T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÖRME YATAK KUMAŞLARINDA GÜÇ TUTUŞURLUK

Hazırlayan
Züleyha ÖNDER

Danışman
Prof. Dr. Hüseyin Gazi TÜRKSOY

Yüksek Lisans Tezi

Mayıs 2019
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÖRME YATAK KUMAŞLARINDA GÜÇ TUTUŞURLUK

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Züleyha ÖNDER

Danışman
Prof. Dr. Hüseyin Gazi TÜRKSOY

Mayıs 2019
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Züleyha ÖNDER



YÖNERGEYE UYGUNLUK

"Örme Yatak Kumaşlarında Güç Tutuşurluk" adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Züleyha ÖNDER

Danışman

Prof. Dr. Hüseyin Gazi TÜRKSOY

Tekstil Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Abdülkadir BİLİŞİK

Prod.Dr.Hüseyin Gazi TÜRKSOY danışmanlığında **Züleyha ÖNDER** tarafından hazırlanan **"Örme Yatak Kumaşlarında Güç Tutuşurluk"** adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Tekstil Mühendisliği** Anabilim Dalında **yüksek lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

22 / 05 / 2019

JÜRİ:

Danışman : Prof.Dr.Hüseyin Gazi TÜRKSOY .....

Üye : Prof.Dr.Nazım Paşayev .....

Üye : Doç.Dr.Hüseyin Benli .....

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 18/06/2019 tarih ve 2019/34-12 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

18 / 06 / 2019

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca tecrübeleriyle bana daima yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hüseyin Gazi TÜRKSOY'a, teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmanın gerçekleştirilmesi sırasında benden yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Sümeyye ÜSTÜNTAĞ'a ve çalışmanın gerçekleştirildiği Boyteks A.Ş. firması çalışanlarına teşekkür ederim.

Ayrıca, her zaman olduğu gibi tezim süresince de benden desteklerini esirgemeyen canım aileme candan teşekkürlerimi sunarım.

Züleyha ÖNDER

Kayseri, Mayıs, 2019

ÖRME YATAK KUMAŞLARINDA GÜÇ TUTUŞURLUK

Züleyha ÖNDER
Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Mayıs 2019
Danışman: Prof. Dr. Hüseyin Gazi TÜRKSOY

ÖZET

Tekstil endüstrisinde müşteri ihtiyaçları ve talepleri gün geçtikçe artmakta bunun bir sonucu olarak da ürünlerden çeşitli fonksiyonel özellikler beklenmektedir. Bu anlamda güç tutuşurluk konusu, tekstilde sürekli gelişen dinamik bir alandır. Malzemelerin yanmasını engelleyerek yangınlardan korunma, özellikle ev tekstili ürünleri için geçmişten günümüze kadar gelen bir gerekliliktir.

Bu tez çalışması kapsamında ilk olarak; yuvarlak örme makinelerinde %100 Polyester (PET) yatak kumaşı üretilmiştir. Daha sonra üretilen bu kumaşlara, emdirme ve köpük kaplama yöntemlerine göre güç tutuşurluk kimyasalları uygulanmıştır. Emdirme yönteminde güç tutuşurluk kimyasalının miktarı, fikse sıcaklığı ve sıkma basıncı parametreleri, köpük kaplama yönteminde ise köpük yoğunluğu ve fikse sıcaklığı parametreleri değiştirilerek örme yatak kumaşı üzerindeki güç tutuşurluk etkileri analiz edilmiştir. Güç tutuşurluk özelliklerinin değerlendirilmesinde, LOI (Limit Oksijen İndeksi), Sigara ve Kibrit Alevi Eşdeğeri testlerinden yararlanılmıştır.

Çalışma sonucunda, güç tutuşurluk tespiti için yapılan LOI testine göre, köpük kaplama yönteminde güç tutuşurluk kimyasalı köpük yoğunluğunun, emdirme yönteminde ise değiştirilen tüm parametrelerin güç tutuşurluk üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Sigara testi sonuçlarına göre, çalışmada kullanılan her iki uygulama yönteminde, tüm değişkenlerin güç tutuşurluk üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Ayrıca Kibrit Alevi Eşdeğeri testi sonuçlarına göre, köpük kaplama yöntemindeki değişkenler için sonuçlar anlamlı bir etkiye sahip değilken, emdirme yönteminde değiştirilen tüm parametreler güç tutuşurluk üzerinde istatistiksel olarak etkili bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yatak kumaşı, güç tutuşurluk, köpük kaplama, emdirme, PET.

FLAME RETARDANCY IN KNITTED MATTRESS FABRICS

Züleyha ÖNDER
Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
M.Sc. Thesis, May 2019
Supervisor: Prof. Dr. Hüseyin Gazi TÜRKSOY

ABSTRACT

In textile industry, customers' needs and demands are increasing day by day and as a result, some functional properties are expected from products. In this context, the subject of flame retardancy is a dynamic area which is constantly developing in textile industry. Protection from fires by preventing the burning of materials has been a requirement from past to present especially for home textile products.

In this thesis, initially, 100% Polyester (PET) mattress fabric has been produced in circular knitting machines. Then, these fabrics are applied with the flame retardant chemicals by the impregnation and foam coating methods. For the impregnation method; the quantity of the unflammability chemical, the fixed temperature and the compression pressure parameters; and for the foam coating method, the foam density of the unflammability chemical and the fixed heat parameters were varied and their effects on the unflammability of the knitted mattress fabric were analyzed. Limit oxygen index (LOI), Cigarette and Simulated Match Test were used for testing unflammability.

At the end of the study, the foam density for the foam coating method and all variables for the impregnation method are found to be statistically significant according to LOI test results. In addition, cigarette test results showed that all variables of foam coating and impregnation methods have statistically significant effects on the unflammability of knitted fabric samples. On the other hand, only the effects of impregnation method's variables on the unflammability, are found to be statistically significant according to the results of Simulated Match Test.

Key Words: Mattress fabric, flame retardancy, foam coating, impregnation, PET.

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK i

YÖNERGEYE UYGUNLUK ii

ONAY…… iii

TEŞEKKÜR iv

ÖZET…... v

ABSTRACT vi

İÇİNDEKİLER vii

KISALTMALAR VE SİMGELER xi

TABLOLAR LİSTESİ xii

ŞEKİLLER LİSTESİ xiv

GİRİŞ…….. 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Ev Tekstili Ürünleri 3

1.1.1. Ev Tekstili Ürün Grupları İçerisinde Yatak 5

1.1.1.1 Dünya'da ve Türkiye'de Yatak Sektörü 5

1.1.1.2. Yatak Çeşitleri ve Üretimi 7

1.1.1.3. Örme Yatak Kumaşları ve Üretimi 11

1.1.1.3.1. Havlu Yatak Kumaşları 12

1.1.1.3.2. Kadife Yatak Kumaşları 13

1.1.1.3.3. Sandviç Yatak Kumaşları 13

1.1.1.3.4. Dolgu İplikli Yatak Kumaşları 13

1.2. Teknik Tekstil Kavramı ve Yatak Kumaşlarında Koruyucu Tekstiller 14

1.2.1. Yüksek Isı ve Alevden Koruyucu Tekstiller 15

1.3. Yanma Mekanizması ve Yangın 17

1.3.1. Tekstil Materyallerinin Yanma Mekanizması 19

1.3.2. Kumaş Yanıcılığını Etkileyen Faktörler 22
1.4. Güç Tutuşurluk 23
1.4.1. Kimyasal Yapılarına Göre Güç Tutuşurluk Maddeleri 26
1.4.1.1. Halojen İçeren Güç Tutuşurluk Kimyasalları 26
1.4.1.2. Azot İçeren Güç Tutuşurluk Kimyasalları 27
1.4.1.3. Silikon İçeren Güç Tutuşurluk Kimyasalları 27
1.4.1.4. Bor İçeren Güç Tutuşurluk Kimyasalları 27
1.4.1.5. Karışık Elementler 27
1.4.1.6. Fosfor İçeren Güç Tutuşurluk Kimyasalları 28
1.4.2. Güç Tutuşurluk Sağlayan Maddelerin Etki Mekanizması 29
1.4.3. Güç Tutuşur Kumaşların Eldesi 31
1.4.3.1. Yapısı İtibariyle Güç Tutuşan Liflerin Kullanılması 31
1.4.3.2. Liflerin Kopolimerazasyon ve Kimyasal Modifikasyon ile Yapılarının Değiştirilmesi 32
1.4.3.3. Sentetik Polimere Lif Çekimi Esnasında Güç Tutuşma Sağlayıcı Kimyasalların İlave Edilmesi 32
1.4.3.4. Kumaşın Güç Tutuşma Sağlayan Kimyasallar ile Muamele Edilmesi 32
1.4.4. Güç Tutuşurluk Test Metotları 34
1.4.4.1. Sigara Testi 34
1.4.4.2. Kibrit Alevi Eşdeğeri Testi 35
1.4.4.3. Crib 5 Testi 35
1.4.4.4. Güç Tutuşurlukta Alman Test Standardı 35
1.4.4.5. Güç Tutuşurlukta Fransız Test Standardı 36
1.4.4.6. Güç Tutuşurlukta Amerika Test Standardı 37
1.4.4.7. California 1633 Test Standardı 38
1.4.4.8. Limit Oksijen İndeksi 38
1.4.4.9. 45° Eğik Yakma Test Standardı 39

1.4.4.10. Yatay Yakma Test Standardı 39

1.4.4.11. Dikey Yakma Test Standardı 39

1.4.4.12. Yarım Daire Test Standardı 40

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal 41

2.1.1. Uygulama Parametreleri 42

2.2. Metot 45

2.2.1. Numune Kumaşlara Uygulanan Testler 46

2.2.1.1. Sigara Testi 46

2.2.1.2. Kibrit Alevi Eşdeğeri Testi 47

2.2.1.3. Limit Oksijen İndeksi 48

3. BÖLÜM

ARAŞTIRMA SONUÇLARI

3.1. LOI Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi 50

3.1.1. Köpük Kaplama Yöntemi İçin LOI Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi 50

3.1.2. Emdirme Yöntemi İçin LOI Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi 52

3.2. Kibrit Alevi Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi 55

3.2.1. Köpük Kaplama Yöntemi İçin Kibrit Alevi Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi 56

3.2.2. Emdirme Yöntemi İçin Kibrit Alevi Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi 57

3.3. Sigara Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi 59

3.3.1. Köpük Kaplama Yöntemi İçin Sigara Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi 60

3.3.2. Emdirme Yöntemi İçin Sigara Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi 62

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuç 65

4.2. Öneriler.....66

KAYNAKLAR.....68

KISALTMALAR VE SİMGELER

LOI	Sınırlayıcı oksijen indeksi = Minimum oksijen ihtiyacı
FR	Aleve dirençli, güç tutuşur
Tg	Camlaşma sıcaklığı
Tc	Yanma sıcaklığı
Tm	Erime sıcaklığı
Tp	Piroliz sıcaklığı
PET	Polietilenteraftalat (poliester)
SPSS	Statistical Analyses Program for Social Sciences
SNK	Student-Newman-Keuls

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Ev tekstili ürünlerinin sınıflandırılması 3

Tablo 1.2. Türkiye yatak pazar değerinin yıllara göre değişimi 7

Tablo 1.3. Yangına maruz kalan 3087 kişiden alınan verilere göre, ilk tutuşan madde olarak tanımlanan, yanma oranı en yüksek ilk 25 kumaş örneği 16

Tablo 1.4. Bazı liflerin termal özellikleri 20

Tablo 1.5. Bazı liflerin yanma özellikleri 22

Tablo 1.6. 2018 yılına ait yangın istatistiği 26

Tablo 1.7. Güç tutuşurluk test standartları 34

Tablo 1.8. LOI değerlerine göre güç tutuşturucularının sınıflandırılması 39

Tablo 2.1. Aplikasyonda kullanılan reçeteler ve tanımlar 43

Tablo 2.2. Aplikasyonda kullanılan reçeteler ve tanımlar 43

Tablo 2.3. Köpük kaplamada değiştirilen kimyasal parametreleri ve değerleri 44

Tablo 2.4. Emdirme yönteminde değiştirilen kimyasal parametreleri ve değerleri 45

Tablo3.1. Köpük kaplama uygulama yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların LOI değerleri için ANOVA tablosu 51

Tablo 3.2. Köpük kaplama uygulama yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların LOI değerleri için SNK tablosu 52

Tablo 3.3. Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların LOI değerleri için ANOVA tablosu 54

Tablo 3.4. Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların LOI değerleri için SNK tablosu 54

Tablo 3.5. Köpük kaplama uygulama yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların Kibrit Alevi test değerleri için ANOVA tablosu 57

Tablo 3.6. Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların Kibrit Alevi testi değerleri için ANOVA tablosu 58

Tablo 3.7. Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların Kibrit Alevi testi değerleri için SNK tablosu 59

Tablo 3.8. Köpük kaplama uygulama yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların Sigara testi değerleri için ANOVA tablosu 61

Tablo 3.9. Köpük kaplama uygulama yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların Sigara testi değerleri için SNK tablosu 61

Tablo 3.10. Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların Sigara testi değerleri için ANOVA tablosu 63

Tablo 3.11. Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların Sigara testi değerleri için SNK tablosu 64

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Yıllara göre Dünya yatak üretimi pazar değeri 5
Şekil 1.2. Ülkelerin yatak üretim kapasitesi 6
Şekil 1.3. (a) Bonel yaylı (b) Torba yaylı (c) Lateks malzemeli (d) Hava yatağı (e) Su yatağı 8
Şekil 1.4. Yaylı yatakların üretim aşamaları (a) Bonel yay sistemi (b) Yayların arasına takoz yerleştirilmesi (c) Yayların üzerine keçe serilmesi (d) Keçenin üzerine sünger kaplanması (e) Yatak kesiti: yay- keçe-sünger katmanlarının görünümü (f) Mamul 9
Şekil 1.5. (a) Yatak kapitone yüzeyi (b) Yatak ve kapitone katmanları 11
Şekil 1.6. İki iğne yatağı arasına dolgu ipliği besleyecek özel iplik kılavuzunun fotoğrafı 14
Şekil 1.7. Piroliz sonucu açığa çıkan ürünler 18
Şekil 1.8. Tekstil lifleri için yanma döngüsü 19
Şekil 1.9. Endotermik yıkım reaksiyonları 30
Şekil 1.10. Camsı yüzey 30
Şekil 1.11.Serbest radikal yanma reaksiyonu 30
Şekil 2.1. OVJA 1.6 E Mayer & Cie. yuvarlak örme makinesi 41
Şekil 2.2.(a) Laboratuar tipi köpük kaplama makinesi (b) Laboratuar tipi emdirme makinesi 42
Şekil 2.3. (a) Dikey yerleştirilen sigara ve (b) yanma sonrası kumaştaki görüntüsü 47
Şekil 2.4. (a) Alevin kumaşla teması (b) yanma sonrası açılma uzunluğu 48
Şekil 2.5. (a) LOI Test Cihazı (b) cam hazne içindeki numune tutucu 49
Şekil 3.1. Köpük kaplama uygulama yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numunelerin ortalama LOI test sonuçları 51
Şekil 3.2.Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numunelerin ortalama LOI test sonuçları 53
Şekil 3.3. Köpük kaplama uygulama yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numunelerin ortalama Kibrit Alevi test sonuçları 56
Şekil 3.4.Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numunelerin ortalama Kibrit Alevi test sonuçları 57

Şekil 3.5. Köpük kaplama uygulama yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numunelerin ortalama Sigara test sonuçları 60
Şekil 3.6. Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numunelerin ortalama Sigara test sonuçları.....62

GİRİŞ

Güç tutuşma özelliğine sahip ürünlerin kullanımının yaklaşık 400 yıllık bir geçmişe sahip olduğu bilinmektedir. Paris tiyatrolarında güç tutuştuğu ifade edilen kanvaslar (1638 yılı) ve Oxford'da raporlanan "Tutuşmayan Giysi" (1684 yılı) bu konuda kaydedilmiş olan en eski örnekler olarak karşımıza çıkmaktadır [1]. Günümüzde ise birçok farklı ürüne güç tutuşurluk özelliğinin kazandırılması gerekliliği ve bu yönde yoğun çalışmaların yapılmakta olduğu görülmektedir. İtfaiyeci, işçi ve cankurtaran giysilerinde, özellikle halka açık binaların yer kaplamalarında, iç döşemeliklerinde, yatak ve perdelik kumaşlarında, askeri ve uçak sanayisinde, tüm taşıt araçlar için ve topluma açık sinema, tiyatro, hastane, huzur evlerinde güç tutuşur tekstillere ihtiyaç duyulmaktadır.

Günlük hayatımızda sıkça kullandığımız ev tekstili ürünlerinin üretiminde kullanılan doğal veya sentetik malzemelerin büyük bir bölümü uygun şartlar altında yanmaya eğilimlidir. Bu eğilim nedeniyle ev yangınlarından dolayı ülkemizde ve dünyada her yıl binlerce insan hayatını kaybetmektedir. Evde veya kapalı mekânlarda kullanılan yer döşemeleri, perde, nevresim, yatak, yorgan ve benzeri birçok tekstil ürünü içeren ev tekstilleri, yangının büyümesinde önemli rol oynamaktadır. Bu sebeple meydana gelen kazalar sonucunda çıkan yangınların sebep olduğu can ve mal kayıpları, sözü edilen ev tekstili ürünlerinin kullanımında yeni kriterlerin ve gereksinimlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Güç tutuşur tekstil ürünlerinin kullanımı ve kolay tutuşan ev tekstil ürünleri ile ilgili olarak getirilen düzenlemeler, tekstil ürünlerinin yanma risklerini azaltma yönünde oldukça etkili olmuştur.

Güç tutuşur ev tekstili ürünleri içerisinde, hazır yatak sektörü son yıllarda hızlı bir gelişim içerisine girmiştir. İnsanların aldıkları yataklardan beklentileri sadece kaliteli bir uyku değil, aynı zamanda yangın gibi olumsuz bir durum karşısında güç tutuşur özellikte olmasıdır. İstenilen bu özelliklerin yatağa kazandırılmasında, yatağın yapısındaki, yatak yüzü kumaşının özellikleri büyük rol oynamaktadır. Yatağa istenilen

konfor ve güç tutuşur özelliklerin kazandırılabilmesi için yatağı oluşturacak malzemelerin de doğru tespit edilerek uyumlu bir şekilde kullanılması gerekmektedir.

Güç tutuşur yatak kumaşlarında temel amaç yanmayı engellemek olsa da, güç tutuşurluk etkisinin kalıcılığı, ürünün konforu ve aynı zamanda çevre dostu olması da göz önünde bulundurulması gereken hususlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunların dışında toksik özelliğinin bulunmaması ve maliyetinin yüksek olmaması güç tutuşur yatak kumaşlarından beklenen özellikler arasındadır. Yapılan çalışmalar da tüm bu beklentileri karşılayacak ürünleri geliştirme üzerine yoğunlaşmıştır.

Literatürde güç tutuşur tekstil ürünleri hakkında birçok çalışma mevcuttur. Ancak güç tutuşur özellikte örme yatak kumaşları ile ilgili sınırlı sayıda çalışma olduğu görülmüştür. Bu tez çalışmasında, emdirme ve köpük kaplama yöntemine göre uygulanan güç tutuşurluk kimyasalının uygulama parametreleri değiştirilerek %100 Polyester (PET) örme yatak kumaşı üzerindeki güç tutuşurluk etkileri incelenmiştir. Kumaşa uygulanan kimyasalın miktarı, köpük yoğunluğu, fikse sıcaklığı ve sıkma basıncı parametrelerinin değiştirilmesiyle, yatak kumaşının yanma özelliklerinin ne şekilde değiştiğinin belirlenebilmesi amacıyla Limit Oksijen İndeksi (LOI), İçin İçin Yanan Sigara ve Kibrit Alevi Eş Değeri güç tutuşurluk testleri yapılmış, sonuçlar istatistiksel olarak analiz edilerek yorumlanmıştır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Ev Tekstili Ürünleri

Ev tekstil ürünleri, yaşadığımız alanlarda gerek estetik gerekse fonksiyonel amaçlı kullanılan araçlardır. Genel olarak ev tekstil ürünleri; yatak, yatak örtüsü, nevresim takımı, havlu, bornoz, perde, koltuk kılıfı, halı, kilim, paspas, battaniye, mutfak havlusu, temizlik bezi, yorgan, yastık, döşemelik kumaşlar, banyo örtüleri, duvar kaplamaları vb. ürünlerdir. Ev tekstili ürünlerinin sınıflandırılması Tablo 1.1'de verilmiştir.

Tablo 1.1. Ev tekstili ürünlerinin sınıflandırılması [2]

EV TEKSTİL ÜRÜNLERİ			
İNSAN FAKTÖRÜ ESASLI ÜRÜN GRUPLARI		MEKÂN FAKTÖRÜ ESASLI ÜRÜN GRUPLARI	
İnsanla Doğrudan İlişkililer	**İnsanla Dolaylı Yoldan İlişkililer**	**Mekânla Doğrudan İlişkililer**	**Mekânla Dolaylı Yoldan İlişkililer**
Yatak Çarşafları	Yataklar (Yatak Yüzleri)	Nevresimler	Yataklar (Yatak Yüzleri)
Yatak Yastığı Kılıfları	Yorganlar (Nevresimli kullanım)	Pikeler	Yatak Yastıkları Dolgusu
Pikeler	Alezler	Yatak Örtüleri	Alezler
Bornozlar	Yatak Yastıkları	Perdeler/Tüller	Yatak Çarşafları
Sabahlıklar	Perdeler/Tüller	Cibinlikler	Temizlik Bezleri
Robdöşambrlar	Halılar	Duş Perdeleri	Şilteler
Diz Battaniyeleri	Kilimler	Gipürler	Yatak Yastığı Kılıfları
Döşemelikler	Paspaslar	Banyo Örtüleri	Yorganlar
Yastık Kılıfları (Oturma Grubu için)	Duvar Halıları	Yastık Kılıfları	Minder Dolgusu
Havlular	Oturma Grubu Yastıkları	Masa Örtüleri	Oturma Grubu Yastıkları Dolgusu
Masa Örtüleri	Battaniyeler (Nevresimli kullanım)	Peçeteler	Battaniyeler (Nevresimli kullanım)
Peçeteler	Şilteler	Döşemelikler	Elektrikli Battaniyeler
Uyku Tulumları	Elektrikli Battaniyeler	Duvar Kaplamaları	Havlular

İnsanla doğrudan ilişkili ev tekstilleri; insan teni ile doğrudan temas halinde olan ev tekstili ürünlerini ifade etmektedir. İnsanla dolaylı yoldan ilişkili ev tekstilleri ise; insan teni ile doğrudan temas halinde olmayan, ten ile arasında başka tekstil/tekstil dışı yüzeylerin bulunduğu ev tekstili ürünlerini ifade etmektedir. İnsanla dolaylı yoldan ilişkili ev tekstili ürünleri, insanın bulunduğu ortam şartları, dolayısıyla da insan ergonomisi ve/veya konforu üzerinde etkilere sahiptir. Örneğin; kişi yatağa yattığında yatak çarşafı tene doğrudan temas etmekteyken yatağın kendisi (yatak yüzü) temas etmemektedir. Bunlara göre yatak çarşafı insanla doğrudan ilişkili bir ev tekstili ürünü iken yatak (yatak yüzü) dolaylı yoldan ilişkili bir ev tekstili ürünüdür.

