



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜÇ TUTUŞUR ÖZELLİĞE SAHİP VE TERMAL
KONFOR SAĞLAYAN İTFAİYECİ İÇ GİYSİLİK
KUMAŞLARIN GELİŞTİRİLMESİ**

FATMA DEMİRCİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

KAHRAMANMARAŞ 2024

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜÇ TUTUŞUR ÖZELLİĞE SAHİP VE TERMAL
KONFOR SAĞLAYAN İTFAİYECİ İÇ GİYSİLİK
KUMAŞLARIN GELİŞTİRİLMESİ

FATMA DEMİRCİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL ANA BİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2024

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Fatma DEMİRCİ



Bu çalışma KSÜ Bilimsel Araştırma Birimi (BAP Proje No: 2023/4-1 YLS) tarafından desteklenmiştir.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bilgilerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

GÜÇ TUTUŞUR ÖZELLİĞE SAHİP VE TERMAL KONFOR SAĞLAYAN İTFAİYECİ İÇ GIYSİLİK KUMAŞLARIN GELİŞTİRİLMESİ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

FATMA DEMİRCİ

ÖZET

İtfaiye personellerin kullandıkları giysiler birer termal koruyucu giysidir. Alev, yüksek sıcaklık, eriyik metal sıçramalarına karşı koruma sağlamak amacıyla dokuma kumaş yapılarında üretilmektedir. İtfaiyecilerin kullandıkları iç giysiliklerin kumaşının da koruyucu itfaiyeci üniformaları gibi hem aleve ve ısıya karşı koruma sağlamaları hem de cilt ile temas halinde oldukları için ısı açıdan konforlu olma gereksinimleri vardır. İtfaiyeci iç giysilik kumaşının giyen kişinin konforu açısından iyi derecede nefes alabilir olması, iyi derecede ısı yalıtım sağlaması ve terden kaynaklanan sıvıları hızlı bir şekilde transfer edebilmesi çok önemlidir. Bu çalışma kapsamında, itfaiyeci iç giysiliğinde kullanılmak üzere güç tutuşur özelliğe sahip viskon, modakrilik ve panox lifleriyle üretilen farklı konstrüksiyondaki örme kumaşların dayanım, güç tutuşurluk ve konfor performansları araştırılmıştır. Her lif tipinin niteliği birbirinden farklı olduğundan en uygun lif tipinin ve lif karışım oranının belirlenmesi amacıyla farklı liflerden elde edilen ipliklere mukavemet ve düzgünsüzlük testleri yapılmıştır. Bu ipliklerden süprem ve lakost (tek toplama pike) tipinde kumaşlar üretilmiştir. Üretimi gerçekleştirilen kumaşlara kullanım sırasındaki performansını belirlemek amacıyla haslık, boncuklanma dayanımı, boyutsal dayanım, patlama mukavemet testi yapılmıştır. İlaveten konfor parametrelerini belirlemek için hava geçirgenlik, su buharı (perma test) geçirgenliği ve nem iletimi performansı (MMT) testleri; güç tutuşurluk performansını belirlemek için dikey yanmazlık, LOI (Limit oksijen indeksi) ve TGA (Thermogravimetrik analiz) testleri, uygulanarak performans özellikleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güç tutuşurluk, İtfaiyeci İç Giysiliği, Termal konfor

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimler Enstitüsü

Tekstil Anabilim Dalı, Haziran 2024

Danışman: Prof. Dr. Yasemin KORKMAZ

Sayfa Sayısı: 70

DEVELOPMENT OF FIREFIGHTER UNDERWEAR FABRICS THAT HAVE FLAME-RESISTANT FEATURES AND PROVIDE THERMAL COMFORT

(M.Sc. THESIS)

FATMA DEMİRCİ

ABSTRACT

The clothing used by firefighters is thermal protective clothing. It is produced in woven fabric structures to provide protection against flame, high temperature and molten metal splashes. The fabric of the underwear used by firefighters, like protective firefighter uniforms, needs to provide protection against flame and heat and be thermally comfortable since they are in contact with the skin. It is very important that the firefighter underwear fabric is well breathable, provides good thermal insulation and can quickly transfer fluids resulting from sweat for the comfort of the wearer. Within the scope of this study, the strength, flame retardancy and comfort performances of knitted fabrics of different constructions produced with flame retardant viscose, modacrylic and panox fibers to be used in firefighter underwear were investigated. Since the quality of each fiber type is different, strength and irregularity tests were carried out on yarns obtained from different fibers in order to determine the most suitable fiber type and fiber mixture ratio. Fabrics of single jersey and lacoste (single gathering pique) quality fabrics were produced from these yarns. Fastness, pilling resistance, dimensional strength and bursting strength tests were performed on the produced fabrics to determine their performance during use. In addition, performance characteristics were examined by applying air permeability, water vapor permeability and liquid moisture transmission performance (MMT) tests to determine the comfort parameters, vertical fire retardancy, LOI (Limit oxygen index) and TGA (Thermogravimetric analysis) tests to determine the flame retardant performance.

Keywords: Phenolic oximes, heavy metal recovery, extractive hydrometallurgy, liquid-liquid extraction

Kahramanmaraş Sütçü Imam University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Textile, June/2024

Supervisor: Prof. Dr. Yasemin KORKMAZ

Page number: 70

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgi ve birikimlerinden faydalandığım, tez çalışmamın tüm safhalarında bilimsel desteğinin yanı sıra anlayış ve sabrını esirgemeyen, çalışmamın etkin bir şekilde ilerleyişi için fedakârlıklardan kaçınmayan, kendisiyle çalışmaktan onur duyduğum tez danışmanım Sayın hocam **Prof.Dr. Yasemin KORKMAZ**' a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Mesleki deneyimlerini paylaşarak tez çalışmama katkıda bulunan, bilgi ve birikimlerini benimle paylaşarak tezime yön veren Sayın hocam **Prof.Dr. Hatice Kübra KAYNAK**' a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve birikimlerini bana aktaran **KSÜ Tekstil Mühendisliği Bölümü hocalarıma** saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Ham madde kaynağı sağlayan, üretim ve laboratuvar çalışmalarım boyunca bana gösterdikleri anlayış, sabır ve yardımlarından dolayı **MEM Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş Ar-Ge Merkezine** ve Sayın **Ar-Ge Merkezi Müdürü Ahmet ORUÇ**' a teşekkür ederim.

Tez çalışmam için maddi destek sağlayan Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Başkanlığı'na (**BAP**) (Proje No: 2023/4-1YLS) teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Sayın jüri üyelerim ve hocalarım **Prof.Dr. Hatice Kübra KAYNAK** ve **Doç.Dr. Gaye KAYA** teşekkürlerimi sunarım.

Maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen her koşulda yanımda olan çok değerli **Aileme** ve **Arkadaşlarıma** sonsuz teşekkür ederim.

Fatma DEMİRCİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Güç Tutuşurluk	3
1.2. Güç Tutuşur Tekstillere Elde Edilmesi	5
1.2.1 Yapısı itibariyle güç tutuşur liflerin kullanılarak üretilmesi	5
1.2.2. Liflerin kimyasal değişkenliklerle yapılarının değiştirilmesi.....	6
1.2.3. Sentetik polimere lif çekimi esnasında güç tutuşurluk sağlayan kimyasalların ilave edilmesi.....	6
1.2.4 Kumaşın güç tutuşma sağlayan kimyasallar ile muamele edilmesi	6
1.3. Konfor Özellikleri.....	6
1.3.1. Konfor ve giysi.....	8
1.3.2. Konforun sınıflandırılması	8
1.3.3. Termal konforla ilgili giysi ve kumaş özellikleri	9
1.4. Araştırmanın Önemi ve Amacı	10
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	11
3. MATERYAL VE METOT	17
3.1. Materyal	17
3.1.1. Çalışmada kullanılan liflerin özellikleri	17
3.2. Metot.....	18
3.2.1. Çalışmada uygulanan testlerin özellikleri	24
3.2.1.1. İplik testi (Kopma Mukavemeti, Kopma Uzaması ve İplik Düzgünsüzlüğü).....	24
3.2.1.2. Kumaş performans testleri (Haslık Testi, Boncuklanma Dayanımı, Boyutsal Değişim ve Patlama Mukavemeti)	25
3.2.1.3. Kumaş konfor testleri (Hava Geçirgenliği, Su Buharı Geçirgenliği ve MMT)	27
3.2.1.4. Kumaş güç tutuşurluk testleri (LOI, Dikey Yanmazlık, Termogravimetri/ TGA)	28

3.2.1.5. Anket çalışması	31
4. GENEL SONUÇLAR.....	32
4.1. Bulgular ve Tartışma	32
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	59
KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ	68



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

FR	: (Flame Retardant) Güç tutuşurluk
LOI	: Limit Oksijen İndeksi
MMT	: (Moisture Management) Nem Yönetimi Testi
PAN	: Poliakrilonitril Elyaf
PANOX	: Oksitlenmiş, Termal Olarak Stabilize Edilmiş Poliakrilonitril Elyaf
TGA	: Termogravimetrik Termal Analizi
Tc	: Yanma Sıcaklığı
Tp	: Piroliz Sıcaklığı

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Tekstil liflerinin yanma döngüsü	4
Şekil 2. Konfor değerlendirme şeması	7
Şekil 3. İplik üretim hattı.....	19
Şekil 4. Muratta Vortex iplik üretim makinesi.....	20
Şekil 5. Muratta Vortex iplik üretim makinesi iğ sistemi	20
Şekil 6. Yuvarlak örme kumaş makinesi.....	21
Şekil 7. Süprem örme kumaş iğne diyagramı	21
Şekil 8. Tek toplama pike örme kumaş iğne diyagramı	22
Şekil 9. Tek banyo boyama grafiği	23
Şekil 10. Çift banyo boyama grafiği	23
Şekil 11. Kumaş boyama işleminin gerçekleştiği boyama makinesi	24
Şekil 12. MEM Tekstil Fizik Laboratuvarındaki Martindale test cihazı görüntüsü.....	26
Şekil 13. MEM Tekstil Fizik Laboratuvarındaki Patlama mukavemeti test cihazı görüntüsü	27
Şekil 14. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarındaki LOI test cihazı görüntüsü.....	29
Şekil 15. Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarındaki Dikey Yanmazlık test cihazı görüntüsü	30
Şekil 16. Tipik bir TG (TGA) eğrisi (termogram).	31
Şekil 17. Kahramanmaraş İtfaiye Daire Başkanlığı itfaiye çalışanları ve Orman Yangınlarıyla Mücadele Şube Müdürlüğü yangın koruma muhafız personelleri bilgileri	32
Şekil 18. Kahramanmaraş İtfaiye Daire Başkanlığı itfaiye çalışanları ve Orman Yangınlarıyla Mücadele Şube Müdürlüğü yangın koruma muhafız personelleri yangın durumu.....	33
Şekil 19. Kahramanmaraş İtfaiye Daire Başkanlığı itfaiye çalışanları ve Orman Yangınlarıyla Mücadele Şube Müdürlüğü yangın koruma muhafız personelleri koruyucu kıyafet durumu.....	33
Şekil 20. Güç tutuşur örme kumaş boncuklanma dayanımı	37

Şekil 21. Güç tutuşur örme kumaş boyutsal değişim	37
Şekil 22. Güç tutuşur örme kumaş patlama mukavemeti	38
Şekil 23. Güç tutuşur örme kumaş hava geçirgenlik.....	39
Şekil 24. Bağlı Su Buharı Geçirgenliği (%)	40
Şekil 25. Su Buharı Geçirgenlik Katsayısı (WVTR)	41
Şekil 26. Numune kumaşların üst ıslanma süreleri (OMMC).....	45
Şekil 27. Nem Yönetim performans Değeri.....	46
Şekil 28.a % 100 viskon Süprem	48
Şekil 28.b % 100 viskon tek toplama pike	48
Şekil 29.a % 70 viskon - %30 FR viskon Süprem	49
Şekil 29.b % 70 viskon - %30 FR viskon Tek Toplama Pike.....	49
Şekil 30.a % 70 viskon - %30 FR Modakrilik Süprem.....	50
Şekil 30.b % 70 viskon - %30 FR Modakrilik Tek Toplama Pike	50
Şekil 31.a % 70 viskon - %30 Panox Süprem.....	51
Şekil 31.b % 70 viskon - %30 Panox Tek Toplama Pike	51
Şekil 32. %100 Viskon Süprem kumaşın termal bozunma eğrileri	52
Şekil 33. % 100 Viskon Tek Toplama Pike kumaşın termal bozunma eğrileri	52
Şekil 34. %70 Viskon %30 FR Viskon Süprem kumaşın termal bozunma eğrileri.....	53
Şekil 35. %70 Viskon %30 FR Viskon Tek Toplama Pike kumaşın termal bozunma eğrileri.....	53
Şekil 36. %70 Viskon %30 FR Modakrilik Süprem kumaşın termal bozunma eğrileri	54
Şekil 37. %70 Viskon %30 FR Modakrilik Tek Toplama Pike kumaşın termal bozunma eğrileri.....	54
Şekil 38. % 70 Viskon %30 FR Panox Süprem kumaşın termal bozunma eğrileri	55
Şekil 39. %70 Viskon %30 FR Panox Tek Toplama Pike kumaşın termal bozunma eğrileri	55
Şekil 40. Süprem kumaşların termal bozunma eğrilerindeki ağırlık kaybı.....	57
Şekil 41. Tek toplama pike kumaşların termal bozunma eğrilerindeki ağırlık kaybı	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 1. Bazı liflerin yanma özellikleri.....	4
Çizelge 2. Ticari olarak temin edilebilen oksitlenmiş PAN lifleri	17
Çizelge 3. Çalışma kapsamında kullanılan liflerin özellikleri	18
Çizelge 4. Vortex iplik üretim parametreleri.....	19
Çizelge 5. Uster Tensojet 4 birim açıklamaları.....	25
Çizelge 6. Uster Tester 4-S birim açıklamaları	25
Çizelge 7. Bazı liflerin LOI Değeri %.....	29
Çizelge 8. İplik mukavemet parametreleri	34
Çizelge 9. İplik kalite parametreleri	35
Çizelge 10. Güç tutuşur örme kumaş üretim parametreleri.....	35
Çizelge 11. Güç tutuşur örme kumaş yıkama sonrası haslık testi.....	36
Çizelge 12. Değerlendirme skalası.....	42
Çizelge 13. MMT test sonuçları.....	43
Çizelge 14. MMT test sonuçları değerlendirme.....	44
Çizelge 15. Numune kumaşların LOI test sonuçları	47
Çizelge 16. Güç tutuşur örme kumaş dikey yanmazlık testi	47
Çizelge 17. 28°C - 890°C arasında gerçekleştirilen TGA analiz değerleri.....	56

1. GİRİŞ

Tekstil sektörü, insanlık tarihinin ilk dönemlerinden itibaren kullanılmaya başlayan geleneksel üretimini sanayi devrimi ile birlikte endüstriyel üretimine çevirmiştir. Günümüzde teknolojik gelişmelerle birlikte fonksiyonel ürünlerin kullanımı teknik tekstil üretimini meydana getirmektedir. Teknik tekstiller, tekstil sektöründe katma değeri en yüksek ve ileri teknoloji kullanılarak üretilen alanlarındandır. Teknik tekstiller koruyucu tekstiller, medikal tekstiller ve askeri tekstiller olmak üzere birçok alanda kullanılan işlevsel farklılıklarıyla farklı kategorilerde değerlendirilmektedir. Günümüzde teknik tekstillerin üretimleri genellikle prototip aşamasında olmakla birlikte endüstriyel bazlı çalışmaların devam ettiği bilinmektedir. Teknik tekstil üretim teknolojisi sentetik liflerdeki gelişmelerle birlikte teknolojik gelişmeler başta olmak üzere birçok disiplinler arası çalışmalara konu olmuştur. Son yıllarda teknik tekstil, tekstil sektörleri içerisinde adını duyurmaya başlamış ve gelecekte de hazır giyim sektörünün en önemli alanını oluşturulacağı ön görülmüştür (Coşkun E. ve Oğulata R.T.). Teknolojik gelişmelerle birlikte sentetik liflerin üretim teknolojilerinin geliştirilmesi ile sentetik ve rejenere liflerin üretilmesi yaygınlaşmaktadır. Viskon, polipropilen, poliester, naylon ve diğer sentetik liflerin ortaya çıkışı doğal maddelerin taklit edilmesine dayanmaktadır. Teknik tekstil teknolojileri hammaddenin materyal formuna göre (elyaf, kumaş, giysi) veya üretim biçimine göre bir farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Geniş ürün kullanım alanına sahip olan yüksek performanslı tekstiller, tekstil sektöründe hızla büyüyen ürün alanına sahiptir. Yeni lif hammaddeleri, tekstil kumaş yapıları ve tekstil üretim teknolojilerinin geliştirilmesi ile pazar alanındaki taleplerin bu eğilimi arttırmasında tetikleyici bir faktör olmuştur.

Genel olarak incelendiğinde, teknik tekstillerin sektörü için, standart tekstil üretim yöntemlerinin tamamının uygun olduğu ancak teknik tekstillerin estetik, tasarım gibi özelliklerinden daha çok; fonksiyonel ve kimyasal özelliklerinin önemli olmasından dolayı bu özel tekstil ürünleri için özel üretim yöntemleri geliştirildiği belirtilmiştir (Mecit D., ve ark.) Doğal ve sentetik liflerin karışım olarak birleştirilerek mukavemetini, fonksiyonel özelliklerini değiştirdiği, tekstil terbiye kimyasalların değiştirilmesiyle özellikli kullanım alanları oluşturulduğu bilinmekte ve kullanım alanlarına göre uyarlanarak teknik tekstillerin üretim sürecine önemli katkılar yapmışlardır. Yüksek performanslı tekstil liflerinin piyasada yaygın halde kullanılmaya başlanması tekstil sektöründe yeni pazar

alanlarının açılmasına sebep olmuştur. Mevcutta kullanılan liflere göre maliyeti yüksek olan bu lifler genellikle kullanıldıkları alanlarda kullanılan malzemelere göre daha performanslarının yüksek olması, hafif, kullanışlı vs. gibi farklı özelliklere sahip olmaları nedeniyle tercih edilmektedir. 2022 yılı verilerine göre AB ülkeleri içinde, İtalya ve Almanya'nın tekstil ve hazır giyim ihracatında öncü olduğu, ithalatta 1. Sırada Almanya, Fransa ise ithalatta 2. en büyük ithalatçı ülke konumundadır. Fransa ve Almanya teknik tekstil alanında üretim yaparak, otomotiv, havacılık, medikal, inşaat, koruyucu giysi üretim alanlarına yoğunlaşmaktadır (ITC TradeMap).

Koruyucu tekstiller, insan hayatının korunması için üretilen teknik tekstil ürünleridir. Bu tekstil ürünleri yüksek mukavemet sağlayıcı, güç tutuşur, kimyasallara, mikro organizmalara, hava şartlarına dayanıklılık gibi yüksek performans özelliğine sahip elyaf veya iplik üretimi ile farklı apre çeşitleri uygulanarak elde edilirler. Koruyucu tekstillere yönelik üretilen giysilerin görevi koruyucu tekstil ürünü kullanan personellerin ile olası yaralanma durumunda bariyer olarak kişiyi korumasıdır. (Çelikkanat, 2002).

Koruyucu giysiler başlıca; güvenlik personelleri, itfaiyeciler, denizciler, astronotlar, sağlık personelleri, petrol ve benzin ekipman işçileri gibi yüksek koruyuculuk istenilen alanlarda çalışan kişilere yönelik üretilmektedir. Koruyucu tekstil ürünleri üretilirken kullanıldıkları alanlardaki beklenti ve ihtiyaçlara göre değişkenlik göstermekte ilaveten bu ihtiyaçlar göz önünde bulundurularak üretilmektedir (Duran ve ark. 2007).

Literatürde en sık karşılaşılan koruyucu tekstil ürünleri;

- İtfaiye personelleri ve Orman koruma muhafızlarına yönelik ısıya dayanıklı kıyafetler koruyucu kıyafetler alev almayan başlıklar ve eldivenler
- Güvenlik personellerine (asker, polis, vb.) yönelik balistik dayanımlı yelekler kasklar (miğferler), eldivenler, uyku tulumları
- Depo işçileri ve dağcılık sporu yapan bireylere yönelik donmayı (hipotermiya) önleyici termal giysileri
- Hastane personellerine yönelik koruyucu giysiler (antimikrobiyal tekstiller, Işınlardan koruyucu tulumlar)
- Kullanım amaçlarına göre koruyucu tekstillerin sınıflandırılması şu şekildedir.
- Biyolojik ve kimyasallara karşı koruma sağlayıcı tekstil ürünleri

- Elektromanyetik kalkanlama, zararlı ışınlarla karşı koruma sağlayıcı tekstil ürünleri
- Alev ve yüksek sıcaklığa karşı koruma sağlayıcı tekstil ürünleri
- Balistik silahlara karşı koruma sağlayıcı tekstil ürünleri

Koruyucu tekstillerin alev ve yüksek sıcaklığa karşı dayanma özelliği kullanıldığı yere ve talep edilen seviyeye bağlı olarak üretilmektedir. Alev ve yüksek sıcaklığa maruz kalan itfaiye, orman koruma muhafızları başta olmak üzere askeriye personelleri ile metal işleme tesisinde çalışan personellere, uzay ve havacılık sektöründe çalışan personellere yönelik tehlikeli iş kategorisinde yer alan sektörlere yönelik koruyucu tekstiller kullanılmaktadır.

Özellikle itfaiye personeller için üretilen alev ve yüksek sıcaklığa karşı koruyucu tekstillerde kullanılan lifler kullanılacak bölgeye göre dokuma, dokusuz yüzey ve örme kumaş yapılarında tek katlı ve çok katlı olarak üretilmektedir. Bu kumaşlardan üretilen tekstil ürünlerinin termal (ısı) konfor özelliği önemlidir. Ayrıca bu koruyucu tekstillerin koruma özelliğinin yanı sıra kullanan kişinin konforunun artırılması gerekir (Özcan ve ark. 2000). Dünya genelinde koruyucu teknik kumaşlara olan ihtiyaç artmakta ve bu kumaşların temini yurtdışından yapılmaktadır.

1.1. Güç Tutuşurluk

Güç tutuşur tekstiller, yüksek sıcaklık veya alev karşısında tutuşmayan tutuşma durumunda kendi kendine sönebilen tekstillerdir. Güç tutuşurluk genellikle yanmazlık terimi ile karıştırılmaktadır (Özcan ve ark. 2000). Güç tutuşurluk alev kaynağı uzaklaştırıldıktan sonra yanmaz ancak materyalin fiziksel ve kimyasal değişimlere bağlı deforme olmasına neden olur. Yanmazlık ise yanmaya karşı direnç demektir.

Yanmanın genel formülü

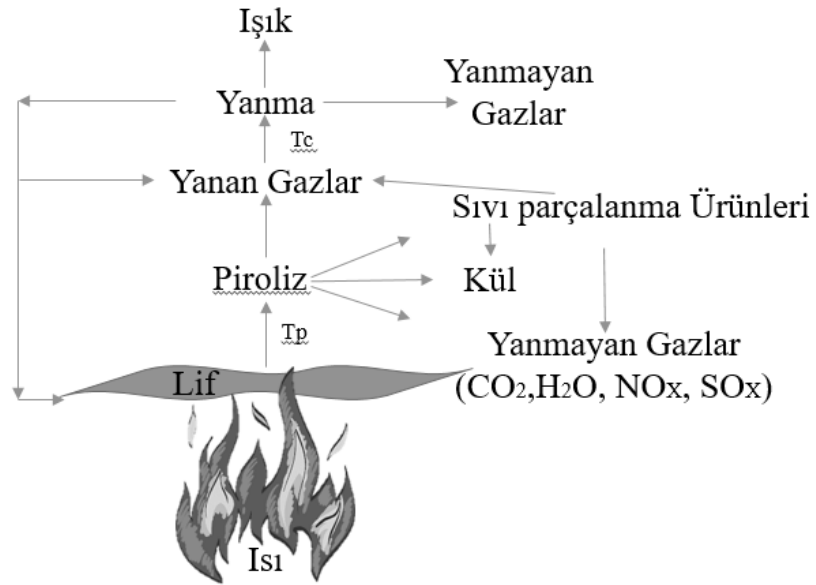
“ $CXHY + (X+Y/4) O_2 + ISI \leftrightarrow X CO_2 + Y/2 H_2O + ISI$ ” şeklindedir (Özcan ve ark. 2000).

