



EGE ÜNİVERSİTESİ

DOKTORA TEZİ

**MEKANİK DARBEYE DAYANIKLI TEKSTİL
ÜRÜNLERİNİN PERFORMANS VE KONFOR
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Gözde ERTEKİN

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Arzu MARMARALI

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 621.01.00

Sunuş Tarihi : 14.03.2014

Bornova-İZMİR

2014

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(DOKTORA TEZİ)

**MEKANİK DARBEYE DAYANIKLI TEKSTİL
ÜRÜNLERİNİN PERFORMANS VE KONFOR
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Gözde ERTEKİN

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Arzu MARMARALI

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 621.01.00

Sunuş Tarihi : 14.03.2014

Bornova-İZMİR

2014

Gözde ERTEKİN tarafından doktora tezi olarak sunulan “Mekanik Darbeye Dayanıklı Tekstil Ürünlerinin Performans ve Konfor Özellikleri Üzerine Bir Araştırma” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 14.03.2014 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı	: Prof. Dr. Bülent ÖZİPEK
Raportör Üye	: Doç. Dr. Güldemet BAŞAL BAYRAKTAR
Üye	: Prof. Dr. Hüseyin KADOĞLU
Üye	: Prof. Dr. Arzu MARMARALI
Üye	: Prof. Dr. Mevlüt TERCAN

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum “Mekanik Darbeye Dayanıklı Tekstil Ürünlerinin Performans ve Konfor Özellikleri Üzerine Bir Araştırma” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

14/03/2014

Gözde ERTEKİN

ÖZET**MEKANİK DARBESİNE DAYANIKLI TEKSTİL ÜRÜNLERİNİN
PERFORMANS VE KONFOR ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BİR
ARAŞTIRMA**

ERTEKİN, Gözde

Doktora Tezi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Arzu MARMARALI

Mart 2014, 172 sayfa

Son yıllarda performans ve fonksiyonel özellikleri ile ön plana çıkan teknik tekstiller alanında her geçen gün farklı kullanım amaçlarına uygun yeni ürünler, süreçler ve malzemeler üretilip pazara sunulmaktadır. Teknik tekstiller içerisinde geniş ürün yelpazesi ile önemli ve vazgeçilmez bir yere sahip olan koruyucu tekstiller pazarı, yeni ürünlere, tedarikçilere ve yeniliklere açık bir pazar olup, firmalar için gün geçtikçe dikkat çekici hale gelmiştir. Önceleri sadece iş güvenliği sağlamak için çalışanlar tarafından kullanılan koruyucu tekstiller, günümüz modern insanının aktif yaşam biçimi sayesinde spor ve boş zaman aktivitelerinde kullanımı da giderek artmaktadır. Koruyucu yüzeylerin geçmişte sadece koruma sağlaması yeterli bulunurken, günümüzde bu özelliğe ilaveten konfor ve moda gereksinimlerine de cevap vermesi beklenmektedir.

Bu çalışmada, düşük hızlı darbelere dayanıklı tekstil yüzeyleri ile ilgili kapsamlı bir çalışma yapılmıştır. Çalışmanın ilk adımında koruyucu tekstil ürünlerinin darbe dayanımlarını tespit edebilmek amacıyla ağırlık düşürme esasına göre çalışan, çeşitli standartlara göre modifiye edilerek kullanılabilen bir ölçüm cihazı geliştirilmiştir. İkinci adımında ise çeşitli kumaş parametreleri değiştirilerek üretilen sandviç kumaşların darbeye dayanıklı koruyucu yüzey olarak kullanılabilirliği araştırılmış ve bu alanda kullanılan yüzeylere göre performans ve konfor özellikleri iyileştirilmiş ürünler ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Anahtar sözcükler: Koruyucu tekstiller, mekanik darbeye dayanıklı tekstiller, düşük hızlı darbe dayanımı ölçüm cihazı, sandviç kumaşlar.

ABSTRACT**A RESEARCH ABOUT PERFORMANCE AND COMFORT
PROPERTIES OF MECHANICAL IMPACT PROTECTION
TEXTILE PRODUCTS**

ERTEKİN, Gözde

PhD in Textile Eng.

Supervisor: Prof. Dr. Arzu MARMARALI

March 2014, 172 pages

Nowadays new products, processes and materials are being introduced to the market in the field of technical textiles for various end uses. Protective textiles market with a wide range of products which have an important and indispensable position in technical textile field has become attractive for companies. In the past, protective textiles were used only by employees for work safety; but today the usage of these textiles for sports and leisure activities have been increasing thanks to active life style of modern people. Addition to protection properties, comfort and fashion requirements have an important role in protective textile products.

This comprehensive study about the low velocity impact protective textiles was performed in two stages. In the first stage, a device was developed for measuring the impact protection properties of textiles. In the second stage, the availability in the mechanical impact protection field of the warp knitted spacer fabrics produced with different fabric parameters was investigated and new products with improved performance and comfort properties have been tried to introduce.

Keywords: Protective textiles, mechanical impact protection textiles, low velocity impact measuring device, warp knitted spacer fabrics.

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde her türlü bilgi ve desteği ile bana yardımcı olan hocam sayın Prof. Dr. Arzu MARMARALI'ya,

Cihazın mekanik aksamını üreten Sadık ÖZÖNEL'e, yazılım kısmını gerçekleştiren Özcan OCAK'a,

Kumaş üretiminde destek olan başta Ekoten A.Ş. ve Ames Tekstil olmak üzere Simge SAKİN, Birkan YURDAKUL ve Mustafa YILDIRIM'a,

Cihazın tasarımı ve üretimi esnasında her adımda yardımlarını esirgemeyen Ömer KODAZ, Emrah TEMEL, İbrahim UYSAL, Necmi GEZER ve Hüsamettin ATILGAN'a,

Ayrıca tez çalışmam süresince fikir alışverişinde bulunduğum Sayın Prof. Dr. Hüseyin KADOĞLU, Prof. Dr. Mevlüt TERCAN, Prof. Dr. E. Perrin AKÇAKOCA KUMBASAR, Doç. Dr. Aslı DEMİR, Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÇAY, Yrd. Doç. Dr. Nida OĞLAKCIOĞLU, Yrd. Doç. Dr. Deniz DURAN, Dr. Tuba BEDEZ ÜTE ve Seniha ELEMEN'e,

Tezimle ilgili olarak sağladığı finansal destek için Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna ve TÜBİTAK “2211 Yurt İçi Lisansüstü Burs Programı”na,

Son olarak tez çalışmam süresince hep yanımda olan ve bana en büyük desteği sağlayan değerli eşim Mustafa ERTEKİN'e ve beni bugünlere getiren başta merhum anneannem olmak üzere anne ve babama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET VII

ABSTRACT İX

TEŞEKKÜR XI

ŞEKİLLER DİZİNİ XVII

ÇİZELGELER DİZİNİ XXIV

KISALTMALAR DİZİNİ XXIX

1. GİRİŞ 1

1.1. Koruyucu Tekstiller 2

1.1.1. Tarihsel gelişimi 2

1.1.2. Koruyucu tekstillerin Dünyadaki ve Türkiye’deki durumu.....3

1.1.3. Koruyucu tekstillerin sınıflandırılması 4

1.2. Mekanik Darbe Dayanımı.....7

1.2.1. Düşük hızlı darbe mekaniği 9

1.2.2. Darbe dayanımı ölçüm sistemleri 12

1.2.3. Darbe dayanımı ölçüm standartları..... 17

1.3. Mekanik Darbeye Dayanıklı Yüzeyler 21

1.3.1. Mekanik darbeye dayanıklı yüzeylerden beklenen özellikler 25

1.3.2. Mekanik darbeye dayanıklı yüzeylerin kullanım alanları 25

1.4. Sandviç Tekstiller 33

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

1.4.1. Sandviç tekstillerin çözgü örme tekniği ile üretimi	34
1.4.2. Sandviç tekstillerin özellikleri	38
1.4.3. Sandviç tekstillerin kullanım alanları	39
1.5. Çalışmanın Amacı.....	40
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	42
2.1. Mekanik Darbeye Dayanıklı Tekstiller Üzerine Yapılmış Çalışmalar	42
2.1.1. Sandviç kompozitlerin düşük hızlı darbe dayanım özelliklerinin incelendiği çalışmalar.....	42
2.1.2. Çözgü örme sandviç kumaşların düşük hızlı darbe dayanım özelliklerinin incelendiği çalışmalar	44
2.1.3. Çözgü örme sandviç kumaşların sıkıştırılabilirlik özelliklerinin incelendiği çalışmalar.....	45
2.2. Düşük Hızlı Darbe Dayanımı Ölçüm Cihazı Geliştirilmesi Üzerine Yapılmış Çalışmalar	49
2.3. Kalça Koruyucular İle İlgili Yapılmış Çalışmalar	52
3. MATERYAL-METOT	56
3.1. Çalışmada Kullanılan İpliklerin Özellikleri	56
3.2. Kumaş Üretimi.....	56
3.3. Kumaşlara Uygulanan Fiksaj İşlemi	61
3.4. Üretilen Kumaşların Özellikleri.....	63
3.5. Kumaşların Kaplanması.....	63
3.6. Temin Edilen Karşılaştırma Numuneleri	64

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.7. Kumaşlara Uygulanan Ölçümler	65
3.7.1. Kumaş ağırlığı (gramaj) ölçümü.....	65
3.7.2. Kalınlık ölçümü	65
3.7.3. Sıkıştırma dayanımı ölçümü	66
3.7.4. Hava geçirgenliği ölçümü.....	66
3.7.5. Kalıcı deformasyon.....	67
3.7.6. Boyutsal değişim ölçümü	68
3.7.7. Yüzey görüntü analizleri.....	69
3.8. Mekanik Darbe Dayanımı Ölçüm Cihazı ve Darbe Dayanımı Ölçümleri.....	69
3.8.1. Darbe dayanımı ölçümleri	69
3.8.2. Mekanik darbe dayanımı ölçüm cihazı.....	70
3.9. İstatistiksel değerlendirme	77
4. BULGULAR.....	78
4.1. Kaplanmamış ve Kaplanmış Sandviç Kumaşların Ölçüm Sonuçları	78
4.2. Temin Edilen Karşılaştırma Numunelerinin Ölçüm Sonuçları	89
5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME	91
5.1. Kumaşların Fiziksel Ölçüm Sonuçları.....	91
5.1.1. Kaplanmamış Kumaşların Fiziksel Ölçüm Sonuçları.....	91
5.1.2. Kaplanmış Kumaşların Fiziksel Ölçüm Sonuçları	106

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

5.2. Kumaşların Darbe Dayanımı Ölçüm Sonuçları	112
5.2.1. Kaplanmamış kumaşların darbe dayanım ölçüm sonuçları	115
5.2.2. Kaplanmış kumaşların darbe dayanım ölçüm sonuçları	137
5.3. Temin Edilen Karşılaştırma Numunelerinin ve Koruyucu Yüzeylerin Darbe Dayanımı Ölçüm Sonuçları	149
5.3.1. Kumaş numunelerinin darbe dayanım özelliklerinin karşılaştırılması	149
5.3.2. Koruyucu ürünlerin darbe dayanım özelliklerinin karşılaştırılması	151
6. TARTIŞMA VE ÖNERİLER	152
KAYNAKLAR DİZİNİ	157
ÖZGEÇMİŞ	172
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Koruyucu tekstillerin sınıflandırılması	5
1.2. Yük-deplasman eğrisi.	8
1.3. Sünek ve kırılğan malzemelerin yük-zaman eğrileri	9
1.4. Darbe başlangıç anı.....	10
1.5. Düşük hızlı darbenin kuvvet-zaman grafiği.	10
1.6. Düşük hızlı darbenin ivme-zaman grafiği.	11
1.7. Ağırlık düşürme testinin çalışma prensibi.	13
1.8. Elastik yüzeylerde ağırlık düşürme testi.	14
1.9. Sarkaç darbe testinin şematik gösterimi	16
1.10. Charpy deneyinde numune ve çekiç konum şeması.	17
1.11. İzod deneyinde numune ve çekiç konum şeması.....	17
1.12. Koruyucu malzemelerin kullanıldığı sportif faaliyetler ve meslek grupları.....	18
1.13. Enerji absorblama teknolojisi ile üretilmiş kompozit koruyucu ürünler	22
1.14. Koruyucu pedler, a) poliüretan içerikli, b) neopren, EVA içerikli, c)EVA içerikli, d)köpük.....	23
1.15. D30 teknolojisi ve bu teknoloji ile üretilmiş malzeme.....	23
1.16. Özel silikon malzemesi ile kaplanmış S-Range Deflexion™ tekstil ürünü.....	24
1.17. Vücudun çeşitli bölgelerini korumada kullanılan yüzeylere örnekler	26
1.18. Çeşitli spor dallarında kullanılan darbe koruyucu yüzeylere örnekler	26

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.19. Polisler tarafından kullanılan darbeye karşı koruyucu yüzeylere örnekler.....	27
1.20. Çeşitli eşyaları koruyan yüzeylere örnekler	27
1.21. Kalça koruyucular	28
1.22. (A) Sağlıklı uyluk kemiği, (B) Kemiğin toparlak ucunun kırılması ile oluşan kalça kırığı, (C) Trokanterik bölgenin 4-5 cm lik başlangıç kısmında meydana gelen kalça kırığı	28
1.23. Kalça kırığına yol açan olaylar dizisi.....	29
1.24. (a) Özel olarak tasarlanmış iç çamaşırının içine yerleştirilen kalça koruyucular, (b) Giysinin üzerine giyilen kalça koruyucular	29
1.25. Çeşitli kalça koruyucu örnekleri	30
1.26. Kalça koruyucular için a) Diniz Melo vd. geliştirdiği, b) Nabhani ve Bamford'un geliştirdikleri darbe dayanımı ölçüm sistemi.	32
1.27. Sandviç tekstil şematik gösterimi	33
1.28. Çift iğne raylı raşel makinesinde en basit sandviç kumaşın a) oluşum prensibi, b) enine kesit görüntüsü.....	34
1.29.Çift iğne raylı raşel makinesinde 5 yatırım rayı ile oluşturulan sandviç örme kumaşın a)üretim prensibi, b) simülasyon görüntüsü	35
1.30. Çözü örne sandviç tekstil görüntüsü	35
1.31. Farklı yüzey desenlerine sahip olan çözü örne sandviç tekstillere örnekler.	36
1.32. Çözü örne sandviç kumaşların farklı enine kesit şekilleri; a) paralel, b) çapraz, c) paralel ve çapraz kombinasyonlu.....	36
1.33. Süper kalın çözü örne sandviç tekstil örnekleri	37

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.34. Örülürken şekillendirilmiş çözümlü örme sandviç tekstillere örnekler.....	37
1.35. Sandviç tekstillerin hava ve nem geçirgenliği mekanizması.....	38
2.1. Arabzadeh ve arkadaşları tarafından geliştirilen darbe dayanımı ölçüm sistemi.....	49
2.2. Carboni tarafından geliştirilen darbe dayanımı ölçüm sistemi a) cihazın görüntüsü, b) sistemin şematik gösterimi.....	50
2.3. Maklewska ve arkadaşları tarafından geliştirilen darbe dayanımı ölçüm sistemi.....	50
2.4. Maklewska ve arkadaşlarının çalışmalarında kullandığı darbe dayanımı ölçüm sistemi.....	51
2.5. Şenel ve arkadaşlarının geliştirdikleri darbe dayanımı ölçüm sistemi..	52
2.6. Bulat ve arkadaşlarının geliştirdikleri kalça şeklindeki vurucu.....	53
2.7. Derler ve arkadaşlarının geliştirdikleri anatomik kalça modeli.....	54
2.8. Nabhani ve Bamford'un geliştirdikleri anatomik kalça modeli.	54
2.9. van Schoor ve arkadaşlarının geliştirdikleri a)kalça modeli ve b) bu modelin kullanıldığı ölçüm cihazı.....	55
3.1. Karl Mayer RD 6 raşel çözgü örme makinesi	57
3.2a. İki yüzeyi delikli kumaşların (a) yüzey görüntüleri ve (b) yatırım hareketleri.....	59
3.2b. İki yüzeyi kapalı kumaşların (a) yüzey görüntüleri ve (b) yatırım hareketleri.....	59
3.2c. Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı kumaşların (a) yüzey görüntüleri ve (b) yatırım hareketleri.....	60
3.3. Kumaşların kaplanma prosesi.....	64

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.4. BTS elektronik dijital kumpas.	66
3.5. Zwick R10 test cihazı.....	66
3.6. Textest FX 3300 hava geçirgenliği ölçüm cihazı.....	67
3.7. TS 2013 EN ISO1856 standardına uygun kalıcı deformasyon ölçümü.	68
3.8. Boyutsal değişim ölçümünde kullanılan numune boyutu.	68
3.9. Leica kameralı mikroskop.....	69
3.10. Geliştirilen darbe dayanımı ölçüm cihazı.	70
3.11. TS EN 1621-1 ve 2 standardına uygun olarak tasarlanan darbe dayanımı ölçüm cihazı,.....	71
3.12 a) Motor tertibatı.	72
3.12 b) Vurucu kütlesi, standarda göre değiştirilen vurucular ve çalıştırma düğmesi.....	72
3.12 c) Vurucu kütlesi üzerine monte edilmiş ivmeölçer.	72
3.12 d) Proximity sensör.	73
3.12 e) Örs tipleri ve yük hücresi.	73
3.12 f) Analog sinyalleri dijitale çeviren elektronik ana birim kartı.	73
3.12 g) Yazılım programı ana giriş ekranı.	74
3.12h) Yazılım programından elde edilen grafik örneği.	75
3.13. Grafik yazılım programından elde edilen grafikler.....	76
5.1. Kalınlık değişiminin gramaja etkisi.	92
5.2. Fiksaj sıcaklığı değişiminin gramaja etkisi.....	92

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.3. Nihai en değişiminin gramaja etkisi.	93
5.4. Yüzey yapısı değişiminin gramaja etkisi (Fiksaj sıcaklığı 180 ⁰ C).....	93
5.5. Fiksaj sıcaklığı değişiminin kumaş kalınlığına etkisi.	95
5.6. Nihai en değişiminin kumaş kalınlığına etkisi.....	95
5.7. Yüzey yapısı değişiminin kumaş kalınlığına etkisi (Fiksaj sıcaklığı 180 ⁰ C).....	96
5.8. Kalınlık değişiminin hava geçirgenliğine etkisi.	98
5.9. Fiksaj sıcaklığı değişiminin hava geçirgenliğine etkisi.	98
5.10. Nihai en değişiminin hava geçirgenliğine etkisi.....	99
5.11. Yüzey yapısı değişiminin hava geçirgenliğine etkisi (Fiksaj sıcaklığı 180 ⁰ C).....	99
5.12. Kalınlık değişiminin sıkıştırma dayanımına etkisi.	102
5.13. Fiksaj sıcaklığı değişiminin sıkıştırma dayanımına etkisi.	102
5.14. Nihai en değişiminin sıkıştırma dayanımına etkisi.....	103
5.15. Yüzey yapısı değişiminin sıkıştırma dayanımına etkisi.	103
5.16. Kumaşların enine yönde boyutsal değişim özellikleri.	105
5.17. Kumaşların kalıcı deformasyon sonuçları.	106
5.18. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların gramaj değerleri.	106
5.19. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların kalınlık değerleri.....	107
5.20. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların hava geçirgenlik değerleri.	109

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.21. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların sıkıştırma dayanımı değerleri.....	110
5.24. Kumaş kalınlığının farklı enerji seviyelerindeki aktarılan kuvvet değerine etkisi.....	119
5.25. Kumaş kalınlığının farklı darbe enerjilerinde absorbe edilen enerji değerine etkisi.....	121
5.26. Fiksaj sıcaklığının farklı darbe enerjilerinde aktarılan kuvvet değerine etkisi.....	123
5.27. Fiksaj sıcaklığının farklı darbe enerjilerinde absorbe edilen enerji değerine etkisi.....	124
5.28. Nihai enin farklı darbe enerjilerinde aktarılan kuvvet değerine etkisi.....	126
5.29. Nihai enin farklı darbe enerjilerinde absorbe edilen enerji değerine etkisi.....	127
5.30. Yüzey yapısının farklı darbe enerjilerinde aktarılan kuvvet değerine etkisi.....	128
5.31. Yüzey yapısının farklı darbe enerjilerinde absorbe edilen enerji değerine etkisi.....	129
5.32. Farklı kumaş katman sayılarında ölçülen aktarılan kuvvet değerleri.	132
5.33. Farklı kumaş katman sayılarında TS EN 1621-2 standardına göre ölçülen aktarılan kuvvet değerleri.	136
5.34. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 50 J darbe enerjisinde aktarılan kuvvet değerleri	139
5.35. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 50 J darbe enerjisinde absorbe edilen enerji değerleri.	141
5.36. Kaplanmış kumaşların farklı katman sayılarında 50 J darbe enerjisinde aktarılan kuvvet değerleri.	143

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.37. Farklı katman sayılarında 50 J darbe enerjisindeki kaplanmış kumaşların aktarılan kuvvet değerleri (EN 1621-2).....	149
5.38. Temin edilen karşılaştırma numunelerinin farklı darbe enerjilerinde aktarılan kuvvet değerleri.....	150
5.39. Temin edilen karşılaştırma numunelerinin absorbe edilen enerji değerleri.....	150
5.40. Temin edilen koruyucu yüzeylerin aktarılan kuvvet değerleri.....	151

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Dünya çapında nihai kullanıcı tüketiminin büyüme oranları	4
1.2. Kalça koruyucuların özellikleri.....	31
3.1. Sandviç kumaşların üretiminde kullanılan iplikler.	56
3.2. Sandviç kumaşların üretiminde kullanılan çözü örne makinesinin özellikleri.....	56
3.3. Kumaşların üretim parametreleri.	57
3.4. Kumaşların üretiminde kullanılan yatırım rayı (YR) hareketleri.....	58
3.5. Çalışma kapsamında üretilen sandviç kumaşlar.	63
3.6. Temin edilen karşılaştırma numunelerin teknik özellikleri.	64
3.7. Temin edilen koruyucu yüzeylerin teknik özellikleri.	65
4.1a. Kaplanmamış kumaşların fiziksel özellikleri.	78
4.1b. Kaplanmamış kumaşların fiziksel özellikleri.....	79
4.2 a. Kaplanmış kumaşların fiziksel özellikleri.....	80
4.2 b. Kaplanmış kumaşların fiziksel özellikleri.....	81
4.3 Kaplanmamış kumaşların farklı enerji seviyelerindeki darbe dayanım ölçüm sonuçları.	82
4.4 Kaplanmış kumaşların farklı enerji seviyelerindeki darbe dayanım ölçüm sonuçları.	84
4.5 Kaplanmamış ve kaplanmış kumaşların 50 J darbe enerjisinde farklı kumaş katman sayılarındaki aktarılan kuvve t (kN) ölçüm sonuçları.	86

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.6. Kaplanmamış ve kaplanmış kumaşların EN 1621-2 standardına göre 50 J enerji seviyesinde farklı kumaş katman sayılarındaki aktarılan kuvvet (kN) ölçüm sonuçları	88
4.7. Temin edilen karşılaştırma numunelerinin fiziksel ölçüm sonuçları.....	89
4.8. Temin edilen karşılaştırma numunelerinin darbe dayanımı ölçüm sonuçları.....	89
4.9. Temin edilen koruyucu yüzeylerin ölçüm sonuçları.	90
5.1. Kumaş parametrelerinin gramaja etkisinin değerlendirilmesi.	94
5.2. Kumaş parametrelerinin kalınlığa etkisinin değerlendirilmesi.....	96
5.3. Kumaş parametrelerinin hava geçirgenliğine etkisinin değerlendirilmesi.	100
5.4. Kumaş parametrelerinin sıkıştırma dayanımına etkisinin değerlendirilmesi.	104
5.5. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların kalınlıklarının değerlendirilmesi.	108
5.6. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların hava geçirgenliklerinin değerlendirilmesi.	109
5.7. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların sıkıştırma dayanımlarının değerlendirilmesi.	110
5.8. TS EN 1621 standardının özellikleri ve koruma seviyeleri.....	113
5.9. Farklı darbe enerjilerinde darbe sonrası kumaşta meydana gelen deformasyon görüntüleri.....	117
5.10. Kumaş kalınlığının farklı darbe enerjilerinde aktarılan kuvvet değerine etkisinin değerlendirilmesi.	120
5.11. Kumaş kalınlığının farklı darbe enerjilerinde absorbe edilen enerji değerine etkisinin değerlendirilmesi.	122

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.12. Fiksaj sıcaklığının farklı darbe enerjilerinde aktarılan kuvvet değerine etkisinin değerlendirilmesi.	123
5.13. Fiksaj sıcaklığının farklı darbe enerjilerinde absorbe edilen enerji değerine etkisinin değerlendirilmesi.	125
5.14. Nihai enin farklı darbe enerjilerinde aktarılan kuvvet değerine etkisinin değerlendirilmesi.	126
5.15. Nihai enin farklı darbe enerjilerinde absorbe edilen enerji değerine etkisinin değerlendirilmesi.	127
5.16. Yüzey yapısının farklı darbe enerjilerinde aktarılan kuvvet değerine etkisinin değerlendirilmesi.	130
5.17. Yüzey yapısının farklı darbe enerjilerinde absorbe edilen enerji değerine etkisinin değerlendirilmesi.	131
5.18a. Katman sayısının kumaşların aktarılan kuvvet değerine etkisinin değerlendirilmesi.	133
5.18b. Katman sayısının kumaşların aktarılan kuvvet değerine etkisinin değerlendirilmesi.	134
5.19. Kumaşların üç katman olarak ölçülen aktarılan kuvvet değerlerinin değerlendirilmesi.	135
5.20. Farklı darbe enerjilerinde darbe sonrası kumaşlarda meydana gelen deformasyon görüntüleri.	138
5.21. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 50 J darbe enerjisinde aktarılan kuvvet değerlerinin değerlendirilmesi.	140
5.22. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların darbeye maruz kaldıklarında durumları.	141
5.23. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 50 J darbe enerjisinde absorbe edilen enerji değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi.	142
5.24a. Katman sayısının kumaşların aktarılan kuvvet değerine etkisinin değerlendirilmesi.	144

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.24b. Katman sayısının kumaşların aktarılan kuvvet değerine etkisinin değerlendirilmesi.....	145
5.25a. Kumaşların tek katman olarak ölçülen aktarılan kuvvet değerinin değerlendirilmesi.....	146
5.25b. Kumaşların çift katman olarak ölçülen aktarılan kuvvet değerinin değerlendirilmesi.....	147
5.25c. Kumaşların üç katman olarak ölçülen aktarılan kuvvet değerinin değerlendirilmesi.....	148

KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
YR	Yatırım rayı.
UHMWPE	Ultra yüksek moleküler ağırlığa sahip polietilen (Ultra High Molecular Weight Polyethylene).
UV	Ultraviyole.
UVR	Ultraviyole radyasyon.

1. GİRİŞ

1980’li yıllarda duyulmaya başlanan ve The Textile Institute tarafından “Estetik ve dekoratif karakteristiklerinden ziyade, öncelikli olarak teknik performansları ve fonksiyonel özellikleri için üretilen tekstil malzemeleri ve ürünleri” olarak tanımlanan teknik tekstiller, tekstil sektörünün en hızlı büyüyen alanıdır. Özellikle son yirmi yıl içerisinde bu alanda yoğunlaşan araştırmalar, her geçen gün farklı kullanım amaçlarına uygun yeni ürünlerin, süreçlerin üretilmesini ve pazara sunulmasını sağlamaktadır.

Teknik tekstiller son kullanım alanına göre sınıflandırıldığında; zirai tekstiller, inşaat tekstilleri, giyim teknik tekstilleri, jeolojik tekstiller, ev tekstilleri, endüstriyel tekstiller, tıbbi tekstiller, taşımacılık tekstilleri, ambalaj tekstilleri, koruyucu tekstiller, spor tekstilleri, ekolojik tekstiller ve gıda tekstilleri olmak üzere 13 ana gruba ayrılmıştır.

Teknik tekstiller içerisinde en ilgi çekici uygulama alanlarından biri olan koruyucu tekstiller; profesyonel ve/veya diğer ortamlarda insanların güvende olmasını sağlamak için kullanılan materyallerdir. İnsanların güvende olması temelde iki seviyede sağlanabilmektedir: birincisi prosesler, malzemeler ve ürünlerin güvenli olması; ikincisi ise kişinin herhangi bir nedenle zarar kaynağına yaklaşmasının engellenemediği durumlarda uygun koruyucu ekipmanlarla korunmasının sağlanmasıdır. Buradan da ortamların, proseslerin ve ürünlerin güvenli hale getirilemediği koşullarda koruyucu malzemelerin önemli bir çözüm yolu olabileceği ortaya çıkmaktadır.

Geçmişten günümüze koruyucu tekstiller alanında koruyucu özelliğe sahip giysilerin kullanımından, modern materyaller ve teknikler kullanılarak üretilen karmaşık ve çok fonksiyonlu koruyucu sistemlerin tasarımına kadar birçok gelişme kaydedilmiştir. Koruyucu tekstiller pazarı, yeni ürünlere açık bir pazar olduğu için çeşitliliği arttırmak isteyen firmalar için gün geçtikçe dikkat çekici hale gelmiş ve çeşitliliği sürekli artış göstermiştir. Önceleri sadece bazı meslek grupları tarafından kullanılan koruyucu tekstiller, günümüz modern insanının spora verdiği önemin de artmasıyla, spor ve boş zaman aktivitelerinde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Teknik açıdan ise koruyucu giysilerin istenilen özellikleri sağlayabilmesi için daha karmaşık yapıya sahip olması gerektiği bilinmektedir. Önceleri sadece koruyucu özelliğe sahip olması istenen bu ürünlerin, günümüzde bu özelliğin yanı sıra konfor ve moda gereksinimlerine de

cevap vermesi beklenmektedir ve bu da koruyucu tekstillerin daha detaylı araştırılması ile sağlanabilecektir.

Bu çalışmanın konusu olan mekanik darbeye dayanıklı tekstiller, teknik tekstillerin bir alt grubu olan koruyucu tekstiller içerisinde yer aldığından izleyen bölümde koruyucu tekstillere ayrıntılı olarak yer verilmiştir.

1.1. Koruyucu Tekstiller

Koruyucu tekstiller, kişinin zararlı maddelere, kötü çevre koşullarına maruz kalma riskini önlemek ve bu riskten korunmasını sağlamak ve/veya bu riski azaltmak için kullanılan teknik tekstil ürünleridir (Smith, 1999). Bir başka deyişle çeşitli risk ortamlarında çalışan itfaiyeciler, güvenlik personeli, otomobil yarışçıları, tıbbi personel, ağır sanayi işçileri vb. insanların zarar verici dış etkenlerden korunması amacı ile üretilen giysilere koruyucu tekstiller denir (Emek, 2004; Beyit, 2006).

Koruyucu giysilerde en önemli husus insan hayatının korunmasıdır ve bu ürünlerde kritik unsur kullanılan koruyucu yüzeydir. Giysiyi giyen kişi ile potansiyel yaralanma kaynağı arasında güvenlik bariyeri oluşturan kumaşın özellikleri, kazada kişinin yaralanma derecesini belirleyecek en önemli etkidir. Tekstil terimleri bakımından korunma, mevcut olan yapının korunması için tekstil ürününün yakınındaki etki veya enerjiyi absorbe etmesi olarak ifade edilebilmektedir (Horrocks and Anand, 2000).

1.1.1. Tarihsel gelişimi

Koruyucu giysiler insanoğlunun çevre ve hava koşullarına karşı korunmak için vücudunu örtme ihtiyacından ortaya çıkmıştır. Bu amaçla ilk koruyucu giysi olarak hayvan derileri kullanılmaya başlanmıştır. Yün lifinden yapılmış ilk keçe ayakkabı, ayağı soğuğa karşı korumada kullanılmıştır. İplikçilik ve dokumacılığın ilk kanıtları, Neolitik zamanda tarımsal alanlarda yerleşen insanların keten, pamuk, ipek ve yün kullandığını göstermiştir.

Tarih boyunca koruyucu tekstiller genellikle savaşçı ve dövüşçülerin kullanması için geliştirilmiştir. Romen askerlerin, metal ve deri zırhlardan yapılmış ağır tunik ve etekler giydikleri; ortaçağ şövalyelerinin, zincirden yapılmış zırhlarının altına destek amacıyla veya cildin zedelenmemesi için zırhlı giysiler kullandıkları bilinmektedir.

19. yüzyıldaki sanayi devrimi, endüstriyel tehlikelere karşı koruyucu giysilerin kullanımında önemli bir artışa neden olmuştur. Bu, kişisel koruyucu giysilere ilk ciddi ilginin ortaya çıkışı olarak kabul edilmektedir.

20. yüzyılın sonlarında insanların mesleki tehlikelerden korunması için koruyucu ekipman kullanımı kanunlar ile desteklenmiştir. Dolayısıyla koruma sağlayan yeni tekstil lif, yapı ve giysi sistemlerinin geliştirilmesi ve kullanılması gerekliliği ortaya çıkmıştır (Scott, 2005).

Koruyucu giysilerde ilk olarak deri ve metal ağ yapıları kullanılırken, 1940'lı yılların başında naylon esaslı koruyucu ceketler; 1970'li yıllarda ise para-aramid gibi gelişmiş lifler kullanılmaya başlanmıştır. Ardından bu alanda giysi ağırlığı, konfor ve koruma arasında daha iyi bir denge kurmak için ortalama giysi ağırlığını %15 azaltan, çok yüksek molekül ağırlıklı polietilen esaslı daha sağlam bir lif olan UHMWPE (ticari olarak Dyneema (DSM) olarak bilinen lif) geliştirilmiş; para-aramid lifleri ile birlikte kullanımı koruyucu tekstiller alanında önemli bir adım oluşturmıştır. Günümüzde koruyucu tekstiller alanında para-aramid ve UHMWPE lifleri yüksek oranda kullanılmaktadır (Horrocks and Anand, 2000).

1.1.2. Koruyucu tekstillerin Dünyadaki ve Türkiye'deki durumu

Dünya teknik tekstil üretimi ve tüketiminin büyük bölümü Kuzey Amerika, Batı Avrupa ve Japonya'da gerçekleşmekte ve teknik tekstillerin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Teknik tekstillerin toplam tekstil üretimi içerisindeki payı bakımından Japonya, dünya lideri konumundadır. Avrupa Birliği için bu değer yaklaşık % 22'dir (Ekonomi Bakanlığı, 2012).

Teknik tekstil ürünlerinin tarife cetvelinde tam olarak belirlenememesi nedeniyle, sektörün kesin dış ticaret verileri temin edilememektedir. Bununla birlikte, dünya tekstil ticaretinin 2010 yılı itibarıyla yaklaşık 100 milyar dolar seviyesinde olduğu ve % 21'lik pay ile Çin'in ilk sırada bulunduğu, bunu sırasıyla Almanya (% 9,4), ABD (% 8,5)'nin izlediği bilinmektedir. Ülkemiz ise % 1,4'lük bir pay ile 20. sırada yer almaktadır. Dünya teknik tekstil ithalatında ise ilk sırayı % 13'lük pay ile ABD almakta olup, bunu %8,3 ile Almanya, % 6 ile izlemektedir. Türkiye ise dünya ithalatından %1,5 pay alarak 18. sırada yer almaktadır (Ekonomi Bakanlığı, 2012).

Ülkemizin 2010 yılında teknik tekstil ihracatı 1,3 milyar dolar iken, 2011 yılında bu rakamın % 21 oranında artarak 1,6 milyar doların üzerine çıktığı bilinmektedir. Aynı yıl için Türkiye'nin teknik tekstil ithalatı 1,5 milyar doların üzerindedir (Ekonomi Bakanlığı, 2012).

Üretim miktarı açısından koruyucu tekstillerin teknik tekstiller içerisindeki payı sadece % 4 olmasına rağmen (Çizelge 1.1), bu ürünlerin materyal başına değeri oldukça yüksektir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde sanayileşmenin artması ile sağlık, güvenlik ve hijyen alanlarında yeni yasalar ve yaptırımlar ortaya konmakta ve bunun sonucu olarak koruyucu giysilere olan talepte artış gözlenmektedir. Bu nedenle önümüzdeki yıllarda koruyucu tekstillerin gelişmekte olan ülkelerde tüketiminin daha da artacağı tahmin edilmektedir.

Çizelge 1.1. Dünya çapında nihai kullanıcı tüketiminin büyüme oranları (David Rigby, 2002).