Mekânla doğrudan ilişkili ev tekstilleri; giyim ürünü olarak değil, yalnızca mekânlarda kullanılmak üzere tasarlanan ve mekâna ilk bakışta görülebilen, böylelikle mekânların fonksiyonelliğini ve görselliğini etkileyen ev tekstili ürünlerini ifade etmektedir. Mekânla dolaylı yoldan ilişkili ev tekstilleri ise; mekânlarda bulunan ancak mekâna ilk bakışta fark edilmeyen (arada başka tekstil/tekstil dışı yüzeylerin olduğu), dolayısıyla mekânlara görsellik yönünde yaptıkları etkinin ikinci planda yer aldığı ev tekstili ürünlerini ifade etmektedir. Örneğin; bir yatak odasında yatak örtüsü, örtünün altında kalan yatak ve ürünlerinin temiz kalmasını sağlaması yönüyle mekânın fonksiyonelliğini, odaya ilk bakışta görülmesi itibariyle de görselliğini doğrudan etkilemekteyken örtünün altındaki ürünler (yatak yüzü, alez, yatak çarşafı, yastığı, yastık kılıfı) ilk bakışta fark edilmemektedir. Temel işlevi yatağı ve bu ürünleri örtmek olan bu ürünler mekânın görselliğini dolaylı yoldan etkilemektedir. Bütün bunlara göre yatak örtüsü mekânla doğrudan ilişkili bir ev tekstili ürünü iken yatak (yatak yüzü), alez, yatak çarşafı, yastığı, yatak yastığı kılıfı gibi ürünler mekânla dolaylı yoldan ilişkili ev tekstili ürünleridir.

Ev tekstili ürünlerinde, yeni teknolojilerin kullanıldığı, ürünlerin teknik performanslarının artırıldığı çalışmalarla gün geçtikçe daha fazla karşılaşılmaktadır. Isı yönetimine sahip perdeler, kir tutmayan döşemelik kumaşlar, anti-bakteriyel ve güzel kokulu yatak çarşaf ve örtüleri, elektromanyetik alandan koruyucu ve güç tutuşur yataklar, daha hafif ve konforlu yorgan ve yastıklar, ısı ve/veya nem konforuna sahip döşemelikler, yataklar, bahsedilen çalışmalara birer örnek olarak verilebilir [2].

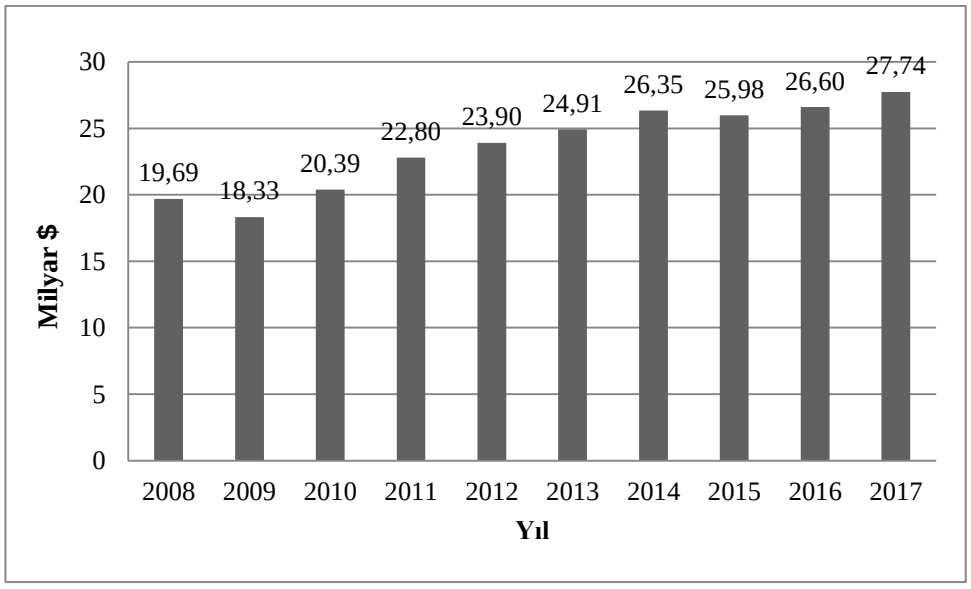
1.1.1. Ev Tekstili Ürün Grupları İçerisinde Yatak

Son yıllarda dünya nüfusunun artması, ev tekstili sektörünün bu artışa paralel olarak gelişmesini sağlamıştır. Ev tekstili ürünlerinin farklı alt ürün gruplarını bir arada bulunduran yatak sektörü, kullanım koşulları gereği ürünlerin belirli aralıklarla değiştirilmesine ve yenilenmesine bağlı olarak, ev tekstili sektörünün en büyük alt kollarından biri olmasına olanak sağlamıştır.

Yatak sektöründe yapılan Ar-Ge ve Ür-Ge çalışmaları, konforlu ve koruyucu özellikte kumaş üretimi, endüstri ve tasarım alanında yapılan gelişmeler, hazır yatak sektörü ürünlerinin çeşitlenmesine zemin hazırlamıştır.

1.1.1.1 Dünya'da ve Türkiye'de Yatak Sektörü

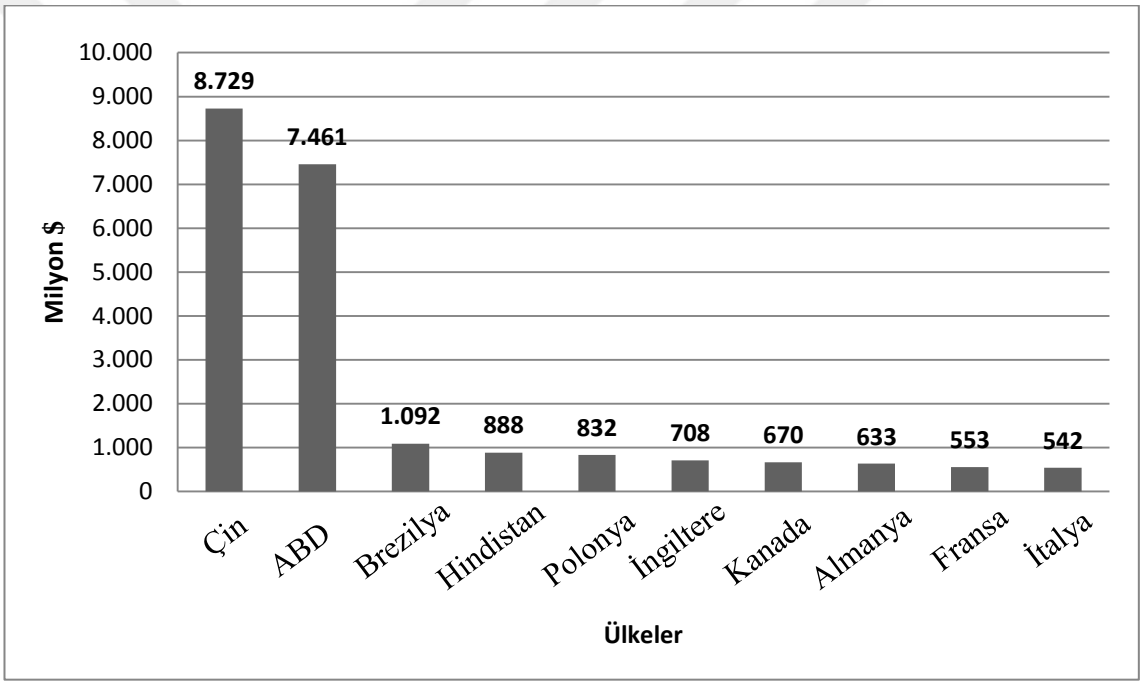
İnsanoğlunun, hayatının yaklaşık üçte birlik bölümünü uyuyarak geçirdiği düşünüldüğünde yatağın ve yatak sektörünün önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Son yıllarda dünyada, özellikle de gelişmiş ülkelerde hazır yatak sektöründe hızlı bir artış olmaktadır. 2018 yılında yayınlanan Dünya Yatak Endüstrisi Raporu'na göre, dünyadaki yatak pazarının değeri son on yılda yaklaşık % 30 artarak 27 milyar dolar civarında gerçekleşmiştir [3]. Şekil 1.1'de Dünya'daki yatak üretimi pazar değerinin yıllara göre değişimi verilmiştir.



Şekil 1.1. Yıllara göre Dünya yatak üretimi pazar değeri [3]

Dünyada en fazla yatak üreten ülkeler arasında Çin, ABD, Brezilya, Hindistan, Polonya yer almaktadır. Sadece iki ülke, Amerika ve Çin, dünya yatak üretim büyüklüğünün yaklaşık % 60'ını oluşturmaktadır.

Aynı zamanda dünya yatak tüketiminin yaklaşık % 70'inin de bu beş ülkede (Çin, ABD, Brezilya, Hindistan, Polonya) gerçekleştiği görülmektedir [3]. 2018 nüfus sayımlarına göre Amerika'nın nüfusu yaklaşık 326 milyon, Çin ise 1,389 milyar nüfusa sahiptir [4]. Bu nüfus rakamları ile ilişkili olarak, Çin ve Amerika' da çok ciddi bir yatak ihtiyacı söz konusudur. Bu ülkeleri Brezilya, Hindistan ve Polonya takip etmektedir. Bu ülkelerin yatak üretim kapasiteleri Şekil 1.2' de verilmiştir.



Şekil 1.2. Ülkelerin yatak üretim kapasitesi [3]

Küresel yatak piyasasının 2017-2024 öngörü dönemi boyunca güçlü bir büyüme göstermesi beklenmektedir. Yatak piyasasının, bir sağlık sorunu olarak uyku bilincinin artması, kişisel harcanabilir gelirin artması gibi çeşitli faktörlerle ilişkili olarak büyümesi beklenmektedir.

Türkiye'de, 2008 yılında yatak ihracat rakamı 46 Milyon dolar iken 2017 yılında 84 Milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. Gelecek 10 yıl için büyüme hedefleri referans alınarak yatak sektörünün ülkemiz büyüme oranlarına kıyas ile yaklaşık iki katı oranda

büyüyeceği tahmin edilmektedir [3]. Tablo 1.2'de Türkiye'deki yatak sektörü pazar değerinin yıllara göre değişimi verilmiştir.

Tablo 1.2. Türkiye yatak pazar değerinin yıllara göre değişimi

Milyon $	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Üretim	279	229	294	354	342	368	371	337	312	325
İhracat	46	44	44	50	54	60	68	66	64	84
İthalat	7	5	6	9	9	12	13	11	12	12
Tüketim	240	191	256	313	297	319	317	282	260	254

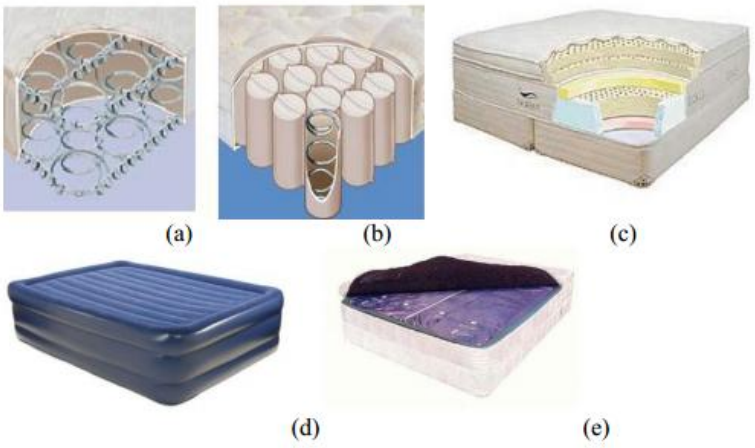
(Görünen tüketim=Üretim + İthalat – İhracat)

Türkiye'nin Dünya yatak sektöründe 2017 yılı sıralaması ise üretimde 14, ihracatta 11, ithalatta 37 ve yatak tüketimde ise 18. sıradadır. Bu veriler ışığında 2019 yılında, Türkiye yatak tüketimindeki reel büyüme tahmini % 3 olarak belirlenmiştir [3].

1.1.1.2. Yatak Çeşitleri ve Üretimi

Yatak terimi Türkçe 'de, mobilya ve döşeği de kapsamakla birlikte, genellikle yatağın mobilya kısmına karyola, döşek kısmına ise yatak denmesi daha yaygındır. Bu noktada yatağı oluşturan en önemli bileşen döşek diye de adlandırılan yataktır. Yatakların kullanım alanları evler, oteller, yurtlar ve hastaneler olarak sıralanabilmektedir. Farklı kullanım alanlarında yataktan beklentiler de farklılaşmaktadır. Bununla birlikte tüm kullanım alanları için yatakların, insanın kişisel konfor ihtiyaçlarını karşılayarak, yangın gibi olumsuz bir durumda güç tutuşurluk etkisi gösterecek koruyucu özellikte olmaları, ortak gereksinimler olarak belirtilebilir.

Yatağın kullanım yeri, gerek yatak iç malzemelerini gerek yatak yüzü kumaşını etkilemektedir. Yataklar bonel yaylı, torba yaylı ya da hafızalı köpük, lateks, jel, su bazlı ve sandviç malzemelerden üretilmektedir. Değişik içyapılara sahip çeşitli yatak tiplerine örnekler Şekil 1.3'te verilmiştir [5].



Şekil 1.3. (a) Bonel yaylı (b) Torba yaylı (c) Lateks malzemeli (d) Hava yatağı (e) Su yatağı

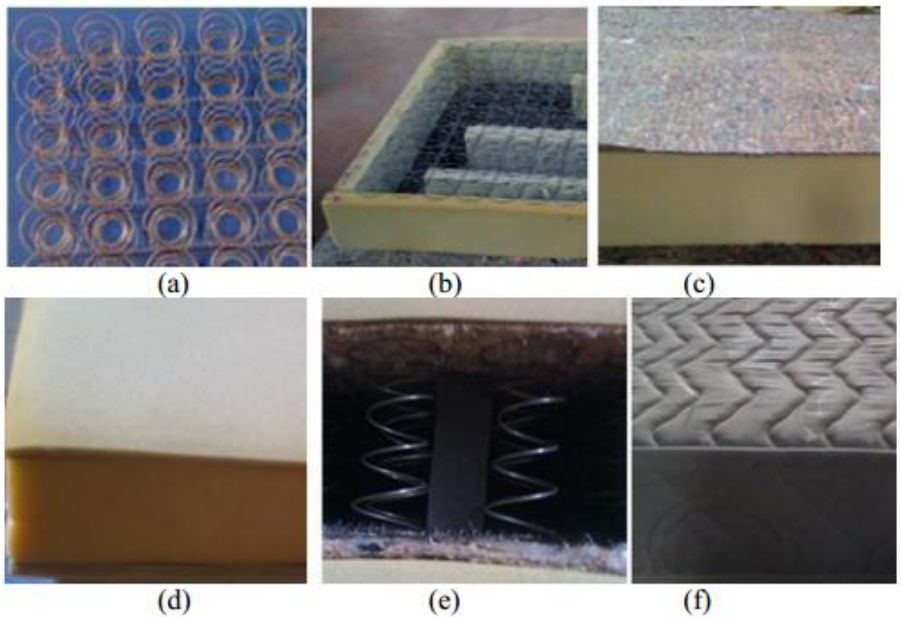
Yaylı yatakların içyapısının ana elemanı yaylardır. Değişik kalınlıkta, sertlikte ve farklı yapılardaki yaylar kullanılarak yataklara farklı özellikler kazandırılabilmektedir. Artan kullanıcı beklentileri doğrultusunda farklı yapılarda yay sistemleri geliştirilmiştir.

Bonel yay ile yapılan yataklarda, destek amaçlı yayların arasına takoz süngerleri konulmaktadır. Takoz diye tabir edilen bu malzemeler istenen sıklıkta ve büyüklükte yerleştirilebilmektedir. Daha sonra istenen ölçüde kesilmiş olan yayın etrafı belirli kalınlıktaki sünger ile kaplanmaktadır [6].

Yatak üretimi için aynı anda hareket eden bonel yay sistemi veya ayrı ayrı paketlenmiş torba yay sistemi kullanılabilmektedir. Konstrüksiyon dahilinde bulunan tüm helezonik yayların otomatik olarak tela kumaşı ile torbalanması sonucu ayrı ayrı paketlendiği torba yay sisteminde yaylar, birbirinden bağımsız hareket edebilmektedir. Torba yayın temel özelliği, yayların birbirleriyle temasının kesilmiş olmasıdır. Torba yay sistemi, bonel yay sistemine göre yaylı yatak teknolojisinin ileri versiyonunu teşkil etmektedir. Böylece daha sağlıklı ve hijyenik bir ürün haline gelmiştir. Ayrıca torba yayların sıklığı ve küçük çaplarda olması nedeniyle metrekareye düşen yay sayısının fazlalaşması sonucu ortopedik olarak avantaj sağlanmaktadır [5].

Yatağın alt ve üst yüzeyi ise, önce keçe ile kaplanmaktadır. Keçe yayın direk süngere temasını önleyerek yatağın daha dayanıklı olmasını sağlamaktadır. Daha sonra ise tıpkı kenarlarda olduğu gibi, yatağın alt ve üst yüzeyi de sünger ile kaplanmaktadır. Yatağın

kullanıma hazır hale gelmesi için, yaylı yataklar genelde dokuma kumaşlarla kaplanmaktadır. Bonel yaylı yatakların üretim aşamalarının fotoğrafları Şekil 1.4 te verilmiştir [5].



Şekil 1.4. Yaylı yatakların üretim aşamaları (a) Bonel yay sistemi (b) Yayların arasına takoz yerleştirilmesi (c) Yayların üzerine keçe serilmesi (d) Keçenin üzerine sünger kaplanması (e) Yatak kesiti: yay- keçe-sünger katmanlarının görünümü (f) Mamul

Torba yaylı yatak üretim aşamaları bonel yaylı yatakların üretim aşamaları ile aynı olmakla birlikte, bu yataklarda torbalanmış yaylar arasına destek konmamaktadır. Torba yaylı yataklarda yatakla birlikte, yatak yüzünün de vücuda uyması açısından örme kılıflar tercih edilmektedir.

Lateks yatakların üretiminde ise doğada bir bitki özütü olarak bulunan lateks hammaddesi kullanılır [7]. Yüksek teknoloji kullanılarak işlenen ve yatak haline dönüştürülen bu madde, içerisindeki hava kanalları sayesinde vücudun terleme dengesini düzenlerken mikrop ve bakteri üremesine de engel olmaktadır. Bu tip yatakların dış yüzeyi genellikle antimikrobiyel özelliğe sahip kumaşlarla kaplanmaktadır [5].

Doğal ve sentetik olmak üzere iki çeşit lateks vardır. Doğal lateks elastikiyeti ve dayanıklılığı için tercih edilir. Sentetik lateks ise kuvvetli ve geçirgen olup, dikine esnekliği yüksektir ve ekonomiktir. Lateks ayrıca elastikiyeti, yoğunluğu, rengi ve şekli isteğe göre değiştirilebilen bir malzemedir [7].

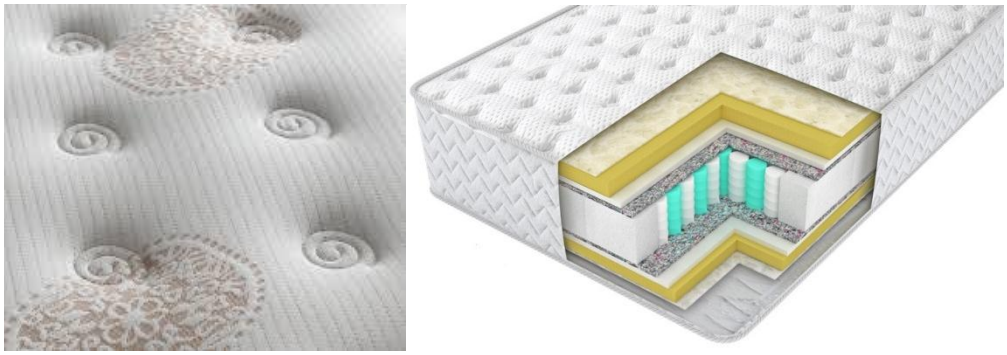
Viskoelastik yatakların üretiminde kullanılan viskoelastik malzeme ise, milyarlarca mikroskobik hafıza hücresi içermektedir. Moleküllerinin sahip olduğu hareket yeteneği sayesinde kişiye özel tepki gösteren açık hücreli ve akıllı bir malzemedir [6].

Visko ve lateks yatakların üretiminde, viskoelastik ya da lateks malzemeler ince bir tela ile kaplandıktan sonra hiçbir ara yüzey kullanılmadan kılıfa girmektedirler. Tela yerine yatağa ince havlu vb. kumaştan yapılmış kılıf da geçirilebilmektedir. Bu yataklar çok esnek yapıları ile tamamen vücuda uyum sağlayabildiklerinden dokuma kumaşlara kıyasla daha esnek yapıda olan örme kılıfların kullanılması gerekmektedir. Böylece hem yatak yapısı ile kılıf uyum içinde hareket etmekte hem de bu kılıflar yataktan kolayca çıkartılıp, takılabilmektedir.

İçi su ile doldurulan ilk yatak keçi derisinden yapılmış ve bundan 3000 yıl önce İranlılar tarafından kullanılmıştır. 1851 yılından beri su yatakları hasta tedavilerinde de kullanılmaktadır [6].

Hava yatakları ise değişken basınçlı, masaj etkisi veren şişirilebilir yataklardır. Bu özellikleri nedeniyle, bilhassa vücut basıncını düzenli olarak dağıtmak amacıyla hafızalı köpük teknolojisi ile üretilen viskoelastik yataklar ve su yataklarının yanında, yatağın her bir bölümünün ayrı ayrı şişirilip indirilebildiği, yumurta kartonu yapısında dizayn edilebilen değişken basınçlı hava yatakları da kullanılmaktadır [5].

Tüm bu yatak çeşitlerinin büyük bir kısmının üretiminde kapitoneleme işlemi uygulanmaktadır. Kapitone; iki kumaş arasına elyaf, keçe, sünger gibi dolgu malzemesi konularak muhtelif desenlerde çok iğneli kapitone makinelerinde dikilip birleştirilmesi işlemidir (Şekil 1.5). Kapitone makineleri bu işi kumaşı sabit kasnağa germeden devamlı ve akıcı olarak yaparlar. Yani kumaş makineden seri halde geçerken adım adım süratle dikilir. Yeni model makineler tek kat kumaşın üzerine kalın ip kurdela, pul, payet gibi malzemeleri işleyebilmektedir [6]. Yatak kapitone yapımında ise üst katmanda kumaş olmak üzere kapitonenin alt katmanları için sünger, elyaf ve tela kullanılmaktadır. Yatak son haline bu şekilde getirilmektedir.



Şekil 1.5. (a) Yatak kapitone yüzeyi (b) Yatak ve kapitone katmanları

Son zamanlarda yaygın şekilde kullanılan viskoelastik ve lateks yataklar vücut basıncına uyum sağlayarak forma girmekte, en uygun duruşu sağlamak için destek sağlamaktadır. Bu şartlar altında yatağın dışını kaplayan kumaşın da en az yatak kadar esnek olması gereksinimi ortaya çıkmıştır. Dokuma kumaş kullanımında, bu esneklik derecesinin sağlanması, ancak özel ipliklerin kullanımı ile mümkündür [5]. Son yıllarda yatak kumaşı üretiminde sağladığı esneklik, yumuşaklık, hacimlilik, hava geçirgenliği, yıkanabilirlik ve ütü gerektirmemesi gibi birçok avantajdan dolayı örme kumaşlar daha çok tercih edilmektedir. Örme yatak kumaşları, örgü yapısının özelliği nedeniyle esnek olduğundan, yatak kumaşından beklenen elastikiyeti dokuma kumaşlara görece daha kolay sağlamaktadır. Genel olarak yatak üretim süreçleri ele alındığında, yatağa kazandırılmak istenen özelliklerin çok büyük oranda yatak kumaşı üzerinden sağlandığı görülmektedir.

1.1.1.3. Örme Yatak Kumaşları ve Üretimi

Yatak kumaşı olarak, bir çok farklı nedenle örme kumaş tercih edilebilmektedir. Örme işlemi dokuma işleminden çok daha hızlı gerçekleştirilebilmekte ve tek iplikli örme makinelerinde kumaş tipi değişimi çok daha kısa sürede yapılabilmektedir. Ayrıca, küçük partiler üretmek imkanı ve kısa zamanda ürün teslim edebilmek de örme sanayinin önemli diğer avantajları arasındadır.