Yanma; tekstil maddesinin tutuşma sıcaklığına ulaştığında oksijenle verdiği tepkime sonrasında kimyasal gaz ile ısı açığa çıkaran ekzotermik zincirleme reaksiyonudur. Güç tutuşur tekstilleri oluşturan liflere ait yanma özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bazı liflerin yanma özellikleri Çizelge.1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Bazı liflerin yanma özellikleri

Lifler	Yanma Şekli	Duman	Koku	Kalıntı
Poliamid lifleri	Erir sonrasında yanar. Alevden uzaklaştırılınca yanmaya devam eder.	Dumanı beyazdır.	Hafiftir. Yanmış saç kokusu	Krem tonlarında, kahverengi boncuk şeklinde kalıntı bırakır
Poliester lifleri	Erir sonrasında yanar. Alevden uzaklaştırılınca yanmaz.	Dumanı isli ve beyazdır.	Tatlı aromatik keskin kokulu	Külü kremsi, sarı, kahverengi boncuk şeklinde ve sert kalıntı
Modakrilik lifleri	Erir sonrasında yanar. Alevden uzaklaştırılınca kendini söndürür.	Siyah islidir.	Keskin bir kimyasal koku	Siyah, sert şekilsiz kalıntı
Viskon lifleri	Kolay tutuşur ve hızlı yanar. Alevden çıkarılınca yanmaya devam eder.	Duman yoğunluğu hafiftir.	Yanmış kağıt kokusu	Çok az miktarda hafif kabarık kül bırakır
Poliakrilonitril lifleri	Yanmaz, erimez	Dumanı hafif beyazdır.	Hafif yanık saç kokusu	Hafif toz bırakır

Tekstil materyallerinin yanma mekanizması oksijen, yakıt kaynağı veya ısı tüketilinceye kadar devam eder. Tekstil materyalinin ham maddesi liflerdir. Şekil 1’de tekstil liflerinin yanma döngüsüne yer verilmiştir.



Şekil 1. Tekstil liflerinin yanma döngüsü

Tekstil hammaddeleri uygun ısı karşısında piroliz sıcaklığına (T_p) ulaşıncaya kadar kimyasal değişimler oluşmaya başlar ve yanmayan gazlar, kömürleşme/karbonlaşma, sıvı kondensatlar ile yanabilen gazlar meydana gelmektedir. Sıcaklık arttıkça, daha fazla yanmayan gaz, kül ve yanan gaz üretilerek piroliz oluşur. Yanma sıcaklığında tekstil materyalinin çıkarmış olduğu gaz reaksiyonundan ve açığa çıkan gazların oksijenle tepkimeye girmesinden yanma olayı gerçekleşir. Bu reaksiyonlar ekzotermik reaksiyon olup ısı ve ısıнын yanında ışık meydana getirmektedir (Ömeroğulları ve Kut 2012).

1.2. Güç Tutuşur Tekstillerin Elde Edilmesi

Tekstil ürünlerine dört farklı yöntemle güç tutuşur özellik kazandırılır.

1. Yapısı itibariyle güç tutuşan liflerin (Aramid grubu lifler, Cam, vb.,) kullanılması.
2. Liflerin kimyasal değişkenliklerle yapılarının değiştirilerek (Trevira) kullanılması
3. Sentetik liflerin üretimi esnasında güç tutuşma sağlayıcı kimyasalların ilave edilerek üretilen liflerin (FR Viskon, FR modakrilik, FR poliester) kullanılması.
4. Kumaş yapıları oluşturulduktan sonra apre kısmında güç tutuşur kimyasallarla işleme tabi tutulması

1.2.1 Yapısı itibariyle güç tutuşur liflerin kullanılarak üretilmesi

Polimerler zincirlerinin bağ enerjilerinin kuvvetli olmasından dolayı çok yüksek sıcaklıklara dayanmaktadırlar. Bir polimer zincirinde aromatik halkaların bulunması, liflerin kimyasal yapılarının kararlı yapılara geçmesine neden olur böylece yüksek sıcaklığa dayanıklı yapısı itibariyle güç tutuşan karbon, cam, mineral ve benzeri liflerin üretimi sağlanmaktadır. Bu tür lifler 250°C ve üzerindeki sıcaklıklara dayanım göstermektedir. Mekanik özelliklerini uzun süre muhafaza ederler. Bu yöntemle üretilen liflerin tek dezavantajı yüksek maliyetli olmasıdır. Bu nedenle kullanımı kısıtlıdır.

Bu lifler aşağıdaki gibidir;

- Aramid Grubu lifler
- PBI lifi (Polybenzimidazole)
- Teflon lifi (PTFE)
- Cam elyafı
- Asbest

1.2.2. Liflerin kimyasal değişkenliklerle yapılarının değiştirilmesi

Kimyasal modifikasyon ile polimer bağları bazı kimyasallarla reaksiyona girerek güç tutuşur polimere dönüştürülür. Kopolimerizasyon işleminde, güç tutuşma sağlayıcı kimyasal bağ yapılarından birini içeren bir monomer, ikinci bir monomer ile polimerleşerek kopolimer oluşturur. Böylece, güç tutuşma sağlayıcı lif polimer yapısı elde edilir.

1.2.3. Sentetik polimere lif çekimi esnasında güç tutuşurluk sağlayan kimyasalların ilave edilmesi

Sentetik ve rejenere liflerin üretimi esnasında güç tutuşurluk özelliği kazandırmak için lif çekimi işleminde polimere güç tutuşurluk sağlayan kimyasallar ilave edilerek üretilir. Bu kimyasallar, organik fosfor bileşikleri ve inorganik alüminyum, magnezyum hidroksit ve borik asit içermektedir. Aktif güç tutuşur lif üretebilmek için kullanılan güç tutuşurluk sağlayıcı kimyasal malzemenin, polimerin bozulma sıcaklığına yakın bir bozunma sıcaklığına sahip olması gerekir.

Tekstil endüstrisinde en fazla kullanılan güç tutuşur lifleri

- Akriklik, Modakrilik, Poliester, Viskon vb.,

1.2.4 Kumaşın güç tutuşma sağlayan kimyasallar ile muamele edilmesi

Güç tutuşurluk sağlayıcı kimyasallar; tekstil materyalin elyaf ve iplik boyama esnasında ya da kumaş üretildikten sonra emdirme yöntemiyle kumaşa ilave edilir.

- Özellikle doğal liflerin yanma hızının yavaşlatılmasını,

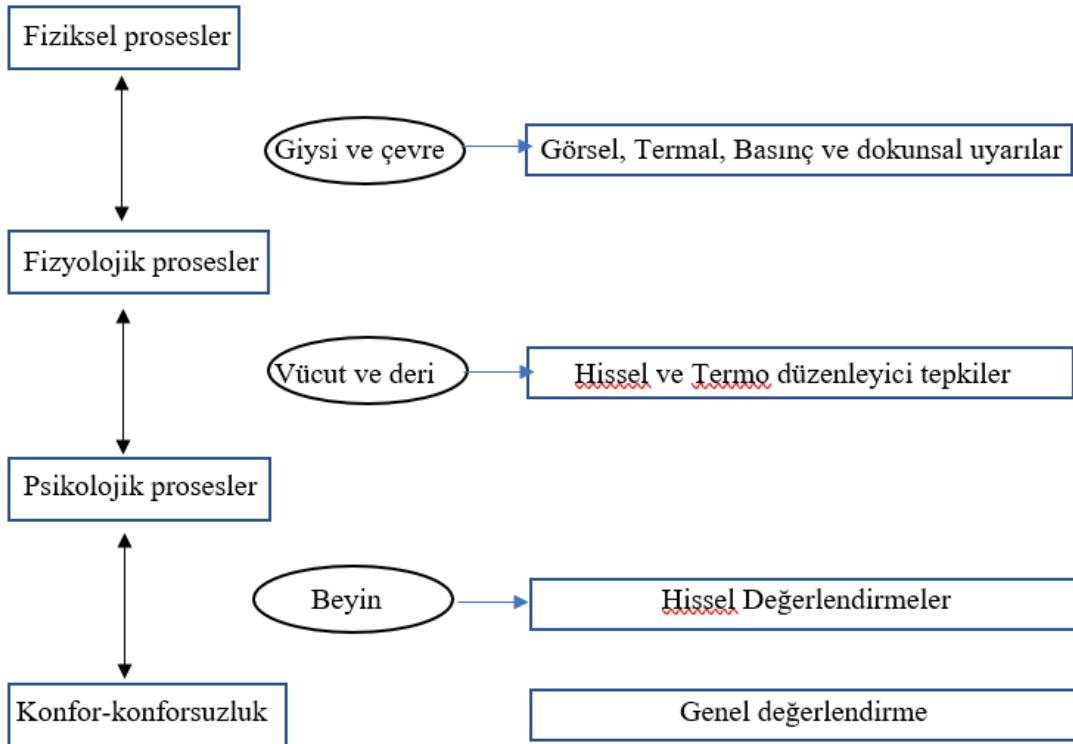
-Yakıcı etken (alev) uzaklaştırıldığında kısa bir süre sonra yanmanın kendiliğinden durmasını sağlar.

Bu çalışma kapsamında sentetik polimere lif çekimi esnasında güç tutuşurluk sağlayan kimyasalların ilave edilmesiyle elde edilen lifler kullanılmıştır. Tekstil materyallerin koruyuculuk parametresinin yanında kullanıcı kişinin konforlu hissetmesi yine tekstil materyalinin özelliğine bağlıdır. Bu nedenle güç tutuşurluğun yanında konfor özellikleri incelenmiştir.

1.3. Konfor Özellikleri

Günümüzde giysilerin örtücülük faktörünün ve iyi görünmenin yanında koruyuculuğun ve rahat hissetmenin daha önemli olduğu görülmektedir. Giysilerin fiziksel,

sosyal ve psikolojik beklentileri karşılması beklenmekte ve bu beklentiler konfor kavramını ortaya çıkarmıştır. Böylece yapılan araştırmaların çıkış noktası konforu tanımlamak ve kişilerin kendilerini hangi durumlarda iyi hissettiklerini belirlemek olmuştur. Birçok araştırmacı konforu tarafsız his olarak tanımlamaktadırlar. Bir kişinin konforlu sayılabilmesi için çevresel faktörlerle ilgili bir uyarının psikolojik durumuna bağlı olarak hissedilen rahatsızlık duygusuyla konfor parametresinin belirlenmesiyle ortaya çıkmaktadır (Kaplan ve Okur 2005). Konforsuzluk çevresel etkenlerin(soğuk, sıcak, acı, batma, kaşınma, ıslaklık) insan fizyolojisi ve psikolojisinde oluşturduğu olumsuz etkiler bütünüdür (giysi içinde aşırı terleme gibi). Bu nedenle, konfor için çok kabul görmüş bir tanım “konforsuzluktan (rahatsızlıktan) ve acıdan bağımsız, doğal bir durum” şeklindedir (Li 2001). Konfor ve konforsuzluk ile ilgili birçok tanımlama mevcuttur. Li (2001) konforu çevresel, psikolojik ve fizyolojik birçok faktörün birbiriyle etkileşim içerisinde olduğu, karmaşık bir konu olarak tanımlamıştır. Bu faktörlerin konfor algısındaki akış şeması Şekil.2’de görülmektedir.



Şekil 2. Konfor değerlendirme şeması

İnsan vücudunun çevresel şartlara ve giysilere karşı verdiği fizyolojik tepkilerle konforun tanımlanması yapılmaktadır. Bu da tekstil ürünün çevresel etkilere karşı vücut ile çevre arasındaki mikroklima dengesini oluşturmaktadır. Giysinin hava geçirgenliği, nem

direnci ve kullanıcının hareket düzeyi gibi faktörlerin ölçülmesiyle konfor faktörleri hesaplanır. İlaveten konfor, giysinin vücutla temasında oluşan kuvveti oluşturmaktadır (sertlik, yumuşaklık gibi fiziksel özellikler konfor değerlendirmesi üzerine etkili olmaktadır (Hes ve ark. 2001)).

Konfor özellikleri

- Konfor duyu organlarıyla algılanan hislerle durumudur ve kişiden kişiye değişkenlik gösterebilir.
- Konfor termal, dokunma ve görseldir. Soğuk-sıcak, sert-yumuşak, estetiksel gibi çeşitli adlandırılmalarla ifade edilmektedir.
- Sübjektif hisler genellikle insanların o an ki içinde bulunduğu psikolojiye göre değişkenlik gösterir.
- Dış ortamın çevre şartları giysi kullanıcısının konfor durumu üzerinde çok etkilidir.

Bu tanımlamalara göre konfor algısı, çevresel şartların giysi katmanı ile insan vücudu üzerinde bıraktığı etkinin psikolojik olarak algılanmasıdır.

1.3.1. Konfor ve giysi

Tekstil ürünlerinin görsellik, örtücülük, koruyuculuk gibi fonksiyonları yerine getirirken insan vücudu ve çevre arasında denge kurması gerekir. Bir kumaşın giysi olabilmesi için, giysi fonksiyonları ve insan duyuları açısından gerekli konfora sahip olması gerekir. Fakat bir giysinin, çok katlı olmasıyla termal konforun sağlanması konforlu diyebilmek için yeterli olmamakta hareket konforunu da kısıtlamayacak özellikte olmalıdır. Giysi açısından konfor, giyen kişinin giysiden fizyolojik olarak etkilenmesi psikolojik olarak tepki vermesidir (Kalaoğlu 1995).

Giysi, çevresel etkenlerin insan vücudu arasında termal, fizyolojik konforu oluşturan katmandır.

1.3.2. Konforun sınıflandırılması

Giysi kullanıcısının konfor algısında faaliyet gösteren dört tip proses vardır:

- Fiziksel prosesler; çevresel etkenlerin giysi ile ısı ve nem iletimi sağlayıcı fiziksel proseslerdir.

- Fizyolojik prosesler; çevresel etkenlerin giysi ile vücuttaki termal dengenin dinamik etkileşimler tepkileridir.
- Nörofizyolojik prosesler; çevresel etkenlerin giysinin üzerinde oluşturduğu sinyalleridir. Bu sinyaller cilt başta olmak üzere göz ve diğer organlar aracılığıyla algılanan mekanizmalardır.
- Psikolojik prosesler; fiziksel proseslerin, fizyolojik proseslerin ve nörolojik proseslerin beyinde meydana getirdiği hislerdir. Bu hislerin o an ki isteklere ve tecrübelerine göre değerlendirilmesiyle oluşan sübjektif değerlendirmeler olarak ifade etmiştir. (Li 2001).

1.3.3. Termal konforla ilgili giysi ve kumaş özellikleri

Termal konfor iki önemli faktörle karakterize edilmektedir:

- Isı transferi
- Kütle transferi

Isı transferi, bir tekstil materyalinin insan vücudunda termal dengeyi oluşturabilmesi için hava ve su iletkenliğini sağlaması gerekmektedir. Termal dengenin sağlanabilmesi için, gelen ısının yayılan ısıya eşit olması gerekir. Aksi durumda vücudun termal dengesi bozulur. Vücudun termal dengesini bozan durumlar;

- Isı ve nem değerlerinin ani olarak yer değiştirmesi
- Kısa sürede büyük miktarda sıvının vücuttan dışarı atılması
- Ani olarak fiziksel aktivitenin değiştirilmesi yani stabil bir hareket halindeyken aniden koşmaya başlanması gibi bu durumda insan vücudunda enerji ihtiyacı artar enerji ile birlikte ısı açığa çıkar (Kaplan ve Okur 2005).

Buna benzer faz değişimleriyle ısı transferi meydana gelir.

Kişinin konforlu hissetmesi kullanmış olduğu tekstil materyalinin hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği ile ilgili olup tekstil ürününün insan üzerinde oluşturduğu mikroklima etkisinin ortam şartları ve vücut dengesiyle uyumlu olmalıdır.

1.4. Araştırmanın Önemi ve Amacı

Koruyucu teknik tekstiller, fonksiyonellik ve performans özellikleri amacıyla üretilmektedir. Genellikle son kullanım fonksiyonlarına göre kimyasal, mekanik termal etkilerden koruyucu olarak adlandırılmaktadır. Yüksek ısı ve alev en çok maruz kalan itfaiye personelleridir. Bu nedenle itfaiyecilerin çok iyi ısı ve alev koruması sağlayan, kesilmeye ve aşınmaya dayanıklı dokuma formunda termal koruyucu giysiler kullanmaktadırlar. Ancak itfaiyeciler uzun süre veya tekrarlı bir şekilde yüksek ısıya maruz kaldıklarında, koruyucu giysileri deforme olmasa dahi vücutlarında yüksek ısı karşısında meydana gelen ter buharı nedeniyle ısı ve nem transferi yapılamamaktadır. Islak giysi, kuru giysiden daha büyük ısı transfer oranı gösterdiği için de dışarıya atılamayan fazla ter buharı yanıklara sebep olmaktadır. Bu çalışma kapsamında güç tutuşur özelliğe sahip özel liflerle termal konfor özelliği iyileştirilmiş itfaiye iç giyime yönelik örme kumaşlar geliştirilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Güç tutuşur özellikli tekstil yapıları hakkında yapılan literatür çalışmalarında;

Mahltig ve Ark. (2022), çalışmalarında yüksek performanslı ve özellikli Polietilen, Para-aramid, Meta-aramid, Polyamid, PAN liflerinin özelliklerini SEM ve EDS mikroskobu ile analiz etmişlerdir. Liflerin mekanik dayanıklılığını, alev geciktirici özelliği, kimyasal kararlılık ve antimikrobiyal özelliklerini incelemişlerdir.

Parmar ve Ark. (2020), çalışmalarında Aramid, Modakrilik vb. doğal alev geciktirici lifler ile konfor parametresini iyileştirmek için FR viskon içerikli dokuma kumaşlar üretmiştir. Bu kumaş numunelerini dayanıklılık, güvenlik (ısı ve alev) ve konfor özellikleri açısından değerlendirilmiştir.

Özcan (2002), yapmış olduğu çalışmada, örme kumaş yapısının güç tutuşma özelliklerine etkisini incelemiştir. Örme kumaşların yanıcılığını etkileyen en önemli parametreleri elyaf cinsi, karışım oranı, kumaş tasarımı ve gramajı olarak tespit etmiştir. İplik cinsi open-end ve ring olarak değerlendirildiğinde open-end ipliklerin daha hızlı tutuştuğunu, hava geçirgenliğinin örme kumaş yanıcılığı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını gözlemlemiştir. Ayrıca ağartma ve boyama işlemleri esnasında kullanılan kimyasalların yanma hızını önemli ölçüde arttırdığını tespit etmiştir.

Bulgun ve Yılmaz (2017), çalışmalarında itfaiye personellerin koruyucu dış katman giysilerinin koruma özelliğini sağladığı ancak yüksek ısı karşısında aşırı terlemeye maruz kaldıklarını ve bu terin vücutlarında ciddi yanıklara sebep olduğunu belirtmiştir. Termal korumanın yanında konfor durumunu belirlemek amacıyla koruyucu kıyafete sensör yerleştirilerek sıcaklık, nem kontrollerinin takip edebileceği tasarımlara değinmişlerdir.

Eryürük(2016), çalışmada, dış katmanında PBI (Poly-benzimidazole), Para-Aramid ve Nomex olan iki itfaiyeci kıyafetinin, aynı çevre ve fiziksel aktivite şartları altında, termal kamera aracılığıyla giysi üzerinde farklı kısımlarda meydana gelen ısı dağılımı değerlendirmiştir. Koruyucu iki farklı dış katman, farklı iki çeşit membran içeren nem bariyeri ve iki farklı ısı bariyeri olan kumaş yapılarını belirleyerek bu parametreler doğrultusunda ortaya çıkan kumaşların konfor özelliklerini incelemiştir. Termal konfor testleri ve termal kamera değerlendirmeleri sonucunda %40 PBI /%60 para-aramid elyaf içerikli itfaiyeci kıyafetlerinin Nomex elyaf içerikli kumaşa göre daha az sıcaklık artışına

sahip olduğu ayrıca su buharı geçirgenliği, nem geçirgenliği, termal difüzyon ve emicilik özelliklerinin Nomex kumaşlarda daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Sonee ve ark. (2019), yürütmüş oldukları çalışmalarında ring iplik eğirme yöntemiyle meta aramid, FR viskon ve naylon lifleri kullanılarak farklı karışım oranlarında iplikler üretilmiştir. Elde edilen iplikleri dokuma kumaş yapısı oluşturarak bu kumaşların LOI değerleri, radyan ısı ve ısı taşınım indekslerini inceleyerek sonuçların yorumlanmasında tek yönlü varyans analizi metodu ile farklı lif karışımlarının alev ve termal özelliklerine etkilerini incelemişlerdir. Karışımındaki lif bileşenleri ile alev ve ısı direnç özellikleri arasında ilişki olduğu bildirmiştir.

Altay P. (2010), çalışmasında, kimyasalcılar tarafından içeriği iyileştirilmiş güç tutuşur özelliğe sahip ürünleri emdirme ve çektirme yöntemlerine göre bitim işlemlerinde kumaş kalitesi %100 poliester olan kumaşa uygulayarak kumaş üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Ayrıca güç tutuşur özellikteki kimyasal maddelerin uygun konsantrasyonları kullanılarak uygulanan güç tutuşurluk bitim işlemi ve boyama işleminin bir arada uygulanabileceği bir proses belirlenerek yapılan deneylerin sonuçları incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, fosfat içeren bileşiklerin, halojen içeren bileşiklere kıyasla daha etkili olduğu, kumaşlara emdirme yöntemine göre uygulanan güç tutuşurluk işlemlerinin yıkamaya dayanıklılığı incelendiğinde değerlerin, çektirme yönteminde uygulanan kumaşların test sonuçlarına göre daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Varga ve Ark. (2011), çalışmasında, Lenzing FR® lifleri farklı analitik yöntemlerle karakterize edilmiş ve diğer koruyucu liflerle karşılaştırmalı olarak pratik kullanımdaki davranışları incelemişlerdir. Güç tutuşurluk çalışmalarında konfor parametreleri açısından değerlendirmek için FR viskon liflerin tercih edilmesini vurgulamışlardır.

Şardağ S., (2019), çalışmasında metaaramid liflerini pamuk, tencel ve meta-aramid lifleriyle farklı oranlarda karıştırarak elde ettikleri ipliklerle örme kumaş yapıları oluşturmuştur. Bu kumaşların konfor özelliklerini incelemişlerdir. Tencel ve pamuk içeriklerinin değişmesiyle elde edilen örme kumaşların mukavemet ve konfor özelliklerinin değiştirdiğini, güç tutuşur özellikli kumaşlarda tencel lifi kullanımının konfor özelliklerini iyileştirdiğini belirtmiştir.

Erkut (2020), çalışmasında içeriği meta-aramid, para-aramid ve FR viskon olan iplikler ve bu ipliklerle elde edilen örme kumaşları fiziksel özellikler açısından, konfor özellikleri ve yanma davranışları açısından incelemiştir. Karışımında kullanılan aramid lif

oranı artışının iplik ve kumaş mukavemet değerinde artışa sebep olduğu, su buharı, hava geçirgenliği ve termal geçirgenlik özelliklerinin FR viskon içerikli kumaşların değerleri ile benzer sonuçlarda olduğunu tespit etmiştir. Uygulanan yanma testi sonrasında sonuçlarda FR viskon içeren kumaşların en yüksek kütle kaybı değerine sahip olduğunu gözlemlemiştir.

Hacıoğulları ve Babaarslan (2022), çalışmalarında, güç tutuşur katkı maddesini %1 ile %8 oranlarında artan miktarlarda güç tutuşurluk (FR) katkı maddesi dahil edilerek polipropilen cips ile farklı oranlarda filament iplik üretmişlerdir. Üretilen filament ipliklerin yapısal, mekanik ve renk özellikleri açısından etkilerini incelemişlerdir.

Hyun ve Ark. (2019), Modacrylic, antistatik PET, pamuk ve ExcelR liflerinden oluşan üç tip iplikten yapılan örme kumaşların alev geciktirici, antistatik özelliklerini ve aşınma konforunu incelemişlerdir. ExcelR kumaşın giyim konforu, hızlı ter emme ve hızlı kuruma özelliklerinin pamuk karışımı ve %100 pamuklu kumaşlara kıyasla daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. ExcelR kumaşının termal iletkenliğinin, pamuk karışımı ve %100 pamuklu kumaşlarla kıyas yapıldığında sonucun düşük olduğu kanısına varılmıştır.