Uygulama Alanı	2000-2005 (Yıllık %)	2005-2010 (Yıllık %)
Jeolojik tekstiller	4,6	5,3
İnşaat tekstilleri	4,3	5,0
Endüstriyel tekstiller	3,5	4,4
Tıbbi tekstiller	4,6	4,3
Koruyucu tekstiller	3,3	4,0
Zirai tekstiller	3,2	3,9
Ambalaj tekstilleri	3,2	3,8
Spor tekstilleri	3,1	3,7
Taşımacılık tekstilleri	2,7	3,4
Giyim teknik tekstilleri	2,7	3,2
Ev tekstilleri	2,7	2,7
Toplam	3,3	3,8

1.1.3. Koruyucu tekstillerin sınıflandırılması

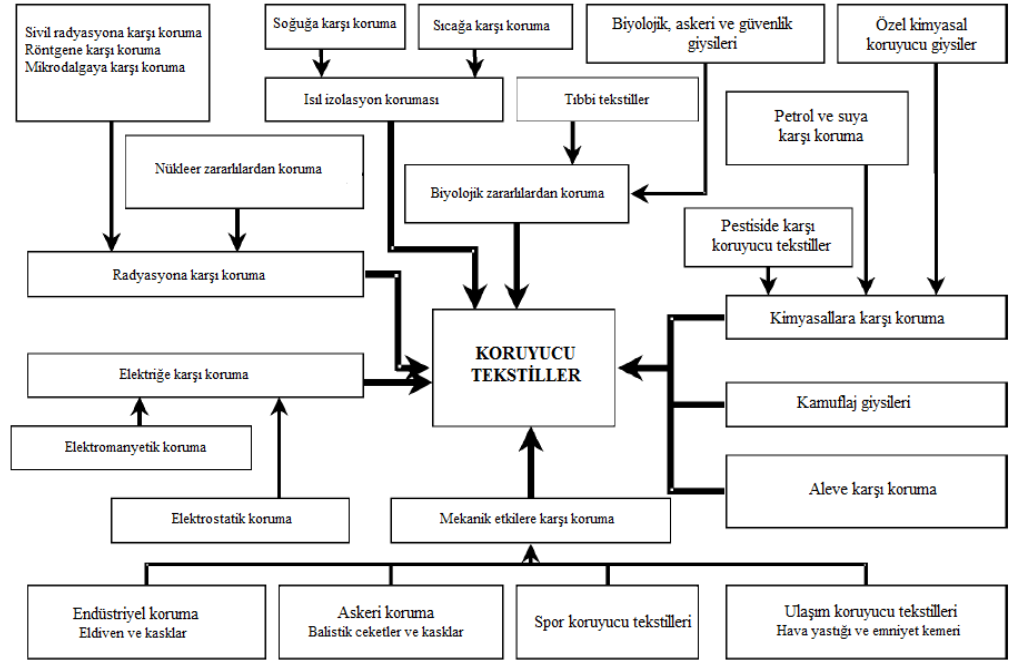
Koruyucu tekstillerin, nihai ürüne ve nihai ürünün işlevine göre olmak üzere iki şekilde sınıflandırılması mümkündür. Koruyucu tekstiller nihai ürüne göre; endüstriyel, zirai, askeri, sivil, tıbbi, spor ve uzay koruyucu tekstilleri olarak sınıflandırılmaktadır (Şekil 1.1).

Ancak koruyucu tekstiller daha yaygın olarak nihai ürünün işlevine göre aşağıda sıralandığı gibi 8 grup olarak sınıflandırılmaktadır.

- Aleve karşı koruma
- Isıl (sıcak ve soğuk) koruma,
- Kimyasal zararlardan koruma,

- Mekanik etkilere karşı koruma (balistik ve diğer etkiler),
- Radyasyona karşı koruma,
- Biyolojik zararlılardan koruma,
- Elektriğe karşı koruma (elektromanyetik, elektrostatik koruma)
- Yüksek görünürlükte uyarıcı tekstiller.

Son günlerde bu kategorilere temiz oda giysileri de eklenerek, koruyucu tekstiller 9 kategoride incelenmeye başlanmıştır.



Şekil 1.1. Koruyucu tekstillerin sınıflandırılması (Scott, 2005).

I) Aleve karşı koruyucu tekstiller: Bu giysilerin temel görevi; aleve karşı bariyer oluşturup derinin ısınmasını azaltarak ve/veya engelleyerek giyen kişiye yangından kaçması için yeterli zaman sağlamaktır. Bu ürünler, Kevlar® ve Nomex® gibi güç tutuşur materyaller kullanarak, güç tutuşurluk apresi uygulayarak veya bu iki yöntemi birlikte kullanarak elde edilebilir. Bu giysiler itfaiyeciler ve yüksek ısıli ortamda çalışanlar tarafından kullanılmaktadır.

II) Termal (sıcığa ve soğuğa karşı) koruyucu tekstiller: Aşırı sıcak veya soğuk ortamlar için ısı transferine karşı koruyucu tekstiller, ısı düzenleyici veya ısıya uyumlu özelliklere sahiptirler. Aşırı sıcak havalarda ısıнын dışarı aktarılması ve soğuk havalarda ise ısı kaybının önlenmesi bu tekstillerin temel işlevidir.

III) Kimyasallara karşı koruyucu tekstiller: İnsana zarar veren kimyasal maddelere karşı koruma sağlarlar. Dünya’da zehirli özellikte 100.000’den fazla kimyasal madde kullanılmasına rağmen sınırlı sayıda kimyasala karşı koruma sağlanabilmektedir.

IV) Mekanik etkilere karşı koruyucu tekstiller: Bu tip koruyucu giysiler balistik koruma ve diğer mekanik etkilerden koruma olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Asker, polis ve güvenlik görevlileri tarafından kullanılan balistik koruyucu giysiler, farklı atış hızlarında, çeşitli şekil ve boyutlardaki mermilere karşı korumayı hedeflemektedir. Bu giysilerde 1970’li yıllardan beri Kevlar®, Twaron® ve UHMWPE gibi aromatik bileşen içeren lifler tercih edilmektedir.

Diğer mekanik etkilerden koruma grubunda ise kesilme, yırtılma, aşınma, düşme, çarpma vb. gibi etkilerden vücudu koruyan tekstiller yer almaktadır. Eldiven, kask, dizlik, dirseklik vd. bu amaçla kullanılan koruyuculara örnektir. Bu çalışmanın konusu olan mekanik etkilere karşı dayanıklı koruyucu tekstiller bu grupta yer almaktadır.

V) Radyasyona karşı koruyucu tekstiller: Bu ürünler nükleer, UV (ultraviole), elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu tekstillerdir. Nükleer radyasyona karşı koruyucu tekstiller, radyoaktif ortamlarda çalışan kişilerin radyasyona maruz kalmalarını engellemek için tasarlanmış giysilerdir. UV koruyucu giysiler, kişileri zararlı UV ışınlarına karşı korumak için kullanılır. Güneş gözlükleri, şapkalar ve giysiler UVR (ultraviole radyasyonu) ışınlarına karşı başlıca koruyuculardır. Bir kumaşın UVR koruması, lif içeriğine, dokusuna, kumaşına, rengine, uygulanan bitim işlemlerine ve yıkanma prosesine bağlıdır. Elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu tekstiller, lösemi ve diğer kanser hücrelerini oluşturan kimyasal aktivitelere neden olabilen elektromanyetik dalgalara karşı kişiyi korurlar. Ayrıca askeri, elektrik ve elektronik endüstrilerinde elektromanyetik ve statik yüklenmeleri engellemek için iletken kumaşlar kullanılmaktadır.

VI) Biyolojik zararlılara karşı koruyucu tekstiller: Çoğunlukla askeri giysilerde, bebek kıyafetleri, mendiller, havlular ve iç çamaşırı olarak kullanılan biyolojik zararlılara karşı koruyucu tekstillerin iki temel görevi vardır: Birincisi estetik, hijyenik ve medikal sorunlara yol açan bakteri, maya, mantar ve diğer mikroorganizmalardan; ikincisi ise küf mantarının yol açtığı biyolojik bozunma ile sinek, böcek gibi zararlılardan korumaktır. Bu koruma, mikroorganizmalara

dayanıklı lifler kullanarak veya doğal/sentetik tekstillere antimikrobiyal özellik kazandıran kimyasal bitim işlemleri uygulayarak sağlanabilir.

VII) Elektriğe karşı koruyucu tekstiller: Bu giysiler elektromanyetik ve elektrostatik gibi elektrik zararlarından korunmak için kullanılırlar. Elektromanyetik kaynaklardan koruma, elektrik şoku ve yanma tehlikesi yaratabilen güç kaynaklarına ve elektrik ekipmanlarına yakın çalışan kişiler için önemlidir. Bu amaçla, genellikle lastik eldivenler, kasklar ve botlar, kol koruyucular, iletken Faraday kafesi giysileri, lastik örtüler ve iletken olmayan çubuklar kullanılmaktadır. Patlayıcı madde, kağıt, elektronik ve plastik endüstrilerinde en büyük tehlikelerden biri statik yüklemenin meydana gelmesi sonucu tekstillerin vücuda yapışmasıdır. İplik üretirken içerisine iletken malzeme ekleyerek veya ürüne antistatik bitim işlemleri uygulayarak giysilerin statik yüklenmesinin önüne geçilebilir.

VIII) Yüksek görünürlüğe sahip giysiler: Yayalar, bisiklet sürücüleri, koşucular, yürüyüş yapan kişiler, polis, itfaiye ve karayolu çalışanlarının ölüm ve ciddi yaralanmalarını engellemeye yardımcı olan giysilerdir. Bu amaçla giysilerin üzerine yüksek görünürlüğe sahip malzemeler aplat edilir veya kimyasal bitim işlemleri ile bu özellik kazandırılır. Temelde üç tip ürün grubu mevcuttur: a) Işık altında parlayan reflektive (yansıtıcı) materyaller, b) Gün ışığı veya yapay ışığı emip depolayan ve karanlıkta yeşil sarı renk veren fotoluminesant materyaller, c) Kırmızı turuncu renk olarak gün boyu görünen floresans materyaller.

IX) Temiz oda giysileri: Bu giysiler çevreyi, insandan kaynaklanan kirlilikten korurlar. İnsan vücudunun her gün 1 milyar deri hücresi döktüğünden ve insan vücudu ile giysiler bir miktar toz, saç, kozmetik, parfüm, tütün içerdiğinden, bu tip giysilerin optik, uzay araçları, yiyecek ve ilaç sanayi ile hasta odalarında kullanımı büyük önem taşımaktadır (Scott, 2005).

Bu çalışmanın konusu olan mekanik etkilere karşı dayanıklı koruyucu tekstiller hakkında detaylı bilgiye yer vermeden önce, mekanik darbe dayanımı, ölçüm sistemleri ve bu alanda kullanılan standartlar hakkında bilgi verilecektir.

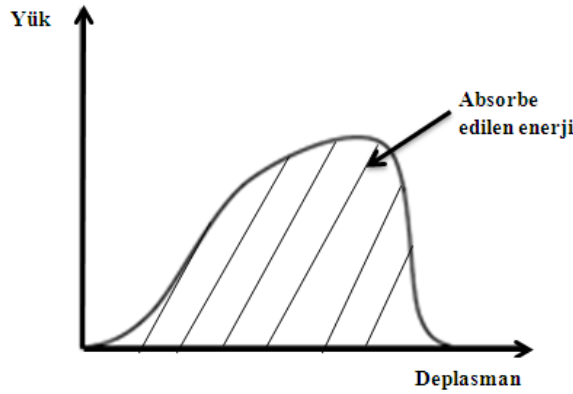
1.2. Mekanik Darbe Dayanımı

Mekanikte darbe, malzeme üzerine düşük, orta ve yüksek hızlarda çok kısa sürede uygulanan büyük kuvvet olarak tanımlanmaktadır (Impact Mechanics, 2012). Uygulama yeri ve kullanım amacına göre, malzemeler çok farklı darbelere

maruz kalabilir. Darbe, genel olarak düşük ve yüksek hızlı darbe olarak sınıflandırılrsa da, yapılan araştırmalar sınıflandırmalar arasında net bir geçişin bulunmadığını göstermektedir.

Bu konuda yapılmış çalışmalardan bir kısmı düşük hızlı darbeyi, malzeme özelliklerine, çarpan cismin kütle ve rijitliğine bağlı olarak 1 ile 10 m/s arasında değişen hızlardaki darbe olarak tanımlamaktadır (Şenel, 2009; Shivakumar et al., 1988; Sjoblem et al., 1988). Düşük hızlı darbeye, çarpma sonucu malzeme içyapısında deformasyon meydana gelir; malzemenin darbeye cevap verebilmesi için darbe temas süresi yeterlidir. Bu nedenle hedefin dinamik yapısal cevabı çok büyük bir öneme sahiptir. Yüksek hızlı darbeler ise 100 m/sn'den daha yüksek hızlarda meydana gelen darbelerdir. Literatürde 1000 m/sn'den yüksek hızlardaki darbeler için hiperhızlı tanımlaması da yapılmaktadır (Hodgkinson, 2000). Yüksek hızlı darbeye malzeme tepkisi, malzeme boyunca yayılan gerilme dalgası etkin olduğu için malzemenin darbeye karşı cevap verme zamanı yeterli değildir ve çok küçük bir bölgede hasar oluşmaktadır (Şenel, 2009).

Darbe yükleri, malzeme bünyesinde darbe enerjisine dönüşerek absorbe edilmektedir. Absorbe edilen enerji, Şekil 1.2' de verilen yük-deplasman eğrisi altında kalan alandan hesaplanmaktadır. Darbe süresince malzeme tarafından absorbe edilen bu enerji, materyalin mukavemetinin ve sünekliğinin bir ölçüsü olarak da kullanılmaktadır.

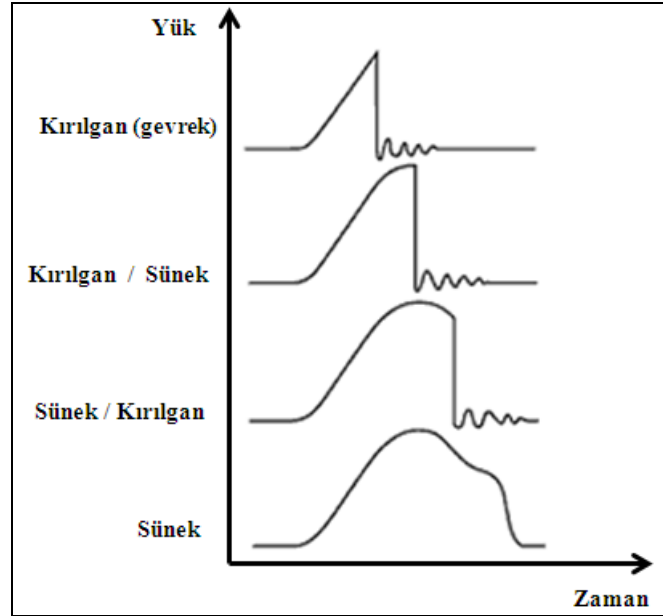


Şekil 1.2. Yük-deplasman eğrisi.

Malzemelerin darbe yüklerine karşı davranışları oldukça karmaşıktır. Yüksek hızlardaki darbe, malzeme üzerinde gözle görülür hasarlar meydana getirirken; düşük ve orta hızlardaki darbeler daha az önemli gibi görünse de malzemenin içerisinde mikro çatlaklara neden olabilmektedir. Önceden

görülemeyen bu hasarlar çalışma esnasında büyüyerek önemli zararlar meydana getirebilir. Malzemelerin darbeye karşı davranışları, sünek veya kırılğan (gevrek) oluşlarına göre de değişmektedir. Kırılğan malzemelerde düşük darbe enerjisi ile çatlak meydana gelirken; sünek malzemelerde çatlak yüksek darbe enerjisi ile oluşmaktadır. Şekil 1.3’ de sünek ve kırılğan malzemelerin darbe yükü altında yük-zaman eğrileri verilmiştir (Instron, 2013; Özenç, 2007).

Materyalin yüksek oranda ani yüklemelere karşı göstermiş olduğu direnç olarak bilinen darbe dayanımı veya direnci, darbeye maruz kalan parçalarda tasarımcının göz önüne alması gereken en önemli faktörlerdir. Darbe dayanımı, malzemenin ömrünü ve güvenliğini belirlemektedir.



Şekil 1.3. Sünek ve kırılğan malzemelerin yük-zaman eğrileri (Instron, 2013).

Çalışmamızın konusu, düşük hızlı darbeye dayanıklı tekstil yüzeyleri olduğu için takip eden bölümde sadece düşük hızlı darbe mekaniğine değinilecektir.

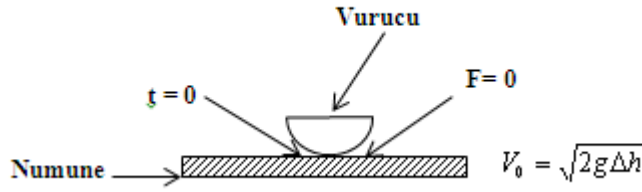
1.2.1. Düşük hızlı darbe mekaniği

Darbe mekaniği, bir çarpışma esnasında ortaya çıkan tepki kuvvetleri ile malzemelerin bu tepki kuvvetlerine olan dinamik cevabıyla ilgilenmektedir. Çarpışan iki cisim temas ettiğinde; küçük bir temas alanında, cisimlere zıt doğrultularda etkiyen bir etki veya tepki bileşke kuvvetine sahip temas basıncı yükselmekte ve bölgesel bir deformasyon oluşturmaktadır. Başlangıçtaki etkinin artmasıyla kuvvet de artmakta ve bu kuvvet birbirine yaklaşan cisimlerin hızını

azaltmaktadır. Darbe olayında belli bir anda temas kuvvetlerinin yaptığı iş, her iki cismin hızının sıfır olmasını sağlar ve sonuçta sıkışma sırasında biriktirilen enerji iki cismi birbirinden ayırmaya zorlayarak belirli bir hızla birbirlerinden uzaklaştırır. Düşük hızlı çarpışmaların temas basınçları sadece küçük deformasyonlara neden olur (Stronge, 2000; Kara, 2006; Şenel, 2009).

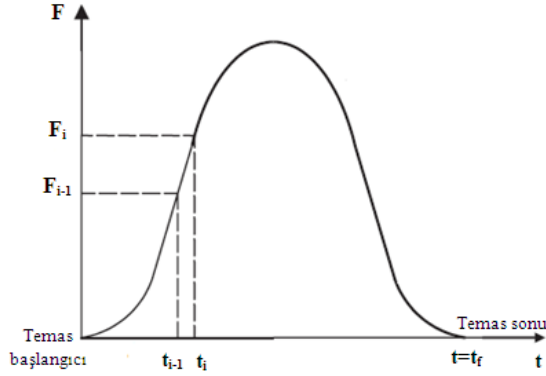
Düşük hızlı darbenin kinematik analizi ise şu şekildedir:

Darbenin başlangıç anında m kütesindeki vurucunun kuvvet değeri sıfır ve vurucunun hızı $V_0 = \sqrt{2g\Delta h}$ şeklindedir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Darbe başlangıç anı.

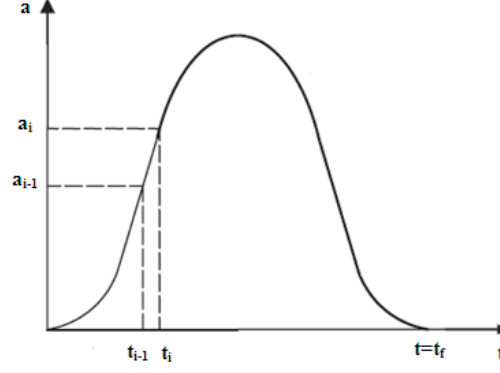
Düşük hızlı darbenin kuvvet-zaman grafiği Şekil 1.5’de gösterilmiştir.



Şekil 1.5. Düşük hızlı darbenin kuvvet-zaman grafiği.

Merkezi çarpma için Newton’un ikinci yasası kullanılarak $t=t_i$ anındaki ivme değeri hesaplanmıştır. Burada $t=t_i$ anındaki F_i değeri kuvvet sensöründen elde edilmiştir.

$$a_i = \frac{F_i}{m} \quad (1)$$



Şekil 1.6. Düşük hızlı darbenin ivme-zaman grafiği.

Şekil 1.6’da görüldüğü gibi ivme-zaman arasındaki ilişki doğrusal olmamasına rağmen Δt çok küçük olduğundan ($1 \times 10^{-5} s$) doğrusal olarak kabul edilmiştir. (a_{i-1}, t_{i-1}) ve (a_i, t_i) ‘de ivmenin formülü Denklem (2)’de gösterilmiştir.

$$a(t) = kt + c \quad (2)$$

Burada k ve c;

$$k = \frac{a_i - a_{i-1}}{t_i - t_{i-1}} \quad c = \frac{t_i a_{i-1} - t_{i-1} a_i}{t_i - t_{i-1}} \quad (3)$$

$$a(t) = \frac{dv}{dt}, \quad dv = a(t)dt \quad (4)$$

Denklem (2)’nin integrali alınarak hız denklemi elde edilmiş olur;

$$v = v_0 + \frac{1}{2} k(t^2 - t_0^2) + c(t - t_0) \quad (5)$$

Denklem (5) (t_{i-1}, t_i) için düzenlenirse;

$$v_i = v_{i-1} + \frac{1}{2} k_i(t_i^2 - t_{i-1}^2) + c_i(t_i - t_{i-1}) \quad (6)$$

$$v = \frac{ds}{dt} \quad ds = vdt \quad (7)$$

Eğer Denklem 5, Denklem 7’de yerine konulursa;

$$s = s_0 + \frac{1}{6} k(t^3 - t_0^3) + \frac{1}{2} c(t^2 - t_0^2) - (v_0 + ct_0 + \frac{1}{2} kt_0^2)(t - t_0) \quad (8)$$

Denklem 8, (t_{i-1}, t_i) aralığı için düzenlenirse Denklem 9 elde edilmiş olur.

$$s_i = s_{i-1} + \frac{1}{6}k_i(t_i^3 - t_{i-1}^3) + \frac{1}{2}c_i(t_i^2 - t_{i-1}^2) - (v_{i-1} + c_i t_{i-1} + \frac{1}{2}k_i t_{i-1}^2)(t_i - t_{i-1}) \quad (9)$$

Böylece (F_i, t_i) değerlerinden (F_i, s_i) değerleri elde edilmiş olur (Uyaner ve Kara, 2007).

1.2.2. Darbe dayanımı ölçüm sistemleri

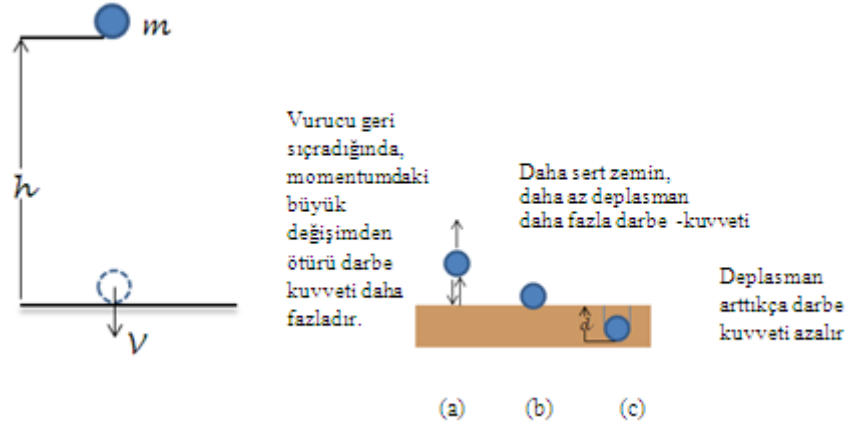
Darbe dayanım testleri malzemelerin ani yüklemeler altında soğurabildiği enerjiyi ölçmek için kullanılan testlerdir ve darbe dayanımının belirlenmesinde üç ölçüm sistemi kullanılmaktadır: a) ağırlık düşürme testleri, b) sarkaç testleri (İzod ve Charpy), c) hava veya gaz silah (balistik) testleridir.

1.2.2.1. Ağırlık düşürme testleri

Değişken ağırlıklara sahip olan ve kılavuzlanması bir tüp ya da ray vasıtasıyla sağlanan bir kütle, test numunesi üzerine belirli bir yükseklikten dikey yönde serbest bırakılır. Düşen kütle numuneye çarptığında veya numuneyi kırdığında/çatlattığında ölçüm sonuçlanır. Test numunesinin absorbe ettiği enerji, numuneyi kırmak/çatlatmak için gerekli olan darbe enerjisidir ve bu enerji, çarpma anında kütlenin kinetik enerjisine eşittir (Impact Testing, 2013). Ağırlık düşürme testlerinde kırılma/çatlama beklenilmeyen numuneler için absorbe edilen enerjinin hesabı, örsün altına yerleştirilen bir yük hücresi ya da piezoelektrik sensörü ile tespit edilen aktarılan kuvvet üzerinden gerçekleştirilebilmektedir. Ağırlık düşürme testlerinde darbe dayanımının ölçümünde aşağıda açıklanan prensip kullanılmaktadır (Şekil 1.7).

Ağırlık düşürme esasına göre çalışan darbe cihazında, bir kütleye (m) sahip vurucu belirli bir yükseklikte (h) sabitlenir. Serbest bırakılmadan önce vurucunun potansiyel enerjisi:

$$E_p = mgh \quad E_k = 0 \quad (10)$$



Şekil 1.7. Ağırlık düşürme testinin çalışma prensibi.

Vurucunun numuneye çarpma anındaki kinetik enerjisi:

$$E_k = \frac{1}{2} m V^2 \quad (11)$$

Kaybedilen potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşecektir. Buradan çarpma hızı:

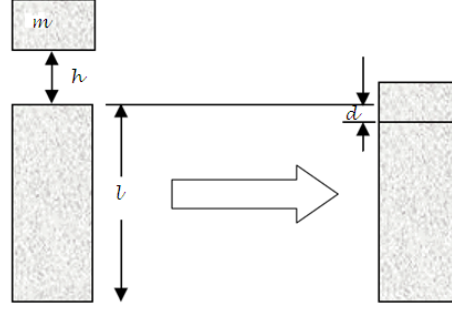
$$\begin{aligned} E_p &= E_k \\ mgh &= \frac{1}{2} m V^2 \\ V &= \sqrt{2g\Delta h} \end{aligned} \quad (12)$$

Darbe sonrasında vurucunun numunedeki deplasman mesafesi, darbe kuvvetini doğrudan etkileyen bir parametredir. Dolayısıyla darbe kuvveti (N) hesaplanırken, numunenin deplasman mesafesi de hesaba katılmalıdır. Deplasman mesafesi arttıkça darbe kuvveti azalır (Impact Force From Falling Object, 2012).

$$F = \frac{E_k}{d} \quad (13)$$

Instron, Zwick, Alşa, Devotrans, Ray-Ran Polytest, SANS, Imatek, Laryee Technology Co. Ltd. vb. gibi pek çok firma, kompozit, seramik, metal, plastik film, termoplastik polimerler, kırılğan ve ince plastikler ile paketleme malzemeleri için ağırlık düşürme esasına göre darbe dayanımı ölçen cihazlar üretmektedirler.

Elastik yüzey üzerine düşen ağırlığın darbe kuvvetinin hesaplanmasında ise şu adımlar izlenmektedir (Şekil 1.8):



Şekil 1.8. Elastik yüzeylerde ağırlık düşürme testi.

Bir m ağırlığı, h yüksekliğinden yerçekiminin etkisinde enine kesit alanı A ve elastik modülü E olan elastik bir yüzeyin üzerine bırakıldığında düşen ağırlığın enerjisi, potansiyel enerjideki değişimden kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Yüzey ile ağırlık temas ettikten sonra, darbe enerjisi emilinceye kadar elastik yüzey d kadar çökecektir. d mesafesi materyalin sertliğine bağlı olarak değişir. Elastik yüzey bir yay gibi davranış gösterdiğinden kuvvet şu şekilde hesaplanır:

$$F = kd \quad (14)$$

Elde edilen formül enine kesit alanına bölünürse;

$$\frac{F}{A} = \frac{k}{A} d$$

Yüzeyin deformasyonu uzamasına bağlı olduğundan, d ile yüzeyin yüksekliği (l) ve yüzeyin uzama değeri (ϵ) arasında şöyle bir ilişki bulunmaktadır:

$$d = \epsilon l \quad (15)$$

Sonuç olarak m ağırlığındaki numune $h+d$ yüksekliğinden bırakılmış gibi olacaktır ve absorbe edilecek enerji şu şekilde hesaplanır:

$$\begin{aligned} E &= mg(h + d) \\ E &= mg(h + \epsilon l) \end{aligned} \quad (16)$$

Hesaplanan enerji, yaklaşık elastik sınıra kadar olan yüzey deformasyonu tarafından absorbe edilir.

$$E_{elastik} = \frac{1}{2} \sigma \epsilon A l \quad (17)$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Enerjinin korunumu kanunundan yola çıkarak Denklem 16 ve 17 eşitlenirse;

$$mg(h + \epsilon l) = \frac{1}{2} \frac{F}{A} \epsilon A l$$

$$F = 2mg\left(\frac{h}{\epsilon l} + 1\right) \quad (18)$$

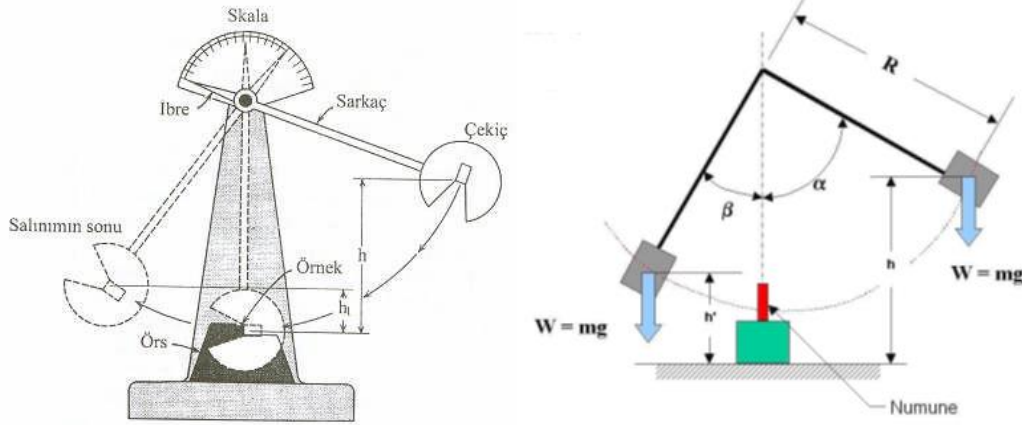
Tahmin edilen bu darbe kuvveti, seçilen değerlerdeki uzamalar için kullanılmaktadır. Seçilen uzama değerleri geri dönülebilir deformasyon sınırları dahilinde ise bu denklemin kullanılması uygundur (Mackin, 2013).

1.2.2.2. Sarkaç (çentik darbe) testleri

Sarkaç darbe testinde, çentik açılmış bir test numunesi, standart bir yükseklikten bırakılan bir sarkaç ile darbeye maruz bırakılır ve darbeden sonra sarkacın çıktığı yükseklik tespit edilir. Sarkacın ilk ve son konumları arasındaki enerji farkı numune tarafından soğurulan darbe enerjisidir (Şekil 1.9). Sarkacın darbeden sonraki yüksekliği ne kadar az ise, soğurulan darbe enerjisi, dolayısıyla malzemenin darbe direnci veya tokluğu da o derece yüksektir yorumu yapılabilir.

Sarkaç darbe testinin teorik olarak çalışma prensibi şu şekilde özetlenebilir: Standart bir sarkaçlı darbe cihazında, ucunda bir kütle (m) sahip çekiç belirli bir yükseklikte (h) tutulur. Çekiç serbest bırakılmadan önce potansiyel enerjisi:

$$E_p = mgh \quad (19)$$



Şekil 1.9. Sarkaç darbe testinin şematik gösterimi (Şenel, 2009). Burada;

α = Düşme açısı, β = Yükselme açısı, R = Sarkaç uzunluğu.

Çekicinin numuneye çarpma anındaki kinetik enerjisi:

$$E_k = \frac{1}{2} m V^2 \quad (20)$$

Kaybedilen potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşeceğiinden çarpışma hızı;

$$\begin{aligned} E_p &= E_k \\ mgh &= \frac{1}{2} m V^2 \\ V &= \sqrt{2g\Delta h} \end{aligned} \quad (21)$$

Darbe öncesi ve sonrası yükseklikleri sarkaç uzunluğu, düşme ve yükselme açıları cinsinden şöyle ifade edilebilir:

$$\begin{aligned} h &= R(1 - \cos \alpha) \\ h' &= R(1 - \cos \beta) \end{aligned} \quad (22)$$

Buna göre, darbe öncesi ve darbe sonrası enerjisi aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\begin{aligned} E_{dö} &= mgR(1 - \cos \alpha) = WR(1 - \cos \alpha) \\ E_{ds} &= mgR(1 - \cos \beta) = WR(1 - \cos \beta) \end{aligned} \quad (23)$$

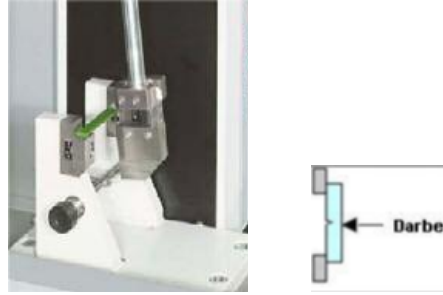
Numune tarafından soğurulan enerji, darbe öncesi ve sonrası enerjilerinin farkı olacaktır (Darbe Deneyi, 2013)

$$E_{numune} = WR(\cos \beta - \cos \alpha) \quad (24)$$

Plastik, seramik ve kompozit malzemelerin düşük hızlı darbe dayanımlarının ölçümünde kullanılan sarkaç darbe testleri, İzod ve Charpy testleri

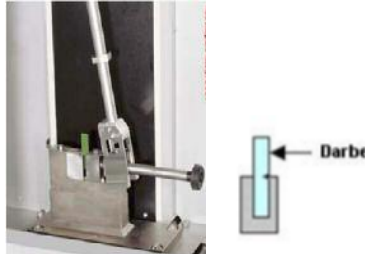
olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilir. Bu test yöntemleri ufak farklılıklar dışında birbirine çok benzerler. Bu farklılıklardan en önemli olanı, numunenin desteklenme şekli ile çentiğin destek ve darbe noktalarına göre konumudur.

Charpy test düzeneğinde numunenin tam ortasına bir çentik açılır. Numune; çentik yüzeyi, darbe yüzeyine ters durmak üzere basit mesnetli kiriş şeklinde düzleme sabitlenir (Şekil 1.10).



Şekil 1.10. Charpy deneyinde numune ve çekiç konum şeması.

İzod test düzeneğinde ise yine ortasına çentik açılmış numune bu sefer dikey ankastre kiriş şeklinde deney düzeneğine yerleştirilir (Şekil 1.11).



Şekil 1.11. İzod deneyinde numune ve çekiç konum şeması.

1.2.2.3. Balistik yüksek hızlı darbe testleri

Balistik darbe testleri yüksek hızlı darbelerin (10 m/s'nin üzerindeki hızlar) ölçümünde mermi kullanılarak yapılan testlerdir. Özellikle askeri alanda çelik yelekler ve zırhlı araç malzemeleri üzerinde yapılacak testlerde başvurulmuş bir darbe test yöntemidir.

1.2.3. Darbe dayanımı ölçüm standartları

Mekanik darbelere karşı koruyucu ürünler için en önemli parametrelerden birisi çarpmaya karşı dayanımdır. Bu tarz mekanik darbelere, günlük hayatta ve

özellikle sportif faaliyetlerde sıklıkla rastlanmaktadır (Şekil 1.12). Bu nedenle kullanım esnasında konfor sağlamasının yanında uygun koruyucunun seçimi de büyük önem taşır. Bu amaçla, çeşitli uygulamalarda farklı bölgelerde koruyuculuk sağlayan materyallerin sahip olması gereken koşulları içeren birçok yönetmelik bulunmaktadır. Bu alanda kullanılan ve keskin olmayan materyallere çarpma ile ilgili bilgiler içeren standartlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.



Şekil 1.12. Koruyucu malzemelerin kullanıldığı sportif faaliyetler ve meslek grupları.

