biodeterioration&Biodegradation*, 85, 23-28.
- Temiz, A., Yildiz, U.C., Aydin, I., Eikenes, M., Alfredsen, G., Colakoglu G.** (2005). “Surface Roughness and Color Characteristics of Wood Treated with Preservatives After Accelerated Weathering Test”, *Applied Surface Science*, 250, 35-42.
- Temiz, A., Terziev, N., Eikenes, M., Hafren J.** (2007). “Effect of Accelerated Weathering on Surface Chemistry of Modified Wood”, *Applied Surface Science*, 253, 5355-5362.
- Thébault, M., Pizzi, A., Essawy, H. A., Barhoum, A., Van Assche G.** (2015). “Isocyanate Free Condensed Tannin-Based Polyurethanes”, *European Polymer Journal*, 67, 513-526.
- Tırak, K.** (2006). *Doğal olarak Odun Koruyucu Özelliklere Sahip Bitkisel Ekstraktların Ve Tanenlerin Tutunma Özelliklerinin Arttırılması*, (Yüksek Lisans Tezi). Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Tisler, V., Ruparic, M., Sertic V.** (2000). “Impact of UV-Rays on Stain Durability of Various Wood Species”, *Drvna Industrija*, 51 (2), 77-83.
- Tomak, E. D., Gonultas, O.** (2018). “The Wood Preservative Potentials of Valonia, Chestnut, Tara and Sulphited Oak Tannins.” *Journal of Wood Chemistry and Technology*; 38 (3), 183-197.
- Tomak, E.D.** (2011). *Masif Odundan Bor Bileşiklerinin Yıkanmasını Önlemede Yağlı Isıl İşlemin ve Emülsiyon Teknikleri ile Emprenye İşleminin Etkisi*. (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Tomak, E. D., Yazici, O. A., Parmak, E. D. S., Gonultas, O.** (2018). Influence of tannin containing coatings on weathering resistance of wood: Combination with zinc and cerium oxide nanoparticles. *Polymer Degradation and Stability*, 152, 289-296.
- Tondi, G., Palanti, S., Wieland, S., Thevenon, M.F., Petutschnigg, A., Schnabel T.** (2012d). “Durability of Tannin-Boron-Treated Timber”, *Bioresources*, 7 (4), 5138-5151.
- Tondi, G., Thevenon, M.F., Miles, B., Sandfest, G., Petutschnigg, A., Wieland S.** (2013a). “Impregnation of Scots Pine and Beech with Tannin Solutions: Effect of Viscosity and Wood Anatomy in Wood Infiltration”, *Wood Science and Technology*, 47, 615-626.
- Trăistaru, T.A., Sandu, A.C.I., Timar, M.C., Dumitrescu, G.L., Sandu, I.** (2013). “SEM- EDX, Water Absorption, and Wetting Capability Studies on Evaluation of the Influence of Nano- Zinc Oxide as Additive to Paraloid B72 Solutions used for Wooden Artifacts Consolidation”, *Microscopy Research and Technique*, 76 (2), 209-218.

- Turkoglu, T., Baysal, E., Kureli, I., Toker, H., Ergun M.E.** (2015). “The Effects of Natural Weathering on Hardness and Gloss of Impregnated and Varnished Scots Pine and Oriental Beech Wood”, *Wood Research*, 60 (5), 833-844.
- Ustaömer, D.** (2008). *Çeşitli Yanmayı Geciktirici Kimyasal Maddelerle Muamele Edilerek Üretilmiş Orta Yoğunluktaki Liflevhaların (MDF) Özelliklerindeki Değişimlerin Belirlenmesi*, (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Veronovski, N., Verhovšek, D., Godnjavec, J.** (2013). “The Influence of Surface-Treated Nano-TiO₂ (Rutile) Incorporation in Water-Based Acrylic Coatings on Wood Protection”, *Wood Science and Technology*, 47 (2), 317-328.
- Weichelt, F., Emmler, R., Flyunt, R., Beyer, E., Buchmeiser, M.R., Beyer, M.** (2010). “ZnO- Based UV Nanocomposites for Wood Coatings in Outdoor Applications”, *Macromolecular Materials and Engineering*, 295 (2), 130-136.
- Williams, R.S.** (2005). *Weathering of wood, Handbook of wood chemistry and wood composites*, Florida: CRC Press.
- Yalcin, M. & Ceylan H.** (2017). “The Effects of Tannins on Adhesion Strength and Surface Roughness of Varnished Wood After Accelerated Weathering”, *Journal of Coatings Technology and Research*, 14, 185-193.
- Yalcin, M.** (2017). “Surface Glossiness Properties of Impregnated With Some Plant Tannins and Varnished Wooden Material”, *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 67 (2), 10-199
- Yalinkilic, M.K., Ilhan, R., Imamura, Y., Takahashi, M., Demirci, Z., Cihangir, A., Peker H.** (1999). “Weathering Durability of CCB-Impregnated Wood for Clear Varnish Coatings.” *Journal of Wood Science*, 45 (6), 502–514.
- Yamaguchi, H. & Okuda K.I.** (1998). “Chemically Modified Tannin and Tannin-Copper Complexes as Wood Preservatives”, *Holzforschung*, 52 (6), 596-602.
- Yildiz, Ü.C.** (2005). *Odun Koruma Ders Notları (Basılmamış)*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi.
- Yildiz, S., Tomak, E.D., Yildiz, U.C., Ustaomer D.** (2013). “Effect of Artificial Weathering on The Properties of Heat Treated Wood”, *Polymer Degradation and Stability*, 98, 1419-1427.
- Zhang, J., Kamdem, P.D., Temiz, A.** (2009). “Weathering of Copper–Amine Treated Wood”, *Applied Surface Science*, 256, 842–846.
- Zhang, J. & Kamdem, P.D.** (2000). “Weathering of Copper-Amine Treated Wood”, *31th Annual Meeting*, Hawaii, IRG-WP, Mayıs 14-19.
- Zhou, S., Limin, W., Xiong, M., He, Q., Chen, G.** (2005). “Dispersion and UV-VIS Properties of Nanoparticles in Coatings”, *Journal of Dispersion Science and Technology*, 25 (4), 417-433.
- Zhao, H. & Li, R.K.** (2006). “A study on the Photo-Degradation of Zinc Oxide (ZnO) Filled Polypropylene Nanocomposites”, *Polymer Degradation and Stabilisation*, 47(9), 3207-3217.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Ömür Ahmet YAZICI
Doğum Tarihi ve Yeri : 24.03.1990 ŞAVŞAT
E-posta : yaziciomur08@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2015, Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 215O116-Ahşabın Dış Ortam Koşullarına Karşı Dayanıklılığının Tanen Katkılı Üst Yüzey İşlem Maddesi ile Arttırılması, Tubitak Projesi, Proje Bursiyeri, 2016-2017.

DİĞER ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- Tomak, E. D., Yazici, O. A., Parmak, E. D. S., Gonultas, O. (2018). Influence of tannin containing coatings on weathering resistance of wood: Combination with zinc and cerium oxide nanoparticles. Polymer Degradation and Stability, 152, 289-296.
- Tomak, E.D., Engin, S.S., Yazici, Ö.A. (2018) Wettability of Scots pine coated with ZnO and CeO₂ stabilized acrylic coating after accelerated weathering. International Forest Products Congress – ORENKO. 26-29 September 2018, Trabzon, Turkey, 34-41.