Stygiené ve Ark. (2022), Aramid ve alev geciktirici (FR) viskon içerikli kumaş kullanılarak iki katlı örme kumaşların tutuşabilirlik ve ısı konfor özelliklerini araştırmışlardır. Üretilen kumaşların fonksiyonel özelliklerinin değerlendirilmesi için sıvı nem yönetimi, su buharı, hava geçirgenliği ve termal direnç gibi yanıcılık ve termoregülasyon özelliklerini incelemişlerdir. Test edilen tüm kumaşların güç tutuşurluk, yüksek nefes alabilirlik, hava geçirgenlik ve nem yönetimi sağlayabildiklerini tespit etmişlerdir.

Jamshaid ve Ark. (2023), farklı karışım oranlarında meta-aramid, FR-Viskon, FR-modakrilik, FR-poliester ve karbon lifleri ile dokuma kumaş üretmişlerdir ve alev geciktiriciliğini belirlemek için dikey yanmazlık testi yapmıştır. Bu çalışmada tüm numunelerin termofizyolojik ve giysi konfor özellikleri değerlendirilmiştir. FR-poliester ve FR-viskon elyaf içeren numuneden üretilen kumaşın optimum tutuşma ve konfor ile ilgili performans sağladığını bildirmiştir.

Baykal ve Karataş (2021), çalışmalarında 4 farklı ön terbiye işlemine tabi tutulmuş denim kumaşların güç tutuşurluk işlemi sonrasında farklı yıkama işlemlerine tabi tutmuşlardır. Ardından kumaşların tutuşur özellik apre uygulayarak kumaşların performans parametrelerini (hava geçirgenlik testi, yırtılma mukavemet testi ve yumuşaklık testlerini)

incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre güç tutuşurluk apresi yapılan numunelerde güç tutuşurluk sağlanmıştır ve kumaşların rins yıkama sonrasında performans parametrelerinde düşüş olmadığını belirtmiştir. Ancak güç tutuşurluk işlemi sonrasında kumaş tuşesinde kıtırlaşmanın olduğunu bildirmişlerdir.

Beyit (2006), Çalışmasında koruyucu tekstil üretiminde kullanılan lifler güç tutuşur özellikteki polinozik, PES, poliamid ve PAN liflerinden bahsetmiştir. Koruyucu giysilerin tarihsel gelişiminden bahsederek kullanım alanları ve uygulanan test standartları ile bilgi vermiştir.

Ömeroğulları ve Ark. (2011), çalışmalarında %100 poliester kumaşlara doğal güç tutuşur özellikte madde kullanarak emdirme yöntemiyle güç tutuşur özellik kazandırmışlardır. Elde ettikleri kumaşlara poliester kumaşların özelliklerini belirlemek için FTIR ve SEM testi yapmışlardır. Ayrıca üretilen bu kumaşların güç tutuşurluk özelliklerini değerlendirmişlerdir.

Ertekin ve Kırtay (2014), çalışmalarında para-aramid, meta-aramid ve FR poliester lifleri kullanarak Ne 10/1, 20/1, 30/1 olmak üzere farklı iplik numarasında atkı iplikleri üretmişlerdir. Çözgü ipliği olarak da Ne 30/2 iplik numarasında para aramid ipliklerle dokuma kumaş geliştirmişlerdir. Ürettikleri bu kumaşların yanma davranışını ve mekanik özelliklerini istatistiksel olarak incelemişlerdir.

Kaynak ve Ark. (2020), tarafından yapılan çalışmada yün ve yün/poliamid karışımı ile elde ettikleri kumaşlarla örme kumaş üretimi gerçekleştirdikten sonra çekirme yöntemiyle zirkonyum içeren güç tutuşurluk apresi uygulamışlardır. Sonuçları değerlendirdiklerinde, %10 zirkonyum asetat çözeltisi ile muamele edilmiş %100 yün örme kumaşın dikey yanma testini geçebildiğini bildirmişlerdir.

Atmaca ve Özkaya, (2017), bu çalışma ile %100 yün elyaftan üretilen dokuma kumaşların atkı-çözgü sıklığı, kalınlığını, ağırlığını ve gözeneklilik özelliklerinin hava geçirgenliği üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Kumaşların kalınlığının ve ağırlığının yüksek olmasına rağmen gözeneklilik yapısı yüksek kumaşların hava geçirgenliklerinin de yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir.

Telli A. (2021), bu çalışmada pamuk, pamuk/viskon, polyester/viskon içerikli elyaf karışımlarından 5 farklı numarada iplik üretimi gerçekleştirmiştir. Ürettiği bu ipliklerle farklı besleme sayısı ve farklı gramajlarda ribana örme kumaş üretmişlerdir. Kumaşların

gözenekliliğin hava geçirgenliği için en önemli parametre olduğunu ancak değerlendirmek için tek başına yeterli olmadığını belirtmiştir.

Cardoso ve Ark. (2007), İtfaiye koruyucu giysilerine güç tutuşur özellikte dokusuz yüzey astar üretmek için farklı teknolojik yöntemler kullanmışlardır. Mikrokapsül ve güç tutuşurluk uygulamanın bitim işleminin testler sonucunda güç tutuşur özellik sağlandığını ancak mikrokapsül ile elde ettikleri maddede termoplastik binderin kullanılması güç tutuşurluk özelliğini azalttığını, dokusuz yüzeye uygulanan ve fosfor kökenli güç tutuşurluk bitim işlemiyle sonuçları iyileştirdiğini tespit etmiştir.

Sayed ve ark., (2016), çalışmalarında oksitlenmiş PAN elyafının üretim süreci, özellikleri ve uygulamaları hakkında bilgi vermiştir. Oksitlenmiş PAN elyafının mükemmel bir alev geciktirici malzeme olduğunu ve alev geciktiricilikte yaygın olarak kullanıldığını tüm diğer doğal ve sentetik liflere kıyasla karmaşık olmayan üretim süreci ve tekstil malzemelerine kolay işlenebilirliğini vurgulamıştır.

Özel M. B. (2013), Bu çalışmada aramid lifleri ile FR viskon liflerinden elde edilen çok katlı kumaş numunelerinin mekaniksel ve tuşe özellikleri incelemiştir. Kumaşlar yapılarında kullandığı liflerden ViscoseFR liflerinin beklenildiği üzere daha yumuşak tuşeli daha iyi daha kolay bükülebildiği ve konfor sağladığı ancak aramid elyafına göre ısı ve alev itici özelliği sağlayamadığını belirtmiştir.

Literatürde kumaşların güç tutuşurluk özelliğinin daha çok, doğası gereği alev dayanıklı lifler olan meta-aramid ve para-aramid liflerinin karışımı ile elde edilen kumaşlar üzerinde yapıldığı görülmüş olup, konfor konusunda sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında, Kahramanmaraş İtfaiye Daire Başkanlığı itfaiye çalışanları ve Orman Yangınlarıyla Mücadele Şube Müdürlüğü yangın koruma muhafızları ile görüşmeler yapılarak koruyucu kıyafetlerinin konfor ve güç tutuşurluk özellikleri anket ile değerlendirilmiştir. Anket çalışması neticesinde koruyucu kıyafetlerin koruma ve konfor özelliklerinin iyileştirilmesini talep etmişlerdir. Koruyucu kıyafetlerin içerisine giyilen üniformanın özelliklerini iyileştirmek amacıyla FR Viskon, FR Modakrilik, Panox gibi yeni geliştirilen alev geciktirici özellikli liflerden örme kumaş geliştirilecektir. Günümüzde özellikle kullanım sırasında rahatlık sağlanması açısından özel fonksiyonlara sahip teknik giysilere ihtiyaç duyulmaktadır. İtfaiyeciler için kullanılan koruyucu giysiler, yüksek sıcaklıklara karşı mükemmel koruma gösterirken, bu giysiler düşük su buharı geçirgenliğine sahiptir. Terin buharlaşması sırasında meydana gelen sınırlı soğuma

nedeniyle son yıllarda itfaiyecilerde ölümcül kalp krizleri bile görülmüştür. Koruyucu tekstil ürünlerinin çoğu dokuma kumaşlardan üretilmekte ve bu kumaşlar koruyucu ürünler olup dış giyim olarak kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda alev almaz iç giyim örme kumaş üretiminin oldukça düşük olduğu görülmüştür. Bu tez çalışması kapsamında yapılacak teknik kumaşlarda, doğru konstrüksiyon ve hammadde seçimi ile örme kumaş üretilerek oluşabilecek riskler en aza indirilecektir.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışmada kullanılan liflerin özellikleri

Preox (panox), elyafı olarak bilinen alev geciktirici özelliğe sahip oksitlenmiş poliakrilonitril elyaftır (PAN). Mükemmel ısı ve alev direncine sahiptir. Yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında mükemmel dayanım gösterir. Oksitlenmiş PAN elyafının erime noktası 1000°C'nin üzerindedir ve bu özellik, diğer güç tutuşurluk amacıyla kullanılan aramid grubu liflerden %30 daha yüksektir. Yaygın olarak kullanılan tekstil liflerinin çoğundan daha yüksek sıcaklıklara dayanabildiğini ve bu nedenle piyasada tercih edilen alev geciktirici bir malzeme olduğunu göstermektedir (<https://www.sglcarbon.com/loesungen/material/panox-oxidierte-pan-fasern/>).

Çizelge 2. Ticari olarak temin edilebilen oksitlenmiş PAN lifleri

Ticari İsmi	Üretici Firma
PANOX®	SGL Group
ZOLTEK® OX	Toray Group
PYROMEX®	Teijin

Modakrilik, ağırlıkça en az %85 akrilonitril içeren lifler akrilik elyaf, ağırlıkça %35- %85 arasında akrilonitril içeren lifler ise modakrilik elyaf olarak nitelendirilmektedir. Özellikle yüksek sıcaklık karşısında güç tutuşurluk özelliğinin gerekli olduğu liflerde kullanılmak üzere üretilirler. Modakrilik elyaf doğal olarak kendi kendine sönen, pamuk veya poliester elyaf gibi diğer yanıcı liflerle karışımlarda dahi mükemmel alev geciktirici özellik gösteren bir elyaftır (<https://www.aksa.com/tr/urunler/armora/modakrilik-elyaflar/armora-modakrilik-elyaflar/i-450>).

FR viskon, modal elyaf üretim sürecini temel alan, doğal olarak aleve dayanıklı selülozik bir elyaftır. Doğal olarak alev geciktirici viskon lifler, ekstrüzyondan önce eğirme katkısına FR katkı maddeleri/dolgu maddeleri eklenerek üretilir. Genellikle itfaiyeciler tarafından giyilen çeşitli karışımlarla yapılmış kumaşların karşılaştırılmasında FR viskon, kumaşa nefes alabilirlik özelliği kazandırdığından giysi konforunu arttırmakta ayrıca yüksek nem geri kazanım özelliği de sağlamaktadır (<https://www.grasim.com/media/press-releases/birla-SaFR-launch-of-sustainable-flame-retardant-fibres>).

Kullanılan liflerin özellikleri Çizelge.3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Çalışma kapsamında kullanılan liflerin özellikleri

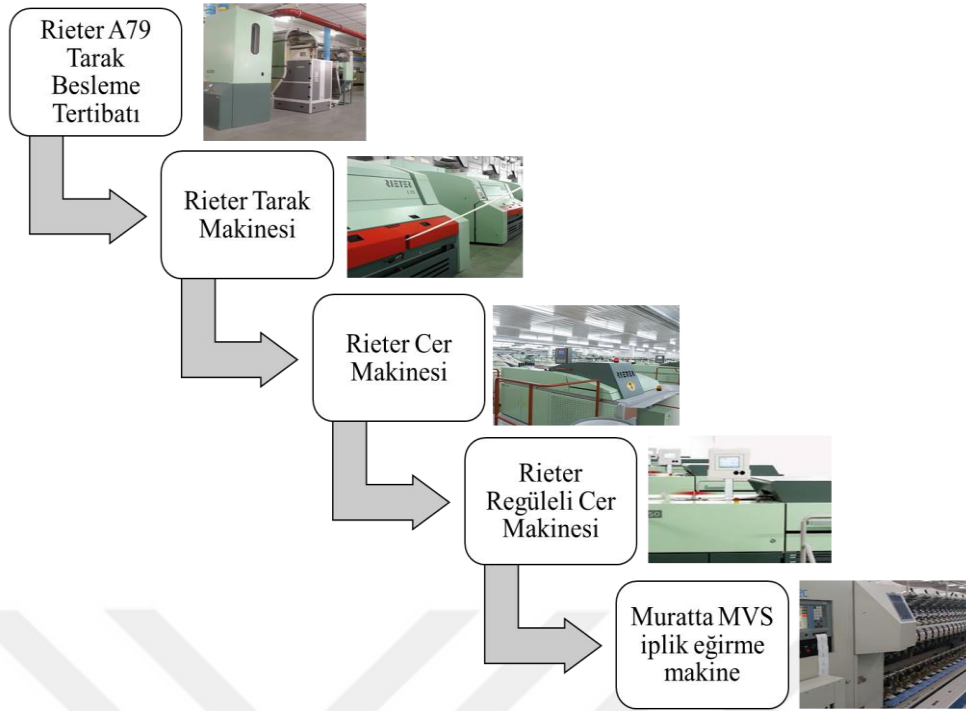
Lif Adı	Lif İnceliği	Lif Uzunluğu
FR Viskon	4.0 dtex	60 mm
FR Modakrilik	1.7 dtex	38 mm
Panox	2.2 dtex	63 mm
Viskon	1.6 dtex	38 mm

Bu çalışmada kullanılan lifler MEM Tekstil aracılığı; %100 viskon ve FR viskon Birla Viskon'dan, panox elyafı SGL Group'tan, FR modakrilik elyafı Aksa Akrilik'ten temin edilmiştir.

3.2. Metot

Çalışma kapsamında güç tutuşur özelliğe sahip termal konfor özelliği iyileştirilmiş örme kumaş üretimi için öncelikle deney sistematığıne uygun elyaf temini yapılmıştır.

Farklı güç tutuşur liflerin standart viskon liflerle %70/%30 oranlarda harmanlanmasıyla ve %100 viskon referans numunesiyle MEM Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş. Vortex eğirme iplik işletmesinde Ne 24/1 iplik numarasında iplik üretimi gerçekleştirilmiştir. İpliklerin üretimi esnasında aşağıda ismi yer alan makine parkuru kullanılmıştır.



Şekil 3. İplik üretim hattı

Vortex eğirme sistemiyle üretilen iplikler, çok düşük tüylülük, yüksek nem alma ve çabuk kuruma özelliklerine sahip olması ve boncuklanma dayanımlarının yüksek olmasından dolayı bu çalışma kapsamında vortex eğirme sistemi kullanılmıştır.

Çizelge 4. Vortex iplik üretim parametreleri

% 100 viskon	
% 70viskon % 30 FR viskon	
% 70viskon % 30 FR Modakrilik	
% 70viskon % 30 FR Panox	
	Ne 24/1 Şerit Ne 0,150
Vortex Parametreleri	Sentetik Elyaf
Hız (m/dk)	440
TDR	90
MDR	25
Ön Çekim	2
Hava Basıncı (KgF/cm ²)	4,5
İğ	1,2
Nozzle	Z
Besleme Oranı	1
Sarım Oranı	0,99

İpliklerin dört farklı karışımları aynı parametrede üretilmiştir.



Şekil 4. Muratta Vortex iplik üretim makinesi



Şekil 5. Muratta Vortex iplik üretim makinesi iğ sistemi

Üretilen ham iplikler kullanılarak, MEM Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş. Örne işletmesinde tek yataklı yuvarlak örme makinesinde iki farklı örgü tipinde;

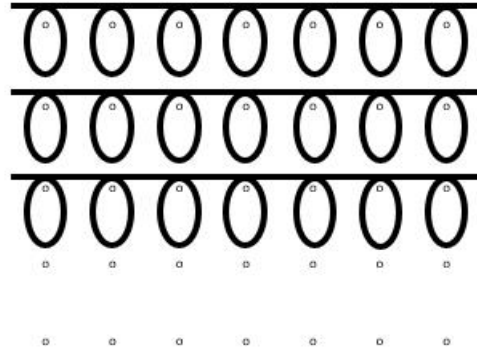
- 32 makine inceliği 26 makine çapında süprem,

- 26 makine inceliği 28 makine çapında lakost (tek toplama pike) rme kumaş üretimi gerçekleştirilmiştir.



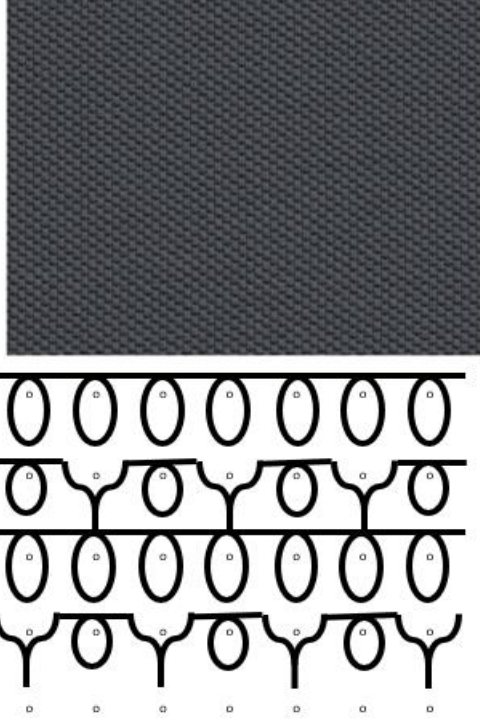
şekil 6. Yuvarlak rme kumaş makinesi

Süprem Kumaş Yüzey



şekil 7. Süprem rme kumaş iğne diyagramı

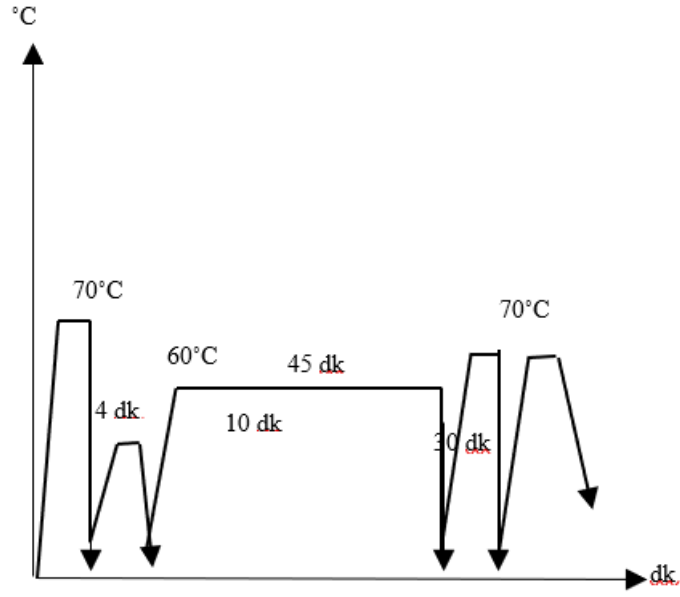
Tek Toplama Pike Kumaş Yüzey



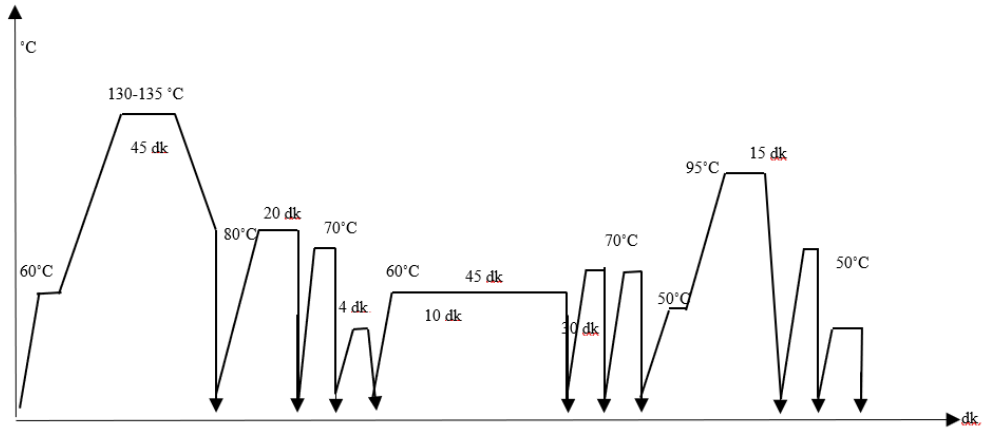
Şekil 8. Tek toplama pike örme kumaş iğne diyagramı

Üretimi tamamlanan örme kumaşların boyama işlemi elyaf özellikleri göz önünde bulundurularak %100 viskon, %70viskon- %30FR viskon, %70viskon- %30 panox (siyah elyaf) içerikli kumaşlara tek boya ve %70 viskon- %30 FR modakrilik içerikli kumaşa çift boya işlemi 1/7 flotte oranında çektirme yöntemine göre jet boyama makinesinde boyanmıştır. Kumaş boyama grafiği Şekil.9 ve Şekil.10'de gösterilmiştir.

Kullanılan yumuşatıcıların (amfoterik, katyonik ve nanyonik karakterli) örme kumaşın yanma davranışını önemli ölçüde arttırdığını belirtmiştir (Özkan 2002). Bu nedenle boyama sonrası kumaşlara herhangi bir yumuşatıcı apre uygulanmamıştır.



Şekil 9. Tek banyo boyama grafiği



Şekil 10. Çift banyo boyama grafiği



Şekil 11. Kumaş boyama işleminin gerçekleştiği boyama makinesi

Boyama ve yıkama işlemi tamamlanan kumaşlara ram ve sanfor makinelerinden geçirilerek bitim işlemleri uygulanmıştır. Sonrasında kumaşların kullanım sırasındaki performans parametrelerini belirlemek amacıyla haslık, boncuklanma dayanımı, boyutsal değişim ve patlama mukavemet testleri, konfor parametrelerini belirlemek için hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği, MMT (nem iletimi) testleri ile güç tutuşurluk potansiyelini belirlemek için LOI, dikey yanmazlık, TGA testleri uygulanmıştır.

3.2.1. Çalışmada uygulanan testlerin özellikleri

3.2.1.1. İplik testi (Kopma Mukavemeti, Kopma Uzaması ve İplik Düzgünsüzlüğü)

Çalışma kapsamında elde edilen iplik numunelerinin kopma mukavemeti ve kopma uzaması testi Uster Tensojet 4 cihazı ile TS EN ISO 2062 standardı esas alınarak yapılmıştır. Cihazın test hızı 400 m/dk, test uzunluğu 500 mm'dir. Her bobinden 5 ölçüm yapılmıştır.

Çizelge 5. Uster Tensojet 4 birim açıklamaları

Uster Tensojet 4	
B-Force	Kopma kuvveti
Elong	Kopma uzaması
Tenacity	Özgül mukavemet
B-Work	Kopma işi
Mean	Ortalama değer
S	Standart sapma
CV	Varyasyon Katsayısı
USP01	Uster İstatistikleri 2001
Q95	%95 güven aralığı
Min	En küçük değer
Max	En büyük değer

İplik Hataları ve Tüylülük Testi Uster Tester 4-S cihazı ile ipliklerin düzgünlük, ince yer, kalın yer ve neps değerleri ile tüylülüğü test edilmiştir. Test 400 m/dk hızda gerçekleştirilmiştir. Her bobinde 5 ölçüm yapılmıştır.

Çizelge 6. Uster Tester 4-S birim açıklamaları

Uster Tester 4-S Modülü	
Nr	Numune sayısı
U %	Üniformite %
CVm	Düzensizlik varyasyonu katsayısı
Thin	İnce yer
Thick	Kalın yer
Neps	Lif ağırlığı
H	Tüylülük
sh	Tüylülük varyasyonu

3.2.1.2. Kumaş performans testleri (Haslık Testi, Boncuklanma Dayanımı, Boyutsal Değişim ve Patlama Mukavemeti)

Haslık Testi (ISO105 E04, ISO105 E01, ISO105 X12, ISO105 C06), boyalı ve/veya baskılı tekstil ürünlerinin üretim ve kullanım aşamalarında karşılaştığı etkenlere karşı göstermiş olduğu dirençtir. Haslıklar, boyar maddelerin uygulandığı tekstil ürününün, kullanılan boyar maddenin özelliklerine ve ışık, su, ter gibi diğer etkenlere bağlı olarak

farklılık gösterirler. Kullanım esnasındaki haslık değerlerini incelemek için ISO standartlarında teste tabi tutulmuştur.