1.2.3.1. TS EN 1621 Mekanik darbelere karşı koruyucu motosikletçi giysileri

Kaza esnasında sürücünün yol veya başka nesnelerle çarpışması sonucu oluşabilecek yaralanmaları engellemek veya yaralanma riskini azaltmak amacıyla geliştirilmiş bu standartta motosiklet giysilerinin darbeye karşı dayanımlarının test edilmesi için test metotları yer almaktadır. İki bölümden oluşur:

- 1621-1:1999: Darbe koruyucuları için gereksinimler ve test metotları
- 1621-2:2004: Motosikletçi sırt koruyucuları için gereksinimler ve test metotları

Standartın ilk bölümünde, omuz, kol, ön kol, kalça, diz ve incik kemiği gibi uzuvları korumak için kullanılan koruyucuların test metodu yer almaktadır. Koruyucuların darbe dayanımı, örs üzerine yerleştirilmiş numuneye vurucu ($5000 \pm 10g$) dikey yönde çarptırılarak ölçülmektedir. Vurucunun darbe enerjisi 50 J'dur. Ayrıca standart; vurucu ve örsün boyutları ile uygun ölçüm cihazının çalışma prensibini de içermektedir. Standartın gereksinimlerine göre, ortalama

kuvvet değerinin 35 kN’u, ve her bir ölçülen kuvvet değerinin ise 50 kN’u aşmaması istenmektedir.

Trafik kazalarında yaralanan motosikletçilerin yaklaşık %13’ü sırt bölgesinden yaralandığından, standardın ikinci bölümünde sırt bölgesine yönelik koruyucuların gereksinimlerine ve test yöntemlerine yer verilmiştir. Sırt koruyucular, belden boyun bölgesine kadar olan bölgeyi kaplayacak şekilde koruyucu giysinin altına ya da üstüne giyilebilmektedir. Sırt koruyucuların darbe dayanımlarının belirlenmesinde iki seviye kullanılmıştır:

- Seviye 1- Örsün altına aktarılan maksimum ortalama kuvvetin 18 kN’dan az olması ve her bir ölçüm sonucunun 24 kN’u aşmaması gerekir.
- Seviye 2 - Örsün altına aktarılan maksimum ortalama kuvvetin 9 kN’dan az olması ve her bir ölçüm sonucunun 12 kN’u aşmaması gerekir.

1.2.3.2. TS EN 13277 Dövüş sporları için koruyucu malzemeler

TS EN 13277 standardı, tekvando, karate, kikkoks ve benzeri dövüş sporlarında kullanılan ayak, incik kemiği, ön kol ve gövde koruyucuları için gereksinimleri ve ölçüm metotlarını içerir. Bu standarda göre gerçekleştirilecek ölçümde, serbest düşen bir vurucu, test edilecek numuneye göre seçilmiş şekil ve boyutta bir örs, numuneyi destekleyen bir malzeme (yarı silindir veya metal plaka) ve kuvvet dönüştürücü yer alması gerekmektedir.

1.2.3.3. TS EN 13158-2002 At binicileri için koruyucu ceketler, vücut ve omuz koruyucuları

TS EN 13158 standardı, darbe sonucu düşmeden veya atın tepmesinden kaynaklanabilecek yaralanmaları minimize etmek için biniciler ve seyislerin kullandığı koruyucu ceketlerin, vücut ve omuz koruyucularının gereksinimlerini ve test metotlarını içerir. Darbe dayanımı ölçümü için düşme, atın çifte atması veya çubuğa çarpmayı simule edecek bir grup vurucuya ihtiyaç vardır. Örs ve güvenlik halkası vücut uzuvlarının şekillerini simule etmelidir. Standart, örsün altına doğrudan kuvvet sensörünün veya numunenin altına aktarılan maksimum kuvvet değerini gösterecek bir dönüştürücünün yerleştirilmesini önerir.

Koruyucu olarak kullanılacak materyallerin

- Vücut koruyucuların ve koruyucu ceketlerdeki gövde bölümleri için maksimum ortalama aktarılan kuvvet değerinin 4kN'dan düşük olması ve her bir ölçüm sonucunun 6 kN'u aşmaması;
- Omuz koruyucuları ve koruyucu ceketlerin omuz bölgeleri için maksimum ortalama aktarılan kuvvet değerinin 25 kN'dan düşük olması ve her bir ölçüm sonucunun 30 kN'u aşmaması gerekir.

1.2.3.4. BS 7971-5 Saldırılarda ve eğitimde kullanım için koruyucu giysi ve ekipmanlar

BS 7971-5 standardı, darbe sonucu meydana gelebilecek yumuşak doku zedelenmelerini önlemek için tasarlanmıştır. Yaralanmalar, havadan sert bir cismin (tuğla, şişe, metal parçalar, vb.) fırlatılmasından veya sert bir cisimle doğrudan vurulmasından kaynaklanabilir. Polis memurları, gardiyanlar ve koruma görevlileri gibi meslek gruplarında kullanılan koruyucu giysi ve ekipmanlar için geliştirilmiş bir standarttır. BS 7971 standardında ölçüm esnasında çeşitli şekillerde ve boyutlarda örs ve vurucu setleri kullanılır. Ölçüm sonucunda darbe enerjisini kaydedebilecek ve test edilen yüzeyin altına aktarılan kuvvet değerini belirleyebilecek bir düzeneğin olması yeterlidir.

1.2.3.5. TS EN 13546:2005 Koruyucu giysi. Hokey kalecileri için el, kol, göğüs, karın, bacak, ayak ve genital bölge, hokey oyuncularını için incik kemiği koruyucuları

Standartta hokey oyuncularının kullandığı koruyucular için çarpma enerjisine bağlı olarak 5 koruma seviyesi yer almaktadır. Yarımküre ve yassı vurucu, hokeydeki tipik yaralanmalara neden olan topun ve hokey sopasının şeklini yansıtmaktadır. Darbe enerjisi, verilen seviye ve korunacak vücut bölgesinin alanına göre değişir. Ayrıca aktarılan kuvvet değerinin kabul edilebilir maksimum değeri de standartta yer almaktadır.

1.2.3.6. TS EN 13061:2004 Koruyucu giyecekler-Futbolcular için tekmelikler

TS EN 13061 standardı, futbolcuların kullandığı tekmelikler için gereksinimleri ve test metotlarını içeren bir standarttır. Futbolun temas sporlarından biri olması yaralanma riskini artırıcı bir etkidir. Tekmeliklerin darbe dayanımlarının test edilmesinde, kuvvet sensörü üzerine monte edilmiş silindirik üst yüzeye sahip örs, örs üzerine yerleştirilecek bacağı simüle eden

konik şekilli parça, enine kesiti dikdörtgen olan bir vurucu ve dinamik kuvveti ve maksimum değeri kaydedebilecek bir sisteme ihtiyaç vardır.

Yukarıda değinilen darbeye dayanıklı çeşitli koruyucuların (motosikletçiler, dövüş sporları, biniciler, futbolcular, hokey oyuncuları, polis, koruma, gardiyanlar vb. için) gereksinimlerini ve ölçüm yöntemlerini içeren standartların incelenmesi sonucunda aşağıdaki bilgilere ulaşılmıştır:

- Çeşitli koruyucuların darbeye karşı dayanımlarının belirlenmesinde kullanılan yöntemler aynı kurallara dayanmaktadır. Buna göre: Uygun enerjilerde serbest düşürülen vurucular örs üzerine yerleştirilmiş numuneye çarptırılır.
- Örs altına, numunenin aktardığı maksimum kuvveti gösterecek bir sensör yerleştirilmiştir.
- Potansiyel yaralanmanın nedeni olabilecek nesneleri simule eden vurucuların ağırlığı ve şekli farklıdır.
- Vücudun korunacak çeşitli bölgelerini simule eden örsün şekilleri farklıdır.
- Darbe enerjisi ve aktarılan kuvvetin standart kabul edilebilir değerleri, özel durumlarda meydana gelebilecek risklerin hesaplanması ve olası yaralanmaya maruz kalan uzuv dikkate alınarak belirlenir (Redlich et al., 2006).

1.3. Mekanik Darbeye Dayanıklı Yüzeyler

İnsan hayatının korunmasını amaçlayan bütün koruyucu giysilerde ve ekipmanlarda kritik unsur kullanılan koruyucu yüzeydir. Giysiyi giyen kişi ile potansiyel yaralanma kaynağı arasında güvenlik bariyeri olarak yer alan materyalin özellikleri, kazada kişinin yaralanma derecesini belirlemektedir.

Darbeye karşı koruyucu malzemelerin görevi, darbe enerjisini absorbe etmektir; böylece korunan vücut bölgesinin zarar görmemesi ya da meydana gelen ‘zararın kabul edilebilir düzeyde’ kalması sağlanmaktadır. Darbeye karşı koruyucu giysi ve ekipmanların doğru tasarımı için darbenin oluşum mekanizmasının iyi bilinmesi gerekir. Bunlar genellikle sert bir dış tabaka (genelde kavisli) ve köpük veya köpük pedlerin iç tabakada kullanılması ile üretilmektedirler. Darbe enerjisinin absorbe edilmesi değişik mekanizmalar ile

gerçekleştirilebilmektedir. Sert dış tabakanın kavisli yapısı, (Shishoo, 2005) deformasyona ve yükün yayılmasına (basıncın azalmasına) neden olur. Köpük iç tabakanın deformasyonu, vurucu ile koruyucu yüzey arasındaki temas süresini arttırır, basıncı ise azaltır. Dış tabakanın sertliği çok önemlidir. Dış tabaka çok sert ise kuvvet yayılması gerçekleşemez. Ya da yeterli sertlikte değil ise dış tabakada kalıcı zarar (veya kırılma) meydana gelebilir. Tek kullanımlık koruyucularda en önemli enerji absorbe etme mekanizması olarak plastik (kalıcı) deformasyon (örneğin kırılma) kullanılırken; koruyucuların birçok kez kullanıldığı durumlarda ise deformasyonun elastik (kalıcı olmayan) olması gerekmektedir (Shishoo, 2005).

Piyasada düşük hızlı darbeye karşı koruyucu çok çeşitli ürünler bulunmaktadır. Bunlardan en çok bilineni genellikle termoplastik olarak form verilmiş veya termoset reçine ile empregne edilerek sertleştirilmiş tekstil yapılarından elde edilmiş kompozit ürünlerdir. Bu ürünler dayanım olarak iyi olmalarına karşın sert oldukları için vücut hareketlerinin kısıtlamasına, düşük nefes alabilirliğe ve konfor hissinin azalmasına yol açarlar. Spor, güvenlik ve iş güvenliği gibi çeşitli ekipmanlarda kullanılırlar.

Günümüzde enerji absorbe edebilen gelişmiş teknolojiler kullanılarak kompozit koruyucu malzemeler üretilmeye başlanmıştır (Şekil 1.13).



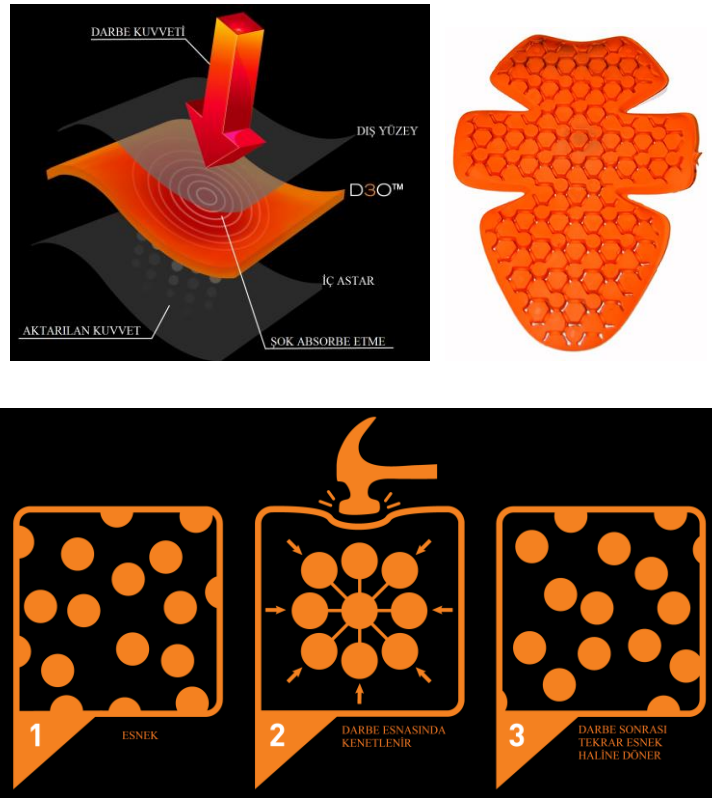
Şekil 1.13. Enerji absorblama teknolojisi ile üretilmiş kompozit koruyucu ürünler (Xprotex Extreme, 2013; G-Form, 2013).

Ayrıca piyasada poliüretan, neopren, etilen vinil asetat (EVA), silikon köpük ve jel gibi malzemelerden yapılmış koruyucu pedlere de sıklıkla rastlanmaktadır (Şekil 1.14). Bu malzemelerin dış yüzeyinde darbelere karşı dayanıklı plastik bir katman ve bunun altında yukarıda bahsedilen malzemelerden yapılmış pedler yer almaktadır.



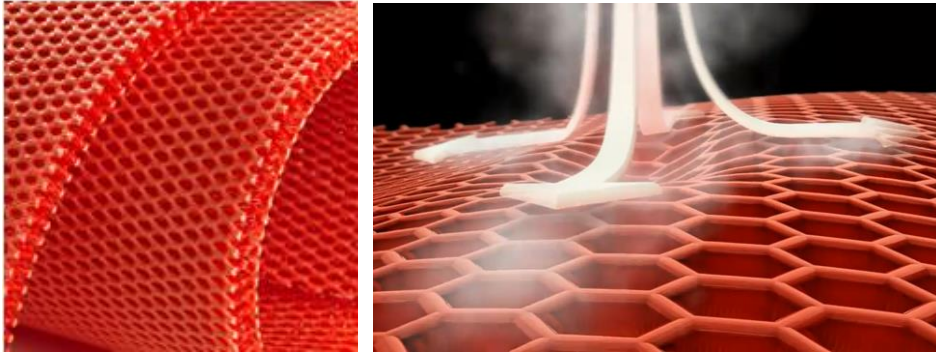
Şekil 1.14. Koruyucu pedler, a) poliüretan içerikli, b) neopren, EVA içerikli, c) EVA içerikli, d) köpük (Jewson, 2013; Keetop Industrial Development, 2013; Viking Safety, 2013).

Mekanik darbeye karşı koruyucu olarak pazarda yerini alan son teknoloji ürünü bir diğer malzeme ise D3O teknolojisi ile üretilen akıllı şok absorbe edici materyallerdir. Bu malzemeler normal koşullarda esnek iken; darbe esnasında moleküller çok hızlı bir şekilde kenetlenerek koruyucu bir bariyer görevi görmekte ve enerjiyi dağıtmaktadır. Darbe geçtikten sonra ise moleküler yapı tekrar çözülmeğe; yumuşak ve esnek yapıya geri dönüşmektedir (Şekil 1.15). Materyal nefes alabilir, yıkanabilir ve vücut anatomisine uygun 3 boyutlu yapıdadır ve spor giysilerin içerisine rahatlıkla yerleştirilebilmektedir (D3O, 2013; Dammacco et al., 2013).



Şekil 1.15. D3O teknolojisi ve bu teknoloji ile üretilmiş malzeme.

Mekanik darbeye karşı koruyucu yüzeyler olarak tekstil materyalleri de kullanılmaktadır. Ancak bu materyaller; çok iyi enerji absorbe edebilen liflerden (aramid, yüksek moleküler ağırlıklı polietilen ve polipropilen, vb.) üretilse dahi yeterli rijitliğe sahip olmadıkları için darbeye karşı koruma özellikleri yetersizdir. Bu nedenle, darbeye karşı koruma amacıyla ya çok katlı olarak (balistik koruma) veya yukarıda belirtildiği gibi kompozit halde kullanılırlar. Ancak, her iki durumda da koruyucu katmanlar vücut hareketleri ve konfor açısından dezavantajlıdır. Bu nedenle, son yıllarda düşük hızlı darbeye karşı korumada, normal şartlarda kumaşı kompozit malzeme gibi sertleştirmeyen ancak darbe karşısında (özel moleküler yapısı nedeniyle) sertleşen özel bazı silikonlar veya özel kaplama maddeleri (shear thickening fluid) kullanılmaya başlanmıştır. Bu malzemeler kumaşı kapladığında sertleştirmezken, darbe karşısında aniden sertleşerek koruma sağlamaktadırlar (Şekil 1.16). Özellikle orta kısmı boşluklu çözümlü örme yapılar, bu tür silikon maddelerle kaplandığında bu alanda önemli bir çözüm haline gelmiştir.



Şekil 1.16. Özel silikon malzemesi ile kaplanmış S-Range Deflexion™ tekstil ürünü (Dow Corning, 2013).

Darbeye karşı koruyucu giysilerde çözümlü örme sandviç kumaşların kullanımı son yıllarda giderek önem kazanmıştır. Materyalin konfor gereksinimini sağlarken, enerji absorblama ve darbe kuvveti azaltma kapasitesi, insan vücudunu yaralanmalara karşı korumada çok önemlidir. Çözümlü örme sandviç kumaşların darbe alanında kullanımı bu çalışmanın konusu olduğundan Bölüm 1.4’de sandviç kumaşlardan ayrıntılı olarak söz edilecektir.

1.3.1. Mekanik darbeye dayanıklı yüzeylerden beklenen özellikler

Mekanik darbeye karşı koruyucu yüzeylerin sahip olması gereken özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Koruyucu özelliğe sahip olması,
- Yüksek fizyolojik ve ısı konfor özelliklerine sahip olması,
- Nefes alabilir bir yapıya sahip olması,
- Rahat hareket edebilmeye yardımcı olması,
- Hafiflik,
- Yorgunluğa neden olmaması.

Mekanik darbeye dayanıklı yüzeylerde tüm koruyucu giysilerde olduğu gibi en önemli husus insan hayatının korunmasıdır. Ardından aranan en önemli özellik konforlu olmasıdır. Konfor, materyalin daha uzun süre kullanılmasını sağlayan en önemli etkidir. Koruyucu yüzeylerin nefes alabilir bir yapıda olması ve rahat hareket etme imkanı tanınması bu materyallerin konfor özelliklerini arttırmaktadır. Hafiflik, kullanım esnasında kullanıcının performansını etkileyen önemli bir parametredir. Ayrıca darbeye karşı koruma amacıyla kullanılan malzemelerin yorgunluğa neden olmaması da gerekmektedir.

1.3.2. Mekanik darbeye dayanıklı yüzeylerin kullanım alanları

Mekanik darbeye dayanıklı yüzeyler genellikle;

- Güvenliği sağlamak,
- Sporcuların performanslarını arttırmak ve
- Yaşam kalitesini yükseltmek için kullanılmaktadır.



Şekil 1.17. Vücudun çeşitli bölgelerini korumada kullanılan yüzeylere örnekler (D3O, 2013; Dow Corning, 2013).

Mekanik darbeye dayanıklı yüzeyler, kişisel koruyucu giysilerde vücudun çeşitli bölgelerini (omuz, sırt, kol, dirsek, kalça, diz, incik kemiği vb.) darbelere karşı korumada kullanılmaktadır (Şekil 1.17).

Darbeye dayanıklı malzemelerin en sık kullanıldığı ürün grupları; spor giysi, ayakkabı, malzeme ve ekipmanlarıdır. Özellikle motosiklet, bisiklet, binicilik, kayak ve hokey, dövüş sporları, basketbol ve futbol gibi ‘travmatik’ spor dallarında sporcunun performansını arttırmak ve sakatlanmasını ve/veya yaralanmasını engellemek için gün geçtikçe artan oranlarda tercih edilmektedir (Şekil 1.18). Eldiven, kask, dizlik, dirseklilik, tekmelik, göğüs ve sırt koruyucular sporcular tarafından sıklıkla kullanılan ürünlerdir.



Şekil 1.18. Çeşitli spor dallarında kullanılan darbe koruyucu yüzeylere örnekler (Maklewska et al., 2003; Dow Corning, 2013).

Ayrıca çeşitli meslek gruplarında (polis, gardiyan ve koruma görevlisi, vb.) saldırılarda ve eğitimlerde darbe sonucu (havadan sert bir nesnenin (tuğla, şişe, metal parçalar, tahta vb.) fırlatılması veya sopa ya da sert bir cisimle vurulması gibi) meydana gelebilecek yumuşak doku zedelenmelerini önlemek için de darbeye karşı koruyucu yüzeylerin kullanıldığı görülmektedir (Şekil 1.19).



Şekil 1.19. Polisler tarafından kullanılan darbeye karşı koruyucu yüzeylere örnekler.

Darbeye karşı koruyucu yüzeylerin bir diğer kullanım alanı ise valiz, i-pad, dizüstü bilgisayar gibi eşyaları düşmeye karşı korumada kullanılan koruyucu kılıflardır (Şekil 1.20).



Şekil 1.20. Çeşitli eşyaları koruyan yüzeylere örnekler (D30, 2013; Dow Corning, 2013).

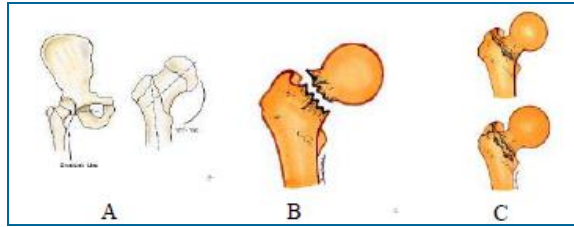
Medikal uygulamalarda da darbe koruyucu yüzeyler kullanılmaktadır. Özellikle yaşlılarda ve kemik erimesi olan kişilerde kullanılması tavsiye edilen kalça koruyucular darbeyi sönümleyici malzemelerden üretilmektedir (Şekil 1.21).



Şekil 1.21. Kalça koruyucular (Kph Hip Protector, 2013).

1.3.2.1. Kalça koruyucular

Yaşlılar için en büyük sağlık sorunlarından biri olan kalça kırığı, genellikle uyluk kemiğinin üst kısmına yakın bir bölümünde veya kalça ekleminin intertrokanterik bölgesinde tespit edilen bir kırık çeşididir. Uzun süreli ağrılar, yürümede yaşanan sorunlar, sakatlıklar ve ölümlerle sonuçlanan vakalar, kalça kırığının sonuçları arasında yer alır. Kırıklar ve ardından yaşanan sıkıntılar (kendini toplumdan izole etme, hareketlerin kısıtlanması vb.) yaşlılarda önemli psikolojik ve ruhsal sorunlar da yaratabilmektedir (Kannus and Parkkari, 2006). Ayrıca kalça kırıklarının sosyoekonomik etkisi de (hastane ve rehabilitasyon masrafları) göz ardı edilemeyecek kadar fazladır (Bentzen et al., 2008c).

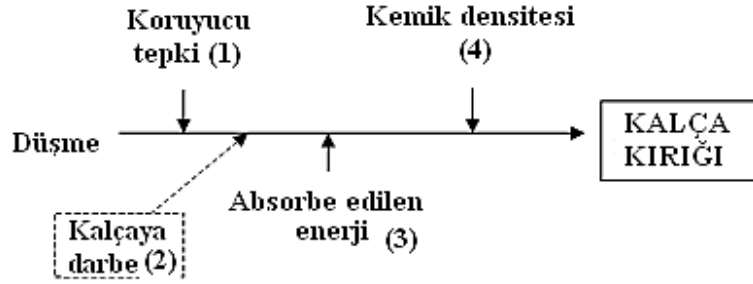


Şekil 1.22. (A) Sağlıklı uyluk kemiği, (B) Kemiğin toparlak ucunun kırılması ile oluşan kalça kırığı, (C) Trokanterik bölgenin 4-5 cm lik başlangıç kısmında meydana gelen kalça kırığı (Sveistrup and Lockett, 2004).

2050 yılında dünya genelinde 6,26 milyon kalça kırığı sorunu ile karşılaşılacağı tahmin edilmektedir (Cooper et al., 1992). 65 yaş üzerindeki kişilerin üçte biri ve 80 yaşın üstündeki kişilerin ise yaklaşık yarısı her yıl düşme sorunu ile karşılaşmaktadır (Dunn et al., 2005). Kalça kırığı sonrası ortalama ömür süresinin yaklaşık 6 yıl kısaldığı araştırmalar sonucunda ortaya konmuştur (Sawka et al., 2005).

Kalça kırılmalarının % 90'ı düşme sonucunda meydana gelir (van Schoor et al., 2006). Yaşlılarda kalça kırıklarının %25 oranında düşmelerden kaynaklandığını tespit edilmiştir (Kannus et al., 1999). Ayrıca yapılan araştırmalar

yaşlıları yatalak duruma getiren nedenler arasında düşmenin üçüncü sırada yer aldığını göstermektedir (Şekil 1.23) (Hip Protector Trial Programme in South West Kent Care Homes, 2005).



Şekil 1.23. Kalça kırığına yol açan olaylar dizisi (Svestrup and Lockett, 2004).

Düşme sırasında kalça kırıklarının önlenmesinde kullanılan yöntemlerden biri kalça koruyuculardır. Kalça koruyucular, özellikle yüksek düşme riskine sahip yaşlılar için geliştirilmiş iç çamaşırların içine dikilen veya yerleştirilen ya da giysinin dışına kemer şeklinde tutturulan pedlerdir (Şekil 1.24). Kalça koruyucuların görevi, düşmelerde uyluk kemiğine (femura) gelen kuvvetleri dağıtarak kırığın oluşmasını önlemektir.



Şekil 1.24. (a) Özel olarak tasarlanmış iç çamaşırların içine yerleştirilen kalça koruyucular (Hip Protector HIPS Soft Pants Gent, 2013), (b) Giysinin üzerine giyilen kalça koruyucular (Hip Protector Belt, 2013).

İlk kalça koruyucu 1988 yılında Wortberg tarafından özel silikon kauçuktan yapılmıştır. O tarihten itibaren hava yastığı veya likit içeren ped sistemlerin kullanımı gibi alternatifler ortaya konulmuştur (Derler et al., 2005).

Kalça koruyucular çeşitli şekillerde, farklı model ve materyallerden üretilen malzemelerdir. Günümüzde kalça koruyucu olarak kullanılan iki tip ürün grubu ve bu iki grubun birlikte kullanıldığı koruyucu sistemler bulunmaktadır. Bunlar:

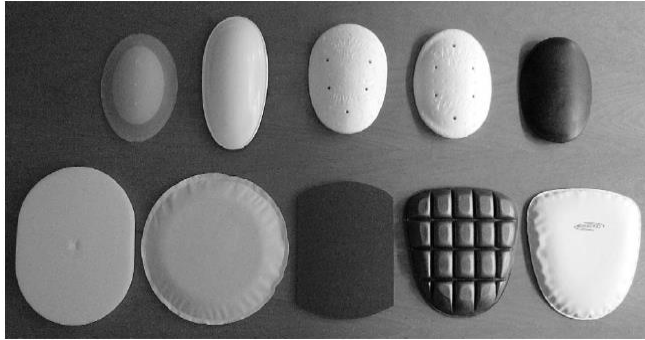
- Enerji absorbe edebilen yumuşak pedler (örneğin köpük ve plastik),
- Enerjiyi yayan sert dış katmanlı koruyucular (örneğin kompozit),
- Enerji absorbe eden ve yayan koruyucular (Derler et al., 2005).

Enerji absorbe edebilen sistemlerde, düşme ile kalça üzerine binen enerjiyi kalça koruyucular absorbe etmektedirler. Bu, kalça kemiğinin üzerine doğrudan özel malzemelerin yerleştirilmesi ile sağlanmaktadır. Böylece trokanter üzerine etki eden tüm kuvvet ve kalça kırığı olasılığı azaltılmış olur.

Enerji yayan sistemlerde ise kuvvetin büyük trokanterden çevredeki dokulara yayılması sağlanmaktadır. Böylece düşme esnasında kalça üzerinde oluşan kuvvet kalça bölgesinde azaltılmaktadır (Sveistrup and Lockett, 2004).

Yumuşak kalça koruyucular kalçayı sararken; sert koruyucular ise iç kısmında yumuşak ped içeren, dışında ise rijit bir tabakadan oluşan koruyucu yüzeylerdir. Üretimlerinde genellikle köpük, EVA, neopren, poliüretan, plastik ve kompozit materyaller tercih edilmektedir.

Piyasada kalça koruyucu malzemeler üreten pek çok firma mevcuttur. Örnek olarak; Hip Guard, Regency Medical Supplies, Help Mates, Professional Orthopedic Products, ERP Group, Geriatric Protection Products, Impact Body Wear Ltd., Invacare Supply Group, Respecta Oy, High Tech Bodywear Ltd., Tytex Group, Prevent Products, Hip Saver, Lyds International BV, Raunomo Oy, vb. sayılabilir (Şekil 1.25). Çizelge 1.2’de bazı kalça koruyuculara örnekler verilmiştir.



Şekil 1.25. Çeşitli kalça koruyucu örnekleri Üst sıra (soldan sağa): Hornsby healthy hip, KPH2, Safehip (eski), Safehip (yeni); Impactwear Hip Protective garments. Alt sıra (soldan sağa): Gerihip; HipSaver; Lyds Hip Protector; Safety Pants (FI); Safety Pants (NL) (van Schoor et al., 2006).

Kalça koruyuculardan beklenen özellikler;

- belirli kuvvet değerinin altındaki yüklere karşı etkisinin olması (darbe enerjisini 3100 N un (75 yaşındaki bir bayan kalçasının kırılması için gerekli olan ortalama kuvvet değeri) altına düşürmesi)
- birçok yıkama ve kurutma evresinden sonra ya da pek çok kez darbeye maruz kaldıktan sonra dahi dayanıklılığını koruması (Hip Protector Implementation Toolkit, 2013).

Çizelge 1.2. Kalça koruyucuların özellikleri (van Schoor et al., 2006; Sveistrup and Lockett, 2004).

Sert kalça koruyucular		
Kalça koruyucu markası	Enerji mekanizması	Koruyucuda kullanılan malzeme
Hip Guard Belt	Enerji yayan	Dış kısmı sert plastik bir ped, iç kısmı ise yumuşak polietilen ped
Hips	Enerji yayan & enerji absorbe eden	Dış kısmı polikarbonat, iç kısmı polietilen ped
Safe Hip	Enerji yayan & enerji absorbe eden	Polipropilen köpük, iç kısmı ise yüksek yoğunluklu cam takviyeli polipropilen polimer
Hornsby Healthy Hips	Enerji yayan	Dış kısmı sert PVC plastik; iç kısmı köpük ped
KPH2	Enerji yayan & enerji absorbe eden	Dış kısmı yarı esnek yüksek yoğunluklu polietilen; iç kısmı Plastazot
Impactwear Hip Protective Garments	Enerji yayan & enerji absorbe eden	Polipropilen köpük, iç kısmı ise yüksek yoğunluklu cam takviyeli polipropilen polimer
Yumuşak Kalça Koruyucular		
Hip Saver	Enerji yayan & enerji absorbe eden	Su ve hava geçirmez kese içerisinde poliüretan köpük
Hip Shield	Enerji yayan & enerji absorbe eden	İç kısmında hava boşluklu yapıya sahip bal peteği şeklinde hafif bir yapı
Gerihip	Enerji yayan & enerji absorbe eden	Çapraz bağlı polietilen pedler
Safety Pants	Enerji absorbe eden	Polietilen köpük

Ağırlık düşürme prensibine göre çalışan sistemlerde ise kalça şekline uygun gerçekçi yüzey geometrileri tercih edilmiştir. Mills çalışmasında silindirik bir şekli (Mills, 1996); Nabhani ve Bamford ise kalça şeklinde bir yüzeyi kullanmışlardır (Nabhani and Bamford, 2002).

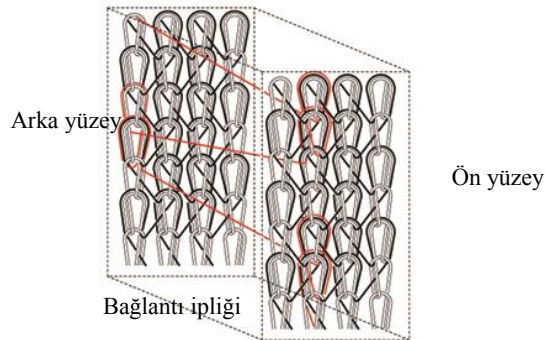
Deneyisel çalışmalar, kalça koruyucuların, düşme sonucunda meydana gelen darbe kuvvetinin etkisini azaltabildiğini göstermiştir. Kalça koruyucu pedlerin tasarımı, bileşenleri ve kalça koruyucu yapımında kullanılan materyal, darbenin etkisini belirleyen faktörlerdir. Ayrıca, bilindiği üzere hiçbir kalça koruyucu %100 korumayı garanti etmemektedir. Ancak kalça koruyucuların az da olsa darbeyi sönümleyici etkisinin olduğunun bilinmesi ve kullanıcıya güven ve psikolojik destek vermesi kullanımının yarar ve gerekliliğini ortaya koymaktadır.

1.4. Sandviç Tekstiller

Sandviç tekstiller, her geçen gün artan kullanım alanları ve sağladığı avantajlı performans özellikleri ile son yıllarda örme sektöründe ilgi çeken ve araştırılan ürünler arasında yer almaktadır.

Sandviç tekstiller, iki dış yüzey ve bu iki dış yüzeyi birbirine bağlayan bir bağlantı tabakasından (bağlantı ipliği veya örülmüş kumaş tabakaları) oluşan ve üç boyutlu boşluklu örme kumaş olarak da adlandırılan tekstil yüzeyleridir (Şekil 1.27).

Sandviç tekstiller ile ilgili ilk patent, 1868 yılında Matthew Townsend tarafından alınmıştır. Ticari olarak ilk uygulamaları ise 1980'li yıllarda başlamıştır (Bruer, 2005).



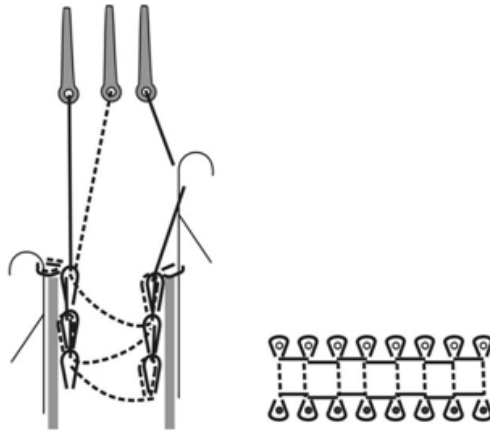
Şekil 1.27. Sandviç tekstil şematik gösterimi (Hunter, 2010).

Sandviç tekstiller, kullanım yerlerine ve istenilen özelliklere göre dokusuz yüzey, dokuma, çözgü örme ve atkı örme teknikleri ile üretilebilmektedir. Özellikle çözgü örmeciliği yöntemi, sandviç kumaş üretiminde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Atkı örme tekniği ile sandviç tekstillerin üretimi; V yataklı düz örme ve çift yataklı yuvarlak örme makinelerinde gerçekleştirilmektedir. Bu makineler ilave donanımlar ve farklı makine ayar olanakları ile modifiye edilerek bu kumaşların üretiminde kullanılmaktadır.

Bu bölümde, bu çalışmada kullanılan çözgü örme sandviç tekstillere detaylı olarak yer verilmiştir.

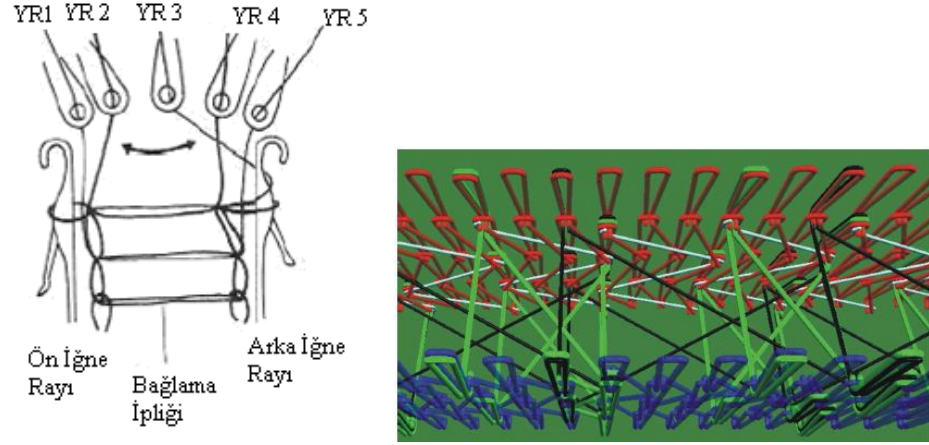
1.4.1. Sandviç tekstillerin çözgü örme tekniği ile üretimi

Çözgü örme tekniği, örme yöntemi ile sandviç tekstil üretiminde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Çözgü örme sandviç tekstillerin üretimi çift iğne raylı raşel makinelerinde gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem, makinenin ön ve arka iğne raylarında oluşturulan iki kumaş katmanının başka bir yatırım rayının iki iğne rayı arasına iplik yatırması sonucu birbirine bağlanması esasına dayanmaktadır. Bu açıklamadan da anlaşılacağı üzere en basit yapılı sandviç kumaşın üretimi için üç yatırım rayına ihtiyaç vardır (Şekil 1.28).



