

ULTRAVİYOLE IŞINLARA KARŞI DAYANIMI
ARTTIRILMIŞ POLİETİLEN TEREFTALAT (PET)
İPLİKLERİN DIŞ ORTAM ŞARTLANDIRMA TESTİ
SONUCUNDA MEKANİK ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMİN
İNCELENMESİ

Nimet DOĞMUŞ YILMAZ



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ULTRAVİYOLE IŞINLARA KARŞI DAYANIMI ARTTIRILMIŞ POLİETİLEN
TEREFTALAT (PET) İPLİKLERİN DIŞ ORTAM ŞARTLANDIRMA TESTİ
SONUCUNDA MEKANİK ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMİN İNCELENMESİ

Nimet DOĞMUŞ YILMAZ
Orcid No : 0000-0002-7774-8856

Doç. Dr. Serpil KORAL KOÇ
(Danışman)
Orcid No : 0000-0002-0739-8256

YÜKSEK LİSANS
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2020

TEZ ONAYI

Nimet DOĞMUŞ YILMAZ tarafından hazırlanan “Ultraviyole Işınlara Karşı Dayanımı Arttırılmış Polietilen Tereftalat (PET) İpliklerin Dış Ortam Şartlandırma Testi Sonucunda Mekanik Özelliklerindeki Değişimin İncelenmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Serpil KORAL KOÇ

Başkan : Doç. Dr. Serpil KORAL KOÇ
<https://orcid.org/0000-0002-0739-8256>
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Üye : Doç. Dr. Ayşe ÇELİK BEDELOĞLU
<https://orcid.org/0000-0003-2960-5188>
Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve
Doğa Bilimleri Fakültesi,
Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Üye : Dr. Öğr. Üyesi Şebnem DÜZYER GEBZLİ
<https://orcid.org/0000-0003-3737-5896>
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aysel EREN
Enstitü Müdürü

.....



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

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

beyan ederim.

06/01/2020

Nimet DOĞMUŞ YILMAZ



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ULTRAVİYOLE IŞINLARA KARŞI DAYANIMI ARTTIRILMIŞ POLİETİLEN
TEREFTALAT (PET) İPLİKLERİN DIŞ ORTAM ŞARTLANDIRMA TESTİ
SONUCUNDA MEKANİK ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMİN İNCELENMESİ

Nimet DOĞMUŞ YILMAZ

Bursa Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Serpil KORAL KOÇ

Bu tez çalışmasının amacı, konvansiyonel polietilen tereftalat (PET) ve ultraviyole (UV) dayanımı arttırılmış PET ipliklerin, dış ortam şartlandırma testi sonrasında mekanik özelliklerindeki değişikliklerin incelenmesidir.

Çalışmada, numuneler iplik ve kumaş formunda kullanılmıştır. Numuneler, dış ortam koşullarını simüle eden bir cihazda şartlandırmaya maruz bırakılmıştır. Yapay şartlandırma süresince, periyodik aralıklarla, iplik ve kumaş numunelerinin kopma mukavemeti ve kopma uzaması ölçülmüş ve bu değerlerde meydana gelen değişimler tespit edilmiştir. Numunelerin renk değişimleri kontrol edilmiş ve çalışma sonunda meydana gelen sararma özellikleri incelenmiştir.

Dış ortam şartlarını simüle eden test cihazında 1000 saatlik sürede gerçekleştirilen şartlandırma testinin, gerçek koşullarda, kaç saatlik bir dış ortam şartlandırmasına tabi tutulduğuna dair bir hesaplama çalışması da ilave edilmiştir.

Konvansiyonel ve UV ışınlarına karşı dayanımı arttırılmış iplik ve kumaş numunelerine ait çalışma sonuçları kendi içlerinde değerlendirildiğinde, konvansiyonel numunelerin kopma mukavemeti ve kopma uzaması %70 civarında azalma gösterirken, UV ışınlarına karşı dayanımı arttırılmış numunelerinin şartlandırma sonrası kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerlerinin çok daha iyi seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Tez çalışması hazırlanırken, tekstil malzemelerinin ve özellikle PET ipliklerin dış ortam performans değerlendirmesi ve dış ortam şartlandırma testleriyle ilgili yaşanan kaynak sıkıntısı göz önüne alınarak, hazırlanan tezin gelecek çalışmalar için kaynak olabilecek bir çalışma olmasına özen gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Polietilen tereftalat, PET, UV dayanım, foto degradasyon, dış ortam şartlandırma testi

2020, vii + 67 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

**INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF POLYETHYLENE
TEREPHTHALATE (PET) YARNS HAVING ULTRAVIOLET RESISTANT
PROPERTIES AFTER OUTDOOR WEATHERING TESTS**

Nimet DOĞMUŞ YILMAZ

Bursa Uludag University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Textile Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Serpil KORAL KOÇ

The aim of this thesis is to compare mechanical properties of conventional and ultraviolet (UV) resistant polyethylene terephthalate (PET) yarns after outdoor weathering tests.

Yarn and fabric samples were used in the experimental studies. Conventional and UV resistant PET yarn and fabric samples were exposed accelerated weathering tests under laboratory conditions on a specific device. During the weathering tests, tensile strength, elongation values, yellowing properties and color changes of the samples were measured periodically and changes in these values were recorded.

Also, the equivalent value of 1000-hour weathering in an artificial test instrument simulating outdoor weathering conditions to natural exposure was calculated.

When the results of experimental studies belonging to the yarn and fabric samples after outdoor weathering tests were evaluated, UV resistant PET yarn and fabric samples showed higher tensile strength and elongation values than the conventional ones, while conventional yarn and fabric samples had over almost %70 tensile strength and elongation loss compared to the initial level.

This thesis was especially structured to be a useful resource, considering the limited literature about the outdoor performance evaluation of textile materials, especially PET yarns.

Key words: Polyethylene teraphthalate, PET, UV resistance, fotodegradation, outdoor weathering tests

2020, vii + 67 pages.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin boyunca desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen, her konuda yanımda olan, bilgi birikimi ve tecrübesini her zaman benimle paylaşan ve bu tez çalışmasının yürütülmesinde emeği geçen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Serpil KORAL KOÇ' a teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışmalarım süresince sevgi ve özverilerini esirgemeyip, bana her konuda destek olan ve bu süreçte her zaman yanımda olan sevgili eşim Recep YILMAZ, kardeşim Ali DOĞMUŞ, annem ve babam Nesrin DOĞMUŞ ve Erol DOĞMUŞ'a çok teşekkür ediyorum.

Nimet DOĞMUŞ YILMAZ
06/01/2020

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ	1
2.KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Poliester Lifleri.....	3
2.1.1. PET İplik Üretimi	3
2.1.2. Tekstüre PET İplik Üretimi	5
2.1.3. PET Liflerinin Fiziksel Özellikleri.....	6
2.1.4. PET Liflerinin Kimyasal Özellikleri	7
2.2. Polimerlerin Genel Foto Degredasyon Mekanizması	7
2.3. Stabilizasyon Sağlamak için Kullanılan Katkı Malzemeleri	11
2.3.1. UVA katkı malzemeleri	12
2.3.2. Engellenmiş amin ışık stabilizatörü (HALS) katkı malzemeleri	15
2.4. Dış Ortam Şartlandırma Testleri	17
2.4.1. Şartlandırma faktörleri	17
2.4.2. Gerçek dış ortam şartlandırma testleri.....	28
2.4.3. Hızlandırılmış yapay dış ortam şartlandırma testleri	31
2.4.4.Laboratuvar testleri ve gerçek dış ortam testleri arasındaki korelasyon	34
2.5. Literatür Çalışmaları	37
3.MATERYAL ve YÖNTEM.....	44
3.1. Materyal.....	44
3.1.1. Çalışmada Kullanılan İplikler	44
3.1.2. Çalışmada Kullanılan Kumaşlar	45
3.2. Yöntem	45
3.2.1. Dış Ortam Şartlandırma Testleri	45
3.2.2. Çekme Deneyleri	48
3.2.3. Renk Değişimi Ölçümü	49
4.BULGULAR ve TARTIŞMA	51
4.1.Çekme Deneyi Sonuçları.....	51
4.2. Şartlandırma Sonrası Renk Değişimi Ölçümü	56
4.3. Hızlandırma Süresinin Hesaplanması	59
5.SONUÇ	61
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ	67

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde
N	Newton
cN/dtex	Santinevton/dtex
°C	Celcius
W	Watt
nm	Nanometre
E ₁	Uyarılmamış elektronun enerjisi
E ₂	Uyarılmış elektronun enerjisi
h	Plank Sabiti
v	Işıma frekansı
J	Joule

Kısaltmalar	Açıklama
PET	Polietilen tereftalat
PBT	Polibütülen tereftalat
UV	Ultraviöle
VIS	Görünür ışık
IR	Infrared ışık
LOY	Düşük çekimli iplik
MOY	Orta çekimli iplik
HOY	Yüksek çekimli iplik
POY	Yarı çekimli iplik
FOY	Tam çekimli iplik
DTY	Tekstüre iplik
PP	Polipropilen
PVC	Polivinilklorür
PE	Polietilen
HDPE	Yüksek yoğunluklu polietilen
IPA	İzoftalik asit
TPA	Teraftalik asit
UVA	UV absorblayıcı
HALS	Hinderlenmiş ışık stabilizatörü
Ox	Oksalanilid
BP	Benzofenon
BTZ	Benzotriazol
HPT	Hidroksifenil triazin
FTIR	Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrofotometre
TiO ₂	Titanyumdioksit
BaSO ₄	Baryum Sülfat

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. PET iplik üretim hattı şematik gösterimi	4
Şekil 2.2. Tekstüre PET iplik üretim hattı şematik gösterimi	6
Şekil 2.3. Polimerik malzemeler için foto degradasyon döngüsü	8
Şekil 2.4. Fotooksidatif degradasyon mekanizmasının kimyasal adımları	10
Şekil 2.5. HALS, BP, Ox, BTZ ve HPT katkı malzemelerinin kimyasal yapıları.....	12
Şekil 2.6. Temel UVA katkı malzemelerinin UV absorpsiyon spektrumu	13
Şekil 2.7. UVA katkı malzemelerinin genel stabilizasyon mekanizması	15
Şekil 2.8. HALS katkı malzemelerinin genel stabilizasyon mekanizması.....	16
Şekil 2.9. Foton enerjisinin ışın dalgı boyuna göre değişimi	18
Şekil 2.10. Miami bölgesi ortalama spektral enerji dağılımını	20
Şekil 2.11. Spektral ışın ve malzemenin spektral duyarlılığı arasındaki ilişki	22
Şekil 2.12. Farklı renkler için dalgı boyuna göre ışın absorpsiyonu eğrileri	24
Şekil 2.13. Nemin malzeme degradasyonu üzerindeki etkisi	25
Şekil 2.14. Gerçek dış ortam şartlandırılmasına bırakılmış numune örnekleri	28
Şekil 2.15. EMMA ve EMMQUA test dzenegi	30
Şekil 2.16. Filtre sisteminin sağladığı ışın spektrumunun gún ışığı spektrumu ile karşılaştırılması	33
Şekil 3.1. Tinuvin 1577 HPT ticari kakı malzemesine ait absorbans eğrisi.....	44
Şekil 3.2. CCI Tech Inc. numune dokuma makinesi.....	45
Şekil 3.3. Atlas Ci 3000+ weather-ometer test cihazı	46
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan numunelerin numune tutucu üzerindeki yerleşimi.....	47
Şekil 3.5. İplik ve kumaş numunelerinin test kabinindeki yerleşimi	48
Şekil 3.6. CIE Lab renk dızlemi	50
Şekil 4.1. 250 saatte bir iplik kopma mukavemeti değerlerinde gözlemlenen değişim .	52
Şekil 4.2. 250 saatte bir iplik kopma uzaması değerlerinde gözlemlenen değişim.....	53
Şekil 4.3. 250 saatte bir kumaş kopma kuvveti değerlerinde gözlemlenen değişim.....	55
Şekil 4.4. 250 saatte bir kumaş kopma uzaması değerlerinde gözlemlenen değişim.....	56
Şekil 4.5. Kumaş sararma değerlerinde gözlemlenen değişim.....	58
Şekil 4.6. Kumaş renginde gözlemlenen toplam değişim.....	58

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. UV ışımının farklı dalga boyu aralıklarına göre gruplandırılması.....	9
Çizelge 2.2. Gün ışığının dalga boyu aralığına göre sınıflandırılması	18
Çizelge 2.3. Işımların etkin olduğu dalga boyu aralığı ve ışıma şiddetleri	19
Çizelge 2.4. Dış ortam şartlandırma terimleri ve ölçü birimleri	21
Çizelge 2.5. Güney Florida yıllık iklim verileri.....	27
Çizelge 2.6. Arizona yıllık iklim verileri	27
Çizelge 2.7. Yetersiz korelasyonun nedenleri	34
Çizelge 2.8. Yetersiz korelasyonun nedenleri (Devamı)	35
Çizelge 3.1. TS 4460 EN ISO 105-B04 standardı test parametreleri	46
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan çekme test parametreleri	49
Çizelge 4.1. İplik numunelerine ait çekme deneyi sonuçları	51
Çizelge 4.2. Kumaş numunelerine ait çekme deneyi sonuçları.....	54
Çizelge 4.3. Şartlandırma sonrası Δb ve ΔE renk değerleri.....	57

1. GİRİŞ

Güneş ışınlarından kaynaklanan UV ışınımına, günümüzde dış ortam kullanımı olan, endüstriyel ve günlük kullanım amacı taşıyan bir çok ürün üzerinde olumsuz etkilere sahiptir.

Gün ışığının olumsuz etkileri, sıcaklık, nem gibi diğer açık hava bileşenleri ile bir araya geldiğinde, organik malzemelerin kimyasal ve mekanik özellikleri üzerinde geri dönüşü olmayan etkiler yaratmaktadır.

Polimerik yapıları plastik malzemeler, tekstil materyalleri, ahşap, çelik gibi malzemelerin tamamı UV dayanım özelliklerinin iyileştirilmesinden sonra, daha uzun süre dış ortam koşullarında kullanılabilir hale gelmektedir. Bu amaçla da çeşitli etki mekanizmaları olan ışık stabilizatörleri kimyasal ürünlerin ve katkı malzemelerinin kullanımını yaygındır.

Özellikle günlük yaşama görsellik ve konfor katan tekstil materyallerinin iç ortamlar kadar, sürekli gün ışığına maruz kaldıkları bahçe, restaurant, otel gibi dış mekanlarda da kullanım oranları son yıllarda oldukça yükselmiştir.

Buna bağlı olarak da doğal UV dayanım gösteren akrilik liflerine alternatif ürün geliştirme çalışmaları başlamıştır. Özellikle PET lifleri masterbatch ürünler kullanılarak çeşitli yapı modifikasyonlarının sağlanması ve maliyet avantajı yaratan üretim prosesleriyle bu pazarda ön plana çıkmaya başlamıştır.

Bu çalışmada, sonsuz filament PET iplik üretim yöntemiyle, UV dayanımı arttırmak amacıyla özel masterbatch ürünlerin kullanıldığı poliester ipliklerin dış ortam koşullarına göre performans ölçümlerinin yapılması ve konvansiyonel PET lifleriyle performans verilerinin karşılaştırılması hedeflenmiştir.

Bu amaçla hidroksifenil triazin (HPT) esaslı bir aktif madde ile üretilmiş %40 HPT içeren bir masterbatch ürünün, poliester iplik üretimi sırasında ipliğe %3 dozlanmasıyla üretilmiş, nihai %1,2 oranında HPT içeren UV katkılı iplikler ticari olarak temin edilmiştir. Temine dilen iplikler ve bu ipliklerden üretilen dokuma kumaş numuneleri,

hızlandırılmış yapay dış ortam şartlandırma testlerine tabi tutulmuştur. Testler tamamlandıktan sonra referans ve katkılı numunelerin kopma mukavemeti, kopma uzaması değerlerin ölçülmüş ve renk sararması özellikleri incelenmiştir.

Bu yüksek lisans tezinin kaynak araştırması kısmını oluşturan 2'nci bölümde, bu çalışmada kullanılan referans ve UV katkılı yalancı büküm tekstüre PET iplikler, polimerik malzemelerin genel foto degradasyon mekanizması, UV dayanım sağlamak amacıyla kullanılan katkı malzemeleri, gerçek ve yapay dış ortam şartlandırma testleri hakkında bilgi verilmiştir.

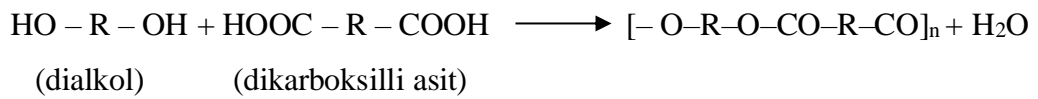
Tezin 3'üncü bölümünde, bu çalışmada kullanılan malzemeler, cihazlar ve metotlar belirtilmişti, 4'üncü bölümde ise bu çalışmada gerçekleştirilen deneylerin sonuçları verilmiş ve bu sonuçların yorumları yapılmıştır.

Tezin son bölümü olan 5'inci bölümde ise, elde edilen tüm sonuçlar birbiri ile ilişkilendirilerek yorumlanmış ve gelecekte yapılması önerilen çalışmalar belirtilmiştir.

2.KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Poliester Lifleri

Poliester lifleri, ilk olarak J.R. Whinfield ve J.T Dickson tarafından 1941 yılında üretilmiştir (Seventekin 2003). Bir asitle bir alkolün meydana getirdiği bileşiklere ester adı verilmektedir. Poliester, kimyasal olarak bir dialkol ile dikarboksilli asitin polikondenzasyonu ile oluşan uzun zincirli polimerlere denir. Zincirde ester (-CO-O-) grubu çok sayıda tekrarlanır (Mangut ve Karahan 2008).



Günümüzde poliesterler arasında enyaygın olarak kullanılan polietilen tereftalat (PET)'dir.

PET polimerinin üç farklı yöntem ile üretilmesi mümkündür:

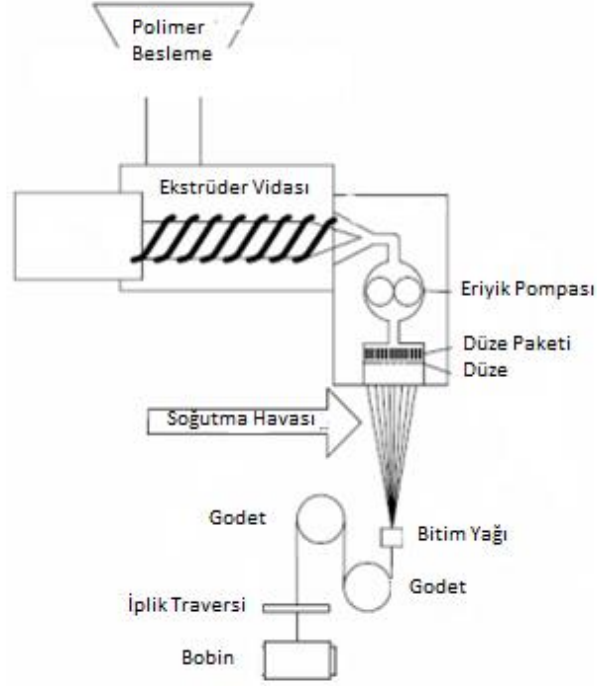
1. Dimetiltereftalat ve etilenglikol'ün polikondenzasyonu
2. Teraftalik asit ve etilenglikol'ün polikondenzasyonu
3. Tereftalik asit ve etilenoksit'in polikondenzasyonu (Dayıoğlu ve Karakaş 2007).

PET polimerinden lif elde edilebilmesi için uygulanan iki yöntem bulunmaktadır. Bunlardan biri polikondenzasyonu tamamlanmış, eriyik haldeki polimerin direk olarak düze pompasına gönderilmesi ve iplik elde edilmesidir. İkinci yöntem ise polikondenzasyonu tamamlanmış, eriyik haldeki polimerin cips denen polimer tanecikleri haline getirilip, bu cipslerden daha sonra eriyikten çekim yöntemi ile iplik eldesidir (Mangut ve Karahan 2008).