Boncuklanma Dayanımı (TS EN ISO 12945-2), Tekstil ürünlerini oluşturan liflerin dış etkenlere bağlı olarak kumaş yüzeyine çıkması ve liflerden oluşan küçük lif topları veya grupları şeklinde gözlemlenen bir kumaş yüzey hatasıdır. İplik ve kumaşın yapısal özellikleri başta olmak üzere incelik, uzunluk, kıvrım, kesit şekli, kopma mukavemeti, lifler arası sürtünme kuvveti gibi lif özellikleri ve kumaşa uygulanan bitim işlemleri gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Kumaşların boncuklanma dayanımı standartlarında test edilmiştir.



Şekil 12. MEM Tekstil Fizik Laboratuvarındaki Martindale test cihazı görüntüsü

Boyutsal Değişim (TS EN ISO 6330 / AATCC 179), Tekstil ürünlerinin çamaşır makinesinde yıkama işlemi sonrasında kullanıcının giyside gözlemlediği meydana gelen çekme ve/veya salma boyutsal değişim olarak tanımlanır. Boyutsal değişim ısı ve mekanik hareketlerin etkisiyle oluşur. Lif çeşidi, iplik yapısı, kumaş konstrüksiyonu ve apre çeşidine bağlı olarak farklı seviyelerde gerçekleşir. Boyutsal dayanım en, gramaj, çekmezlik olarak test edilmiştir.

Patlama Mukavemeti (TS EN ISO 13938-2), Bir kumaşın ani bir kuvvetle yırtılması için gerekli olan dia akışkan basınç miktarıdır. Patlama mukavemeti test edilerek ve kilo newton/metrekare (kN/m^2) olarak ifade edilir.



Şekil 13. MEM Tekstil Fizik Laboratuvarındaki Patlama mukavemeti test cihazı görüntüsü

3.2.1.3. Kumaş konfor testleri (Hava Geçirgenliği, Su Buharı Geçirgenliği ve MMT)

Hava geçirgenliği (TS 391 EN ISO 9237), Tekstil kumaş yapıları içerisinde birim saniyede havanın geçebilme durumunun simüle edilmiş testidir. Hava geçirgenliği, kumaşı oluşturan lif yapısı, iplik yapısı, kumaş konstrüksiyonu ve kumaşın gördüğü terbiye işlemlerinden etkilenmektedir. Hava geçirgenliği iyi olan kumaşlar, vücutta hava sirkülasyonunu sağlarken hava geçirgenliği düşük olan kumaşlar hava sirkülasyonunu keserek ısı kaybını önlemektedir. Kumaşların hava geçirgenlik değerlerindeki değişim Textest FX3300 hava geçirgenlik test cihazı kullanılarak standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Su buharı geçirgenliği (ISO 7933 ve ISO 9920), Tekstil yüzeyinin birim alanından belli bir zamanda geçen su buharı miktarıdır ve bağıl su buharı geçirgenliği ifadesi ile % da olarak ölçülmektedir. Permeability test cihazı kullanılarak test edilir (Das 2007).

Kumaşların su buharı geçirgenliğini etkileyen parametre vardır.

- Kullanılan Lif özellikleri; lifin cinsi, inceliği, numarası, lif karışım oranı, gözenekliliği, kesiti

- Üretilen İplik özellikleri; iplik numarası, çapı, bükümü, iplik tüylülüğü, iplik geometrisi
- Kumaş özellikleri; kumaş gözenekliliği, kalınlığı, sıklığı

MMT testi (AATCC-199) Kumaş içerisinde sıvının absorpsiyonu kumaşın nem yönetim (moisture management) performansı olarak adlandırılır. Nem Yönetimi Test Cihazı (MMT), kullanılarak test edilmiştir. MMT testinde önemli yedi parametre vardır. Bunlar;

-Emilim oranı (alt ve üst) (%/s): Test sırasında üst ve alt katmanlar için sıvının emilme hızıdır.

-Kümülatif tek yönlü taşıma endeksi (AOTI) (%): Numunenin alt ve üst katmanlarının zamana göre sıvı içeriği grafikleri altında kalan alanlar arasındaki farktır.

-Maksimum ıslak daire yarıçapı (mm) (Alt ve üst): Alt ve üst katmanlarda tespit edilen sıvı yayılımının maksimum çapıdır. (yayılım genelde dairesel olmaz).

-Nem yönetim performansı (OMMC): Alt katmanın emicilik oranı, tek yönlü transport kapasitesi ve alt katmandaki maksimum yayılma hızına bağlı olarak hesaplanmaktadır.

-Yayılma hızı (mm/s) (Alt ve üst): Numuneye sıvı damlatıldıktan maksimum çapa ulaşıncaya kadarki yüzey ıslanma oranıdır.

-Toplam Sıvı İçeriği (%): Alt ve üst katmanların yüzey sıvı içerikleri toplamıdır.

-Islanma süresi (s) (Alt ve üst): Testin başlangıcından itibaren alt ve üst katmanların ıslanmaya başlamaları için geçen süredir.

3.2.1.4. Kumaş güç tutuşurluk testleri (LOI, Dikey Yanmazlık, Termogravimetri/TGA)

LOI testi / Limit Oksijen Değeri (ASTM D 2863-77) tekstil mamullerinin güç tutuşurluk özelliklerinin tespitinde de kullanılmaktadır. LOI (Limited Oxygen Index) bir materyalin yanmayı devam ettirmek için gerekli olan en az oksijen miktarıdır (LOI değeri 25'ten büyük olan materyal havada genelde kendiliğinden sönmekte; 25'ten küçük olan ise çok kolay yanmaktadır). Şekil 14'te LOI test cihazının şekli görülmektedir.



Şekil 14. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarındaki LOI test cihazı görüntüsü

Öncelikle kumaşın havada yanıp yanmamasına göre ayarlanan azot değerleri ve oksijen değerleri çizelgeden hesaplanır. Kumaşın yanması için gerekli olan en az oksijen miktarı belirlenerek LOI değeri hesaplaması yapılır.

Çizelge 7. Bazı liflerin LOI Değeri %

Hammadde	LOI Değeri %
Meta-aramid	28-30
Para-Aramid	29
Akrilik	18.2
Pamuk	18
Polypropilen	18.6
Viskon	19.7
PVA (Polivinilasetat)	19.7
Naylon (Poliamid)	20.1
Poliester	20.6
Yün	25.2
Modakrilik	26-30
FR Viskon	28
FR Poliester	28
PBI (Polybenzimidazole)	40-42

Dikey Yanmazlık (ASTM 6413-08), Tekstillerin dikey yöndeki Alev Dayanıklılığına İlişkin Standart Test Yöntemi (Dikey Test). Alev direncinin ölçülmesinin bir parçası olarak, alev sonrası ve yanma sonrası özellikler değerlendirilir.

1. Bu test yöntemi, alev sonrası süre, alev sonrası süre ve kömür uzunluğu için ölçüm değerleri türeterek tekstillerin standart bir ateşleme kaynağına tepkisini belirler.

2. Bu test yöntemiyle belirlenen dikey alev direnci yalnızca belirli bir aleve maruz kalma ve uygulama süresiyle ilgilidir.

3. Bu test yöntemi, numuneyi statik, hava akımı olmayan, dikey konumda tutar ve maruziyetten kaynaklananlar dışında herhangi bir hareket içermez.

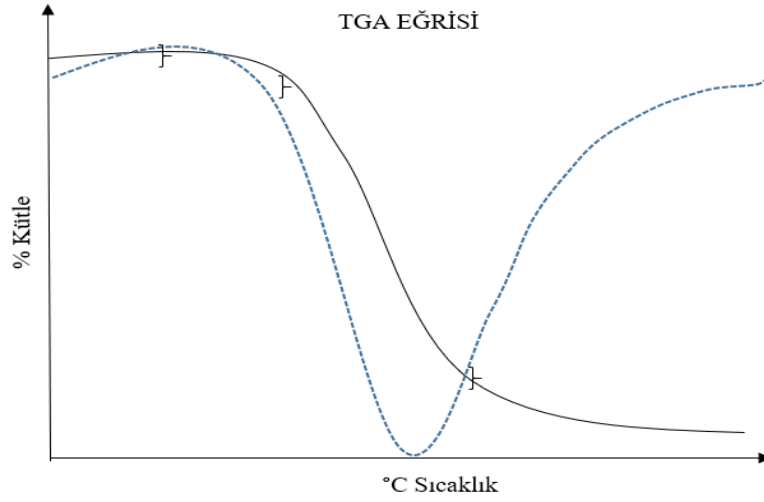
4. Test Yöntemi D6413, kabul testlerinde uzun yıllardır kullanılan Federal Test Standardı No. 191A yöntem 5903.1'den uyarlanmıştır (https://www.astm.org/d6413_d6413m-22.html).



Şekil 15. Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarındaki Dikey Yanmazlık test cihazı görüntüsü

Termogravimetri /TG ya da TGA (ASTM E1131-08), Kumaşların kontrollü olarak sıcaklık uygulanması esnasında kütlenin değişimini gösteren test yöntemidir. ASTM E 914-83 standardında test edilmiştir. TGA'da genellikle gözlemlenen; numune kumaşın sıcaklıkla bozunmasına (dekompozisyon), yapısında bulunan uçucu bileşiklerin

uzaklaşmasına bağlı olarak kütle kaybı şeklinde ifade edilmektedir. Şekilde 16'da TGA grafiği verilmektedir.



Şekil 16. Tipik bir TG (TGA) eğrisi (termogram).

3.2.1.5. Anket çalışması

Araştırması yapılan numuneler yangınla karşılaşma sonucunda aşırı terlemeye maruz kalan kişiler olarak bilinen itfaiye ve orman muhafaza ekipleri tarafından anket formu doldurulmuştur. Anket formunda deneklere bu tür numunelerden neler bekledikleri, nasıl bir konfor hissi oluşmasını istedikleri gibi sorular sorulmuştur. Anket çalışması üç bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde kişisel bilgiler (cinsiyet, yaş, iş tecrübesi), ikinci bölümde numune değerlendirilmesi ile ilgili sorular ve son bölümde ise numune kullanımı ile ilgili gelecek tahminlemesi bulunmaktadır.

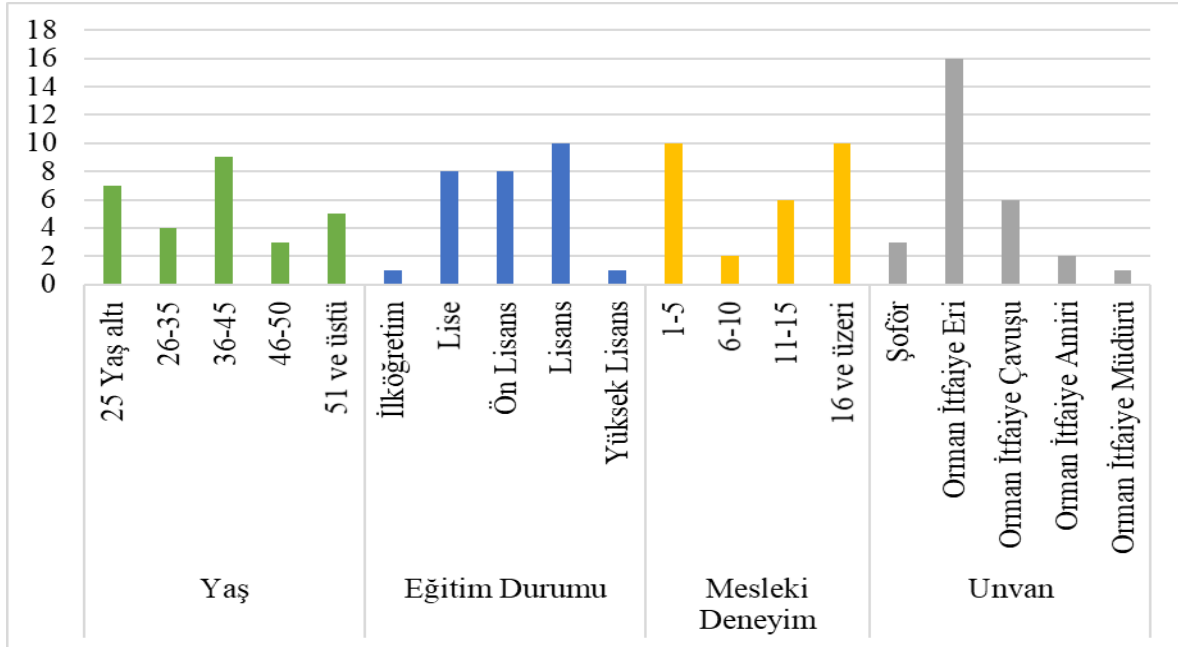
4. GENEL SONUÇLAR

4.1. Bulgular ve Tartışma

Anket Çalışması Sonuçları

Tez Çalışması kapsamında Kahramanmaraş İtfaiye Daire Başkanlığı itfaiye çalışanları ve Orman Yangınlarıyla Mücadele Şube Müdürlüğü yangın koruma muhafızları ile anket çalışması yapılarak mevcut koruyucu kıyafetleri ve üniformalarının termal, hareket konfor ve güç tutuşurluk açısından değerlendirilmiştir.

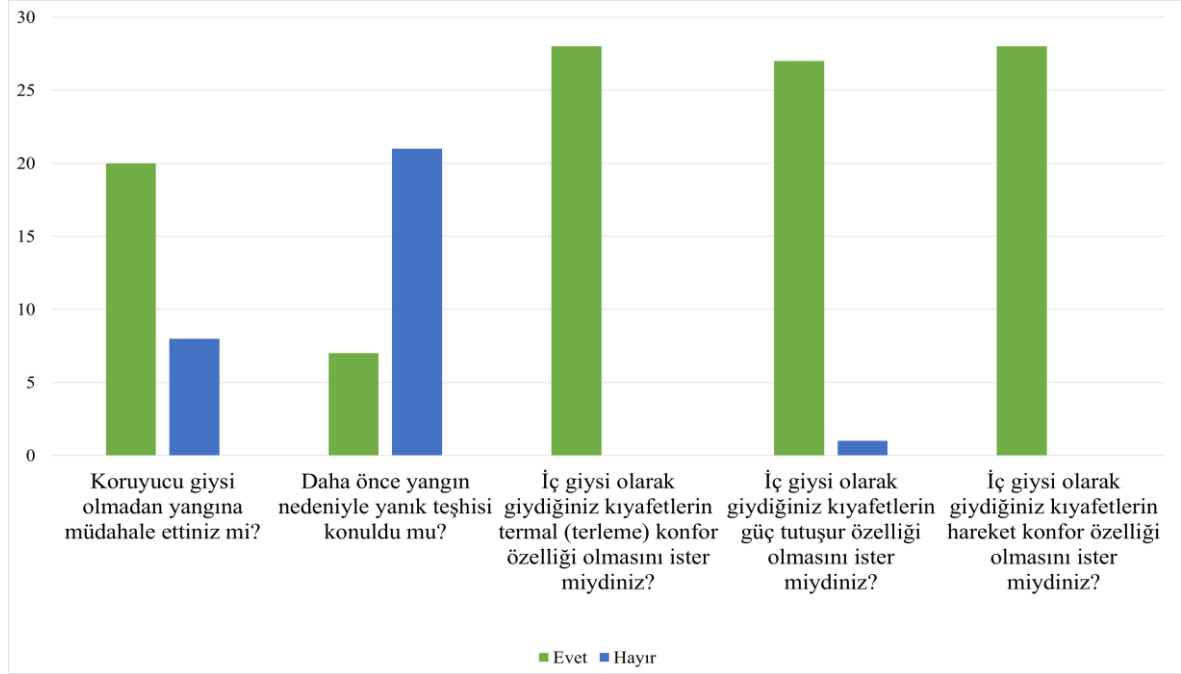
Yapılan anket çalışmalarına 17 İtfaiye personelleri 11 Orman Yangın Mücadele Personelleri katılmıştır. Bu personellerin bilgileri Şekil.17’de yer verilmiştir.



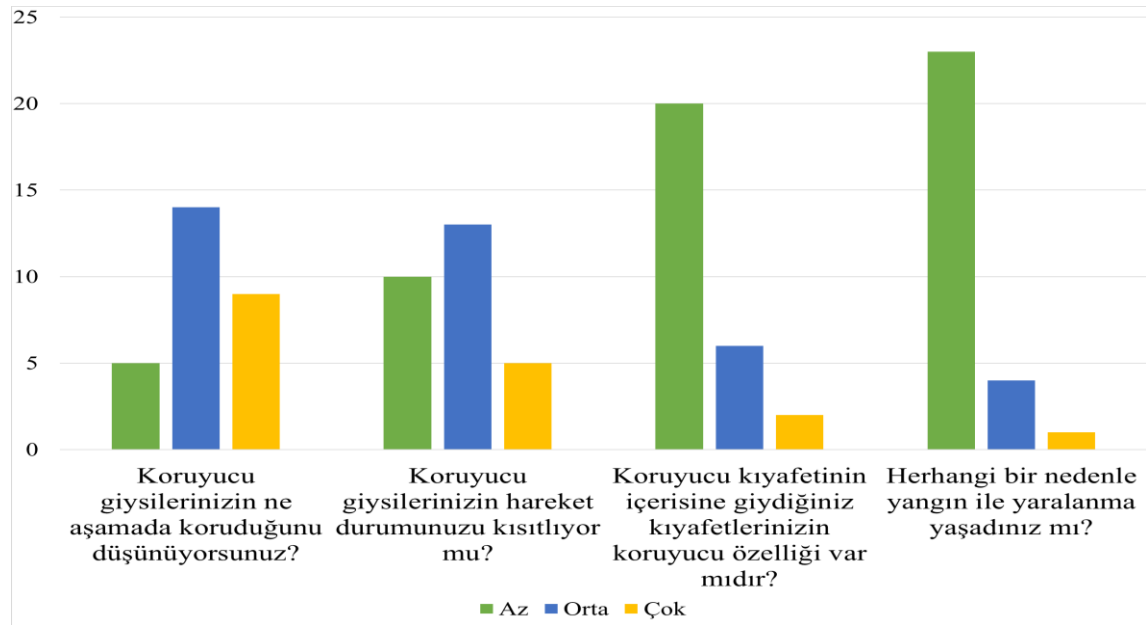
Şekil 17. Kahramanmaraş İtfaiye Daire Başkanlığı itfaiye çalışanları ve Orman Yangınlarıyla Mücadele Şube Müdürlüğü yangın koruma muhafız personelleri bilgileri

- Ankete katılan personellerin tamamı erkek personeldir.
- Bu personellerin yaş dağılımları incelendiğinde; 36-45 yaş aralığında olduğu ikinci yoğunluğun 25 yaş altı yeni personeller olduğu görülmüştür.
- Eğitim durumlarında en yoğun lisans personelleri olduğu ve ön lisans/lise mezunlarının takip ettiği görülmüştür.
- Mesleki deneyim grafiğine bakıldığında 16 yıl üzeri ve 4 yıl aralığında olan personellerin olduğu
- Ankete katılan personellerin unvanlarında itfaiye erinin en fazla olduğu bildirilmiştir.

Bu personellere kullanmış oldukları güç tutuşur koruyucu giysilerin ve koruyucu kıyafetin içine giydikleri formaların genel konfor, yumuşaklık, serinlik ve kuruluk özellikleri ile koruma durumları sorulmuştur. Anket çalışmasının sonuçları Şekil.18 ve Şekil.19 verilmiştir.



Şekil 18. Kahramanmaraş İtfaiye Daire Başkanlığı itfaiye çalışanları ve Orman Yangınlarıyla Mücadele Şube Müdürlüğü yangın koruma muhafız personelleri yangın durumu



Şekil 19. Kahramanmaraş İtfaiye Daire Başkanlığı itfaiye çalışanları ve Orman Yangınlarıyla Mücadele Şube Müdürlüğü yangın koruma muhafız personelleri koruyucu kıyafet durumu

İtfaiye Daire Başkanlığı itfaiye çalışanları ve Orman Yangınlarıyla Mücadele Şube Müdürlüğü yangın koruma muhafız personelleri koruyucu kıyafetleri ve kıyafetlerin koruyucu ve konfor özellikleri incelenmiştir. Koruyucu kıyafetlerin meta-aramid, para-aramid dokuma kumaş olarak üretildiği ve yangınla karşılaşma durumunda koruduğunu fakat yüksek ısı karşısında aşırı terleme yaptığını bu nedenle koruyucu kıyafetinin içerisine giyilen iç giysinin poliester esaslı olduğunu ve özellikle termal konforu sağlamadığını belirtmiştir. Yapılan anket çalışması neticesinde üretilen kumaş yapılarının nem emici özelliğinin yüksek olması için %70 oranında viskon kullanılması tercih edilmiştir.

Özellikle sentetik iplik üretiminde tercih edilen vortex eğirme sistemi kullanılarak üretilen ipliklerin fiziksel özellikleri, standartlara bağlı olarak tespit edilmiştir. İplik numuneleri, 20±2 °C sıcaklıkta ve 65±4% bağıl nemde 24 saat kondisyonlanarak işleme alınmıştır. İplik düzgünlük ve iplik hataları ISO 16549 standardına göre test edilmiştir. İplik mukavemeti Çizelge.8’de ve kalite parametreleri Çizelge 9’da verilmiştir.

Çizelge 8. İplik mukavemet parametreleri

	B-Kuvvet cN		Uzama %		Mukavemet cN/tex		B-İş N.cm	
	Ortalama	cV	Ortalama	cV	Ortalama	cV	Ortalama	cV
%100 Viskon	475,5	7,73	13,16	9,4	19,32	7,73	19,45	14,87
%70 viskon – %30 FR Viskon	359,6	9,59	10,71	12,68	14,61	9,59	12,29	20,44
%70 viskon – %30 FR Modakrilik	421,3	7,44	13,79	10,57	17,12	7,44	18,32	16,44
%70 viskon – %30 Panox	367,2	8,59	9,52	13,58	14,92	8,59	11,31	21,04

%100 viskon içerikli iplik değeri referans alınarak iplik mukavemet ve kopma uzaması test değerleri incelenmiştir. Bu değerlere göre %100 viskon ile %70 viskon- %30 FR Modakrilik karışımı ipliklerin en iyi değerlere sahip olduğu, FR Viskon ve panox içerikli ipliklerin test değerlerinde düşüş olduğu görülmüştür. Bunun çizelge.3’te verilen hammaddelerin elyaf uzunluk ve inceliklerinin birbirinden farklı olması ve vortex iplik

üretimi gerçekleştirilirken ipliklerin birbirine tutunamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 9. İplik kalite parametreleri

	U%	CVm	İnce -50% /km	Kalın +50% /km	Neps +280% /km	Tüylülük
%100 Viskon	9,24	11,63	0,00	5,00	0,00	3,58
%70 viskon – %30 FR Viskon	11,3 8	14,42	14,20	60,80	10,80	3,66
%70 viskon – %30 FR Modakrilik	9,75	12,28	2,50	16,70	13,30	2,41
%70 viskon – %30 Panox	10,0 2	12,65	2,5	153,3	28,3	3,60

İplik kalite parametreleri incelendiğinde %100 viskon içerikli ipliğe kıyasla, FR Viskon, modakrilik ve panox elyaf karışımı ipliklerin test değerlerindeki sapmaların kullanılan elyaf incelik ve uzunluk değerlerinin birbirinden farklı olup vortex üretim hattında üretilmesinden dolayı liflerin birbirine tutunamamasından kaynaklandığı gözlemlenmiştir.

Üretilen ipliklerden süprem ve tek toplama pike tipinde kumaş üretimleri gerçekleştirilmiştir. Üretilen kumaşlara ait kalınlık, gramaj, ilmek sıklığı ve ilmek iplik uzunluğu değerleri TS EN ISO 2286-3, TS 251, TS EN 12127, TS EN 14971, TS EN 14970 standartlarına uygun olarak belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 10’da verilmiştir.

Çizelge 10. Güç tutuşur örme kumaş üretim parametreleri

	Örme Tipi	İlmeğin Uzunluğu (mm)	İlmeğin Sıra Sayısı (adet/cm)	İlmeğin Çubuk sayısı (adet/cm)	Kumaş Kalınlığı (mm)	Kumaş Gramajı (g/m ²)
%100 Viskon	Süprem	0,30	10	16	0,50	164
	Tek toplama pike	0,29	10	6	0,73	202
%70 viskon %30 FR Viskon	Süprem	0,30	10	16	0,50	169
	Tek toplama pike	0,29	9	6	0,79	197
%70 viskon - %30FR Modakrilik	Süprem	0,31	11	14	0,45	159
	Tek toplama pike	0,31	9	6	0,77	185
%70 viskon - %30 Panox	Süprem	0,30	10	16	0,52	172
	Tek toplama pike	0,29	7	5	0,86	201

Haslık, siyah renge boyanmış viskon, FR viskon, FR modakrilik ve panox ipliklerden üretilen süprem ve pike örgü tipi numune kumaşlar ve farklı haslık özellikleri test edilmiştir. Haslık testlerinin sonuçları Çizelge 11'de verilmiştir.