Örme kumaş üretimi için kullanılan örme makineleri, atkı sistemli ve çözgü sistemli olmak üzere 2 ana grupta sınıflandırılmaktadır. İplikler örülen kumaş genişliğince ilmek yapıyorsa bu sisteme atkı örme sistemi, eğer kumaş boyunca ilmek yaparak birbirine bağlanıyorsa bu sisteme çözgü örme sistemi denilmektedir.

Atkılı örme tekniğinin, çözgülü örmeye nazaran daha basit bir sistematik yapıya sahip olmasının yanı sıra gerektirdiği maliyet de daha düşüktür. Bu nedenle, üretimdeki riskleri çözgülü örmeye nazaran daha az olan atkı örmeciliği, küçük ve orta ölçekli işletmeler tarafından daha çok tercih edilen bir üretim yöntemi haline gelmiştir. Atkılı örmecilikte yuvarlak örme makineleri, üretim hızını artırmak için silindirlerin çevresine iğnelerin dizilmesiyle oluşmuşlardır. Genellikle iplik sabit, iğneler hareketli prensiple çalışırlar. Örme dairesel bir düzlemde oluşur ve bir kumaş tüpü oluşturur. Silindirin çevresine sabit kamlar yerleştirilip, iğnelerin üzerinde yer aldığı silindir döndürülerek örgü örülür. Örülen örgü, makinenin silindiri içinden aşağı doğru çekilir. İplikler sistemlere yukarıdan beslenir.

Örme kumaşlarında kullanılan iplik özellikleri ve makine özellikleri olarak diğer tekstil dokuları ve malzemelerine göre farklılıklar göstermektedir. Ayrıca elde edilen örme yapı da diğer tekstil yüzeylerine göre boyut stabilitesi yönünde daha esnek ve elastiktir.

Yatak yüzü kumaşı üretiminde kullanılan örme kumaş tipleri ise, havlu kumaşlar, kadife kumaşlar, dolgu iplikli kumaşlar ve sandviç kumaşlardır. Yatağın üst ve yan kısımlarında kullanılan kumaşların yumuşak, esnek, alerjen ve toz maytlarına karşı dayanıklı olması istenmektedir. Bu nedenle yatakların üst yüzeylerinde genellikle yumuşak ve esnek yapıda olan dolgu iplikli, havlu ya da kadife kumaş, yan kısımlarında ise nefes alabilen sandviç kumaşlar kullanılmaktadır [5].

1.1.1.3.1. Havlu Yatak Kumaşları

Havlu kumaşları hem tek hem de çift iğne yataklı yuvarlak örme makinelerinde üretilebilse de, tek iğne yataklı olan makinelerin kullanımı daha yaygındır. Bu makinelerde her iğne aralığında bir tane olacak şekilde hav platini yer almaktadır. Zemin ve ayrı bir hav ipliğinden oluşan havlu kumaşlarda, hav platini yardımıyla oluşturulan hav ilmekleri zemin örgüye dik olarak kumaş yapısına yerleşmektedir. Bu yapılarda hav ilmeğinin yüksekliği, hav platininin burun yüksekliği ile belirlenmektedir. Örülen kumaşın teknik ön yüzünde zemin ipliği tarafından oluşturulan ilmeklerin R yüzü görülmektedir. Havlu kumaşın teknik arka yüzünde ise hav ilmekleri yer almaktadır. Örme havlu kumaşlar, yumuşak bir tuşeyle birlikte, kullanılan lif tipine bağlı olarak yüksek oranda nem emme özelliği de taşıyabilmektedir. Bu kumaşlar, yatak

yüzü kumaşlarının yanında uyku esnasında terlemeden kaynaklanan rahatsızlığı giderecek yatak çarşafı, yastık kılıfı, nevresim gibi uyku ürünlerinde de kullanılabilmektedir [8].

1.1.1.3.2. Kadife Yatak Kumaşları

Bitim işlemlerinden önce örme havlu kumaşın hav ilmekleri tıraşlanarak, kadife görünümü elde edilmektedir. Bu kumaşların yatak yüzü üretiminde kullanımı çok yaygın değildir.

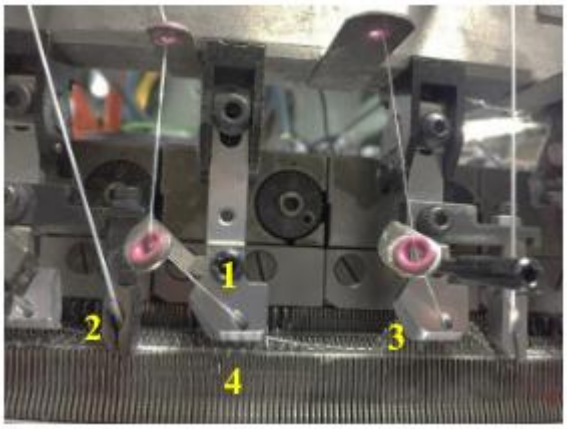
1.1.1.3.3. Sandviç Yatak Kumaşları

Örme sandviç kumaşlar, iki iğne yataklı düz, yuvarlak ya da çözgülü örme makinelerinde, en az üç ayrı iplik grubu kullanılarak üretilmektedirler. İlk grup iplik iğne yataklarından sadece birinde, 2. grup iplik ise sadece diğer iğne yatağında ilmek oluşturmak üzere yapıya beslenmektedir. Böylece makinede iki ayrı kumaşın üretimi sağlanmaktadır. Bu sırada üçüncü grup iplik, dönüşümlü olarak her iki iğne yatağına da beslenerek bu iki farklı kumaşın bir arada tutulmasını, bağlanmasını sağlamaktadır.

1.1.1.3.4. Dolgu İplikli Yatak Kumaşları

Yatak yüzü kumaşı üretiminde en yaygın olarak dolgu iplikli örme yatak kumaşı kullanılmaktadır. Buna ek olarak çalışmamızda da bu tipteki yatak kumaşı kullanıldığı için dolgu iplikli kumaşlar diğer yatak yüzü kumaş çeşitlerine nazaran daha detaylı olarak incelenmiştir.

Dolgu iplikli örme kumaşlar, iki iğne yataklı yuvarlak örme makinelerinde, iki iğne yatağı arasına ilave iplik beslenerek üretilmektedir. Araya beslenen bu ipliğe dolgu ya da atkı ipliği denmektedir. Dolgu ipliği olarak genellikle hacimli, tekstüre iplikler kullanıldığından bu kumaşlar hacimli ve yumuşak bir yapıya sahiptirler. Bu kumaşların üretileceği yuvarlak örme makinelerinde, iki iğne yatağı arasına dolgu ipliği besleyecek özel iplik kılavuzu yerleştirilmektedir.



Şekil 1.6. İki iğne yatağı arasına dolgu ipliği besleyecek özel iplik kılavuzunun fotoğrafı

Şekil 1.6'da gösterilen (1) kumaşı oluşturan zemin iplik kılavuzu, (2) dolgu ipliği kılavuzudur. Üretilmekte olan kumaşın zemin örgü yapısı (3), zemin örgü üzerine yatırılmış dolgu ipliği ise (4) ile gösterilmektedir. Beslenen dolgu ipliğinin sıklığı, dolgu ipliği kılavuzu ile ayarlanmaktadır. Kumaş tasarımına ve gramajına bağlı olarak dolgu iplik kılavuzu her sisteme veya her ikinci, üçüncü, dördüncü sistemlerde eklenmektedir. Dolgu ipliği sıklığının artışı kumaşın gramajını arttırmaktadır.

Kullanılan dolgu ipliği özelliklerine bağlı olarak çeşitli kalınlık, gramaj, hacimlilik ve yumuşaklıkta kumaşlar elde edilebilmektedir. Dolgu iplikli örme kumaşlar yatak kumaşı olarak üretildiğinde, ön yüzeyde genel olarak doğal bir görüntü oluşturması için polyester, viskon ve pamuk gibi kesik elyaf iplikleri, arka yüzeyde astar amacıyla filament polyester iplikleri, orta yüzeyde ise yüksek hacim, dolgunluk ve yumuşaklık vermesi için polyester, polipropilen ve poliamid iplikleri kullanılmaktadır. Bu sayede dolgunluğu yüksek, esnek ve yumuşak kumaş yapıları ortaya çıkmakta, "uyku konforu yüksek" yatakların üretilmesine imkân sağlanabilmektedir [9].

1.2. Teknik Tekstil Kavramı ve Yatak Kumaşlarında Koruyucu Tekstiller

Teknik tekstiller üzerine dünyada en fazla kabul gören tanım "Teknik tekstiller, estetik ve dekoratif özelliklerinden ziyade, sahip oldukları teknik ve performans özellikleri için imal edilen tekstil malzemeleri ve ürünleridir" şeklindedir. Teknik tekstil ürünleri aslında evlerden otomobillere, giyimden tarıma, karayolundan hastanelere kadar günlük hayatımızın çeşitli alanlarında yoğun olarak kullanılmaktadır.

Teknik tekstillerin bir alt dalı olarak koruyucu tekstiller ise genel olarak insanları yaralanmalara hatta ölüme sebep olabilecek çevresel etkilere karşı korumak için kullanılan giysi, örtü ve teçhizatlardır. Koruyucu tekstillerin kullanım amacına göre; yüksek ısı ve alevden koruyucu tekstiller, balistik amaçlı, mekanik etkilerden koruyucu, temiz oda giysileri, nükleer, biyolojik, kimyasal ve radyoaktif zararlılardan koruyucu, statik elektriklenmeden koruyucu, elektromanyetik alandan koruyucu, kamuflaj amaçlı tekstiller, çevre etkilerinden koruyucu tekstiller ve yüksek görünürlükte uyarıcı tekstiller olmak üzere sınıflandırılabilmektedir.

1.2.1. Yüksek Isı ve Alevden Koruyucu Tekstiller

Yüksek sıcaklıktan koruma tekstilleri, 200 °C sıcaklığa sürekli maruz kaldığı halde fiziksel özelliklerini koruyarak herhangi bir bozunma göstermeyen tekstiller olarak tanımlanabilirler [10].

Bu tarz koruyucu tekstiller alev koruma için dizayn edilirken iki fonksiyona sahip olmaları gerekir, bunlar alev alma direnci ve alev bariyeri olma özellikleridir. Teknolojinin gelişmesiyle ve talep edilen devlet yaptırımları nedeniyle, işçi kıyafetleri, ev tekstilleri, çocuk giysileri, döşemelik kumaşlar, toplu taşıma ve araç tekstilleri, uyku tulumları, toplu mekânlarda kullanılan döşemelik ve mefruşatlar gibi ürünlerde güç tutuşurluk özelliği aranmaktadır.

Cireli, 1976 yılında Amerika'da insanların yangına maruz kaldığı 3087 olayı incelemiş ve özel tekstil kumaşları ile yaptıkları analizde ilk tutuşan kumaş çeşitlerini tanımlamıştır. Bu çalışmada gömlek, bluz, pantolon ve iç giyim olarak kullanılan giysilerin yaralanmaya sebep olma olasılıklarının, yatak çarşafı ve döşenmiş mobilyalardan daha fazla olduğu görülmüştür. Gözlenen diğer bir nokta da, hem mobilya döşemelikleri hem de uzun ev elbiseleri beraber olduğunda, ölümcül olayların meydana gelme sayısının da arttığıdır [11]. Bu çalışma detaylı olarak incelendiğinde görülmektedir ki ilk tutuşan maddelerin %51'i ev tekstili ürünüdür. Bu sebeple ev tekstili ürünlerdeki güç tutuşur ürünlerin kullanımı hayati önem taşımaktadır. Tablo 1.3'te yanma oranı en yüksek ilk 25 kumaş örneği verilmiştir.

Tablo 1.3. Yangına maruz kalan 3087 kişiden alınan verilere göre, ilk tutuşan madde olarak tanımlanan, yanma oranı en yüksek ilk 25 kumaş örneği [11]

Kumaş Tipi	Adet	Kumaş Tipi	Adet
Shirt-Bluz	854	Halılar	87
Pantolon	738	Perdeler	160
Fanila	477	Yatak Örtüleri	152
Külot	349	Ceketler	132
Minder	347	Slip	105
Döşenmemiş Mobilya	334	Süveter	97
Pijamalar	306	Sutyenler	93
Gecelik	302	Ayakkabılar	65
Elbiseler	243	Yastıklar	64
Uzun Elbise	229	Sweetshirtler	62
Çarşaf	224	İş Tulumları	62
Battaniye	208	Esnek Giysiler	59
Çorap	190		

Bu konuda yapılan diğer bir çalışmada, özel konut ve bina yangınlarında genellikle ilk tutuşan malzemeler, tekstil, tahta ve kâğıt ürünleri olarak belirlenmiştir. 1975 yılında Amerika'da Ulusal Yangından Korunma Birliği'nin yaptığı araştırmalar, genellikle yerleşim bölgelerindeki yangınların % 63'nün ve ölümle sonuçlanan yangın olaylarının % 70' inin bu malzemelerin alev alması sonucu çıkan yangınlar olduğunu ortaya koymuştur [12].

Özcan ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada ise, giysi ve ev tekstil ürünlerinde kullanılan çoğu elyafın yanıcı olmasının, özellikle çocuklar ve yaşlılar için ciddi bir tehlike olduğu kabul edilmiştir. Giysilik kumaşlarda ve ev tekstil ürünlerinde kullanılan malzemelerin diğer tüm fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra tutuşma ve yanma davranışlarının bilinmesi, koruyuculuğun önemli olduğu noktalarda (çocuk oyun ve yatak kıyafetleri, döşemelikler, halı ve perdeler gibi) sağlık ve çevre şartlarına uygun güç tutuşma tekniklerinden birinin kullanılması, yanma ve yangınlardan görülecek zararları en aza indirecek ve ürünün tercih edilme olasılığını arttıracaktır [13].

Bu konuda yapılan birçok çalışma incelendiğinde duman ve zehirli gazların en az ısı ve alev kadar öldürücü olabileceği görülmüştür. Yanmayı geciktiriciler her iki durum için de önleyici ve koruyucu olurken yanma ihtimalini azaltır ve yangın başlar başlamaz, kaçış süresini arttırır. Duman oluşumu tehlikeli olduğu için yanmayı geciktiriciler bu etkiyi de azaltıcı yönde olmalıdır [14].

1.3. Yanma Mekanizması ve Yangın

Yanma; yanıcı maddenin tutuşma sıcaklığına kadar ısıtıldığında oksijenle verdiği zincirleme ekzotermik bir reaksiyondur. Yanma olayı yüksek ölçüde ısı, boğucu ve zehirleyici duman ve artıkları ile kendi kendini besleyerek hızla ilerler. Müdahale edilmediğinde, yanma kendi kendini katalizleyerek oksijen, yakıt veya aşırı ısı tükenene kadar devam etmektedir. Yanma esnasında üretilen yüksek ısı, bitişikteki maddeleri tutuşma sıcaklığına ulaştırarak yanmaya başlamalarını sağlamakta ve yangının büyümesine neden olmaktadır [15].

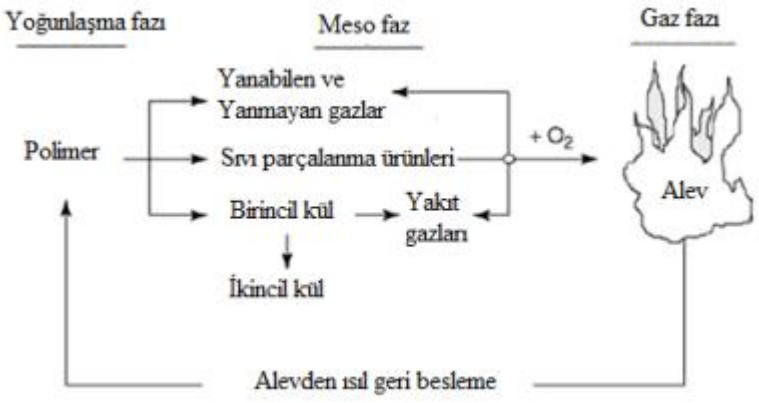
Yanma, ısı ve ışık üreten hızlı oksidasyondur. İdeal yanmanın genel formülü;
"$C_XH_Y + (X+Y/4)O_2 + ISI \leftrightarrow X\ CO_2 + Y/2\ H_2O + ISI$" şeklindedir [16].

Herhangi bir organik malzemede yanma olayı 3 basamakta meydana gelmektedir. Bu basamaklar tekstil ürünleri için de geçerlidir;
1. Ürünün ısınması,
2. Makro moleküllerin termik olarak parçalanması (piroliz),
3. Tutuşma ve yanmanın başlamasıdır.

Belirli bir enerji verilmesi durumunda ürünün ısınması, ürünün bazı termik özelliklerine (özgül ısı, ısı iletkenliği, erime ve buharlaşma ısısı) bağlı olarak değişir. Yüzey sıcaklığı belirli bir noktaya ulaştığında ise piroliz başlamaktadır. Pirolizin yavaş olması durumunda yanıcı gaz karışımı meydana gelmezken, artan sıcaklığın etkisiyle piroliz hızı da arttığından yanıcı gaz karışımı meydana gelmekte ve bir kıvılcımla kendiliğinden tutuşabilmektedir. Piroliz reaksiyonu ürünleri sıralanacak olursa;
1.*Yanıcı gazlar;* tutuşmaya neden olur.
2.*Yanmayan gazlar;* ateşin soğumasına ve özellikle ağır yanma gazları yanan yüzeyin etrafını sararak hava oksijeni ile temasın azalmasına yardımcı olur.

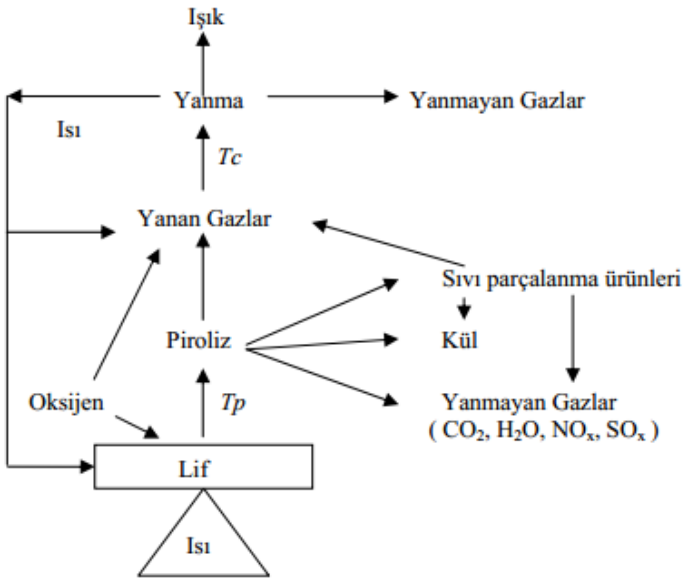
3.*Yanmayan sıvı parçalanma ürünleri;* bu ürünlerin buharlaşma ısısı, sıcaklığın düşmesine yardımcı olur.
4.*Katı kömürleşme artıkları;* yanıcı gazların dışarıya difüzyonunu azaltır ve ısı izolasyonu sağlayarak termik parçalanmayı yavaşlatır [17].

Şekil 1.7'de piroliz sonucu açığa çıkan ürünlerin şematik görünümü verilmiştir.



Şekil 1.7. Piroliz sonucu açığa çıkan ürünler [18]

Isı sağlandığı zaman, piroliz sıcaklığına (Tp) ulaşıncaya kadar, lifin sıcaklığı artmaya başlar. Piroliz sıcaklığında, lifte kimyasal değişiklikler meydana gelir ve yanmayan gazlar (karbondioksit, su buharı, azot ve kükürt oksit gibi), kömürleşme artıkları, sıvı kondensatlar ve yanabilen gazlar (karbonmonoksit, hidrojen ve pek çok okside olabilen organik moleküller) oluşur. Sıcaklık artmaya devam ettikçe, sıvı parçalanma ürünleri de daha fazla yanmayan gaz, kül ve yanan gaz üreterek piroliz olur. Yanma sıcaklığına (Tc) ulaşıldığında, gaz fazında bir dizi serbest radikal reaksiyonundan oluşan ve yanan gazların oksijenle birleşmesi ile meydana gelen yanma dediğimiz olay gerçekleşir. Bu reaksiyonlar yüksek derecede ekzotermiktir ve çok büyük miktarda ışık ve ısı üretir. Yanma işlemi tarafından sağlanan ısı, lifin piroliz olmaya devam etmesi için gereken ek termal enerjiyi ve dolayısıyla yanma işlemi için daha fazla miktarda yanan gazların ortaya çıkmasını sağlar [15]. Şekil 1.8'de tekstil lifleri için yanma döngüsü verilmiştir.



Şekil 1.8. Tekstil lifleri için yanma döngüsü

Yanma işlemi sırasında, kimyasal reaksiyondan önce var olan maddelere "yanma reaksiyonuna girenler" ve yanma reaksiyonundan sonra oluşan maddelere "yanma işleminden çıkanlar" veya "yanma ürünleri" denilmektedir. Bir yangında ki temel yangın ürünleri; ısı, ışık (alev), duman ve diğer gazlardır [16].

1.3.1. Tekstil Materyallerinin Yanma Mekanizması

Liflerin yanma davranışı bazı termodinamik parametreler ve ısıl geçiş sıcaklıkları değerlendirilerek belirlenir. Tablo 1.4'te yaygın olarak kullanılan liflerin fiziksel camsı geçiş sıcaklığı (Tg), erime sıcaklığı (Tm), tutuşma ve piroliz geçiş sıcaklığı (Tp), alevli yanma başlama sıcaklığı (Tc) verilmiştir. Genel olarak bağıl Tc'si düşük olan malzemeler daha yanıcıdır. Tablo 1.4' te LOI değerleri de listelenmiştir. LOI değerleri malzemenin yanma davranışını ifade eder ve yüzde olarak ifade edilir. LOI değeri %21'in altında olan lifler havada kolayca yanar. LOI değeri %21'in üzerinde olan malzemeler daha yavaş yanar. LOI değeri %26-28'in üzerinde olan tekstil malzemeleri güç tutuşur olarak adlandırılır [19].

Tablo 1.4. Bazı liflerin termal özellikleri [20]

Elyaf	Termoplastiklik	Camlaşma sıcaklığı Tg (°C)	Erime sıcaklığı Tm (°C)	Piroliz sıcaklığı Tp (°C)	Yanma sıcaklığı Tc (°C)	Yanma entalpisi ΔH (kj/g)	Sınır oksijen indeksi LOI (%)
Yün	Hayır	-	-	245	600	27	25
Pamuk	Hayır	-	-	350	400	19	18.4
Viskoz	Hayır	-	-	350	420	19	18.9
Triasetat	Evet	172	290	305	540	-	18.4
Nylon 6	Evet	50	215	431	450	39	20-21.5
Nylon 6.6	Evet	50	265	403	530	32	20-21.5
Poliester	Evet	80-90	255	420-477	480	24	20-21.5
Akrilik	Evet	100	>220	290	>250	32	18.2
Polipropilen	Evet	-20	165	469	550	44	18.6
Modakrilik	Evet	<80	>240	273	690	-	29-30
PVC	Evet	<80	>180	>180	450	21	37-39
PVDC	Evet	-17	180-210	>220	532	11	60
PFTE	Evet	126	>327	400	560	4	95
Nomeks	Evet	275	375	310	500	30	28.5-30
Kevlar	Evet	340	560	590	>550	-	29
PBI	Evet	>400	-	>500	>500	-	40-42

Tekstil liflerinin termal özellikleri ve konu ile ilgili bazı terimler şu şekilde tanımlanabilir:

Camlaşma Sıcaklığı (Tg); termoplastik liflerin yumuşamaya başladığı en düşük sıcaklık derecesidir. Isınma sonucunda, moleküllerin enerjisi artar ve moleküller hareketlenmeye başlamaktadır. Sıcaklığın artması ile bu hareket hızlanır, molekül zincirleri arasındaki bağ kuvvetleri zayıflar ve zincirler birbirlerine göre daha bağımsız hale gelmektedir. Sıcaklığın azalması ile molekül zincirlerin dönme hareketi yavaşlar ve belli bir sıcaklıkta durmaktadır. Bu sıcaklığa camlaşma sıcaklığı denmektedir. Katı haldeki maddenin özgül hacmi artmaktadır. Camlaşma sıcaklığı esasında her zaman kesin bir sıcaklık olmayıp değişken aralıkta bir sıcaklık bölgesi de olabilmektedir. Ortalama polimerizasyon derecesi arttıkça, camlaşma noktası da bir miktar yükselmektedir [43].