2.1.1. PET İplik Üretimi

PET iplikler eriyikten çekim yöntemi ile üretilmektedir. Çalışılan işletmenin makine özelliklerine göre polimerizasyon hattından direkt iplik üretimi gerçekleştirilecekse, herhangi bir ekstrüzyon işlemi olmaksızın eriyik haldeki polimer iplik üretim

makinelere beslenir. Ancak üretim direkt hatlar yerine ekstrüderli iplik üretim makinelerinde gerçekleştirilecekse, polimerizasyon işlemi tamamlandıktan sonra granül formda cips haline getirilmiş polimerin bir ekstrüzyon işleminden geçirilerek eriyik haline getirilmesi gerekmektedir (Anonim 2009). Şekil 2.1’de iplik üretim hattı şematik olarak görülmektedir.



Şekil 2.1. PET iplik üretim hattı şematik gösterimi

Eriyik haldeki polimerin kaynağı ne olursa olsun, polimer hassas dozaj pompaları ile sabit bir debide özel filtre sistemlerinden geçirilerek filament yapıların oluştuğu düze kasasına beslenir. Düze deliklerinin şekline göre kesit özelliği kazandırılmış filamentler, soğutma bölgesinden geçirilerek çekim işleminin gerçekleştirildiği godet ve sarım birimlerine ulaştırılır. Filamentler godetlere sarılmadan önce, hem statik elektriklenmeyi azaltmak hem de filamentlerin birbirine tutunmasını sağlamak amacıyla özel aplikatörler aracılığı ile bitim yapı uygulaması yapılır. Bitim yağından geçen iplik, çekim godetlerinin sıcaklık derecesi, godet sistemi ve sarım ünitesinin hız farkından kaynaklanan çekim sayesinde gerekli mekanik nitelikleri kazanmış olarak bobin haline getirilir (Demir 2006).

PET iplikler çekim hızları ve moleküler oryantasyon derecelerine göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmayı aşağıdaki gibi yapmak mümkündür:

- Low Oriented Yarn (LOY) – 500-1500 m/dk çekim hızı, düşük moleküler oryantasyon
- Middle Oriented Yarn (MOY) – 1500-2500 m/dk çekim hızı, orta moleküler oryantasyon
- Partially Oriented Yarn (POY) – 2500-4000 m/dk çekim hızı, kısmi moleküler oryantasyon
- High Oriented Yarn (HOY) – 4000-6000 m/dk çekim hızı, yüksek moleküler oryantasyon
- Fully Oriented Yarn (FOY/FDY) – 4500 m/dk ve üzerinde çekim hızı, yüksek moleküler oryantasyon (Demir 2006)

Bu iplik gruplarından LOY, MOY, POY ve HOY ipliklerin tekstil proseslerinde kullanılabilmesi için tam çekimli hale getirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle çeşitli tekstüre ya da çekim prosesleri ile ipliklere ihtiyaç duyulan mekanik özellikler kazandırılmaktadır.

2.1.2. Tekstüre PET İplik Üretimi

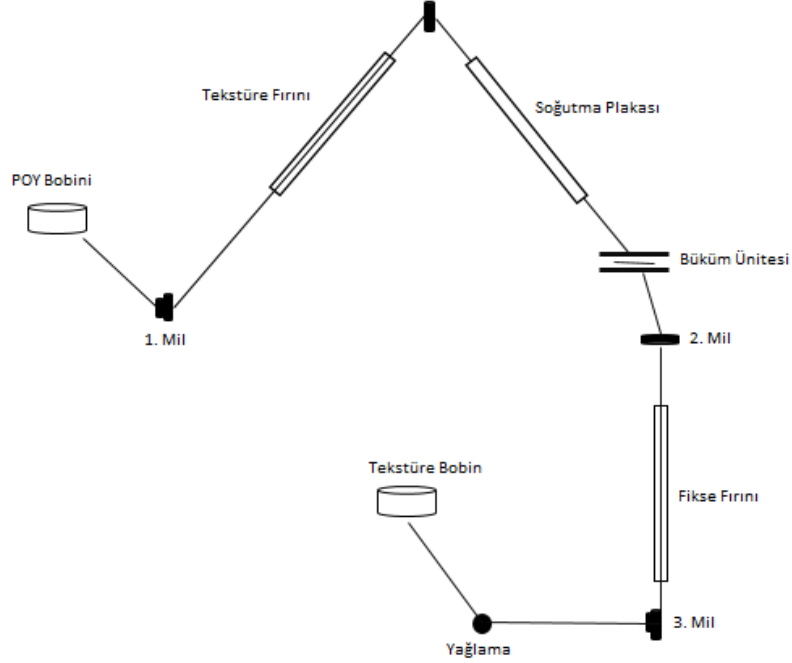
Sıkı ve paralel bir biçimde düzenlenmiş kesiksiz filamentlerin doğal lif görünüm ve tutumuna benzetilebilmesi için çeşitli kimyasal, mekanik veya ısı işlemlerin uygulanmasıyla daha açık ve hacimli bir yapıya dönüştürülmesi işlemine tekstüre denir.

Tekstüre işleminde üç temel adım bulunmaktadır:

- Filamentlerin ısıtılması
- Tekstüre özelliğinin kazandırılması
- Verilen tekstüre özelliğinin fikse edilmesi (Anonim 2012a).

Günümüzde en yaygın kullanılan tekstüre yöntemi, yalancı büküm tekstüre işlemidir.

Şekil 2.2’de görülen 1’inci ve 2’nci mil dönüş hızlarının farkı ve tekstüre fırının ısıtma etkisiyle POY iplik üretimi sırasında yarım kalmış çekim işlemi tamamlanmış olur.



Şekil 2.2. Tekstüre PET iplik üretim hattı şematik gösterimi

POY iplik tekstüre fırınından çıktıktan sonra soğutma plakasından geçer ve yalancı büküm işleminin gerçekleştiği aparata gelir. İplik hareketi sırasında, büküm verici eleman sürekli dönerse, 2’nci mile ulaşan ipliğin bükümü açılmaktadır. Üzerindeki büküm, hacimlilik ve dolayısıyla kıvrım özelliğinin sabitlenebilmesi için fikse fırınından geçen iplik 3’üncü (Demir 2006).

2.1.3. PET Liflerinin Fiziksel Özellikleri

PET liflerinin enine kesitleri genellikle yuvarlaktır. Üst yüzeyleri pürüzsüz olup cam çubuğa benzer. Tüm sentetik liflerde olduğu gibi düze delik çapına ve uygulanan çekim işlemlerine bağlı olarak istenilen incelik değerinde üretilebilir. Kullanım yerine bağlı olarak kesikli veya filament halde üretilebilir. İstenilen uzunluklarda lif elde edilebilir.

Sert bir tuşesi vardır. Bükülme ve kıvrılmaya karşı direnç gösterir. Bu nedenle buruşmaya karşı da dayanıklıdır (Mangut ve Karahan 2008).

Kopma dayanımları 4,5-5,5 g/den, kopma uzamaları %15-25 arasındadır. Standart şartlarda %0,4 oranında nem içerirler. Yoğunlukları 1,38 gr/cm³'tür. Pigmentler yardımıyla matlaştırılmadıklarında parlaktırlar. Genellikle ekru renkli olarak üretilirler (Seventekin 2003).

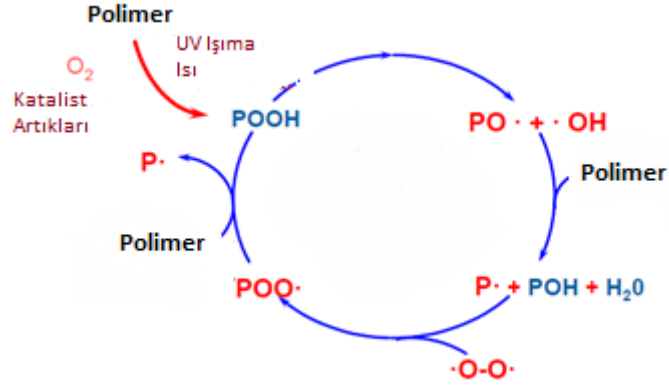
2.1.4. PET Liflerinin Kimyasal Özellikleri

Genel olarak asitlere karşı dayanıklıdır ancak yüksek sıcaklıklarda derişik kuvvetli asitler PET liflerini parçalayabilirler. Yapılarındaki ester bağları nedeniyle bazlara karşı dayanımları sınırlıdır. Dayanımları bazın konsantrasyonuna, sıcaklığa ve işlem süresine bağlıdır. Yükseltgen ve indirgen maddelere karşı dayanıklıdırlar (Seventekin 2003). PET liflerin ağartılmasında en çok hidrojen peroksit kullanılmaktadır. Hidrofob bir yapıya sahiptirler. Uzun süre kaynar su veya su buharına maruz bırakılırlarsa ester bağlarının hidrolizi artar. Mikroorganizmalara karşı dayanıklıdırlar. Güve ve zararlı böceklerden etkilenmezler (Dayıoğlu ve Karakaş 2007).

2.2. Polimerlerin Genel Foto Degredasyon Mekanizması

Dünya yüzeyine ulaşan UV ışıma, 290-400 nm arasında değişen dalga boyuna sahip toplam güneş ışımalarının %6'sından oluşur (Chin ve ark 2004). Stratosferik ozon tabakası, 290 nm' nin altındaki ışımayı bloklar ve bloklanan bu ışımamın %52'si görünür bölge ışıması (VIS), % 42'si kızılötesi (IR) ışımadır.

Dış ortam etkileri karşısındaki davranışı incelenen numunelerin, güneş ışığına ve bazı yapay ışıklara maruz kalma süreleri, kullanım ömürleri üzerinde negatif etkiye sahiptir. UV ışıma polimerik yapılardaki kimyasal bağların parçalanmasına neden olur. Bu olaya fotodegradasyon denir. Şekil 2.3'te ışık ve oksijen varlığında başlayan foto degradasyon döngüsü şematik olarak verilmiştir (Anonim 2012b).



Şekil 2.3. Polimerik malzemeler için foto degradasyon döngüsü

Bir çok polimer, moleküler düzeyde, 290-400 nm dalga boyu aralığında bağ enerjisine sahiptir ve dolayısıyla güneş ışınımının bu bölümünden ciddi oranda etkilenirler. Foto degradasyon, foton enerjisinin polimer tarafından absorbe edilip, molekül zincirinin aktive olmasıyla başlar (Rabek 1995). Bazı durumlarda UV ışımaya, doğrudan polimer yerine foto başlatıcılar tarafından emilir. Foto başlatıcılar, UV ışımaya varlığında serbest radikallere dönüşerek degradasyonu başlatır. Degradasyon sonucu, malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde gözlenen karmaşık değişimlerin sebebi, UV ışımaya, oksijen, sıcaklık, nem, rüzgar ve diğer çevresel etkenlerin bileşimidir.

Gün ışınması, hava ve kirlilikler, foto degradasyonu başlatır ancak su, organik çözücüler, sıcaklık ve bir çok mekanik etken bu prosesi hızlandırıcı etkiye sahiptir.

Foto degradasyon, bağların kırılmasıyla polimerin moleküler ağırlığında düşmeye neden olur, bu da zaman içerisinde polimerin mekanik özelliklerinin değişmesine yol açar (Breese 1986). Bu özelliklerin değişmesi, malzemenin bozunmadan kalmasını zorlaştırır ve ilave olarak, bağların kırılması sistemin kimyasal reaktivitesini artırır. Bağ kırılmasının aksine, çapraz bağlanma malzemenin moleküler ağırlığında artışa neden olur.

Polimerler, foto degridasyona karşı gösterdikleri dayanım seviyelerine göre üç gruba ayrılır:

1. Yüksek stabiliteye sahip polimerler; örneğin politetrafloretillen, polimetilmetakrilat...
2. Orta seviye stabiliteye sahip polimerler; örneğin polietilen teraftalat, polikarbonat...
3. Düşük seviye stabiliteye sahip polimerler; örneğin poliolefin, poliklorid, polistiren, poliamid ve kauçuk...

UV ışıma farklı dalga boyu bölgelerine ayrılır. Çizelge 2.1’de bu bölgeleri göstermektedir.

Çizelge 2.1. UV ışımının farklı dalga boyu aralıklarına göre gruplandırılması

Işıma	Dalga Boyu Aralığı (nm)
UV-A	315-400
UV-B	280-315
UV-C	< 280

UV-C bölgesi, bağ kırılması için en önemli etkiye sahip olan bölgedir. UV-A ve UV-B bölgelerindeki ışıma, foto kimyasal proses olarak adlandırılan, elektron uyarılmasına ve elektronların daha yüksek enerji seviyelerine çıkmasını sağlayan duruma neden olur. Bir polimer elektromanyetik ışıma absorbladığı zaman, enerjisi absorblanan foton enerjisi kadar yükselir (Rabek 1995).

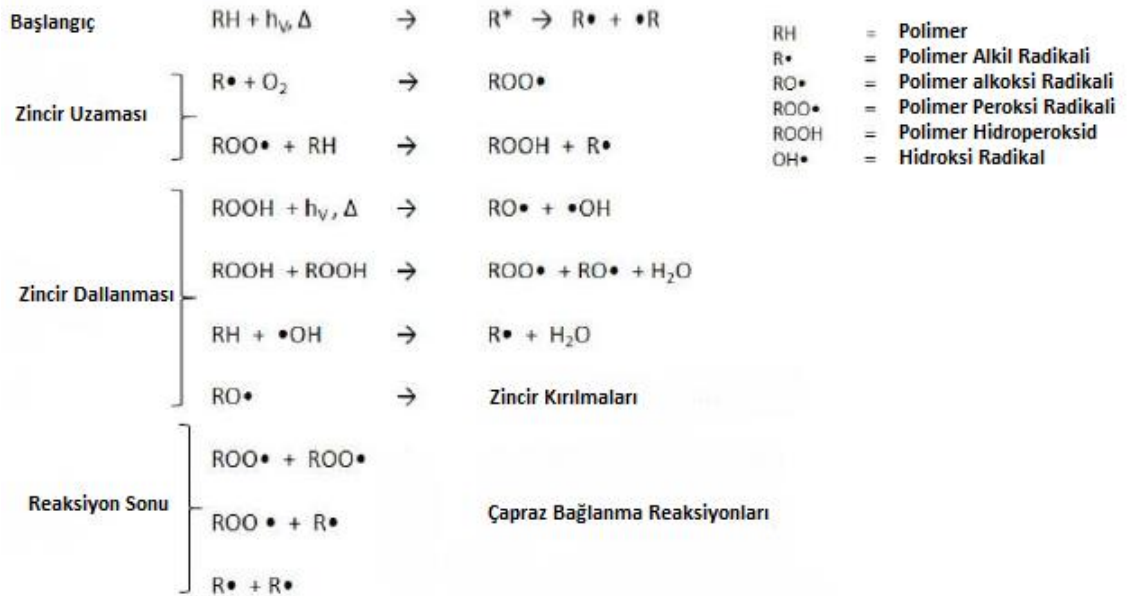
$$E = E_2 - E_1 = h\nu \quad (2.1)$$

Eşitlik 2.1’de, E_2 ve E_1 uyarılmış haldeki ve başlangıç halindeki elektronun enerjisi, h ; Plank sabiti ve ν ; ışıma frekansı olarak verilmektedir.

Uyarılmış molekül, sahip olduğu enerjiyi aşağıdaki şekillerde kaybedebilir:

- Isı
- Floresan ya da fosforesan formunda ışımının emisyonu
- Molekül yapısında kimyasal bir değişim
- Kimyasal bağların kırılması
- Enerjinin başka bir atom ya da moleküle transferi

Bu beş durum, enerji kazanımı ya da kaybına neden olan birincil fotokimyasal süreç olarak düşünülebilir. Bunlardan ilk iki madde fotofiziksel süreç olarak değerlendirilirken, kalan üç madde fotokimyasal niteliklidir. Stark-Einstein yasası olarak da bilinen yasa, fotokimyasal eşitlik yasasıdır. Bu yasa, absorblanan her foton için aktif hale gelen bir atom ya da molekül olduğunu savunmaktadır. Eğer absorblanan bir foton için bir molekül değişir ya da dekompoze olursa, Stark-Einstein yasasının savunduğu gibi, kuantum verimi 1'e eşit olur. Polimerlerin, zincir kırılması, çapraz bağlanma, ikincil oksidatif reaksiyonlar gibi adımları içeren foto oksidatif degradasyonu aşağıdaki gibi bir serbest radikal oluşum mekanizması ile desteklenir.



Şekil 2.4. Fotooksidatif degradasyon mekanizmasının kimyasal adımları

Degradasyon sürecini serbest radikal kimyası yönetir. Serbest radikaller, dış yörüngelerinde eşleşmemiş değerlik elektronu bulunan bir atom, molekül ya da iyon olabilir. Bu eşleşmemiş elektronlar, diğer serbest radikallerle eşleşip yeni radikaller oluşturmak için polimerlerin molekül zincirine yüksek reaktivite gösterir.

Yüksek enerjili fotonlar, molekül yapısında yer alan kromoforlar tarafından absorbe edilir. Kromoforlar, yapıda yer alan bir safsızlık, bir fonksiyonel grup, boyarmadde veya katkı malzemesi molekülü gibi yapılar olabilmektedir. İşte bu kromoforlarca absorblanan enerji yeterli seviyede ise molekül uyarılmış hale gelmektedir.

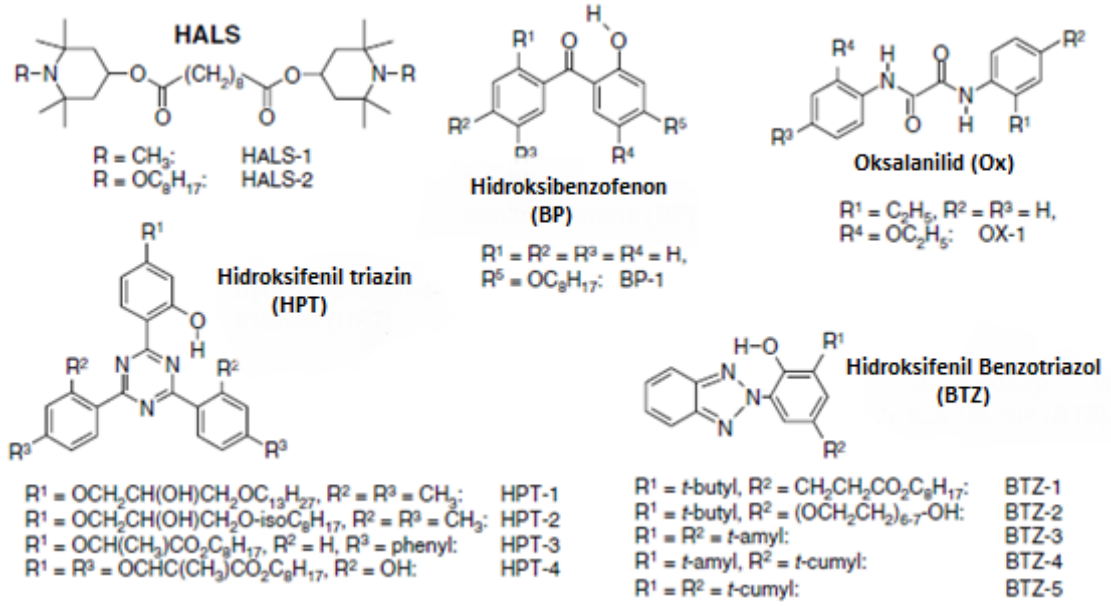
Absorblanan enerji, bir kimyasal bağın kırılması sonucu serbest radikal oluşumu ile yayılmaktadır. Oluşan serbest radikaller, peroksi radikalleri oluşturmak üzere yeni reaksiyonlara girmeye devam etmektedirler. Peroksi radikallerinin, eksik elektronlarını tamamlamak için bir başka molekülden elektron çalmasıyla hidro peroksit radikalleri oluşmaktadır. Hidro peroksit radikalleri kararlı yapıda olmadıklarından, mevcut enerjisi alkoksi ve hidroksi radikalleri oluşturmak üzere yeni reaksiyonlara girmek için harcamaktadır. Reaksiyon döngüsünde oluşan radikaller, kendi içlerinde çapraz bağlanarak polimer dayanımının düşmesine neden olmaktadır (Rabek 1990, Yousif ve Haddad 2013, Anonim 2015, Zielnik 2018b).