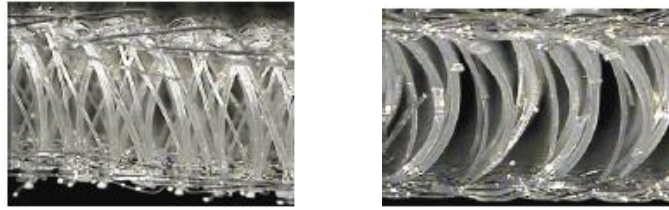
Şekil 1.28. Çift iğne raylı raşel makinesinde en basit sandviç kumaşın a) oluşum prensibi, b) enine kesit görüntüsü (Renkens and Kyosev, 2010a).

Normalde ön ve arka yüzlerin birer yatırım rayı ile örülmesi kumaş mukavemeti açısından uygun olmadığı için bu yapılarda en az beş yatırım rayı kullanılmaktadır. Mamulün özelliklerine ve üründen beklenen özelliklere göre 7 yatırım rayına kadar çıkılabilmektedir.



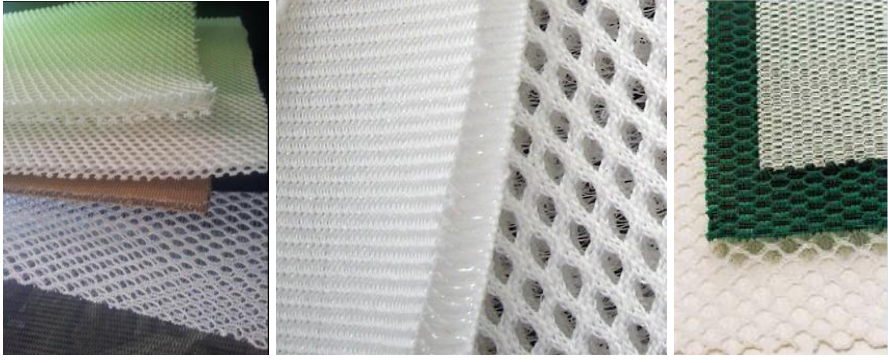
Şekil 1.29.Çift iğne raylı raşel makinesinde 5 yatırım rayı ile oluşturulan sandviç örme kumaşın a) üretim prensibi (Bruer, et al., 2005), b) simülasyon görüntüsü (Renkens and Kyosev, 2010b).

Şekil 1.29’da görülen 1. ve 2. yatırım raylarında sandviç tekstilin ön yüzeyi; 4. ve 5. yatırım raylarında kumaşın arka yüzeyi üretilmekte ve istenilen yüzey desenine göre yatırım rayları taharlanmaktadır. 3. yatırım rayı ise her iki iğne rayına iplik besleyerek iki ray arasında bağlantı gerçekleştirmektedir. Şekil 1.30’da çeşitli çözgü örme sandviç tekstillerin kesit görünüşleri yer almaktadır.



Şekil 1.30. Çözgü örme sandviç tekstil görüntüsü (Pieklak and Mikolajczyk, 2008).

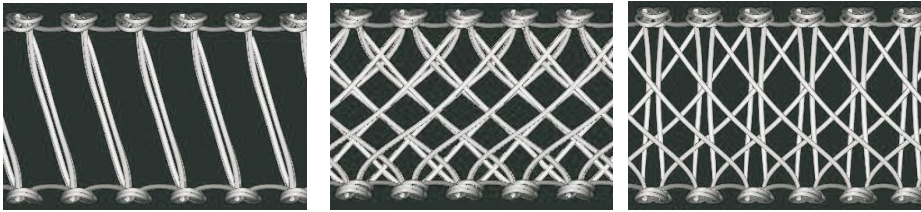
Sandviç tekstillerin ön ve arka yüzey konstrüksiyonları nihai ürünün kullanım alanına bağlı olarak farklı veya aynı; düz veya desenli, her iki yüzey veya sadece bir yüzey delikli ya da farklı gözenek büyüklüklerine sahip olarak üretilabilmektedir (Şekil 1.31) (Karl Mayer Teknik Broşürü, 2000). Çözgü örme makinesinde kullanılan yatırım raylarının taharı ve yatırım/salınım hareketlerinin değiştirilmesi ile iki dış yüzeyin konstrüksiyonu ve bu iki yüzeyi birbirine bağlayan bağlama ipliklerinin sayısı ve yerleşimi düzenlenebilmektedir.



Şekil 1.31. Farklı yüzey desenlerine sahip olan çözgü örme sandviç tekstillere örnekler.

Kumaş kalınlığı boyunca daha rijit ve stabil bir yapı oluşturmak için bağlantı ipliği olarak genelde monofilament iplikler tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra multifilament ve eğirilmiş ipliklerin kullanıldığı durumlara da rastlanmaktadır. Bağlama ipliklerinin özellikleri sandviç tekstilin özelliklerini belirlediğinden, bu iplikler son üründen beklenen özelliklere göre seçilmektedir. Ticari üretimde yaygın şekilde polyester veya poliamid monofilament iplikler tercih edilmekle birlikte cam, karbon elyafı ve diğer lifler de kullanılabilir (Yıldırım, 2008; Önal, 2004; Ertekin, 2009).

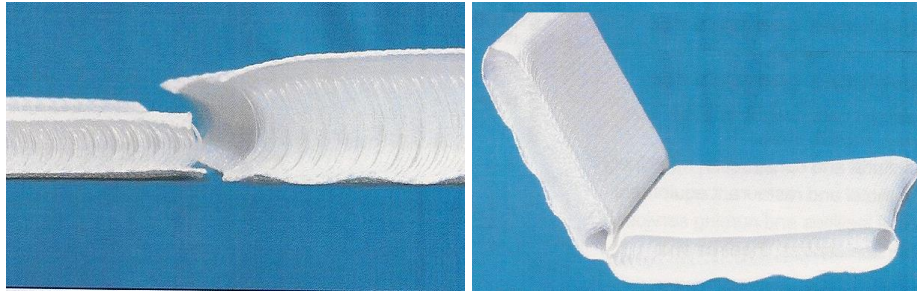
Çözgü örme sandviç kumaşlar, enine kesitleri farklı olacak şekillerde üretilebilir. Şekil 1.32’de sandviç kumaşların çeşitli enine kesit şekilleri gösterilmiştir. Kumaşların enine kesit şekilleri, bağlama ipliğinin veya ipliklerinin ön ve arka iğne raylarına farklı yatırımlar yapması ile oluşturulmaktadır. Enine kesit şekli, sandviç kumaşların sıkıştırılabilirlik ve stabilite gibi özelliklerini etkileyen önemli bir parametredir.



Şekil 1.32. Çözgü örme sandviç kumaşların farklı enine kesit şekilleri; a) paralel, b) çapraz, c) paralel ve çapraz kombinasyonlu (Zhang et al.,2012).

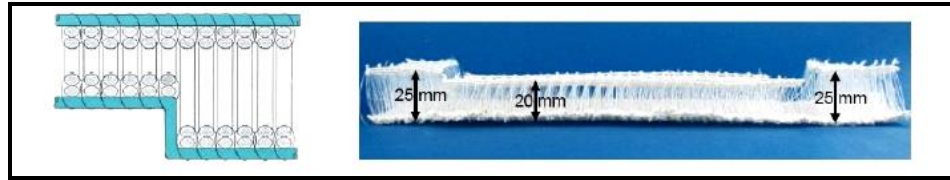
Çift iğne raylı raşel makinelerinde kalınlıkları 1,5 mm ile 60 mm arasında değişen sandviç tekstillerin üretimi mümkündür (Önal, 2005; Fuchs et al., 2003; Ertekin, 2009). Sandviç tekstilin kalınlığı iki iğne rayı arasındaki mesafe ile ayarlanmaktadır. 20 mm kalınlığına kadar sandviç tekstiller raşel makinesinde herhangi bir modifikasyona gerek kalmaksızın üretilebilmektedir. Ancak 20

mm'den daha kalın olan kumaşlar “High Distance (Süper kalın) çözgü örme sandviç tekstiller” olarak adlandırılır ve bu kumaşların üretimi için modifiye edilmiş raşel makineleri kullanılmaktadır (Karl Mayer Techtextil, 2005). Bu makinelerde; alt yatırım hareketinin miktarı oldukça fazla arttırılmış (bir makine devrinde 45-50 mm), iplik besleme sistemi çapı 0.12 mm' ye kadar olan kalın monofilament iplikleri kullanmaya uygun hale getirilmiş, kumaş çekim sistemi ürüne uygun şekilde yenilenmiştir (Marmaralı, 2012). Şekil 1.33'de Süper kalın çözgü örme sandviç tekstil örnekleri görülmektedir.



Şekil 1.33. Süper kalın çözgü örme sandviç tekstil örnekleri (Cetex kataloğu, 2013).

Ayrıca raşel makinelerinde makine üzerinde şekillendirilmiş sandviç tekstillerin üretimi de mümkündür (Şekil 1.34).



Şekil 1.34. Örülürken şekillendirilmiş çözgü örme sandviç tekstillere örnekler (Stockmann and Molter, 2001).

Çözgü örme sandviç tekstillerin karakteristik özellikleri; ilmek yoğunluğu, bağlantı ipliğinin numarası, iğne rayları arasındaki mesafe, yatırım hareketinin yönü ve miktarı, bağlantı ipliği hareketi ve yoğunluğu ile yüzey yapısı tarafından belirlenmektedir (Fuchs et al., 2003; Ertekin, 2009).

Çözgü örme sandviç tekstillerin kullanım alanları; iç giysilikten, otomotiv döşemeliklerine, medikal tekstillerden, koruyucu tekstillere kadar uzanan geniş bir yelpazeyi içermektedir. Özellikle kumaşın yapısındaki bağlama iplikleri stabil özelliğe sahip olduğundan sıkıştırılabilir dayanımı bu kumaşın temel özelliklerinden biridir. İki dış yüzey arasındaki boşluk tabakası iyi bir

termofizyolojik konfor sağlamaktadır. Yüksek sıkıştırılabilirlik dayanımı ve iyi konfor özellikleri medikal uygulamalarda kullanımını arttırmaktadır.

1.4.2. Sandviç tekstillerin özellikleri

Sandviç tekstillerin sahip olduğu özellikler aşağıda yer almaktadır (Fuchs et al., 2003; Önal, 2005; Terrot, 2013; Omar and Goel, 2009):

- Yüksek hava geçirgenliği ve nefes alabilirlik,
- Nem, ısı geçirgenliği ve absorpsiyonu,
- Çok iyi fizyolojik ve ısı konfor,
- İyi sıkıştırılabilirlik dayanımı,
- Fonksiyonel materyallerle birleştirilme olanağı,
- İyi yüzey dayanımı,
- Yüksek tamponlama (darbeyi karşılama) etkisi ve geri dönebilme kapasitesi,
- İyi esneme özelliği,
- Yüksek eğilme dayanımı,
- Hafiflik.

Sandviç tekstil yapısında bulunan boşluk tabakası, kumaşın yüksek hava, ısı ve nem geçirgenliğine sahip olmasını sağlamaktadır. Bu özelliklerin kombinasyonu sayesinde kumaşlarda iyi bir fizyolojik konfor elde edilmektedir (Şekil 1.35).



Şekil 1.35. Sandviç tekstillerin hava ve nem geçirgenliği mekanizması (European Hospital, 2008).

Sıkıştırılabilirlik dayanımı sandviç tekstillerin temel özelliklerinden biridir. Yapılarındaki bağlama ipliklerinden dolayı yüzeye yapılan basıncı daha geniş alana yayarak noktasal etkileri en aza indirebilen yapılardır (Önal, 2005). Bu

sayede, baskıya karşı stabillerdir ve sürekli yük altında kaldıktan sonra, kuvvet kaldırıldığında tekrar eski kalınlıklarına dönebilirler (Ertekin, 2009).

Sandviç tekstiller iyi yüzey dayanımına sahiptirler. Özellikle çözgü örme sandviç tekstillerin yüzey yapısı, diğerlerine göre daha iyi bir stabiliteye sahiptir.

Hafif yapıları nedeniyle teknik uygulamalar için özellikle takviye malzemesi olarak, klasik takviye malzemelerine göre büyük avantajlar sunarlar. Ayrıca tek adımda üretilebildiklerinden maliyetleri düşüktür.

1.4.3. Sandviç tekstillerin kullanım alanları

Sandviç tekstiller, farklı materyallerin kullanılabilmesi, esnek bir ürün aralığına ve üç boyutlu bir yapıya sahip olmaları nedeniyle birçok alanda kullanılmaktadır. Özellikle farklı tasarım olanakları ve geniş bir desen aralığına sahip olmaları, bu tekstillerin yeni kullanım alanları bulmalarına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, reçine terbiyesi, kaplama ve laminasyon gibi farklı bitim işlemleri ile bu kumaşlar özel teknik uygulama alanları için optimize edilebilmektedir (Fuchs et.al., 2003; Ertekin, 2009).

Sandviç tekstiller giyim sektöründen takviye uygulamalarına kadar uzanan çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Giyim sektöründe iç giyim komponentleri (sütyen ve votka) veya dış giysiliklerde izolasyon materyali olarak tercih edilirken (Lehmann, 1994; Ertekin 2009), spor giysiler (dalgiç ve kayak giysileri), korseler ve ayakkabılar diğer kullanım alanlarıdır (Liba broşürü, 2000). Nefes alabilir yapıları, giyim konforu ve yıkama dayanımları nedeniyle köpük ve köpük kompozitlerin yerini almaya başlamışlardır.

Sandviç tekstiller, bandaj ve tedavi edici malzemeler, kompresyon bandajları, yatak yarasını önlemek için hasta yatakları ve tekerlekli sandalye kaplamaları gibi tıbbi uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Textile and Apparel Newsletter, 2004). Ayrıca ortopedik amaçlı ve idrar kaçırma ile ilgili olarak kullanılan ürünlerde, cerrahi uygulamalar ve nekahet dönemleri için şilte olarak uygun bir çözümdür (Kunde, 2005). Özellikle yüksek hava geçirgenliği ve ısı–nem aktarma özellikleri nedeniyle, deri dostu ve nefes alabilir bir yapıya sahiptirler ve bu sayede tıbbi uygulamalar için gerekli olan fizyolojik konforu sağlamaktadırlar.

Yüksek basma dayanımı, hava geçirgenliği, esneme, yalıtım özelliği, eğilme performansı gibi üstün özellikleri sayesinde sandviç tekstillerin önemli bir diğer uygulama alanı otomobil tekstilleri olup araba koltuk döşemeliklerde, araba içi kaplama ve yer döşemelerinde, kamyonların çamurluklarında kullanılabilirler (Fuchs et. al., 2003). Özellikle araç koltuklarında son yıllarda koltuk kılıfı ve döşeme olarak tercih edilen sandviç örme kumaşlar, gerek zemin kumaş ile poliüretan köpüğün arasında bir katman olarak gerekse zemin kumaşı olarak dış yüzeyde kullanılmaktadır.

Sandviç tekstiller hafif yapı malzemesi olarak inşaatlarda da (dış duvarlarda takviye elemanı olarak veya darbe ile oluşan sesin yalıtımı için zeminde) kullanılmaktadır (Ulcay vd., 2012).

Fonksiyonel komponentlerle birleştirilerek, sandviç tekstillere özel uygulama alanları için farklı özellikler kazandırılabilir. Örneğin, boşluk tabakasına bir vatkanın veya dolgu maddesinin ilavesiyle multifonksiyonel bir nihai ürün elde edilebilir. Ayrıca antibakteriyel, güç tutuşur veya antistatik multifilament, monofilament veya eğirilmiş iplikler gibi teknik materyaller ile kullanım alanları genişletilebilir (Fuchs et.al., 2003).

1.5. Çalışmanın Amacı

Koruyucu tekstiller pazarı, yeni ürünlere, tedarikçilere ve yeniliklere açık bir pazar olup, firmalar için gün geçtikçe dikkat çekici hale gelmiştir. Önceleri sadece iş güvenliği sağlamak için çalışanlar tarafından kullanılan koruyucu tekstiller, günümüz modern insanının aktif yaşam biçimi sayesinde spor ve boş vakit aktivitelerinde kullanımı da giderek artmaktadır. Önceleri bu ürünlerin sadece koruyucu olması beklenirken, günümüzde bu özelliğe ilaveten konfor ve moda gereksinimlerine de cevap vermesi beklenmektedir. Dolayısıyla konfor özellikleri iyileştirilmiş, estetik açıdan daha çekici ve kullanımı daha rahat olan mekanik darbeye karşı koruyucu tekstillerin geliştirilmesi için daha detaylı ve kapsamlı bir çalışmanın yapılma gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmanın birinci adımında, koruyucu tekstil ürünlerinin darbe dayanımlarını tespit edebilecek ağırlık düşürme esasına göre çalışan bir ölçüm cihazı geliştirilecektir. Geliştirilecek cihaz benzerlerine göre pek çok avantaja sahip olacaktır. Bu avantajlar; tekstil ürünlerinin ölçüm aralığına uygun olarak tasarlanması, darbe dayanımı ölçümü gerektiren birden fazla standarda göre uyarlanabilir olması, darbe esnasında aktarılan kuvveti ölçmesinin yanı sıra

deplasman, ivme gibi parametreleri de ölçebilmesi, tüm verileri bilgisayar ortamında kayıt edebilmesi ve istatistiksel değerlendirmelerin yapılabilmesi ile daha ekonomik olmasıdır.

Çalışmanın ikinci adımında ise, darbe sönümleme özelliği yüksek olması yanında, fizyolojik ve ısı konfor sağlayan sandviç örme kumaşlar üzerine çalışılacaktır. Bu amaçla farklı kumaş parametreleri (kalınlık, yüzey konstrüksiyonu, gözenek büyüklüğü ve fiksaj değerleri) denenerek hem mekanik darbeye karşı yüksek dayanım sağlayan, hem de konfor özellikleri iyileştirilmiş çözgü örme sandviç tekstiller üretilenektir. Ayrıca üretilen kumaşların darbe dayanım özelliklerini geliştirmek amacıyla silikon ile kaplama işlemi de gerçekleştirilecektir. Hem üretilen kumaşların ve hem de kaplanmış kumaşların performans ve konfor özellikleri ölçülerek değerlendirilecektir. Çalışma sonunda, elde edilen veriler ışığında konfor özellikleri iyileştirilmiş optimum performans özelliklerine sahip kumaş parametreleri belirlenecektir. Böylece darbe koruyucu yüzeylerin kullanım esnasında en çok karşılaşılan şikâyetlerden biri olan rahatsız ve konforsuz oluşunun önüne geçilerek, daha fazla kullanımının sağlanması ile bu alandaki tekstil ürün gruplarına katkı sağlanmış olacaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Mekanik darbeye dayanıklı tekstiller hakkında yapılmış çalışmaların büyük çoğunluğunun kompozit malzemeler üzerine olduğu bilinmektedir. Ayrıca son yıllarda sandviç örme kumaşlardan yapılmış koruyucu yüzeyler ile ilgili araştırmalar yapılıyor olsa da yapılan literatür taramasında bu konuda sınırlı sayıda çalışmaya ulaşılabilmektedir. Bu çalışmada üretilmesi planlanan koruyucu yüzeylerin, kalça koruyucu olarak kullanımı hedeflendiğinden bu bölümde kalça koruyucular ile ilgili yapılmış araştırmalara da yer verilmiştir. Özet olarak yapılan literatür araştırmasını 3 grup altında toplamak mümkündür:

1. Mekanik darbeye dayanıklı tekstiller üzerine yapılmış çalışmalar
2. Düşük hızlı darbe dayanımı ölçüm cihazı geliştirilmesi üzerine yapılmış çalışmalar
3. Kalça koruyucular ile ilgili yapılmış çalışmalar

2.1. Mekanik Darbeye Dayanıklı Tekstiller Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Bu bölümde düşük hızlı darbeye dayanıklı tekstiller ile ilgili çalışmalar, sandviç kompozit malzemeler, örgü örme sandviç kumaşların düşük hızlı darbe dayanımları ve sıkıştırılabilirlik özellikleri ile gerçekleştirilmiş araştırmalar olmak üzere 3 grupta incelenmiştir.

2.1.1. Sandviç kompozitlerin düşük hızlı darbe dayanım özelliklerinin incelendiği çalışmalar

Düşük hızlı darbeye karşı dayanıklı yüzeyler olarak kompozit malzemelerin özelliklerinin araştırıldığı pek çok çalışma bulunmakla birlikte, bu çalışmanın konusu kompozitleri kapsamadığından, sadece sandviç kumaş takviyeli kompozitlerin çalışıldığı araştırmalara kısaca yer verilecektir.

Sandviç kumaş takviyeli kompozit plakların düşük hızlı darbeye karşı dayanımlarının (darbe sonrası yük-uzama, absorbe edilen enerji ve yorulma özellikleri), farklı enerji seviyelerinin, farklı materyallerin (köpük dolgulu, boşluklu, cam lifi, karbon lifi ve Kevlar® lif takviyeli) ve yüzey yapılarının (hekzagonal yapı, petek doku) etkilerinin incelendiği pek çok araştırma

bulunmaktadır (Anderson ve Madenci, 2000; Atas ve Sevim, 2010; Erickson et al., 2005; Freeman et al., 2005; Gustin et al., 2004; 2005; Hosur et al., 2004, 2005; Jacque et al., 2008; Jiang et al., 2008; Lascoup et al., 2010; Lee et al., 2009; Li et al., 2010; Tan ve Akil, 2012; Xia and Wu, 2010a ve 2010b, Vaidya et al., 2001, 2006, 2008, Zangani et al., 2008). Bu çalışmaların yanı sıra sandviç kumaş kompozitlerin sıkıştırılabilirlik (Cao et al., 2011a) ve darbe sonrası sıkıştırılabilirliğinin (Cao et al., 2011b) incelendiği çalışmalar da vardır.

Karahan ve arkadaşları (2012), farklı kalınlıklarda üç boyutlu dokuma sandviç kumaşlardan köpük dolgulu ve dolgusuz olarak ürettikleri sandviç kompozitlere düşük hızlı darbenin etkisi ile farklı enerji seviyelerinde (32 ve 48 J) kalınlığın ve köpük dolgunun etkisini incelemişlerdir. Ayrıca maksimum darbe kuvveti, absorbe edilen enerji, darbe sonrası sıkıştırılabilirlik özelliğindeki değişim ve darbe hasarını araştırıp, darbenin etkisinin sadece yüzeyde gözleendiği, malzemenin bütününe etkilemediğini belirlemişlerdir.

Velosa ve arkadaşları (2012), üç boyutlu sandviç örme kumaşlardan üretilmiş sandviç kompozit levhaların mekanik özelliklerini (bükülme, basma ve darbe özellikleri) incelemişlerdir. Farklı yapısal parametrelerin (kumaşın ön yüzey ve bağlantı tabakasında kullanılan ipliğin lineer yoğunluğu, çapraz iplik yoğunluğu ve yüzey yapısı), üretilebilirlik ve kompozit levhaların mekanik davranışlarına etkisi detaylı olarak belirlenmiştir. Çapraz iplik yoğunluğu daha az olan ve kalın ipliklerden yapılmış sandviç kumaşların yüksek basma ve darbe özelliklerine, yüksek çapraz iplik yoğunluğuna sahip ve ince ipliklerden yapılmış sandviç kumaşların ise daha iyi bükülme özelliğine sahip olduğu saptanmıştır.

Huo ve arkadaşları (2011), çözgü örme sandviç kumaş takviyeli epoksi matriks kompozitlerin sıkıştırılabilirlik ve esneklik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda reçine tip ve miktarının kompozitlerin sıkıştırılabilirlik ve esneklik özelliklerini etkilediklerini tespit etmişlerdir.

Li ve arkadaşları (2009), çalışmalarında 8-şekilli ve oluklu hav yapısına sahip sandviç kumaş kompozitlerin mekanik özellikleri ve farklı yük değerleri altında darbe modlarını incelenmişlerdir. Çalışma sonucunda havların sıkıştırılabilirlik dayanımını etkiledikleri; oluklu hav yapısına sahip sandviç kompozitlerin monofilament kumaş anizotropilerinin 8-şekilli hav yapısına sahip sandviç kompozitlerden daha büyük olduğu ve hav yüksekliği ile yoğunluğunun mekanik özellikler üzerinde önemli etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Liu ve arkadaşları (2006), üç boyutlu biaksiyal (ilmek çubuk ve sıraları yönünde iplik yatırımı yapılmış) örme sandviç tekstil kompozitlerinin enine (transvers) darbe altındaki davranışlarını incelemişlerdir. Darbe hızı arttıkça, hasar yükü, hasar deformasyonu ve kompozitin enerji absorpsiyonunun arttığı görülmüştür. Kompozitin hasar modu, ön yüzeyde basma hasarı, arka yüzeyde ise çekme hasarı olarak tespit edilmiştir.

2.1.2. Çözü örme sandviç kumaşların düşük hızlı darbe dayanım özelliklerinin incelendiği çalışmalar

Arabzadeh ve arkadaşları (2012), darbe kuvvetine karşı sandviç kumaşların sönümleme özelliklerini tahminlemek için bir model geliştirmişlerdir. Mekanik sistemdeki sönümleme kuvveti bir amortisör ile sağlanmıştır. Bu yüzden titreşim sisteminin matematiksel modellemesi yapılmış ve modelin doğruluğunu ispatlamak için sandviç kumaşlara standart darbe testleri uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda, teorik ve deneysel çıktılar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark gözlenmemiştir. Darbe testleri; monofilament bağlantı ipliklerinin incelik ve uzunluğu azaldıkça veya yoğunluk arttıkça aktarılan kuvvetin azaldığını yani kumaşın darbeyi daha iyi sönümlediğini göstermektedir.

Liu ve arkadaşları (2012), farklı parametrelerde (bağlantı ipliği yerleşim açısı, monofilament inceliği, kumaş kalınlığı ve yüzey yapısı) üretilen çözü örme sandviç kumaşların darbe altında sıkıştırılabilirliğini incelemişlerdir. Ölçümler, ASTM D 1596-97 standardına uygun olarak tasarlanan darbe dayanımı ölçüm cihazı (King Design Company-Tayvan) ile yapılmıştır. Kumaşların darbeye dayanıklılıkları, darbe temas kuvveti-deplasman eğrisi, absorbe edilen enerji-temas kuvveti eğrisi ve aktarılan kuvvet-zaman eğrisi ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, çözü örme sandviç kumaşların yüksek enerji absorblama kapasitesi ve düşük temas kuvvetine sahip olması sayesinde etkili bir vücut koruyucu materyal olduğu belirtilmiştir. Ayrıca monofilament yerleşim açısı bakımından tek ve üç iğne kaydırmalı sandviç örme kumaşların koruyucu özelliğe çok uygun olmadığı; monofilament kalınlığı ile kumaş kalınlığı arttığında kumaşların enerji absorblama yeteneği ve koruyuculuğunun azaldığı tespit edilmiştir. Sandviç örme kumaşların maksimum temas kuvvetini %33.16 oranında azalttığı belirtilmiştir.

Guo ve arkadaşları (2011), kalça koruyucu olarak kullanılabilecek çözü örme sandviç kumaşlarda, yüzey yapısının darbe dayanımına etkisini incelemişlerdir. Üç farklı yüzey yapısında (iplik yatırımı, kilit örgü ve ağ yapısı)

çözgü örme kumaşların 10 J darbe enerjisi altında, yük-zaman, deplasman-zaman ve enerji-zaman parametrelerini Instron Dynatup 9250 HV model ölçüm cihazı ile belirlemişlerdir. Sonuç olarak ağ yapısında üretilen sandviç kumaşların daha fazla enerjiyi absorbladığı ve deplasman değerinin diğer iki kumaştan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Darbe dayanımı açısından iplik yatırımlı kumaş en iyi sonucu vermiştir.

Valatkiene ve arkadaşları (2008) sarkaç metoduna göre iki farklı çapta ve ağırlıkta vurucu kullanarak, materyallerin darbe dayanımlarını tahminlemişlerdir. Üç farklı materyalin (dokuma kumaş, örme kumaş ve polietilen membran), darbe değerleri ve sıçrama açıları ve elastikiyet özellikleri belirlenmiştir. Sarkaç testinde ilk vuruşta test materyallerinin absorbe ettikleri enerji yüzdesi hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda sarkacın başlangıç açısı ile geri sıçrama açısının arttığı; darbe açısının ise azaldığı gözlenmiştir. Darbe esnasında sarkacın enerjisini en az absorbe eden (%25 daha az enerji) yapıların örme kumaşlar olduğu belirlenmiştir.

Valatkiene ve Strazdiene (2005), sarkaç metodunu kullanarak kumaşların tutum özellikleri ile darbeye karşı dayanımları arasındaki ilişkiyi belirlemek için çalışmışlardır. Kumaşların darbe değerleri, her bir darbenin oluşturduğu sıçrama açıları ve darbe açıları arasındaki ilişkiyi dikkate almışlardır. Çalışmanın sonucunda kumaşların subjektif tutum özellikleri ile darbe dayanım özellikleri arasında yakın bir ilişkinin bulunduğu tespit edilmiştir.

2.1.3. Çözü örne sandviç kumaşların sıkıştırılabilirlik özelliklerinin incelendiği çalışmalar

Guo ve arkadaşları (2012), farklı yüzey yapısına (düz yüzeyli, eşkenar dörtgen ve altıgen şeklinde ağ yapılı) sahip çözgü örme sandviç kumaşların bağlantı ipliği yerleşimini modellemişlerdir. Sonuç olarak, teorik ve deneysel sıkıştırılabilirlik sonuçlarının birbirine yakın olduğu; bağlantı ipliklerinin yerleşim açılarının, sandviç kumaşların yüzey yapılarından etkilendiği ve bağlantı iplik açısı dikleştikçe kumaşların sıkıştırılabilirlik değerlerinin arttığı gözlenmiştir.

Hou ve arkadaşları (2011), çözgü örme sandviç kumaşların farklı sıkıştırma seviyelerindeki sıkıştırılma (kompresyon) mekanizmasının materyalin yapısına etkisini incelemiştir. Sonlu elemanlar modeli ile kumaşın geometrik yapısı ve sıkıştırılabilirlik özelliği simüle edilmiştir. Deneysel ve simülasyon verilerinin uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Liu ve Hu (2011), düz örme makinesinde, farklı çaplarda bağlantı iplikleri ve ilmek iplik uzunlukları ile üretilen dört farklı yüzey yapısında, sandviç kumaşların sıkıştırılabilirlik ve hava geçirgenliği özellikleri Kawabata Sistemi (KES-F) ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak; daha kalın monofilament iplik kullanılan kumaşların daha iyi sıkıştırılma dayanımı ve geri dönüş özelliği sergilediği, uzun askılarla bağlanmanın sandviç kumaşların geri dönüş özelliklerini iyileştirdiği saptanmıştır. Ayrıca dış yüzeylerin seyrek yapıda olmasının, sıkıştırılma dayanımını düşürdüğü ve geri dönüş özelliğini iyileştirdiği; bağlantı iplik mesafesinin azalması ve dış yüzeylerde sık yapıların kullanılmasının kumaşların hava geçirgenlik özelliklerini azalttığı belirtilmiştir.

Liu ve arkadaşları (2011) sönümleyici materyal olarak kullanılan çözümlü örme kumaşların sıkıştırılabilirlik özelliklerini incelemek üzere, farklı kumaş parametreleri ile (bağlantı iplik yerleşim açısı ve inceliği, kumaş kalınlığı ve dış yüzey yapısı) çözümlü örme sandviç kumaşları üretmişlerdir. Her bir parametrenin kumaşların sıkıştırılabilirlik özelliklerine etkisini belirleyebilmek için sıkıştırılma yük-uzama eğrileri ve enerji verimliliği diyagramları kullanmışlardır. Sonuçlar, çözümlü örme sandviç kumaşların sönümleme gerektiren uygulamalarda enerji absorbe edici olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Mokhtari ve arkadaşları (2011) çözümlü örme sandviç kumaşların sıkıştırılabilirlik özelliklerini tahminlemek için uygun bir elastik teorik model geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Bağlantı ipliği için üç teorik model ileri sürmüşlerdir: a) atkı ve çözümlü yönlerinde aynı eğimle (Model A), b) çözümlü yönü için eğimli; atkı yönü için yatay çubuk (Model B) ve c) yük altında atkı ve çözümlü yönlerinde iki farklı eğime sahip çubuk (Model C: geliştirilen model). Sonuç olarak model C'den elde edilen simülasyon verilerinin deneysel sonuçlara daha yakın olduğu bulunmuştur.

Sheikhzadeh ve arkadaşları (2010), sandviç kumaşların yanal (enine) sıkıştırılabilirlik özelliklerini araştırmak için Van Wyk denklemini kullanmışlardır. İki farklı monofilament ve üç farklı yerleşim şekli kullanarak 1 cm boşluğa sahip sandviç kumaşlar üretmişlerdir. Sonuçlar, liflerin elastik davranışını sürdürmesi durumunda sıkıştırılabilirlik ile sandviç kumaşların kalınlığı arasında linear bir korelasyonun olduğunu göstermiştir. Bağlantı ipliği yerleşiminin, sandviç kumaşların sıkıştırılabilirlik özelliği üzerinde etkisinin önemli olduğu da belirtilmiştir.

Armakan ve Roye (2009), beton uygulamalarında kullanılmak üzere tasarlanmış çözü örm sandviç kumaşların bağlantı ipliği materyali, desen ve tahar gibi parametrelerinin kumaşların sıkıştırılabilirlik özelliklerine etkisini incelemiştir. Çalışmalarının sonucunda incelenen tüm parametrelerin sandviç kumaşların sıkıştırılabilirlik özellikleri üzerinde önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Vassiliadis ve arkadaşları (2009), çözü örm sandviç kumaşların sıkıştırılabilirlik performansını sonlu elemanlar yöntemi (FEM) ile tahminlemeye çalışmışlardır. Dış yüzeylerin görünen mekanik özellikleri, mikromekanik modelleme ile; sıkıştırılabilirlik testi esnasında kompleks deformasyonun analizi ise makromekanik model ile değerlendirilmiştir. Önerilen yöntem, simülasyon ve deneysel sıkıştırılabilirlik verilerinden elde edilen yük-deplasman eğrileri karşılaştırılmıştır. Ayrıca sıkıştırılabilirlik dayanımına numunelerin yapısal ve fiziksel parametrelerinin etkisi de incelenmiştir.

Miao ve Ge (2008), çözü örm sandviç kumaşların sıkıştırılma esnasında yük-uzama özelliklerini analiz etmişler; yüzey basıncını dağıtmak ve basıncı hafifletmek için sönümlene materyali olarak sandviç kumaşın performansını araştırmışlardır. Sandviç kumaşın sıkıştırılabilirlik deformasyonunu belirlemek için mekanik bir model sunulmuştur.

Ye ve diğerleri (2008) çözü örm sandviç kumaşların sönümlene uygulamalarında kullanımını inceleyerek, basınç dağılımı, hava geçirgenliği ve ısıya karşı dayanım özellikleri değerlendirilmiş ve PU köpük ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak çözü örm sandviç kumaşların iyi bir basınç azaltma özelliğine, yüksek hava geçirgenliğine ve PU köpüğe göre daha düşük ısıya karşı dayanıma sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar özellikle konfor ve geri dönüş özelliğinin istenildiği durumlarda PU köpük yerine kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Yip ve arkadaşları (2008), farklı bağlantı iplik tipine, çapına ve düzenine sahip atkı ve çözü örm sandviç kumaşların hava geçirgenliği, ısı iletkenlik ve düşük gerilim altında mekanik özelliklerini (esneklik, geri dönme, gerilim ve sıkıştırılabilirlik) incelemiştir. Sonuç olarak, hava geçirgenliği ve ısı iletkenlik özelliklerinin kumaş yoğunluğuna, sıkıştırılabilirlik özelliğinin ise bağlantı iplik tipine (monofilament, multifilament) ve bağlantı ipliği yerleşim açısına bağlı olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca eğilme özelliğinin de kumaş tipi, yapısı, bağlantı

iplik tipi ve yoğunluğu ile esneme ve geri dönme özelliğinin ise kumaş tipi ve bağlantı iplik tipi ile bağlantılı olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.

Wei ve Hairu (2006), çift yataklı yuvarlak örme makinelerinde, bağlantı ipliği olarak monofilament polyester, zemin ipliği olarak düşük esneme özellikli filament polyester ipliği kullanarak atkı örme sandviç kumaşlar üretmişlerdir. Kumaşların sıkıştırılabilirlik ve geri dönüş özelliklerini etkileyen faktörleri incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, bağlantı ipliğinin inceliği, kumaş yoğunluğu ile silindir ve kapak arasındaki mesafenin artması ile sıkıştırılabilirlik deformasyonunun azaldığı ve geri dönüş yeteneğinin arttığı belirtilmiştir.