Erime Sıcaklığı (Tm); ısıtılmaya devam edildiğinde moleküllerin hızı artarak birbirinden bağımsız hale gelmeye başlamaktadır. Sıvı şeklinde hareket etmektedir. Bu dereceye

erime sıcaklığı denilmektedir. Kuvvetli makromoleküller arası çekim kuvvetleri ve büyük molekül ağırlığı, yüksek erime sıcaklığını göstermektedir [12].

Piroliz sıcaklığı (Tp); maddenin makromoleküler yapısının parçalanmaya başladığı sıcaklıktır [12].

Yanma sıcaklığı (Tc); piroliz ile meydana gelen yanıcı gazların oksijen ile birleşerek yanmanın başladığı sıcaklıktır [12].

Kritik piroliz sıcaklığı (Tpc); piroliz hızının artması ile meydana gelen yanıcı gaz konsantrasyonunun, bir kıvılcım ile tutuşacağı sıcaklıktır [12].

Kendiliğinden tutuşma sıcaklığı (Tsi); ısıtılma sonucunda piroliz ile oluşan yanıcı gaz konsantrasyonunun, bir kıvılcıma ihtiyaç olmadan, oksijen ile yanmaya başladığı sıcaklıktır [12].

Yanma entalpisi (ΔH); aynı sıcaklık ve basınçta, yanan maddenin entalpisi ile reaktanların entalpisi arasındaki farktır. Yanma ile açığa çıkan ısı olarak belirtilebilmektedir [12].

Limit oksijen indeksi (LOI); bir maddenin yanmaya devam etmesi için gereken minumum oksijen yüzdesidir. Oksijenin/azot oranı arttıkça, normal havada sönen maddeler yanmaya, oran azalıp azot arttıkça normal havada yanan maddeler sönmeye başlamaktadır. Normal koşullarda, atmosferde % 21 oksijen bulunmaktadır. Yanma testlerindeki sınıflandırmalar için bu durum önemli bir göstergedir. Farklı polimerlerin yanma davranışlarını belirlemek için LOI değeri geliştirilmiştir. LOI testi, maddelerin yanmasını devam ettireceği minimum oksijen miktarını belirlemektedir. LOI değeri 25-28'den küçük olanlar çok kolay yanmakta iken, 25-28' den büyük olan maddeler havada genellikle kendiliğinden sönmektedirler [21]. Tablo 1.5'te bazı liflerin yanma davranışları ve özellikleri verilmiştir.

Tablo 1.5. Bazı liflerin yanma özellikleri [22]

Lif	Tutuşma Kolaylığı	Yanma Hızı	Kendi Kendine Söndürme	Erime	Duman Yoğunluğu	Yanma Sırasında Çıkan Zehirli Ürünler		
						CO	HCN	Diğer
Pamuk	Kolay	Hızlı	Hayır	Hayır	Hafif	X	-	-
Yün	Geç	Yavaş	Genellikle	Hayır	Orta	X	X	-
Rayon	Kolay	Hızlı	Hayır	Hayır	Hafif	X	-	-
Nylon	Kolay	Yavaş	Hayır	Evet	Hafif	X	X	NO_2
Poliester	Kolay	Yavaş	Hayır	Evet	Orta	X	-	-
Polipropilen	Kolay	Hızlı	Evet	Evet	Hafif	-	-	-
Akrilik	Kolay	Orta	Hayır	Yumuşama	Ağır	X	X	-
Aramid	Zor	Çok Yavaş	Evet	Yumuşama	Hafif	X	-	-
Polyamid	Zor	Çok Yavaş	Evet	Evet	Hafif	-	-	-
PBI	Zor	Çok Yavaş	Evet	Hayır	Hafif	-	-	-

Kumaşların yanıcılığı hem lif hem de kumaş özelliklerinden etkilenir. Lifin kimyasal yapısı, önceden de bahsedildiği gibi yanıcılığı etkileyen önemli bir lif karakteristiğidir. Bununla birlikte, kumaşın dokusu (dokuma, örme, nonwoven gibi), gramajı, yüzey düzgünlüğü, geçirdiği kimyasal terbiye işlemleri de kumaşın yanıcılığını etkileyen faktörlerdir. Karışımlar için ise, karışımı oluşturan lif cinslerine ve oranlarına göre kumaşın yanıcılığı etkilenecektir. Özellikle pamuk - sentetik lif karışımlarında, sentetik lifin eriyip damlama özelliği, kumaşın yanması esnasında iskelet etkisi gösterecek ve yanmanın devamlılığını ve hızını arttıracaktır [12].

1.3.2. Kumaş Yanıcılığını Etkileyen Faktörler

Tekstillerin yanma karakterleri birçok parametreden etkilenebilmektedir. Bunlar arasında, lif türü, karışımlar ve kumaş yapısı sayılabilmektedir.

Lifler farklı kimyasal yapıya sahiptir ve kimyasal yapılarındaki farklılıklar sebebiyle ısı ya da açık aleve maruz kaldıklarında farklı davranış göstermektedir. Buna göre lifler; yanmaya hazır lifler (pamuk, sap lifler, rejenere selüloz lifleri ve PAN), düşük yanıcılıkta lifler (yün, ipek, polyester ve poliamid) ve yanıcı olmayan lifler (cam, mineral ve asbest gibi) olmak üzere üç gruba ayrılırlar.

Kumaş konstrüksiyonunda ise, kumaş içinde gerçekleşecek ısı transferinin büyüklüğü, ısı kaynağından olan ısı akımının sıcaklığına, kumaşın kalınlığı ve gramajı ile dengelenen kumaşın ısı iletkenliğine ve radyasyon transferine bağlıdır. Termal direnç kumaş kalınlığı ile yaklaşık olarak direk orantılıdır. Gramajlı ve kompakt yapıya sahip iç hacimleri küçük tekstiller daha yavaş yanarken düşük gramajlı ve büyük yüzeylilerde durum tam tersidir [23].

Oksijen konsantrasyonu ise kumaşın yanma tehlikesini önemli ölçüde arttırmaktadır. Ancak malzemelerin oksijene karşı hassasiyeti tahmin edilememektedir. Çoğu durumda oksijen konsantrasyonundaki artış alev yayılma hızında da benzer artışa sebep olmaktadır. Buradan hareketle birçok araştırmacı kumaş yanıcılığını sadece sınırlayıcı oksijen indeksi (LOI) metodunu esas alarak incelemişlerdir [12].

1.4. Güç Tutuşurluk

İngilizce'de Flame Retardancy veya Flame Resistance yani alev geciktirici, aleve dirençli olarak tanımlanan güç tutuşurluk, kısaca FR olarak sembolize edilmektedir. Güç tutuşurluk, alevden koruma sağlama kabiliyetidir. Tekstil maddesi, alev kaynağına maruz bırakıldığında tutuşmuyor ya da tutuşsa bile alev kaynağı uzaklaştırıldığında fiziksel ve kimyasal değişiklikler olmasına rağmen sönüyor ise güç tutuşur olarak tanımlanmaktadır [24].

Güç tutuşur tekstil endüstrisi; üretim teknolojisi, çevre dostu, toksik olmayan ve tekstillerin konfor özelliğini tamamlayıcı güç tutuşurluk sistemlerinin üretilmesi şeklinde olmaktadır.

Güç tutuşur maddelerde kullanılan bazı terimlerde zaman zaman karışıklık yaşanmakta; güç tutuşurluk genellikle yanmazlıkla karıştırılmaktadır. Güç tutuşurluk, yakma kaynağı uzaklaştırıldıktan sonra yanma işleminin devam etmemesi ancak materyalin fiziksel ve

kimyasal değişimlere uğraması olarak tanımlanır. Bir tekstil ürünü için güç tutuşur denildiğinde onu tutuşturmak için gereken enerjinin mümkün olduğunca fazla, yandığında açığa çıkan enerjinin ise mümkün olduğunca az olması anlaşılmalıdır. Yani o ürüne alev kaynağı ile enerji verildiğinde o tekstil ürünü belli bir değişime uğramakta fakat alev kaynağı geri çekildiğinde yanma devam etmemektedir. Yanmazlık ise; yanmaya karşı tamamıyla direnç anlamına gelir ki buna en iyi örnek asbesttir [25].

Tekstillerin güç tutuşurluğu ile ilgili ilk referans makale ise 1638'de Sabattini'nindir ve renklendirmede kullanılan kil ve alçı pigmentlerinin yanmayı önlemede kullanılmasını önermiştir [26].

1735'te Obadiah Wyld şap, demir sülfat ve boraks maddelerini karıştırıp selüloza karşı güç tutuşurluk maddesi olarak kullanmış ve İngiltere'de patentini almıştır. İlk sistematik çalışma, 1821 yılında Fransa'da Gay-Lussac'ın, keten ve jüt kumaşına amonyum fosfat, amonyum klorür ve boraks maddelerini karıştırarak oluşturduğu güç tutuşurluk apresini uygulamasıdır [26].

Kumaşlar için ilk başarılı yıkama dayanımlı apre ise, Perkin tarafından kalay oksidin kumaşa uygulanmasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu kumaş, için için yanma eğiliminde olmakla birlikte kumaşı tamamıyla tüketmeye karşı dirençli bir yapı oluşturmuştur [26].

İkinci Dünya Savaşı sıralarında, askeri laboratuvarlarda çeşitli inorganik maddelerle ve işlem prosesleriyle çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Savaş sonrasında tekstil maddelerinin geç yanmasına olan önem ve dikkat büyük bir oranda artmıştır. 1966'da "Yanma ve Güç Tutuşur Kumaş'' konferansıyla önemi bir kez daha vurgulanmıştır. 1967'de ise birçok alanda olduğu gibi tekstil alanında da "Tutuşabilir Kumaşlar Yasası" değiştirilerek bu konudaki şartnameler tekrar düzenlenmiştir. Yanma standartları ticaret departmanı tarafından kabul edilmiş ve federal ticaret güvenlik komisyonu tarafından uygulanmıştır [27].

İkinci Dünya Savaşı yıllarında insanların güvenliği için, günümüzden daha fazla önem atfedilen güç tutuşur malzemelerin geliştirilmesi sebebiyle; 1950 -1980 yılları arası güç tutuşurluk araştırmalarının en verimli dönemi olarak kabul edilmektedir. 1950 yılında pamuklu giysiler için organofosfor esaslı dayanıklı güç tutuşurluk maddelerinin ilk patentleri alınmış ve bunlar da günümüzdeki çapraz bağlı tetrakishidroksimetil

fosfonyum tuzu ve N-alkil fosfonopropiyonamid türevleri esaslı güç tutuşurluk maddelerinin ortaya çıkmasına öncülük etmiştir [27].

1980-1990 yılları arasında, güç tutuşurluk sağlayan yeni kimyasallar ile ilgili çok az yeni araştırma yapılmıştır. Bu dönemde, bazı güç tutuşurluk ürünlerinin bazı çevresel problemlere yol açtığı fark edilmiştir. İngiltere'de döşemelik kumaşların sigara tutuşmasına karşı gösterdiği direnç ile ilgili olarak 1980-1983 yılında düzenlemeler hazırlanmıştır. 1988'de yeni düzenlemeler getirilmesi ile birlikte her kumaşa uygulanabilen kaplama teknolojisinde (back-coating), halojen içerikli bileşiklerin kullanımı ön plana çıkmıştır ve özellikle dekabromodifenileter (decaBDE) gibi brom bileşiklerin yarattığı ekolojik etkiler ortaya çıkmıştır [28].

ABD'nin çocuk pijamaları ile ilgili düzenlemesi ve güç tutuşur işçi kıyafetleri ihtiyacı sebebiyle 20. yüzyıl ortalarında Albright & Wilson (UK), Hooker Chemical Co., Ciba gibi firmalarda özellikle pamuklu kumaşlarda yıkamaya dayanıklı güç tutuşurluk üzerine önemli çalışmalar yapılmıştır [27].

Tüm çalışmalar ve getirilen düzenlemeler analiz edildiğinde güç tutuşurluğun ülkeden ülkeye farklı öneme sahip olduğu görülmektedir. Amerika için çok önemli olup hayat kurtaran ürünler olarak kabul edilmektedir. İngiltere de ev tekstili için zorunluluk var iken, Avrupa ülkeleri çevre ve sağlık etkileri sebebiyle bu konuya daha dikkatle yaklaşmaktadır [29].

Daha uygun maliyetli ve çevreye zarar vermeden dayanıklılığını koruyabilen alternatif güç tutuşurluk maddelerin gelişimi, tekstiller üzerine uygulanan güç tutuşurluk maddelerinin çevresel risklerinin değerlendirilmesi, sentetik liflerde kömür oluşumunu artırıcı güç tutuşurluk maddelerinin gelişimi ve nanoteknolojide karşılaşılan zorluklar ve imkânlar gibi konular 2000'li yıllardan bu yana üzerine araştırma yapılan konular arasındadır.

Sonuç olarak yüzyıllardır süregelen yangınla mücadele, tekstil sektörü için de kaçınılmaz olup yangından korunmak için güç tutuşur ev tekstil ürünlere olan ihtiyaç büyük önem arz etmektedir. Günlük hayatımızda her ne sebeple olursa olsun her an yangınla karşılaşma riski vardır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığının hazırladığı istatistiklere göre 2018 yılında çıkan yangınların ilk üç

sıralamasında %35 ile sigara, %26,7 ile elektrik kontağı, %7,3 ile kasıt kaynaklı olduğu görülmektedir (Tablo 1.6). Bu istatistiklerle birlikte sigaranın sebep olduğu yangın olaylarının fazla olması nedeniyle sigara testinden geçebilen güç tutuşur yatak kumaşlarının önemi bir kez daha vurgulanmaktadır. Tüm bu verilerin de gösterdiği üzere ev kazaları sonucunda çıkan yangınların sebep olduğu can ve mal kayıpları, sözü edilen malzemelerin kullanımında yeni kriterlerin ve yaptırımların ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Tablo 1.6. 2018 yılına ait yangın istatistiği [30]

Kaynak	**Yıl**									
	2014		2015		2016		2017		2018	
	Sayı	**%**	**Sayı**	**%**	**Sayı**	**%**	**Sayı**	**%**	**Sayı**	**%**
Sigara	9.168	40,1	10.532	39	11.341	39,7	8.420	33,6	7.153	35,0
Elektrik Kontağı	5.360	23,5	6.564	24,3	6.155	21,5	6.259	25	5.442	26,7
Kasıt	1.340	5,9	2.058	7,6	2.729	9,5	1.981	7,9	1.486	7,3
Kıvılcım Sıçraması	903	4	1.021	3,8	1.122	3,9	1.178	4,7	1.208	5,9
Elektrikli Ev Aletleri	1.189	5,2	1.245	4,6	1.272	4,4	1.206	4,8	1.138	5,6
Baca	749	5	1.185	4,4	1.093	3,8	1.100	4,4	858	4,2
Kızışma	961	4,2	1.107	4,1	842	2,9	943	3,8	862	4,2
Diğer	863	3,8	823	3,1	1.276	4,5	1.014	4	785	3,8
Tespit Edilemedi	830	3,6	956	3,5	1.060	3,7	1.821	7,3	647	3,2
Çocukların Ateşle Oynaması	749	3,3	1.159	4,3	1.374	4,8	867	3,5	553	2,7
Parlama	351	1,5	328	1,2	322	1,1	281	1,1	284	1,4
Toplam	**22.848**	**100**	**26.978**	**100**	**28.586**	**100**	**25.073**	**100**	**20.416**	**100**

1.4.1. Kimyasal Yapılarına Göre Güç Tutuşurluk Maddeleri

1.4.1.1. Halojen İçeren Güç Tutuşurluk Kimyasalları

Halojenli güç tutuşurluk maddelerinin etkinlikleri, içerdiği halojene göre; Flor (F) < Klor (Cl)< Brom(Br) < İyot (I) şeklinde sıralanmaktadır. C-F bağı çok kuvvetli olduğu,

C-I bağı da çok zayıf olduğu için, flor ve iyot içeren güç tutuşurluk maddeleri fazla kullanım alanı bulamamaktadır. Isı etkisiyle hidrojen bromürün açığa çıkmasıyla, liflerinin piroliz sıcaklığı yakın olduğu için brom içeren güç tutuşurluk maddeleri en etkin sonucu sağlamaktadır [31]. Bu yüzden hemen hemen tüm polimerlerde kullanılmaktadır. Sinerjik etki yaratması amacıyla birçoğuna antimonoksit ilave yapılmaktadır.

1.4.1.2. Azot İçeren Güç Tutuşurluk Kimyasalları

Geri dönüşüme uygun, toksik etkileri düşük olan azot içeren güç tutuşurluk maddelerinin en bilineni melamin ve türevleridir. İyi güç tutuşurluk sağlayan bu maddeler; vinil ve epoksi kaplamaları, klorlu kauçuk gibi değişik melamin fosforik asit tuzlarının oluşturduğu kaplamalarda, katı PU köpüğü ya da naylon sistemlerde uygulama alanı bulmaktadırlar [32].

1.4.1.3. Silikon İçeren Güç Tutuşurluk Kimyasalları

Az miktarda silikon bileşikleri eklenen çeşitli polimerlerde, hem izolasyon tabakası oluşumu hem de radikallerin tutulması yoluyla güç tutuşurluk etkileri gözlenmiştir. Çevresel etkileri fazla olmayan kil ve kaolin gibi silikon malzemelerden elde edilen organik-inorganik nano-kompozitler, araştırma konusu olmaya başlamıştır Bu polimerlerin ana iskeleti reaktif lineer silanlar/siloksanlar ve silseskioksanlardır [32].

1.4.1.4. Bor İçeren Güç Tutuşurluk Kimyasalları

Bu grupta yer alan boratlar ve borik asitler, halojen polimer sistemleriyle iyi güç tutuşurluk sağlayan maddelerdir. Piroliz aşamasınca CO ya da CO_2 yerine karbon oluşumu ve izolasyon sağlayan kömürleşme tabakası oluşumu sağlayan bor bileşikleri, antimon oksit gibi kimyasallara göre daha az toksik ve daha ucuzdurlar [26].

1.4.1.5. Karışık Elementler

İnorganik ve Organometalik metal bileşikleri güç tutuşurlukta yaygın olarak kullanılmışlardır. Pb, Sb, Ca, Si ve Ti gibi metaller inhibitör etkisi gösterirken Mg, Cr, Mn, Sn, Ba ve U gibi metaller, hidrojen atomlarını engelleyerek etki göstermektedir. Lif

özelliklerini bozmadan ve daha az güç tutuşurluk maddesi ile daha fazla güç tutuşurluk etkisi sağlamak için metal elementini polimer yapısına eklemek zor bir işlemdir [33].

1.4.1.6. Fosfor İçeren Güç Tutuşurluk Kimyasalları

Organik ya da inorganik yapıda olan; fosfinler, fosfin oksitler, fosfonyum birleşimleri, fosfonatlar, elementel kırmızı fosfor, fosfitler ve fosfatlardır. Genel olarak; basit reaktif fosfat monomerleri, lineer polifosfazenler ve aromatik devresel fosfazenler olarak 3'e ayrılırlar ve homopolimerizasyon, ko-polimerizasyon, yüzey modifikasyonu ya da karışma yoluyla polimer zincirine yerleştirilmektedir.

Yapıştırıcılar, kaplamalar, havacılık ve elektronik kompozitlerde yaygın kullanılan epoksi reçinelerinin güç tutuşurluğunu geliştirmek için genelde yapısında azot veya oksijen bulunan polimer zincire fosfor içeren maddeler yerleştirmek en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Yanma esnasında fosforlu güç tutuşurluk maddesi, piroliz ürünlerinden yoğunlaşma fazında su çekilmesiyle, fosforik asite dönüşür. Oksijen içeren polimerlerde esterleşen fosforik asit kömürleşmeyi sağlamaktadır [33]. Bazı fosfor bileşikleri ise sentetik liflerde eriyik viskozitesini düşürerek damlamayı kolaylaştırıcı etkileri bulunmaktadır [31]. Çalışmamızda kullandığımız Aflammıt Pe Conc. Kimyasalı da bu çalışma prensibine sahip fosfor içeren güç tutuşurluk kimyasalları arasındadır.

Fosfor bazlı güç tutuşurluk kimyasallarındaki son gelişmeleri anlatan bir çalışma halojen içermeyen güç tutuşurluk kimyasallarının giderek önem kazandığını ve bunların içinde de fosfor bazlı olanların; termal kararlılıklarının daha iyi olması, daha etkin olmaları ve buharlaşmalarının daha düşük olması nedeniyle daha geniş kullanım alanı bulduklarını belirtmişlerdir. Ayrıca pentabromodifenileterin Avrupa'da yasaklanmasıyla birlikte poliüretan endüstrisinin daha çevreci olan fosfor içeren kimyasalları tercih etmeye başladığını da vurgulamışlardır [29].

Wang, yaptığı bir çalışmada fosfor içeren 13 tane alev geciktiriciyi incelemiştir. Seçilen solventler içerisinde alev geciktiricilerin ([(6-oksit-6Hdibenz[c,e][1,2]okzafosforin-6-yl)-metil]-butandioik asit (DDP)) çözülebilirlikleri ölçülmüştür. 13 tane fosfor içeren alev geciktiricinin termogravimetrik analiz (TGA) ölçümlerine bakılmış ve 3 tane alev geciktirici reçinenin PET (FR-PET) termal stabilitesi incelenmiştir. Etilen glikol ve teraftalik asitle DDP tarafından birleştirilen FR-PET üzerinde yapılan ölçümlerde,

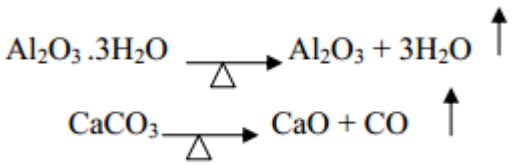
fosfor içeren alev geciktiriciler sayesinde FR-PET in termal stabilitesinin geliştiği, fosfor içeren tüm poliesterlerin LOI değerlerinin % 27' den yüksek olduğu görülmüştür [34].

Huang'ın incelediği diğer bir çalışmada ise, çevrenin korunması, halk sağlığı ve güvenliği adına fosfor içeren güç tutuşurluk sağlayıcı maddelerden çevreye daha az toksik gaz bırakanların, konvansiyonel halojen içeren güç tutuşurluk sağlayıcı maddelerin yerini almak için geliştirilmiş olduğunu belirtmiştir. Ve bu nedenle temel veya yan zincirlerde fosfor bulunan kopoliester sentezlemişlerdir. Dallanmış grup olarak fosfor içeren kopoliesterin (FR-PET) LOI değeri %31,5 olarak ölçülmüştür. Ancak sıcaklığın artması ile kopoliesterin P-CH_2 bağlarında kopma gözlenmiştir. Kondens fazdaki ürünlerde fosfor konsantrasyonunda azalma meydana gelmiştir. Araştırmacılar, FR-PET'in termal stabilitesinin PET'e oranla daha düşük olduğunu, FR-PET için kondens faz yerine gaz fazında güç tutuşurluk eldesinin daha etkin olduğunu gözlemişlerdir [35].