2.3. Stabilizasyon Sağlamak için Kullanılan Katkı Malzemeleri

Malzemeyi UV ışımının zararlı etkilerinden korumak ve gün ışığına maruz kalma sonrasında polimerik degradasyonları önlemek için UV absorblayıcı katkı kimyasalları kullanılmaktadır. UV absorblayıcıları genel olarak iki grupta sınıflandırmak mümkündür; UV Absorblayıcı (UVA) ve Engellenmiş Amin Işık Stabilizatörleri (Hindered Amin Light Stabilizer-HALS) (Anonim 2012).

1970'li yılların başından beri HALS ve UVA kombinasyonu ile polimer stabilizasyonu oldukça yaygın bir yöntem haline gelmiştir (Gerlock ve ark 1985).

Bir oksalanilid (Ox), bir hidroksi benzofenon (BP), bir hidroksifenil benzotriazol (BTZ) ya da bir hidroksifenil triazin (HPT) türevi malzemenin HALS gruplarla sinerjik olarak kullanıldıklarında, PE veya PP üzerinde olumlu sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir (Gugumus 2002). Şekil 2.5'te sinerjistik etki yaratabilecek bazı HALS ve UVA katkı malzemelerinin kimyasal formülleri verilmiştir (Shaller ve ark 2008).



Şekil 2.5. HALS, BP, Ox, BTZ ve HPT katkı malzemelerinin kimyasal yapıları

2.3.1. UVA katkı malzemeleri

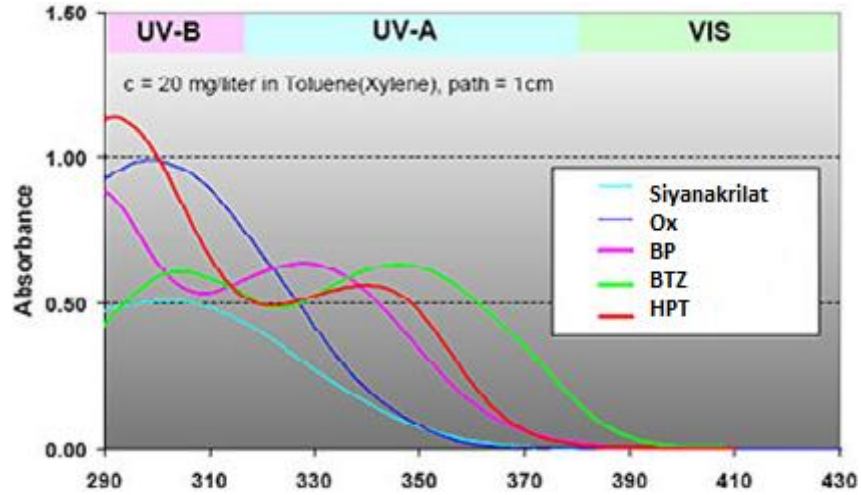
UVA malzemeler, fotokimyasal reaksiyon başlamadan UV ışımayı absorbe ederek radikal oluşum oranının düşürülmesinde etkin işlev görür. Ana etkinlik mekanizmaları, zararlı UV ışımayı absorbe etmek ve çok daha az zararlı olan ısı enerjisine dönüştürme esasına dayanır. UVA malzemeler yüksek seviyede absorpsiyon göstermelerinin yanı sıra, yüksek seviyede stabil de olmalıdırlar ki ikincil reaksiyonlar sırasında hızlıca tüketilmesinler (Gugumus 2002). Ancak HALS bileşikleri radikal tutma özellikleri sayesinde polimerik bir film numunesini koruyabilirken, UVA malzemeler kendi başlarına aynı malzemeyi korumada Lambert-Beer yasası gereği yetersizdirler. Bu

nedenle kombine halde formülasyon geliştirme çalışmaları hızlanarak devam etmiştir (Schaller ve ark 2008, Gugumus 2002).

UVA ailesinin bilinen ilk iki üyesi, benzofenon (BP) ve oksalanilid (Ox) yapılarıdır. Ox, 280-400 nm dalga boyu aralığında 300 nm’de absorpsiyon özelliği gösterirken, BP, 300 nm ve 320 nm olmak üzere iki ayrı dalga boyunda absorpsiyon özelliği gösterir.

1970’li yılların sonunda UVA ailesi, çeşitli formda hidroksifenil benzotriazol (BTZ) yapılarının geliştirilmesi ile genişlemiştir. 1980’lerden sonra ise BTZ grubu ürünler en önemli UVA’lar haline gelmiştir. BTZ 300 nm ve 350 nm’de absorpsiyon özelliği taşımaktadır.

Tüm UVA çeşitleri içerisinde HPT yapılar, 300 nm ve 340 nm dalga boylarında çok güçlü absorpsiyon özelliği göstermektedir. Şekil 2.6’da bazı UVA çeşitlerinin dalga boyuna göre absorpsiyon eğrileri görülmektedir.



Şekil 2.6. Temel UVA katkı malzemelerinin UV absorpsiyon spektrumu

UVA'lar için en temel özelliklerden biri, iyi derece foto fiziksel özelliğe sahip olmanın yanı sıra fotokimyasal stabiliteye de sahip olmalarıdır. Işımaya maruz kalma süresince UVA'nın foto stabilitesini koruyamamasının iki temel mekanizmanın sonucu olabilir:

1. Fotokimyasal reaksiyon nedeniyle stabilizatörün kimyasal açıdan kayba uğraması.
2. Migrasyon, yüksek buhar basıncı gibi sebeplerle buharlaşan UVA'nın fiziksel kayba uğraması (Decker ve ark 1995).

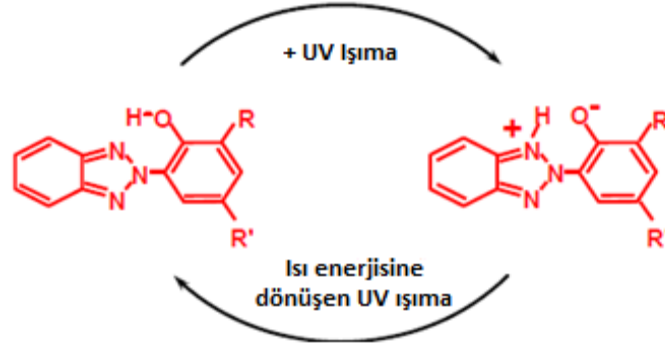
HPT'ler oldukça düşük buhar basıncına sahip olduklarından, sırasıyla BTZ, BP ve Ox'in takip ettiği en iyi stabiliteyi gösterirler. Termal stabilite seviyeleri de oldukça yüksektir. Ayrıca BTZ'in amin ya da metal iyonları varlığında renginde sararma gözlenmesinin aksine mükemmel kimyasal özellikler göstermeleri de HPT'lerin bir diğer önemli özelliğidir (Stahrfeld ve Braig 2002).

Malzemenin UV ışığa karşısında performansının düşmesini önlemenin temel yolu, potansiyel UV ışığa emilimini önlemektir, yani kromoforlar tarafından emilen ışık miktarının azaltılması gerekmektedir.

UVA malzemeler, zararlı UV ışığı absorbe ederler ve bu ışığı termal enerji halinde dağıtarak etkinlik sağlarlar (Gugumus 2002).

UVA malzemelerin etkinlik performansı, absorbe edilen UV ışık miktarı ve UV ışığa maruz kalan numune kalınlığı ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle UVA malzemelerin çalışma prensipleri Lambert-Beer yasası ile açıklanır ve bu durum UVA'ların en önemli dezavantajıdır. Uygulamada, yüksek konsantrasyonda UVA varlığının yanı sıra absorpsiyonu gerçekleştirmeye yetecek oranda malzeme kalınlığına da ihtiyaç duyulmaktadır (Gugumus 2002).

Şekil 2.7'de UVA malzemelerin genel stabilizasyon sağlama mekanizmaları açıklanmıştır (Todesco 2016).



Şekil 2.7. UVA katkı malzemelerinin genel stabilizasyon mekanizması

2.3.2. Engellenmiş amin ışık stabilizatörü (HALS) katkı malzemeleri

Işık stabilizatörü olarak işlev gören ikinci ana kimyasal grubu Hindered Amin Light Stabilizers (HALS) yapılarıdır. HALS grubu kimyasal ürünler, 2,2,6,6-tetrametil piperidin türevi yapılarıdır ve bir çok polimerin UV ışımaya karşı stabilitesinin sağlanmasında etkin bir mekanizmaya sahiptir (Anonim 2012).

Temel olarak, çözülebilirler, migrasyon dayanımları iyi, molekül ağırlıklarına ve piperidin halkaları arasındaki bağ kuvvetine bağlı olmak kaydıyla termal stabiliteyi yüksektir (Schaller 2009).

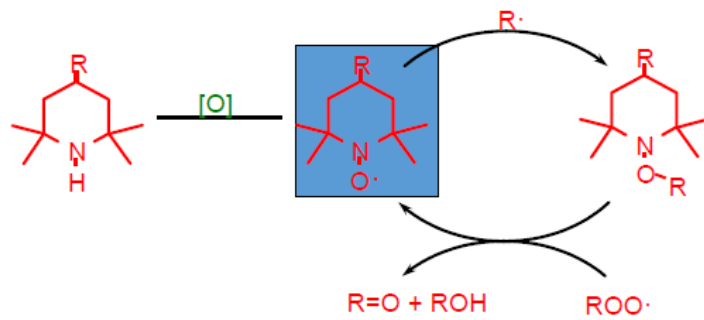
HALS grubu kimyasal katkıları UV ışıma absorpsiyonu gerçekleştirmez. Bu tür katkıları direk olarak polimer degradasyonunu önlemeye yönelik işlev görmektedir. Fotokimyasal olarak başlayan degradasyon reaksiyonlarını yavaşlatma özelliklerine sahiptirler (McCusker 1999a).

UVA katkı kimyasalları ile karşılaştırıldığında, HALS katkı kimyasallarının bir diğer avantajı belirli bir seviyede katkı konsantrasyonu ve ışımaya maruz kalan numunenin belirli bir kalınlığa gereksinim duymuyor olmasıdır. HALS katkı kimyasalları ile nispeten düşük konsantrasyonlarda oldukça önemli stabilizasyon dereceleri elde edilebilmektedir. HALS katkı kimyasallarının yüksek performans sağlaması ve uzun ömürlü olması,

stabilizasyon prosesi boyunca tüketilmek yerine yenilenebildikleri bir döngüde aktivite gösteriyor olmalarından kaynaklanmaktadır (McCusker 1999b).

HALS kimyasallarının temel işlevi, alkil radikalleri, peroksi radikalleri ve alkilperoksi radikallerini etkisiz hale getirmek, bir anlamda radikal tutucu görevini üstlenmektir. Ayrıca uyarılmış karbonil gruplarını ve oksijen gruplarını bastırma işlevi de vardır (Todesco 2016). Bu işlevleri ile fotooksidasyon döngüsünde birden fazla kimyasal reaksiyona etki etmektedirler. Karbon radikallerinin radikal tutma kalitelerinin, HALS ara ürün olarak peroksi radikalleri oluşturması ve hidroksiperoksitlerin dekompozisyonuna bağlı olduğu bilinmektedir (McCusker 1999c).

HALS malzemelerin stabilizasyon mekanizması konusunda bir çok çalışma yapılmış ve bu çalışmaların sonunda etki mekanizmasının Danisov Döngüsü olarak adlandırılan bir zincir kırılması reaksiyonu olduğu raporlanmıştır. Şekil 2.8'de etkinlik mekanizması şematik olarak ifade edilmiştir (Todesco 2016). HALS bileşikleri, oksijen ve ışımada varlığında, reaktif bir tür olan nitroksil radikallerine dönüşür. Nitroksil radikalleri, amino eter oluşumu sonrasında oluşan radikaller için radikal tutucu işlev görmek üzere peroksi radikalleri ile etkileşime girer. Nitroksil radikalleri yeniden şekillenirken, peroksit radikalleri zararsız alkol ve keton bileşikleri oluşturmak üzere dekompoze olur (Schaller 2009).



Şekil 2.8. HALS katkı malzemelerinin genel stabilizasyon mekanizması

2.4. Dış Ortam Şartlandırma Testleri

Dış ortam şartlandırması, belirli iklim koşullarına karşı malzemenin vereceği tepkiyi ve buna bağlı olarak ürün performansının değerlendirilmesi için yürütülen testlerin genel tanımıdır.

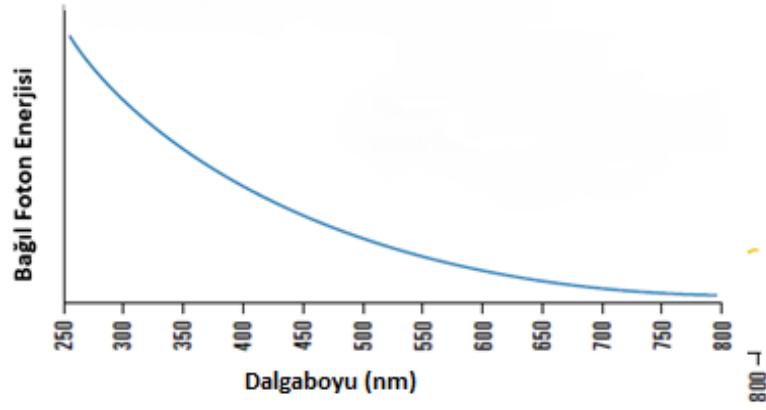
Tüketiciler yılda milyon dolarlık bütçelerle, dış ortam şartlarına dayanıklı otomotiv, plastik, inşaat, tekstil gibi alanlarda kullanılabilecek ürün geliştirme çalışmaları yürütmektedirler. Hali hazırda kullanılan, dış ortam koşullarına dayanıksız ve performans kaybı gösteren ticari ürünlerse bu çalışmaların temelini oluşturmaktadır. Bu performans ölçümünü yapabilmek için geçek dış ortam şartlandırma ve hızlandırılmış yapay şartlandırma test metotları geliştirilmiştir (Zielnik 2013).

2.4.1. Şartlandırma faktörleri

Gün ışıması, sıcaklık ve nem dış ortam şartlandırmasının temel faktörleridir. Ancak hangi faktörün, hangi malzeme üzerinde, ne düzeyde etkisi olduğu spesifik olarak belirlenebilmiş değildir. Bu konu polimer yapısı ve performans kazandıracak kimyasal katkıların niteliklerine bağlı olduğundan özel olarak incelenmesi ve değerlendirilmesi gereken bir konudur.

Işıma

Işıma, güneşten yayılan ve boşlukta dalgalar halinde hareket eden foton enerjisinden kaynaklanır. Şekil 2.9'da güneşten yayılan bu fotonların dalga boyu esas alındığında sahip olduğu enerjiler gösterilmektedir (Zielnik 2018a).



Şekil 2.9. Foton enerjisinin ışınım dalga boyuna göre değişimi

Yeryüzüne ulaşan güneş ışınımının dalga boyu 295-3000 nm arasındadır. Bu karasal güneş ışığı, dalga boyuna göre üç temel gruba ayrılır:

1. Ultraviolet (UV) Işık
2. Görünür (VIS) Işık
3. Infrared (IR) Işık

Çizelge 2.2’de bu ışık gruplarının dalga boyları ve toplam güneş ışınımı içindeki yüzdeler verilmiştir (Anonim 2015).

Çizelge 2.2. Gün ışığının dalga boyu aralığına göre sınıflandırılması

Işık	Dalga Boyu Aralığı (nm)	Toplam Güneş Işınımı İçindeki Pay (%)
Ultraviole (UV) Işık	295 – 400	6,8
Görünür (VIS) Işık	400 – 800	55,4
İnfrared (IR) Işık	800 - 2450	37,8

ASTM G113-94 “Standard Terminology Relating to Natural and Artificial Weathering Tests of Nonmetallic Materials” standardına göre, UV ışınım, dalga boyu görünür ışıktan daha kısa olan ışık olarak tanımlanmıştır.

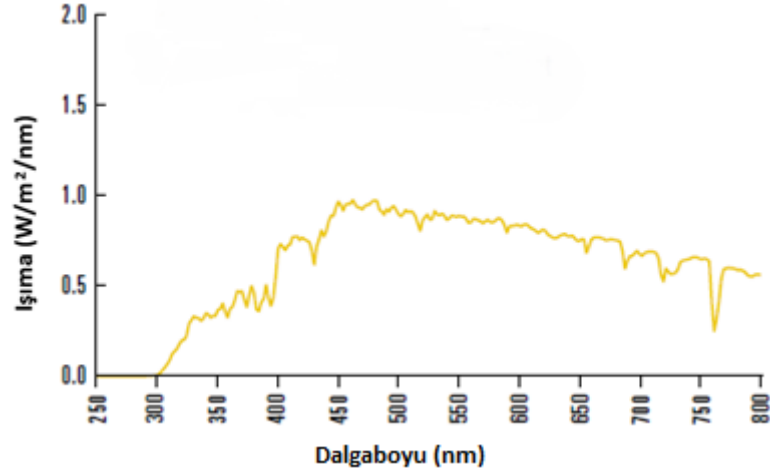
VIS, insan gözünün tespit edebildiği bir ışınım türüdür. Dalga boyu 400-800 nm aralığındadır ve neredeyse güneş ışınımı spektrumunun yarısından fazlasını oluşturur. Güneş’ten yayılan ışınımın kalan kısmı ise 800 nm ötesini ifade eder ve IR olarak tanımlanır. Kısa dalga boylarının daha yüksek enerji içerdiği unutulmamalıdır (Zielnik 2018b).

Çizelge 2.3’te çeşitli ışınım türlerinin etkin olduğu dalga boyu aralığı ve ışınım şiddeti değerleri verilmiştir (Anonim 2015).

Çizelge 2.3. Işınım türlerinin etkin olduğu dalga boyu aralığı ve ışınım şiddetleri

Işık	Dalga Boyu Aralığı (nm)	Işınım Şiddeti (W/m²)
UV-B	280 – 315	2019
	280 – 320	4,06
UV-A	315 – 380	49,43
	315 – 385	54,25
	315 – 400	72,37
	320 – 400	70,50
Toplam UV	≤ 380	51,62
	≤ 385	56,44
	≤400	74,56
Toplam UV+VIS	≤ 780	658,53
	≤ 800	678,78
IR	780 – 2450	431,87
	800 – 2450	411,62
Toplam	≤ 2450	1090,40

Şekil 2.10 güneş spektrumunda yer alan ışımının dalga boylarını göstermektedir. İzlenmekte olan dalga boyları yeryüzünün Miami bölgesindeki ışımaya aittir. Yatay ekseninde dalga boyları izlenirken, dikey ekseninde her bir dalga boyuna karşılık gelen ışıma görülmektedir. Grafikteki eğri, doğal gün ışığının dalga boyu aralığını ve güneş spektrumunun her bir dalga boyu ile ilişkisini göstermektedir. Doğal güneş ışığı eğrisi incelendiğinde, 295 nm'nin altında spesifik bir ışıma olmadığı görülmektedir.



Şekil 2.10. Miami bölgesi ortalama spektral enerji dağılımı

Bu veriler dikkate alındığında, hızlandırılmış dış ortam testlerinin gerçekleştirildiği cihazlarda gün ışığı simülasyonu sağlayabilmek için iyi tanımlanmış bir referans ışığa ihtiyaç duyulmaktadır. Güneş, insan kaynaklı standartları takip etmediğinden, milyarlarca yıldır UV, VIS ve IR ışıma yaymaya devam etmektedir. Bu nedenle ortak bir dil kullanılabilmesi için, ilk referans ışık tanımı CIE Publication No. 20'de 1972 yılında yapılmıştır. Bu doküman, hızlandırılmış dış ortam testleri için hala geçerli bir referanstır (Anonim 2015).

Işıma Ölçüm Birimleri

Işıma, birim yüzeye düşen ışınım akışı olarak tanımlanır ve W/m² birimi ile ifade edilir. Bu parametre için, mutlaka ölçümlerin alındığı spektral aralığın belirtilmesi

gerekmektedir; 295-3000 nm veya 295-400 nm gibi. Eğer dar dalga boyu aralıkları incelenecek olursa, $W/m^2/nm$ birimi ile ifade edilen spektral ışıma tespit edilebilir.

Dış ortam şartlandırma testleri için, spektral ışımanın zaman integrali olan ve J/m^2 olarak ifade edilen ısısal etkilenme (radiant exposure) konsepti daha önemli hale gelir. Bu parametreler için birim ile ifade söz konusu olduğunda MJ/m^2 birimi, diğer birimlerle dönüşümü daha kolay olacağından tercih edilmektedir. Çizelge 2.4'te dış ortam şartlandırma çalışmaları konusunda sık sık karşılaşılan ifadeler, bu ifadelerin tanımları ve ölçü birimleri verilmiştir.