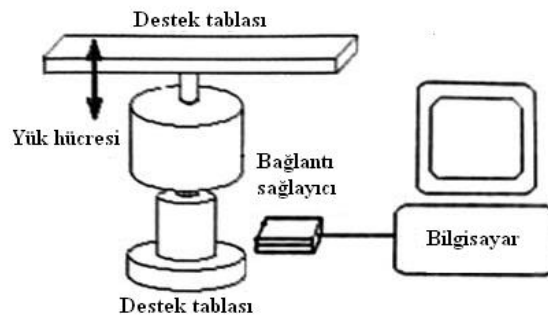
Ye ve arkadaşları (2006), çözgü örme sandviç kumaş ve poliüretan sünger kullanılarak üretilen araba koltuklarının sıkıştırılma, çökme, hava geçirgenliği, ısıl konfor ve basınç azaltma özelliklerini karşılaştırmışlardır. Çözgü örme sandviç kumaşlarla yapılan koltukların, lineer elastik sıkıştırılabilme özelliği gösterdiği, basıncı çok daha iyi azalttığı ve kumaş kalınlıklarının artırılmasının basıncı azaltmada daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca sandviç kumaşların hava geçirgenlik ve ısıl iletkenlik özelliklerinin poliüretan süngerden daha iyi olduğu belirtilmiştir. Bu özellikleri sayesinde araba koltuklarında sandviç kumaşların kullanımının mekanik performans ve sürüş konforunu arttırdığı vurgulanmıştır.

Musiol (2005), yük altında sandviç örme kumaşta meydana gelen değişimleri incelemiştir. Deplasman (çökme, belverme) miktarının yüzeye uygulanan yük miktarı, bağlantı ipliğinin uzunluğu, bağlantı ipliğinin alt ve üst yüzeylerle olan açısı ve ipliğin elastisite modülüne bağlı olarak değiştiğini belirtmiştir. Bu özelliklerin bilinmesinin halı, yatak, mobilya, yer kaplamaları gibi kullanım alanları açısından önemli olduğunu da vurgulamıştır.

Ye ve arkadaşları (2005), farklı yüzey yapıları ve kalınlıklarında üretilen çözgü örme sandviç kumaşların basınç azaltma özelliklerini; yün halı ve poliüretan köpük ile karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda, sandviç örme kumaşların ilmek yapıları sayesinde çok iyi basınç azaltma özelliğine sahip oldukları; sandviç kumaşın kalınlığının basınç azaltma değerini etkilemediği; kalınlık artışının kumaşlarda stabiliteyi azalttığı; iplik çapı ve bağlantı şeklinin basınç azaltma üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir. Bağlantı iplik çapı arttıkça sandviç örme kumaşların daha iyi basınç azaltma özelliği sağladığı ve “X” şeklinde bağlantının en iyi kumaş stabilitesi sağladığı belirtilmiştir.

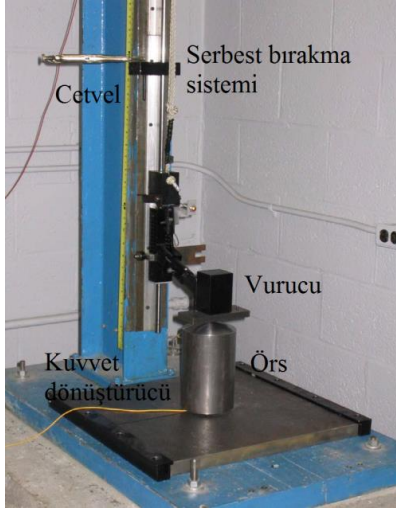
2.2. Düşük Hızlı Darbe Dayanımı Ölçüm Cihazı Geliştirilmesi Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Arabzadeh ve arkadaşları (2012), sandviç kumaşların darbe yüküne karşı davranışlarını incelemek için destek tablası, yük hücresi ve bilgisayar içeren bir cihaz geliştirmişlerdir (Şekil 2.1). Vurucu olarak kullanılan bir kütle (5,7 g), iki farklı yükseklikten (25 ve 50 cm) destek tablasına yerleştirilen sandviç kumaş üzerine ilk hızsız düşürülerek darbe testi gerçekleştirilmiştir. Sandviç kumaşa vurucu çarptığında destek tablasının altındaki yük hücresi ile aktarılan kuvvet ölçülmüştür. Sonuçlar, kuvvet-zaman bağıntısı ile bilgisayardan elde edilmiştir.

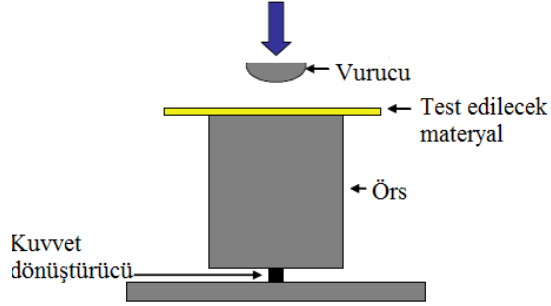


Şekil 2.1. Arabzadeh ve arkadaşları tarafından geliştirilen darbe dayanımı ölçüm sistemi.

Carboni (2004), askerlerin sırt bölgelerini düşük hızlı darbelerden korumak için, balistik vücut koruyucuların ve darbeye karşı koruyucu köpüklerin performans özelliklerini incelemiştir. Bu amaçla EN 1621-2 ve EN 13158 standartlarına uygun ağırlık düşürme esasına göre çalışan bir ölçüm cihazı geliştirmiştir (Şekil 2.2). Cihaz; düşürme mekanizması, vurucu, örs ve kuvvet ölçüm sisteminden oluşmuştur. Her iki standardın dikkate alındığı çalışmada test edilecek materyale bir vurucu (5,4 kg) ile darbe uygulanmış ve materyal tarafından aktarılan kuvvet, örsün altında yer alan kuvvet dönüştürücüsü ile ölçülmüştür (Şekil 2.2b). Çalışmada, farklı materyallerin performans özelliklerini karşılaştırmak amacıyla 4 J'lük enerji seviyesi seçilmiş ve enerji seviyeleri, kabul edilebilir maksimum kuvvet değerine ulaşıncaya kadar arttırılmıştır. Balistik materyallerin 4 J enerji seviyesinde 11,0-16,2 kN'luk aktarılan kuvvet değerlerine sahip olduğu ve sırt koruyucu olarak uygun olmadığı gözlenmiştir. Balistik malzemeye poliüretan köpüğün ilave edilmesi ile 25 J ve 40 J enerji seviyelerinde sırasıyla 3,5 kN ve 6,6 kN kuvvet değerleri elde edildiği ve köpük+balistik materyalin sırt koruyucu olarak kullanıma uygun olduğu belirtilmiştir.



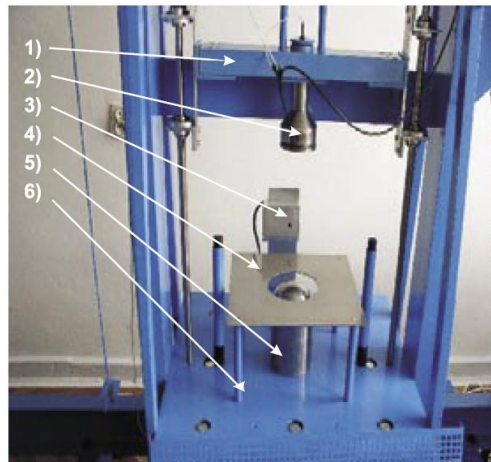
(a)



(b)

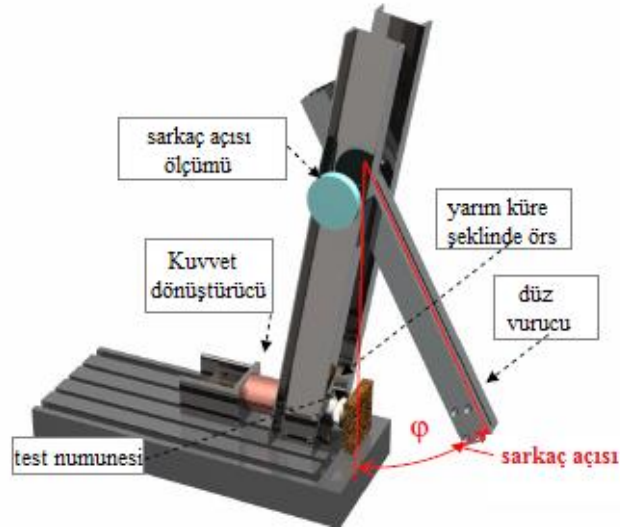
Şekil 2.2. Carboni tarafından geliştirilen darbe dayanımı ölçüm sistemi a) cihazın görüntüsü, b) sistemin şematik gösterimi.

Maklewska ve arkadaşları (2004) hokey, binicilik, futbol, motosiklet, dövüş sporları gibi travmatik spor dallarında kullanılan giysi içine yerleştirilen koruyucu yüzeyin enerji sönümlemesini analiz etmek için ASTM F 355-95 standardına uygun serbest düşme prensibine göre çalışan darbe ölçüm sistemi tasarlamışlardır (Şekil 2.3). Kinetik enerji absorpsiyonunun kalitatif ve kantitatif analizi, numune deformasyonu, numuneye darbe öncesi, esnası ve sonrasında vurucunun ivmesi, maksimum kuvvet değeri, numune tarafından absorbe edilen enerji ve maksimum numune deplasmanı (belverme) özelliklerinin kaydedilmesi ile sağlanmıştır. Vurucu ivmesi, vurucuya monte edilen bir ivmeölçer ile numunenin belverme değeri ise lazer ölçüm aleti ile belirlenmiştir. Ölçüm sonuçlarının doğruluğu, üç farklı metot ile ispatlanmıştır.



Şekil 2.3. Maklewska ve arkadaşları tarafından geliştirilen darbe dayanımı ölçüm sistemi. Burada; 1) vurucu bölümü, 2) vurucu, 3) deplasman ölçüm sensörü, 4) numunenin yerleştirileceği tabla, 5) örs, 6) şok absorbe edici.

Maklewska ve arkadaşları (2003), dinamik sıkıştırılabilirlik (basınç) altında doğal liflerin şok absorbe edici ped olarak kullanıma uygunluğunu değerlendirmişlerdir. Deneylerde düz bir vurucuya ve omuz şeklinde örse sahip sarkaç ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 2.4). Aktarılan kuvvet, kuvvet dönüştürücü ile sarkacın açısı ise potansiyometre ile belirlenmiştir. Darbe testi EN 1621-1 standardına göre yapılmıştır. Aynı yoğunluk ve kalınlıkta üç boyutlu üç çeşit dokusuz yüzey 40, 50 ve 60 J darbe enerjisi ile test edilmiştir. Darbe öncesi ve sonrası darbe kuvveti ve sarkaç hızı kaydedilmiştir. Çalışmanın sonucunda yüksek lif içeriğine sahip materyallerin koruyucu özelliğinin daha iyi olduğu ve düşük lateks içeren içnelenmiş dokusuz yüzeylerin ise en yüksek darbe koruyucu özellikte olduğu belirlenmiştir.



Şekil 2.4. Maklewska ve arkadaşlarının çalışmalarında kullandığı darbe dayanımı ölçüm sistemi.

Şenel ve arkadaşları (2009), mevcut darbe test cihazlarına ek olarak uygulanan ön yükleme etkisini incelemek üzere, kompozit plaklar üzerine ön yükleme verilebilen bir darbe test cihazı tasarlamışlardır (Şekil 2.5). Bu cihaz L-tabla, ağırlık düşürme kulesi, motor, kontrol ünitesi, depolama ünitesi ve frenleme ünitesi olmak üzere beş bölümden oluşmuştur. Piezoelektrik kuvvetölçer kullanılarak kuvvet-zaman diyagramları elde edilmiştir. Ön yükleme etkisi yanında, farklı vurucu uç geometrileri, vurucu uç ağırlık değişkenliği ve numune bağlantı şartlarının değişkenlikleri de göz önüne alınmış ve darbe yükü altında her bir şartın etkisi incelenmiştir.



Şekil 2.5. Şenel ve arkadaşlarının geliştirdikleri darbe dayanımı ölçüm sistemi. Burada; 1) L-tabla, 2) ağırlık düşürme kulesi, 3) motor, 4) kontrol ünitesi, 5) depolama ünitesi, 6) frenleme sistemi.

2.3. Kalça Koruyucular İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

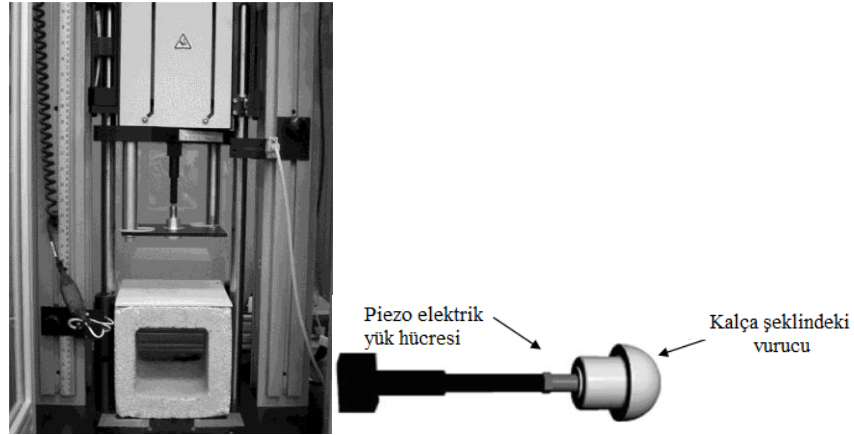
Yapılan literatür araştırmaları, kalça koruyucuların olumlu etkiye sahip olduğunu ortaya koyan tıp alanında çok sayıda çalışma yapıldığını göstermiştir (Barton et al, 2008; Bentzen et al, 2008a, 2008b, 2008c; Cameron et al., 2001, 2003; Chan et al., 2000; Choi et al., 2010; Cryer et al., 2002; Daners et al., 2008; Forsen et al., 2004; Harada et al., 2001; Juby, 2009; Kannus and Parkkari, 2006; Kannus et al., 2000; Koike et al., 2009; Lauritzen, 1996; Lauritzen et al., 1993; Parkkari et al., 1998). Klinik araştırmalar hastanelerde yatan, bakımevleri ve/veya kendi evlerinde yaşayan genellikle 75 ve üstü yaşlarda olan bayanlar ve kırık geçmişine sahip kişiler ile gerçekleştirilmiştir.

Literatürde kalça koruyucuların rahatsız, konforsuz olması, giyim ve çıkarma esnasında zorluklar yaşanması gibi nedenlerden ötürü sıklıkla kullanılmadığı ve etkinliğinin düşük olduğunu savunan çalışmalar da yer almaktadır (Becker et al., 2003; Birks et al., 2003; Cameron et al., 2000; 2011; Cox et al., 2008; Cryer et al., 2008; Kiel et al., 2007; van Schoor et al., 2003) .

Çalışmaların bir bölümünde (Cameron et al., 2011; Fan et al., 2005; Honkanen, 2007; Huang et al., 2006) kullanım öncesinde kalça koruyucuların kullanımı ve yararları ile ilgili eğitim verilmesi ile sürekli kullanım bilincinin

arttırılarak kalça kırılmalarının önemli düzeyde azaltılacağı belirtilmektedir. Kalça koruyucuların etkinliği, klinik çalışmaların yanında mekanik testler ile de incelenmektedir. Bu çalışmalardan bazılarına aşağıda yer verilmiştir.

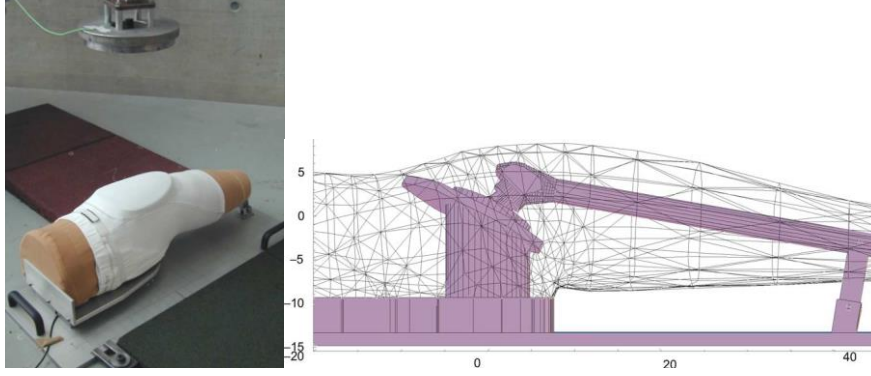
Bulat ve arkadaşları (2008), tekrarlanan düşüşler sonrasında farklı tipteki kalça koruyucuların koruyucu özelliklerindeki değişimini incelemişlerdir. Piyasada mevcut beş farklı markada 10 çift kalça koruyucu (enerji yayan ve/veya enerji absorbe eden) Dynatup 9250 HV ağırlık düşürme darbe cihazı ile test edilmiştir. Gerçek bir darbe alanı sağlamak için trokanter kemiğini simule eden bir darbe test sistemi geliştirilmiştir (Şekil 2.6). Her kalça koruyucuya 3 gün boyunca günde 1 kez darbe uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda tekrarlanan darbelerin, hem enerji absorbe eden hem de enerji yayan koruyucularda pedlerin dayanımını azalttığı belirlenmiştir.



Şekil 2.6. Bulat ve arkadaşlarının geliştirdikleri kalça şeklindeki vurucu.

Derler ve arkadaşları (2005), düşen kişilerin kalçasına binen yükü simule etmek için anatomik bir kalça modeli geliştirmişlerdir (Şekil 2.7). Sistem, anatomiye uygun şekillendirilmiş çelik uyluk kemiği ile birleştirilen bir top ve mafsala bağlı alüminyumdan yapılmış leğen kemiği içermektedir. Uyluk kemiği, kalça şeklindeki silikon malzemenin içine gömülmüştür. Silikon, yumuşak dokunun sönümlleme ve yük dağılım etkisini de simule etmektedir. Üç eksenli yük sensörü ile kalçaya uygulanan darbe kuvvetlerinin aksenal ve enine kuvvet bileşenleri ölçülebilmektedir. Kalça modelinin performansı ağırlık düşürme testleri ile incelenmiş ve biyomekanik veriler ile geçerliliği ispatlanmıştır. Deneylerde enerji yayan ve enerji absorbe eden 10 farklı kalça koruyucunun şok absorpsiyonu analiz edilmiştir. Ayrıca her bir koruyucu hem doğru yere ve hem de doğru konumun 3 cm dışına yerleştirilerek ölçümler yapılmıştır. Sonuç olarak; kalça koruyucular arasında, uyluk kemiği üzerine uygulanan darbeyi azaltma açısından

önemli farklılıklar bulunduğu ve kalça koruyucuların konumunun, femura uygulanan kuvvete etki ettiği ve ayrıca enerji yayan koruyucuların üzerinde, büyük deformasyon meydana geldiği belirlenmiştir.



Şekil 2.7. Derler ve arkadaşlarının geliştirdikleri anatomik kalça modeli.

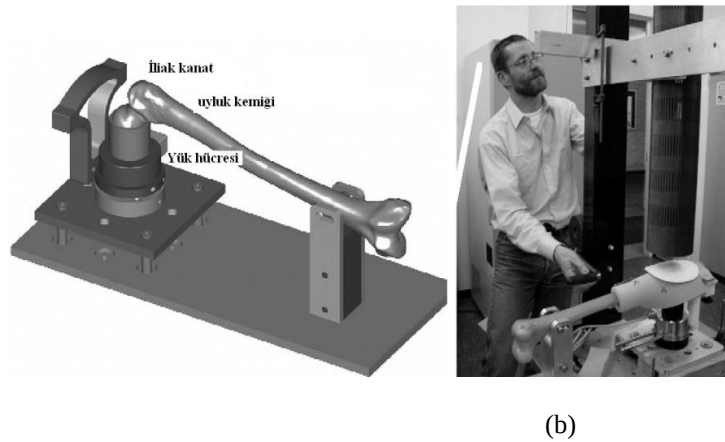
Nabhani ve Bamford (2002), kalça kırığı riskini azaltmak için değiştirilmeden 5-7 gün sürekli giyilebilen küçük, konforlu ve kolay bakım özelliklerine sahip yeni bir kalça koruyucu tasarlamışlardır (Şekil 1.26b, 2.8). Mevcut kalça koruyuculardan farklı olarak su geçirmez olan bu koruyucu, düşme riski yüksek olan yıkanma/duş alma sırasında giyilebilmektedir. Mevcut ürünler ile yeni kalça koruyucuları karşılaştırmak için, mekanik test donanımı trokanter kemiğini kırmak için gerekli darbe enerjisini yaratacak biçimde tasarlanmıştır. Geçek durumu oluşturmak için farklı tabanlara sahip halılar, test numunesi ile vurucu arasına yerleştirilmiştir. Vurucunun kütlesi 120 J'lük bir darbe enerjisi elde edecek şekilde ayarlanmış, PU yoğunluğu ve halı tabanlarının etkisi de dikkate alınmıştır. Çalışmada poliüretan yoğunluğu arttıkça absorbe edilen enerjinin arttığı ve kalçaya aktarılan kuvvetin azaldığı ve yeni kalça koruyucunun efektif olduğu ortaya konmuştur. Poron ve tabanlı halıların darbe kuvvetini % 50 kadar azalttığı ve kalça kırığı eşik değerinin altına (2,5 kN'un altında) düşürdüğü gözlenmiştir.



Şekil 2.8. Nabhani ve Bamford'un geliştirdikleri anatomik kalça modeli.

Parkkari ve arkadaşları (1995), yaşlıların düşmeleri ile ortaya çıkan darbe enerjisini trokanter kemiğinden uzaklaştıran bir kalça koruyucu tasarlamışlardır. Şok absorbe eden malzeme olarak, daha önceki biyomekanik testlerinde belirledikleri 12 mm kalınlıkta Plastazot içeren koruyucuyu tercih etmişlerdir. Koruyucunun anatomiye uygun tasarlanmış yarı esnek dış tabakası (yüksek yoğunluklu polietilen) ile darbe alanı arttırılmış ve darbe enerjisinin büyük trokanter kemiğinden uzaklaştırılması sağlanmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında, cihazın kuvvet azaltma kapasitesi belirlenmiştir. Kullanılan 6940 N darbe kuvveti, koruyucu ile 1040 N'a düşmüştür. Deneylerin ikinci grubunda femural darbe kuvveti 13130 N gibi yüksek değerlere ayarlanmış ve test edilen koruyucu 1810 N'a kadar düşürmüştür. Sonuç olarak anatomik yapıya uygun tasarlanan kalça koruyucuların darbe kuvvetini efektif olarak azalttığı belirlenmiştir.

van Schoor ve arkadaşları (2006), 10 farklı kalça koruyucunun (enerjiyi yayan sert kalça koruyucular ve enerji absorbe eden yumuşak kalça koruyucular) kuvvet sönümleme kapasitelerini karşılaştırmışlardır. Femurun yerine geçecek bir sistem ve ağırlık düşürme darbe test cihazını kullanmışlar (Şekil 2.9) ve 8 cm yükseklikten 25 kg'lık ağırlığı bırakarak 7806 N'luk bir kuvvet meydana getirmişlerdir. Normal ağırlıkta bir yaşlıyı simule etmek için kuvveti % 18 oranında azaltan 1,27 cm kalınlığında köpük ve yumuşak doku kalınlığının etkisini belirlemek için ise kuvveti % 49 oranında azaltan 2,54 cm kalınlığında köpük kullanılmıştır. Sonuç olarak enerji yayan sert kalça koruyucuların çok daha iyi koruyuculuk özelliğine sahip olduğu; yumuşak doku kalınlığı arttıkça yumuşak kalça koruyucuların koruma düzeyinin yeterli olabileceği belirlenmiştir.



Şekil 2.9. van Schoor ve arkadaşlarının geliştirdikleri a)kalça modeli ve b) bu modelin kullanıldığı ölçüm cihazı

3. MATERYAL-METOT

Çalışmanın bu bölümünde sandviç kumaş üretiminde kullanılan iplikler ve özellikleri, kumaş üretimi ve kaplama işlemleri, üretilen ve kaplanan kumaşlara uygulanan ölçüm yöntemleri ve sonuçların değerlendirilmesinde kullanılan istatistiksel yöntem ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.1. Çalışmada Kullanılan İpliklerin Özellikleri

Çalışmada incelenen sandviç kumaşlar genelde olduğu gibi dış yüzeylerinde multifilament polyester iplikleri, bağlantı ipliği olarak ise monofilament polyester iplikleri kullanılarak üretilmiştir. Kullanılan zemin ve bağlantı ipliklerinin özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Sandviç kumaşların üretiminde kullanılan iplikler.

	PES PTY 167/48x4	PES PTY 334/72x3	Monofilament PES
İplik numarası (dtex)	167	334	680
İplik çapı (mm)	-	-	0,243, 0,20 ve 0,17
Filament sayısı	48x4	72x3	-
Kopma mukavemeti (cN/tex)	34,4	30	45,1
Kopma uzaması (%)	16,6	16,5	23,3
Kaynama çekmesi (%)	5	4,3	3,55
Kıvrım (%)	29,4	22,1	-
Punta sayısı (adet/m)	87	81	-

3.2. Kumaş Üretimi

Kumaş üretimi Karl Mayer RD 6 model raşel çözüğü örme makinesinde gerçekleştirilmiştir. Kullanılan makinenin özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Sandviç kumaşların üretiminde kullanılan çözüğü örme makinesinin özellikleri

Makine tipi	DR-6-N 3-15
Versiyon	V1.4.0.91
Elektronik desen kontrol sistemi	Kamcos
İncelik	E12
Makine eni	138”



Şekil 3.1. Karl Mayer RD 6 rapel çözgü örme makinesi

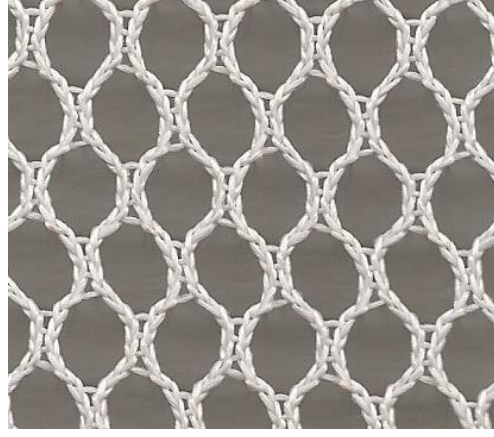
Çizelge 3.3. Kumaşların üretim parametreleri.

Yüzey yapısı	İplik tipi	Besleme uzunluğu (mm/rack)	Tahar planı	May sayısı (cm)
İki yüzeyi delikli	YR1: PES PTY 167/48 X 4	860	I . I	5,25
	YR2: PES PTY 334/72 X 3	2040	dolu	
	YR3: PET Monofilament 0,243mm	8920	I . I	
	YR4: PET Monofilament 0,243mm	8920	I . I	
	YR5: PES PTY 334/72 X 3	2040	dolu	
	YR6: PES PTY 167/48 X 4	860	I . I	
İki yüzeyi kapalı	YR1: Boş			6,5
	YR2: PES PTY 167/48 X 4	1800	dolu	
	YR3: PET Monofilament 0,18 mm	8820	. I . I	
	YR4: PET Monofilament 0,18 mm	8820	. I . I	
	YR5: PES PTY 167/48 X 4	1800	dolu	
	YR6: Boş			
Bir yüzeyi kapalı bir yüzeyi delikli	YR1: PES PTY 334/72 X 3	1850	. . . I	7,5
	YR2: PES PTY 334/72 X 3	1850	. I . .	
	YR3: PET Monofilament 0,17 mm	8500	. I . I	
	YR4: PET Monofilament 0,17 mm	8500	. I . I	
	YR5: PES PTY 334/72 X 3	1590	dolu	
	YR6: Boş			
Bir yüzeyi kapalı bir yüzeyi delikli	YR1: PES PTY 334/72 X 3	2040	. . . I	5
	YR2: PES PTY 334/72 X 3	2040	. I . .	
	YR3: PET Monofilament 0,17 mm	9900	. I . I	
	YR4: PET Monofilament 0,17 mm	9900	. I . I	
	YR5: PES PTY 334/72 X 3 (siyah)	1970	dolu	
	YR6: Boş			

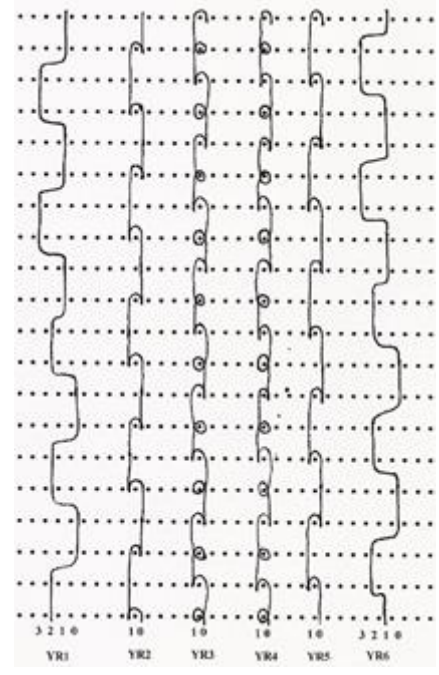
Kumaşlar üç farklı desende (iki yüzeyi delikli, iki yüzeyli kapalı, bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı) (Şekil 3.2 a,b,c) ve Çizelge 3.3 ve 3.4’de görülen üretim parametreleri ile üretilmiştir.

Çizelge 3.4. Kumaşların üretiminde kullanılan yatırım rayı (YR) hareketleri.

Yüzey yapısı	Yatırım rayı hareketleri
İki yüzeyi delikli	YR1: 2-2 / 2-2 / 0-0 / 0-0 / 2-2 / 2-2 / 0-0 / 0-0 / 2-2 / 2-2 / 1-1 / 1-1 / 3-3 / 3-3 / 1-1 / 1-1 / 3-3 / 3-3 / 1-1 / 1-1 //
	YR2: 0-1 / 1-1 / 1-0 / 0-0 //
	YR3: 0-1 / 0-1 / 1-0 / 1-0 //
	YR4: 0-1 / 0-1 / 1-0 / 1-0 //
	YR5: 0-0 / 0-1 / 1-1 / 1-0 //
	YR6: 1-1 / 2-2 / 2-2 / 0-0 / 0-0 / 2-2 / 2-2 / 0-0 / 0-0 / 2-2 / 2-2 / 1-1 / 1-1 / 3-3 / 3-3 / 1-1 / 1-1 / 3-3 / 3-3 / 1-1 //
İki yüzeyi kapalı	YR 1: boş
	YR 2: (1-2 / 2-2 / 1-0 / 0-0) x 4 //
	YR3: (3-2 / 1-2 / 3-2 / 1-0 / 3-2 / 3-4 / 3-2 / 1-0) x 2 //
	YR4: (1-0 / 2-3 / 1-0 / 2-1 / 1-0 / 4-5 / 1-0 / 2-1) x 2 //
	YR5: (2-2 / 1-0 / 0-0 / 1-2) x 4 //
	YR6: boş
Bir yüzeyi kapalı bir yüzeyi delikli	YR 1: 1-0 / 0-0 / 2-3 / 3-3 / 1-0 / 0-0 / 2-3 / 3-3 / 4-5 / 5-5 / 3-2 / 2-2 / 4-5 / 5-5 / 3-2 / 2-2 //
	YR 2: 4-5 / 5-5 / 3-2 / 2-2 / 4-5 / 5-5 / 3-2 / 2-2 / 1-0 / 0-0 / 2-3 / 3-3 / 1-0 / 0-0 / 2-3 / 3-3 //
	YR3: (3-2 / 1-2 / 3-2 / 1-0 / 3-2 / 3-4 / 3-2 / 1-0) x 2 //
	YR4: (1-0 / 2-3 / 1-0 / 2-1 / 1-0 / 4-5 / 1-0 / 2-1) x 2 //
	YR5: (2-2 / 1-0 / 0-0 / 1-2) x 4 //
	YR6: Boş

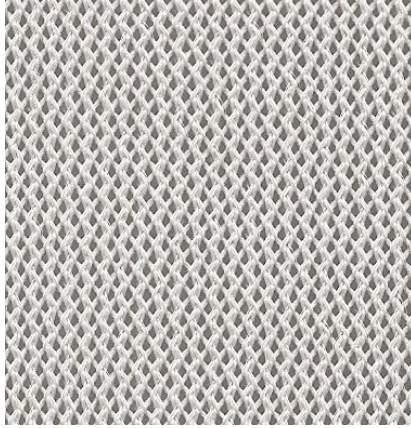


(a)



(b)

Şekil 3.2a. İki yüzeyi delikli kumaşların (a) yüzey görünümleri ve (b) yatırım hareketleri.

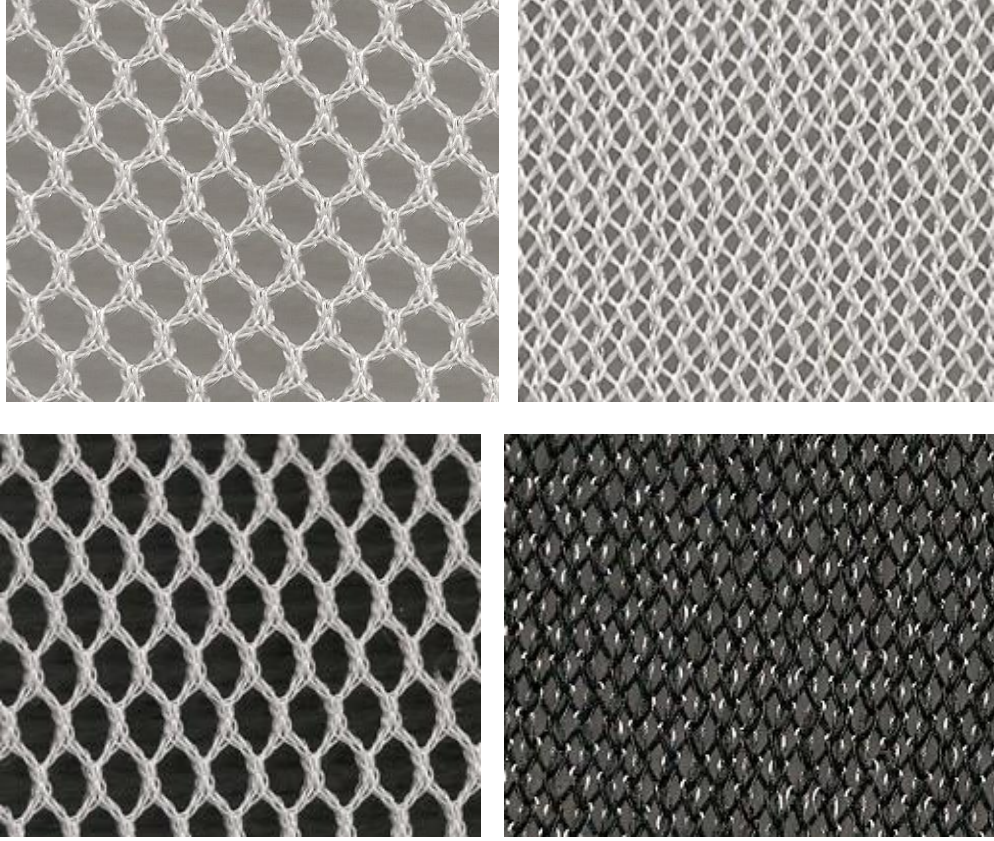


(a)

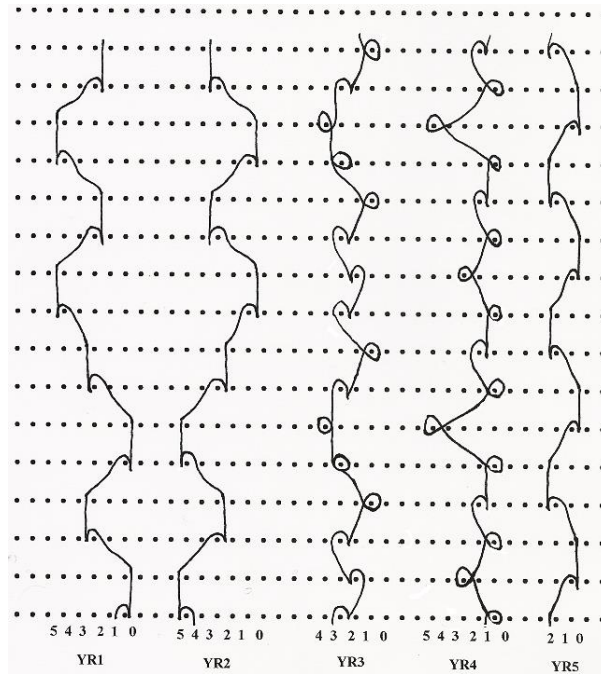


(b)

Şekil 3.2b. İki yüzeyi kapalı kumaşların (a) yüzey görünümleri ve (b) yatırım hareketleri.