Ömeroğulları ve Kut'un yaptıkları çalışmada poliester kumaş üzerine kireç taşından elde edilmiş olan $CaCO_3$ esaslı doğal yapıda güç tutuşur madde uygulayarak poliester kumaşın yanma davranışını incelemişlerdir. LOI değerlerinde % 39,5'luk bir artış meydana gelmiş ve yakma testi sırasında poliester kumaşın damlamadan ve erimeden yandığı gözlenmiştir. Güç tutuşur poliester kumaş eldesi için sıkça kullanılan fosfonat esaslı güç tutuşur maddesi ile kıyaslama yapılmış ve bu maddeyle işlem görmüş kumaşa göre 5 kat daha uzun sürede yandığı görülmüştür [36].

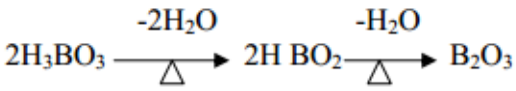
1.4.2. Güç Tutuşurluk Sağlayan Maddelerin Etki Mekanizması

Tekstillerin yanma döngüsünü kırmak için birçok yol denenmiştir. Bu yollardan bir tanesi güçlü endotermik reaksiyonlar sonucu termal olarak ayrışabilen materyalleri lifin içerisinde kullanmaktır. Eğer bu reaksiyonlar sonucu yeterli ısı absorplanabilinirse, lifin piroliz sıcaklığına ulaşılmamış olacak ve yanma gerçekleşmeyecektir. Bu metoda örnek olarak aliminyumhidroksit, aliminyumtrihidrat ve kalsiyumkarbonat verilebilir (Şekil 1.9).



Şekil 1.9. Endotermik yıkım reaksiyonları [15]

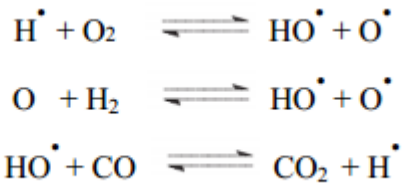
Diğer bir yaklaşım, lif piroliz sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda, lifi çevreleyen yalıtım katmanı kullanmaktır. Borik asit ve hidratlanmış tuzları bu yaklaşıma örnektir (Şekil 1.10). Bu bileşikler ısıtıldığı zaman, dışarıya su buharı verirler. Bu şekilde lif yüzeyini camsı hale getirip, lifin hava ile temasını azaltarak güç tutuşur etki kazandırırlar.



Şekil 1.10. Camsı yüzey [15]

Güç tutuşurluk işlemi eldesi için kullanılan üçüncü yol, daha az yanan uçucu madde ve daha çok kül oluşturmak için piroliz mekanizmasını değiştirmektir. Bu yoğun yapı mekanizması fosfor içeren güç tutuşurluk sağlayıcı maddelerde görülür. Termal bozunma sırasında oluşan fosforik asidin hidroksil grupları içeren polimerlerle çapraz bağ yapması sonucu, dışarıya daha az miktarda yanıcı ürün bırakılmış olur.

Yanmayı önlemede kullanılan dördüncü yol ise işlemin devamı için gerekli ısıyı sağlayan serbest radikal reaksiyonları oluşturmaktır. Buna örnek olarak verilen halojen içeren bileşikler, piroliz sırasında oluşan OH radikallerini yakalayarak bunların hızlı oksitlenmesini sağlar ve yanma için gerekli olan ısıyı azaltır (Şekil 1.11) [15].



Şekil 1.11. Serbest radikal yanma reaksiyonu

1.4.3. Güç Tutuşur Kumaşların Eldesi

Güç tutuşur kumaşlar elde etmek için dört farklı yöntem bilinmektedir. Bunlar; yapısı itibariyle güç tutuşan liflerin kullanılması, liflerin kopolimerazasyon ve kimyasal modifikasyon ile yapılarının değiştirilmesi, sentetik polimere lif çekimi esnasında güç tutuşma sağlayıcı kimyasalların ilave edilmesi ve kumaşın güç tutuşma sağlayan kimyasallar ile muamele etme yöntemleridir.

1.4.3.1. Yapısı İtibariyle Güç Tutuşan Liflerin Kullanılması

Polimerler, kimyasal bileşimlerine göre organik ve inorganik olmak üzere iki gruba ayrılmaktadırlar. Organik polimerlerde başta karbon olmak üzere hidrojen, oksijen, azot ve halojen atomları bulunur. Bir atomun polimer ana zincirinde bulunabilmesi için en az iki değerlikli olması gerekir. Bu nedenle hidrojen ve halojenler ana zincir üzerinde bulunamazlar. İkinci şart ise ana zincir üzerinde bulunan atomlar arasındaki bağ enerjisinin yeterli olmasıdır [12].

İnorganik polimerlerde ana zincirde bulunan elementlerin bağ enerjisi organik polimerlerde bulunan elementlerin enerjilerinden daha yüksektir. Örneğin, B-O bağ enerjisi 119.3 kcal/mol, Si-O bağ enerjisi 89.3 kcal/mol'dür. Buradan yüksek bağ enerjisine sahip polimerlerin parçalanabilmesi için yüksek ısı enerjisine ihtiyaç duyulduğu anlaşılmaktadır. Yüksek bağ enerjisine sahip polimerler, yüksek ısıl ve mekanik özelliklere sahiptirler. Polimerlerin çok yüksek sıcaklıklara dayanmaları, zincirlerinin kopma olasılıklarının azalmasından ileri gelir. Bir polimer zincirinde aromatik halkaların bulunması, rezonans ile kararlı sistemlerin varlığı sayesinde yan grupların korunması sağlanarak sıcaklığa dayanıklı polimerler üretilebilir [13].

Yüksek bağ enerjisine sahip, yapısı itibariyle güç tutuşan bu lifler şunlardır; Asbest lifleri, Cam lifleri, Karbon lifleri, Semi–karbon lifleri, Polibenzimidazol (PBI) lifleri, Teflon – Politetrafloretilen (PTFE) lifleri, Polivinilklorid (PVC) lifleri, Aramid lifleri, Poliamid-imid lifleri, Fenolik lifler, Kyrol lifler, Polifenilensülfit (PPS) lifleri, Poliakrilat Lifleri'dir [11].

1.4.3.2. Liflerin Kopolimerazasyon ve Kimyasal Modifikasyon ile Yapılarının Değiştirilmesi

Kimyasal modifikasyon, polimerin bazı kimyasallarla reaksiyona girerek güç tutuşan ürüne dönüşmesi olarak tarif edilebilir. Kopolimerizasyon işleminde, klor gibi güç tutuşma sağlayıcı elementlerden birini içeren bir monomer, ikinci bir monomer ile polimerleşerek kopolimer oluşturur. Böylece, güç tutuşma sağlayan element, polimerin zincir yapısında yer alır ve polimer yapısı itibariyle güç tutuşur hale gelir [13].

Genellikle giyim amaçlı kullanılan liflerin güç tutuşurluk özellikleri çeşitli adımlarda kimyasal olarak modifiye edilerek geliştirilir. Bu yöntemle elde edilen güç tutuşur liflere örnek olarak; Akrilik / Modakrilik Lifleri, FR Viskoz Lifleri, FR PET Lifleri, FR Nylon Lifleri, FR Yün Lifleri, güç tutuşur selülozik lifler, Durvil ve Karvin' dir.

1.4.3.3. Sentetik Polimere Lif Çekimi Esnasında Güç Tutuşma Sağlayıcı Kimyasalların İlave Edilmesi

Sentetik polimerlere güç tutuşur özellik kazandırmak için lif çekiminden önce güç tutuşurluk sağlayan kimyasallar ilave edilir. Bu kimyasallar, organik fosfor bileşiklerini ve antimon oksit ile birlikte organik halojen bileşiklerini içermektedirler. İnorganik güç tutuşurluk sağlayıcılar ise hidratlı alüminyum, magnezyum hidroksit ve borik asittir. Etkin bir güç tutuşurluk elde edebilmek için kullanılan güç tutuşur maddenin bozunma sıcaklığının, polimerin bozunma sıcaklığına yakın olması gerekir [16].

Bu yöntemle elde edilen güç tutuşur lifler ve kullanılan güç tutuşurluk maddeleri şunlardır; Poliamid lifleri; hegza kloro siklopentadien, klorlu difenil ya da klorlu difenil, Akrilik lifleri; tris(2,3-dibromo-propil) fosfat, trialkil fosfat ve Sb406 ve halojen karışımları, Poliester lifleri; dimetilfosfit ve tris (2,3- dibromopropil) fosfat'tır [37].

1.4.3.4. Kumaşın Güç Tutuşma Sağlayan Kimyasallar ile Muamele Edilmesi

Tekstil terbiyesinde kullanılan güç tutuşurluk maddeleri; kimyasal yapılarına göre ya da kumaş ile aralarında oluşan bağlara göre reaktif olmayan ve reaktif olan şeklinde genel olarak ikiye ayrılmaktadır. Genelde tuz bazlı olan organik ve inorganik güç tutuşurluk maddeleri reaktif olmayan gruba dâhildir.

Ucuz olan bu güç tutuşurluk maddeleri yıkama banyosunda çözünüp çözünmediğine göre yıkamaya dayanıksız ya da yarı dayanıklı olarak sınıflandırılmaktadır. Kumaşlar ile kimyasal bağ yapan reaktif güç tutuşurluk maddeleri ile kumaş muamele edildiğinde standart ev tipi yıkamaya dayanıklı güç tutuşma etkisi elde edilmektedir [13].

Kaplama, emdirme, köpük veya sprey yöntemleri ile aplikasyonu yapılan güç tutuşurluk maddeleri; uygulandığı materyalin cinsine, lif yapısına, ağırlığına, dokuma yapısına, elyaf kombinasyonlarına, yıkamaya veya kuru temizlemeye dayanıklılıklarına göre farklılık göstermektedir. Uygulama yöntemleri, kullanım yerine veya tekstil materyaline göre değişmektedir. Kaplama yapılmaktansa fulardda emdirme yöntemi ile aplike edilen güç tutuşur malzemelerinin verimlilikleri; kimyasal madde, en iyi performansını kumaş içine nüfus ettiğinde ortaya koyacağı için artmaktadır [29].

Güç tutuşur kumaş elde etmek için ya yapısı itibariyle güç tutuşan lifler kullanmak ya kimyasal işlemlerle kumaşı güç tutuşur hale getirmek ya da her iki yöntemi birlikte kullanmak gerekir. Yapısı itibariyle güç tutuşur lifler poliaramid veya diğer aromatik yapılarda olduğu gibi termal olarak stabil olan bir kimyasal yapıya sahiptirler ya da sentetik lif imali esnasında lif çekiminden önce polimere güç tutuşma sağlayıcı kimyasalların katılmasıyla ya da FR polyesterdeki gibi liflerin kopolimerizasyon ve kimyasal modifikasyon ile yapılarının değiştirilmesi ile elde edilirler. Güç tutuşurluk terbiye işlemleri ise; kumaş yüzeyine ya da tamamına uygulanan terbiye işlemi sonrasında son lif yapısının bir parçasına dönüşen fonksiyonel terbiye işlemlerini içermektedir.

Polimere güç tutuşurluk sağlayıcı katkı maddeleri ilavesi problem oluştursa da yapısı itibariyle güç tutuşan liflerden elde edilen kumaşlar yıkama ve kullanım ömrü açısından en dayanıklı kumaşlardır. Kimyasal terbiye işlemleri ise dayanıklı güç tutuşma sağlayan kimyasal malzemenin lif yüzeyine yapışma ya da moleküler olarak life bağlanma kuvvetine bağlıdır. Bazı terbiye işlemleri oldukça yüksek kullanım dayanımı sağlamasına rağmen bazı kimyasal malzemelerin belli bir miktarın üzerinde kullanılması kumaşın kullanım özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Başarılı bir güç tutuşurluk terbiyesi için, kabul edilebilir güç tutuşma seviyelerini uygun maliyet ve klasik tekstil terbiye ve kaplama cihazları ile gerçekleştirebilmek gereklidir [13].

1.4.4. Güç Tutuşurluk Test Metotları

Türkiye'de güç tutuşurluk ile ilgili herhangi bir yasa olmamasına rağmen, Amerika'ya, İngiltere'ye satılan bazı tekstil materyallerinde güç tutuşurluk uygulamaları zorunlu tutulmaktadır. İhracatın %80'ini Avrupa, UK, USA yapan tekstil üreticilerinin farklı ülkelerde uygulamada olan yangın güvenliği düzenlemelerini, test metotlarını veya standartlarını bilmesi gerekmektedir. Farklı ülkelerde uygulanan güç tutuşur standartları Tablo 1.7'da verilmiştir [38].

Tablo 1.7. Güç tutuşurluk test standartları

Ülke	Standart	Test	Kullanım Yeri
Avrupa normu	BS EN 597 part 1 ve part 2	Sigara ve Kibrit	Düşük tehlikeli topluma açık yerler
İngiltere	BS 5852 part1	Sigara ve Kibrit	Perde/Döşemelik
İngiltere	BS 5852 part2	Crib 5	Ev içi kullanım
Almanya	DIN 4102 part1	B1	Topluma açık yerlerde perde/döşemelik
Fransa	NFP 92-503-507	M1	Topluma açık yerlerde perde/döşemelik
ABD	NFPA 701 CFR 1633	M1	Topluma açık yerlerde perde/döşemelik

1.4.4.1. Sigara Testi

Döşek yastıkları ve döşenmiş yatak tabanları, için için yanan bir sigaraya maruz bırakıldığında yanabilirliğin tespit edilmesi için kullanılan bir deney metodunu kapsar. Bu testte TS EN 597-1:2016 İçin İçin Yanan Sigara standardı kullanılmaktadır.

Testler için test materyalinin üst yüzeyi kullanılır. Bir sigara, test düzeneğinin yatay ve dikey kesişim çizgisi boyunca yerleştirilir ve sigaranın tüm uzunluğunun yanmasına izin verilir. Kumaşta ve iç materyalde her iki yönde "alevlenme" veya "ilerleyen için için yanma" gözlenmezse tutuşma yok olarak kayıt edilir ve materyal testi geçer.

1.4.4.2. Kibrit Alevi Eşdeğeri Testi

Döşek yastıkları ve döşenmiş yatak tabanları bir kibrit ateşine eş değerdeki gaz alevine maruz bırakıldığında yanabilirliğin tespit edilmesi için kullanılan bir deney metodunu kapsar. Bu testte TS EN 597-2:2016 Kibrit Alevi Eşdeğeri standardı kullanılmaktadır.

Testler için test materyalinin üst yüzeyi kullanılır. Kibrit alevi yerine geçen yakıcı, düzeneğin kesim çizgisine 15 saniye için uygulanır ve daha sonra kaldırılır. Kumaşta ve iç materyalde her iki yönde "alevlenme" veya "ilerleyen için için yanma" gözlenmezse tutuşma yok olarak kayıt edilir ve materyal testi geçer.

1.4.4.3. Crib 5 Testi

Döşek yastıkları ve döşenmiş yatak tabanları birincil ve ikincil tutuşturma kaynaklarının alevlendirmesine maruz bırakıldığında yanabilirliğin tespit edilmesi için kullanılan bir deney metodunu kapsar. Bu teste BS 6807:2006 test standardı kullanılmaktadır.

Test için hazırlanan kumaşın hem üst yüzeyinden hem de alt yanal orta noktasından olacak şekilde 2 şekilde yapılır. Deney malzemeleri, şartlandırma odasından alındıktan sonra 20 dakika içerisinde, 5'li çıta standartta belirtildiği gibi yerleştirilir ve yanıcı madde yardımıyla tutuşturulur ve aynı zamanda saat çalıştırılır. Yanma süreci tamamen gözlemlenir ve 5'li çıtanın yanma başlangıcından numunenin sönme süresine kadar kaydedilir. Eğer test numunesinde tutuşma gözlemlenirse, test numunesi söndürülür, test durdurulma süresi ile nedeni kaydedilir ve test sonlandırılır. Eğer test numunesinde tutuşma gözlemlenmezse, içten içe yanma için gözleme devam edilir. İçten içe yanma gözlemlenirse test numunesi söndürülür, zaman durdurma süresi ile nedeni kaydedilir ve test sonlandırılır.

1.4.4.4. Güç Tutuşurlukta Alman Test Standardı

Alman test standardı DIN 4102, genel bir güç tutuşurluk standardı olup daha çok inşaat malzemelerine uygulanmakla birlikte çok çeşitli malzemeler için de kullanılmaktadır. Ev tekstiline yönelik olarak geliştirilmediği için sünger vb. ürünler teste tabi tutulmaz, sadece kumaşa test yapılır.

Bu test 2 kısımdan oluşmaktadır. DIN 4102 Part 1 – Kleinbrenner (B2)'de kumaş numunesi bir çerçeve içinde dikey olarak asılır. 20 mm yüksekliğindeki alev, 15 saniye boyunca kumaş yüzeyi ve kumaş kenarına denk gelecek şekilde uygulanır. Numune üzerinde referans çizgiler belirtilmiştir ve alevin uç noktasının bu çizgilere 20 saniye boyunca ulaşmaması istenir. Test 5 kopya ile tamamlanır, her kopyanın testi başarı ile geçmesi gerekir. Ayrıca alttaki filtre kâğıdı ile alevli damlacık oluşup oluşmadığı tespit edilir. Testi başarı ile geçen kumaş B2 olarak sınıflandırılır.

DIN 4102 Part 15/16 – Brandschacht (B1) standardı, B2 standardını da kapsadığı için numunelere önce B2 testi yapılır, B2 standardını sağlayan kumaşlar B1 testine tabi tutulur. B1 Test düzeneğinde ise altında brülör bulunan kare şeklinde dikey bir odacık bulunur. 1000 x 190 mm boyutunda 4 adet kumaş numunesi, destekleyici bir çerçeve ile dikey olarak asılır ve 10 dakika boyunca aleve maruz kalırlar. Aynı zamanda odacığa alt kısımdan 3±3°C sıcaklık, 600 m^3/s hızda sabit ve düzenli bir şekilde hava akımı sağlanır.

Test değerlendirmesinde dumanın sıcaklığı ve numuneden yanmadan geriye kalan uzunluk dikkate alınır. B1 standardını karşılayabilmek için; numunelerden yanmadan geriye kalan uzunluğun toplamı 150 mm'den az olmamalıdır ve hiçbir numune tamamen yanmış olmamalıdır. Ayrıca çıkan gazın sıcaklığının ortalaması 200°C'yi geçmemelidir. Testte kullanılan sınıflandırma ise aşağıdaki gibidir:

A : Tutuşmaz
B1 : Güç
B2 : Normal Tutuşur
B3 : Kolay Tutuşur

1.4.4.5. Güç Tutuşurlukta Fransız Test Standardı

Fransız standardı olarak kullanılan NF P 92 503-505 standartları Belçika, İspanya ve Portekiz'de de geçerlidir.

NF P 92 503 Elektrikli Bek Testinde alev kaynağı olarak elektrikli bek alevi kullanılır. Çıkan test sonuçlarına göre kumaş numuneleri M1 ve M4 arasında sınıflandırılır. Numune test cihazına 30° eğimle yerleştirilir. Küçük bir bütan alevi kumaş yüzeyine direk olarak uygulanır. Test sırasında, alevin yanma süresi, damlamanın oluşup

oluşmadığı ve numunede hasar gören kısmın boyutları (genişlik/uzunluk) değerleri kaydedilir.

NF P 92 504 Alev Yayılma Oranı Testi bir önceki testte beklenmeyen sonuçlar görülen numunelere uygulanır. Alev sonrası yanan veya yanmayan damlalar gözlemlenir. Alev dikey yerleştirilmiş numuneye uygulanır. İki referans nokta arasında alevin yayılma süresi ölçülür. Damlama varsa kaydedilir.

NF P 92 505 Damlama Testinde ise meydana gelen damlama sayısı kaydedilir. Numune bir ızgara üzerinde ısı kaynağı radyatörün altına yerleştirilir. Damlaların toplanması için yün bir ped kullanılır. Pedin yanıp yanmadığı not edilir. Çizelgede çıkan test sonuçlarına göre sınıflandırma yapılır.

1.4.4.6. Güç Tutuşurlukta Amerika Test Standardı

Amerika'da güç tutuşurluk için NFPA 701 test standardı kullanılmaktadır. Resmi bir standart bulunmadığı için National Fire Protection Association tarafından geliştirilmiş ve kabul görmüştür. Genel olarak "Tekstillerin ve filmlerin alev yayılmaları için yangın test yöntemi standardı" olarak belirtilse de perde, perdelik kumaş ve diğer cam örtüsü ürünler için kullanılmaktadır. Bu yüzden test dikey düzlemde yapılır. Ancak döşemelik kumaşlar veya yatak kumaşları için özel bir standart olmadığı için ihtiyaç durumunda bu kumaşlar da NFPA 701 standardına tabi tutulmaktadır.

İki test metodu vardır. Yatak kumaşları için birinci metot tercih edilmektedir. İkinci metot sadece 700 g/m^2'den daha ağır vinil kaplamalı karartma perdelerine (blackout) uygulanır.

Yatak kumaşlarında uygulanan test için 5x10" boyutlu (8,89 x 25,4 cm) boyutunda 5'i çözgü, 5'i atkı yönlü 10 adet numune hazırlanır. Test, tek kat kumaşa yapılır. Eğer çok katlı bir uygulama söz konusu ise katmanlar birbirine dikiş vb. bir yöntemle tutturulmalıdır. Tek veya çok katlı bir numune tartılır ve iğneli bir çubuğa takılır. Numune dikey olarak kabinin arka tarafına asılır. Kumaşın brülörden uzaklığı 0,75" (1,91 cm), gaz alevinin boyu ise 1,5" (3,81 cm) olmalıdır. Alev numunenin alt kenarının tam ortasına 45 saniye boyunca uygulanır ve geri çekilir. Numunenin kendi kendine sönmesine izin verilmelidir ve numunede başka bir hasar oluşmamalıdır. Yanmış

numune iğneli çubuktan sökülür. Oda ortamında kondüsyonlanır ve yeniden tartılır. Zararı ortaya koyabilmek için numunenin ağırlık kaybı belirlenir.

10 tane numuneden test kafesinin zeminine düşen parçalar veya kalıntıların yanma süresi ortalaması 2 saniyeden fazla olmamalıdır. 10 numunenin ağırlık kaybı ortalaması %40'tan fazla olmamalıdır. Hiçbir numunenin kütle kaybı yüzdesi, 10 numunenin ortalamasını 3 standart sapmadan fazla geçmemelidir. Test tekrarlanırsa; ikinci testten hiçbir numunenin kütle kaybı yüzdesi ilk test ortalamasından 3 standart sapma yüksek olmamalıdır. Numune bu performans kriterlerinden hiçbirisini geçemezse testten kalmış kabul edilir. Testi geçen kumaş "alev geciktirici" (flame retardant) olarak kabul edilir.

1.4.4.7. California 1633 Test Standardı

Amerika'da 16 CFR Kısım 1633 yatak takımlarının alev alması (açık alev) standardı kullanılan diğer bir standarttır. Standart, bir yatak ya da yatak takımındaki ateşleme kaynağına yakın bir ateşleme kaynağına maruz kaldığında, bir yatak ya da yatak takımındaki yangın ilerlemesi ve enerji çıkışını değerlendirmek için kullanılır. 16 CFR Part 1633 ABD'de federal bir standarttır ve üretilen veya ithal edilen tüm yatak ve şilteler bu standarda uygun olmalıdır.

1.4.4.8. Limit Oksijen İndeksi

ASTM D2863 LOI testi, yapay maddelerin güç tutuşurluk özelliklerinin belirlenmesi için geliştirilen bu test yöntemi tekstil ürünleri için de kullanılmaktadır. Test örneği için yanmayı devam ettirmede gerekli olan en az oksijen miktarı belirlenmektedir. Test, örnek numune dikey yerleştirilerek, oksijen-azot atmosferinde hidrojen aleviyle en üst kenarından tutuşturarak yapılmaktadır. Kumaşlar üstten alta doğru yanmakta, oksijen ve azot akımları, örnek yavaş ve kararlı bir şekilde tamamıyla yanana kadar ayarlanmaktadır. Tutarlı sonuçlar alınana kadar test tekrarlanmaktadır.