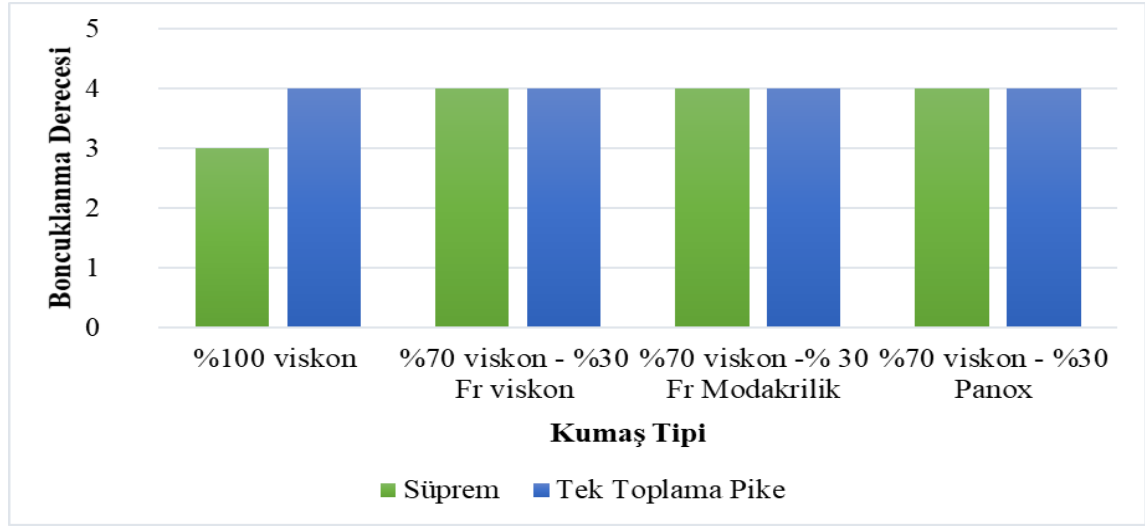
Çizelge 11. Güç tutuşur örme kumaş yıkama sonrası haslık testi

Numune	Multifiber	Süprem						Tek toplama pike					
		Yün	Akrilik	Poliester	Naylon	Pamuk	Asetat	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon	Pamuk	Asetat
%100 Viskon	Asit	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4	4/5
	Alkali	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4	4/5
	Su	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4	4/5
	Kuru	4/5						4/5					
	Yaş	3/4						3/4					
	Yıkama	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4	4/5
%70 Viskon - %30 FR Viskon	Asit	4/5	4/5	4	4	4	4/5	4/5	4/5	4	4	4	4/5
	Alkali	4/5	4/5	4	4	4	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4	4/5
	Su	4/5	4/5	4	4	4	4/5	4/5	4/5	4	4	4	4/5
	Kuru	4/5						4/5					
	Yaş	3/4						3/4					
	Yıkama	4/5	4/5	4	4	4	4/5	4/5	4/5	4	4	4	4/5
%70 Viskon - %30 FR Modakrilik	Asit	4/5	4/5	3/4	3/4	4	4	4/5	4/5	4	4	4	4/5
	Alkali	4/5	4/5	3/4	3/4	4	4	4/5	4/5	3/4	3/4	4	4
	Su	4/5	4/5	4	3/4	4	4	4/5	4/5	3/4	3/4	3/4	4
	Kuru	4						4					
	Yaş	3/4						3/4					
	Yıkama	4/5	4/5	3/4	3/4	4	4	4/5	4/5	3/4	3/4	4	4
%70 Viskon - %30 Panox	Asit	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5
	Alkali	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4	4/5
	Su	4/5	4/5	4	4	3/4	4/5	4/5	4/5	4	4	3/4	4/5
	Kuru	4						4					
	Yaş	2						2					
	Yıkama	4/5	4/5	4	4	3/4	4/5	4/5	4/5	4	4	3/4	4

Viskon, FR viskon, FR Modakrilik ve Panox ipliklerden elde edilen süprem ve tek toplama pike tipindesiyaha boyalı ve haslıkları kontrol edilmiş kumaşların aynı içeriğe sahip farklı örgü tipi kumaşların haslık değerleri aynı değerlerdedir. Referans numune olarak alınan FR viskon, FR Modakrilik, Panox ve %100 viskon kumaşlar aynı asit-alkali, su ve yıkama haslıklarına sahip olduğu Ne 24/1 %70 viskon- %30 Panox içerikli süprem ve pike tipindeki kumaşların sürtünme haslığı testinde 2 derece kötü değere sahip olduğu

tespit edilmiştir. Bunun nedeninin panox elyafının siyah karbon içerikli olmasından dolayı olduğu düşünülmektedir.

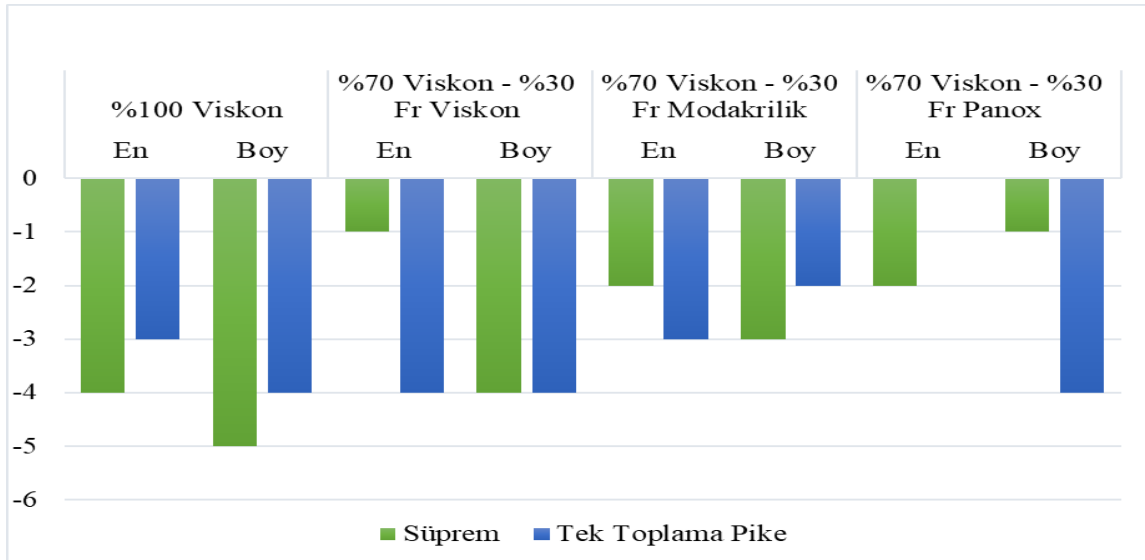
Boncuklanma direnci değerlendirmesi, Martindale test cihazında 2000 dv/ dk da gerçekleştirilmiştir. Test edilen numunelerin standart aydınlatma koşulları altında ASTM standart fotoğrafları ile karşılaştırılması yoluyla gerçekleştirilmiştir. Boncuklanma direnci testi sonuçları Şekil.20’de verilmiştir.



Şekil 20. Güç tutuşur örme kumaş boncuklanma dayanımı

Boncuklanma direnci değerlendirmesinden de görüleceği üzere, elyaf tipi ve örgü tipinin numune kumaşların boncuklanma direnci üzerinde önemli bir etkisi yoktur. Ayrıca numunelerin tümünün iyi seviyede boncuklanma dayanımına sahip olduğu görülmüştür.

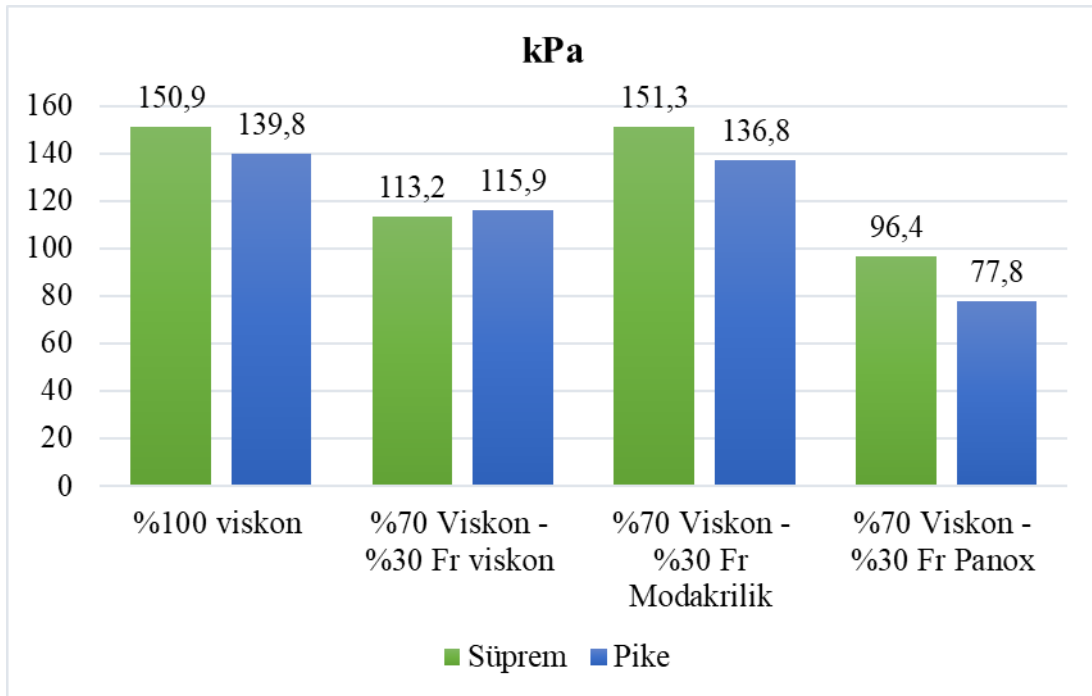
Boyutsal değişim, süprem ve tek toplama pike tipindeki numune kumaşların en ve boy değişim değerleri Şekil.21’de verilmiştir.



Şekil 21. Güç tutuşur örme kumaş boyutsal değişim

Farklı lif türleri için tutarlı bir boyutsal değişim eğiliminin olmadığı bunun nedeninin üretilen kumaş miktarlarının numune boyutunda olması sebebiyle çekmezlik parametrelerinin kontrollü olarak ilerlemediğinden sapmaların çok olduğu görülmüştür.

Patlama Mukavemeti, farklı elyaf içerikli ipliklerden üretilen süprem ve tek toplama pike kaltesindeki numune kumaşların dayanıklılığını değerlendirmek amacıyla kumaşlara patlama mukavemeti testi 5 tekrarlı olarak uygulanmıştır ortama değerleri Şekil.22’de verilmiştir.

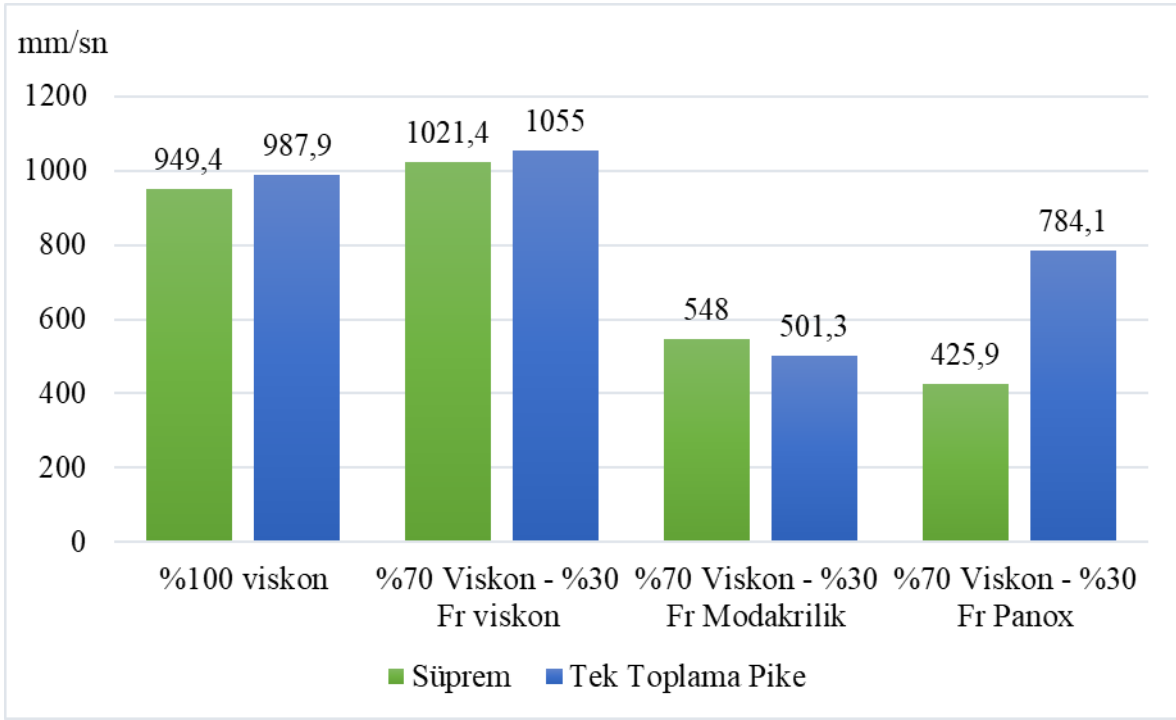


Şekil 22. Güç tutuşur örme kumaş patlama mukavemeti

Patlama mukavemeti test değerleri incelendiğinde %100 viskon elyaf içerikli kumaşa kıyasla %70 viskon-%30 FR Modakrilik elyaf karışımı kumaşın benzer değerlerde olduğu, %70 viskon-%30 Panox elyaf içerikli kumaşın patlama mukavemeti değerinin en düşük olduğu saptanmıştır. Bu sonuçların iplik mukavemet değerleriyle de paralel olduğu görülmüştür.

Ayrıca aynı içerikli farklı kalitedeki kumaşların patlama mukavemeti değerlendirildiğinde %70 viskon-%30 FR viskon içerikli kumaş istisnası dışında, tek toplama pike kalitelerinin patlama mukavemet değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir.

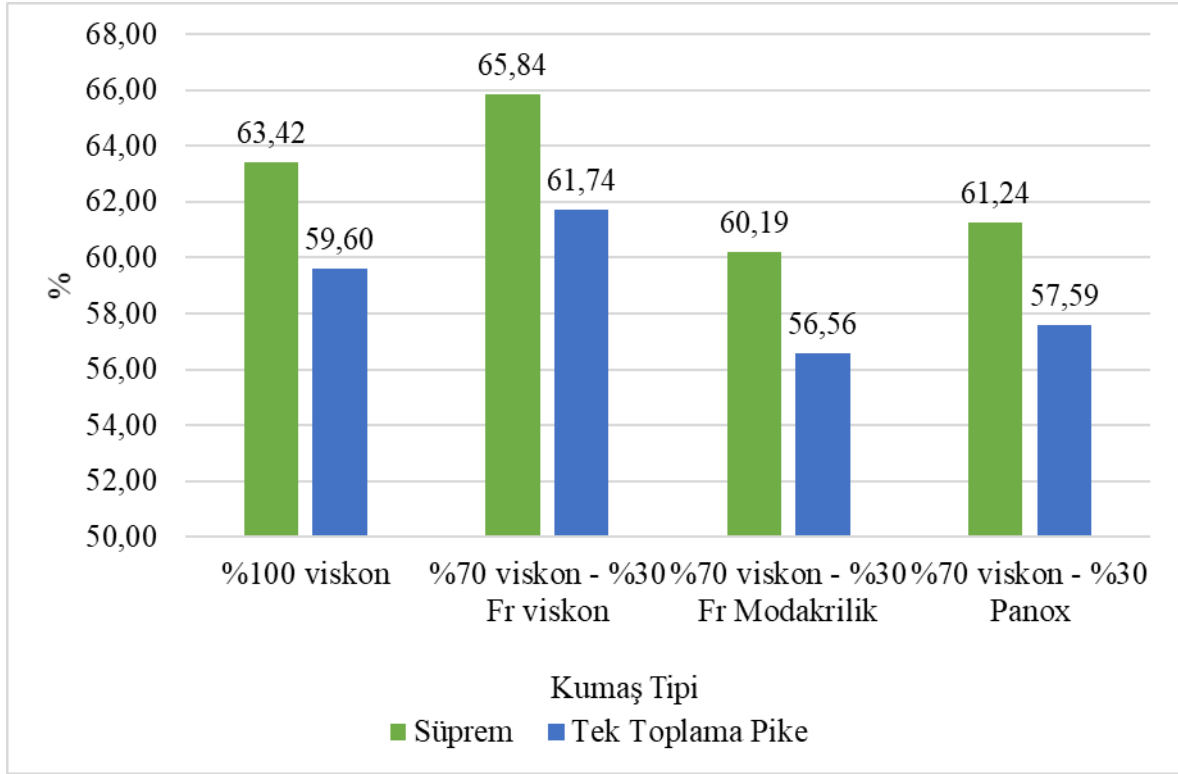
Hava Geçirgenlik, numune kumaşların hava geçirgenlik değerlerinin belirlenmesi amacıyla 10 tekrarlı olarak hava geçirgenlik testleri uygulanmıştır. Ortalama değerleri Şekil.23'te gösterilmiştir.



Şekil 23. Güç tutuşur örme kumaş hava geçirgenlik

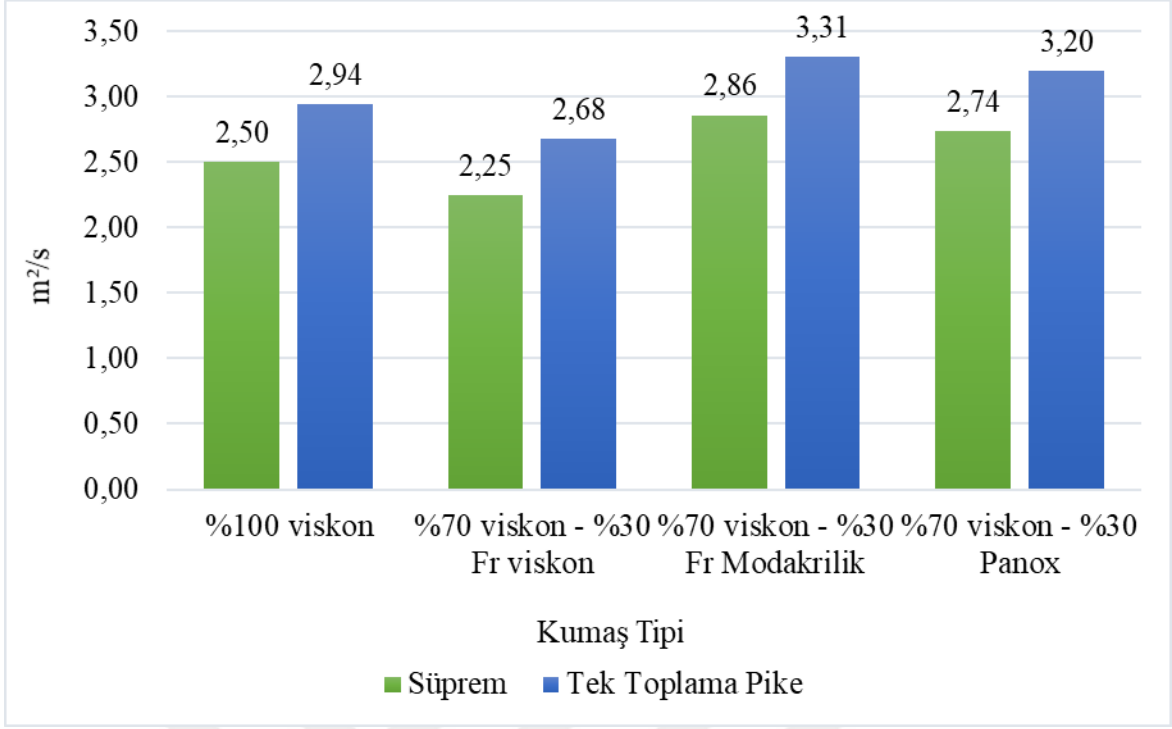
Hava geçirgenlik test sonucuna göre tek toplama pike kalitelerinin süprem kumaşlara göre daha gözenekli yapıya sahip olmasından dolayı hava geçirgenliğinin %70 viskon %30 FR Modakrilik karışımı dışında yüksek olduğu görülmüştür. Burada FR Modakrilik karışımı kumaşın ilmek iplik uzunluğunun diğer numunelerin ortalama değerine göre 0,2 cm yüksek olması ve kullanılan elyaf uzunluk ve inceliğinin aynı olmasından kaynaklanmaktadır. Turan ve Okur (2008), kumaş yapılarının hava geçirgenliği üzerine yaptıkları çalışmada hava geçirgenliğini kumaşların başta gözeneklilik yapısı olmak üzere yapısal parametrelerinin (örgü/dokuma tipi, kumaş sıklığı ve kumaş kalınlığının) etkilediğini belirtmiştir. Lif içeriğine göre kıyaslandığında en düşük hava geçirgenliğine %70 Viskon %30 Panox süprem tipinde olduğu görülmüştür. Uyanık ve Duru Baykal (2018), yaptıkları çalışma ile örme kumaşların hava geçirgenliği üzerine etkili faktörün kumaşların gözenek yoğunluğu olduğunu kumaşta gözenek yoğunluğunun artmasıyla havanın kumaşta geçebileceği boşluklar arttığı için hava geçirgenliğini de arttırdığını belirtmiştir. Hava geçirgenlik test sonucuna göre bu tespitin doğrulandığı görülmektedir.

Isıl direnç ve Su Buharı 85 Geçirgenliği değerleri ISO 11092 standardına göre Permetest cihazında ölçülmüştür. Elde edilen değerler Şekil.24 ve Şekil.25'te verilmiştir.



Şekil 24. Bağlı Su Buharı Geçirgenliği (%)

Yapılan çalışma kapsamında kumaş numunelerinin su buharı geçirgenliği incelendiğinde en fazla geçirgenliğin %70 Viskon %30 FR Viskon süprem tipinde olduğu ayrıca kumaş tipi olarak incelendiğinde süprem tipinde elde edildiği görülmektedir. En düşük su buharı geçirgenliğine %70 viskon %30 FR modakrilik tek toplama pike kumaş tipinde olduğu bunun nedeninin FR modakrilik elyafının hidrofob karaktere sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Güneşoğlu (2005) konfor parametresini açıklarken terin buharlaşarak deriden uzaklaşması konforlu hissetmeyi sağladığını terin buharlaşma hızı, ter salgılama hızından düşük olması durumunda vücut üzerinde terin birikmesi ve yetersiz buhar hareketliliği konforsuzluk olarak tabir etmiştir. Bu nedenle yapılan çalışma kapsamında güç tutuşurluk parametresi haricinde kumaşların özellikle yüksek ısı karşısında su buharı geçirgenliğini de yüksek olması tercih edilmektedir. Kumaş yapıları incelendiğinde su buharı geçirgenliğinin süprem kumaşların tek toplama pike kumaşlara göre su buharı geçirgenliğinin yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 25. Su Buharı Geçirgenlik Katsayısı (WVTR)

Standart yöntemlerle gerçekleştirilen su buharı geçirgenliği elde edilen sonuçlara göre TS EN 31092 standardına uygun olarak yapılan testte kumaşların su buharı geçirgenlikleri arasında önemsenecek değerde fark gözlenmemiştir. Erkut, D.,(2020) yapmış olduğu çalışma kapsamında farklı karışım oranlarında üretilen güç tutuşur beş farklı kumaşın su buharı geçirgenlik ve su buharı direnci incelendiğinde FR viskonun lifinin karışıma dahil olması ile üretilen kumaşlarda su buharı geçirgenliğinin artması beklerken belirgin bir farklılık olmadığını gözlemlemiştir. Su buharı geçirgenliği ve hava geçirgenliğinin artırılması üzerine yapılan bu çalışmada %70 oranında viskon lifinin kullanılmasının gözle görülür bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Kumaşların kullanım esnasındaki durumu değerlendirildiğinde; su buharı direncinin düşük, su buharı geçirgenliğinin yüksek olması tercih edilmektedir. Böylece vücutta oluşan terin kolaylıkla uzaklaştırılması için en ideal durum meydana gelmektedir. Kumaş yapısal özellikleri incelendiğinde süprem tipindeki kumaşların tek toplama pike kalitesine göre su buharı geçirgenlik katsayısının yüksek olduğu görülmüştür. Kumaş numunelerinin arasında karşılaştırma durumunda su buharı geçirgenliği ile su buharı geçirgenlik katsayısı ters orantılı olduğu görülmüştür. Yani viskon içerikli liflerin hidrofil yapıda olması su buharı geçirgenliğini arttırmaktadır.