(a)



(b)

Şekil 3.2c. Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı kumaşların (a) yüzey görünümleri ve (b) yatırım hareketleri.

3.3. Kumaşlara Uygulanan Fiksaj İşlemi

Çözü örne makinesinde üretilmiş kumaşların en ayarını yapmak için termofiksaj işlemi uygulanmıştır. Termofiksaj işlemi iki farklı sıcaklıkta (150°C ve 180°C) gerçekleştirilmiş ve kumaşın nihai eni 110 ve 160 cm olacak şekilde gerilim uygulanmıştır.

Termofiksaj işleminin amacı tekstil mamulünün boyut değişmezliği, şekil stabilitesi gibi özellikleriyle, tutum ve görünümünü ayarlamak ve geliştirmektir. Sentetik elyaf ve bunların karışımlarından üretilen kumaşlardaki çekme eğilimini azaltmak ve liflerdeki iç gerilimleri yok etmek amacıyla sıcak-kuru hava uygulanarak yapılan bir işlemdir.

Daha önce uygulanan gerginlik altındaki ısı işlemler nedeniyle liflerde oluşan iç gerilimler termofiksaj işlemi ile azaltılmaktadır. İç gerilimlerinden kurtulan ve optimum miktarda çeken lif, yavaş bir şekilde soğutulduğunda önce yeni, büyük ve dayanıklı kristalitlerin oluşumu başlamakta, ardından makromolekül bölümlerinin hareketliliğinin donması ile fikse olmaktadır.

Termofiksaj işlemi ile ulaşılabilecek boyutlar işlem gören malzemenin (kumaşın, ipliklerin, liflerin) özellikleri ve termofiksaj işlemi sırasındaki çalışma şartlarına bağlıdır. Termofiksaj işlemi ile ilgili önemli parametreler:

- a. Termofiksaj sıcaklığı,
- b. Isıtma hızı,
- c. Termofiksaj sıcaklığında kalış süresi,
- d. Termofiksaj sıcaklığında mamüle uygulanan gerilim,
- e. Soğutma hızı,
- f. Soğutma sırasında mamüle uygulanan gerilimdir.

Termofiksaj Sıcaklığı: Sıcaklık, kontrol altına alınmış liflerdeki iç gerilimleri serbest hâle getirmektedir. Sıcaklığın etkisi ile lifteki kristalitler eriyerek yeniden oluşur. Termofiksaj sıcaklığı mamulün daha önce gördüğü termofiksaj sıcaklığına göre belirlenmelidir ve daha önce gördüğü sıcaklıktan daha yüksek olmalıdır. Fiksaj işleminin kalitesi, termofiksaj işlemi sırasında liflerin matrislerindeki kristalitlerin ne kadar büyük bir kısmının eriyip, yeniden oluşmasına bağlıdır.

Sentetik lifler yapısal olarak kristalin kısımlar, anizotrop kristalin olmayan kısımlar (makro moleküllerin oldukça düzenli ve açılmış bir yapıya sahip amorf kısımlar) ve izotrop kristalin olmayan kısımlar (makro moleküllerin düzensiz ve yumak şekline yakın bir yapıya sahip oldukları amorf kısımlar) olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Termofiksaj sıcaklığı arttıkça; liflerdeki kristalin kısımların oranı artmakta, anizotrop kristalin olmayan kısımların miktarı azalmaktadır. Liflerin boyarmadde alımı belirli bir sıcaklığa kadar azalmakta ve sonra tekrar artmaya başlamakta; camlaşma noktası ve kopma dayanımı ise belirli bir sıcaklığa kadar yükselmekte ve sonra tekrar düşmektedir.

Isıtma Hızı: Mamulün cinsine ve metre/tül ağırlığına göre belirlenir. Delikli tamburlu kurutucularda ve ramözlerde hızlı, hot-fluelarda ise yavaş ısıtma yapılmaktadır.

Termofiksaj Sıcaklığında Kalış Süresi: Kumaşın ısınması için geçen süre ile termofiksaj sıcaklığındaki bekleme sürelerinin toplamıdır. Termofiksaj sıcaklığına kadar geçen sürenin belirlenmesinde önemli iki faktör, termofiksajın yapıldığı makinenin tipi ve kumaşın metre/tül ağırlığıdır.

Gerilim: Termofiksaj işlemi sırasında gerilim arttıkça liflerin kopma dayanımları artar, camlaşma noktaları yükselir. Termofiksaj gerilimi, mamulün daha önceden gördüğü termofikse işlemi sırasındaki gerilim miktarına göre saptanır.

Soğutma Hızı: Soğutma işlemi yavaş yavaş yapılmalıdır. Bu sayede liflerde küçük kristalitler oluşur. Bunlar birleşip büyük kristalitler oluşturarak iç gerilimleri azaltır. Böylece mamulün hareket kabiliyeti kısıtlanacağından mamul sonraki terbiye işlemlerinde çekmez, deforme olmaz.

Termofiksaj işlemi sonrasında kumaşların buruşma eğilimi, boncuklanması ve elastikiyeti azalmaktadır. Liflerin çekme kuvveti arttıkça, bu iplikten yapılan kumaşta hacimlilik azalmakta ve tutum sertleşmektedir. İyi bir tutum için termofiksaj işlemi sırasında bu kumaşların ortalama %10-15 civarında çekmesi önerilir. Termofiksaj sıcaklığı ve gerilimi arttırıldıkça polyester liflerinin boya alma yetenekleri azalmakta, 200°C civarında tekrar artmaktadır (Tarakçıoğlu, 1986).

3.4. Üretilen Kumaşların Özellikleri

Kumaş parametrelerinin performans özelliklerine etkisini belirlemek için yüzey yapısı, kumaş kalınlığı, fiksaj sıcaklığı, fiksaj sonrası ulaşılan nihai en gibi parametrelerde değişiklikler yapılarak kumaşlar üretilmiştir. Üretilen kumaşların özellikleri Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Çalışma kapsamında üretilen sandviç kumaşlar.

Yüzey yapısı	Kumaş kalınlığı (mm)	Fiksaj sıcaklığı (°C)	Fiksaj sonucu elde edilen nihai en (cm)
İki yüzeyi delikli	10	150	110
	10	150	160
	10	180	110
	10	180	160
	10	Ham kumaş	60
	13	150	110
	13	150	160
	13	180	110
	13	180	160
	13	Ham kumaş	60
İki yüzeyi kapalı	10	180	130
	13	180	130
Bir yüzeyi kapalı Bir yüzeyi delikli	10	180	155
	13	180	130

3.5. Kumaşların Kaplanması

Üretilen kumaşların dayanım özelliklerini geliştirmek amacıyla kumaşlar ACC silicones firmasının ürettiği silikon malzeme ile kaplanmıştır. Kaplama malzemesi kumaş yüzeyindeki gözenekleri kapatmayacak ve iki kumaş yüzeyi arasındaki boşluğu doldurmayacak ancak bağlantı ipliğinin etrafını kaplayacak

şekilde kumaş üzerine aplike edilmiştir. Tüm kumaş yapılarına ağırlıklarının iki katı kadar silikon aktarılmıştır.



Şekil 3.3. Kumaşların kaplanma prosesi.

3.6. Temin Edilen Karşılaştırma Numuneleri

Çalışmada üretilen kumaşlar ile karşılaştırma yapmak ve piyasada bulunan benzer yüzeylerin performans özelliklerini belirlemek amacıyla çeşitli sandviç kumaş numuneleri ve piyasadan koruyucu yüzeyler temin edilmiştir. Temin edilen sandviç kumaş numunelerinin teknik özellikleri ve farklı firmalara ait koruyucu malzemelerin koruma bölgeleri ile kullanılan malzemeler ise sırasıyla Çizelge 3.6 ve 3.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Temin edilen karşılaştırma numunelerinin teknik özellikleri.

	İki yüzeyi kapalı kumaş	İki yüzeyi delikli kumaş	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı kumaş
Kumaş türü	Memory XD-Spacer	Çözü örne sandviç kumaş	Kalın spacer ağ yapı
İplik tipi	% 100 polyester	% 100 polyester	% 100 polyester
Renk	Beyaz	Beyaz	Siyah
Genişlik (cm)	160	200	140

Çizelge 3.7. Temin edilen koruyucu yüzeylerin teknik özellikleri.

Marka/Model	Koruduğu vücut bölgesi	Malzeme
A firmasının ürettiği kalça ve diz koruyucu (motosiklet sürücüler için)	Kalça ve diz	Kauçuk
B firmasının ürettiği diz ve omuz koruyucu	Dirsek	Poliüretan köpük
C firmasının ürettiği kalça koruyucu (yaşlılar için)	Kalça	Polietilen köpük

3.7. Kumaşlara Uygulanan Ölçümler

Çalışmada farklı parametreler (yüzey deseni, kumaş kalınlığı, fiksaj sıcaklığı, kumaş geçiş hızı, kumaş eni) ile üretilen sandviç tekstillerin özellikleri E.Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü Fiziksel Tekstil Muayeneleri Laboratuvarında ölçülmüştür.

3.7.1. Kumaş ağırlığı (gramaj) ölçümü

Kumaşın 1 m²'sinin ağırlığı olarak tanımlanan gramaj değerleri, TS EN 12127 standardına göre 25x25 cm²'lik numunelerin ağırlıkları hassas terazide ölçülerek belirlenmiştir. Ölçümler her numune için 3 kez tekrarlanmış ve ortalaması alınmıştır.

3.7.2. Kalınlık ölçümü

Kumaş kalınlığı, kumaşın ön yüzeyinin en üst noktası ile arka yüzeyinin en alt noktası arasındaki mesafedir. Kalınlık testi BTS elektronik dijital kumpas ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. BTS elektronik dijital kumpas.

3.7.3. Sıkıştırma dayanımı ölçümü

Sıkıştırılabilirlik, kumaş yüzeyine kuvvet uygulanması sonucu kumaşın ilk kalınlığında (kumaş yüzeyine kuvvet uygulanmadan ölçülen kalınlık değeri) meydana gelen azalmadır (Murthyguru, 2005). Kumaşın sıkıştırılabilirlik özelliği genellikle birim alana uygulanan kuvvet ve kuvvet uygulandıktan sonra elde edilen kumaş kalınlığı arasındaki ilişki ile açıklanır. Kumaşın sıkıştırılması esnasında lifler arasındaki boşluklar azalmaktadır. Kumaşı sıkıştırmak için gereken kuvvetin, liflerdeki iç gerilimlerin ve lifler arası sürtünme kuvvetinin üstesinden gelecek miktarda olması gerekir (Huang and Ghosh, 1999). Eğilme, kopma, yırtılma dayanımı ve yüzey özellikleri ile birlikte kumaşın sıkıştırılabilirlik özelliği; tutum, dökümlülük ve dikilebilirlik gibi birçok özellik ile yakından ilişkilidir (Murthyguru, 2005).

Kumaşların sıkıştırma dayanımının ölçümü ISO 3386 standardına uygun olarak Zwick R10 test cihazında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.5). Her kumaştan 3'er ölçüm yapılmış ve bulunan değerlerin kPa cinsinden ortalaması alınmıştır.



Şekil 3.5. Zwick R10 test cihazı.

3.7.4. Hava geçirgenliği ölçümü

Hava geçirgenliği, bir kumaşın iki yüzü arasından belirli basınç farkında geçen havanın hızıdır ve kumaşı oluşturan lif, iplik ve terbiye işlemlerine bağlı olarak değişmektedir (Özdil, 2003). Kumaşın hava geçirgenliğinin tespiti TS 391

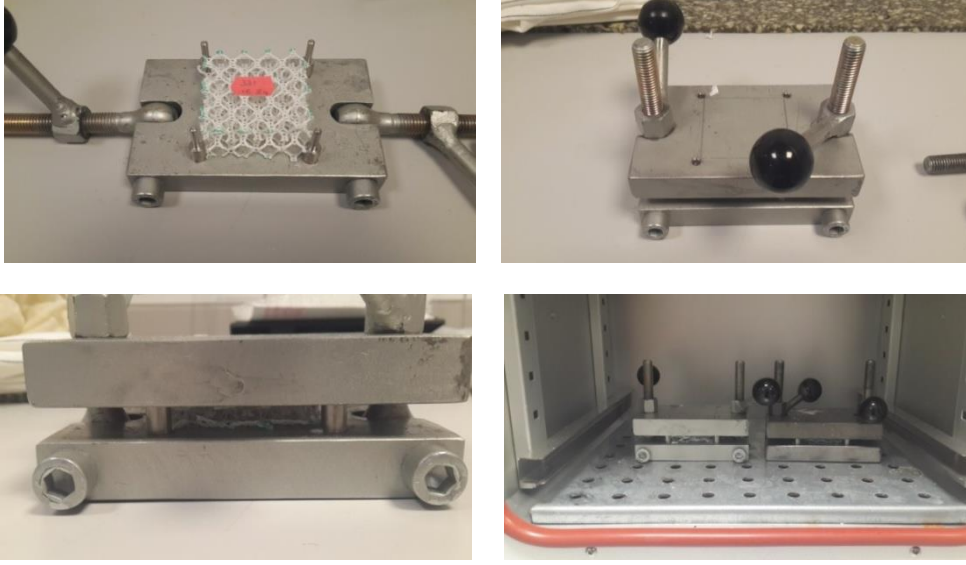
EN ISO 9237'e uygun olarak Textest FX 3300 hava geçirgenliği ölçüm cihazında, 20 cm² ölçüm alanında, 100 Pa basınç farklılığında gerçekleştirilmiştir. Her kumaştan 10'ar ölçüm yapılmış ve bulunan değerlerin ortalaması alınarak lt/m²s cinsinden kumaşın hava geçirgenliği değeri tespit edilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Textest FX 3300 hava geçirgenliği ölçüm cihazı.

3.7.5. Kalıcı deformasyon

Yaşlandırma (aging) testi olarak da bilinen kalıcı deformasyon, belirli koşullar altında sıkıştırılan kumaşın kalınlığında kalıcı olarak meydana gelen değişimin göstergesidir. Kumaşın destek ve dayanım yeteneğinin değerlendirildiği bir özelliktir. Kumaşların kalıcı deformasyon özelliklerinin tayini TS 2013 EN ISO1856 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.7). 50mm*50mm*25mm boyutlarında hazırlanan numunelerin öncelikle orijinal kalınlığı ölçülür ve ardından numuneler sürekli olarak % 75 sıkıştırmanın sağlanabileceği bir aparatta sıkıştırılır ve 70⁰C'a ısıtılmış bir etüvde 22 saat süresince bekletilir. Etüvden ve sıkıştırma aparatından alınan numuneler serbestçe yarım saat bekletildikten sonra kalınlıkları tekrar ölçülür. İki ölçüm arasındaki fark, ilk ölçüme oranlanarak % olarak kalıcı deformasyon oranı belirlenir. Kısacası kalıcı deformasyon, numunenin orijinal kalınlığından % olarak kalınlık kaybı olarak ifade edilir.



Şekil 3.7. TS 2013 EN ISO1856 standardına uygun kalıcı deformasyon ölçümü.

3.7.6. Boyutsal değişim ölçümü

Boyutsal değişim, belli bir süre belirli sıcaklık altında tutulan kumaşların boyutlarında meydana gelen değişimin yüzde olarak ifadesidir. Kumaşların boyutsal değişim özellikleri DIN 53 377 standardına uygun olarak 10x10 cm boyutlarında numune kesilip 90°C sıcaklıkta 1 saat etüvde bekletilerek tespit edilmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Boyutsal değişim ölçümünde kullanılan numune boyutu.

Testlerin sonucunda boyutlardaki değişim veya boyutsal stabilite “L” (%) Denklem 25 ile hesaplanmıştır:

$$L = \frac{L_f - L_s}{L_f} \times 100 \quad (25)$$

Burada;

L_f = Kumaşın ilk boyu

L_s = Kumaşın işlem sonrası boyu

Kumaşın boyutlarındaki değişim pozitif ya da negatif bir değerde olabilir. Sonucun negatif çıkması kumaşta çekme meydana geldiğini ifade etmektedir.

3.7.7. Yüzey görüntü analizleri

Üretilen kumaşların yüzey görünüşleri Leica marka kameralı mikroskop ile alınmıştır (şekil 3.9).



şekil 3.9. Leica kameralı mikroskop.

3.8. Mekanik Darbe Dayanımı Ölçüm Cihazı ve Darbe Dayanımı Ölçümleri

3.8.1. Darbe dayanımı ölçümleri

Bu çalışmanın temel amacı mekanik darbeye dayanıklı koruyucu tekstil yüzeylerinin geliştirilmesidir. Bu amaçla üretilen sandviç kumaş numunelerinin darbe dayanımlarının ekonomik, hassas ve doğru biçimde ölçülebilmesi için TS EN 1621-1 ve 1621-2 standardına uygun olarak ölçüm yapabilen bir cihaz tasarlanmıştır (şekil 3.10). Aşağıda detayları anlatılan cihazın benzerlerinden farkı değişik darbe tiplerini sağlayacak farklı vurucu kafalara sahip olmasıdır.

Ayrıca yukarıda belirtilen her iki standarda göre darbe dayanımı ölçümlerinin bu cihazla yapılabilmesidir. Cihaz yapısı itibarı ile piyasada bulunan benzerlerine göre oldukça ekonomiktir.

Standartlarda belirtilen niteliklere göre tasarlanan cihazın mekanik aksamı, elektronik donanımlarının imalatı ve yazılım programı için hizmet alımı yapılmıştır.

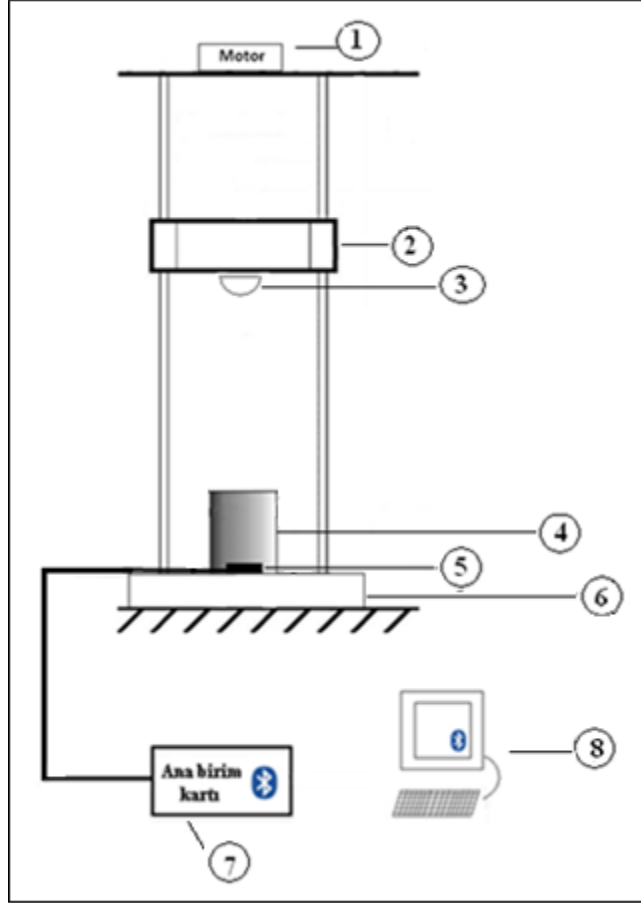
3.8.2. Mekanik darbe dayanımı ölçüm cihazı

Darbe dayanım özelliklerini tayin edebilmek için tasarlanan bu cihaz standartta belirtildiği üzere ağırlık düşürme ölçüm prensibine göre çalışmaktadır. Bu cihaz;

- farklı enerji seviyelerinde ölçüm yapabilmektedir,
- farklı vurucular kullanılarak omuz, dirsek, diz, kalça, sırt gibi farklı vücut bölgelerine uygun ölçümler alınabilmektedir,
- ölçüm sonuçları okunabilir seviyeye taşınıp bluetooth üzerinden bilgisayara aktarılabilmektedir,
- aktarılan veriler grafiksel ve istatistiksel olarak değerlendirmeler için kaydedebilmektedir. Ölçüm cihazının görünüşü Şekil 3.11’de verilmiştir.



Şekil 3.10. Geliştirilen darbe dayanımı ölçüm cihazı.



Şekil 3.11. TS EN 1621-1 ve 2 standardına uygun olarak tasarlanan darbe dayanımı ölçüm cihazı,

Burada;

1. Vurucu kütlesini kaldırmayı sağlayan motor tertibatı
2. Vurucu kütlesi
3. Vurucu
4. Örs
5. Yük hücresi
6. Taban
7. Ana birim kartı
8. Bilgisayar.

Ölçüm cihazında kullanılan parçalar Şekil 3.12’de verilmiştir.

Vurucu kütleini (5000 ± 10 g) ölçüm sonrası yukarı kaldıran motor tertibatı (Şekil 3.12a)



Şekil 3.12 a) Motor tertibatı.

Vurucu kütlesi ve uygulanacak standarda göre kolaylıkla değiştirilebilen vurucu parça. Vurucunun ayarlandığı yükseklikten serbest düşme prensibine göre düşürülmesi için hava ile çalışan çalıştırma düğmesi (Şekil 3.12b).



Şekil 3.12 b) Vurucu kütlesi, standarda göre değiştirilen vurucular ve çalıştırma düğmesi.

Vurucu kütleinin hareketi esnasında ivmesini ölçen mekaniksel titreşimi elektriksel titreşime dönüştüren piezosensör ailesinden ivmeölçer (Şekil 3.12c).



Şekil 3.12 c) Vurucu kütlesi üzerine monte edilmiş ivme ölçer.

Önünden geçen nesneyi algılayarak ölçüm başlangıcını belirleyen proximity sensör (Şekil 3.12d).



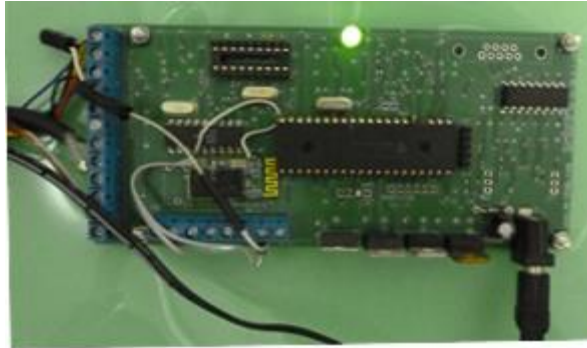
Şekil 3.12 d) Proximity sensör.

Genel (TS EN 1621-1) ve sırt koruyucular (TS EN 1621-2) için farklı profillerde tasarlanmış örs ve taban (1000 kg) üzerine monte edilmiş, aktarılan kuvvet değerini ölçen Baykon BR 110 marka yük hücresi (Şekil 3.12e).



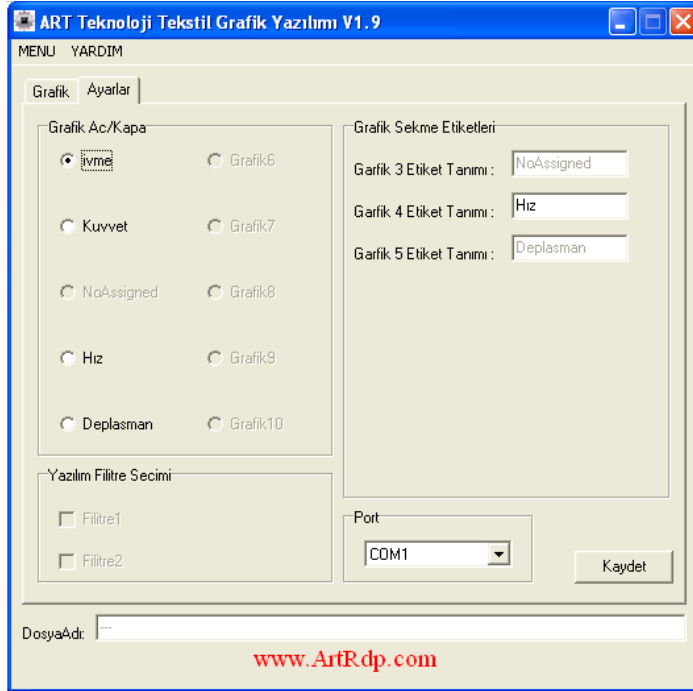
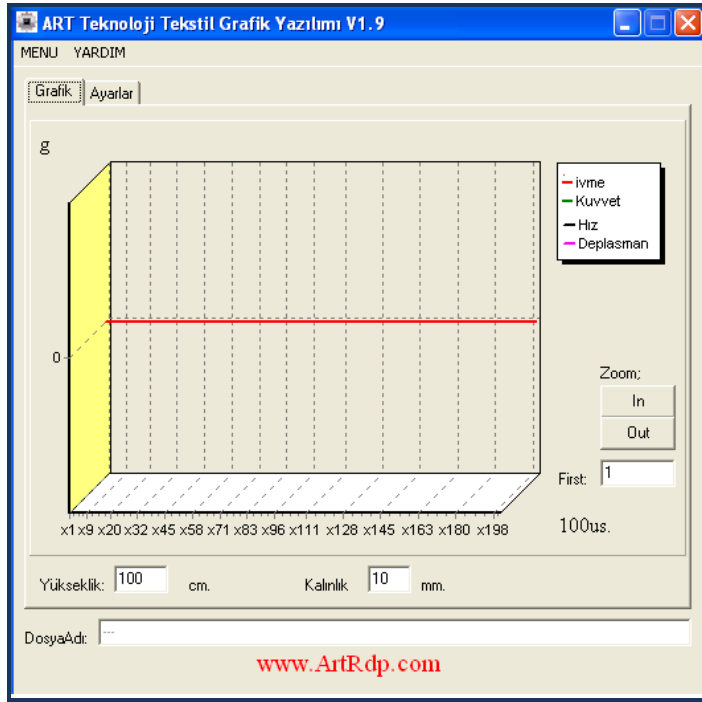
Şekil 3.12 e) Örs tipleri ve yük hücresi.

Cihazdan elde edilen verileri alan, analog sinyalleri dijitale çeviren, sensörler (ivmeölçer ve yük hücresi) ile bilgisayar arasında bağlantıyı sağlayan mikrodenetleyici kontrollü elektronik ana birim kartı ve karta güç sağlayan güç kaynağı (Şekil 3.12f).



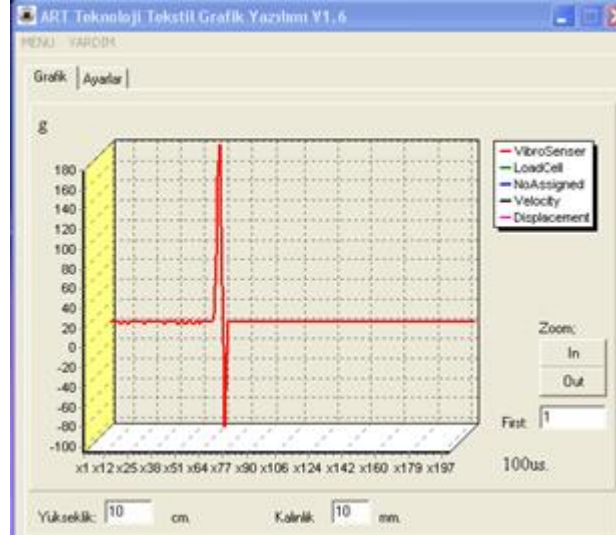
Şekil 3.12 f) Analog sinyalleri dijitale çeviren elektronik ana birim kartı.

Ölçüm değerlerinin bilgisayar ortamında görüntülenmesini ve “txt” dosyası olarak depolanmasını sağlayan yazılım programı ana giriş ekranı (Şekil 3.12 g).



Şekil 3.12 g) Yazılım programı ana giriş ekranı.

Yazılım programından elde edilen grafikler (Şekil 3.12h).

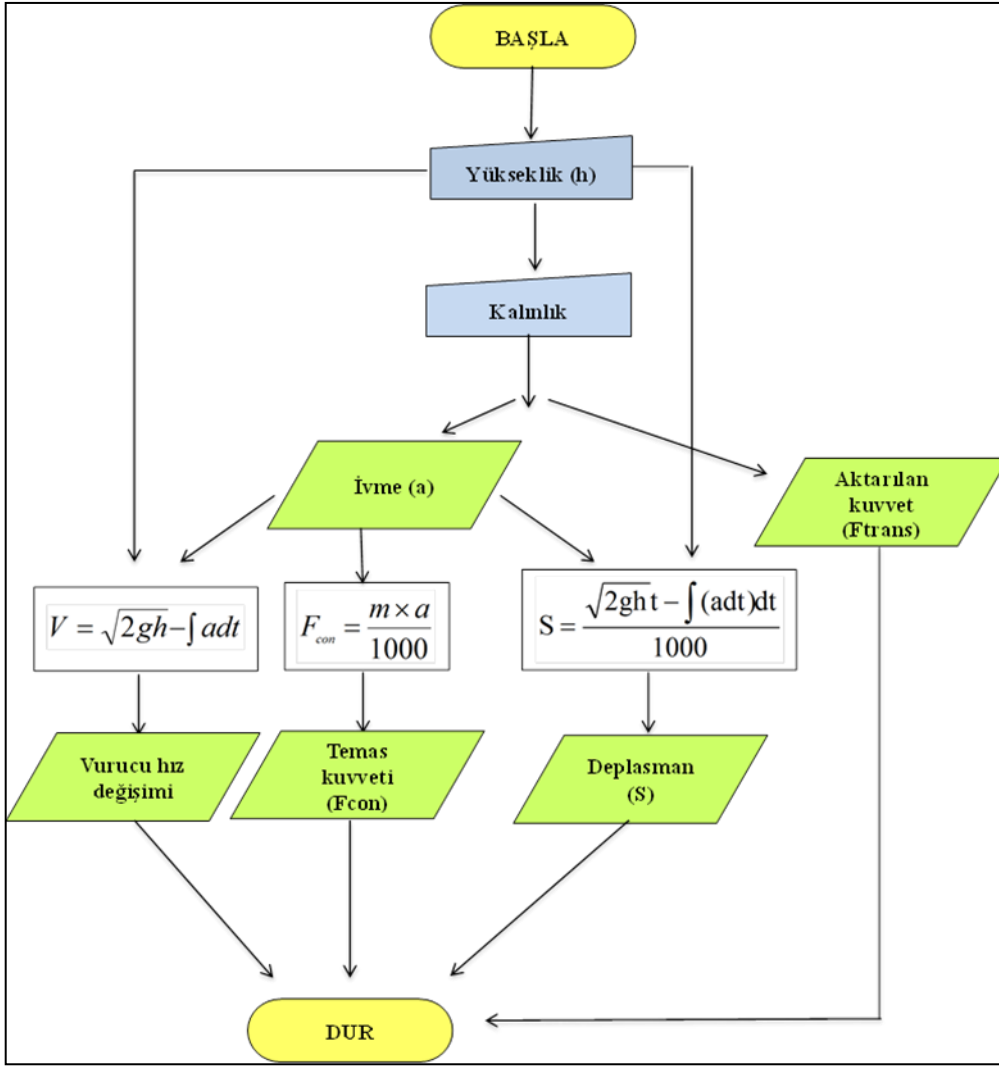


Şekil 3.12h) Yazılım programından elde edilen grafik örneği.

Ölçüm değerlerinin bilgisayar ortamında görüntülenmesi ve “txt” dosyası olarak depolanması için Delphi 7 programı ile çalışan grafik yazılım programı kullanılmıştır. Tasarlanan bu programın algoritma şeması Şekil 3.13’de verilmiştir.

Geliştirilen bu cihazda darbe dayanımı ölçümleri aşağıdaki adımlarla gerçekleştirilmektedir:

1. Örs ve vurucu tipi, ölçüm yapılacak standarda göre cihaza yerleştirilir.
2. Ölçülecek enerji seviyesine göre vurucu kütesinin yüksekliği cihaza monte edilmiş cetvel sayesinde ayarlanır ve çalıştırma düğmesi bu yüksekliğe getirilir.
3. Bilgisayardaki ölçüm programı çalıştırılır.
4. Ölçümü yapılacak olan numune örsün üzerine yerleştirilir.



Şekil 3.13. Grafik yazılım programından elde edilen grafikler.

5. Vurucu kütleini taşıyan kanca çıkarılır ve çalıştırma düğmesine basılarak vurucunun serbest düşme esasına göre hareket etmesi sağlanır.
6. Vurucunun numuneye çarpması ile yük hücresi aktarılan kuvveti ölçer.
7. Yük hücresi ve ivmeölçerden alınan analog sinyaller elektronik ana birim kartı ile dijitale çevrilerek bilgisayara aktarılır.
8. Yük hücresinden ve ivmeölçerden gelen veriler txt dosyasına kaydedilir.

9. Kuvvet ve ivme değerlerinden matematiksel formülasyonlar ile aktarılan kuvvet- zaman, ivme-zaman ve hız-zaman eğrileri ve deplasman değerleri bilgisayar programında gösterilir.

3.8.2.1. Mekanik darbe dayanımı ölçüm cihazının kalibrasyonu

Darbe dayanımı ölçüm cihazının ölçümünün doğruluğunu tespit etmek için ölçüme başlamadan önce cihazda numune konmadan boş ölçüm yapılır. Vurucunun bulunduğu yükseklik dikkate alınarak potansiyel enerji hesaplanır ve potansiyel enerjinin yük hücresi tarafından ne kadarının ölçüldüğü belirlenir. Örneğin 1m yükseklikten bırakılan vurucunun çarpma anındaki enerjisi 50 J olur. Yük hücresi tarafından 50 J değerine karşılık gelen kuvvet değerinin görülmesi cihazın ölçümünün doğruluğunu kanıtlar.

3.9. İstatistiksel Değerlendirme

Yapılan ölçümlerden elde edilen test sonuçları SPSS 20 istatistiksel bir değerlendirme programı ile değerlendirilmiştir. Çalışmada karşılaştırılan parametreler incelendiğinde ikili gruplar halinde karşılaştırmanın mümkün olabileceği görülmüştür. Bu amaçla iki ortalamanın karşılaştırılmasında eşleştirilmemiş bağımsız örnek t testi kullanılmıştır. Bu analizler ile elde edilen “p” değerleri, ortalamalar arasındaki farkın önemlilik düzeyini belirlemede kullanılmıştır. “p” değerinin önemlilik derecesinin $\alpha=0.05$ değerinden büyük olması durumunda ortalamalar arasındaki fark önemsizdir ve ihmal edilebilir olarak kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Kaplanmamış ve Kaplanmış Sandviç Kumaşların Ölçüm Sonuçları

Ham haldeki ve silikonla kaplanmış durumdaki sandviç kumaşlara uygulanan testler sonucunda elde edilen;

- fiziksel özellikler sırasıyla Çizelge 4.1 (a ve b) ve Çizelge 4.2 (a ve b)'de,
- farklı enerji seviyelerindeki darbe dayanımları sırasıyla Çizelge 4.3 ve 4.4'de,
- 50 J darbe enerjisinde farklı kumaş katman sayılarındaki aktarılan kuvvet t (kN) değerleri Çizelge 4.5'de,
- mikroskobik görüntüleri Ek 1 ve Ek 4'de,
- aktarılan kuvvet bulguları (EN 1621-2 standardına göre) Çizelge 4.6'da yer almaktadır.

Çizelge 4.1a) Kaplanmamış kumaşların fiziksel özellikleri.

Yüzey yapısı	Nihai en (cm)	Fiksaj Sıcaklığı (°C)	Kumaş Kalınlığı (mm)	Gramaj (g/m ²)	Kalınlık (mm)	Hava geçirgenliği (lt/m ² s)
İki yüzeyi delikli	110	150	10	707,936	11,29	5587
		180	10	685,6	11,16	5994
	160	150	10	536,93	10,98	6714
		180	10	521,02	10,74	6884
	110	150	13	731,04	12,63	5644
		180	13	721,76	12,37	6030
	160	150	13	578,85	12,74	6739
		180	13	553,28	12,56	7009
	60	Ham	10	1409,86	11,43	1462
		Ham	13	1512,61	12,35	1548
İki yüzeyi kapalı	130	180	10	886,08	8,96	2961
		180	13	1120,16	10,76	2039
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	155	180	10	494,51	9,38	4543 (kapalı yüzey) 5093 (açık yüzey)*
	130	180	13	491,89	10,17	3966 (kapalı yüzey) 4556 (açık yüzey)*

Çizelge 4.1b) Kaplanmamış kumaşların fiziksel özellikleri.