LOI test değeri aşağıdaki formülle ifade edilir [19].

$$LOI\ \% = [O_2] / ([O_2]+ [N_2]) \times 100$$

Havadaki oksijen oranı yaklaşık %21 olduğu için %21'den küçük LOI değerine sahip materyaller kolaylıkla yanmaktayken, %21'den büyük olanların yanmak için ek

oksijene ihtiyaçları olmaktadır [39]. Tablo 1.8'de LOI değerlerinin sınıflandırılması verilmiştir.

Tablo 1.8. LOI değerlerine göre güç tutuşturucularının sınıflandırılması

LOI Değeri	Sınıfı
< %24	Yanabilir, alev alabilir
% 24 - 28	Sınırlı güç tutuşturucu
% 29 - 34	Güç tutuşturucu
> % 34	Ekstra güç tutuşturucu

1.4.4.9. 45° Eğik Yakma Test Standardı

45° eğik yakma testinde kullanılan DIN 54335 standardı dokuma, örme ve dokusuz yüzey kumaşlara uygulanabilen bir test yöntemidir. Test örneği 45^{o} açıyla yerleştirilerek belirli bir süre alt kenarından standart bek alevi etkisinde tutulur. Değerlendirme, bek çekildikten sonra alevli yanma süresi, için için yanma süresi, belirli bir uzunluğa kadar yanması için geçen süre belirlenerek yapılmaktadır [40].

1.4.4.10. Yatay Yakma Test Standardı

Yatay yakma testinde kullanılan DIN 54333 standardı, dokuma veya oto döşemeliklerine uygulanmaktadır. Test örneği yatay (yere paralel) tutularak, serbest uçlarının bir tutuşma alevine tabi tutulması ile alev yayılma hızının bulunması için kullanılmaktadır [40].

1.4.4.11. Dikey Yakma Test Standardı

Sıklıkla kullanılan DIN 54336 Dikey Yakma test standardı test örneğinin yeterliliği açısından, eğik ve yatay yakma testlerine göre daha zorludur. Örnek dik konumda, belirli bir süre bek alevine tabi tutulmakta, yanma boyu, alevli yanma süresi, için için yanma süresi ölçülmektedir [40].

DIN 54336, DIN 53906'nın yeniden düzenlenmiş şeklidir. DIN 53906'da örnek boyutları 75x150 mm ve alevde tutma süresi deney örneğinin m^2 ağırlığına göre 4-14 saniye arasında değişirken, DIN 54336'da örnek boyutları 120x450 mm ve alevde tutma süresi 3-15 saniyedir. DIN 54336 dikey yakma testi değişik tutuşturma süreleri

nedeniyle daha çok sivil alanda; iş elbiseliklerine, dekorasyon kumaşlara ve teknik tekstil kumaşlara uygulanmaktadır [40].

1.4.4.12. Yarım Daire Test Standardı

Yarım daire testinde kullanılan DIN 54331 standardında test örneği, yarım daire şeklinde kıvrılmış bir metal levhanın üzerine konularak ölçüm yapılmaktadır. Bu test yöntemi, yanıcı tekstil ürünlerinin yanma biçimlerinin bir yarı çember aracılığıyla bulunmasını sağlamaktadır [41].

Güç tutuşurluk işleminin değerlendirilmesinde göz önünde bulundurulan çok sayıda özellik söz konusudur. Materyalin cinsi ile ilişkili yanma davranışı, materyalin bulunuş şekli, materyalin yüzey yapısı, alevin çıkış kaynağı vb. değişkenlere bağlı olarak geliştirilen çok sayıda test metodu, standartlarda yer almaktadır.
Bunların dışında da çok sayıda ve her ülke standardında yer alan güç tutuşurluk testleri bulunmaktadır. Güç tutuşurluk testleri hangi yönteme göre yapılırsa yapılsın genel değerlendirmede göz önünde bulundurulması gereken konular; tutuşturma kaynağı uzaklaştırıldıktan sonraki yanma süresi, alevli yanma bittikten sonraki içten yanma süresi, test sonunda oluşan kömürleşme boyu ve alanı, yanmanın ilerleme hızı, damlama olayı, gaz veya duman çıkarma durumudur.

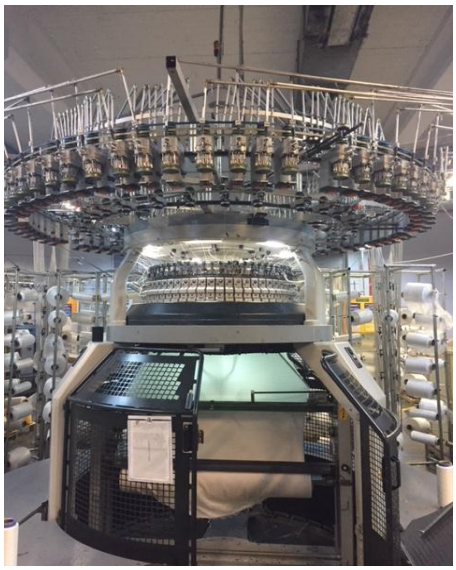
2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında, örme yatak kumaşlarına güç tutuşurluk özelliğinin kazandırılması için uygulanan kaplama ve emdirme yöntemlerinin parametreleri kontrollü şartlarda değiştirilerek, parametrelerin kumaşların güç tutuşurluk özelliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Örme yatak kumaşların üretimi ve güç tutuşurluk bitim işlemleri Boyteks Tekstil Sanayii ve Ticaret A.Ş.'de gerçekleştirilmiştir.

2.1. Materyal

Çalışma kapsamında, örme kumaş numuneleri OVJA 1.6 E Mayer & Cie. yuvarlak örme makinesinde üretilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. OVJA 1.6 E Mayer & Cie. yuvarlak örme makinesi

Çalışmada kullanılacak olan kumaş özellikleri belirlenirken örme yatak kumaşlarında yaygın olarak kullanılan gramaj aralığı ve kumaş konstrüksiyonu baz alınmıştır. Kullanılan örme kumaş kompozisyonu %100 Polyester (Pes) olup ön yüz ve zeminde

kullanılan iplikler 110 dtex, dolgu ipliği ise 900 denye'dir. Örme kumaşın ilmek sütun sıklığı (adet/cm) 11.1, ilmek satır sıklığı (adet/cm) 10.8 ve kumaş gramajı 230 g/m^{2}'dir. Güç tutuşurluk bitim işlemlerinin uygulanması için kullanılan makineler laboratuvar tipi olduğu için kumaş numuneleri, makine enine ve boyuna uygun olarak 30 x 35 cm boyutlarında kesilmiştir.

Kumaşların kaplama işleminde kullanılan laboratuvar tipi köpük kaplama makinesi Şekil 2.2.(a) 'da, emdirme makinesi ise Şekil 2.2.(b) 'de görülmektedir.



Şekil 2.2. (a) Laboratuvar tipi köpük kaplama makinesi (b) Laboratuvar tipi emdirme makinesi

2.1.1. Uygulama Parametreleri

Güç tutuşurluk bitim işlemleri için emdirme uygulama yönteminde organik fosfor bileşiği olan Aflammıt Pe Conc. kimyasalı kullanılmıştır. Kimyasalın pH değeri 2,5 - 3,5 arasında, yoğunluğu ise 1,28 g/cm^{3}'tür. Tablo 2.1'de yapılan işlemlerde uygulanan reçeteler, fikse ve kurutma şartları verilmektedir.

Tablo 2.1. Aplikasyonda kullanılan proses şartları

Kullanılan Kimyasal	**Proses**	**I**	**II**	**III**
Aflammıt Pe Conc.	Konsantrasyonlar (g/l)	50	75	150
	Sıkma Basıncı (bar)	4	5	6
	Fikse Sıcaklığı (°C) Süresi (dk)	110 °C 2’	140 °C 2’	190 °C 2’
	Pick-up (%)	96	77	62
	Kurutma Sıcaklığı (°C) Süresi (dk)	110 °C 15’		

Köpük kaplama yönteminde kullanılan Flameretarder AD14 kimyasalı ise halojen içerikli bir alev geciktirici katkı maddesidir. Kimyasalın pH değeri 8,5 olup noniyonik bir kimyasaldır. Köpük kaplama için binder olarak kullanılan TUBICOAT CM 2T kimyasalı ise akrilat bazlı anyonik bir bileşiktir. Ph değeri 7,5-8,5 arasında olup bileşiklerle kendi kendine çapraz bağ yapabilme özelliğine sahiptir. Tablo 2.2’de yapılan işlemlerde uygulanan reçeteler, fikse ve kurutma şartları tanımları verilmektedir.

Tablo 2.2. Aplikasyonda kullanılan proses şartları

Kullanılan Kimyasal	**Proses**	**I**	**II**	**III**
Flameretarder AD14 + Tubıcoat CM 2T	Konsantrasyonlar (g/cm^3)	200	350	700
	Fikse Sıcaklığı (°C) Süresi (dk)	110 °C 2’	140 °C 2’	190 °C 2’
	Kimyasal/Binder Oranı (%)	50	50	50
	Kumaş Üzerindeki Kimyasal Miktarı (gr/m^2)	4.8	6.7	12.9
	Kurutma Sıcaklığı (°C) Süresi (dk)	110 °C 15’		

Çalışmada kapsamında, köpük kaplama kimyasalının uygulama parametreleri kontrollü olarak değiştirilmiştir. Değiştirilen kaplama parametreleri; köpük yoğunluğu ve fikse sıcaklığıdır. Köpük kaplama işlemi için makine parametreleri ise her numune için sabittir. Kullanılan köpük kaplama makinesi laboratuvar tipi olduğu için işletme şartlarına oranla kumaş üzerinde daha fazla kimyasal bulundurmaktadır.

Kaplama işleminde kullanılan parametrelerinin değiştirilmesi ile elde edilen 9 tip kaplamalı örme kumaşın kodları ve değiştirilen kaplama işlem parametreleri Tablo 2.3'te verilmiştir. İşlemsiz örme kumaş K0 olarak ifade edilmiştir.

Tablo 2.3.Köpük kaplamada değiştirilen kimyasal parametreleri ve değerleri

Kumaş Kodları	Köpük Yoğunluğu (g/cm^3)	Fikse Sıcaklığı (°C)
K0	-	-
K1	200	110
K2	200	140
K3	200	190
K4	350	110
K5	350	140
K6	350	190
K7	700	110
K8	700	140
K9	700	190

Çalışma kapsamında ayrıca, aynı tip kumaş numuneleri için emdirme yöntemi için de kimyasal uygulama parametreleri kontrollü olarak değiştirilmiştir. Değiştirilen emdirme yöntemi uygulama parametreleri; kimyasal miktarı, sıkma basıncı ve fikse sıcaklığıdır.

Emdirme işleminde kullanılan parametrelerinin değiştirilmesi ile elde edilen 27 tip örme kumaşın kodları ve değiştirilen işlem parametreleri Tablo 2.4'de verilmiştir.

Tablo 2.4. Emdirme yönteminde değiştirilen kimyasal parametreleri ve değerleri

Kumaş Kodları	Kimyasal Miktarı (g/lt)	Sıkma Basıncı (bar)	Fikse Sıcaklığı (°C)
F1	50	4	110
F2	50	4	140
F3	50	4	190
F4	50	5	110
F5	50	5	140
F6	50	5	190
F7	50	6	110
F8	50	6	140
F9	50	6	190
F10	75	4	110
F11	75	4	140
F12	75	4	190
F13	75	5	110
F14	75	5	140
F15	75	5	190
F16	75	6	110
F17	75	6	140
F18	75	6	190
F19	150	4	110
F20	150	4	140
F21	150	4	190
F22	150	5	110
F23	150	5	140
F24	150	5	190
F25	150	6	110
F26	150	6	140
F27	150	6	190

Kullanılan kimyasalların kurutma sıcaklık aralıkları baz alınarak belirlenen kurutma sıcaklığı ise her numune için 110 °C'de 15 dakikadır. Ayrıca güç tutuşurluk kimyasalının aplikasyonu sonrası her iki uygulama yöntemi için de fikse işlem süresi 2 dakika olarak sabit tutulmuştur.

2.2. Metot

Bu çalışmada kontrollü proses şartlarında belirli bir deneysel plana göre güç tutuşurluk bitim işlemleri uygulanan kumaşların, yatak kumaşında en yaygın olarak kullanılan test

yöntemleri ile güç tutuşurluk özellikleri üzerinde proses parametrelerinin etkileri incelenmiştir.

Üretilen örme kumaşların; LOI, İçin İçin Yanan Sigara ve Kibrit Ateşi Eş Değeri testleriyle güç tutuşurluk özellikleri test edilip karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiştir. Deneysel çalışma öncesinde numuneler en az 24 saat standart atmosfer koşullarında (20±2ºC sıcaklık, %65±2 bağıl nem) bekletilerek kondüsyonlanmıştır.

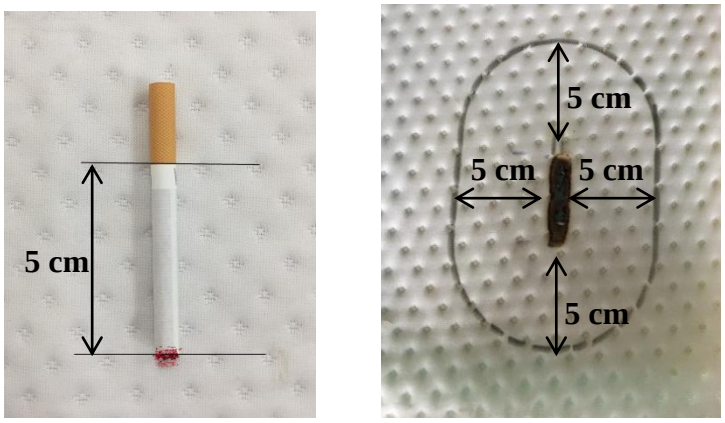
2.2.1. Numune Kumaşlara Uygulanan Testler

Uygulanan apre işlemleri sonrasında, numune kumaşların güç tutuşurluk etkinliğinin belirlenmesi amacıyla çeşitli testler uygulanmıştır.

2.2.1.1. Sigara Testi

Yatak kumaşlarının, yanan sigaraya maruz kaldığında yanabilirliklerini değerlendirmek için geliştirilmiş bir test metodudur. Yapılan bu testte, test materyalinin üst yüzeyi kullanılmaktadır.

Test hazırlık aşamasında, standartlara uygun filtresiz sigara, test düzeneğinin dikey yönü boyunca yerleştirilir ve sigaranın etrafına 5 cm çapında işaretler konularak sınır alan belirlenir. Daha sonra sigara yakılarak işaretlenen bölgeye bırakılır. Aynı zamanda kronometre çalıştırılarak sigaranın tüm uzunluğunun yanmasına izin verilir. 0,5 cm'den 5,5 cm çizgisine kadar için için yanan sigaradan alınan zaman değerleri kaydedilir. Süre sonlandırıldıktan sonra da görsel olarak kumaş incelenerek testin diğer koşulunu sağlayıp sağlamadığı da tespit edilir. Numune kumaşta meydana gelen için için yanma uzunluğu, 5 cm çapla işaretlenen sınır bölgeyi geçmemesi gerekir. Test esnasında deney numunesinde ilerleyen için için yanma veya alevli yanma gözlemlenirse deney numunesi söndürülerek deneye son verilir ve kumaş testten kalmış olur.
Şekil 2.3'te sigara testi için 5 cm işaretli uzunluğa dikey yerleştirilen (a) sigara görüntüsü ile için için yanma sonrasında (b) numune kumaş görüntüsü verilmiştir.



(a) (b)

Şekil 2.3. (a) Dikey yerleştirilen sigara ve (b) yanma sonrası kumaştaki görüntüsü

2.2.1.2. Kibrit Alevi Eşdeğeri Testi

Yatak kumaşlarının, kibrit eşdeğerinde bir gaz alevine maruz kaldığında yanabilirliklerini değerlendirmek için geliştirilmiş bir test metodudur. Yapılan bu testte, test materyalinin üst yüzeyi kullanılmaktadır.

Testte kullanılacak olan yakıcı tüpün alev yüksekliği ise 3,5 cm olmalıdır. Bu şekilde hazırlanan kibrit alevi yerine geçen yakıcı, kumaş yüzeyine 15 saniye uygulanır ve daha sonra kaldırılır. Yakıcı düzenek, yatay konumda ve deney numunesi ile temas halinde olmalıdır. Kumaşta ve iç materyalde her iki yönde "alevlenme" veya "ilerleyen için için yanma" gözlenmezse tutuşma yok olarak kayıt edilir ve materyal testi geçer. 15 saniye sonra kumaş yüzeyinde yanan kısmın çapı ölçülerek not alınır. Deney numunesinin ilerleyen için için yanması veya alevli yanması gözlemlenir ise deney numunesi söndürülerek deneye son verilir ve kumaş testten kalmış olur.

Şekil 2.4' te Kibrit Alevi Eşdeğeri testi için alevin deney numunesi ile teması (a) ve yanma sonrası açılma uzunluğu (b) görseli verilmiştir.



(a) (b)

Şekil 2.4. (a) Alevin kumaşla teması (b) yanma sonrası açılma uzunluğu

2.2.1.3. Limit Oksijen İndeksi

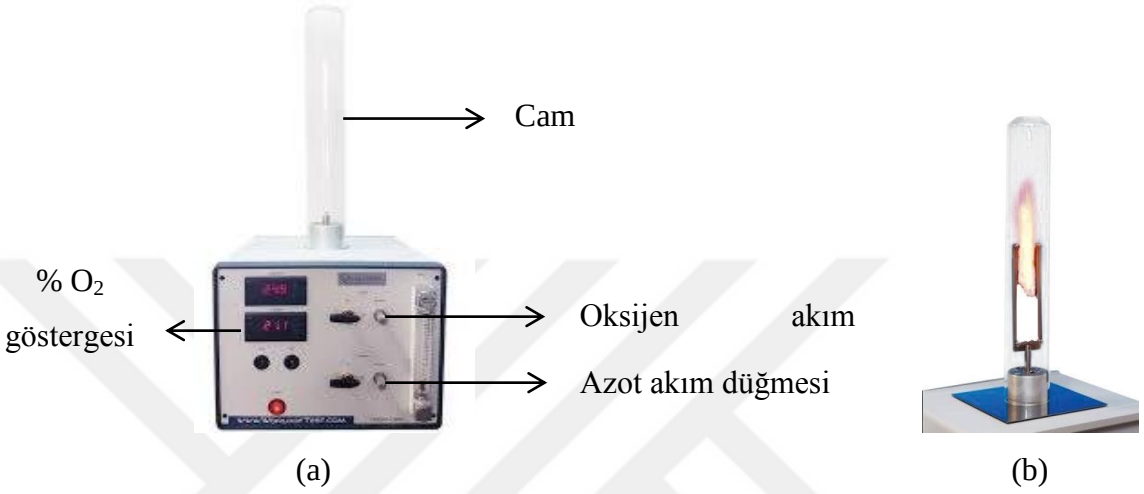
LOI testi, farklı polimerlerin yanma davranışlarını belirlemek amacıyla Mark ve Atlas tarafından geliştirilmiştir [42]. LOI testi, malzemelerin yanmasını devam ettireceği atmosferdeki minimum oksijen miktarını belirler.

Teste başlamadan önce deney numuneleri numune tutucu boyutlarında kesilerek, numune tutucuya yerleştirilir. Numune ile birlikte test cihazı üzerine sabitlenir ve en son cam hazne numuneyi içine alacak şekilde düzeneğe yerleştirilir.

Dikey olarak yerleştirilen örnek numune kumaş, oksijen-azot atmosferinde hidrojen aleviyle üst kenarından tutuşturulur. Alev 5 saniyede bir numuneden uzaklaştırılır ve numunenin yanmaya başlayıp başlamadığı kontrol edilir. Kumaş numunesi 30 saniye boyunca tutuşmaz ise veya kumaş numunesi tutuştuktan sonra numunenin 50 mm'lik uzunluğunun yanma süresi 180 saniyeyi geçer ise test sonlandırılır ve o numune 0 diye kaydedilir. Ve yeni deney numunesi ile bir önceki oksijen konsantrasyon değerinden % 0,2 oranında arttırılarak ilk değerden farklı bir sonuç elde edilinceye kadar test tekrarlanır.

Test sırasında kumaş numunesi ilk 30 saniyede yanar ise kronometre başlatılır ve kumaş numunesinin 50 mm'lik uzunluğunun yanma süresi 180 saniyeyi geçmez ise test sonlandırılır ve o numune X diye kaydedilir. Ve yeni deney numunesi ile bir önceki oksijen konsantrasyon değerinden % 0,2 oranında azaltılarak ilk değerden farklı bir sonuç elde edilinceye kadar test tekrarlanır.
İzleyen testlerde, aynı numune kumaş için aralarında ≤ % 1 fark olan ve birinin değeri 'X', birinin değeri '0' olan iki oksijen konsantrasyonundan '0' değeri vermiş olan

'preliminary oxygen concentration' diye adlandırılır. Ardından preliminary oxygen concentration olarak belirlenmiş oksijen konsantrasyonu değerinde bir numune daha test edilir ve tutarlı sonuçlar alınana kadar aynı oksijen konsantrasyonunda test tekrarlanmaktadır. Bu değer bize LOI sonuç değerini vermektedir [40].



Şekil 2.5. (a) LOI Test Cihazı (b) cam hazne içindeki numune tutucu

3. BÖLÜM

ARAŞTIRMA SONUÇLARI

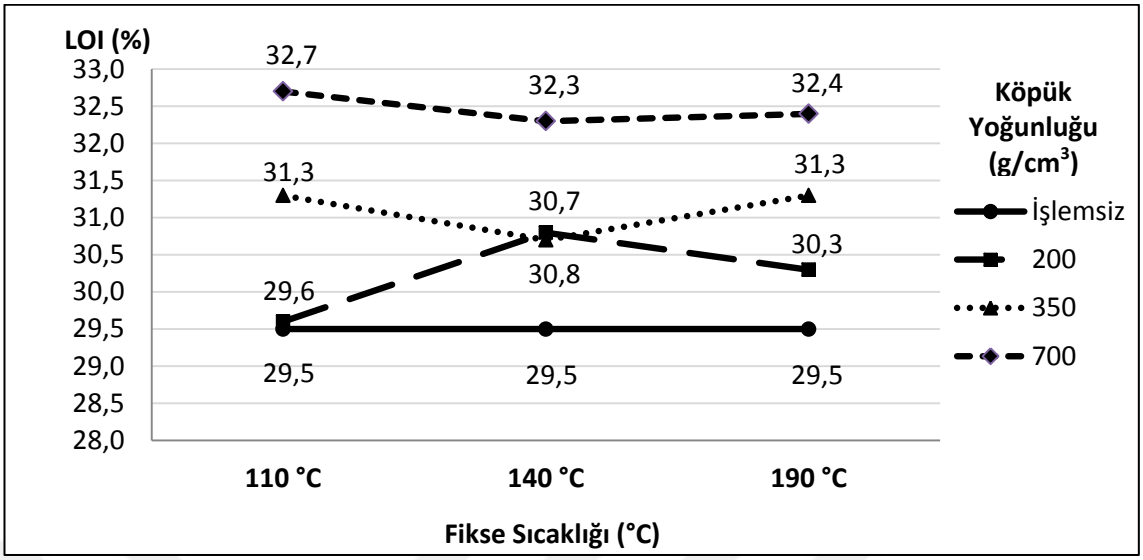
Bu bölümde, tez kapsamında yapılan deneysel çalışmaların sonuçları tablolar ve grafikler şeklinde özetlenmiştir. Araştırma sonuçları SPSS 17.0 programı yardımıyla istatistiksel olarak analiz edilerek yorumlanmıştır. Araştırılan parametrelerin etkisi varyans analizi (ANOVA) ve faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırılması yöntemi (SNK) ile değerlendirilmiştir.