MMT (Nem iletimi), %100 viskon ile %70 Viskon %30 FR Viskon, %70 Viskon %30 FR Panox, %70 Viskon %30 FR Modakrilik kumaş numuneleri üzerinde MMT ile yapılan sıvı ayar mekanizması ölçümleri yapılmıştır. Tekrarlanabilir sonuçlar veren ıslanma süresi (alt ve üst), ıslanma hızı (alt ve üst), maksimum ıslanma yarıçapı (alt ve üst) ve genel nem yönetimi parametreleri seçilmiştir. Değerlendirme skalasına göre değerlendirmeleri yapılmıştır ve değerlendirme skalası Çizelge.12’de verilmiştir.

Çizelge 12. Değerlendirme skalası

		1	2	3	4	5
Islanma Süresi (sn)	Üst	≥120	20-119	5-19	3-5	<3
		Islanma yok	Yavaş	Orta	Hızlı	Çok Hızlı
	Alt	≥120	20-119	5-19	3-5	<3
		Islanma yok	Yavaş	Orta	Hızlı	Çok Hızlı
Emilim Oranı (%/sn)	Üst	0-9	10-29	30-49	50-100	>100
		Çok yavaş	Yavaş	Orta	Hızlı	Çok Hızlı
	Alt	0-9	10-29	30-49	50-100	>100
		Çok yavaş	Yavaş	Orta	Hızlı	Çok Hızlı
Maksimum Islak Daire Çevresi (mm)	Üst	0-7	8-12	13-17	18-22	>22
		Islanma yok	Küçük	Orta	Hızlı	Çok Hızlı
	Alt	0-7	8-12	13-17	18-22	>22
		Islanma yok	Küçük	Orta	Hızlı	Çok Hızlı
Islanma Hızı (mm/sn)	Üst	0,0-0,9	1,0-1,9	2,0-2,9	3,0-4,0	>4,0
		Çok yavaş	Yavaş	Orta	Hızlı	Çok Hızlı
	Alt	0,0-0,9	1,0-1,9	2,0-2,9	3,0-4,0	>4,0
		Çok yavaş	Yavaş	Orta	Hızlı	Çok Hızlı
Kümülatif tek yönlü taşıma endeksi (%)		<-50	-50-99	100-199	200-400	>400
		Çok Kötü	Kötü	İyi	Çok İyi	Mükemmel
Nem yönetim performansı		0,00-0,19	0,20-0,39	0,40-0,59	0,60-0,80	>0,80
		Çok Kötü	Kötü	İyi	Çok İyi	Mükemmel

Numuneler tüm testlerden önce standart atmosfer koşullarında (20 °C±2, %65±2 bağıl nem) kondisyonlanmış ve testler kondisyonlu ortamda gerçekleştirilmiştir. Her bir numune için 2 test tekrarı gerçekleştirilmiş ve ortalama değerler hesaplanmıştır.

Çizelge 13. MMT test sonuçları

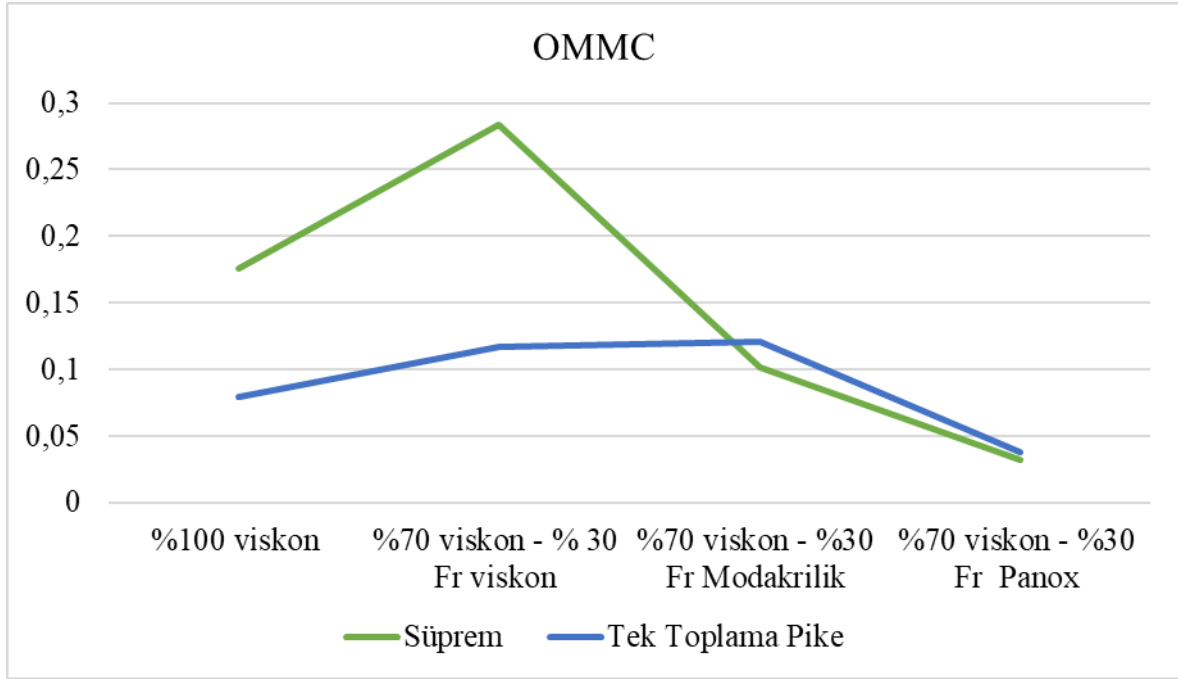
			%100 viskon	%70 viskon - %30 FR viskon	%70 viskon - %30 FR Modakrilik	%70 viskon - %30 FR Panox	
Süprem	Islanma Süresi (sn)	Üst	4,2185	61,9685	17,7655	11,719	
		Alt	4,3125	5,344	9	9,9845	
	Emilim Oranı (%/sn)	Üst	20,3955	10,635	18,89425	9,1594	
		Alt	23,98995	32,18275	45,0091	8,14165	
	Maksimum Islak Daire Çevresi (mm)	Üst	15	7,5	10	10	
		Alt	15	10	10	5	
	Islanma Hızı (mm/sn)	Üst	2,2258	1,24875	0,5793	0,92835	
		Alt	2,2145	1,68735	1,1669	0,54765	
	Kümülatif tek yönlü taşıma endeksi (%)			-3,4171	307,1416	1,2726	3,3465
	Nem yönetim performansı			0,1918	0,43075	0,182	0,06375
Tek Toplam a Pike	Islanma Süresi (sn)	Üst	4,3595	3,2815	8,297	5,578	
		Alt	4,2655	5,672	8,391	6,1405	
	Emilim Oranı (%/sn)	Üst	20,25405	11,68525	35,9179	12,89705	
		Alt	17,31495	16,06145	44,0423	14,31945	
	Maksimum Islak Daire Çevresi (mm)	Üst	12,5	12,5	15	10	
		Alt	12,5	12,5	15	10	
	Islanma Hızı (mm/sn)	Üst	1,9016	1,61805	1,59525	1,5065	
		Alt	1,81705	1,65545	1,6342	1,3996	
	Kümülatif tek yönlü taşıma endeksi (%)			-58,6651	-145,65205	-224,5183	-129,90865
	Nem yönetim performansı			0,10795	0,07145	0,1474	0,0463

Çizelge 14. MMT test sonuçları değerlendirme

			%100 viskon	%70 viskon - %30 FR viskon	%70 viskon - %30 FR Modakrilik	%70 viskon - %30FR Panox	
Süprem	Islanma Süresi (sn)	Üst	Hızlı	Yavaş	Orta	Orta	
		Alt	Hızlı	Orta	Orta	Orta	
	Emilim Oranı (%/sn)	Üst	Yavaş	Yavaş	Yavaş	Yavaş	
		Alt	Yavaş	Orta	Orta	Yavaş	
	Maksimum Islak Daire Çevresi (mm)	Üst	Orta	Küçük	Küçük	Küçük	
		Alt	Orta	Küçük	Küçük	Islanma Yok	
	Islanma Hızı (mm/sn)	Üst	Orta	Yavaş	Çok yavaş	Çok yavaş	
		Alt	Orta	Yavaş	Yavaş	Çok yavaş	
	Kümülatif tek yönlü taşıma endeksi (%)			Kötü	Çok İyi	Çok Kötü	İyi
	Nem yönetim performansı			Çok Kötü	İyi	Çok Kötü	Çok Kötü
Tek Toplama Pike	Islanma Süresi (sn)	Üst	Hızlı	Hızlı	Orta	Orta	
		Alt	Hızlı	Orta	Orta	Orta	
	Emilim Oranı (%/sn)	Üst	Yavaş	Yavaş	Orta	Orta	
		Alt	Yavaş	Yavaş	Orta	Orta	
	Maksimum Islak Daire Çevresi (mm)	Üst	Küçük	Küçük	Orta	Küçük	
		Alt	Küçük	Küçük	Orta	Küçük	
	Islanma Hızı (mm/sn)	Üst	Yavaş	Yavaş	Yavaş	Yavaş	
		Alt	Yavaş	Yavaş	Yavaş	Yavaş	
Kümülatif tek yönlü taşıma endeksi (%)			Kötü	Çok Kötü	Çok Kötü	Çok Kötü	
Nem yönetim performansı			Çok Kötü	Çok Kötü	Çok Kötü	Çok Kötü	

Yapılan çalışma kapsamında elde edilen numunelerin MMT değerlerinde aynı hammadde farklı örgü tipindeki örme kumaşlarda gözenek yapısı kumaş kalınlığı farklılığından dolayı farklılıkların meydana geldiği görülmektedir. Ayrıca üretimde kullanılan liflerin hidrofob ve hidrofil karakterlere sahip olması kumaşın ıslanabilirlik süresini emilim oranını ve nem yönetim performansını etkilediği görülmektedir. Bu parametrelere aşağıda daha detaylı yer verilmiştir.

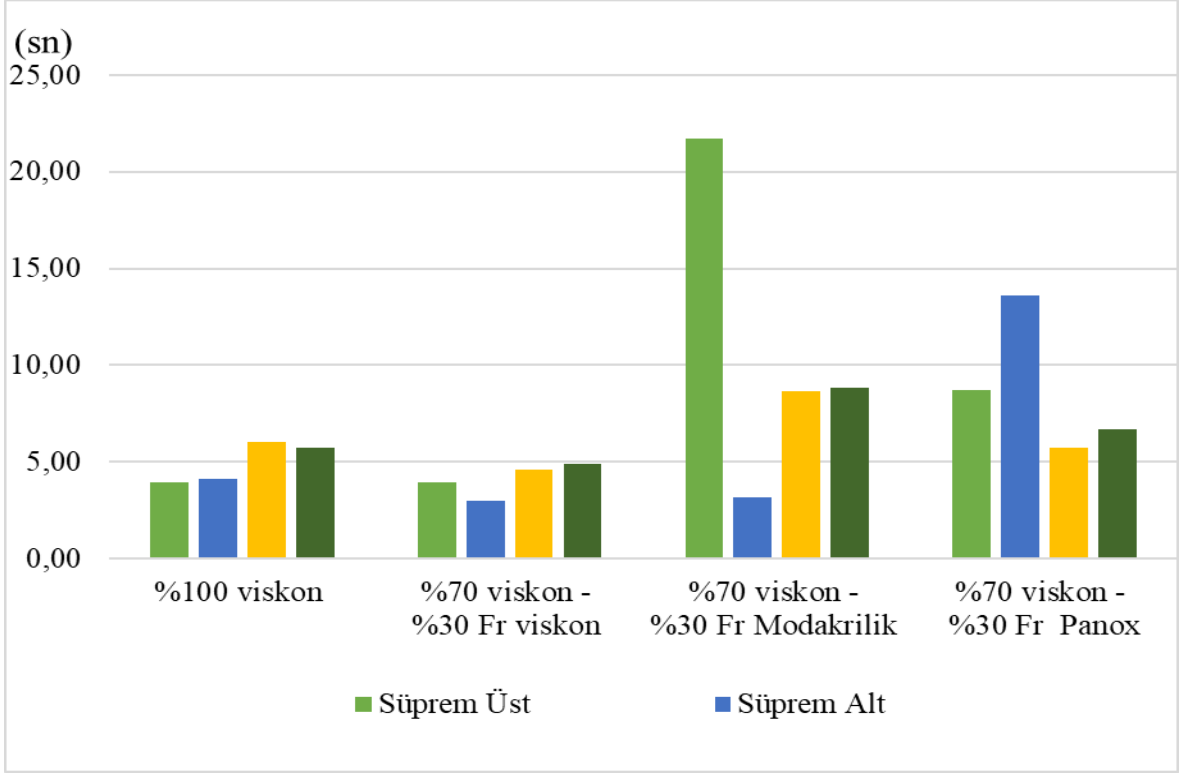
Islanma, lif, iplik veya kumaşın sıvıyla temasının başladığı andaki durum ve davranışı ifade etmek için kullanılır. Kumaş gibi lifli yüzeylerin ıslanmasında yayılma, emilme, adhezyon gibi çeşitli ıslanma mekanizmaları görülür (Kıssa 1996, Wong ve ark. 2001). Islanma mekanizmalarıyla kumaş yapısına katılan sıvı, kapılar kanallar içinden ilerleyerek dağılır. MMT cihazında ölçülen ıslanma süresi, malzemenin sıvı tarafından ne kadar hızlı veya yavaş ıslatıldığını ifade eder. Islanma süresi ne kadar kısa olursa sıvı, malzeme tarafından daha kolay ve hızlı emilmektedir. Şekil 26’da kumaşların üst ıslanma süreleri verilmiştir.



Şekil 26. Numune kumaşların üst ıslanma süreleri (OMMC)

Şekil 26’da görüldüğü üzere üretilen kumaşların arasında en yüksek üst ıslanma değerine sahip %70 Viskon %30 FR viskon süprem kumaş olduğu görülmüştür. Süprem ve tek toplama pike kaliteleri karşılaştırıldığında %100 Viskon süprem kumaşta ise en düşük üst ıslanma süresi elde edilmiştir. Bu iki kumaş yapısı birbiriyle karşılaştırıldığında elyaf incelik ve uzunluklarının farklı olduğu görülmektedir. Kumaş tiplerine göre karşılaştırıldığında kumaşların belirgin farklılığın olmadığı görülmüştür.

Kumaşın sıvı nem transferini yönetme kabiliyetinin göstergesi olan nem yönetim performans (OMMC) değeri ölçüm sonuçları Şekil.20’de verilmiştir. Çizelge 14’te verilen MMT test sonuçları skala değerlerine göre, OMMC için mükemmel skala değeri 5 iken kumaşlar için çok kötü skala değeri 1 olarak belirlenmiştir.



Şekil 27. Nem Yönetim performans Değeri

Kumaşların nem yönetim performans parametreleri incelendiğinde, süprem kumaşların sıvı emicilik ve transfer davranışlarının tek toplama pike kumaşlara göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. %70 viskon %30 FR viskon içerikli süprem kumaşın sıvı emicilik değerinin diğer kumaşlara göre en yüksek değerde olduğu görülmüştür.

LOI değeri, bir materyalin yanma olayı başladıktan sonra yanma reaksiyonun devam etmesi için gerek duyulan % oksijen miktarı anlamına gelmektedir. Yapılan bu çalışma kapsamında kumaş numunelerinin üretildiği liflerin LOI değerlerinde Panox elyafının 45, FR Viskon elyafının 28, FR Modakrilik elyafının 30, Viskon elyafının 19 olduğu bilinmektedir. İplik üretiminde konfor parametrelerinin yüksek olması için karışım oranlarında viskonun %70 olarak kullanılması esas alınmıştır. Kumaş üretiminin ardından numunelerin LOI değerleri ASTM D 2863-77 standardında test edilmiştir ve Çizelge.15'te yer verilmiştir.

Çizelge 15. Numune kumaşların LOI test sonuçları

LOI (%)				
Kumaş Bilgisi	%100 viskon	%70 Viskon - %30 FR viskon	%70 Viskon - %30 FR Modakrilik	%70 Viskon - %30 FR Panox
Süprem	19	19,8	27	22,8
Tek Toplama Pike	19	19	27,8	23,6

Numunelerin LOI değerleri incelendiğinde; karışımli iplik üretiminde %70 oranında viskon elyafının kullanılması ile LOI değerlerinin azaldığı (LOI değeri 25'ten büyük olan materyal havada genelde kendiliğinden sönmekte; 25'ten küçük olan ise çok kolay yandığı) görülmüştür. Buna istinaden en iyi güç tutuşurluk değerinin %70 viskon %30 FR Modakrilik ile sağlandığı görülmüştür.

Dikey yanmazlık testi, 8 adet numuneye dikey yanma test cihazında test edilerek üretilen güç tutuşur kumaşların dikey yanma test sonuçları Çizelge.16'da verilmiştir.

Çizelge 16. Güç tutuşur örme kumaş dikey yanmazlık testi

Kumaş Bilgileri	Kumaşın Tutuştuğu Süre (sn)	Karbonlaşmanın Olduğu Yer (cm)	Yanma Durumu
%100 viskon	25	Kül oldu	Tamamen Yandı
	24	Kül oldu	Tamamen Yandı
% 70 viskon - % 30 FR viskon	16,33	Kül oldu	Tamamen Yandı
	17	Kül oldu	Tamamen Yandı
% 70 viskon - % 30 FR modakrilik	10	7	Kısmî yandı
	10	7,5	Kısmî yandı
% 70 viskon - % 30 Panox	28,33	40	Tamamen karbonlaştı
	19,66	40	Tamamen karbonlaştı

%100 Viskon ve %70 Viskon %30 FR Viskon karışımli kumaş örneklerinin alev direnci oldukça düşüktür. Dikey yanmazlık testi gerçekleşen kumaşların test sonrası

görünümüne Şekil.28.a, Şekil.28.b, Şekil.29.a, Şekil.29.b, Şekil.30.a, Şekil.30.b, Şekil.31.a, Şekil.31.b'de yer verilmiştir.



Şekil 28.a %100 viskon Süprem



Şekil 28.b %100 viskon tek toplama pike

%100 viskon kumaş yapılarının dikey yanmazlık testi sonucunda kumaşın kısa sürede tamamen yandığı karbonlaşmanın olmadığı görülmektedir. Güç tutuşur kumaş üretimi için %100 viskon kumaşın referans olarak değerlendirilmesinin doğru bir kıyaslama oluşturmadığı görülmektedir.



Şekil 29.a %70 viskon - %30 FR viskon Süprem



Şekil 29.b %70 viskon - %30 FR viskon Tek Toplama Pike

Dikey yanmazlık değerlerinde %30 FR viskon karışimli kumaşın güç tutuşurluk için yetersiz olduğu görülmüştür. Güç tutuşurluk etkisinin artırılması için kullanılan FR viskon elyaf miktarının artırılması gerektiği söylenebilir. %100 viskona göre yanmanın daha uzun sürdüğü fakat ateş uzaklaştırıldığında yanmanın devam ettiği görülmüştür.



Şekil 30.a %70 viskon - %30 FR Modakrilik Süprem



Şekil 30.b %70 viskon - %30 FR Modakrilik Tek Toplama Pike

Dikey yanmazlık değerlerinde %30 FR Modakrilik karışımı kumaşların tutuşma süresinin en kısa olduğu ve alev uzaklaştırıldığında kısmî yanmanın olduğu ayrıca yaklaşık 7 cm boyunca karbonlaşmanın olduğu gözlemlenmiştir. En iyi güç tutuşurluk değerine sahip olduğu görülmüştür.



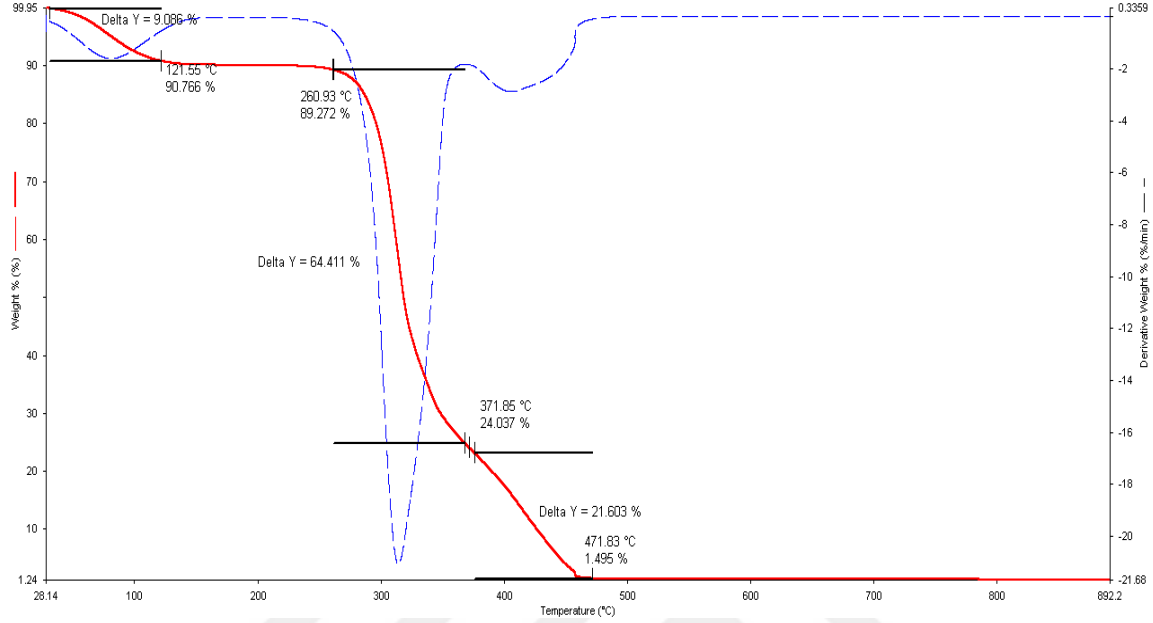
Şekil 31.a %70 viskon - %30 Panox Süprem



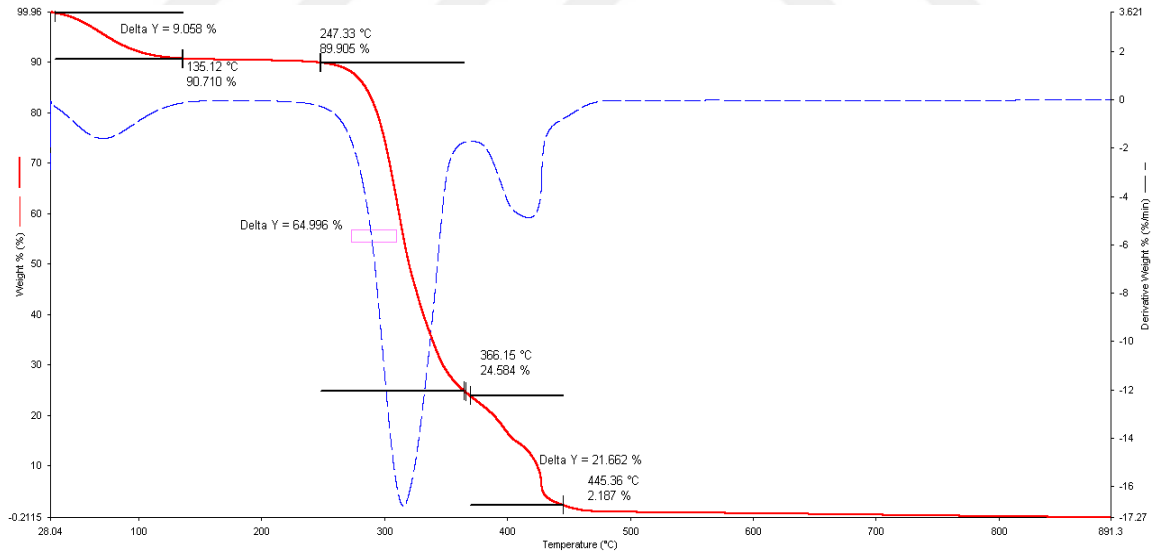
Şekil 31.b %70 viskon - %30 Panox Tek Toplama Pike

Kumaşın içeriğinde panox elyaf bulunmasının orta düzeyde alev direnci sağladığı ve numunelere uygulanan test sonrasında yapısal bütünlüklerini koruyabildiği ancak kumaş boyunca yaklaşık 40 cm karbonlaşmanın meydana geldiği görülmüştür.