Yüzey yapısı	Nihai en (cm)	Fiksaj Sıcaklığı (°C)	Kumaş Kalınlığı (mm)	Sıkıştırma Dayanımı (kPa)	Boyutsal değişim (%)		Kalıcı Deformasyon (%)
					En	Boy	
İki yüzeyi delikli	110	150	10	17,32	3	0	22,13
		180	10	17,49	2	0	28,51
	160	150	10	13,57	3	0	25,16
		180	10	12,57	2	0	29,21
	110	150	13	12,45	3	0	34,47
		180	13	14,79	3	0	25,53
	160	150	13	9,95	3	0	35,98
		180	13	8,69	3	0	34,18
	60	Ham	10	4,31	1	0	39,73
		Ham	13	0,15	2	0	37,3
İki yüzeyi kapalı	130	180	10	34,31	1	0	34,47
		180	13	19,17	2	0	36,25
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	155	180	10	16,98	3	0	24,77
	130	180	13	11,53	3	0	33,80

Çizelge 4.2 a) Kaplanmış kumaşların fiziksel özellikleri.

Yüzey yapısı	Nihai en (cm)	Fiksaj Sıcaklığı (°C)	Kumaş Kalınlığı (mm)	Gramaj (g/m ²)	Kalınlık (mm)	Hava Geçirgenliği (lt/m ² s)
İki yüzeyi delikli	110	150	10	2399,92	11,73	4994
		180	10	2012,67	10,13	5549
	160	150	10	1612,08	10,48	6079
		180	10	1723,42	10,51	5699
	110	150	13	2305,42	11,12	4286
		180	13	2215,08	12,03	5564
	160	150	13	1695,42	12,22	5982
		180	13	1693,75	12,38	6005
	60	Ham	10	4422,08	11,26	461,7
		Ham	13	4461,58	12,70	472,8
İki yüzeyi kapalı	130	180	10	2661,05	8,90	1885
		180	13	3360,45	10,72	1078
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	155	180	10	1483,53	9,35	3476 (kapalı yüzey) 4026 (açık yüzey)*
	130	180	13	1476	10,07	2899 (kapalı yüzey) 3489 (açık yüzey)*

* Hava geçirgenliği ölçümleri bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı kumaşlar için kumaşın iki yüzeyinde de ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Kumaşın kapalı örgülü ve delikli örgülü yüzeylerinin ölçüm alanının üzerine koyularak yapılan ölçümleri sırasıyla kapalı yüzey ve açık yüzey olarak ifade edilmiştir.

Çizelge 4.2 b) Kaplanmış kumaşların fiziksel özellikleri.

Yüzey yapısı	Nihai en (cm)	Fiksaj Sıcaklığı (°C)	Kumaş Kalınlığı (mm)	Sıkıştırma dayanımı (kPa)	Boyutsal değişim (%)		Kalıcı Deformasyon (%)
					En	Boy	
İki yüzeyi delikli	110	150	10	29,92	1	0	17,47
		180	10	21,54	1	0	27,52
	160	150	10	33,93	0	0	25,05
		180	10	16,54	0	0	26,26
	110	150	13	28,35	1	0	19,66
		180	13	16,17	1	0	24,01
	160	150	13	22,29	1	0	28,75
		180	13	14,97	1	0	32,29
	60	Ham	10	-	0	0	25,85
		Ham	13	-	0	0	30,40
İki yüzeyi kapalı	130	180	10	-	0	0	27,28
		180	13	-	0	0	29,15
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	155	180	10	21,17	1	0	23,16
	130	180	13	22,36	1	0	32,69

Çizelge 4.3 Kaplanmamış kumaşların farklı enerji seviyelerindeki darbe dayanım ölçüm sonuçları.

Kumaş		Enerji seviyesi (J)	Aktarılan kuvvet (kN)	İvme (g)	Temas kuvveti (kN)	Absorbe edilen enerji (J)	Deplasman (mm)
İki yüzeyi delikli	En 110 cm 150°C 10 mm	50	43,31	952	46,70	37,24	11
		37,5	36,45	816	40,02	32,17	9
		25	29,23	636	31,20	15,33	8
		12,5	20,81	452	22,17	9,52	7
	En 160 cm 150°C 10 mm	50	46,54	1016	49,83	34,60	10,5
		37,5	36,63	808	39,63	27,02	9
		25	29,85	668	32,77	23,32	8
		12,5	20,83	455	22,32	10,41	7
	En 110 cm 180°C 10 mm	50	40,78	895	43,90	34,32	11
		37,5	36,64	796	39,04	21,63	9
		25	30,41	666	32,67	18,06	8
		12,5	20,80	450	22,07	10,18	8
	En 160 cm 180°C 10 mm	50	43,77	966	47,38	37,93	10,5
		37,5	36,86	818	40,12	29,37	9
		25	30,41	668	32,77	21,20	9
		12,5	21,73	470	23,05	10,59	8
	En 110 cm 150°C 13 mm	50	42,24	934	45,81	42,87	12
		37,5	35,48	805	39,49	36,05	9
		25	28,1	624	30,61	20,06	8
		12,5	20,27	452	22,17	11,40	6
	En 160 cm 150°C 13 mm	50	43,67	950	46,60	36,59	12,5
		37,5	35,71	790	38,75	30,40	10
		25	29,15	638	31,29	21,44	10
		12,5	20,75	452	22,17	11,36	8
	En 110 cm 180°C 13 mm	50	40,31	885	43,41	37,19	12
		37,5	36,4	802	39,34	32,32	11
		25	29,76	664	32,57	25,28	9
		12,5	20,24	442	21,68	11,52	8

Kumaş		Enerji seviyesi (J)	Aktarılan kuvvet (kN)	İvme (g)	Temas kuvveti (kN)	Absorbe edilen enerji (J)	Deplasman (mm)
İki yüzeyi delikli	En 160 cm 180°C 13 mm	50	43,08	950	45,13	42,21	12
		37,5	36,71	815	39,98	32,66	10
		25	29,74	660	32,37	23,70	9
		12,5	20,73	450	22,07	12,08	9
	En 60 cm Ham 10 mm	50	41,01	908	44,54	38,80	11
		37,5	36,04	786	38,55	22,62	9
		25	30,87	694	34,04	22,19	7
		12,5	20,27	444	21,78	9,05	6
	En 60 cm Ham 13 mm	50	40,31	892	43, 75	41,31	12
		37,5	35,94	784	38,46	27,67	11
		25	30,41	672	32,96	22,96	9
		12,5	20,17	441	21,63	10,89	8
İki yüzeyi kapalı	En 130 cm 180°C 10 mm	50	41,24	932	45,71	38,03	8,5
		37,5	35,94	825	40,47	27,16	6
		25	31,79	725	35,56	18,86	5
		12,5	21,19	481	23,59	12,02	5
	En 130 cm 180°C 13 mm	50	41,01	914	44,83	40,13	10,5
		37,5	35,64	808	39,63	33,23	9
		25	31,33	690	33,84	20,12	8
		12,5	20,73	458	22,46	12,14	7
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	En 155 cm 180°C 10 mm	50	49,76	1016	49,83	0,67	9
		37,5	39,62	848	41,59	13,82	7
		25	30,19	652	31,98	12,45	5
		12,5	21,65	492	24,13	9,93	4
	En 130 cm 180°C 13 mm	50	49,3	1032	50,62	13,20	10
		37,5	39,2	865	42,43	19,37	6
		25	29,03	648	31,78	16,53	6
		12,5	21,19	480	23,54	11,77	5

Çizelge 4.4 Kaplanmış kumaşların farklı enerji seviyelerindeki darbe dayanım ölçüm sonuçları.

Kumaş		Enerji seviyesi (J)	Aktarılan kuvvet (kN)	İvme (g)	Temas kuvveti (kN)	Absorbe edilen enerji (J)	Deplasman (mm)
İki yüzeyi delikli	En 110 cm 150°C 10 mm	50	32,25	732	35,90	29,24	8
		37,5	25,34	592	29,04	22,19	6
		25	17,04	414	20,31	16,33	5
		12,5	11,98	294	14,42	9,76	4
	En 160 cm 150°C 10 mm	50	36,86	846	41,50	34,77	7,5
		37,5	30,87	702	34,43	24,94	7
		25	22,57	528	25,90	16,64	5
		12,5	16,12	376	18,44	9,29	4
	En 110 cm 180°C 10 mm	50	38,24	860	42,18	31,54	8
		37,5	32,25	732	35,90	25,58	7
		25	25,34	562	27,57	15,58	7
		12,5	15,2	348	17,07	9,35	5
	En 160 cm 180°C 10 mm	50	35,48	822	40,32	33,87	7
		37,5	29,03	678	33,26	25,36	6
		25	23,96	546	26,78	16,93	6
		12,5	15,2	352	17,27	10,33	5
	En 110 cm 150°C 13 mm	50	32,25	748	36,69	39,95	9
		37,5	25,34	610	29,92	27,48	6
		25	21,19	512	25,11	19,62	5
		12,5	9,67	254	12,46	11,15	4
	En 160 cm 150°C 13 mm	50	35,02	784	38,46	32,63	9,5
		37,5	27,64	625	30,66	21,11	7
		25	24,88	559	27,42	17,77	7
		12,5	13,36	314	15,40	10,21	5
	En 110 cm 180°C 13 mm	50	35,48	790	38,75	32,70	10
		37,5	28,56	644	31,59	24,23	8
		25	21,65	517	25,36	22,25	6
		12,5	12,44	297	14,57	10,64	5

Kumaş		Enerji seviyesi (J)	Aktarılan kuvvet (kN)	İvme (g)	Temas kuvveti (kN)	Absorbe edilen enerji (J)	Deplasman (mm)
İki yüzeyi delikli	En 160 cm 180°C 13 mm	50	37,78	853	41,84	36,54	9
		37,5	27,64	635	31,15	24,55	7
		25	23,5	548	26,88	20,28	6
		12,5	14,28	334	16,38	10,51	5
	En 60 cm Ham 10 mm	50	32,25	760	37,28	40,22	8
		37,5	29,03	668	32,77	22,41	6
		25	22,57	536	26,29	18,60	5
		12,5	13,36	309	15,16	8,98	5
	En 60 cm Ham 13 mm	50	32,71	746	36,59	34,93	9
		37,5	27,64	631	30,95	26,48	8
		25	20,73	485	23,79	18,36	6
		12,5	12,44	294	14,42	9,90	5
İki yüzeyi kapalı	En 130 cm 180°C 10 mm	50	32,71	784	38,46	34,47	6
		37,5	25,49	659	32,32	27,34	4
		25	21,54	569	27,91	19,11	3
		12,5	13,49	351	17,22	11,18	3
	En 130 cm 180°C 13 mm	50	34,09	789	38,70	34,58	7,5
		37,5	28,46	669	32,81	26,13	6
		25	24,12	556	27,27	15,76	5
		12,5	11,26	289	14,18	11,66	4
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	En 155 cm 180°C 10 mm	50	41,53	906	44,44	17,46	6
		37,5	31,62	722	35,41	15,18	4
		25	20,41	508	24,92	13,52	3
		12,5	14,28	346	16,97	6,73	2,5
	En 130 cm 180°C 13 mm	50	41,02	912	44,73	26	7
		37,5	29,62	705	34,58	24,80	5
		25	21,06	534	26,19	23,10	4,5
		12,5	13,86	356	17,46	10,81	3

Çizelge 4.5 Kaplanmamış ve kaplanmış kumaşların 50 J darbe enerjisinde farklı kumaş katman sayılarındaki aktarılan kuvve t (kN) ölçüm sonuçları.

Kumaş		Kumaş katman sayısı	Kaplanmamış Kumaşlar	Kaplanmış Kumaşlar
İki yüzeyi delikli	En 110 cm	Tek	42,24	32,25
	150°C	Çift	40,08	21,65
	10 mm	Üç	39,08	14,74
	En 160 cm	Tek	46,54	36,86
	150°C	Çift	40,55	29,49
	10 mm	Üç	40,08	22,57
	En 110 cm	Tek	40,31	38,24
	180°C	Çift	40,01	28,1
	10 mm	Üç	39,16	17,97
	En 160 cm	Tek	43,77	35,48
	180°C	Çift	41,01	27,18
	10 mm	Üç	40,08	20,73
İki yüzeyi delikli	En 110 cm	Tek	43,31	32,25
	150°C	Çift	40,55	25,8
	13 mm	Üç	39,62	16,58
	En 160 cm	Tek	43,77	35,02
	150°C	Çift	40,08	23,96
	13 mm	Üç	39,22	17,97
	En 110 cm	Tek	40,78	35,48
	180°C	Çift	39,01	24,88
	13 mm	Üç	37,78	18,43
	En 160 cm	Tek	43,08	37,78
	180°C	Çift	40,55	26,72
	13 mm	Üç	39,08	21,65

Kumaş		Kumaş katman sayısı	Kaplanmamış Kumaşlar	Kaplanmış Kumaşlar
İki yüzeyi delikli	En 60 cm Ham 10 mm	Tek	40,31	32,25
		Çift	39,39	23,04
		Üç	38,7	15,2
	En 60 cm Ham 13 mm	Tek	41,01	32,71
		Çift	39,93	22,11
		Üç	35,48	11,98
İki yüzeyi kapalı	En 130 cm 180°C 10 mm	Tek	41,01	32,71
		Çift	40,39	20,56
		Üç	36,78	10,3
	En 130 cm 180°C 13 mm	Tek	41,24	34,09
		Çift	39,29	26,83
		Üç	35,41	19,42
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	En 155 cm 180°C 10 mm	Tek	49,76	41,53
		Çift	43,41	32,26
		Üç	41,01	26,94
	En 130 cm 180°C 13 mm	Tek	49,3	41,02
		Çift	42,07	33,9
		Üç	39,14	31,2

Çizelge 4.6. Kaplanmamış ve kaplanmış kumaşların EN 1621-2 standardına göre 50 J enerji seviyesinde farklı kumaş katman sayılarındaki aktarılan kuvvet (kN) ölçüm sonuçları

Kumaş			Tek katman	Çift katman	Üç katman
İki yüzeyi delikli	En 110 cm 150°C 10 mm	Kaplanmamış	48,22	43,77	42,85
		Kaplanmış	38,24	28,1	24,42
	En 160 cm 150°C 10 mm	Kaplanmamış	47	46,04	44,69
		Kaplanmış	46,08	35,48	32,71
	En 110 cm 180°C 10 mm	Kaplanmamış	49,76	46,54	44,23
		Kaplanmış	41,01	33,17	25,34
	En 160 cm 180°C 10 mm	Kaplanmamış	48,84	43,31	42,08
		Kaplanmış	48,38	38,63	27,18
	En 110 cm 150°C 13 mm	Kaplanmamış	48,60	42,39	41,69
		Kaplanmış	36,86	27,64	23,04
	En 160 cm 150°C 13 mm	Kaplanmamış	46,54	43,77	42,85
		Kaplanmış	44,23	33,63	27,18
	En 110 cm 180°C 13 mm	Kaplanmamış	49,14	47,46	44,69
		Kaplanmış	42,39	33,63	24,88
	En 160 cm 180°C 13 mm	Kaplanmamış	47,46	46,54	45,61
		Kaplanmış	47	38,7	30,87
İki yüzeyi kapalı	En 60 cm Ham 10 mm	Kaplanmamış	49,76	42,85	39,62
		Kaplanmış	39,62	30,87	20,73
	En 60 cm Ham 13 mm	Kaplanmamış	48,84	42,39	41,47
		Kaplanmış	40,08	28,56	20,73
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	En 130 cm 180°C 10 mm	Kaplanmamış	48,84	45,61	42,85
		Kaplanmış	41,06	36,25	34,29
	En 130 cm 180°C 13 mm	Kaplanmamış	49,14	41,47	39,62
		Kaplanmış	39,45	30,87	21,54
	En 155 cm 180°C 10 mm	Kaplanmamış	49,00	47,23	44,39
		Kaplanmış	43,2	41,02	39,65
	En 130 cm 180°C 13 mm	Kaplanmamış	48,52	46,35	43,85
		Kaplanmış	42,6	39,52	34,59

4.2. Temin Edilen Karşılaştırma Numunelerinin Ölçüm Sonuçları

Temin edilen karşılaştırma numunelerinin fiziksel ve darbe dayanımı ölçüm sonuçları sırasıyla Çizelge 4.7 ve 4.8’de; mikroskopik görüntüleri Ek 6’da; piyasadan satın alınan koruyucu yüzeylerin darbe dayanım ölçüm sonuçları ise Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.7. Temin edilen karşılaştırma numunelerinin fiziksel ölçüm sonuçları.

	İki yüzeyi kapalı kumaş	İki yüzeyi delikli kumaş	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı kumaş
Gramaj (g/m²)	690	1000	650
Kalınlık (mm)	6,5	10	5
Hava Geçirgenliği (lt/m²s)	1734	3552	1644
Boyutsal stabilite (%) (atkı ve çözgü yönünde)	3	5	5
Sıkıştırma dayanımı (kPa)	35	50	26

Çizelge 4.8. Temin edilen karşılaştırma numunelerinin darbe dayanımı ölçüm sonuçları.

Farklı Enerji Seviyeleri						
Kumaş kodu	Enerji seviyesi (J)	Aktarılan kuvvet (kN)	İvme (g)	Temas kuvveti (kN)	Absorbe edilen enerji (J)	Deplasman (mm)
İki yüzeyi kapalı kumaş	50	42,39	982	48,17	34,66	6
	37,5	39,62	903	44,29	23,36	5
	25	31,79	738	36,20	19,84	4,5
	12,5	22,57	504	24,72	8,60	4
İki yüzeyi delikli kumaş	50	41,93	946	46,40	42,48	9,5
	37,5	37,78	845	41,45	29,34	8
	25	31,25	704	34,53	22,97	7
	12,5	19,81	439	21,53	11,20	6,5
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı kumaş	50	45,16	1032	50,62	27,30	5
	37,5	38,24	878	43,07	19,30	4
	25	31,87	760	37,28	16,22	3
	12,5	23,5	533	26,14	7,93	3

Çizelge 4.9. Temin edilen koruyucu yüzeylerin ölçüm sonuçları.

Marka/Model	Aktarılan kuvvet (kN)
A firmasının ürettiği kalça koruyucu	21,50
A firmasının ürettiği diz koruyucusu	20,88
B firmasının ürettiği dirsek ve omuz koruyucusu	30,18
B firmasının ürettiği kalça koruyucu	41,12

5. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

Çalışma kapsamında üretilen kumaşların kaplanmamış ve kaplanmış haldeki fiziksel ve darbe dayanım özelliklerinin değerlendirmesi sırasıyla Bölüm 5.1 ve 5.2’de, başka firmadan temin edilen karşılaştırma numuneleri ve koruyucu yüzeylerin darbe dayanım özelliklerinin değerlendirilmesi ise Bölüm 5.3’de verilmiştir.

5.1. Kumaşların Fiziksel Ölçüm Sonuçları

5.1.1. Kapanmamış Kumaşların Fiziksel Ölçüm Sonuçları

Kapanmamış kumaşların gramaj, kalınlık, hava geçirgenliği, sıkıştırma dayanımı, boyutsal değişim, kalıcı deformasyon gibi özelliklerine kumaş parametrelerinin etkileri aşağıda alt başlıklar halinde değerlendirilmiştir.

5.1.1.1. Gramaj

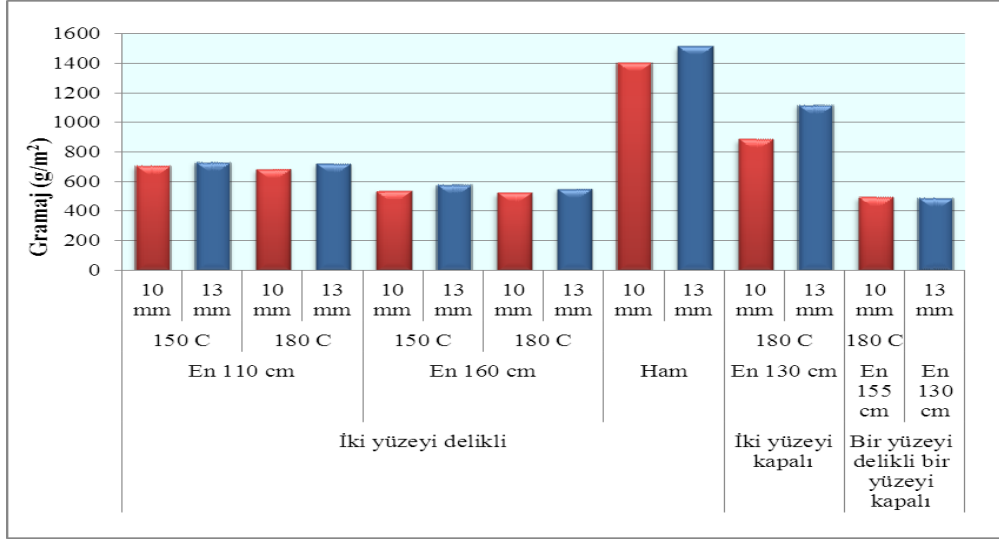
İstatistiksel değerlendirmeler, iki yüzeyi kapalı kumaşların, iki yüzeyi delikli ham kumaşların ve iki yüzeyi delikli nihai eni 160 cm kalınlıkları 10 ve 13 mm olan kumaşların gramaj değerleri arasında önemli düzeyde fark bulunduğunu göstermiştir (Çizelge 5.1). Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı kumaşların nihai enleri diğerlerinden farklı olduğu için istatistiksel değerlendirme dışında bırakılmıştır. Tüm kumaş tipleri için kalınlık arttıkça, iki yüzey arasındaki bağlantı ipliğinin uzunluğu da arttığı için kumaşların gramajlarında artış saptanmıştır (Şekil 5.1).

Fiksaj sıcaklığının gramaj değerlerine etkisi incelendiğinde, nihai eni 160 cm olan kumaşların gramaj değerleri arasında önemli düzeyde fark bulunduğu gözlenmiştir (Çizelge 5.1). Kumaşlara uygulanan fiksaj sıcaklığı arttıkça kumaşların gramaj değerlerinin azaldığı saptanmıştır (Şekil 5.2). 160 cm nihai ene fikse edilmiş kumaşlar daha fazla gerdirildiği için kumaş yüzeyindeki boşlukların ve dolayısıyla sıcaklığın kumaşa etkisinin arttığı düşünülmektedir.

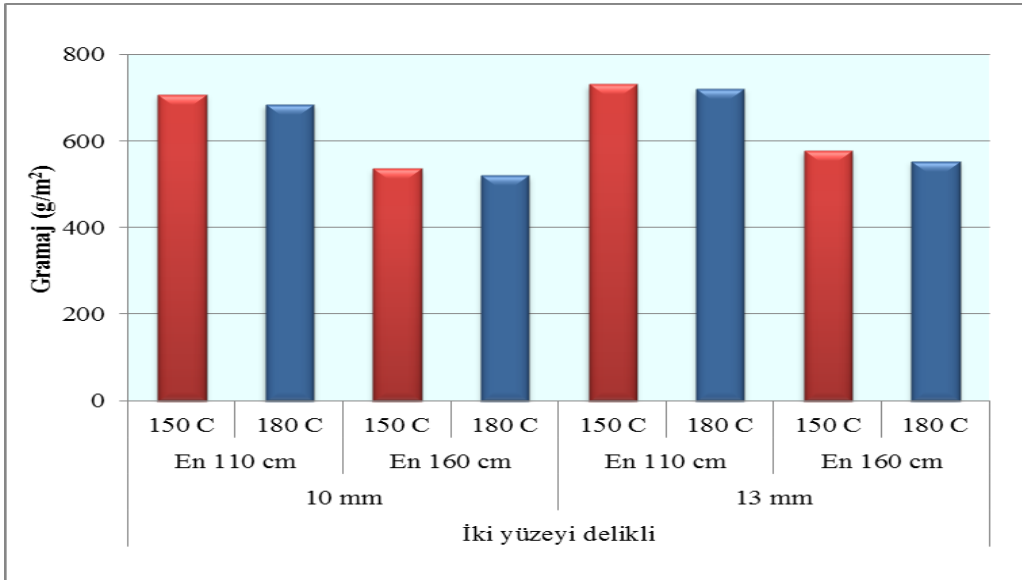
Tüm kumaş tipleri için nihai enin gramaja etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5.1). Fiksaj işlemi sonrası nihai eni 110 cm olan kumaşların gramajlarının, 160 cm ene sahip olan kumaşlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 5.3). Fiksaj esnasında kumaş gerdirildikçe birim alanda

bulunan monofilament ve yüzeyde yer alan ilmek yoğunluğu azalmakta ve dolayısıyla kumaşların gramajları düşmektedir.

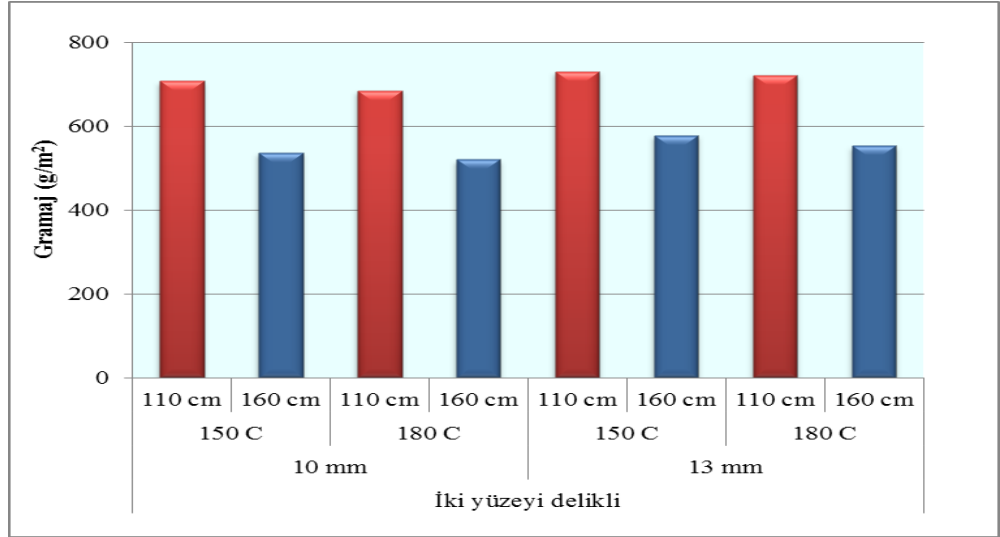
İstatistiksel değerlendirmeler sonucunda yüzey yapısının da gramaja etkisinin önemli düzeyde olduğu saptanmıştır ($p=.000$) (Çizelge 5.1). İki yüzeyi kapalı kumaşlar en yüksek, bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı kumaşlar ise en düşük gramaja sahiptir (Şekil 5.4).



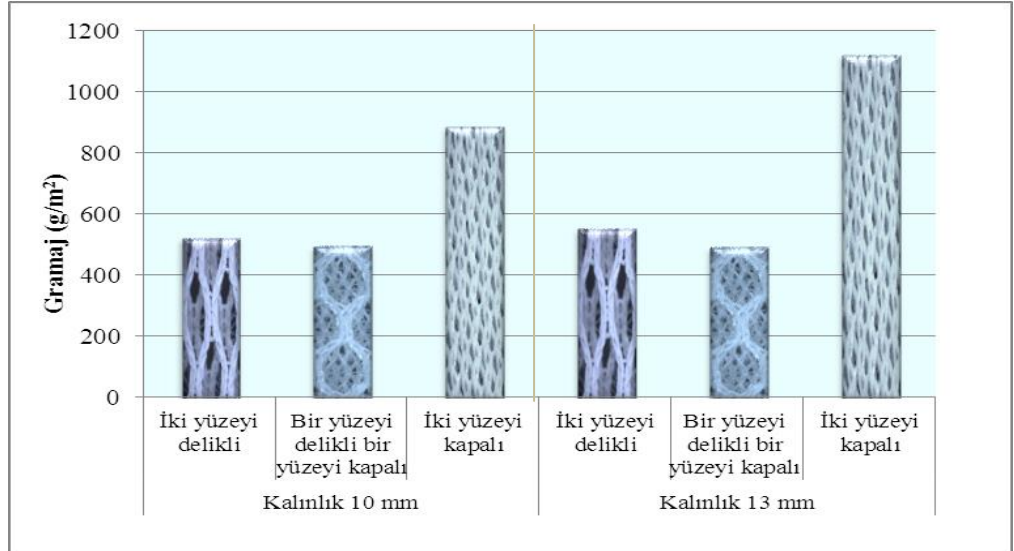
Şekil 5.1. Kalınlık değişiminin gramaja etkisi.



Şekil 5.2. Fiksaj sıcaklığı değişiminin gramaja etkisi.



Şekil 5.3. Nihai en değişiminin gramaja etkisi.



Şekil 5.4. Yüzey yapısı değişiminin gramaja etkisi (Fiksaj sıcaklığı 180°C).

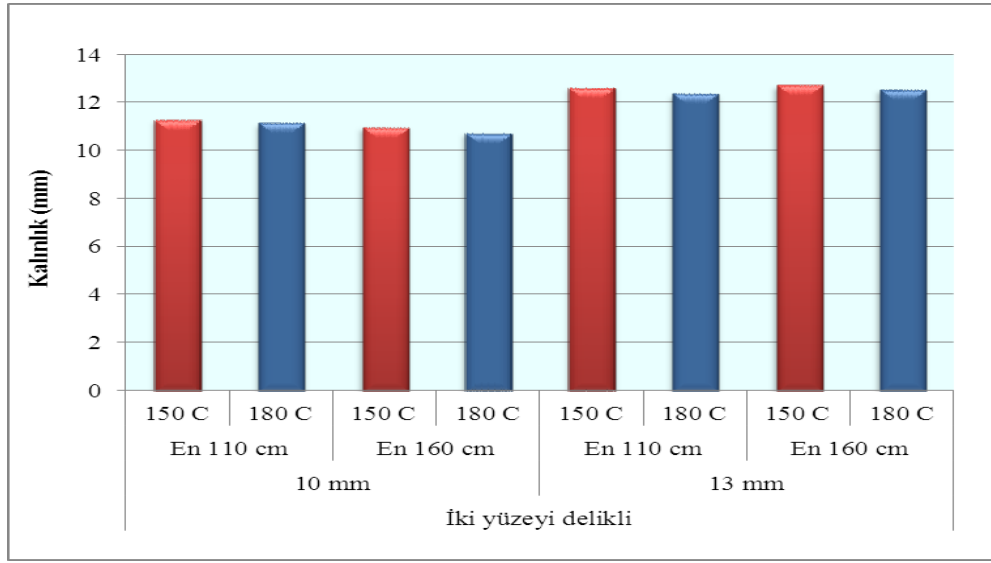
Çizelge 5.1. Kumaş parametrelerinin gramaja etkisinin değerlendirilmesi.

KALINLIĞIN ETKİSİ					
Kumaş			F	Serbestlik derecesi	p değeri*
İki yüzeyi delikli	En 110 cm 150 ⁰ C	10 & 13 mm	1,792	8	,152
	En 160 cm 150 ⁰ C	10 & 13 mm	2,797	8	,000
	En 110 cm 180 ⁰ C	10 & 13 mm	3,728	8	,050
	En 160 cm 180 ⁰ C	10 & 13 mm	3,033	8	,000
	Ham	10 & 13 mm	,804	8	,000
İki yüzeyi kapalı	En 130 cm 180 ⁰ C	10 & 13 mm	,448	8	,000
FİKSAJ SICAKLIĞININ ETKİSİ					
Kumaş			F	Serbestlik derecesi	p değeri*
İki yüzeyi delikli	10 mm En 110 cm	150 & 180 ⁰ C	5,623	4,965	,198
	10 mm En 160 cm	150 & 180 ⁰ C	2,878	8	,024
	13 mm En 110 cm	150 & 180 ⁰ C	1,189	8	,559
	13 mm En 160 cm	150 & 180 ⁰ C	3,040	8	,001
NİHAİ ENİN ETKİSİ					
Kumaş			F	Serbestlik derecesi	p değeri*
İki yüzeyi delikli	10 mm 150 ⁰ C	110 & 160 cm	4,411	8	,000
	10 mm 180 ⁰ C	110 & 160 cm	5,604	8	,000
	13 mm 150 ⁰ C	110 & 160 cm	2,180	8	,000
	13 mm 180 ⁰ C	110 & 160 cm	2,810	8	,000
YÜZEY YAPISININ ETKİSİ					
Kumaş		N	1	2	3
Kalınlık 10 mm	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5	494,51		
	İki yüzeyi delikli	5		521,02	
	İki yüzeyi kapalı	5			886,08
	p değeri		1,000	1,000	1,000
Kalınlık 13 mm	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5	491,89		
	İki yüzeyi delikli	5		553,28	
	İki yüzeyi kapalı	5			1120,16
	p değeri		1,000	1,000	1,000

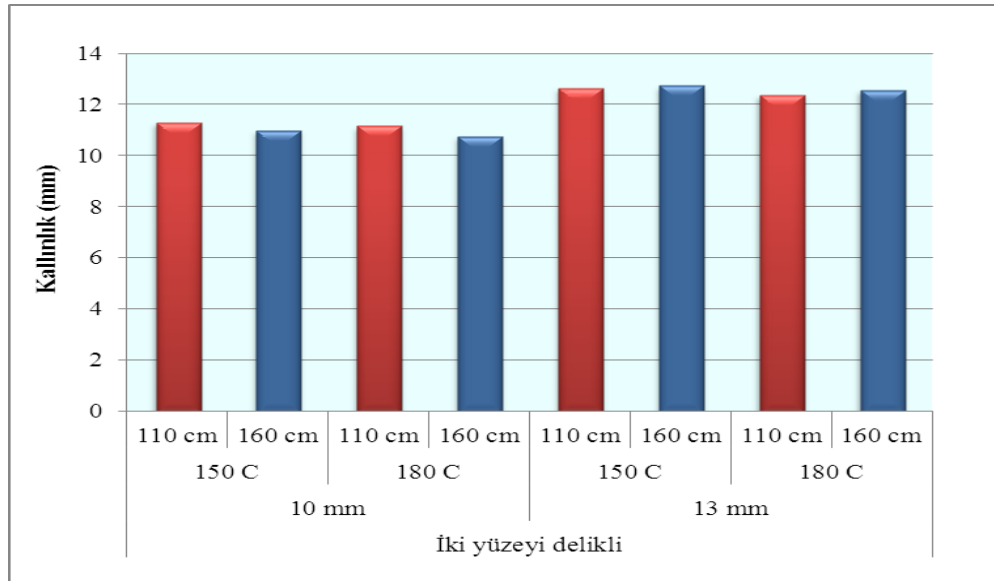
* p <0,05 istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu ifade etmektedir. Önemli bulunan p değerleri koyu font ile gösterilmiştir.

5.1.1.2. Kalınlık

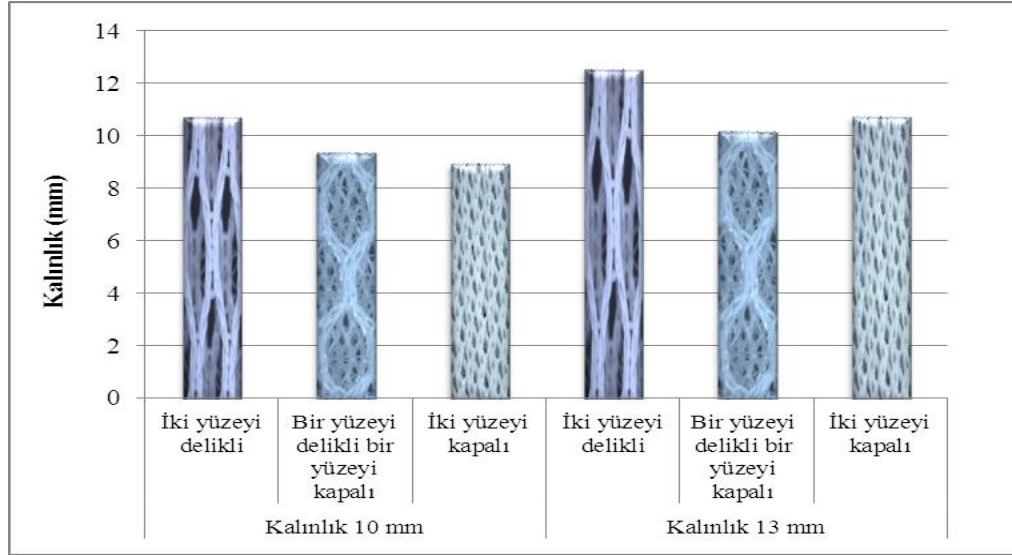
İstatistiksel değerlendirmeler, kumaşların kalınlık değerlerine fiksaj sıcaklığı (nihai eni 110 cm, kalınlığı 10 mm olan kumaş hariç), nihai en ve yüzey yapısının etkisinin önemli düzeyde olduğunu göstermiştir (Çizelge 5.2). Fiksaj sıcaklığı arttıkça kumaşlarda incelme olduğu görülmektedir (Şekil 5.5). Nihai en açısından elde edilen sonuçlar incelendiğinde istatistiksel açıdan fark olduğu ortaya konmuş olsa da pratik olarak farkın önemli olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 5.6). Yüzey yapısı değişimi incelendiğinde iki yüzeyi delikli kumaşların en kalın kumaşlar olduğu gözlenmiştir (Şekil 5.7).