Çizelge 2.4. Dış ortam şartlandırma terimleri ve ölçü birimleri

İfade	Tanım	Birim
Işıma	Birim yüzeye gelen ısı akışı	W/m^2
Spektral Işıma	Dalga boyunun bir fonksiyonu olarak ölçülen ışıma	$W/m^2/nm$
Isısal Etkilenme	Işımanın zaman integrali	J/m^2
Spektral Isısal Etkilenme	Dalga boyunun bir fonksiyonu olarak ölçülen ısısal etkilenme	$J/m^2/nm$

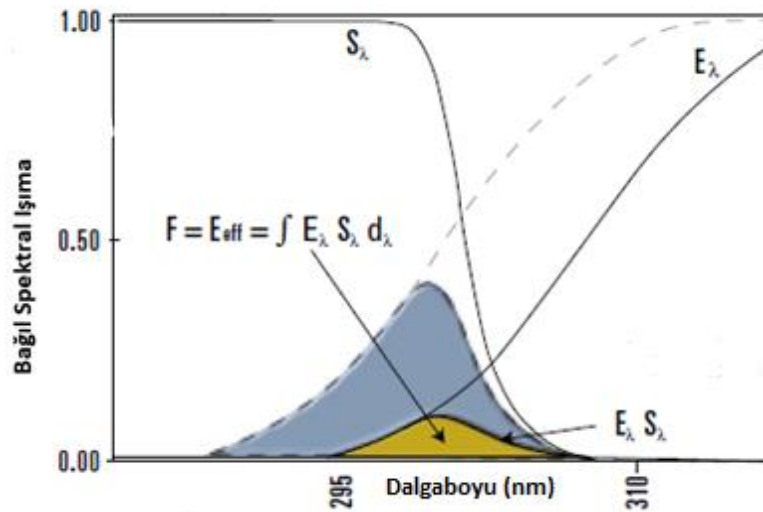
Dış ortam şartlandırması söz konusu olduğunda, yaygın olarak kullanılan bir diğer birim de Langley ölçü birimidir. Bu birim ısısal etkilenmeyi tanımlamak için kullanılmaktadır. $1 m^2$ 'lik yüzeye düşen ve 1 gram-kalori'ye eşit olan güneş ışıması birimidir. 1 Langley $0,04184 MJ/m^2$ 'ye eşittir. Bu birim tüm dalga boylarını ifade ettiğinden “UV ışımanın Langley değeri” şeklinde bir kavram kullanmak mümkün değildir. Zira Langley birimi doğal gün ışığı için kullanılmakta olup, hızlandırılmış dış ortam testlerinde tercih edilen yapay ışık kaynakları için kullanılmamaktadır (Anonim 2015).

Isısal Enerjinin Malzemeler Üzerindeki Etkisi

Isısal etkilenme, hızlandırılmış yapay şartlandırma testi parametrelerinin belirlenmesinde ve malzeme degradesyonunu anlamada büyük öneme sahiptir. Ancak tek başına yeterli değildir. Isısal etkilenme, sadece malzeme yüzeyinin ne kadar ışığa absorbladığını ifade eder. Malzeme yüzeyi tarafından ne kadar ışığa absorblandığı konusunda herhangi bir fikir vermez.

Foto degradesyonun başlaması için gereken ilk adımın malzeme tarafından bir ışığa absorpsiyonu gerçekleştirilmesi olduğu dikkat çekmektedir. Molekül tarafından absorblanan enerjinin bağları harekete geçirecek miktarda olması önemlidir. Basit olarak ifade etmek gerekirse, absorblanan enerji, bağ enerjilerinden yüksekse moleküller hareketlenir ve degradesyon başlar. Daha önce de belirtildiği gibi daha kısa dalga boyları daha yüksek enerjiye sahiptir.

Şekil 2.11’de spektral ışığa ve daha önce test çalışması yapılmış bir plastik malzemenin spektral duyarlılığı arasındaki ilişki örnek olarak verilmiştir. Deneysel çalışmada plastik malzemenin 310 nm’nin altında ışığa absorpsiyonu yaptığı ve degradesyona uğradığı tespit edilmiştir (Anonim 2015). Şekil 2.10’da verilen spektral enerji dağılımı grafiği dikkate alındığında, en düşük 295 nm civarında ışığa gözlenmektedir.



Şekil 2.11. Spektral ışığa ve malzemenin spektral duyarlılığı arasındaki ilişki

Şekil 2.11’de iki eğrinin de altında kalan ortak alan, deney numunesinin efektif ışımaya değerini vermektedir ve bu eğri o numune için aktivasyon spekturumu olarak tanımlanmaktadır.

İşımaya kaynaklı malzeme degradasyon karakteristiklerini aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

1. Malzeme yüzeyine ulaşan ısısal enerji kalitesi ve miktarı
2. Malzeme tarafından absorblanan işıma miktarı
3. Absorblanan işımının malzemenin kimyasal değişimine neden olarak degradasyona uğramasına yetecek enerjiye sahip olup olmadığı (Zielnik 2018a).

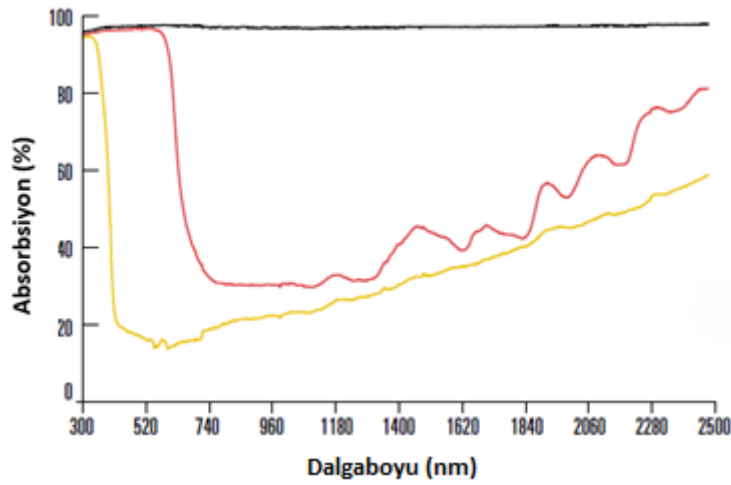
Malzemenin renk değişimi ise, polimer matriksinde meydana gelen değişimden kaynaklanabileceği gibi pigment ya da boyarmadde yapısında görülebilecek değişimlerden de kaynaklanabilir. Hem pigmentler hem de boyar maddeler görünür bölgedeki ışığı absorblayabildikleri için renkli görünürler ve buna bağlı olarak da hem UV-A ışıktan hem de görünür ışıktan etkilenirler. Kullanım alanına bağlı olmakla birlikte, dış ortam şartlandırılmasına maruz bırakılmış bir malzemenin rengindeki değişiklik, malzemenin performansı değerlendirilirken dikkate alınacak en önemli parametrelerden biridir.

Sıcaklık

Bir malzemenin maruz kaldığı işımının sıcaklığı, işımının etki seviyesini belirleyen en önemli parametredir. Fotokimyasal reaksiyonlar genel olarak yüksek sıcaklıklarda hızlandırılabilirler. Ek olarak, yüksek sıcaklık değerleri, sonraki reaksiyon adımlarını da belirler (Zielnik 2019).

Gün ışığına maruz bırakılan bir malzemenin sıcaklığı, birbiriyle ilişkili birkaç faktörle tanımlanabilir. Numune yüzeyinin sıcaklığı; ortam sıcaklığı, numunenin işıma absorpsiyon özellikleri, işıma ve yüzey iletkenliğinin bir fonksiyonudur. Bu nedenle, numunenin güneş ışığı varlığında ölçülen yüzey sıcaklığı, hava sıcaklığından yüksektir.

Malzemenin ışına absorpsiyonu özellikleri, görünür bölgede ve IR bölgede direk olarak renkle ilgilidir. Absorpsiyon özellikleri beyaz renkler için %20 civarında iken siyah renkler için %90 oranlarına kadar yükselir, böylece farklı renklere sahip malzemeler, şartlandırma sırasında farklı yüzey sıcaklıklarına sahip olurlar. Renge bağlı olan bu yüzey sıcaklığı, numune üzerinde ikincil bir etkiye daha sahiptir. Farklı yüzey sıcaklığı değerlerine bağlı olarak, nem varlığında, küf ve benzeri diğer biyolojik organizmaların gelişmesi gözlenecek ve yoğunlukları renge göre çeşitlilik gösterecektir. Şekil 2.12’de farklı renklere ait, ışına absorpsiyonları gözlenmektedir.



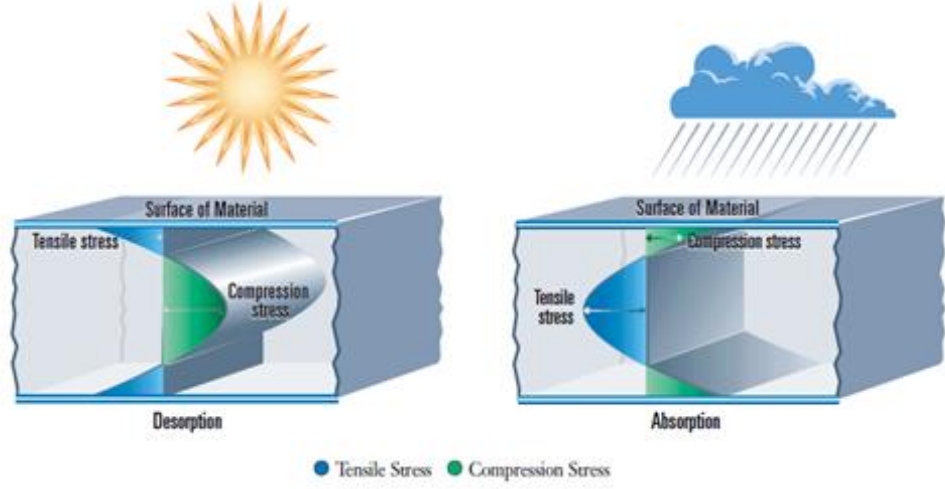
Şekil 2.12. Farklı renkler için dalga boyuna göre ışına absorpsiyonu eğrileri

Nem

Su; nem, çığ, kar gibi oluşumlarla dış ortamda her daim bulunan ve malzemenin dış ortam şartları altındaki performansını etkileyen bir diğer önemli parametredir. Nemin etki mekanizmasına ait şematik görsel Şekil 2.13’te verilmiştir.

Nemin malzeme performansına etki edeceği iki kanal vardır; sentetik malzemeler ve kaplamaların nem dolayısıyla su absorpsiyonu ve numunelerin fiziksel etkiler nedeniyle direkt ıslanması. Malzemenin yüzey katmanları nemi direkt olarak absorbladığından, kuru haldeki alt katmanlar üzerinde yoğun bir basınç oluşur. Bu süreci takip eden kuruma

ya da desorbsiyon periyodunda, yüzeyde büzülme başlayacaktır. Nemli alt katmanlarsa bu büzülmeye karşı koyacak ve yüzeyde çatlamlar meydana gelecektir. Çatlamlar yüzeyde kalmayıp kuru ve nemli katmanlar arasında da ayrışma ve çatlamlar yaratacaktır (Zielnik 2019).



Şekil 2.13. Nemin malzeme degradasyonu üzerindeki etkisi

İkincil Faktörler

Hava ya da atmosfer kaynaklı ikinci etkenler de malzeme degradasyonunda azımsanmayacak etkilere sahiptir. Atmosferde, özellikle asit yağmuru formunda olan gaz ve kirlilikler yeni bozunma reaksiyonlarına neden olabilir. Yüksek oranda sanayileşmenin olduğu bölgelerde asit yağmurlarının negatif etkileri, malzeme performansı üzerinde daha net gözlenmektedir.

Sinerjik Etki

Güneş ışımasının etkileri değerlendirilirken, ışıma, sıcaklık, nem ve ikincil etkenlerin senkronize halde malzeme performansını düşürdüğü gözlenmiştir.

Dış ortam şartlandırmasının temel faktörlerinin sinerjik etkileri, biraz da şartlandırmaya maruz bırakılan malzemenin özellikleri ile ilgilidir. Ürün formülasyonunda, ekstra UV

dayanım arttırıcı katkı kimyasalının varlığı, alev geciktirici dolgu malzemelerinin kullanılması gibi ilavelerin olması bile degradasyon mekanizmasını kimyasal nitelikler doğrultusunda etkileyecektir. Geri dönüştürülmüş polimer kullanılması, polimer matrisindeki safsızlıklar ve üretim prosesinin karakteristikleri şartlandırma performansını etkileyebilecek unsurlardır (Anonim 2015).

İklim

Dünya'nın iklimsel haritasına bakıldığı zaman, çok çeşitli nitelikte iklimlere rastlanır. Bu oranda yüksek iklimsel çeşitlilik yaşanmasının temel sebepleri, topolojik ve coğrafi özellikler ile hava koşullarıdır (Scott ve McGreeger 2008).

Dünya genelinde var olan tüm iklim tiplerine göre spesifik dış ortam şartlandırma testleri geliştirmek mümkün olmadığından, seçilen iklim özellikleri, malzemelerin nihai kullanım alanlarına göre karşılaşılabilecekleri en ağır şartlar göz önünde bulundurularak şekillendirilmiştir. Örneğin, test edilecek ürün bir yelken bezi ise, seçilecek iklim kıyı–deniz iklimi olmalıdır ve test parametreleri bu iklimin temel nitelikleri göz önünde bulundurularak belirlenmelidir (Anonim 2011).

Dış ortam şartlandırması için en yoğun tercih edilen referans iklimler, alt tropikal olan Güney Florida ve çöl iklimi olan Arizona iklimleridir. Farklı coğrafi özellik taşıyan bazı iklim türleri de spesifik ürün gruplarının performans ölçümlerinde tercih edilmektedir. Çizelge 2.5 ve Çizelge 2.6'da Güney Florida ve Arizona bölgelerinin yıllık ortalama iklim verileri görülmektedir.

Çizelge 2.5. Güney Florida yıllık iklim verileri

Güney Florida – Yıllık Ortalama İklim Verileri			
Enlem		25° 52' N	
Boylam		80° 27' N	
Yükseklik		3 m	
Sıcaklık	En Yüksek	Yaz – 34 °C	Kış – 26 °C
	En Düşük	Yaz – 23 °C	Kış – 13 °C
Bağıl Nem		% 78	
Yağış		1685 mm / 66 inch	
Isısal	Toplam (295 – 3000 nm)	6500 MJ/m ²	
Etkilenme	UV (295 – 385 nm)	280 MJ/m ²	
Denizden Uzaklık		27 km	

Çizelge 2.6. Arizona yıllık iklim verileri

Arizona Merkez Bölge – Yıllık Ortalama İklim Verileri			
Enlem		33° 54' N	
Boylam		112° 8' N	
Yükseklik		610 m	
Sıcaklık	En Yüksek	Yaz – 39 °C	Kış – 20 °C
	En Düşük	Yaz – 24 °C	Kış – 8 °C
Bağıl Nem		% 37	
Yağış		255 mm / 10 inch	
Isısal	Toplam (295 – 3000 nm)	8004 MJ/m ²	
Etkilenme	UV (295 – 385 nm)	333 MJ/m ²	
Denizden Uzaklık		27 km	

2.4.2. Gerçek dış ortam şartlandırma testleri

Gerçek dış ortam şartlandırma testleri, kendi içinde direkt dış ortam şartlandırması ve hızlandırılmış direkt dış ortam şartlandırması olarak iki gruba ayrılmaktadır. Direkt dış ortam şartlandırması, doğal dış ortam testi olarak da bilinmektedir.

Temel prensip, spesifik bir iklimde, malzemenin nihai kullanımına uygun olarak, performans beklentisine göre belirlenmiş bir süre boyunca malzemeyi doğal hava şartları altında, açık alanda bekletmektir.

Bunun için özel numune tutucu sistemler, ya da numune yerleştirme standları kullanılmaktadır. Şekil 2.14'te şartlandırma için numune standlarına yerleştirilmiş numunelerin bir görseli bulunmaktadır.



Şekil 2.14. Gerçek dış ortam şartlandırmasına bırakılmış numune örnekleri

Doğal Dış Ortam Şartlandırma Testleri

Bu testlerde, numuneler genellikle 150x305 mm ölçülerindedir. Numune standlarının yerleşim açıları, Florida simülasyonu için 5°, 45°, 90° ve Arizona simülasyonu için 26° ve 34°'dir. Genel olarak gerçek kullanım koşullarına paralel sonuçlar elde etmek için yerleşim açıları 45°'dir (Anonim 2011).

Doğal dış ortam şartlandırması testleri için ürün çeşidi doğrultusunda izlenen test metotları:

1. ISO 877 Plastics, Methods of Exposure to Direct Weathering, Weathering Using Glass-filtered Daylight, and to Intensified Weathering by Daylight Using Fresnel Mirrors
2. ISO 2810 Paints and Varnishes, Natural Weathering of Coatings – Exposure and Assessment
3. ISO 105 – B03 Textiles, Test for Color Fastness – Color Fastness to Weathering: Outdoor Exposure
4. ASTM G7, Recommended Practice for Environmental Exposure Testing on Nonmetallic Materials. (Anonim 2015)

Doğal dış ortam şartlandırma testleri numune yerleşim şekillerine göre de çeşitlenmektedir. Bu seçimler, nihai kullanım alanı ve test edilen malzemenin karakteristik özellikleri temel alınarak yapılmaktadır.

Hızlandırılmış Doğal Dış Ortam Şartlandırma Testleri

Dış ortam şartlandırma test metotlarının tamamı, gerçek dış ortam şartlandırma testleri ile kolayca ilişkilendirilebilir niteliktedir. Asıl tartışma konusu, gerçek şartlandırma sırasında test parametrelerinde oluşabilecek dalgalanmaların malzeme bozunma mekanizmasını ne ölçüde etkilediği konusundadır.

Test parametrelerinin optimizasyonu, numune yerleştirme açıları ve benzer şekilde oldukça önemsiz görülen parametreler bile malzemenin degradasyon sürecinde ciddi bir öneme sahiptir.

Bu varyasyonların önüne geçebilmek için hızlandırılmış gerçek dış ortam test metotlarına başvurmak gerekir. Bu sayede test parametreleri daha az varyasyon gösterecek, degradasyon mekanizması daha stabil takip edilebilecektir.

ASTM G 90 standardı açıkça “hızlandırılmış test metotlarından hiç biri, gerçek dış ortam testi olarak ifade edilemez” şeklinde net bir ibare içermektedir. Ancak bu sebeple, ASTM E 632 standardında, hızlandırılmış testler için bir hızlandırma faktörü hesaplanabilmesi adına bir korelasyon ve hesaplama yöntemi belirtilmektedir.

Bu metotla hedeflenen, gerçek dış ortam testlerinin, temel etken faktörlerinin (ışık, sıcaklık, nem) şiddeti artırılarak malzemelerin daha kısa sürede degradasyona uğramasını sağlamaktır.

Bu testler temel olarak “Equatorial Mount with Mirrors for Acceleration (EMMA)” ve “Equatorial Mount with Mirrors for Acceleration with Water (EMMAQUA)” denen iki ayrı cihaz ile gerçekleştirilmektedir. Ancak özel uygulamalar için farklı test methodları da bulunmaktadır (Wypych 2013). Şekil 2.15’te bir EMMA ve EMMAQUA düzeneği ve test numuneleri görülmektedir.



Şekil 2.15. EMMA ve EMMQUA test düzeneği

EMMA test düzeneği, ayna yardımıyla performans beklenen test standardına göre ihtiyaç duyulan hızlandırmayı sağlayan bir düzenektir. EMMAQUA’nın farkı se, spreyleme ya da yağmurlama olarak tanımlanan iklimsel döngüleri de test periyoduna ekleyebiliyor olmasıdır.

2.4.3. Hızlandırılmış yapay dış ortam şartlandırma testleri

İlk ksenon ark lambalı yapay dış ortam şartlandırma cihazı 1954 yılında üretilen Xenotest 150 model isimli Atlas marka test cihazıdır.