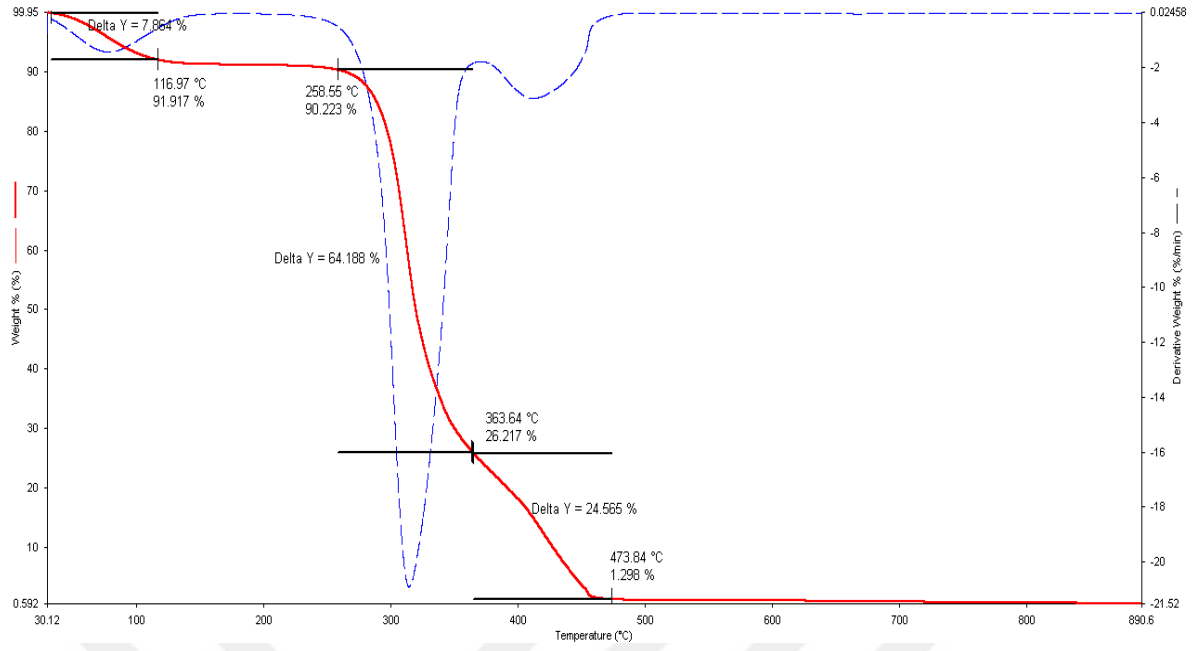
TGA Testi, %100 viskon, %70 viskon-%30 FR modakrilik, %70 viskon-%30 Panox, %70 viskon-%30 FR viskon içerikli süprem ve tek toplama pike kumaşlara ait TGA grafikleri Şekil.32, Şekil.33, Şekil.34, Şekil.35, Şekil.36, Şekil.37, Şekil.38 ve Şekil.39'da verilmiştir. Farklı özellikli liflerin termal özellikler üzerindeki etkisi araştırılmıştır.



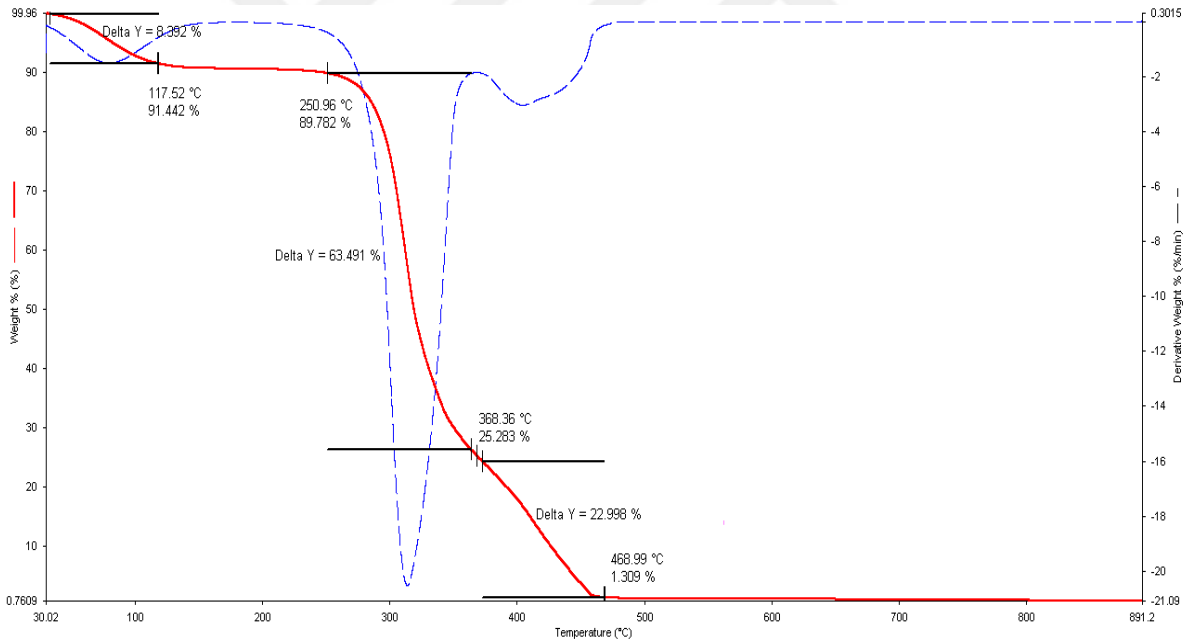
Şekil 32. %100 Viskon Süprem kumaşın termal bozunma eğrileri



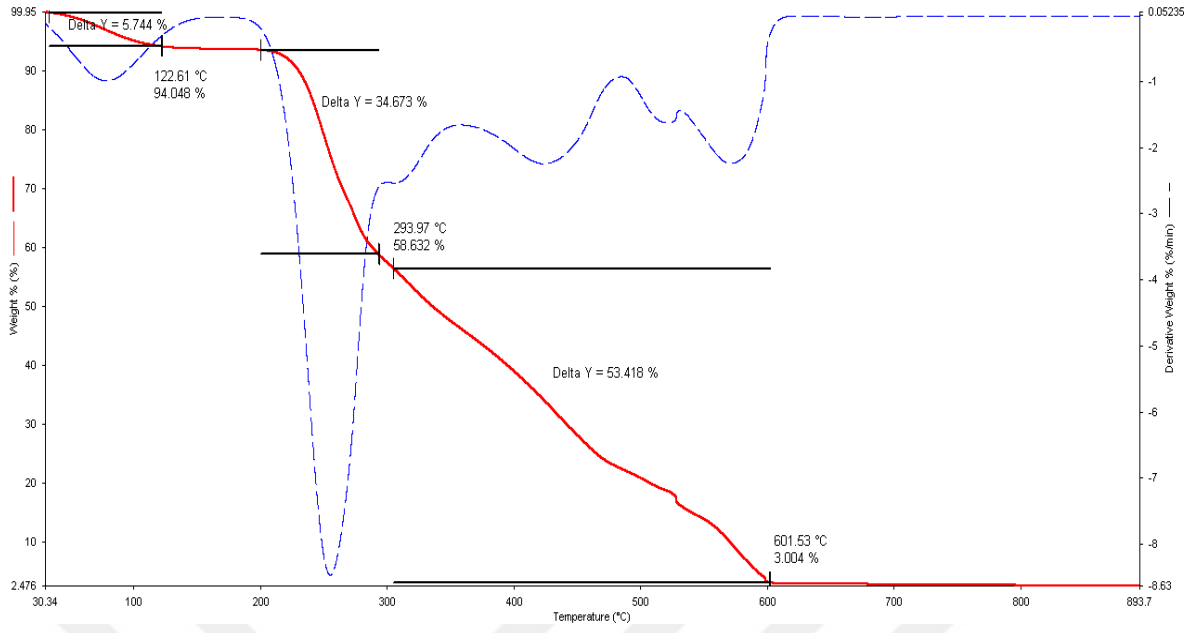
Şekil 33. %100 Viskon Tek Toplama Pike kumaşın termal bozunma eğrileri



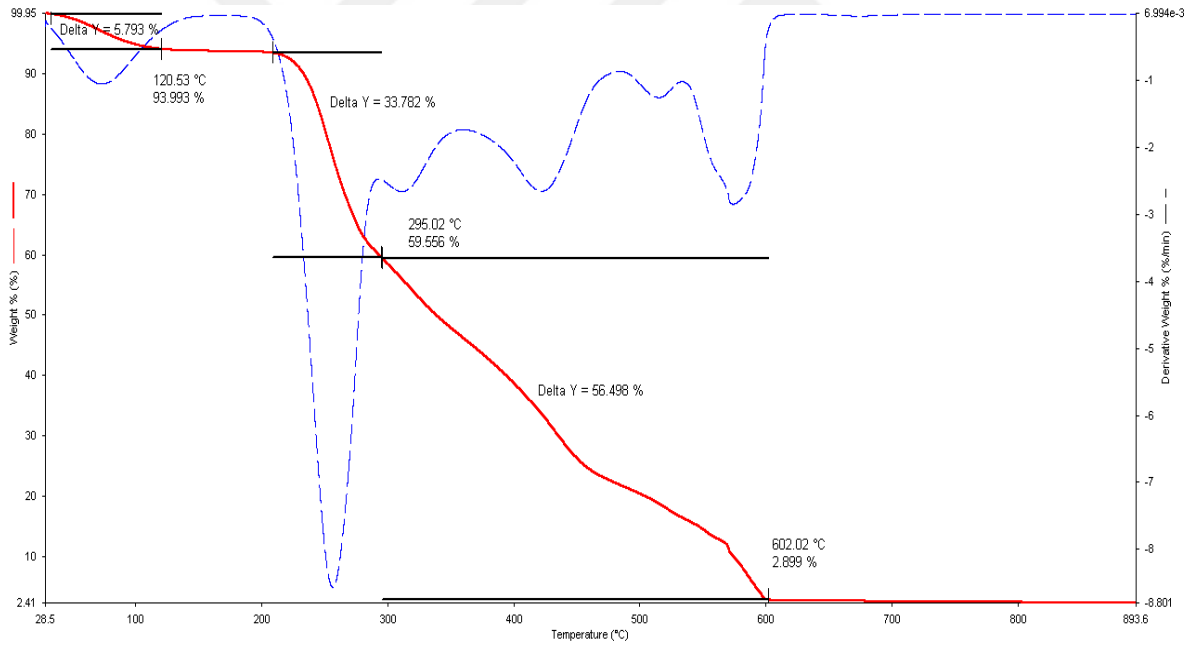
Şekil 34. %70 Viskon %30 FR Viskon Süprem kumaşın termal bozunma eğrileri



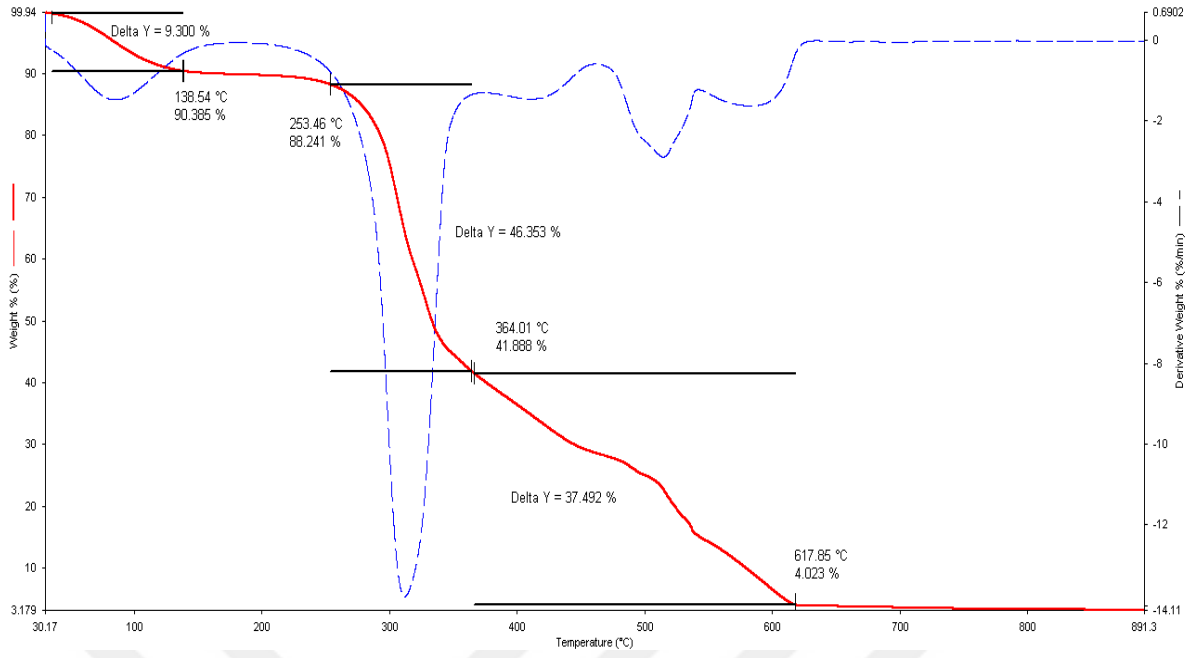
Şekil 35. %70 Viskon %30 FR Viskon Tek Toplama Pike kumaşın termal bozunma eğrileri



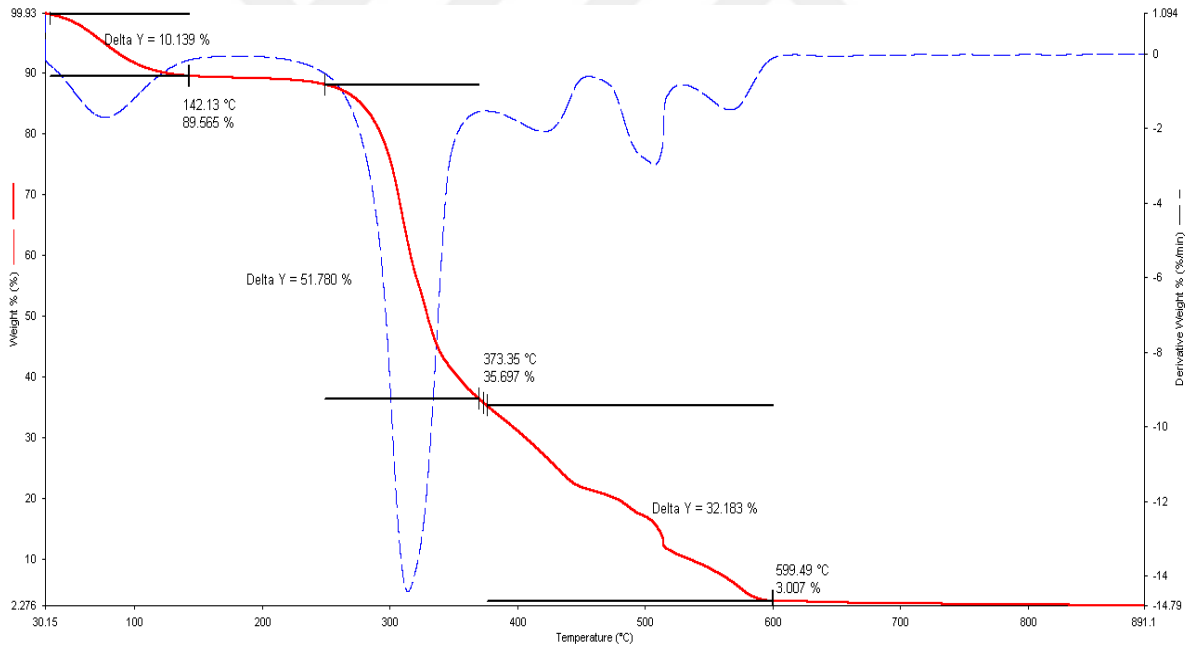
Şekil 36. %70 Viskon %30 FR Modakrilik Süprem kumaşın termal bozunma eğrileri



Şekil 37. %70 Viskon %30 FR Modakrilik Tek Toplama Pike kumaşın termal bozunma eğrileri



Şekil 38. %70 Viskon %30 FR Panox Süprem kumaşın termal bozunma eğrileri



Şekil 39. %70 Viskon %30 FR Panox Tek Toplama Pike kumaşın termal bozunma eğrileri

TGA bozunma eğrileri incelendiğinde numune kumaşların bozunmaları C tipi Tek aşamalı dekompozisyon bozunma eğrisine sahip olduğu görülmüştür.

Çalışmada %100 viskon lifleri referans alınarak gerçekleştirilen ve farklı güç tutuşur liflerinin kullanılması ile üretilen örme kumaşların termal karakteristik özellikleri ve zamana bağlı kütle kayıplarının incelenmesi termogravimetrik analizle (TGA) gerçekleştirilmiştir. Malzemelerin 28-800 °C sıcaklık aralığında termal davranışları

incelenerek, tarama yapılan aralıkta TGA eğrileri alınmıştır. Kumaşların TGA eğrilerinden sıcaklık aralıklarına göre kütle kayıpları tespit edilmiştir. Yapılan termal taramalarda tüm malzemelerde yaklaşık olarak 110-620 °C sıcaklık aralığında bozunma tespit edilmiştir. TGA analizleri 28°C ile 890°C arasında gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge.17’de verilmiştir.

Numuneler hava ortamında 900°C ye kadar ısıtılıyor. Isıtma hızı=300 °C /dak.

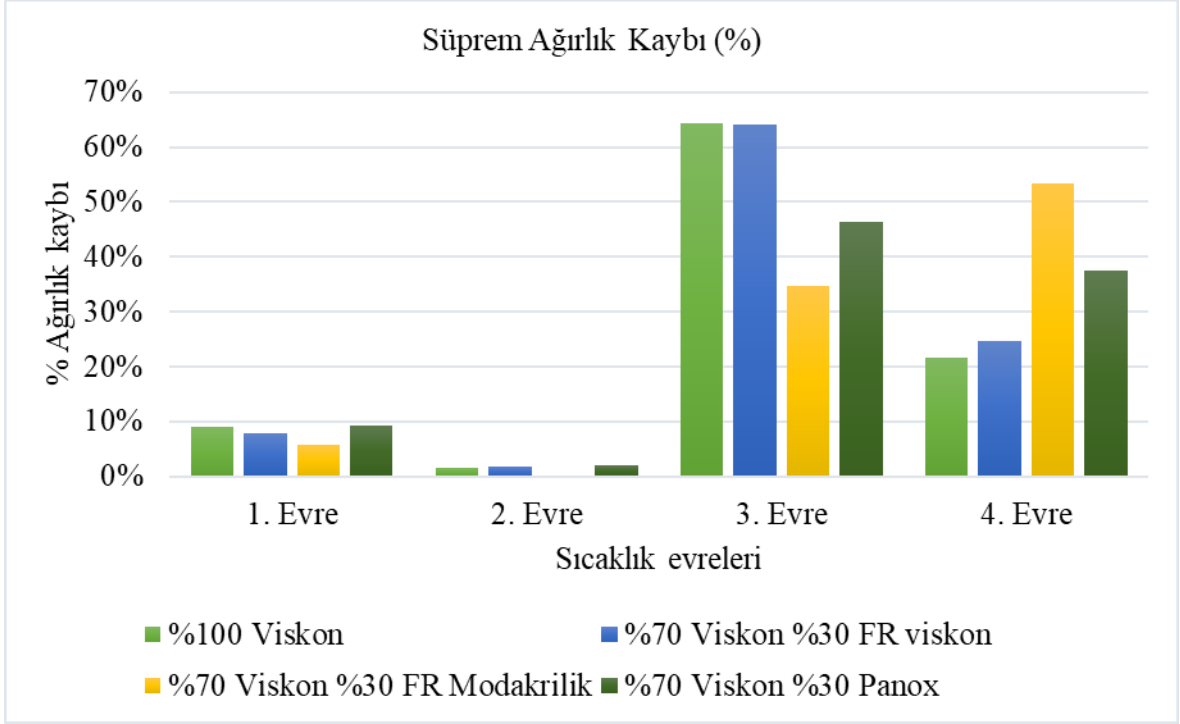
- 1.Evre 100°C civarındaki % kütle kaybı
- 2.Evre 250°C’deki % kütle kaybı
- 3.Evre 300°C’deki % kütle kaybı (en yüksek oranda gerçekleşen ağırlık kaybı)
- 4.Evre 400°C civarında bir kütle kaybı

Çizelge 17. 28°C - 890°C arasında gerçekleştirilen TGA analiz değerleri

	Numune	1. Evre		2. Evre		3. Evre		4. Evre	
		110-150°C	% Ağırlık	250-270°C	% Ağırlık	290-380°C	% Ağırlık	400-620°C	% Ağırlık
Süprem	%100 Viskon	121.55	9.086	260.93	1.494	371.85	64.411	471.83	21.603
	%70 Viskon %30 FR viskon	116.97	7.864	258.55	1.694	363.64	64.188	473.84	24.565
	%70 Viskon %30 FR Modakrilik	122.61	5.744	-	-	293.97	34.673	601.53	53.418
	%70 Viskon %30 Panox	138.54	9.300	253.46	2.144	364.01	46.353	617.85	37.492
Tek Toplama Pike	%100 Viskon	135.12	9.058	247.33	0.805	366.15	64.996	445.36	21.662
	%70 Viskon %30 FR viskon	117.52	8.392	250.96	1.660	368.36	63.491	468.99	22.998
	%70 Viskon %30 FR Modakrilik	120.53	5.793	-	-	295.02	33.782	602.02	56.498
	%70 Viskon %30 Panox	142.13	10.139	-	-	373.35	51.780	599.49	32.183

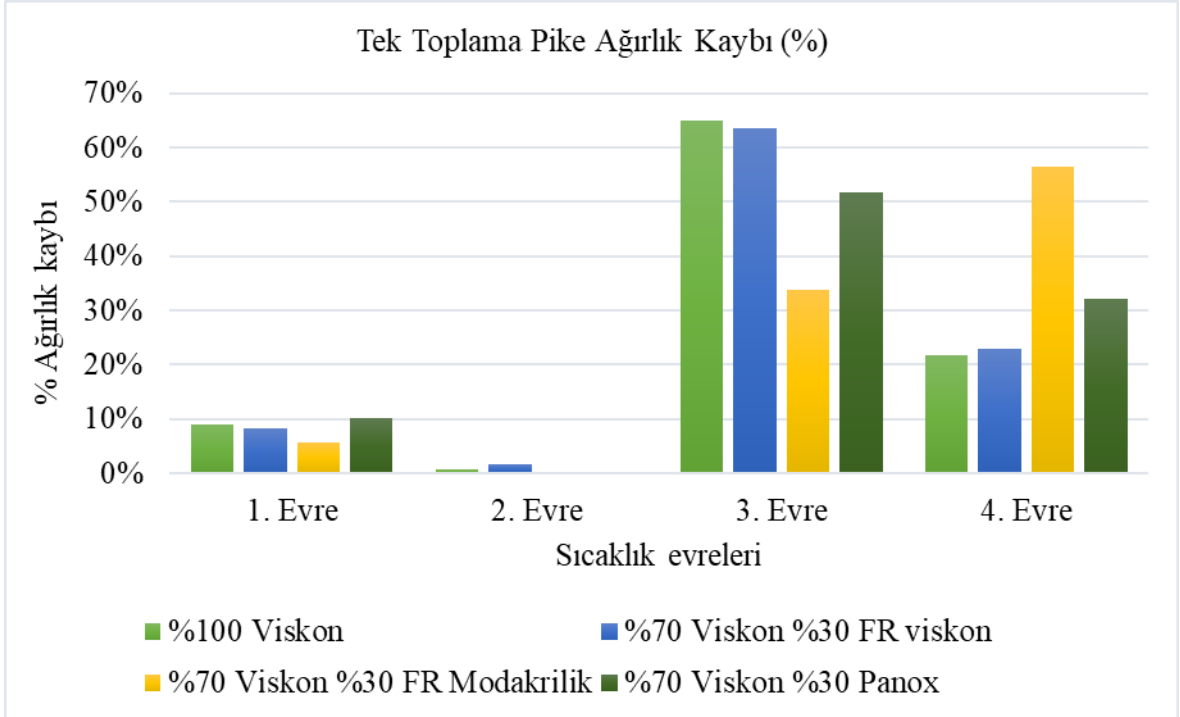
Kumaşların TGA eğrilerinden sıcaklık aralıklarına göre kütle kayıpları tespit edilmiştir.

Süprem kumaşların sıcaklık artışına bağlı olarak kütle kayıpları Şekil.40’ta verilmiştir.