3.1. LOI Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında hazırlanan numunelere emdirme ve köpük kaplama yöntemine göre uygulanan güç tutuşurluk bitim işlemlerinin etkisinin analizi için LOI testi yapılmıştır.

3.1.1. Köpük Kaplama Yöntemi İçin LOI Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Köpük kaplama uygulama yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numunelerin LOI test değerlerinin ortalama sonuçları Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Köpük kaplama uygulama yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların ortalama LOI test sonuçları

Şekil 3.1 incelendiğinde, en yüksek LOI değerine (% 32,7), 700 g/cm^3 köpük yoğunluğu ve 110°C fikse sıcaklığının kesişiminde ulaşılmıştır.

Tablo 3.1'de kimyasal köpük yoğunluğu ve fikse sıcaklığının LOI değerleri üzerindeki etkisini görebilmek için yapılan varyans analiz (ANOVA) tablosu verilmiştir.

Tablo 3.1. Köpük kaplama uygulama yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların LOI değerleri için ANOVA tablosu

Faktörler	Karelerin Toplamı	df	Karelerin Ortalaması	F	Anlamlılık Derecesi (p değeri)
Model	25,276[a]	8	3,160	85,307	0,000
Intercept	26389,067	1	26389,067	712504,810	0,000
Köpük Yoğunluğu, K	22,047	2	11,024	297,640	0,000
Fikse Sıcaklığı, F	0,059	2	0,029	0,790	0,469
K * F	3,170	4	0,793	21,400	0,000
Hata	0,667	18	0,037		
Toplam	26415,010	27			
Doğrulanmış Toplam	25,943	26			

a R^2 = 0,974 (Ayarlanmış R^2 = 0,963)

ANOVA sonuçlarına göre, köpük yoğunluğu parametresinin LOI değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülürken, fikse sıcaklığı parametresinin LOI değeri üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı görülmektedir. Ayrıca köpük yoğunluğu ve fikse sıcaklığı faktörlerinin kesişimi LOI değeri üzerinde istatiksel açıdan anlamlı bir etkiye sahiptir.

Köpük kaplama aplikasyon yöntemiyle hazırlanan numunelerin LOI test değerlerine göre fikse sıcaklığının arttırılması, LOI test değeri üzerinde anlamlı bir etki oluşturmadığı görülmüştür. Fakat bu durumun işletmelerde güç tutuşur kumaş üretilirken, gereksiz enerji tüketimini önlemek için yol gösterebileceği düşünülmektedir. Sıcaklık değerlerinin minimum tutularak da aynı güç tutuşurluk etkisini elde edebileceğimiz ve dolayısıyla güç tutuşur kumaş maliyetinin düşürülebileceği anlamına gelebilir.

Tablo 3.2'de SNK testine göre LOI test sonuçları için köpük yoğunluğu faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırması verilmiştir.

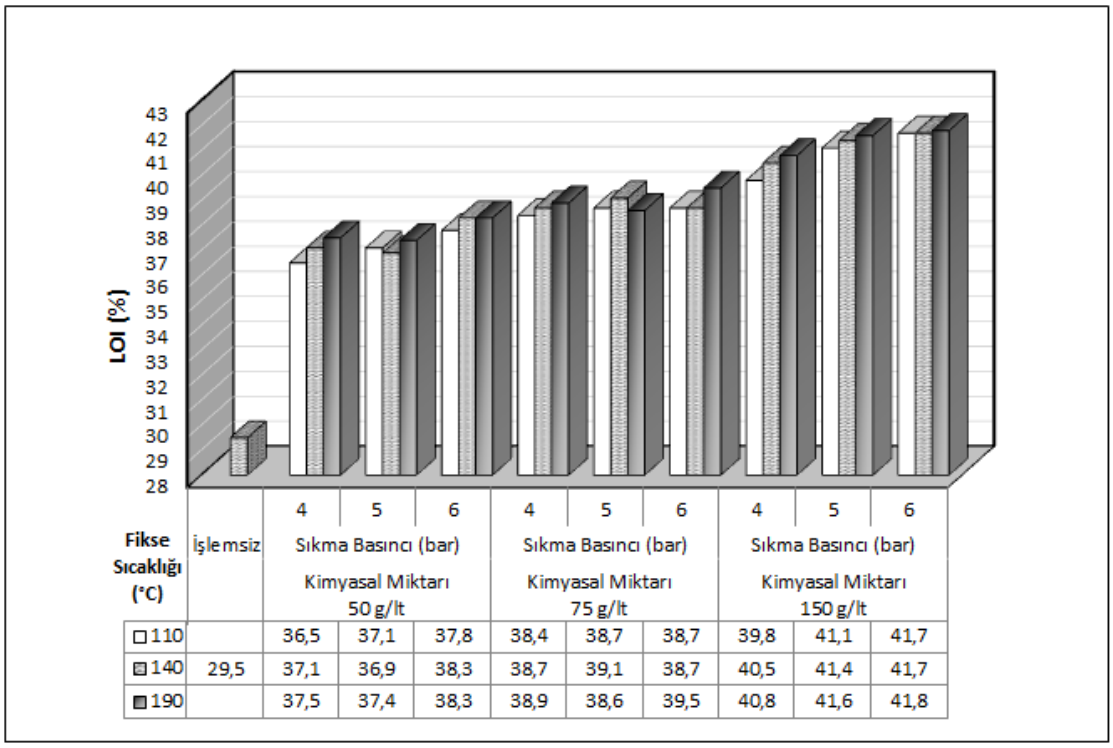
Tablo 3.2. Köpük kaplama uygulama yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların LOI değerleri için SNK tablosu

Köpük Yoğunluğu (g/cm^3)	**N**	**Alt Grup**		
		1	**2**	**3**
200	9	30,2		
350	9		31,1	
700	9			32,4
Anlamlılık		1,000	1,000	1,000

Köpük yoğunluğu açısından SNK tablosu incelendiğinde, LOI değerleri arasında istatistiki açıdan anlamlı bir farklılık görülmektedir. Köpük yoğunluğu arttıkça LOI değeri beklendiği gibi kimyasal miktarın artmasından dolayı artmıştır. Yani güç tutuşurluk etkisi, köpük yoğunluğu ile doğru orantılı olarak artmaktadır.

3.1.2. Emdirme Yöntemi İçin LOI Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numunelerin LOI test değerlerinin ortalama sonuçları Şekil 3.2' de verilmiştir.



Fikse Sıcaklığı (°C)	İşlemsiz	4	5	6	4	5	6	4	5	6
		Sıkma Basıncı (bar) Kimyasal Miktarı 50 g/lt			Sıkma Basıncı (bar) Kimyasal Miktarı 75 g/lt			Sıkma Basıncı (bar) Kimyasal Miktarı 150 g/lt		
110		36,5	37,1	37,8	38,4	38,7	38,7	39,8	41,1	41,7
140	29,5	37,1	36,9	38,3	38,7	39,1	38,7	40,5	41,4	41,7
190		37,5	37,4	38,3	38,9	38,6	39,5	40,8	41,6	41,8

Şekil 3.2. Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların ortalama LOI test sonuçları

Şekli 3.2 incelendiğinde, bu testte en yüksek LOI değerine (%41,8), 150 g/lt kimyasal miktarında, 6 bar sıkma basınçta, 190 °C fikse sıcaklığının kesişiminde ulaşılmıştır.

Tablo 3.3'de kimyasal miktarı, sıkma basıncı ve fikse sıcaklığı değişiminin LOI değerleri üzerindeki etkisini görebilmek için yapılan varyans analiz (ANOVA) tablosu verilmiştir.

Tablo 3.3. Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların LOI değerleri için ANOVA tablosu

Faktörler	Karelerin Toplamı	df	Karelerin Ortalaması	F	Anlamlılık Derecesi (p değeri)
Model	213,285[a]	26	8,203	307,623	0,000
Intercept	123982,235	1	123982,235	4649333,796	0,000
Kimyasal Miktarı, K	191,103	2	95,552	3583,185	0,000
Sıkma Basıncı, S	11,337	2	5,668	212,560	0,000
Fikse Sıcaklığı, F	3,382	2	1,691	63,421	0,000
K * S	4,697	4	1,174	44,032	0,000
K* F	0,158	4	0,039	1,477	0,222
S * F	0,673	4	0,168	6,310	0,000
K * S * F	1,936	8	0,242	9,074	0,000
Hata	1,440	54	0,027		
Toplam	124196,960	81			
Doğrulanmış Toplam	214,725	80			

a R^2 = 0,993 (Ayarlanmış R^2 = 0,990)

ANOVA sonuçlarına göre, kimyasal miktarı, sıkma basıncı ve fikse sıcaklığı LOI test değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bununla birlikte kimyasal miktarı - sıkma basıncı kesişimi, sıkma basıncı – fikse sıcaklığı kesişimi ve her üç faktöründe kesişiminin LOI değerleri açısından anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Kimyasal miktarı ve fikse sıcaklığı faktörlerinin kesişimi ise LOI değerleri üzerinde istatiksel açıdan anlamlı bir etkiye sahip değildir.

Tablo 3.4'te SNK testine göre LOI değerleri üzerinde kimyasal miktarı, sıkma basıncı ve fikse sıcaklığı faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırması verilmiştir.

Tablo 3.4. Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların LOI değerleri için SNK tablosu

Kimyasal Miktarı (g/lt)	**N**	**Alt Grup**		
		1	**2**	**3**
50	27	37,4		
75	27		38,8	
150	27			41,2
Anlamlılık		1,000	1,000	1,000
Sıkma Basıncı (bar)		**1**	**2**	**3**
4	27	38,7		
5	27		39,1	
6	27			39,6
Anlamlılık		1,000	1,000	1,000
Fikse Sıcaklığı (°C)		**1**	**2**	**3**
110	27	38,9		
140	27		39,1	
190	27			39,4
Anlamlılık		1,000	1,000	1,000

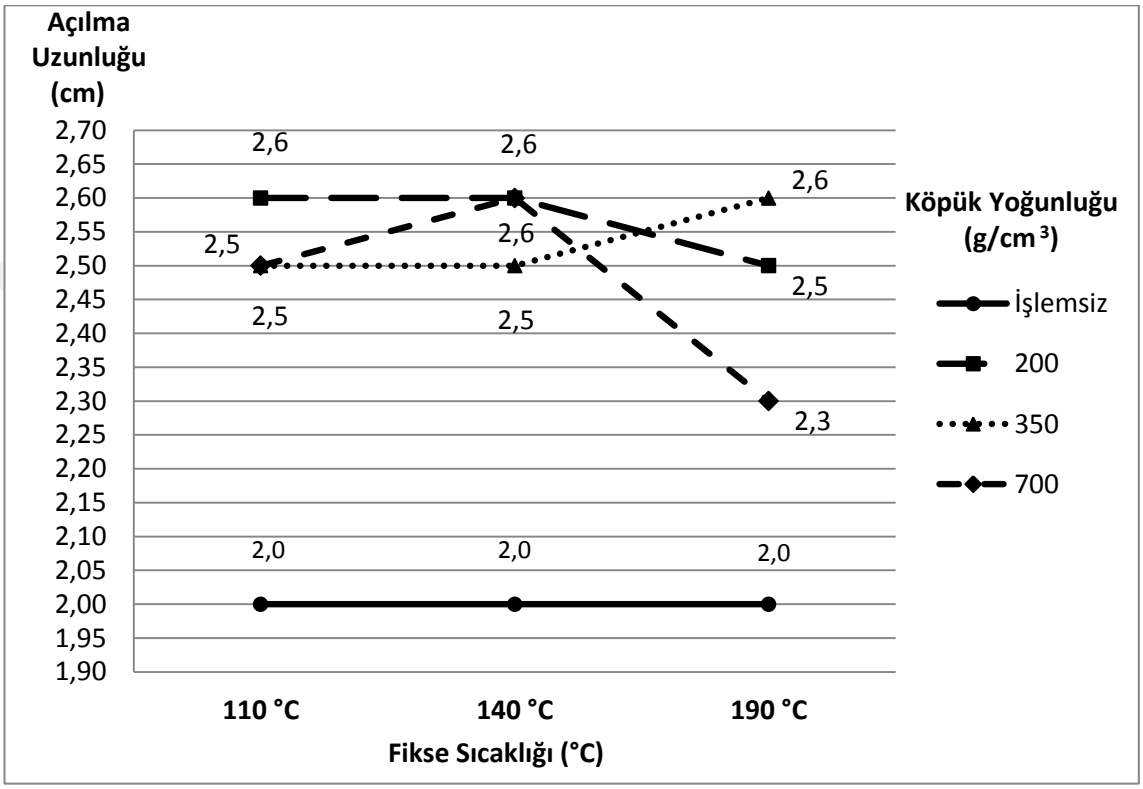
SNK test sonuçları incelendiğinde, kimyasal miktarının artması ile LOI değerlerinin arttığı görülmüştür. Bu sonuç kimyasal miktarları değişimi için köpük kaplama için de benzerlik göstermektedir. Fikse sıcaklığı artışı da LOI değerini arttırmıştır. Bu durumun sebebi olarak sıcaklık artışının, kumaşa uygulanan güç tutuşur kimyasal miktarının daha fazla fikselenmesi ile ilgili olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca sıkma basıncı artışı da LOI değerini arttırmıştır. Bu beklenmeyen bir sonuçtur fakat bu sonuç ile LOI değerindeki küçük artışların kimyasalın viskozitesinden kaynaklı bir durum olabileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca basıncın arttırılmasıyla, kimyasal çözeltinin kumaş yüzeyinden lif içlerine doğru daha fazla ulaşabilmesine neden olduğu tahmin edilmektedir.

3.2. Kibrit Alevi Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında hazırlanan numunelere emdirme ve köpük kaplama yöntemine göre uygulanan güç tutuşurluk bitim işlemlerinin etkisinin analizi için Kibrit Alevi testi yapılmıştır.

3.2.1. Köpük Kaplama Yöntemi İçin Kibrit Alevi Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Köpük kaplama uygulama yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numunelerin Kibrit Alevi Test değerlerinin ortalama sonuçları Şekil 3.3' te verilmiştir.



Şekil 3.3. Köpük kaplama uygulama yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numunelerin ortalama Kibrit Alevi test sonuçları

Şekil 3.3 incelendiğinde, değişen parametrelere rağmen Kibrit Alevi test sonuçlarının birbirine yakın çıktığı görülmektedir.

Tablo 3.5'te kimyasalın köpük yoğunluğu ve fikse sıcaklığı değişiminin Kibrit Alevi test değerleri üzerindeki etkisini görebilmek için yapılan varyans analiz (ANOVA) tablosu verilmiştir.

Tablo 3.5. Köpük kaplama uygulama yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların Kibrit Alevi test değerleri için ANOVA tablosu

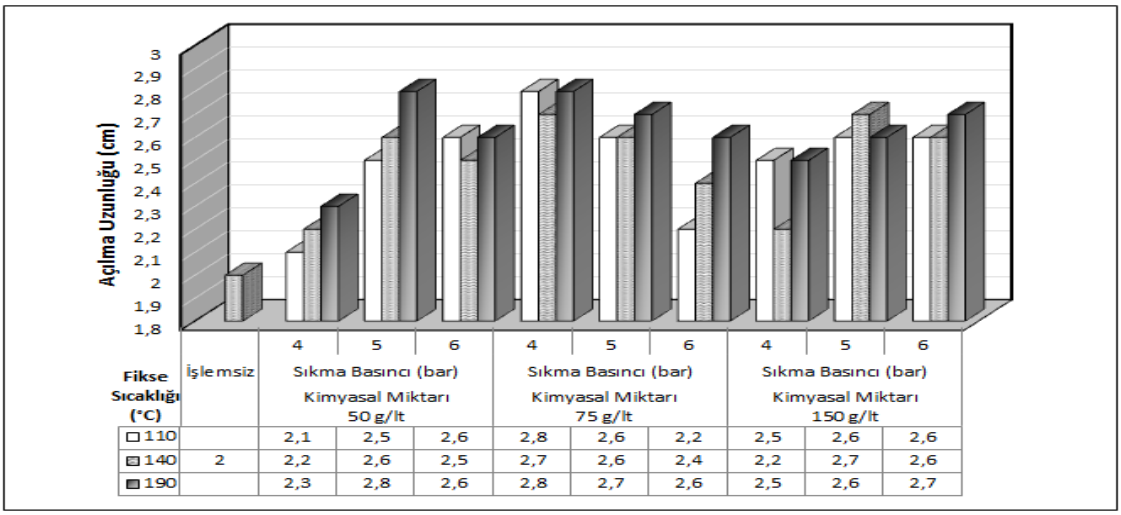
Faktörler	Karelerin Toplamı	df	Karelerin Ortalaması	F	Anlamlılık Derecesi (p değeri)
Model	0,247[a]	8	0,031	0,968	0,490
Intercept	173,280	1	173,280	5440,186	0,000
Köpük Yoğunluğu, K	0,042	2	0,021	0,663	0,528
Fikse Sıcaklığı, F	0,062	2	0,031	0,977	0,396
K * F	0,142	4	0,036	1,116	0,380
Hata	0,573	18	0,032		
Toplam	174,100	27			
Doğrulanmış Toplam	0,820	26			

a R^2 = 0,301 (Ayarlanmış R^2 = -0,010)

ANOVA sonuçlarına göre, köpük yoğunluğu, fikse sıcaklığı ve bu iki faktörün kesişiminin Kibrit Alevi test değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür. Bu durum, testin hassasiyet derecesinin düşük olmasından kaynaklanabilir.

3.2.2. Emdirme Yöntemi İçin Kibrit Alevi Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri uygulanmış numunelerin Kibrit Alevi test değerlerinin ortalama sonuçları Şekil 3.4' te verilmiştir.



Şekil 3.4. Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numunelerin ortalama Kibrit Alevi test sonuçları

Şekil 3.4 incelendiğinde, bu testte en yüksek Kibrit Alevi test değeri en kısa açılma uzunluğu olan (2,1 cm), 50 g/lt kimyasal miktarında, 4 bar sıkma basınçta, 110 °C fikse sıcaklığının kesişiminde görülmüştür.

Tablo 3.6'da kimyasal miktarı, sıkma basıncı ve fikse sıcaklığı değişiminin Kibrit Alevi test değerleri üzerindeki etkisini görebilmek için yapılan varyans analiz (ANOVA) tablosu verilmiştir.

Tablo 3.6. Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların Kibrit Alevi testi değerleri için ANOVA tablosu

Faktörler	Karelerin Toplamı	df	Karelerin Ortalaması	F	Anlamlılık Derecesi (p değeri)
Model	2,860[a]	26	0,110	5,940	0,000
Intercept	519,840	1	519,840	28071,360	0,000
Kimyasal Miktarı, K	0,183	2	0,091	4,940	0,011
Sıkma Basıncı, S	0,465	2	0,233	12,560	0,000
Fikse Sıcaklığı, F	0,270	2	0,135	7,280	0,002
K * S	1,510	4	0,377	20,380	0,000
K* F	0,081	4	0,020	1,090	0,371
S * F	0,072	4	0,018	0,970	0,432
K* S * F	0,280	8	0,035	1,890	0,081
Hata	1,000	54	0,019		
Toplam	523,700	81			
Doğrulanmış Toplam	3,860	80			

a R^2 = 0,741 (Ayarlanmış R^2 = 0,616)

ANOVA sonuçlarına göre, sıkma basıncı ve fikse sıcaklığı parametrelerinin Kibrit Alevi test değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca kimyasal miktarı ve sıkma basıncı parametrelerinin kesişimi Kibrit Alevi testi açısından anlamlı bir etkiye sahipken, diğer faktörlerin kesişimleri Kibrit Alevi test değerleri açısından istatiksel açıdan anlamlı bir etkiye sahip değildir.

Tablo 3.7'de SNK testine göre Kibrit Alevi test sonuçları için kimyasal miktarı, sıkma basıncı ve fikse sıcaklığı faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırması verilmiştir.

Tablo 3.7. Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların Kibrit Alevi testi değerleri için SNK tablosu

Kimyasal Miktarı (g/lt)	**N**	**Alt Grup**		
		1	**2**	**3**
50	27	2,5		-
75	27		2,6	-
150	27	2,5	2,5	-
Anlamlılık		0,051	0,276	
Sıkma Basıncı (bar)		**1**	**2**	**3**
4	27	2,4		
5	27			2,6
6	27		2,5	
Anlamlılık		1,000	1,000	1,000
Fikse Sıcaklığı (°C)		**1**	**2**	**3**
110	27	2,5		-
140	27	2,5		-
190	27		2,6	-
Anlamlılık		0,842	1,000	

Kimyasal miktarı açısından SNK tablosu incelendiğinde 50 g/lt ve 75 g/lt kimyasal uygulanmış numunelerin Kibrit Alevi test değerleri arasında bir farklılık olduğu görülmektedir.

Sıkma basıncı açısından SNK tablosu incelendiğinde, tüm sıkma basıncı değerleri için Kibrit Alevi test değerleri arasında istatistiki açıdan anlamlı farklılıklar mevcuttur.

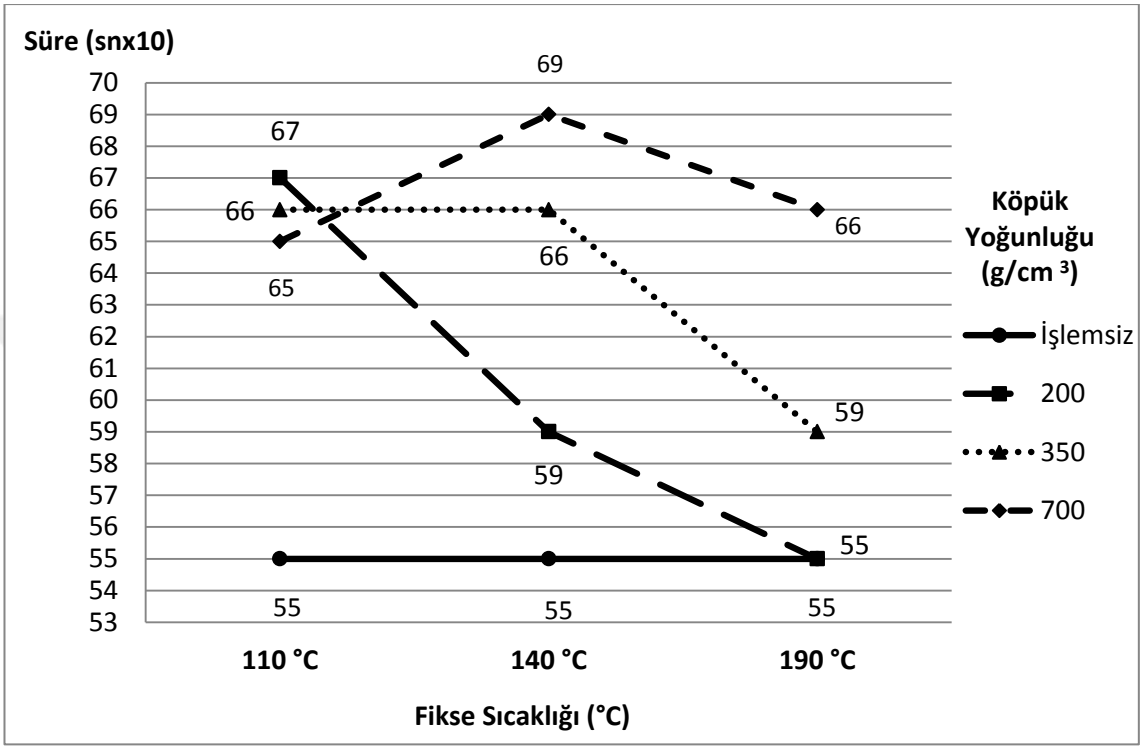
Fikse sıcaklığı açısından SNK tablosu incelendiğinde ise 190 ^{0}C fikse sıcaklığı ile fikselenen numunelerin Kibrit Alevi test değerlerinin istatistiki açıdan diğerlerinden farklı ve en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir.