Ksenon ark lambalı cihazların yanı sıra, floresan lambalı, karbon ark lambalı, metal halid lambalı cihazlar da yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak performans etkileri ve uygun filtreleme sistemleri ile gün ışığına en yakın simülasyonu sağlaması nedeniyle ksenon ark lambalı cihazlar daha çok tercih edilmektedir.

Ksenon lamba doğru filtrelendiği zaman, doğal UV ve VIS ışımayı en iyi simule eden yapay ışık kaynağıdır. Ksenon ark, kapalı kuvars tüpün içinde yer alan ve gaz akışına duyarlı bir lambadır. Spektral enerji dağılımı, solar ışımayı simule etmek için düzenlenmiştir. Numune doğal gün ışığı altında şartlandırılacağı zaman en yaygın tercih edilen ışık kaynağı ksenon ışıktır. Bu ışık kaynağı entegreli cihazlar polimer, plastik, tekstil, boya, otomotiv endüstrileri için gerçekleştirilen testlerde yaygın kullanılır (Anonim 2015).

Ksenon ark ışık kaynaklarının geliştirilme sürecinde iki ayrı sistem ortaya çıkmıştır. Bunlardan biri su soğutmalı ksenon lamba, diğeri hava soğutmalı ksenon lamba sistemidir. Soğutma sistemi, lambanın spektral çıktıları ile ilgili ihmal edilebilir bir etkiye sahiptir ancak kullanılması gereken ışık kaynağı ve filtre sistemi için oldukça önemli bir etkisi vardır (Wypych 2013).

Bir ksenon lamba, sadece güneş ışınmasını simule eden bir ışıma yaymakla kalmaz, aynı zamanda ciddi miktarda ısı enerjisi de açığa çıkarır. Test numuneleri, test parametrelerinin gerektirdiği ölçüde ısınırken, lambanın kendisi, iç ve dış filtreler ile diğerk makine aksamında ciddi bir ısınma göze çarpar. Bu cihazlar oldukça yüksek maliyetli, sarf malzemeleri pahalı ve bakım giderleri yüksek cihazlar olduğundan, makineyi gereksiz yere yormamak ve yüksek seviyede, gereksiz malzeme degradasyonuna neden olmamak için lambanın soğutulması gerekmektedir.

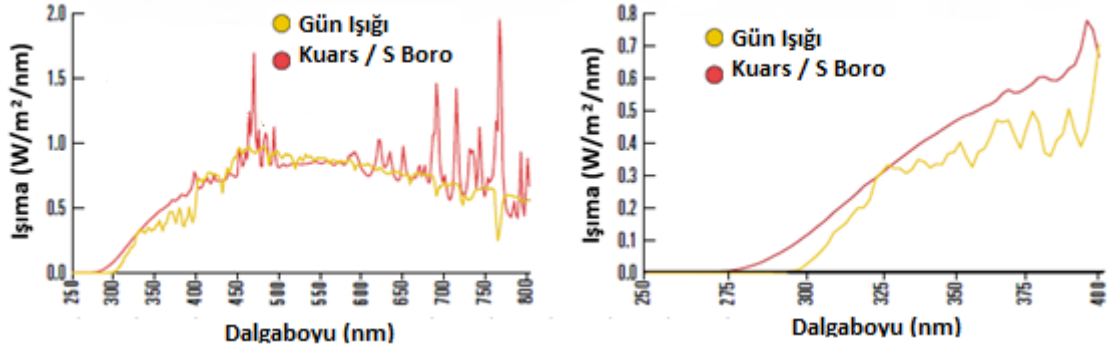
Şartlandırma cihazının tasarımına bağı olarak, test numuneleri kabin içerisinde yatay ya da dikey olarak yerleştirilebilmektedir. İki ya da üç katlı hareketli, döner numune yerleştirme mekanizmasına sahip yüksek numune kapasiteli cihazlarda, lambanın kabin ortasında konumlanmış olması nedeniyle tüm numunelerin yüzeyine eşit miktarda ışımaya ulaşmaktadır.

Ksenon lambalar, kuvars tüpler içine yerleştirilmiştir ve bu ışık kaynaklarının spektral değerleri, UV ve VIS bölgedeki solar ışımının spektral dağılımına paraleldir ancak önemli ölçüde IR ve yüksek frekansta solar ışımaya içermektedir. Bu nedenle lamba, özellikleri ve türü ksenon lambanın yapısına göre değişkenlik gösteren optik filtreler içerisine yerleştirilmiştir. Özellikle su soğutmalı ksenon lambalar, iki adet silindirik, optik filtre sisteminin içinde yer almaktadır. Soğutma suyu, lamba, iç filtre ve dış filtre arasında dolaşır. Soğutma özelliğinin yanı sıra, su ksenon lambadan kaynaklanan fazla IR ışımaya da absorbe ederek, lamba soğutma görevinin yanı sıra, numune yüzeyinin fazla ısınmasını da önlemiş olur (Wypych 2013).

Hava soğutmalı lambalarda ise ksenon lamba düz yüzeye sahip bir filtre ve bir dış filtre ile çevrelenmiştir. Lambalar ve filtreler aralarında dolaşan hava akımı vasıtasıyla soğutulmaktadır.

Kullanılan bu filtreler, hem performans beklenen test standardına göre hem de doğal dış ortam şartlandırmalarında görülen spektral dağılımı simule edebilmek için kullanılmaktadır. Özellikle su soğutmalı sistemlerde iç ve dış filtreler, beklentiyi karşılayabilmek ve çeşitli spektral güç dağılımlarını simule edebilmek için özel cam türlerinden üretilmektedir. Kullanımı mümkün olan iç ve dış filtreler, genellikle kuvars, borosilikat, sodalime türü cam çeşitlerinden üretilmektedir. İhtiyaca göre IR absorblama yapabilen türde filtrelere ulaşmak da mümkündür.

Şekil 2.16'da ksenon lambaya uygulanan iç ve dış filtre kombinasyonunun, gerçek güneş ışımaya ile örtüşme eğrisi verilmiştir (Anonim 2015).



Şekil 2.16. Filtre sisteminin sağladığı ışımaların gün ışığı spektrumu ile karşılaştırılması

Modern ksenon lambalı yapay şartlandırma cihazları, ışımaların yanı sıra, filtrelerden geçen spektral enerji dağılımını da kontrol edebilecek donanımdadır. Isısal ışımaya bir mikro işlemci tarafından kontrol edilir. Su soğutmalı cihazlarda, 340 nm veya 420 nm gibi dar dalga boylu aralığında ışımaya kontrol edilebilir. Ksenon lambadan yayılan ışık, kuvars bir çubukla yönlendirilir ve dar bant girişim filtresine ulaştırılır. Daha sonra bir foto dedektör, lambanın ışımaya şiddetini arttırmak ya da azaltmak için voltaj regülatörüne sinyal gönderir. Hava soğutmalı cihazlar ise, tipik olarak ksenon lambadan yayılan ışımaları 300 nm'den 400 nm'ye uzanan geniş bant aralığında, çoklu sensör kullanarak numune seviyesinde kontrol eder (Wypych 2013).

Malzemelerin dış ortam koşullarında degradasyona uğramaları genel olarak UV ve VIS ışımalarının sonucudur. Bu nedenle test metodları UV bölge (örneğin; 300-400 nm aralığında, 50 W/m² ışımaya), UV bölgede veya yakın VIS bölgede spesifik bir dalga boyundaki (örneğin; 340 nm'de 0,55 W/m²) ışımaya baz alınarak kurgulanır. Bazı test standartları uygulama kolaylığı olması açısından her ikisi için de test parametre bilgisi içermektedir. Bu iki parametrenin kullanılıyor olması bazı cihazların dar bant bazılarının ise geniş bant ile çalışıyor olmasından kaynaklanmaktadır. Her iki tasarımın da kendi içinde avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Eğer ksenon lambanın spektral enerji dağılımı biliniyorsa dar bant ve geniş bant birbirine dönüştürülebilir. Cihaz üreticileri, bu dönüşümleri yazılımsal düzenlemelerle gerçekleştirebilmektedir.

Kontrollü ışıma ek olarak, su soğutmalı ve hava soğutmalı büyük kapasiteye sahip ksenon lambalı cihazlarda sıcaklık ve nem değerlerinin de kontrol altında tutulması için düzenleme yapabilme esnekliği bulunmaktadır. Cihaz bünyesinde yer alan dijital bir sistem kabin içi sıcaklık ve nem kontrolü yapabilmeyi de sağlar.

2.4.4.Laboratuvar testleri ve gerçek dış ortam testleri arasındaki korelasyon

Malzeme dayanımı açısından, hızlandırılmış yapay şartlandırma testlerine ait sonuçların, dış ortamda yürütülmüş testlerin sonuçlarıyla ne derece örtüştüğünün anlaşılabilmesi oldukça önemlidir. Hızlandırma, hızlandırılmış ya da yapay laboratuvar koşulları altında, gerçek bir dış ortam testinin ne seviyede hızlı yürütülebileceğinin bir ölçütüdür. Çizelge 2.7’de gerçek dış ortam şartlandırma testleri ve yapay hızlandırılmış şartlandırma testleri arasında tam bir korelasyon olmamasının nedenleri açıklanmıştır (Anonim 2015).

Çizelge 2.7. Yetersiz korelasyonun nedenleri

Yetersiz Korelasyonun Nedenleri	Asılsız Sebepler	Gerçek Sebepler
Spektrumun dışında kalan kısa dalga boylu ışımlar	Kısa dalga boylu ışıma, daha yüksek enerjiye sahip olduğu için malzeme degradasyonunu hızlandırmaktadır.	Kısa dalga boylu ışımanın sahip olduğu yüksek enerji, malzemede yapay ve aşırı bir degradasyona neden olmaktadır.
Sürekli ışığa maruz kalma	Malzemeyi sürekli ışıma maruz bırakmak test süresini kısaltmaktadır.	Bazı malzemeler degradasyon reaksiyonlarının gerçekleşebilmesi için dinlenme periyosuna ihtiyaç duymaktadır. Gerçek şartlandırmada her zaman bir gece döngüsü olduğundan, yapay şartlandırma cihazlarında da aynı simülasyon için karanlık döngü bulunmaktadır.

Çizelge 2.8. Yetersiz korelasyonun nedenleri (Devamı)

Özellikle yapay ışık kaynakları ile aşırı ve yüksek seviyeli ışımaya maruz kalma	Malzemeyi yüksek ışıma ile yormak test süresini kısaltmanın tek yoludur.	Şartlandırma süresince, normal koşullarda gerçekleşmeyecek bazı kimyasal değişiklikler yüksek ışıma etkisi altında gerçekleşebilmektedir.
Yüksek numune sıcaklıkları	Yüksek sıcaklıkla daha hızlı degradasyon gözlemlenmek ve test süresini kısaltmak mümkündür.	Şartlandırma süresince malzemelerin aşırı yüksek sıcaklıklara maruz kalması, malzemelerin doğal şartlandırma sonuçlarıyla açıklanamayacak farklı türde bozunmalara uğramasına neden olabilmektedir.
Açık ve koyu renkli malzemeler arasındaki aşırı sıcaklık farkı	Dış ortam şartlandırmasının en önemli parametresi ışıma olduğu için diğer parametreleri dikkate almaya gerek yoktur.	Sadece UV ışık kaynaklarıyla gerçekleştirilen yapay şartlandırma testleri, farklı renk veya yapıdaki malzemeler arasında çelişkili sonuçlar elde edilmesine neden olmaktadır.
Sıcaklık döngüsünün olmaması	Sıcaklık yükseltılarak daha hızlı şartlandırma yapılabilir.	Sıcaklık döngüsü malzeme üzerinde genleşme ve büzülme periyotlarının bir sonucu olarak fiziksel değişikliklere neden olmaktadır.
Doğal olmayan oranlarda nem varlığı	Degradasyonu arttırmak için numuneler ıslak olmalıdır.	Sürekli nem absorpsiyon/desorpsiyon prosesine maruz kalmak malzeme üzerinde doymuş bir çevreye göre daha yüksek bir baskı ve fiziksel değişim yaratacaktır.
Kirlilik ve diğer biyolojik organizmaların varlığı	Bu parametreler ikincil faktörlerden olduğu için dikkate almaya gerek yoktur.	Laboratuvar cihazlarında bu tip ikincil faktörleri sisteme dahil etmek çok yaygın değildir. Ancak bu parametreler, degradasyonun önemli bileşenlerindedir.

Hızlandırılmış yapay şartlandırma testleri konusunda en çok sorulan soru, “kaç saat yapay şartlandırma, gerçek koşullarda 1 yıllık dış ortam şartlandırmasına karşılık gelir?” sorusudur.

Bu soruya verilebilecek en mantıklı cevap; “Malzeme türü, simule edilen iklim, ışıma, miktarı, sıcaklık, nem oranı gibi çeşitli faktörler yapay şartlandırma testi sürelerinin değişmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla farklı parametrelerle yürütülmüş testlere ait sonuçların, gerçek dış ortamda 1 yıllık şartlandırılmaya denk gelme süresi çeşitlilik göstermektedir.” şeklinde olmalıdır (Anonim 2015).

Isısal etkilenme, zamana bağlı, ışımanın bir sonucudur. Bu nedenle gerçek test zamanlarının yapay şartlandırma testlerinde hangi test sürelerine karşılık geldiğinin hesaplanabilmesi için, öncelikle aşağıdaki dönüşümler yapılmalıdır (Zielnik 2018b).

Dönüşümler incelenmeden önce, Florida’da, yıllık ortalama ısısal etkilenmenin, 26 °C güney enleminde 280 MJ/m² olduğu dikkate alınmalıdır.

Bir weather-ometer cihazda ısısal etkilenme, normalde kJ/m² olarak ölçülendirilir. Bu nedenle W/m² birimi kilojoule birimine çevrilmelidir:

$$W/m^2 * zaman(saniye) = J/m^2 \quad (2.2)$$

$$1 J/m^2 = 0,001 kJ/m^2 \quad (2.3)$$

Yapay şartlandırma testlerinde zaman birimi saattir:

$$3600 saniye = 1 saat \quad (2.4)$$

Tüm bu formüller ana formülde yerine konulduğunda:

$$kJ/m^2 = W/m^2 * 3,6 * saat \quad (2.5)$$

Florida ışımalarının değeri MJ cinsinden verildiği için kJ biriminin MJ birimine çevrilmesi gerekmektedir:

$$\text{MJ/m}^2 = \text{W/m}^2 * 3,6 * 0,001 * \text{saat} \quad (2.5)$$

Weather-ometer cihazlarında, özellikle tekstil testlerinde 300-400 nm dalga boyu aralığında çalışılması yaygındır. Bu nokta dikkate alınarak hesaplamalar yapılmaktadır.

Florida’da yıllık ışıma 26 °C güney enleminde 280 MJ/m² olarak dikkate alındığında, malzemenin 1 yıllık Florida ışıması altındaki davranışını simüle etmek için gereken yapay şartlandırma test süresi saat cinsinden aşağıdaki formülle hesaplanabilmektedir.

$$280 \text{ MJ/ m}^2 (300-400 \text{ nm}) = 42 \text{ W/m}^2 (300-400 \text{ nm}) * 3,6 * 0,001 * \text{saat} \quad (2.6)$$

Hızlandırma faktörü değerinde varyasyona sebep olabilecek birkaç önemli nokta bulunmaktadır:

- Karşılaştırılmakta olan ksenon ışıma ile doğal güneş ışımasıdır. Filtrelenmiş ksenon ışıma güneş ışımasına yakın özelliktedir ancak birebir uyum söz konusu değildir ve mutlaka dikkate alınmalıdır.
- Kullanılan filtreler, özellikle kısa dalga boylu UV ışıma için, spektral enerji dağılımında varyasyona neden olabilmektedir.
- Güneş ışığının spektral enerji dağılımının, günlük, sezonluk ve uzun dönem periyotlarda varyasyon göstermesi kaçınılmazdır.
- Coğrafik ve atmosferik bazı faktörler gün ışığının şiddetinde zaman zaman varyasyona neden olmaktadır.

2.5. Literatür Çalışmaları

Maetens (2006), TPA’nın bir izomeri olan IPA’nın tereftalik asidin yerini almasıyla üretilen poliester malzemenin, dış ortam şartlandırma performansının gözle görülür seviyede arttığını tespit etmiştir. Geliştirilen ürün tropikal iklimde kullanılmak üzere bir

toz kaplama haline getirilmiştir. TPA bazlı poliester Florida iklim koşullarında 2-4 yıl dayanım gösterirken, IPA bazlı poliester yaklaşık 10 yıl dayanım göstermiştir.

Gugumus (2001), poliolefin grubu malzemelerin UV dayanımını arttırmak ve çeşitli yapılarıdaki UV absorblayıcı malzemelerin sinerjik etkilerini gözlemlemek için çeşitli kombinasyonlarda çalışmalar yapmıştır. Elde edilen verilerin bazıları kullanılan katkı malzemelerinin yapısına ve poliolefin grubu polimer çeşitliliğine göre değişiklik göstermiştir. Ox yapıdaki malzemelerin bir BP, BTZ veya bir HPT yapıdaki malzemelerle kombinasyonu PE ve PP yapılarıda sinerjik etki ile başarılı sonuçlar vermiştir. PP hammadde ile bant, film ve plakalar, PE hammadde ile film ve plaka, yüksek yoğunluklu PE hammadde ile bant ve film numuneleri üretilmiştir. Numune üretiminde UVA katkı malzemeleri, nikel stabilizatörler ve HALS yapıları ile oluşturan kombine formüller kullanılmıştır.

Bechtold ve Avar (1999), yaptıkları çalışmada tüm organik bileşenler gibi kaplamaların da ömürleri boyunca foto yaşlandırmaya maruz kaldığını belirtmiş, UVA ve HALS bileşiklerinin bu etkiler karşısında malzeme ömrünü uzatmak için avantaj sağladığını göstermek istemişlerdir. Yapılan çalışmada, HALS ve UVA katkı malzemelerinin kimyasal analizleri gerçekleştirilmiş, HALS ve HALS – UVA kombinasyonu katkı malzemeleri kaplama yapısına dahil edilmiş ve dış ortam şartlandırma testleri gerçekleştirilmiştir. HALS yapıları ile kullanılan UVA grubu malzemeler, HPT, BTZ ve Ox türevi malzemelerdir. Numuneler yapay dış ortam şartlandırması sonrasında, parlaklık değişimi, yüzeyde çatlama olup olmadığı, renk değişimi, tozlanma gibi özellikleri bakımından karşılaştırılmıştır.

Schaller ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada, otomotiv ve dekorasyon uygulamaları ile endüstriyel uygulamalar için kaplama malzemelerinin dış ortam şartlarına dayanımının önemli bir malzeme özelliği haline gelmesine istinaden, su bazlı ve solvent bazlı kaplama formülasyonlarında HPT etkisini incelemiştir. Çalışmada otomotiv, plastik, toz kaplama ve ahşap uygulamaları için araştırma yapılmış; otomotiv ve ahşap uygulamaları için deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Çalışma sonunda HPT katkı malzemesinin oldukça olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Fechine ve ark. (2001), PET polimerinin dış ortam şartlandırmasına karşı davranışını incelemişlerdir. Çalışmada çift vidalı ekstrüderde üretilen film numunelerinin, laboratuvar ortamında 1100 saat yapay dış ortam şartlandırması gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda, UVA, karbon siyahı, TiO₂ ve BaSO₄ gibi çeşitli stabilizatörler kullanılarak ekstrüzyon prosesi ile üretilen numunelerin mekanik özellikleri test edilmiştir. Çalışma sonunda, referans olarak kullanılan katkısız PE film numunelerinin mekanik özelliklerinde ciddi ölçüde kayıp, moleküler ağırlıklarında azalma ve yüzeylerinde degradasyon gözlenmiştir. UVA kullanılan numunelerin ise en iyi performansı gösterdiği saptanmıştır.

Ding ve Yang (2006), hızlandırılmış yapay dış ortam şartlandırma ve gerçek zamanlı dış ortam şartlandırma testlerinin PP filament iplikler üzerindeki etkisini incelemiştir. Hızlandırılmış yapay dış ortam testleri sırasında ışıma yoğunluğunun iplik performansı üzerindeki etkisini incelemek için üç ayrı ışıma şiddeti kullanılmıştır. Bunların dışında bir yıllık gerçek dış ortam şartlandırmasının ışıma değerleri de hesaplanmıştır. Şartlandırma testlerinin çeşitli aşamalarında numunelerin fiziksel özellikleri ve molekül ağırlığındaki değişimi gözlemek için viskoziteleri ölçülmüştür. Ayrıca, molekül zincirinin kısalmasıyla korboksil gruplarının oluşumuna neden olan hidroksiperoksit bileşenlerinin tespit edilebilmesi için FTIR cihazında analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar sonucunda farklı ışıma yoğunluklu hızlandırılmış yapay dış ortam testleri ve gerçek dış ortam testleri arasında performans farklılıkları gözlenmiş olup, degradasyon mekanizmasının farklı işlediği saptanmıştır.