Şekil 40. Süprem kumaşların termal bozunma eğrilerindeki ağırlık kaybı

Tek toplama pike kumaşların sıcaklık artışına bağı olarak kütle kayıpları Şekil.41’da verilmiştir.



Şekil 41. Tek toplama pike kumaşların termal bozunma eğrilerindeki ağırlık kaybı

Termal tarama sonrasında kumaşların 4 evrede pik oluşturarak kütle kaybının net olduğu görülmüştür. 1.evrede en yüksek bozunmanın %100 viskon ve %70 viskon %30 panox kalitelerinde olduğu, 2.evrede sıcaklığın artmasına bağlı kütle kaybının genel olarak gerçekleşmediği görülmüştür. Sıcaklık değerinin 290°C üzerine çıktığı 3. Evrede ağırlık kaybının en yüksek %100 viskon ve %70 viskon %30 FR viskon kalitelerinde olduğu bu aşamada tamamen bozunduğu görülmüştür. 4.evre olarak tabir edilen sıcaklığın 400-620°C aralığında ise en yüksek ağırlık kaybının %70 viskon %30 FR modakrilik kalitelerinde olduğu gözlemlenmiştir. Topçu H.(2019) gerçekleştirdiği çalışmada bazı liflerin ısı parametreleri ve LOI değerleri adlı tabloda modakrilik liflerinin bozunma değerinin 690°Cde gerçekleştiğini belirtmiştir.

Aynı içeriğe sahip farklı konstrüksiyondaki kumaşların TGA analizi incelendiğinde %100 viskon ve %70 viskon %30 FR viskon içerikli süprem ve tek toplama pike kalitelerinde belirgin değişikliğin olmadığı, %70 viskon %30 FR modakrilik içerikli örme kumaş kalitelerinde tek toplama pike kalitesinin 4. evrede yaklaşık %3 oranında ağırlık kaybının arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca %70 viskon %30 Panox içerikli tek toplama pike kalitesinin hem 3. Evrede hem de 4. Evrede %5 oranında artış olduğu görülmüştür. Kumaş örgü tipinin termal bozunma direncini etkilediği söylenebilir.

İlaveten yapılan TGA analiz çalışmasını sonucu dikey yanmazlık ve LOI değerinde de FR modakrilik değerinin en yüksek güç tutuşurluk sağladığını ancak kumaş örgü yapısının hava geçirgenlik ve su buharı geçirgenliğinde belirgin farklılık göstermediği söylenebilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Kahramanmaraş İtfaiye Daire Başkanlığı itfaiye çalışanları ve Orman Yangınlarıyla Mücadele Şube Müdürlüğü yangın koruma muhafızları ile görüşmeler yapılarak, koruyucu kıyafetler üzerine konuşmalar gerçekleştirilerek, giydikleri kıyafetlerin konfor özellikleri incelenmiştir ve durum anket değerlendirmeleri yapılmıştır. Yapılan anket çalışmaları değerlendirildiğinde, koruyucu kıyafetin özellikle hareket konforunu kısıtladığı, koruyucu kıyafetin içine giyilen formanın kumaş yapısının poliester içerikli olmasından dolayı fazla terleme yaptığını ve ateşle karşılaşma durumunda terleme ve ter sonucu deri yüzeyinde yanık oluşturduğu bildirilmiştir. Konfor özelliği artırılmış aynı zamanda güç tutuşur kıyafete ihtiyaç olduğu doğrultusundadır.

Bu çalışma kapsamında itfaiyecilere yönelik konfor özellikleri iyileştirilmiş güç tutuşur örme kumaş üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, kendinden güç tutuşur özellikte FR viskon, panox, FR Modakrilik olmak üzere üç farklı elyaf ve su absorblama yeteneği fazla olan viskon elyafı kullanılarak %70/30 oranlarında karışımli iplik üretimleri MEM Tekstil Vortex işletmesinde gerçekleştirilmiştir. Üretilen ipliklerin düzgünsüzlük, iplik kopma mukavemeti ve kopma uzaması testi incelendiğinde, %100 viskon içerikli iplik değerine kıyasla FR Viskon, modakrilik ve panox içerikli ipliklerin önemsenecek bir fark olmadığı görülmüştür. İplik kalite parametreleri test değerleri incelendiğinde %100 viskon içerikli ipliğe kıyasla, FR Viskon, FR modakrilik ve panox elyaf karışımli ipliklerin test değerlerinin kullanılan elyaf içeriğine göre değişim gösterdiği, en fazla düzgünsüzlük değerinin panox elyaf içerikli iplikte olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada kullanılan liflerin incelik ve uzunluk değerlerinin farklı olmasından dolayı iplik düzgünsüzlük değerleri arasındaki sapmalara neden olmuştur.

İtfaiyecilerin koruyucu kıyafetlerin içlerine giydikleri tişört yapıları incelendiğinde süprem ve tek toplama olmasından dolayı çalışma kapsamında MEM Tekstil Örme işletmesinde süprem ve tek toplama pike kalitelerinde kumaşlar üretilmiştir. Üretilen kumaşların boyama ve ard işlemlerinin ardından kumaşlara performans testleri, konfor testleri ve güç tutuşurluk testleri uygulanmıştır.

Performans parametreleri incelendiğinde referans olarak alınan %100 viskonun içerikli kumaşlara göre haslık parametrelerinde %70 viskon %30 FR panox içerikli hem süprem hem tek toplama kumaş tiplerinde düşük olduğu diğer kumaşların haslık parametrelerinin ticari olarak kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu görülmüştür. Panox

içeriğindeki aktifleştirilmemiş karbondan kaynaklı yağ sürtme haslığının düşük oluşu söylenebilir.

Kumaşların konfor parametreleri açısından değerlendirildiğinde;

- Hava geçirgenlik testi sonucunda en yüksek hava geçirgenliğe sahip üretimin %70 viskon%30 FR viskon da olduğu, Erkut D.(2020), tez çalışmasında en iyi hava geçirgenliği FR viskon içerikli kumaş karışımında olduğunu belirtmiştir. Burada FR viskon elyafının amorf böyle oranın fazla olması ve viskon ile FR viskonun elyaf uzunluklarının birbirinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer liflerin hava geçirgenliğini incelediğimizde panox içerikli kumaşlarda kumaş tipine bağlı hava geçirgenliğinin değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Ayrıca %70 viskon %30 FR modakrilik içerikli kumaşların en düşük hava geçirgenliğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Hava geçirgenliğine en belirgin etkileyen faktör liflerin uzunluklarının ve inceliklerinin farklı olmasından kaynaklı olduğu ayrıca kumaş örgü parametresinin de gözenekli yapısını arttırdığından dolayı hava geçirgenliği değiştirdiği görülmüştür.
- Standart yöntemle gerçekleştirilen su buharı geçirgenliği elde edilen sonuçlara göre TS EN 31092 standardına uygun olarak yapılan testte kumaşların su buharı geçirgenlikleri incelendiğinde en fazla geçirgenliğin %70 Viskon %30 FR Viskon süprem tipinde olduğu ayrıca kumaş tipi olarak incelendiğinde süprem tipinde elde edildiği görülmektedir. Erkut, D.,(2020) yapmış olduğu çalışma kapsamında farklı karışım oranlarında üretilen güç tutuşur beş farklı kumaşın su buharı geçirgenlik ve su buharı direnci incelendiğinde FR viskonun lifinin karışıma dahil olması ile üretilen kumaşlarda su buharı geçirgenliğinin artması beklerken belirgin bir farklılık olmadığını gözlemlemiştir. Bunun aksine yapılan çalışmada %100 viskona göre %70 oranında FR viskon lifi kullanmanın özellikle hidrofob karakterdeki liflerin emiciliğini arttırmıştır. En düşük su buharı geçirgenliğine %70 viskon %30 FR modakrilik tek toplama pike tipinde olduğu bunun nedeninin FR modakrilik elyafının hidrofob karaktere sahip olmasından kaynaklanmaktadır
- Kumaşların nem yönetim performansı incelendiğinde, süprem kumaşların sıvı emicilik ve transfer davranışlarının tek toplama pike kumaşlara göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. %70 viskon %30 FR viskon içerikli süprem kumaşın sıvı emicilik değerinin diğer kumaşlara göre en yüksek değerde olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin %30 oranında kullanılan FR viskonun lif inceliğinin yüksek olması ve

süprem kumaşın pike kumaşa göre daha geçirgen yapıya sahip olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

- Kumaşların güç tutuşurluk parametreleri açısından değerlendirildiğinde;
- Numunelerin LOI değerleri incelendiğinde; karışımli iplik üretiminde %70 oranında viskon elyafının kullanılması ile LOI değerlerinin azaldığı (LOI değeri 25'ten büyük olan materyal kendiliğinden söner; 25'ten küçük olan ise çok kolay yandığı) görülmüştür.
- Viskon ve Viskon/FR Viskon karışımli kumaş örneklerinin alev direnci oldukça düşüktür. Dikey yanmazlık testi gerçekleşen kumaşların test sonrası görünümüleri incelendiğinde %100 viskon ve %70 viskon %30 FR viskon içerikli kumaşların kolay yanıp kül olduğu görülmüştür. %70 viskon %30 FR panox ve %70 viskon %30 FR modakrilik içerikli kumaşların test sırasında parlamasının meydana geldiği ve alevin gözlemlenmeyip çok iyi düzeyde alev direnci sağladığı ayrıca FR Modakrilik karışımli numune kumaşların ısı kaynağı uzaklaştırıldığında kendiliğinden söndüğü ve 7,5 cm'ye kadar karbonlaştığı gözlemlenmiştir.

Kumaş numunelerinin TGA analizi incelendiğinde %100 viskon ve %70 viskon %30 FR viskon içerikli süprem ve tek toplama pike kalitelerinde belirgin değışikliğin olmadığı, %70 viskon %30 FR modakrilik içerikli örme kumaş kalitelerinde tek toplama pike kalitesinin 4. evrede yaklaşık %3 oranında ağırlık kaybının arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca %70 viskon %30 Panox içerikli tek toplama pike kalitesinin hem 3. Evrede hem de 4. Evrede %5 oranında artış olduğu görülmüştür. Kumaş örgü tipinin termal bozunma direncini etkilediği söylenebilir.İlaveten yapılan TGA analiz çalışmasını sonucuna bakıldığında dikey kumaş lif yapısının, kumaş örgü parametresinin hava geçirgenliği ile su buharı geçirgenliğinde belirgin farklılık olmazken yanmazlık ve LOI değeriyle eş değerde olduğu en iyi termal dayanımının %70 viskon %30 FR modakrilik içerikli kumaşla sağlandığı görülmüştür.

Yapılan tüm çalışmalar değerlendirildiğinde itfaiyecilere yönelik üretilen konfor özelliği iyileştirilmiş güç tutuşur kumaşların, kumaş performans, konfor ve güç tutuşurluk parametrelerinin incelendiğinde hem üretilebilirlik hem kullanım olanakları açısından en iyi parametreyi sağlayan %70 viskon %30 FR viskon ve %70 viskon %30 FR modakrilik içerikli kumaşlardan sağlandığı tespit edilmiştir.

Koruyucu giysi içerisine giyilen üniformaların güç tutuşurluk özelliğinin yanısıra konfor parametresini iyileştirmek amacıyla bundan sonraki üretimlerde %50FR viskon %50 Modakrilik içerikli vanize süprem tipinde kumaş üretiminin gerçekleştirilmesi önerilmektedir.



KAYNAKLAR

- Alam Ss.(2021). A Critical Study Of The Effects Of Flame Retardancy On Different Knit Fabrics. *J Textile Eng Fashion Technol*;7(3):105–109.
- Alaybeyoglu, E., Duran K., Körlü A., (2022). "Flammability Behaviours Of Knitted Fabrics Containing Pla, Cotton, Lyocell, Chitosan Fibers", *Mugla Journal Of Science And Technology*, 8(2), 1-8.
- Altay, P., (2010). *Polyester Kumaşların Emdirme ve Çektirme Yöntemlerine Göre Güç Tutuşurluk Özelliklerinin İncelenmesi* Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir 132s.
- Aksöz, Y., (2014). *Selülozik Esaslı Kumaşlara Güç Tutuşur Özellik Kazandıran Yenilikçi Malzemeler Geliştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İleri Teknolojiler Anabilim Dalı- Nanoteknoloji. 74s.
- Atasağun, H. G., (2016). Termal Koruyucu Giysilerin Koruma Performansı Üzerinde Hava Boşluklarının Etkisi, *Tekstil ve Mühendis*, 23: 104, 277-287. <https://doi.org/10.7216/1300759920162310405>
- Atmaca, M. ve Özkaya, H. (2017). Farklı Özellikteki Kumaşların Hava Geçirgenliğinin Deneysel Olarak İncelenmesi, *23 rd International Energy and Environment Fair and Conference* 50-53s.
- Balcı H., (2006). *Akıllı (Fonksiyonel) Tekstiller Seçilmiş Kumaşlarda Antibakteriyel Apre Ve Performans Özellikleri* Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Adana, 268s.
- Beyit, A., (2006). *Nükleer, Biyolojik ve Kimyasal Korunma Amaçlı Koruyucu Tekstillerin Türkiye’de Üretilebilirliği* Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul, 214s.
- Cardoso I., Gomes J.R. (2007). The Application of Microcapsules of PCM in Flame Resistant Non-Woven Materials, *III. International Technical Textiles Congress*, 254-263.
- Coşkun E. ve Oğulata R. T. (2008). *Akıllı Tekstiller ve Genel Özellikleri*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Cilt:18-3.
- Çelebi, K., (2009). *Poliester Örme Kumaşın Güç Tutuşurluk Davranışının İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı 82s.
- Çelikkanat A. B. (2002). *Teknik Tekstiller*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi 148s.

- Das, B., Das, A., Kothari, V. K., Fanguiero, R., Araujo, M. (2007). Moisture Transmission Through Textiles Part II: Evaluation Methods and Mathematical Modelling, *AUTEX Research Journal*, 7(3), 194-216.
- Deborah Scotto Di Cesare (2018). *Effect Of Carbonisation On Panox Preforms For Composite Reinforcement*, Manchester Üniversitesi, Fen-Mühendislik Fakültesi, Robotik&Tekstil Kompozitleri, 269s.
- Diren M., Sevcan I., Deniz D., Güldemet B., Tülay G., Tarakçıoğlu I. (2007). *Teknik Tekstiller ve Kullanım Alanları*, 79-82s.
- Duru Baykal P. ve Karataş E. (2021). Güç Tutuşurluk Apresinin Denim Kumaş Performans Özelliklerine Etkisinin Araştırılması, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 36(1), 43-53s., Mart 2021.
- Erkut, D.(2020). *Farklı Karışım Oranlarında Güç Tutuşur Özelliğe Sahip Liflerden Elde Edilen İplik ve Kumaş Özelliklerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa 112s.
- Ertekin M. Ve Kırtay E. (2014). Burning Behaviour And Mechanical Properties Of Fabrics Woven With Ring Spun Aramid And Flame Retardant Polyester Yarns, *Tekstil ve Konfeksiyon* 2014 Cilt: 24 Sayı: 3, 259-265s.
- Gemici B., (1999). Pamuk İplikçiliği Ders Kitabı, *Ege Üniversitesi Yayınları*, İzmir, 241s.
- Güneşoğlu S. (2005). *Sportif Amaçlı Giysilerin Konfor Özelliklerinin Araştırılması*, Doktora Tezi Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 208s.
- Güleyüpoğlu, İ. (2017). *Pamuklu Kumaşların Güç Tutuşurluk Özelliklerinin Fosfor Esaslı Bileşikler ile Geliştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı. 124s.
- Hacıoğulları ve Babaarslan (2022). Güç Tutuşurluk Katkı Maddesi ile Üretilen Polipropilen Filament İpliklerin Mekanik, Yapısal ve Renk Özelliklerinin İncelenmesi, *Tekstil ve Mühendis* 2022/2 Cilt (Vol): 29 Sayı (No): 126 <https://doi.org/10.7216/1300759920222912602>
- Harımdar, N., Akarslan, F. (2020). Pamuklu Tekstil Mamullerine Güç Tutuşurluk Özelliğinin Kazandırılması İçin Alternatif Kimyasalların Araştırılması, *Araştırma Makalesi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Sayı 19*, 290-296s.
- Hyun Ah Kim & Seung Jin Kim (2019). Flame Retardant, Anti-Static And Wear Comfort Properties Of Modacrylic/Excel®/Anti-Static Pet Blend Yarns And Their Knitted Fabrics, *The Journal Of The Textile Institute*. 110.
- T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İtfaiyeciler İçin Kişisel Koruyucu Donanımlar, *İş Sağlığı ve Güvenliği* 113s.

- Jamshaid, H., Mishra, R., Khan, A., Chandan, V., Muller, M., Valasek, P., (2023). Flammability and comfort properties of blended knit fabrics made From inherently fire-resistant fibers to use for fire fighters, *Heliyon* <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13127>
- Kaplan, S. (2009). *Kumaşların Mekanik Özelliklerinden ve Geçirgenlik Özelliklerinden Yararlanılarak Giysi Konforunun Tahminlenmesi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, 248s.
- Khan, J., (2019). Shielding Effect To The Flammable Fibres Offered By Inherently Flame Retardant Fibres. *Textile Engineering The Swedish School Of Textiles* 2019-09-20.
- Kaynak, E., Üreyen, M. E., Koparal, A.S., Mutlu, A., (2020). Flame-Retardant Treatment of Wool and Wool-Rich Blends: A Study of Bath Composition, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 15, 1–10.
- Kıvanç Group, *Industar Koruyucu Elbiseler*. Metrik Endüstriyel Ürünler, (2020). *İş Güvenliği Kataloğu*.
- Marcuzzo, J.S., Otani, C., Polidoro, H.A., Otani, S. (2013). Influence Of Thermal Treatment On Porosity Formation On Carbon Fiber From Textile Pan, *Materials Research*. 16(1): 137-144.
- Mahlitig, B.; Grethe, T. (2022). A Review Of Properties, Scanning Electron Microscopy Sem And Electron Dispersive Spectroscopy Eds. Textiles, *High-Performance And Functional Fiber Materials 2*, 209–251.
- Mecit D., ve ark. (2007). Teknik Tekstiller Ve Kullanım Alanları, *Tekstil Ve Konfeksiyon* 154-160s.
- Ömeroğulları ve Zeynep, (2010). *Ev Tekstiline Yönelik Kullanılan Kumaşların Güç Tutuşurluk Özelliğinin Geliştirilmesi*, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa 103s.
- Özel M. B. (2013). *Yüksek Performanslı Kumaşların Mekanik Özelliklerinin Kumaş Kullanım Performansına ve Kumaşın Tuşesine Olan Etkilerinin Araştırılması*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, 108s.
- Özcan, G., Dayıoğlu, H., Candan, C. (2006). Application Of Flame Retardant Products The Knitted Fabric, *Indian Journal Of Fibre & Textile Research*, Vol. 31. June Pp. 330-334.
- Özcan, G., Dayıoğlu, H., Candan, C. (2002). Yumuşatıcıların Örmeye Kumaşın Güç Tutuşurluk Özelliklerine Etkisi, *İTÜ dergisi/D Mühendislik Cilt:1*, Sayı:2, 99-106.
- Ömeroğulları, Z., Tut, D.(2012). Tekstilde Güç Tutuşurluk, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 17, Sayı 1,

- Ömeroğulları, Z., Kut, D., (2011). Doğal Yapıda Güç Tutuşur Madde Kullanımı ile Polyester Kumaşın Yanma Davranışının İncelenmesi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 21(4), 364-368.
- Özcan, G.(2002). *Örme Kumaş Yapısının Güç Tutuşma Özelliklerine Etkisi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Lenzing™ The Origin Of Solutions 158s.
- Özcan, G., Dayıoğlu H., Candan, C., (2006). Yumuşatıcıların Örme Kumaşın Güç Tutuşurluk Özelliklerine Etkisi, *İTÜ Dergisi/D Mühendislik* Cilt:1, Sayı:2, 99-106.
- Pal, A., Samanta, A. K., Bagchi, A., Samanta, P., Kar, T. R.(2020). A Review On Fire Protective Functional Finishing Of Natural Fibre Based Textiles: *Present Perspective. Curr Trends Fashion Technol Textile Eng.*; 7(1): 555705.
- Parmar, M.S., Sonee, N., Sisodia, N. (2020). Thermal And Flame Retardant Properties Of FR Viscose Fibre And Its Blends, *Journal Of The Textile Association*, 19-28.
- Patent (2020). Antistatik ve Güç Tutuşur Özelliğe Sahip Bir Dokuma Tekstil Ürünü.
- Patent (2018). Bir İtfaiyeci Kıyafetinin Dış Yüzeyi İçin Dokuma Kumaş
- Patent (2009). Özellikle İtfaiyeciler İçin, Koruyucu Giysilerin Gerçekleştirilmesinde Kullanılabilir Tekstil Yüzeyi ve Bu Yüzeyi İçeren Multitabakalı Kompleksler.
- Şardağ, S., (2019). Farklı oranlarda pamuk, tencel ve meta-aramid içeren güç tutuşur örme kumaşların mukavemet ve konfor özelliklerinin incelenmesi. *Ulusal Çukurova Tekstil Kongresi*, 26-27 Eylül, Adana
- Sonee, N., Arora, C., Parmar, M.S.(2019). Burning Behavior Of Aramid And FR Viscose Blended Fabrics, *Indian Journal Of Fibre & Textile Research* Vol. 44, Pp. 238-243.
- Stygiene, L., Krauledas, S., Abraitienė, A., Varnaitė, Žuravliova, S., Dubinskaite, K. (2022). Flammability and Thermoregulation Properties of Knitted Fabrics as a Potential Candidate for Protective Undergarments. *Materials* 2022, 15(7), 2647; <https://doi.org/10.3390/ma15072647>
- Tanyıldız, G., (2020). *19.Yy'dan Günümüze İstanbul İtfaiyecilerin Tarihi Ve Giysilerinin Günümüze Kadarki Değişimi*, Işık Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Moda Ve Tekstil Tasarımı, 144s.
- Tatlı, N., Ö., (2007). *Üç İplik Kumaş Yapısının ve Geçirdiği Terbiye İşlemlerinin Yanma Davranışı Üzerine Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı. Ust.Pdf Myd 113s.
- Telli A., (2021). Örme Kumaş Gözenekliliği ile Hava Geçirgenliği Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 36(1), ss

- Topçu H.(2019). *Huntit-Hidromanyezit Katkılı Nanosoller İle İşlem Gören Pamuklu Kumaşın Güç Tutuşurluk Özelliklerinin Araştırılması*, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 89s.
- Turan ve Okur (2008). Kumaşlarda hava geçirgenliği *Tekstil ve Mühendis* 2008, Cilt: 15 Sayı: 72, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/137308>
- Trautwein, G., Plaza-Recobert, M., Alcañiz-Monge, J. (2016). Unusual Pre-Oxidized Polyacrylonitrile Fibres Behaviour Against Their Activation With Co₂: Carbonization Effect, Alicante Üniversitesi, İspanya, *İnorganik Kimya*, 22(2): 223-231.
- Uyanık, S. ve Duru Baykal, P., (2018). Vortex Örne Kumaşların Hava Geçirgenliği Üzerine Lif Cinsi, Karışım Oranı ve Kumaş Sıklığının Etkileri. 4. *Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu* (4.ULPAS), 4-5 Ekim 2018, UÜ, Bursa.
- Ülger, B. (2012). *Yeni Nesil Teknik Lifler (Karbon, Lenzing FR, Meta-aramid, Para-aramid) Kullanılarak Özellikli İpliklerin Üretimi ve Kalite- Maliyet Analizi*. [Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi]. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana. 126s.
- Varga, K., Noisternig, M.F., Griesser, U.J., Aliaz, L., Koch, T. (2011). Thermal And Sorption Study Of Flame-Resistant Fibers. *Lenzinger Berichte* 50 – 59.
- Yazgan Bulgun E. ve Yılmaz, M. (2017). İtfaiye Elbiseleri Tasarımında Son Gelişmeler, *Tekstil ve Mühendis*, Yıl:17, Sayı:77,19-28.
- Yılmaz, M.(2010). *İtfaiye elbiseleri için akıllı bir giysi tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir 232s.
- Züleyha Önder, Sümeyye Üstütağ, Nazım Paşayev, Hüseyin Gazi Türksoy (2021). Process optimization of pad-dry-fixation and foam coating methods for flame retardant mattress fabrics, *Tekstil ve Mühendis*, 28: 123, 199-207. <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/StandardAra.aspx>