3.3. Sigara Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında hazırlanan numunelere emdirme ve köpük kaplama yöntemine göre uygulanan güç tutuşurluk bitim işlemlerinin etkisinin analizi için Sigara testi yapılmıştır.

3.3.1. Köpük Kaplama Yöntemi İçin Sigara Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Köpük kaplama uygulama yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numunelerin Sigara test değerlerinin ortalama sonuçları Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5. Köpük kaplama uygulama yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numunelerin ortalama Sigara test sonuçları

Şekil 3.5 incelendiğinde, en yüksek Sigara test değeri (690 sn), 700 g/cm^3 köpük yoğunluğunda 140 °C fikse sıcaklığının kesişiminde görülmüştür.

Tablo 3.8'de kimyasalın köpük yoğunluğu ve fikse sıcaklığı değişiminin Sigara test değerleri üzerindeki etkisini görebilmek için yapılan varyans analiz (ANOVA) tablosu verilmiştir.

Tablo 3.8. Köpük kaplama uygulama yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların Sigara testi değerleri için ANOVA tablosu

Faktörler	Karelerin Toplamı	df	Karelerin Ortalaması	F	Anlamlılık Derecesi (p değeri)
Model	51028,667[a]	8	6378,583	6378,583	0,000
Intercept	$1{,}093.10^7$	1	$1{,}093.10^7$	$1{,}093.10^7$	0,000
Köpük Yoğunluğu, K	17714,667	2	8857,333	8857,333	0,000
Fikse Sıcaklığı, F	15068,667	2	7534,333	7534,333	0,000
K * F	18245,333	4	4561,333	4561,333	0,000
Hata	18,000	18	1,000		
Toplam	$1{,}098.10^7$	27			
Doğrulanmış Toplam	51046,667	26			

a R^2 = 1,000 (Ayarlanmış R^2 = 0,999)

ANOVA sonuçlarına göre, köpük yoğunluğu ve fikse sıcaklığının Sigara test değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Tablo 3.9'da SNK testine göre Sigara test sonuçları için köpük yoğunluğu ve fikse sıcaklığı faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırması verilmiştir.

Tablo 3.9. Köpük kaplama uygulama yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların Sigara testi değerleri için SNK tablosu

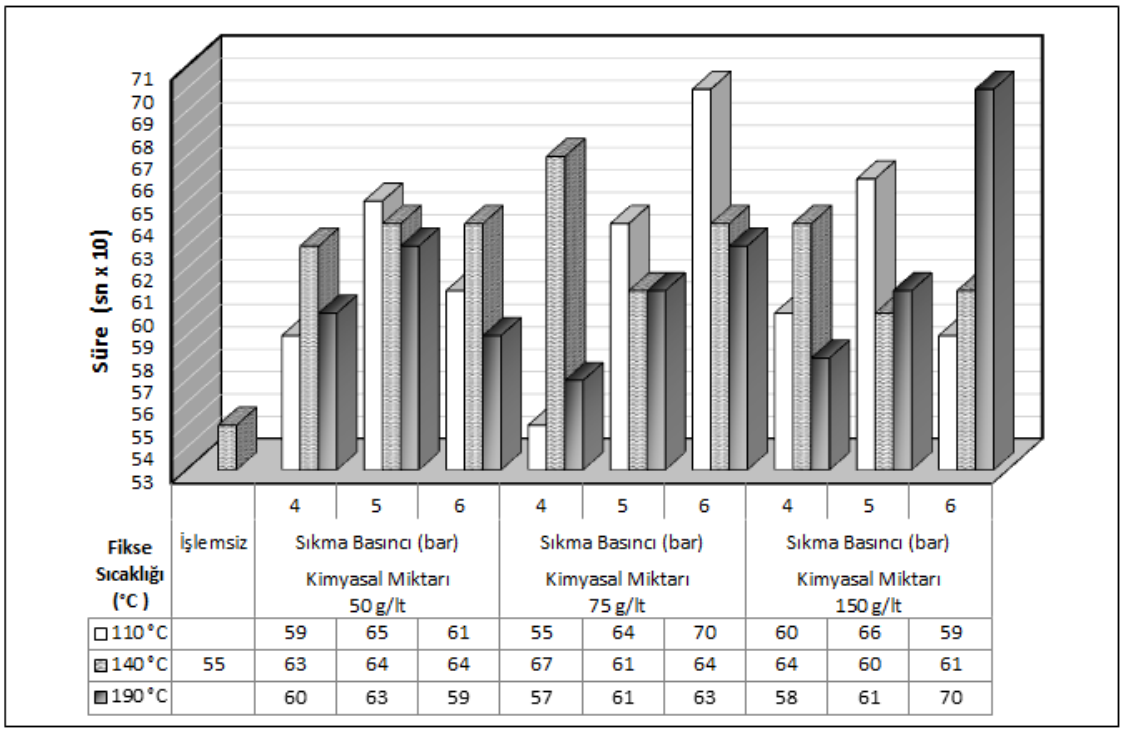
Köpük Yoğunluğu (g/cm^3)	N	Alt Grup		
		1	**2**	**3**
200	9	604,0		
350	9		638,0	
700	9			666,7
Anlamlılık		1,000	1,000	1,000
Fikse Sıcaklığı (°C)		**1**	**2**	**3**
110	9			659,0
140	9		646,0	
190	9	603,7		
Anlamlılık		1,000	1,000	1,000

SNK test sonuçlarına göre, tüm faktör seviyelerinin arasındaki farklılıkların istatistiki açıdan anlamlı olduğu görülmüştür. Sigara testi değerleri, LOI test değerlerinde de olduğu gibi köpük yoğunluğunun artışı ile artmaktadır. Fakat fikse sıcaklığı parametre

değişimi LOI testi ve Kibrit Alevi testinde istatistiki açıdan anlamsız bulunurken, Sigara testinde fikse sıcaklığının artışı ile azaldığı görülmektedir.

3.3.2. Emdirme Yöntemi İçin Sigara Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numunelerin Sigara Test değerlerinin ortalama sonuçları Şekil 3.6' da verilmiştir.



Fikse Sıcaklığı (°C)	İşlemsiz	Sıkma Basıncı (bar) / Kimyasal Miktarı 50 g/lt			Sıkma Basıncı (bar) / Kimyasal Miktarı 75 g/lt			Sıkma Basıncı (bar) / Kimyasal Miktarı 150 g/lt		
		4	5	6	4	5	6	4	5	6
110 °C		59	65	61	55	64	70	60	66	59
140 °C	55	63	64	64	67	61	64	64	60	61
190 °C		60	63	59	57	61	63	58	61	70

Şekil 3.6. Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numunelerin ortalama Sigara test sonuçları

Şekil 3.6 incelendiğinde, en yüksek Sigara Testi değeri (697 sn) 75 g/lt kimyasal miktarı için 6 bar basınçta 110 °C fikse sıcaklığında görülmüştür.

Tablo 3.10'da kimyasal miktarı, sıkma basıncı ve fikse sıcaklığı değişiminin Sigara test değerleri üzerindeki etkisini görebilmek için yapılan varyans analiz (ANOVA) tablosu verilmiştir.

Tablo 3.10. Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların Sigara testi değerleri için ANOVA tablosu

Faktörler	Karelerin Toplamı	df	Karelerin Ortalaması	F	Anlamlılık Derecesi (p değeri)
Model	93972,000[a]	26	3614,308	3614,308	0,000
Intercept	$3{,}130.10^7$	1	$3{,}130.\ 10^7$	$3{,}130.\ 10^7$	0,000
Kimyasal Miktarı, K	126,000	2	63,000	63,000	0,000
Sıkma Basıncı, S	13208,000	2	6604,000	6604,000	0,000
Fikse Sıcaklığı, F	4112,667	2	2056,333	2056,333	0,000
K * S	9274,000	4	2318,500	2318,500	0,000
K * F	6223,333	4	1555,833	1555,833	0,000
S* F	27729,333	4	6932,333	6932,333	0,000
K * S * F	33298,667	8	4162,333	4162,333	0,000
Hata	54,000	54	1,000		
Toplam	$3{,}140.10^7$	81			
Doğrulanmış Toplam	94026,000	80			

a $R^2 = 0$,999 (Ayarlanmış $R^2 = 0{,}999$)

ANOVA sonuçlarına göre, kimyasal miktarı, sıkma basıncı ve fikse sıcaklığı değişiminin Sigara test değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bununla birlikte faktörlerin kesişimlerinin Sigara test değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Tablo 3.11'de SNK testine göre sigara test sonuçları için kimyasal miktarı, sıkma basıncı ve fikse sıcaklığı faktör seviyelerinin çoklu karşılaştırması verilmiştir.

Tablo 3.11. Emdirme yöntemi ile güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmış numune kumaşların Sigara testi değerleri için SNK tablosu

Kimyasal Miktarı (g/lt)	**N**	**Alt Grup**		
		1	**2**	**3**
50	27		621,3	
75	27			623,3
150	27	620,3		
Anlamlılık		1,000	1,000	1,000
Sıkma Basıncı (bar)		**1**	**2**	**3**
4	27	604,1		
5	27		626,8	
6	27			634,1
Anlamlılık		1,000	1,000	1,000
Fikse Sıcaklığı (°C)		**1**	**2**	**3**
110	27		622,0	
140	27			630,0
190	27	612,8		
Anlamlılık		1,000	1,000	1,000

SNK test sonuçlarına göre, tüm faktör seviyelerinin arasındaki farklılıkların istatistiki açıdan anlamlı ve birbirinden farklı olduğu görülmüştür.

Kimyasal miktarı açısından SNK test sonuçları incelendiğinde, 75 g/lt güç tutuşurluk kimyasalı uygulanmış numunelerin Sigara testi sonuçlarının, diğerlerinin değerlerinden istatistiki olarak fazla olduğu görülmektedir. Ancak değerler doğrusal olarak herhangi bir eğilim göstermemiştir.

Sıkma basıncı açısından SNK test sonuçları incelendiğinde, LOI test sonuçlarında olduğu gibi sıkma basıncının artmasıyla Sigara testi değerlerinin arttığı görülmektedir.

Fikse sıcaklığı açısından SNK test sonuçları incelendiğinde, 140°C fikse sıc
uygulanmış numunelerin Sigara testi sonuçlarının, diğerlerinin değerlerinden ista
olarak fazla olduğu görülmektedir. Ancak değerler doğrusal olarak herhangi bir e
göstermemiştir.

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuç

Örme yatak kumaşına uygulanan güç tutuşurluk kimyasallarının uygulama parametrelerinin, güç tutuşurluk üzerine etkisini incelemek amacıyla işlemsiz kumaşla birlikte, 9 adet köpük kaplama ve 27 adet emdirme yöntemine göre aplikasyonu yapılmış toplam 37 adet numune test edilmiştir. Numuneler, yatak kumaşında güç tutuşurluk tespiti için en çok kullanılan testlerden LOI, Sigara testi ve Kibrit Alevi Eş Değeri güç tutuşurluk test metotlarına göre değerlendirilmiştir.

LOI testi ile belirlenen en yüksek değer, köpük kaplama aplikasyon yönteminde %32,7 (110 °C fikse sıcaklığında - 700 g/cm^3 köpük yoğunluğu), emdirme aplikasyon yönteminde ise % 41,8 (190 °C fikse sıcaklığında-150 g/lt-6 bar sıkma basıncı)'dır. İki aplikasyon yönteminde de kimyasal miktarının artışının LOI değerlerini arttırdığı ve dolayısıyla güç tutuşurluk etkisini arttığı görülmüştür. Köpük kaplama yönteminde, çalışmada belirlenen fikse sıcaklıklarının LOI test değerlerinde anlamlı bir etkisi görülmemiştir. Bu durumun anlamlandırılması için daha fazla sayıda çalışma yapılmalı ve fikse sıcaklık değişiminin güç tutuşur kumaşlar üzerinde etkisi olup olmadığı değerlendirilmelidir. Emdirme yönteminde ise fikse sıcaklığın artışı, LOI test değerlerini artırıcı yönde etkilemiştir. Emdirme yönteminde sıkma basıncının arttırılması yine LOI değerlerini arttırıcı yönde etkilemiştir.

Köpük kaplama yönteminde, değiştirilen parametrelerin Kibrit Alevi testi sonuçları üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir etki göstermediği sonucuna ulaşılmıştır. Emdirme yöntemi incelendiğinde, kimyasal miktarı, sıkma basıncı ve fikse sıcaklığı Kibrit Alevi test değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. En yüksek Kibrit

Alevi test değeri (2,1 cm), 50 g/lt kimyasal miktarında, 4 bar sıkma basınçta, 110 °C fikse sıcaklığında görülmüştür.

Sigara test sonuçlarında ise köpük kaplama aplikasyon yönteminde 690 saniye ile (140 °C fikse sıcaklığında-700 g/cm^3 köpük yoğunluğu) en yüksek değere ulaşılmıştır. Köpük kaplama aplikasyon yönteminde, sigara testi değerleri köpük yoğunluğunun artışı ile artarken, fikse sıcaklığının artışı ile azalmaktadır. Emdirme aplikasyon yönteminde ise 697 saniye (110 °C fikse sıcaklığında-75 g/lt-6 bar sıkma basıncı) ile en yüksek değere ulaşılmıştır. Emdirme yönteminde, Sigara Testindeki sıkma basıncı değişimi LOI testi ile benzer olarak, sıkma basıncı arttıkça Sigara Testi değerleri de artmıştır. Kimyasal miktar açısından, 75 g/lt güç tutuşurluk kimyasalı uygulanmış numunelerin Sigara Testi sonuçlarının 50 ve 150 g/lt kimyasal madde uygulanmış kumaşların değerlerinden istatistiki olarak fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca fikse sıcaklığı açısından, 140 °C fikse sıcaklığı uygulanmış numunelerin Sigara Testi sonuçlarının 110 °C ve 190 °C sıcaklık uygulanmış numunelerin değerlerinden istatistiki olarak fazla olduğu görülmektedir. Ancak kimyasal miktarı ve fikse sıcaklığı değerleri doğrusal olarak herhangi bir eğilim göstermemiştir.

İki uygulama yöntemi karşılaştırıldığında ise emdirme ile yapılan uygulamanın köpük kaplama uygulamasına göre daha fazla güç tutuşurluk etkisi gözlenmiştir. Bunun sebebi olarak köpük kaplamanın kumaşın arka yüzeyine yapılması, emdirme uygulamasının ise tüm kumaş yüzeyine uygulanmasıdır.

4.2. Öneriler

Örme yatak kumaşı ile ilgili yapılan çalışma sayısı az olduğu için sonuçlar diğer çalışmalarla kıyaslanamamıştır. Bu sebeple benzer araştırmalar, bu çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında çoğaltılabilir. Bu sayede örme yatak kumaşı üreten ve kullanan tekstil sanayicisine proses parametrelerinin, örme yatak kumaşının yanma davranışı üzerine etkileri bilgisi ile tasarımlarını gerçekleştirme ve işletme maliyetlerini azaltma yönünde fırsat sunacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmadan farklı olarak, yatak kumaşlarının elyaf cinsi, karışım oranı, kumaş dizaynı, iplik numarası ve gramajı gibi farklı yapısal özelliklerinin bu testlerdeki yanma eğilimleri araştırılabilir. Bununla birlikte, diğer örme kumaş çeşitlerinin de yanma

davranışları incelenerek kumaşların fiziksel özellikleri, termal konfor ve yanma özellikleri esas alınarak bir indeks oluşturulabilir.

Ayrıca kullanılan güç tutuşurluk kimyasalının tek tip olması yerine ham kumaş sabit tutularak yeni geliştirilen veya doğal halde bulunan güç tutuşur maddelerinin etkileri ve yıkama dayanımları incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. Raether, L.O., R.C. Kidder. 1988. The Market For Flame Retardants in the U.S.A. Current Analysis. Handbook of Flame Retardant Chemicals and Fire Testing Services. Technomic Publishing Company, Inc. Pennsylvania. p.1-5, U.S.A.

2. Durur, G., Parer, O., 2010. Türkiye ve Denizli'de ev tekstillerine genel bir bakış. **Tekstil ve Mühendis,** Sayı 16, 75-76 s.

3. CSIL, UN Comprate database, Türkiye İstatistik Enstitüsü, 2017.

4. Dünya nüfusu. Web sayfası : **https://egezegen.com/yasam/dunya-nufus-siralamasi/**, Erişim Tarihi (15.01.2019).

5. Özay, H., 2012. Örme Yatak Yüzü Kumaşlarının Performansının İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.

6. Özer, S., 2016. Hazır Yataklarda Kullanılan Tekstillerin Konfor ve Fiziksel Özelliklerini Etkileyen Parametrelerin Araştırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.

7. Kauçuk lateks nedir. Web sayfası : **http://www.kaucuk.org/lateks_nedir.html** (Erişim tarihi: 22.10.2018).

8. Marmaralı Bayazıt, A., 2004. Atkı Örmeciliğine Giriş. Ege Üniversitesi. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi, İzmir. 9(2): 159 s.

9. Önal, L., Korkmaz, M., 2006. Physical and dimensional properties of multilayered knitted upholstery fabrics. *1. Uluslararası Tekstil ve Tekstil Makineleri Kongresi,* İstanbul.

10. Mecit D., Ilgaz S., Duran D., Başal D., Gülümser T., Tarakçıoğlu I., 2007. Teknik tekstiller ve kullanım alanları (Bölüm 2), **Tekstil ve Konfeksiyon**, 17, (3), 154-161 s.

11. Cireli, A., 2000. Isıya ve aleve dayanıklı koruyucu giysiler. **Tekstil & Teknik,** Aralık, Sayı:191, 181-187s.

12. Özcan, G., 2002. Örme Kumaş Yapısının Güç Tutuşma Özelliklerine Etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Doktora Tezi, İstanbul.

13. Özcan, G., Dayıoğlu, H., Candan, C. 2004. Tekstilde güç tutuşma teknikleri. **Tekstil & Teknik**, Haziran, Sayı:233, 318-329 s.

14. Öz, M., 2006. Yanmaya Karşı Dirençli(Fr) ve Katyonik Boyalarla Boyanabilen (Cd) Polyester Üretimi ve Bu Polyesterin Elyaf Prosesi. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, Adana.

15. Schindler, W.D., Hauser, P. J., 2004, Flame-retardant finishes, Chemical Finishing of Textiles, 98-116 pp.

16. Kalın, M.B., 2008. Tekstil Yüzeylerinin Yanmaya Karşı Dirençlerinin Artırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, 86 s.

17. Yıldırım, F.F., Güçer, Ş., 2004. Yangın riskinin azaltılmasında güç tutuşur malzemelerin kullanımı ve performans testleri, Kimya Teknolojileri, 38 s.

18. Lyon, R.E., 2005. Flammabiltiy. Encyclopedia of Polymer Science and Technology. John Wiley & Sons Inc.

19. Kaynak, E., 2012. Polipropilen Esaslı Tekstil Malzemelerine Kaplama Yöntemiyle Uygulanabilen Güç Tutuşur Malzemeler Geliştirilmesi. Anadolu Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.

20. Bayramoğlu, E., 2003. Lyocell ve Lyocell/Pamuk Karışımlarının Alev Etkeni Karşısındaki Davranışları. Marmara Üniversitesi, Doktora Tezi, İstanbul.

21. Lu, S.Y., Hamerton, I., 2002, Recent developments in the chemistry of halojen-free flame retardant polymers. *Progress In Polymer Science*, 27:1661-1712 pp.

22. Çimşit, M., 1999. Makine Halılarının Alev Alma Özellikleri ve Yanmaya Karşı Gösterdikleri Direnç. İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

23. Ömeroğulları, M., 1996. Liflerin yanma farklılıkları ve güç tutuşurluk özelliği kazandırılması. Ege Üniversitesi, Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi, *VII. Uluslararası İzmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumu*, 591-599 s.

24. Horrocks, A.R., Anand, S.C., 2000. Handbook of Technical Textile, Woodhead Publishing Series in Textiles, New York, 576 s.

25. Kayatürk, N., 2004. Güç tutuşur madde uygulamaları , *X. Uluslararası İzmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumu,* Bildiriler, Gemsan A.Ş.

26. Bütüner, İ., 2014. Güç Tutuşurluk Bitim İşlemlerinde Kullanılan Ürünlerin Performans ve Sinerjetik Etkilerinin Karşılaştırılması, Ege Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

27. Weil, E.D., Levchik, S.V., 2008. Flame retardants in commercial use or development for textiles, **Journal of Fire Sciences**, 26: 243-280 pp.

28. Horrocks, A.R.,2010. Flame retardant challenges for textiles and fibres: new chemistry versus innovatory solutions, Polymer Degradation and Stability, 1-16 pp.

29. Çelebi, K., 2009. Poliester Örme Kumaşın Güç Tutuşurluk Davranışının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 1-38 s.

30. Web sayfası : **http://itfaiye.ibb.gov.tr/img/1150203012019__3977014423.pdf** sf:15 Erişim tarihi 15.01.2019.

31. Tarakçıoğlu, I., 1986. Tekstil terbiyesi ve makineleri: poliester liflerinin üretimi ve terbiyesi 3,İzmir, 267-268, 526-538 s.

32. Lewin, M. 1997. Flame retardancy of polymeric materials,. Chem Oggi-ChemToday. 6-7 pp.

33. Kracklauer, J., 1978. Smoke and Tenability: A Perspective on the Materials Approach to the Fire Problem, 285-323, Flame Retardant Polymeric Materials, New York, 333 pp.

34. Wang, L., Kang, H., Wang, S., 2007. Solubilities, Thermostabilities and Flame Retardance Behaviour of Phosphorus-Containing Flame Retardants and Copolymers, Fluid Phase Equilibria, 258(2), 99–107 pp.

35. Huang, N.H., Zhang, Q., Fan, C., 2008. A Mechanistic Study of Flame Retardance of Novel Copolyester Phosphorus Containing Linked Pendant Groups by TG/XPS/direct Py-MS, Chinese Chemical Letters, 19(3), 350–354 s.

36. Ömeroğulları, Z., Kut, D., 2011. Investigatıon of burning behavior of polyester fabric with using natural structured flame retardant agent, **Tekstil ve Konfeksiyon,** 21(4), 364-368.

37. Tatlı, Ö. N., 2007. Üç İplik Kumaş Yapısının ve Geçirdiği Terbiye İşlemlerinin Yanma Davranışı Üzerine Etkileri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 101 s.

38. Kısakürek, D., 2003. Yanmaya dayanıklı polimerler. *XVII. Ulusal Kimya Kongresi.* İstanbul, 20 s.

39. Kutlu, B., 2002. Isıya Dayanıklı ve Isıdan Koruyucu Giysilerin Termal Analizi ve Performans Özellikleri. Dokuz Eylül Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 111 s.

40. Balcı, H., 2006. Akıllı (Fonksiyonel) Tekstiller, Seçilmiş Kumaşlarda Antibakteriyel Apre ve Performans Özellikleri. Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

41. Akyüz, R., 1988. Güç tutuşurluk bitim işlemlerinde test teknikleri, Proje Çalışması, Ege Üniversitesi, 47-49/98 s.

42. Mark, H. F.,1975. Combustion of Polymers and its Retardation, Flame Retardant Polymeric Materials, Plenum Press, Newyork, 1-18 pp.

43. Seventekin, N., 2004. Tekstil Kimyası, Ege Üniversitesi, Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayınları, 68-70, 77, 87-88 s.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı:	Züleyha ÖNDER
Uyruğu:	Türkiye (T.C.)
Doğum Yeri:	Mersin
Doğum Tarihi:	17.10.1990
Medeni Durumu:	Bekâr
Adres:	Esentepe mah. Girne Şehitleri Cad. Oğuzhan Apartmanı Daire:40 Melikgazi/KAYSERİ
E-Mail:	zuleyhaonder42@gmail.com
Tel:	0 553 611 88 90

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü	2019
Lisans	Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü	2012
Lise	19 Mayıs Lisesi Mersin	2007

YABANCI DİL

İngilizce