Schaller ve ark. (2009), TiO₂ ile opaklaştırılmış, solvent bazlı ve su bazlı kaplama formülasyonlarının HALS ve HALS-UVA kombinasyonlu katkı malzemelerinin kullanıldığı durumlarda elde edilen dış ortam şartlandırma sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Solvent bazlı kaplamalarda kimyasal orjininden farklı olarak HALS kullanımının yapay dış ortam şartlandırmasında su bazlı kaplamalara oranla daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Su bazlı kaplamalarda ise salt HALS kullanımıyla performans iyileşmesi gözlemlenmiştir. Çalışma sonunda hem su bazlı hem de solvent bazlı kaplamalarda HALS kullanımının kaplamanın dış ortam şartlarına dayanımını arttırdığı saptanmıştır.

Todesco ve Ergenc (2002), UVA, HALS, UVA-HALS kombinasyonlarının poliolefin grubu polimerlerde ve bazı seçilmiş diğer polimerde, hızlandırılmış yapay dış ortam şartlandırması sonrasında malzeme özelliklerine olan etkisini incelemişlerdir. Deney numuneleri çeşitli kullanım alanlarına yönelik, PP ve PET iplikler, inşaat, tarım ve endüstriyel filmler ve otomotiv kalıplarıdır. Özellikle PET iplikler için BTZ ve HPT grubu UVA katkı malzemeleri ile çalışma yapılmış, yapay dış ortam şartlandırması sonrasında mukavemet değişimleri incelenmiş ve renk ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda HPT türevi katkı malzemesinin daha başarılı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Said ve ark. (2005), Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından geliştirilmekte olan ultra uzun süreli balon (ULDB) üretiminde tercih edilen bal kabağı tasarımının gerektirdiği yüksek mukavemetli elyafların performans özellikleri ile ilgili bir araştırma yapmıştır. Bal kabağı formunda balon üretimi, hava geçirgenliği ve dayanım performansı açısından daha verimlidir. Bal kabağı tasarımının ana elementleri tendonlar ve film tabakasıdır. Temel olarak, film gaz bariyerini sağlar ve iç basınçtan kaynaklanan yükü tendonlara aktarır. Tendonlar da balonun içindeki küresel baskıyı sönmüleyerek maksimum dayanım seviyesine ulaşmasını sağlar. Tendonlar, p-fenilen-2,6-benzobizoksazol (PBO) liflerinden üretilir. PBO'lar diğer yüksek mukavemetli elyaflarla karşılaştırıldıklarında yüksek molekül ağırlıkları ve uzun süreli ışık maruziyetindeki stabil davranışlarıyla dikkat çekmektedir.

Çalışmada Zylon, Vectran, Kevlar ve Spectra ticari isimli elyaflar kullanılmıştır. Zylon, Toyobo firması tarafından üretilen bir PBO lifidir. Dow tarafından geliştirilmiş bu polimer, Toyobo tarafından lif haline getirilmiş ve ticarileştirilmiştir.

Numuneler Atlas marka weathering cihazında, AATCC 16 E standardına göre ışımaya maruz bırakılmıştır. Toplam 160 saat şartlandırma boyunca her 40 saatte bir mukavemet ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Mukavemet ölçümleri sonrasında PBO liflerinin en yüksek kayba uğradığı, UV şartlandırmanın Spectra liflerinin performansını düşürmek yerine iyileştirdiği, Vectran

liflerinin de PBO benzeri davranış göstererek mukavemet kaybına uğradığı gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, yüksek performanslı bu lifler için de ya polimerizasyon sırasında UV performansının iyileştirilmesi ya da %30-40 oranında UVA malzeme ile takviye gerektiğini göstermiştir.

Botelho ve ark. (2001), PET ve PBT ile üretilmiş film numunelerinin termo-oksidatif bozunması üzerine karşılaştırmalı bir çalışma yapmıştır. Polimer filmlerin, etilen dibenzoat (EDB) ve butilen dibenzoatın (BDB) parçalanması, 160 °C'de oksijenli bir atmosferde gerçekleştirilmiştir. GC-MS ile tanımlanan bileşikler temelinde, kararsız peroksitlerin ve karboksilik asitlerin oluşumu ile a-metilen karbonunda oksidasyonu içeren model bileşiklerin bozunması için bir mekanizma önerilmektedir. 160 °C'de N₂ altında yapılan çalışmalardan benzoik asit ve esterlerin termal bozunma ürünleri olduğu, benzoik ve alifatik asitler, anhidrit ve alkollerin de termo-oksidatif bozunma nedeniyle olduğu sonucuna varılabilir. PET ve PBT için diğer polimerlerin termo-oksidatif degradasyonunun aksine, özellikle başlangıçta, termal degradasyon önemli bir rol oynamaktadır. Sonuçlar açıkça PET'in bozulmaya karşı PBT'den daha kararlı olduğunu göstermiştir.

Gijsman ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada hızlandırılmış yapay dış ortam şartlandırma testi sonrasında malzemelerin görünümünde meydana gelen değişiklikleri incelemişlerdir. Performans incelemesi yapılan malzeme stiren ile çapraz bağlanmış, doymamış poliester reçine ile üretilmiş, 300*250*4 mm ölçülerinde plak numunesidir. Oksijen, spektral ışımaya ve nemin malzemenin renk değişimi üzerindeki etkisi takip edilmiş, malzeme yüzeyinde meydana gelen matlaşma seviyesi incelenmiştir.

Şartlandırma, ISO 4892-2 / ASTM G 155 standartları referans alınarak, Atlas marka wheatherometer cihazında gerçekleştirilmiştir. Şartlandırma sonrasında renk ölçümü, parlaklık ölçümü ve FTIR analizleri gerçekleştirilmiştir. Bir spektral radyometre ile de UV ışımının dalga boyu tespit edilmiştir.

Numunenin renk değişimi hem oksijen varlığında hem de yokluğunda incelenmiştir. Dalga boyuna bağlı olarak renk değişimi, filtre kullanılarak incelenmiştir. Kobalt

bileşiklerinin peroksit bozunma katalizörü olarak kullanılması, UV absorpsiyonunun daha uzun dalga boylarına kaymasına neden olmuş ve şartlandırmaya bağlı sararma niteliklerini değiştirmiştir. Parlaklık kaybı ise, renk değişimi ile karşılaştırıldığında ikinci planda meydana gelmektedir. Hidroliz veya bozunma ürünlerinin reaksiyona girmesi, parlaklık kaybının ana nedeni olarak kabul edilmiştir.

Gijsman (2017), HAS malzemeler üzerinde yaptığı değerlendirme çalışmasında, HALS'larla karşılaştırdıklarında HAS malzemelerin uzun dönem stabilite gösteren en iyi malzemeler olduğunu belirtmiştir. Çalışmasında, HAS malzemelerin hem uzun dönemli UV hem de ısı stabilite sağlamaları üzerinde durmuştur.

HALS malzemeler UV stabilizatörü olarak geliştirilmiş olsa da yapılan çalışmalar bu malzemelerin aynı zamanda termal stabilite için de etkin sonuçlar verebileceğini göstermektedir. Ancak HALS yapıları her zaman hem UV stabilite hem de termal stabilite sağlamak için kullanmak mümkün değildir. Bu durum özellikle renk değişimi gibi ikincil nedenlerden dolayı antioksidan olarak HALS'ların kullanılmadığı uygulamalarda daha çok ortaya çıkmaktadır. Bu durumlarda HAS malzemeler tercih edilmektedir ki günümüzde ticari olarak yaygın kullanılan bir çok HAS türü ürün mevcuttur. HAS malzemeler genel olarak 2,2,6,6-tetra-metil-4-piperidinil türevlerine dayanmaktadır. İlk ticari HAS ürünler kısmen düşük molekül ağırlıklıdır. Bu ürünler uçuculuk özellikleri nedeniyle ince malzeme uygulamaları için doğru seçim değildir. Bu sorunu aşmak için HALS yapılar geliştirilerek, oligomerik HAS malzemeler kullanıma sunulmuştur. Bu malzemelerin dezavantajlarından biri, piperidinil grubu içermesi yani asitlerle reaksiyona girerek tuz oluşturabilir olmasıdır. Sonuç olarak fenolik antioksidanlara alternatif olabilmelerinin yanı sıra, formülasyondaki antioksidan eksikliğinden kaynaklanan sararmaların da önüne geçilmesini sağlamaktadırlar.

Gijsman ve ark. (1999), çalışmalarında 15 mikron kalınlığında film numuneleri kullanmıştır. Polimerlerin foto parçalanma mekanizması yüksek oranda yapıda bulunan kromoforların türüne ve konsantrasyonuna bağlıdır. Kromoforların etkisi PE, PP, PA 6 ve PBT polimerlerinin belirli bir sıcaklıktaki UV degradasyon mekanizması arasında bir karşılaştırma yapılarak incelenmiştir. UV bozunma sonrasında oksijen alımı, CO, CO₂ ve

peroksit oluşumu takip edilmiştir. PE, PP, PA 6 ve PBT UV degradasyon süreci boyunca, oksijen alımı zamana bağlı olarak herhangi bir indüksiyon prosesi gerçekleşmeden lineer devam etmiştir. En önemli ölçüde oksidasyona uğrayan polimer PP olarak belirlenirken, bozunma seviyesi açısından sırasıyla PBT, PA6 ve PE oksidasyona uğramıştır.

3.MATERYAL ve YÖNTEM

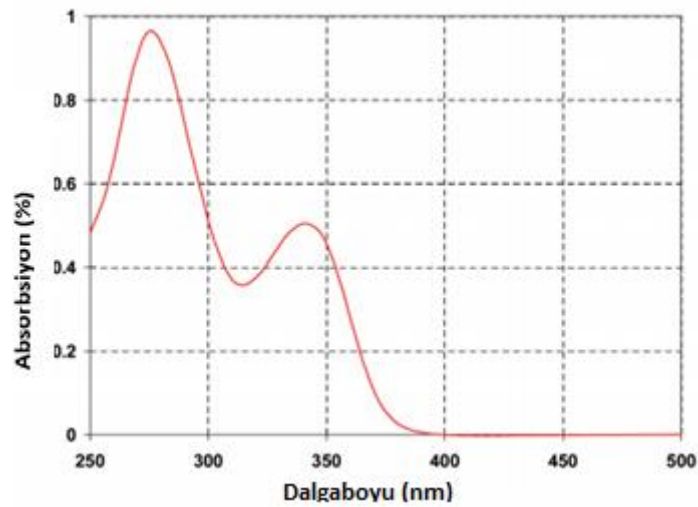
3.1. Materyal

3.1.1. Çalışmada Kullanılan İplikler

Bu çalışmada Deneysel çalışmalar sırasında ham renkte, referans ve %1,2 oranında HPT içeren, yalancı büküm yöntemi ile tekstüre edilmiş 300 denye 96 flaman PET iplikler kullanılmıştır.

İplikler ticari olarak temin edilmiştir. Sektörel araştırma ve söz konusu UV dayanımlı ipliğin ürün spektleri incelenip, tedarikçilerle görüşüldüğünde, literatüre uygun olarak, kullanılan katkı malzemelerinin HPT türevi ürünler olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, üretiminde %40 oranında HPT içeren PBT taşıyıcılı masterbatch'in %3 oranında kullanılmasıyla üretilmiş UV dayanımlı PET iplikler çalışmada kullanılmıştır.

PET iplikler için UV dayanımı artırma amacıyla kullanılan ticari katkı HPT türevi Tinuvin 1577 ED isimli üründür. Düşük uçuculuk göstermesi, ince polimerik malzemelerin dış ortam şartlandırma performanslarını iyileştirmesi ve nispeten modern HPT grubunda sayılması nedeniyle yaygın olarak PET ipliklerin UV dayanımını iyileştirmede tercih edilmektedir. Şekil 3.1'de ürüne ait absorpsiyon eğrisi görülmektedir.



Şekil 3.1. Tinuvin 1577 HPT ticari kakı malzemesine ait absorpsiyon eğrisi

3.1.2. Çalışmada Kullanılan Kumaşlar

Referans ve katkıli iplikler ile 40 cm eninde, 200 cm boyunda, bezayağı dokuma örgü yapısında kumaş numunesi üretilmiştir. Atkı ve çözgü iplikleri aynı özelliklerde olup kullanılan iplikler 300 denye 96 flaman yalancı büküm tekstüre PET ipliklerdir. Atkı sıklığı 16 tel/cm, çözgü sıklığı 30 tel/cm'dir. Kumaş üretimleri, numune ölçekli CCI Tech Inc. marka dokuma makinesinde üretim gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. CCI Tech Inc. numune dokuma makinesi

Dokuma kumaş üretimleri tamamlandıktan sonra, numuneler 40 °C'de ev tipi yıkama işlemine tabi tutulmuş ve en-boy sabitlemesi için 160 °C'de 5 m/dk hız ile ramdan geçirilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Dış Ortam Şartlandırma Testleri

Dış ortam şartlandırma testleri, “TS 4460 EN ISO 105-B04 Yapay Hava Şartlarına Karşı Renk Haslığı Ksenon Lamba ile Soldurma Deneyi” standardına göre Atlas marka Ci 3000+ weather-ometer cihazında gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.2'de test süresince kullanılan dış ortam şartlandırma testi parametreleri yer almaktadır. Şekil 3.3'te ise Atlas Ci 3000+ cihazı yer almaktadır.

Çizelge 3.1. TS 4460 EN ISO 105-B04 standardı test parametreleri

TS 4460 EN ISO 105-B04		Test Parametreleri
Filtre Sistemi		380 – 750 nm arasında %90 ışık geçirgenliğinde
Lamba Türü		Xenon Arc
Işıma	300 – 400 nm	$42 \pm 2 \text{ W/m}^2$
	340 nm	$0.35 \pm 0.01 \text{ W/(m}^2\text{nm)}$
	420 nm	–
Referans Sıcaklık	Kabin Sıcaklığı	Max. 40 °C
	Siyah Panel Sıcaklığı	Max. 60 °C
	Siyah Standart Sıcaklığı	–
Su Spreyleme Döngüsü		29 dakika kuru, 1 dakika ıslak döngü, sürekli ışıma
Bağıl Nem		–

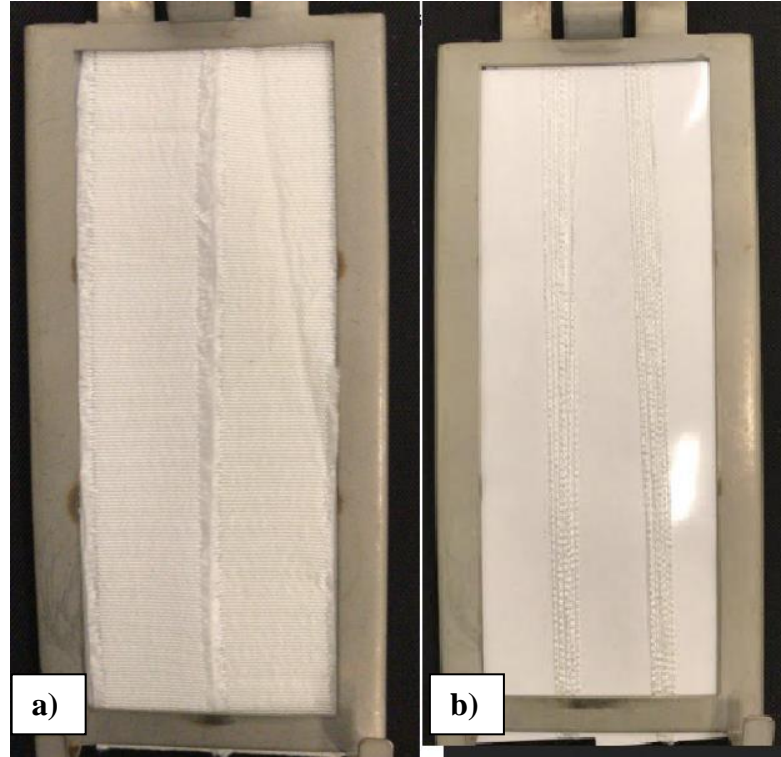


Şekil 3.3. Atlas Ci 3000+ weather-ometer test cihazı

Dış Ortam Şartlandırma Testi Öncesinde İplik ve Kumaş Numunelerinin Hazırlanması

Şartlandırma testi öncesi iplik ve kumaş numuneleri, cihazın numune tutucu aparatlarına uygun halde hazırlanmıştır.

İplik numuneleri, numune tutucunun ışığa görecek yüzeyi üzerinde, referans ve katkılı numuneler yan yana olacak şekilde, 8 çevrim olarak PVC kaplanmış karton kartela üzerine sarılmıştır. Karton kartelanın PVC ile kaplanmasının nedeni, dış ortam şartlandırma testi süresince, yağmurlama ve kabin içi yüksek nem oranından kartelanın etkilenip şartlandırma stabilitesini değiştirmesini önlemektir.

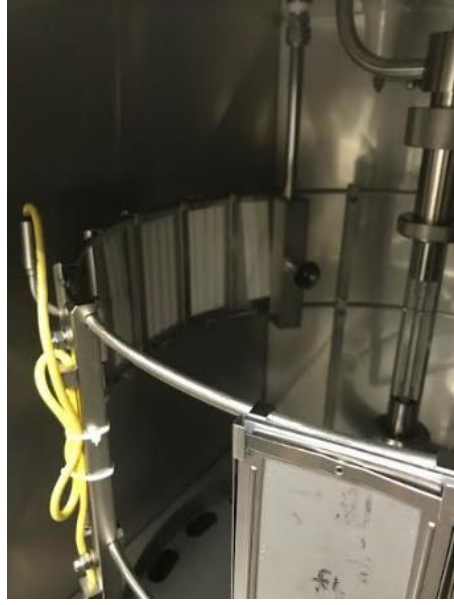


Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan numunelerin numune tutucu üzerindeki yerleşimi

a) Kumaş numuneleri, b) İplik numuneleri

Kumaş numuneleri ise yine numune tutucunun ışığa görecek yüzeyi üzerinde, referans ve katkılı numuneler yan yana olacak şekilde, PVC kaplanmış karton kartela üzerine sabitlenmiştir. Şekil 3.4'te numunelerin tutucuya yerleştirildikten sonraki görselleri

verilmiştir. Cihaz kabinine yerleştirilen numunelerin test başlamadan alınmış görüntüleri Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5. İplik ve kumaş numunelerinin test kabini içindeki yerleşimi

Dış ortam şartlandırma testi 1000 saat sürede gerçekleştirilmiş olup, 0'ıncı saatten başlamak kaydıyla her 250 saatte bir referans ve katkılı iplik ve kumaş numunelerinin mukavemet ve kopma uzamalarındaki değişimler ölçülmüştür. Bu nedenle her ürün grubundan dış ortam şartlandırmasına maruz bırakılacak dörder adet numune hazırlanmıştır. İplik numunelerinin ışığa gören uzunluğu 100 mm'dir. Kumaş numunelerini ışığa gören uzunluğu 100 mm ve genişliği 20 mm'dir.

3.2.2. Çekme Deneyleri

Deneyler Textechno Statimat Me+ çekme testi cihazında gerçekleştirilmiştir. Dış ortam şartlandırma testlerinin gerçekleştirildiği Atlas Ci 3000+ weather-ometer cihazına ait numune tutucuların standart ve belirli ölçüleri olması nedeniyle deneylerde herhangi bir uluslararası standarda bağlı kalınmamıştır. Bu nedenle test parametreleri 20 saniye içinde kopma olacak şekilde optimize edilmiştir. Çalışmada kullanılan parametreler Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan çekme test parametreleri

Parametre	İplik Parametreleri	Kumaş Parametreleri
Numune Genişliği (mm)	-	20
Çeneler Arası Mesafe (mm)	100	100
Ön Gerilim (N)	2	2
Çene Hareket Hızı (mm/dk)	100	100

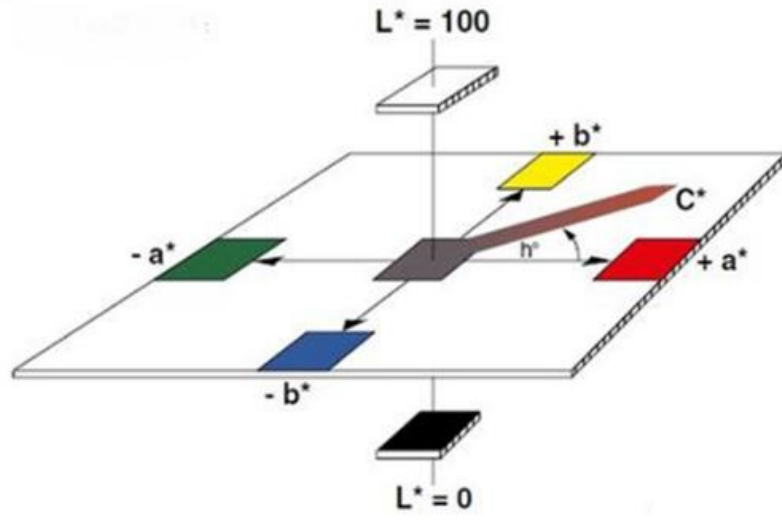
Her iplik numunesinden üçer ölçüm alınmıştır. Kumaş numunelerinden ise numune tutucu çeneler değiştirilerek, ikişer ölçüm alınabilmektedir. Ayrıca yük taşıma kapasitesi çözümlü yönünde daha fazla olduğu için dış ortam şartlandırılmasına maruz bırakılmış kumaş numuneleri için sadece çözümlü yönünden kopma mukavemeti ölçümü gerçekleştirilmiştir.

Numunelerin kopma mukavemetleri ve kopma uzamaları her 250 saatte bir ölçülmüştür. Sıfırıncı saat mukavemetine oranla, her 250 saatte bir alınan ölçüm sonuçlarının numune üzerinde yarattığı % mukavemet kaybı hesaplanmıştır.

3.2.3. Renk Değişimi Ölçümü

Referans ve katkılı ipliklerden üretilen dokuma kumaş numuneleri, her 250 saatte bir şartlandırma kabininden çıkarıldıktan sonra, numune rengindeki sararmanın belirlenebilmesi için Data Color Spektraflash SF 600 X cihazında renk ölçümü yapılmıştır.

Cihaz CIE Lab renk sistemine göre çalışmaktadır. L değeri açıklık-koyuluk, a değeri kırmızılık-yeşillik, b değeri ise mavilik-sarılık değerlerinin ölçütü olarak ifade edilmektedir. Şekil 3.6, CIE Lab renk düzlemini ifade etmekte ve L, a, b parametrelerinin düzlemdeki yerleşimini göstermektedir (Anonim 2009).



Şekil 3.6. CIE Lab renk düzlemi

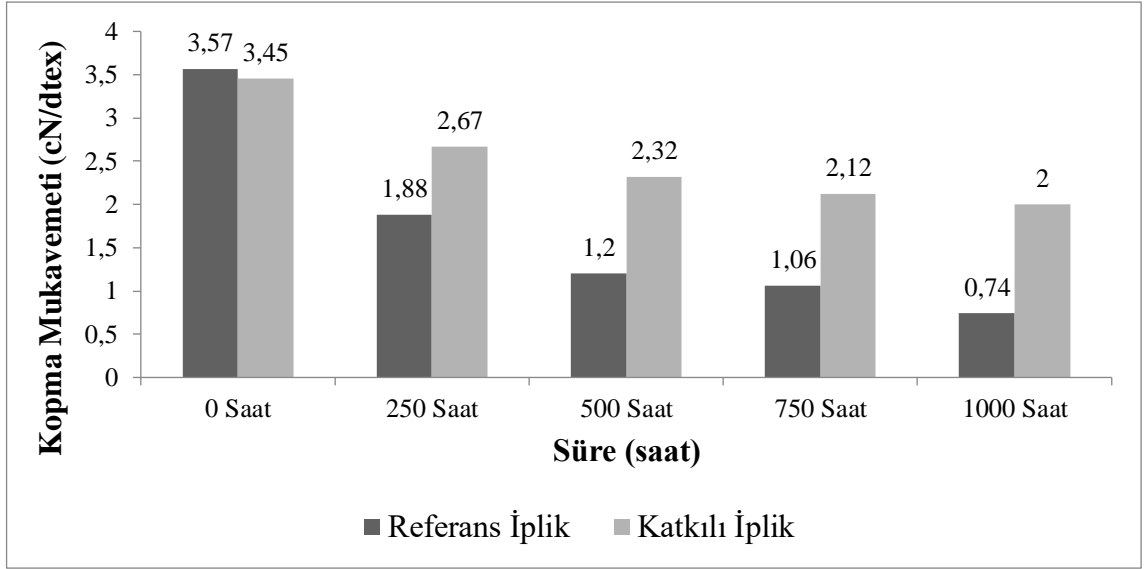
4.BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1.Çekme Deneyi Sonuçları

Deneysel çalışmalar kapsamında, katkılı iplik ve kumaş numunelerinin, test öncesinde ve şartlandırma başladıktan sonra her 250 saatte bir kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerleri ölçülmüş, bu ölçümler üzerinden başlangıç değerleri esas alınarak % kayıplar hesaplanmıştır. Ölçümler, iplik için üçer numune, kumaş içinse ikişer numune üzerinden gerçekleştirilmiştir. İplik numunelerine ait sonuçlar, Çizelge 4.1, Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de verilmiştir. Kumaş numunelerine ait sonuçlar ise, Çizelge 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’te verilmiştir.

Çizelge 4.1. İplik numunelerine ait çekme deneyi sonuçları

Ölçüm Süresi	Numune	Kopma Mukavemeti cN/dtex	Kayıp %	Kopma Uzaması %	Kayıp %
0 Saat	Referans	3,57±0,07	0,00	24,24±2,31	0,00
	Katkılı	3,45±0,11	0,00	26,18±0,39	0,00
250 Saat	Referans	1,88±0,15	45,63	10,01±0,42	58,70
	Katkılı	2,67±0,02	22,60	13,93±0,54	46,79
500 Saat	Referans	1,2±0,12	66,38	5,51±1,00	77,26
	Katkılı	2,28±0,06	33,91	10,89±0,18	58,40
750 Saat	Referans	1,06±0,11	70,30	3,71±0,83	84,69
	Katkılı	2,12±0,13	38,55	10,15±1,21	61,22
1000 Saat	Referans	0,74±0,04	79,27	2,34±0,14	99,99
	Katkılı	2,0±0,07	42,02	9,07±0,52	65,35



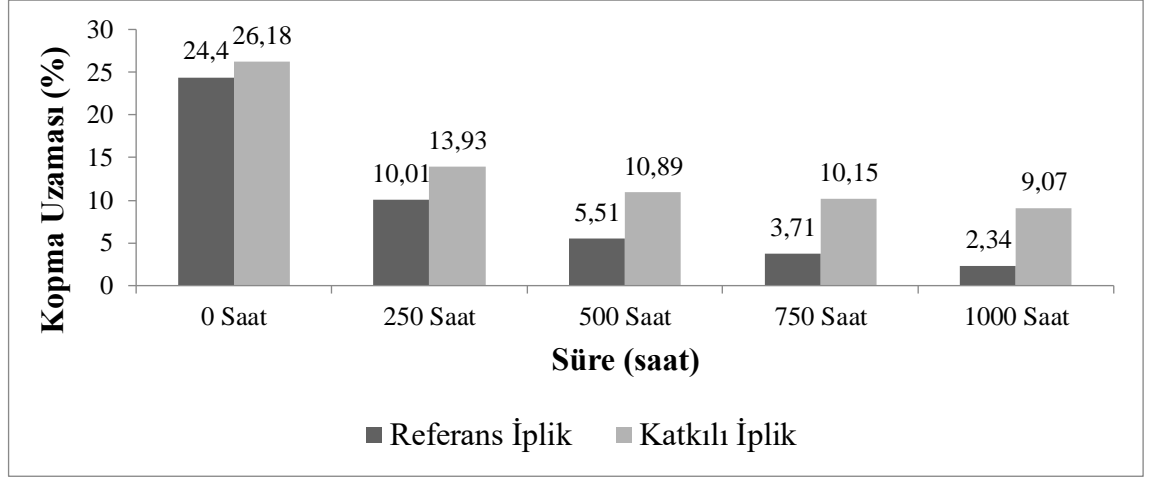
Şekil 4.1. 250 saatte bir iplik kopma mukavemeti değerlerinde gözlemlenen değişim

Referans ve katkılı ipliklerin başlangıç kopma mukavemetleri incelendiğinde, katkılı ipliklerin dayanımlarında bir miktar düşme göze çarpmaktadır. Kopma mukavemeti değerindeki bu düşüşe paralel olarak, katkılı ipliklerin kopma uzaması değerleri de referans ipliklere göre daha yüksek ölçülmüştür. Bu durum, her ne kadar performans arttırması hedefleniyor olsa da, polimer yapısına eriyik formda dahil edilmiş UV absorblama nitelikli masterbatch ürünün ipliklerin kopma mukavemeti değerini düşürdüğünü göstermektedir.

İlk 250 saatlik şartlandırmanın sonuna geldiğinde, referans ipliklerin kopma mukavemeti değerlerinde çarpıcı bir değişim göze çarpmaktadır, referans iplikler başlangıç kopma mukavemeti değerinin yaklaşık %45'ini kaybetmiştir. Kopma mukavemetindeki bu düşün 1000 saatin sonuna kadar devam etmiş, 1000 saat sonunda başlangıç kopma mukavemeti değerine göre ortalama %80 oranında bir düşük gözlenmiştir.

Katkılı ipliklerin şartlandırma süresince kopma mukavemetlerindeki değişim incelendiğinde, ilk 250 saatte başlangıç kopma mukavemeti değerinin yaklaşık olarak,

yalnız %22'sini kaybetmiş ve referans ipliklere göre %50'den fazla bir seviyede dayanım göstermiştir. Şekil 4.1'de görüldüğü üzere 1000 saat boyunca iki numune arasındaki mukavemet kaybı oranları hemen hemen paralel seyretmiş, belirleyici fark 250'inci saatte ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.2. 250 saatte bir iplik kopma uzaması değerlerinde gözlemlenen değişim

Şekil 4.2'de referans ve katkılı ipliklerin 1000 saatlik şartlandırma süresince, kopma uzaması değerlerinde meydana gelen değişim görülmektedir.

Katkıdan kaynaklanan daha düşük başlangıç kopma mukavemeti değerine sahip olması nedeniyle, katkılı ipliklerin başlangıç kopma uzaması değerleri daha yüksektir. İlk 250 saatte referans iplikler kopma uzaması değerlerinde yaklaşık %58 oranında bir düşme gözlenirken, katkılı ipliklerin kopma uzaması değerleri %46 oranında bir düşüş göstermiştir. Yine ilk 250 saatlik şartlandırma sonunda radikal bir değişim gözlenmiş olup, kopma uzaması değerlerindeki düşme 1000 saatlik şartlandırmanın sonuna kadar kontrollü bir şekilde devam etmiştir.

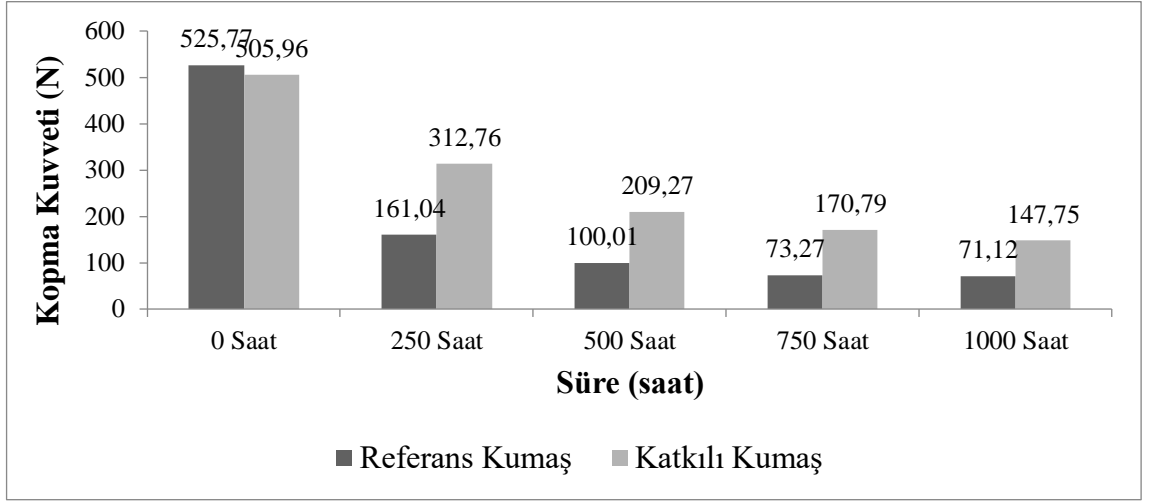
1000 saatlik şartlandırma tamamlandığında referans ipliklerin kopma uzama değerlerinde başlangıca göre yaklaşık %90 oranında bir düşme gözlenirken, katkılı ipliklerde yaklaşık %65 oranında bir düşme göstermiştir.

Kopma uzaması değerindeki bu değişim iplik numunelerinin kuvvet karşısındaki elastikiyet ve toparlanma özelliklerinin zayıfladığı, UV şartlandırma sonrasında daha kırılğan bir hale geldiğine işaret etmektedir.

Çizelge 4.2. Kumaş numunelerine ait çekme deneyi sonuçları

Ölçüm Süresi	Numune	Kopma Kuvveti N	Kayıp %	Kopma Uzaması %	Kayıp %
0 Saat	Referans	525,77	0,00	31,13	0,00
	Katkılı	505,96	0,00	33,98	0,00
250 Saat	Referans	161,04	69,37	8,99	71,12
	Katkılı	312,76	38,18	16,13	52,53
500 Saat	Referans	100,01	80,97	4,99	83,97
	Katkılı	209,27	58,63	11,47	66,24
750 Saat	Referans	73,27	86,06	3,70	88,11
	Katkılı	170,79	66,24	8,86	73,92
1000 Saat	Referans	71,12	86,47	3,29	89,43
	Katkılı	147,75	70,79	6,72	80,22

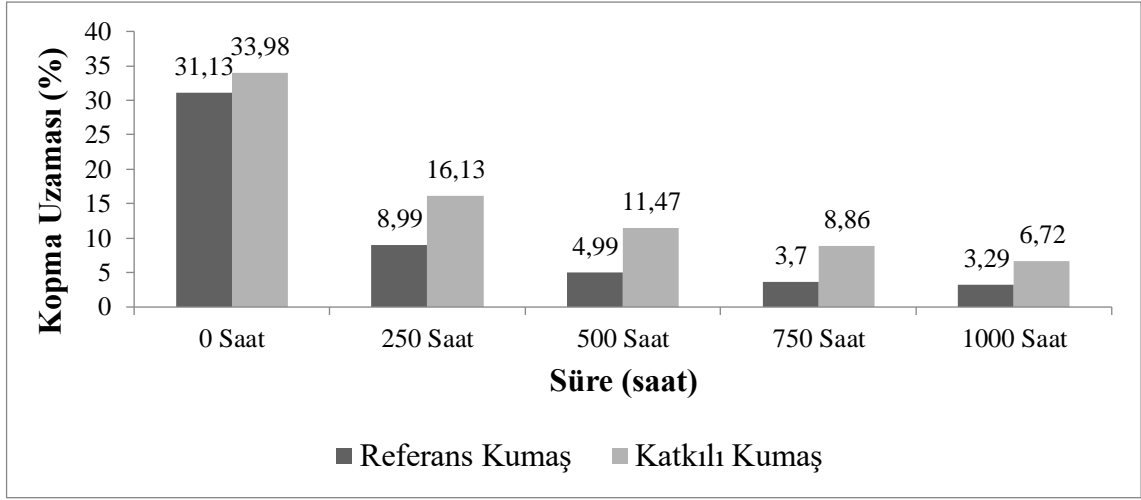
Referans ve katkılı ipliklerde olduğu gibi, bu iplikler ile üretilen dokuma kumaş numunelerinin başlangıç kopma kuvveti ve kopma uzaması değerleri benzerlik göstermektedir (Çizelge 4.2). Katkılı kumaş numunelerinin başlangıç kopma kuvveti değerleri referansa göre, UVA katkı malzemesinin etkisine bağlı olarak daha düşük tespit edilmiştir. Kopma uzaması değeri de buna bağlı olarak daha yüksek ölçülmüştür.



Şekil 4.3. 250 saatte bir kumaş kopma kuvveti değerlerinde gözlemlenen değişim

Aynı referans PET iplik numunelerinde olduğu gibi, referans kumaş numunelerinde de kopma kuvveti ilk 250 saatte ciddi bir kayıp görülmüştür. Numuneler başlangıç dayanımlarının neredeyse %70'ini ilk 250 saatte kaybetmiştir. Bu süre zarfında katkılı PET ipliklerden üretilen kumaşlar sadece %38 civarında bir dayanım kaybına uğramıştır.

1000 saatlik testin sonuna kadar, kopma kuvveti değerleri kontrollü bir şekilde düşmeye devam etmiştir. Toplam test süresi değerlendirildiğinde, referans kumaşların kopma kuvveti değerlerinde %86 oranında bir düşme gözlenirken, katkılı numunelerin kopma kuvvetleri %70 oranında düşme göstermiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.4. 250 saatte bir kumaş kopma uzaması değerlerinde gözlemlenen değişim

Referans numuneler, başlangıca değerine göre ilk 250 saatte, mekanik etkiler karşısında uzama özelliklerinin %70'ini kaybetmiştir. Katkılı ipliklerden üretilen kumaşlarsa, yaklaşık olarak başlangıç kopma uzaması değerlerinde %50 oranında bir kayıp ile daha iyi bir performans göstermiştir.

Yürütülen deneysel çalışmalar değerlendirildiğinde, katkılı ipliklerle üretilmiş dokuma kumaş numunelerinin, 1000 saatlik yapay dış ortam şartlandırması sonucunda uzama ve dayanım özelliklerinin referans ipliklerle üretilen dokuma kumaş numunelerine göre daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Kullanılan HPT katkının, düşük uçuculuk ve ince malzemelerle uyumlu kimyasal yapısı, numuneler için bir stabilizasyon sağlamasına ve 1000 saatlik test sürecinde PET numunelerin performansını arttırmasına olanak sağlamıştır.

4.2. Şartlandırma Sonrası Renk Değişimi Ölçümü

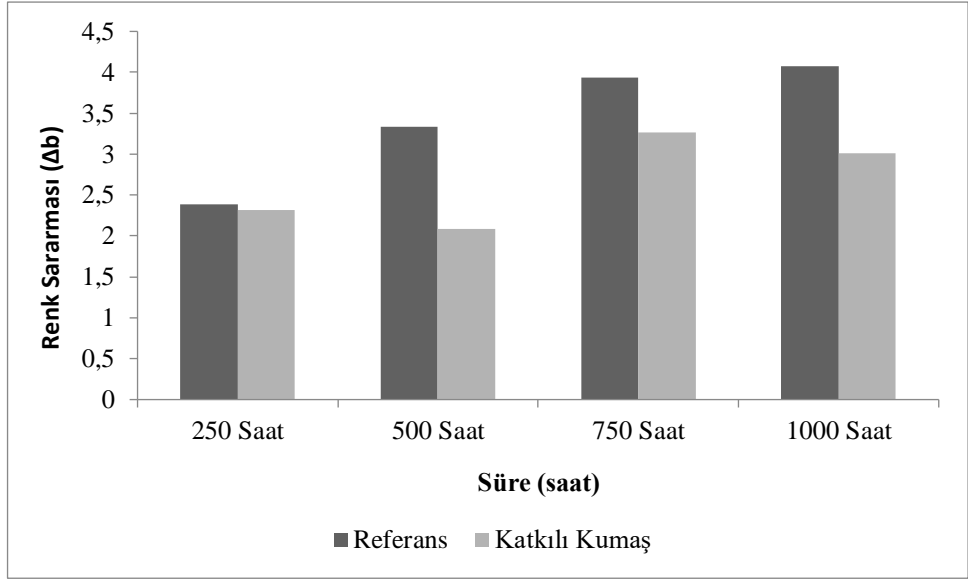
Şartlandırma kabininden çıkarılan numunelerin her 250 saatte bir spektrofotometre yardımı ile renk ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Foto degradasyonun etkisi, polimerik tekstil malzemelerinde özellikle parlaklık kaybı ve sararma olarak kendini gösterdiğinden ve test numuneleri ekru (ham renk) renk olduğundan, renk ölçümü sonrası b değerindeki değişim dikkate alınmıştır, ölçüm sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir. Δb değeri, numunenin sarılık değerindeki değişimi ifade ederken, ΔE değeri renk değişimindeki toplam farkı ifade etmektedir.

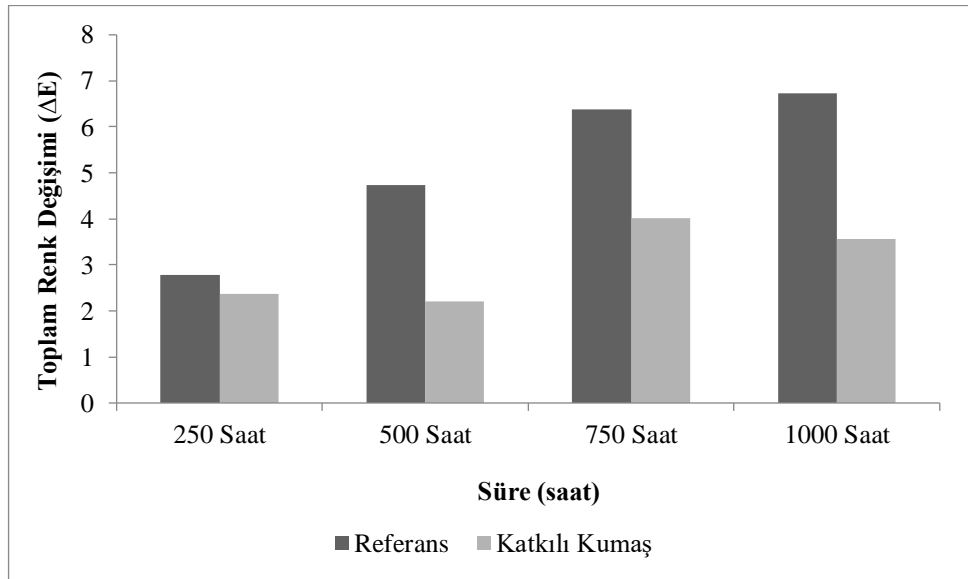
Çizelge 4.3. Şartlandırma sonrası Δb ve ΔE renk değerleri

	Referans	Katkılı
Δb-250 saat	2,39	2,32
ΔE-250 saat	2,79	2,37
Δb-500 saat	3,33	2,09
ΔE-500 saat	4,74	2,21
Δb-750 saat	3,94	3,27
ΔE-750 saat	6,38	4,02
Δb-1000 saat	4,08	3,01
ΔE-1000 saat	6,72	3,57

Referans kumaş numunelerinin Δb değerlerinde 1000 saatin sonuna kadar kademeli olarak artış görülmüştür (Şekil 4.5). En yoğun değişim 250’nci saatten 500’üncü saate geçerken gözlemlenmektedir. Katkılı kumaş numunelerinin renk ölçümlerinde ise varyasyon görülmektedir. Testler maliyet ve cihaz kabınınin yeterli numune pozisyonuna sahip olmaması nedeniyle tekrarlı yapılamamıştır. Bu nedenle varyasyon kaynağını tam olarak belirlemek mümkün olamamıştır. Ancak referans numunelerle karşılaştırma yapıldığında 1000 saat sonunda, katkılı numunelerinin neredeyse %25 daha az sararma özelliği taşıdığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.5. Kumaş sararma değerlerinde gözlemlenen değişim



Şekil 4.6. Kumaş renginde gözlemlenen toplam değişim

Şekil 4.6’da referans ve katkılı numunelerin 1000 saat şartlandırma boyunca toplam renk değişimleri verilmiştir. Referans numunenin 1000 saat sonunda başlangıç rengine göre

rengi neredeyse iki kat bir değişime uğramıştır. Ancak katkılı numune kısmen rengini korumuş, %30 civarında bir renk değişimine uğramıştır. Bu da kullanılan katkı malzemesinin kopma mukavemeti ve kopma uzaması performans avantajlarının yanısıra renk değişimine olan pozitif etkisini ortaya koymuştur.

4.3. Hızlandırma Süresinin Hesaplanması

1000 saatlik yapay ISO 105 B04 dış ortam şartlandırma testi ile elde edilen sonuçların, şayet Florida ikliminde gerçek dış ortam şartlandırması yapılırsa, ortalama kaç yıllık bir test süresi gerekeceğinin hesaplanması ve 1 yıllık Florida şartlarında teste karşılık gelen yapay şartlandırma süresini belirleyebilmek için teorik hesaplamalar yapılmıştır.

Yapay dış ortam şartlandırma testlerinde, gerçek dış ortamı doğru simule edebilmek için, kabin içi sıcaklığı, nem oranı, panel sıcaklığı gibi ekstra parametreler yer almaktadır. Bu simulasyonun en doğru şekilde çalışabilmesi için, testlerin Florida ikliminde, gerçek dış ortamda tekrarlanması ve bir şartlandırma kütüphanesi oluşturulduktan sonra hesaplama yapılması gerekmektedir. Ancak eldeki verilerle yapılan çalışmalardan yapılan hesaplamalar da yol gösterici olmaktadır.

ISO 105 B04 test standardına göre 300-400 nm dalga boyu aralığında ışımaya 42 W/m²'dir.

Florida'da ise 300-400 nm dalga boyu aralığında yıllık ışımaya 280 MJ değerine karşılık gelmektedir.

Hesaplamaların doğru yapılabilmesi için öncelikle eldeki tüm ışımaya verilerinin MJ cinsinden hesaplanması gerekmektedir. Bunun için denkem (2.6)'da verilen işlemin hesaplaması yapılmalıdır:

$$280 \text{ MJ/ m}^2 (300-400 \text{ nm}) = 42 \text{ W/m}^2 (300-400 \text{ nm}) * 3,6 * 0,001 * \text{ saat}$$

Bu hesaplamalardan elde edilen sonuca göre; 1 yıllık Florida ışımamı ve yapay dış ortam testleri ile bu ışımayı kaç saatlik bir testle simule edebileceğimizi ifade eden süre 1851,85

saattir. Tez çalışmasında 1000 saatlik veriler üzerinden değerlendirme yapıldığı için, 6 ayı çok az geçen bir süre için simülasyon yapıldığını söylemek mümkündür.

5.SONUÇ

Yapılan pazar araştırmaları dikkate alındığında, sektörde dış ortam kullanımına uygun döşemelik kumaş, bahçe mobilyası kumaşı, bahçe şemsiyesi kumaşı, tentelik kumaşlar gibi ürünlerde akrilik ipliklerin yaygın olarak kullanıldığı görölmektedir. Akrilik ipliklerin üretim ve tedariginde yaşanan kısıtlamalar ve fiyatlarının yüksek oluğu nedeniyle PET iplikler bu tür ürünler için alternatif haline gelmektedir.

Bu nedenle PET iplikler ile kumaş üretiminin ardından, uygun koşullarda dış ortam şartlarına maruz bırakıldıktan sonra dayanım ve performans özelliklerinin değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

PET ipliklerle üretilen kumaşlar ekru halde kullanılıp daha sonra kumaş boyama ya da baskı ile renklendirilebildiği gibi, eriyikten boyalı halde üretim yapılarak renk haslıklarını daha yüksek seviyeye çıkarmak ve performanslarını iyileştirmek de mümkündür.

Bu tez çalışmasında temel amaç, PET ipliklere dış ortam şartlarına karşı dayanım kazandırması beklenen HPT katkı malzemesinin, 1000 saatlik yapay dış ortam şartlarına karşı PET iplik ve bu ipliklerden üretilmiş dokuma kumaş numunelerine performans avantajı sağlayıp sağlamadığını tespit etmektir.

Bu amaçla referans ve HPT katkılı PET iplikler ticari olarak temin edilmiştir. Temin edilen ipliklerin, başlangıç fiziksel değerleri ölçölmüştür. Her iki iplik çeşidi ile dokuma kumaş numuneleri üretilmiş ve testler hem iplik hem de kumaş numunelerine uygulanmıştır.

Ticari anlamda satış ve pazarlama faaliyetleri süren ürünler için verilen spektler incelenerek, laboratuvar ortamında gerçekteştirilecek 1000 saatlik yapay dış ortam şartlandırma test standardı belirlenmiş ve her 250 saatte bir iplik numuneleri için kopma mukavemeti ve kopma uzaması, kumaş numuneleri için de kopma kuvveti ve kopma uzaması değerleri ölçölmüştür. Bu sayede 1000 saat sonunda katkılı ve katkısız numunelerin dış ortam dayanım davranışları karşılaştırılmıştır.

HPT bazlı katkı malzemesinin lif üretim prosesi boyunca, masterbatch formda, iplik yapısına dahil edilmesiyle üretilmiş UVA katkı malzemesi içeren PET ipliklerin, konvansiyonel PET ipliklerle karşılaştırmalı olarak başlangıç kopma mukavemetleri incelendiğinde, az da olsa daha düşük değerler verdikleri tespit edilmiştir. Bu durum, her ne kadar performans arttırması hedefleniyor olsa da, polimer yapısına eriyik formda dahil edilmiş UV absorblama nitelikli masterbatch ürünün iplik mukavemetlerini düşürdüğünü göstermektedir. Aynı şekilde dokuma kumaş numunelerinin başlangıç mukavemetlerinde de benzer durum gözlemlenmiştir.

Ancak ana hedef dış ortam şartlandırması sonrasında mukavemet kaybını minimuma indirmek olduğu için, hedef şartlandırma süreleri sonunda kullanılan HPT katkıların olumlu etkisi göze çarpmaktadır.

Ayrıca, 1000 saatlik şartlandırma sonrasında, referans ve katkılı numunelerin renklerdeki sararma incelendiğinde, katkılı numunelerinin neredeyse %25 daha az sararma özelliği taşıdığı gözlemlenmiştir. Bu da kullanılan katkı malzemesinin kopma mukavemeti ve kopma uzaması performans avantajlarının yanısıra renk değişimine olan pozitif etkisini ortaya koymuştur.

Laboratuvar koşullarında, özel test cihazlarında gerçekleştirilen şartlandırma testlerinin, her zaman gerçek iklim koşullarında hangi sürelerde şartlandırmaya karşılık geldiği sürekli irdelenen bir konu halien gelmiştir. Tez çalışmasında, bu konu da göz önüne alınarak, veriye ulaşmak için ihtiyaç duyulan hesaplamalar yapılmış ve 1000 saatlik laboratuvar şartlandırmanın gerçek koşullarda yaklaşık 6 aylık bir dış ortam şartlandırmasına karşılık geldiği bilgisine ulaşılmıştır.

Bu tezin devamında yapılabilecek çalışmalar:

- Daha uzun süreli performans değerlendirmesi için 1000 saatlik test süresi 2500 – 4000 saatlik test sürelerine yükseltilebilir.

- Eriyikten boyalı ipliklerden üretilen dokuma kumaş numunelerinin de hem haslık hem fiziksel dayanım açısından ilk aşamada 1000 saatlik yapay laboratuvar şartlandırması gerçekleştirilerek performans değerlendirmesi yapılabilir.
- Nihai ürün olan iplik üzerindeki HPT miktarı %1,2 oranından daha yüksek ve daha düşük tutularak, yapay dış ortam şartlandırma testleri tekrarlanıp, optimum katkı oranı belirlenerek maliyet ve performans avantajları ölçülebilir.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2019.** Korteks Oryantasyon Notları, (Erişim tarihi: 05.11.2011).
- Anonim, 2011.** Outdoor Weathering: Basic Exposure Procedure. <http://www.q-lab-corporation.ru/doc/Q-Lab-LL9025-Outdoor.pdf> (Erişim tarihi:13.12.2018).
- Anonim, 2012a.** Tekstüre İplik Üretimi. http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Tekst%C3%BCre%20%C4%B0plik%20%C3%9Cretimi.pdf (Erişim tarihi:22.07.2017).
- Anonim, 2012b.** <https://adhesives.specialchem.com/selection-guide/uv-light-stabilizers-state-of-the-art/ultraviolet-absorbers> (Erişim tarihi:18.05.2017).
- Anonim, 2015.** Weathering Testing Guidebook. <http://www.strenometer.dk/Files/Downloads/Guidebook.pdf> (Erişim tarihi:24.12.2018).
- Bechtold, K., Avar, L. 1999.** Studies on the Interaction of Photoreactive Light Stabilizer and UV Absorbers. *Progress in Organic Coatings*, 35: 15-17.
- Botelho, G., Queiros, A., Liberal, S., Gijsman, P. 2001.** Studies on thermal and thermo-oxidative degradation of poly(ethylene terephthalate) and poly(butylene terephthalate). *Polymer Degredation and Stability*, 74: 39-48.
- Breese, R. R. 1986.** General Effects of Aging on Textiles. *Journal of American Institute for Conversation*, 25: 39-48.
- Chin, J. W. et al. 2003.** Gap Analysis for Durability of Fiber Reinforced Polymer Composites in Civil Infrastructure. *Journal of Composites for Construction*, 7(3): 238-247.
- Dayioğlu, H., Karakaş H. 2007.** Elyaf Bilgisi. No. 1, ISBN: 978 975 01610 1 8, Ajans Plaza, İstanbul, 81-138 s.
- Decker, C., Biry, S., Zahouily, K. 1995.** Photostabilisation of Organic Coatings. *Polymer Degradation and Stability*, 49(1): 111-119.
- Demir, A. 2006.** Sentetik Filament İplik Üretim ve Tekstüre Teknolojileri. No. 1, ISBN: 97597055 1 4, Şan Ofset, İstanbul, 55-91 s.
- Ding, X., Yang, X. 2006,** Prediction of outdoor weathering performance of polypropylene filaments by accelerated weathering tests. *Geotextiles and Geomembranes*, 24(2): 103-109.
- Fechine, G. J. M., Souto-Maior, R. M., Rabello, M. S. 2001.** The effect of ultraviolet stabilizers on the photodegradation of poly(ethylene terephthalate). *Polymer Degredation and Stability*, 75(1): 153-159.
- Gerlock, J. L., Bauer, D.R., Briggs, L. M., Dickie, R. A. 1958.** A Rapid Method of Predicting Coating Durability Using Electron Spin Resonance. *Journal of Coating Technology*, 57: 37-46.
- Gijsman, P., Meijers, G., Vitarelli, G. 1999.** Comparison of the UV-degradation chemistry of polypropylene, polyethylene, polyamide 6 and polybutylene terephthalate. *Polymer Degradation and Stability*, 65: 443-441.
- Gijsman, P., Sampers, J., Hutten, E. 2001.** Accelerated weathering of unsaturated polyester resins. Aspects of appearance change. *Polymer Testing*, 44: 208-223.
- Gijsman, P. 2017.** A review on the mechanism of action and applicability of Hindered Amine Stabilizers. *Polymer Degradation and Stability*, 145: 2-10.
- Gugumus, F. 2002.** Possibilities and limits of synergism with light stabilizers in polyolefins 2. UV absorbers in polyolefins. *Polymer Degradation and Stability*, 75: 309-320.

- Maetens, D. 2007.** Weathering degradation mechanism in polyester powder coatings. *Progress in Organic Coatings*, 58: 172-179.
- Mangut, M., Karahan, N., 2008.** Tekstil Lifleri. Ekin Yayınevi, Bursa, 256-261 s.
- McCusker, M. 1999a.** A UVA-HALS Primer: Everything You've Ever Wanted to Know About Light Stabilizers Part 1, *Metal Finishings*, May 1999: 51-53.
- McCusker, M. 1999b.** A UVA-HALS Primer: Everything You've Ever Wanted to Know About Light Stabilizers Part 2. *Metal Finishings*, June 1999: 83-86.
- McCusker, M. 1999c.** A UVA-HALS Primer: Everything You've Ever Wanted to Know About Light Stabilizers Part 3, *Metal Finishings*, July 1999: 38-40.
- Rabek, J. F. 1990.** Photostabilization of Polymers: Principles and Applications, Elsevier Applied Science, London, UK, 668 pp.
- Rabek, J. F. 1995.** Polymer Photodegradation Mechanisms and Experimental Methods. Chapman & Hall Publishing, London, UK, 664 pp.
- Said, M. A., Dingwall, B., Seyam, A. M., Mock, G., Theyson, T. 2005.** Investigation of ultra violet (UV) resistance for high strength fibers. *Advances in Space Research*, 37: 2052-2058.
- Seventekin, N. 2003.** Kimyasal Lifler. Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını, İzmir, 52-69 s.
- Schaller, C., Rogez, D., Braig, A. 2008.** Hydroxyphenyl-s-triazines: advanced multipurpose UV-absorbers for coatings. *Journal of Coating Technologies and Research*, 5(1): 25-31.
- Schaller, C., Rogez, D., Braig, A. 2009.** Hindere amin light stabilizers in pigmented coatings. *Journal of Coating Technologies and Research*, 6(1): 81-88.
- Scott, K., McGreeger, M. 2008.** Factors of weathering and climate. *Paint and Coating Industry*, February 2008: 46-54.
- Stahrfeld, A., Braig, A. 2002.** Advanced UV Protection of Automotive Clear Coatings. Proceedings from XXVI FATIPEC Congress, Dresden, Germany.
- Tinuvin 1577, 2010.** Ürün Broşürü, BASF.
- Todesco, R. V., Ergenc, N. 2002.** Additive in Plastic Application, *Chimia*, 56(5): 225-238.
- Todesco, R. V. 2016.** Stabilizers in Polymers, Rubbers, Coating and Adhesives, Seminar, Çerkezköy, Türkiye.
- Wypych, G. 2013.** Handbook of Material Weathering. Chemteg Publishing, Toronto, Canada, 828 pp.
- Yousif, E., Haddad, R., 2013.** Photodegradation and Photostabilization of Polymers, especially polystyrene: review. SpringerPlus 2 398.
- Zielnik, F. A. 2013.** High Irradiance Weathering Testing, Atlas Material Testing Solutions, Technical Bulletin. https://www.atlas-mts.com/-/media/ametekatlas/files/knowledgecenter/library/technicaldocuments/atlas_wp101_high_irradiance_2013-07-17.pdf?la=en (Erişim tarihi:27.11.2017).
- Zielnik, A. 2018a.** Basics of Irradiance and Radiant Energy in Weathering Tests, Atlas Material Testing Solutions Technical Bulletin. https://www.atlas-mts.com/-/media/ametekatlas/files/knowledgecenter/library/technicaldocuments/atlas_tg101_basics%20of%20irradiance%20in%20weathering%20testing%202018-02-16_az.pdf?la=en (Erişim tarihi:27.11.2017).
- Zielnik, A. 2018b.** Basics of Polymer Degradation of Weathering, Atlas Material Testing Solutions, Technical Bulletin. https://www.atlas-mts.com/-/media/ametekatlas/files/knowledgecenter/library/technicaldocuments/atlas_tg102_basics%20of%20polymer%20degradation%20of%20weathering%202018-02-16_az.pdf?la=en

[s%20of%20polymer%20degradation%20in%20weathering_2018-03-01_az.pdf?la=en](#)
(Erişim tarihi:27.11.2017).

Zielnik, A. 2019. Primary Factors of Weathering, Atlas Material Testing Solutions, Technical Bulletin. https://www.atlas-mts.com/-/media/ametekatlas/files/knowledgecenter/library/technicaldocuments/atlas_tg106_primary_factors_of_weathering_az_2019-05-13.pdf?la=en (Erişim tarihi:27.11.2017).

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nimet DOĞMUŞ YILMAZ
Doğum Yeri ve Tarihi : Osmangazi / BURSA 23.08.1989
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu
Lise : Bursa Erkek Lisesi (2003-2007)
Lisans : Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği (2007-2011)
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı (2012-2019)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Korteks Mensucat San. Ve Tic. A.Ş. (2011-2016)
Setaş Kimya Sanayi A.Ş. (2016-2018)
Polyteks Tekstil San. Araş. Ve Eğt. A.Ş. (2018-2019)
B.C.G. Kimya Ltd. Şti. (2019-2019)

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