Şekil 5.5. Fiksaj sıcaklığı değişiminin kumaş kalınlığına etkisi.



Şekil 5.6. Nihai en değişiminin kumaş kalınlığına etkisi.



Şekil 5.7. Yüzey yapısı değişiminin kumaş kalınlığına etkisi (Fiksaj sıcaklığı 180°C).

Çizelge 5.2. Kumaş parametrelerinin kalınlığa etkisinin değerlendirilmesi.

FİKSAJ SICAKLIĞININ ETKİSİ						
Kumaş			F	Serbestlik derecesi	p değeri*	
İki yüzeyi delikli	10 mm En 110 cm	150 & 180 °C	1,990	4	,352	
	10 mm En 160 cm	150 & 180 °C	3,821	4	,000	
	13 mm En 110 cm	150 & 180 °C	2,286	4	,001	
	13 mm En 160 cm	150 & 180 °C	1,542	4	,003	
NİHAİ EN DEĞİŞİMİNİN ETKİSİ						
Kumaş			F	Serbestlik derecesi	p değeri*	
İki yüzeyi delikli	10 mm 150°C	110 & 160 cm	2,979	4	,041	
	10 mm 180°C	110 & 160 cm	9,554	4	,000	
	13 mm 150°C	110 & 160 cm	1,114	4	,001	
	13 mm 180°C	110 & 160 cm	2,000	4	,000	
YÜZEY YAPISININ ETKİSİ						
Kumaş			N	1	2	3
Kalınlık 10 mm	İki yüzeyi kapalı		5	8,96		
	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı		5		9,38	
	İki yüzeyi delikli		5			10,74
	p değeri			1,000	1,000	1,000
Kalınlık 13 mm	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı		5	10,17		
	İki yüzeyi kapalı		5		10,76	
	İki yüzeyi delikli		5			12,56
	p değeri			1,000	1,000	1,000

* p < 0,05 istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu ifade etmektedir. Önemli bulunan p değerleri koyu font ile gösterilmiştir.

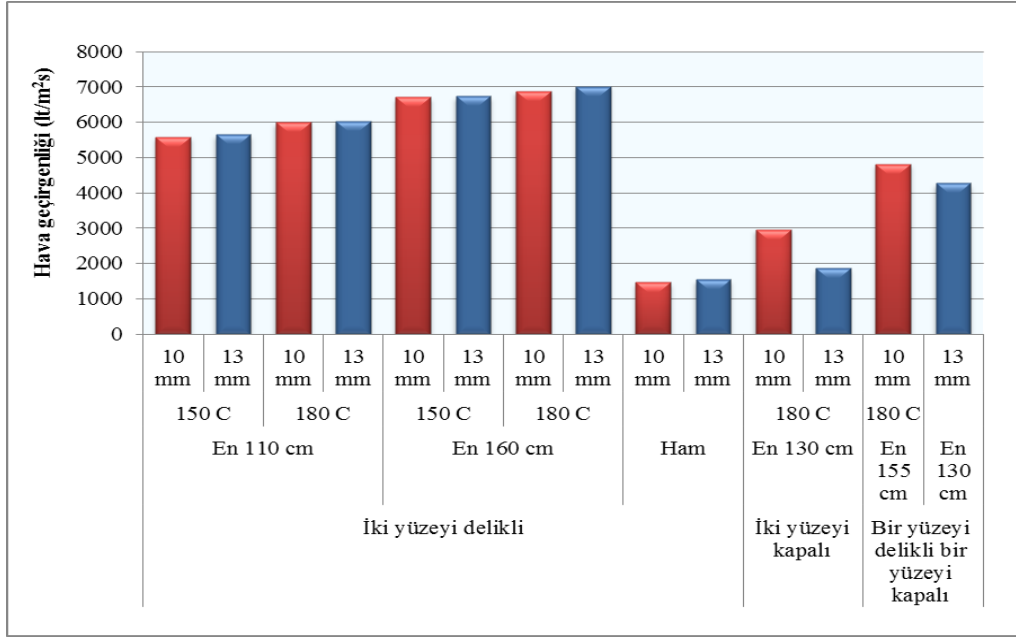
5.1.1.3. Hava geçirgenliği

Kumaşların hava geçirgenliği değerlerine kalınlığın etkisi incelendiğinde (Çizelge 5.3) sadece iki yüzeyi delikli ham kumaşlar ve iki yüzeyi kapalı kumaşlarda istatistiksel açıdan fark bulunduğu tespit edilmiştir. İki yüzeyi delikli ham kumaşlarda kalınlık arttıkça, bağlantı tabakasındaki boşlukların artması ve havanın delikli dış yüzeyler ile bu boşluklardan daha kolay geçmesi sonucu hava geçirgenliği de artmıştır. İki yüzeyi kapalı kumaşlar ve bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı kumaşlarda ise kalınlık arttıkça kumaşların hava geçirgenlikleri azalmıştır. Bu durum ise kalınlık arttıkça kapalı yüzeylerden havanın daha zor geçmesi ile açıklanabilir (Şekil 5.8).

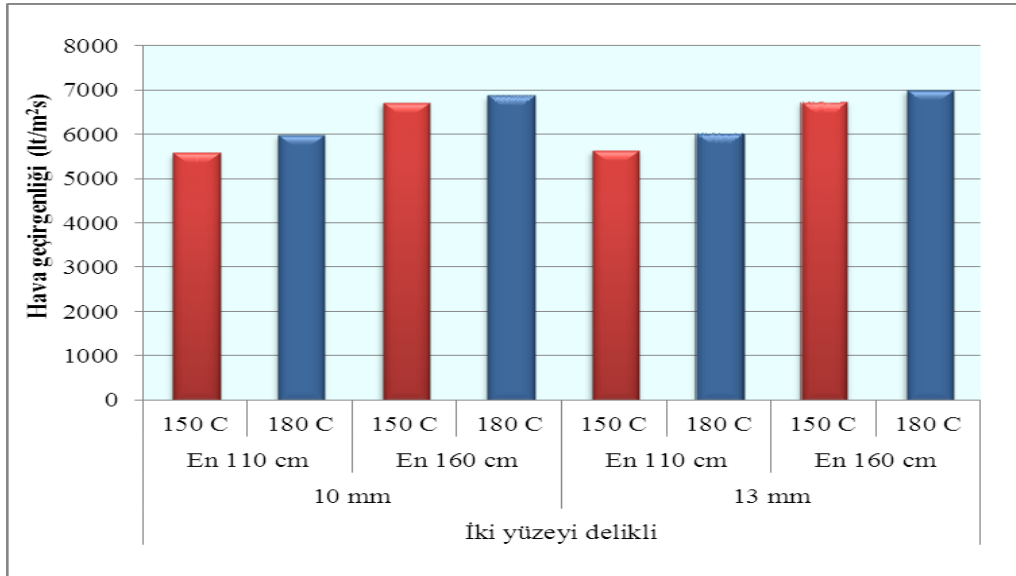
Kumaşların hava geçirgenliklerine fiksaj sıcaklığı, nihai en ve yüzey yapısı parametrelerinin etkisinin istatistiksel açıdan önemli düzeyde olduğu Çizelge 5.3’de görölmektedir. Fiksaj sıcaklığı arttıkça kumaşların hava geçirgenlikleri artmıştır (Şekil 5.9). Bu durum, fiksaj sıcaklığı arttıkça kumaşların gramaj ve kalınlıklarının azalması ile açıklanabilir. Kumaş inceldikçe ve gramajı azaldıkça birim zamanda kumaş iğerisinden geçen hava miktarı artmaktadır.

Şekil 5.10’da göröldüğu üzere nihai en arttıkça, yani birim alandaki lif yoğunluğu azaldıkça hava geçirgenlik değerleri artmıştır. Bunun nedeni, nihai eni yüksek olan kumaşların hem gramajının hem de Ek 2 gösterildiği gibi yüzeydeki gözenek büyüklüğünün fazla olmasıdır.

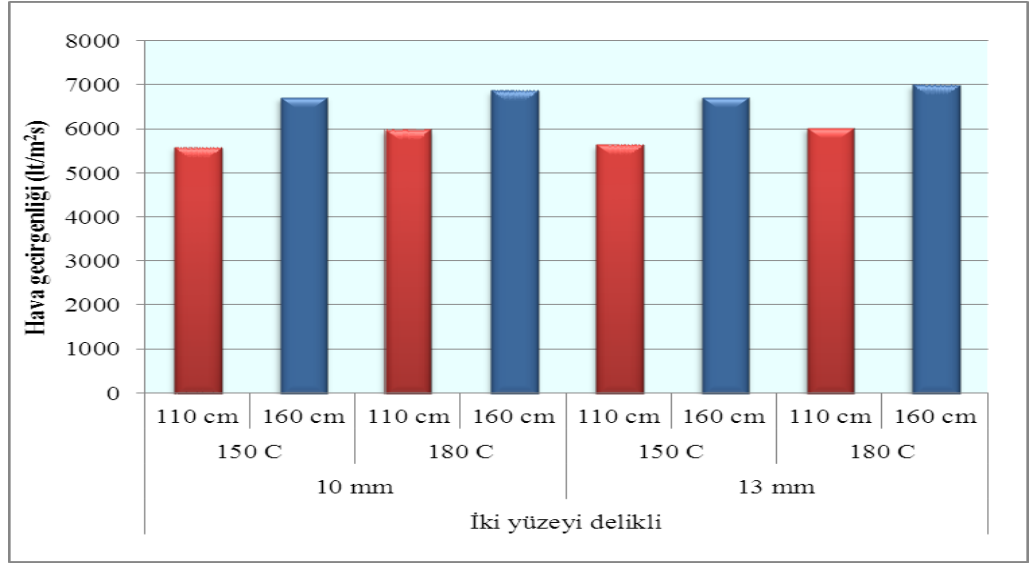
Yüzey yapısının etkisi incelendiğinde (Şekil 5.11) en yüksek hava geçirgenliği değerleri beklenildiği üzere, iki yüzeyi delikli kumaşlarda gözlenmiştir ve bu kumaşı sırasıyla bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı ve iki yüzeyi kapalı kumaşlar takip etmiştir.



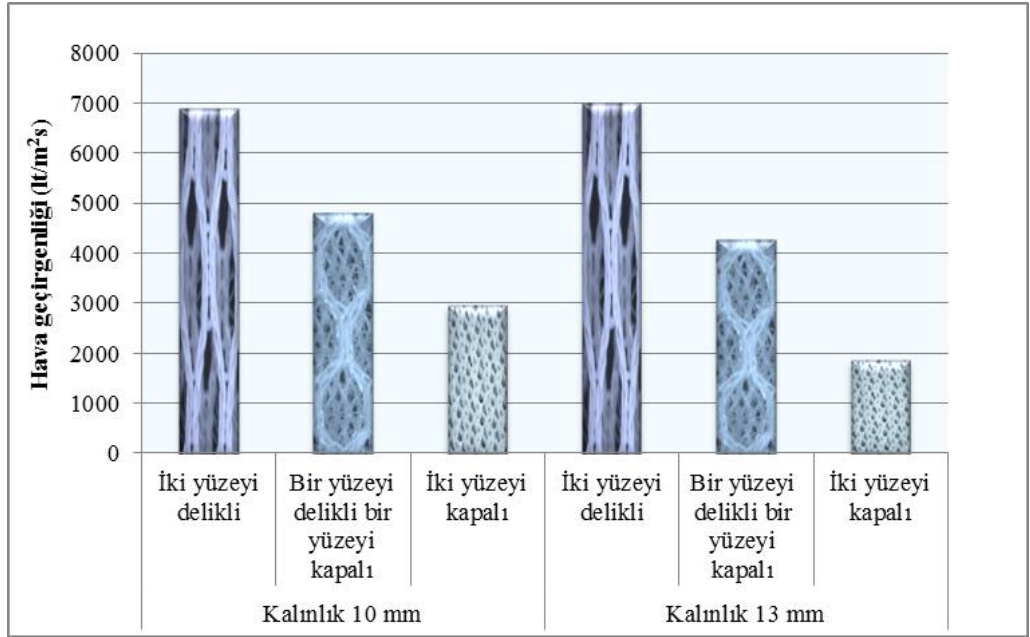
Şekil 5.8. Kalınlık değişiminin hava geçirgenliğine etkisi.



Şekil 5.9. Fiksaj sıcaklığı değişiminin hava geçirgenliğine etkisi.



Şekil 5.10. Nihai en değişiminin hava geçirgenliğine etkisi.



Şekil 5.11. Yüzey yapısı değişiminin hava geçirgenliğine etkisi (Fiksaj sıcaklığı 180°C).

Çizelge 5.3. Kumaş parametrelerinin hava geçirgenliğine etkisinin değerlendirilmesi.

KALINLIĞIN ETKİSİ					
Kumaş			F	Serbestlik derecesi	p değeri*
İki yüzeyi delikli	En 110 cm 150 ⁰ C	10 & 13 mm	6,854	11,89	,503
	En 160 cm 150 ⁰ C	10 & 13 mm	1,905	18	,772
	En 110 cm 180 ⁰ C	10 & 13 mm	,096	18	,576
	En 160 cm 180 ⁰ C	10 & 13 mm	3,116	18	,059
	Ham	10 & 13 mm	1,15	18	,018
İki yüzeyi kapalı	En 130 cm 180 ⁰ C	10 & 13 mm	3,461	18	,000
FİKSAJ SICAKLIĞININ ETKİSİ					
Kumaş			F	Serbestlik derecesi	p değeri*
İki yüzeyi delikli	10 mm En 110 cm	150 & 180 ⁰ C	3,368	18	,000
	10 mm En 160 cm	150 & 180 ⁰ C	4,904	13,996	,004
	13 mm En 110 cm	150 & 180 ⁰ C	1,891	18	,000
	13 mm En 160 cm	150 & 180 ⁰ C	2,240	18	,005
NİHAİ ENİN ETKİSİ					
Kumaş			F	Serbestlik derecesi	p değeri*
İki yüzeyi delikli	10 mm 150 ⁰ C	110 & 160 cm	3,118	18	,000
	10 mm 180 ⁰ C	110 & 160 cm	3,928	18	,000
	13 mm 150 ⁰ C	110 & 160 cm	4,743	18	,000
	13 mm 180 ⁰ C	110 & 160 cm	,157	18	,000
YÜZEY YAPISININ ETKİSİ					
Kumaş		N	1	2	3
Kalınlık 10 mm	İki yüzeyi kapalı	5	2961		
	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5		4543	
	İki yüzeyi delikli	5			6884
	p değeri		1,000	1,000	1,000
Kalınlık 13 mm	İki yüzeyi kapalı	5	1859		
	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5		3966	
	İki yüzeyi delikli	5			7009
	p değeri		1,000	1,000	1,000

* p < 0,05 istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu ifade etmektedir. Önemli bulunan p değerleri koyu font ile gösterilmiştir.

5.1.1.4. Sıkıştırma dayanımı

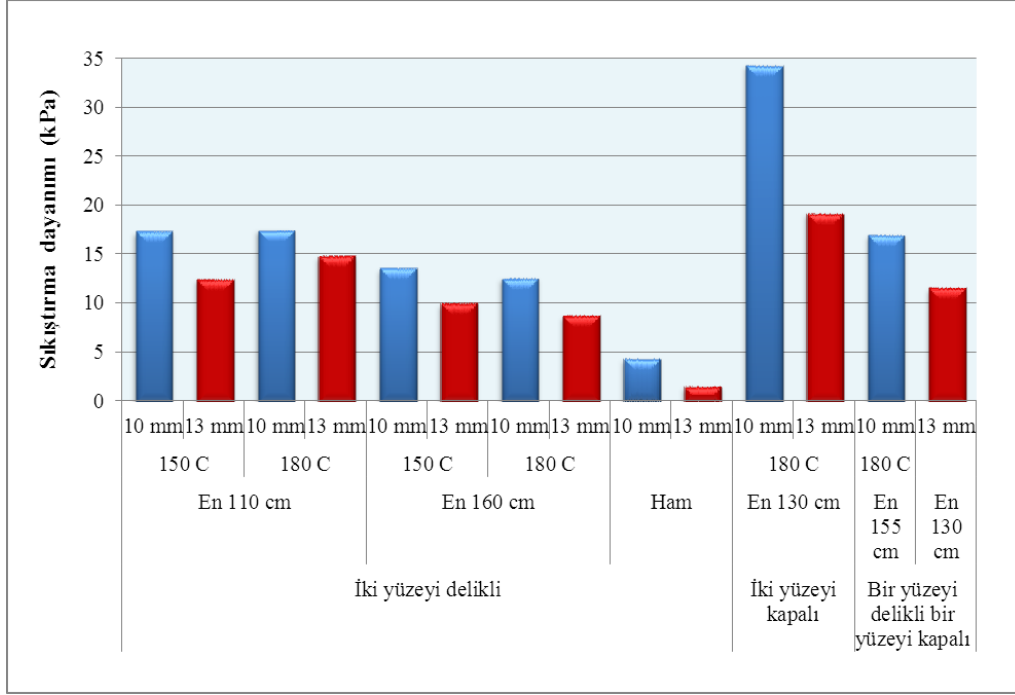
Çizelge 5.4 incelendiğinde tüm kumaşların sıkıştırma dayanımına istatistiksel açıdan kalınlığı, fiksaj sıcaklığının ve nihai enin etkisinin bulunduğu görülmektedir.

Tüm kumaş numuneleri için kalınlık arttıkça kumaşların sıkıştırma dayanımlarında azalma olduğu gözlenmiştir (Şekil 5.12). Üç boyutlu tekstillerde sıkıştırılabilirliği etkileyen faktörler kalınlık, ilmek yoğunluğu, eğilme davranışı ve bağlantı ipliğinin yerleşim açısıdır. Kumaş kalınlaştıkça, bağlantı ipliğinin uzaması nedeniyle kumaşın daha yumuşak hale geldiği ve deformasyonun kolaylaştığı düşünülmektedir.

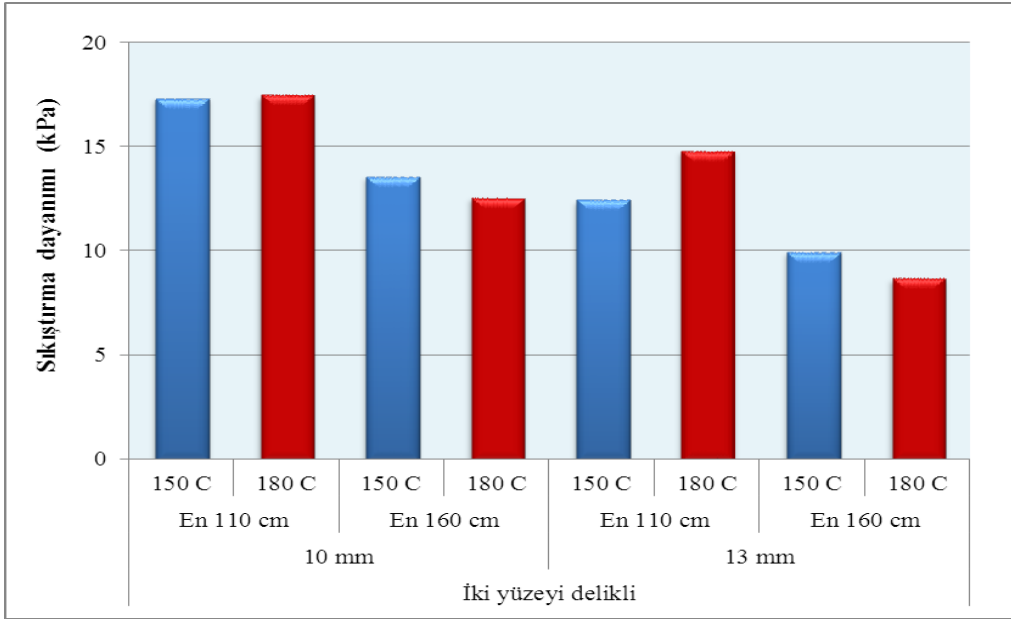
Fiksaj sıcaklığının artması bazı numunelerde sıkıştırma dayanımında artışa bazılarında ise azalmaya yol açtığından tüm kumaşlar için genel bir yorum yapmak mümkün olmamıştır (Şekil 5.13).

Sıkıştırma dayanımı ölçümleri sonucunda 160 cm nihai ende ve daha az yoğun olan kumaşların daha düşük sıkıştırma dayanımı değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.14).

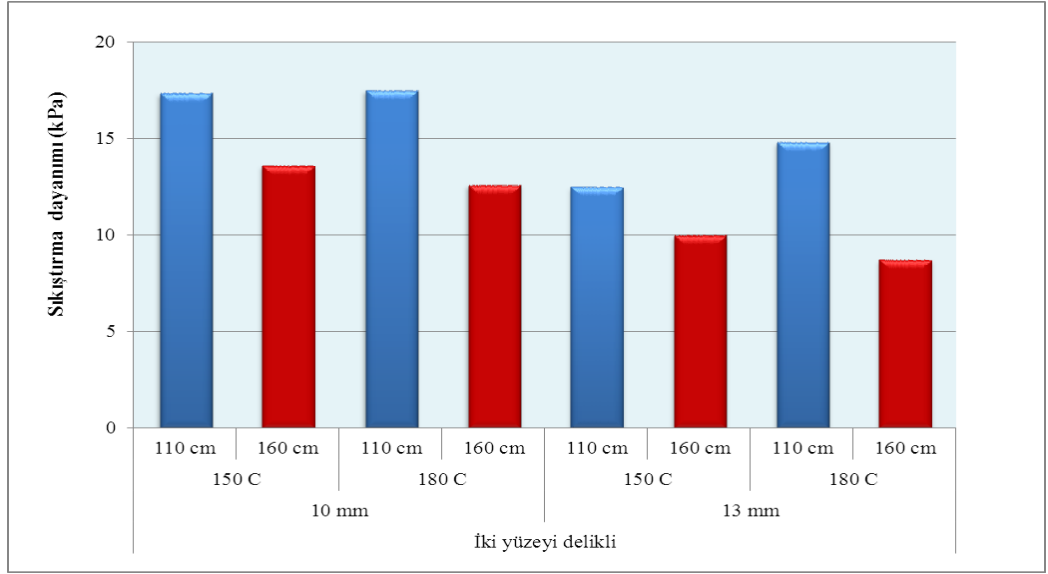
Yüzey yapısının etkisine bakıldığında ise en yüksek sıkıştırma dayanımı iki yüzeyi kapalı kumaşlarda gözlenmiştir. (Şekil 5.15). Bu kumaşları sırasıyla bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı kumaşlar ile iki yüzeyi delikli kumaşlar takip etmiştir. İki yüzeyi kapalı kumaşlar daha stabil ve sert yapıda olduklarından sıkıştırma dayanımları daha yüksektir. Bağlantı ipliği yerleşim açısı azaldıkça, bağlantı iplikleri sıkıştırma yönüne göre daha yüksek dayanım sağlamaktadır. İki yüzeyi delikli kumaşlarda monofilament ipliklerin daha dik açı ile yerleştirildiği ve burulmaya daha kolay maruz kaldığı ve bunun da sıkıştırma dayanımını azalttığı düşünülmektedir.



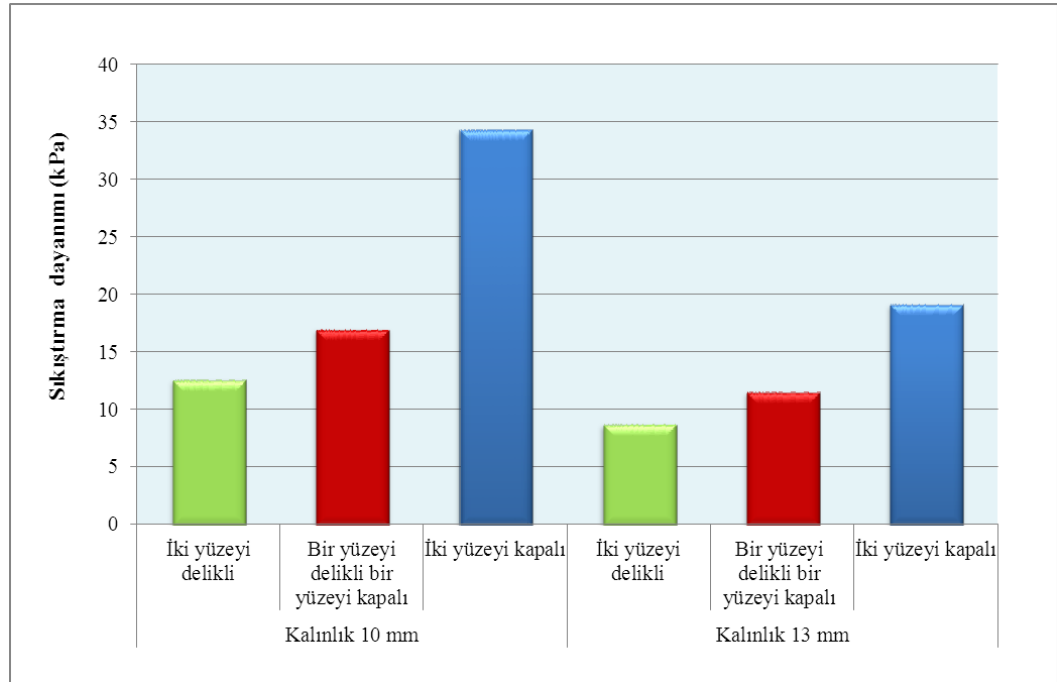
Şekil 5.12. Kalınlık değişiminin sıkıştırma dayanımına etkisi.



Şekil 5.13. Fiksaj sıcaklığı değişiminin sıkıştırma dayanımına etkisi.



Şekil 5.14. Nihai en değişiminin sıkıştırma dayanımına etkisi.



Şekil 5.15. Yüzey yapısı değişiminin sıkıştırma dayanımına etkisi.

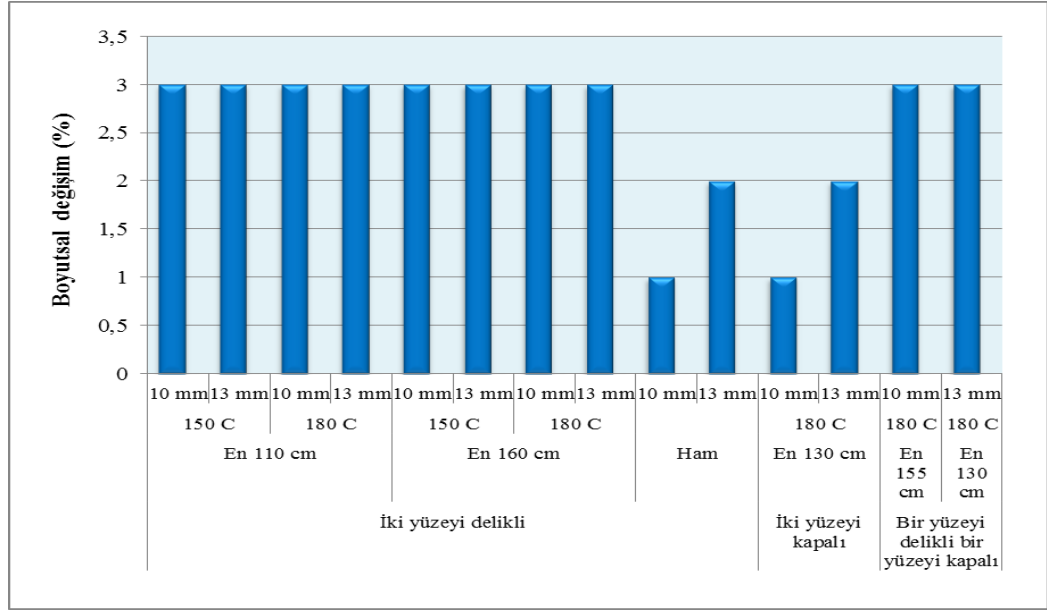
Çizelge 5.4. Kumaş parametrelerinin sıkıştırma dayanımına etkisinin değerlendirilmesi.

KALINLIĞIN ETKİSİ					
Kumaş			F	Serbestlik derecesi	p değeri*
İki yüzeyi delikli	En 110 cm 150°C	10 & 13 mm	,776	4	,003
	En 160 cm 150°C	10 & 13 mm	,000	4	,000
	En 110 cm 180°C	10 & 13 mm	3,909	4	,001
	En 160 cm 180°C	10 & 13 mm	1,555	4	,000
	Ham	10 & 13 mm	2,070	4	,000
İki yüzeyi kapalı	En 130 cm 180°C	10 & 13 mm	1,638	4	,000
FİKSAJ SICAKLIĞININ ETKİSİ					
Kumaş			F	Serbestlik derecesi	p değeri*
İki yüzeyi delikli	10 mm En 110 cm	150 & 180 °C	,961	4	,030
	10 mm En 160 cm	150 & 180 °C	3,057	4	,018
	13 mm En 110 cm	150 & 180 °C	4,062	4	,002
	13 mm En 160 cm	150 & 180 °C	2,78	4	,000
NİHAİ ENİN ETKİSİ					
Kumaş			F	Serbestlik derecesi	p değeri*
İki yüzeyi delikli	10 mm 150°C	110 & 160 cm	3,475	4	,005
	10 mm 180°C	110 & 160 cm	,093	4	,000
	13 mm 150°C	110 & 160 cm	3,497	4	,002
	13 mm 180°C	110 & 160 cm	6,571	4	,000
YÜZEY YAPISININ ETKİSİ					
Kumaş		N	1	2	3
Kalınlık 10 mm	İki yüzeyi delikli	5	12,57		
	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5		16,98	
	İki yüzeyi kapalı	5			34,31
	p değeri		1,000	1,000	1,000
Kalınlık 13 mm	İki yüzeyi delikli	5	8,69		
	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5		11,53	
	İki yüzeyi kapalı	5			19,17
	p değeri		1,000	1,000	1,000

* p < 0,05 istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu ifade etmektedir. Önemli bulunan p değerleri koyu font ile gösterilmiştir.

5.1.1.5. Boyutsal değişim

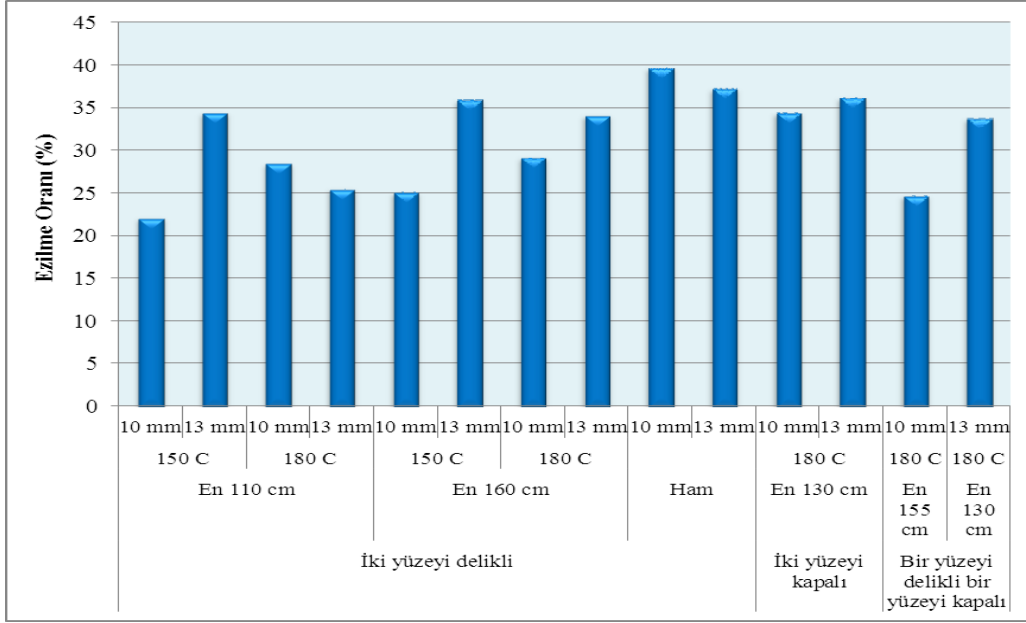
Tüm kumaş numuneleri için boyuna yönde boyutsal değişim olmadığı gözlenmiştir. Enine yönde ise maksimum boyutsal değişim % 3 çekme olarak tespit edilmiştir. İki yüzeyi delikli ham kumaşlar ve iki yüzeyi kapalı kumaşlarda çekme değerinin daha düşük olduğu gözlenmiştir (Şekil 5.16). Bu tip kumaşların çekme değeri olarak piyasadaki mevcut kabul sınırı %3'tür.



Şekil 5.16. Kumaşların enine yönde boyutsal değişim özellikleri.

5.1.1.6. Kalıcı deformasyon

Yaşlandırma testi olarak da bilinen kalıcı deformasyon değeri kumaşların dayanıklılığını ve kullanım ömrünü belirleyen bir faktördür. Kumaşlarda ezilme oranı arttıkça dayanıklılık ve kullanım ömrü azalmaktadır. Kalıcı deformasyon sonuçları incelendiğinde tüm numunelerde kalınlık artışının bazı numunelerin kalıcı deformasyonunda artışa, bazısında azalmaya yol açtığı görülmektedir. Makine kısıtı nedeniyle sadece iki farklı kalınlık değeri elde edilebildiğinden bu konuda kesin bir kanıya varılamamıştır. Kumaş nihai eninin etkisi incelendiğinde, iki yüzeyi delikli kumaşlar için nihai eni 160 cm olan kumaşların ezilme oranının nihai eni 110 cm olanlardan daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu da daha fazla gerdirilen kumaşların daha kolay kalıcı deformasyona uğradığını göstermiştir. En düşük ezilme oranı ise 150⁰C'de 110 cm ene fikse edilmiş 10 mm kalınlıktaki kumaşta elde edilmiştir (Şekil 5.17).

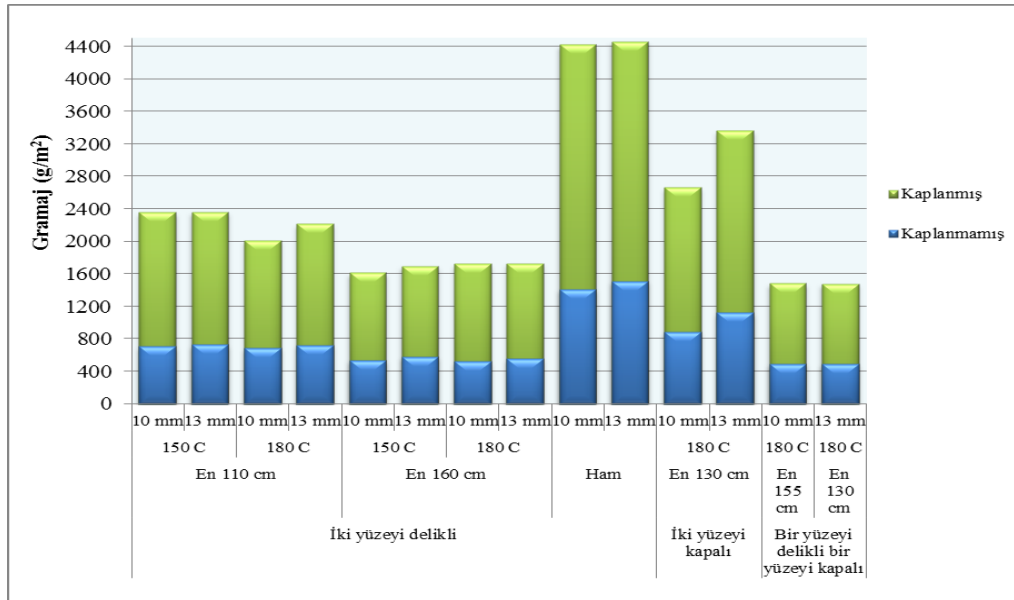


Şekil 5.17. Kumaşların kalıcı deformasyon sonuçları.

5.1.2. Kaplanmış Kumaşların Fiziksel Ölçüm Sonuçları

Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların gramaj, kalınlık, hava geçirgenliği, sıkıştırma dayanımı, boyutsal değişim, kalıcı deformasyon gibi özellikleri karşılaştırmalı olarak alt başlıklar halinde aşağıda değerlendirilmiştir.

5.1.2.1. Gramaj



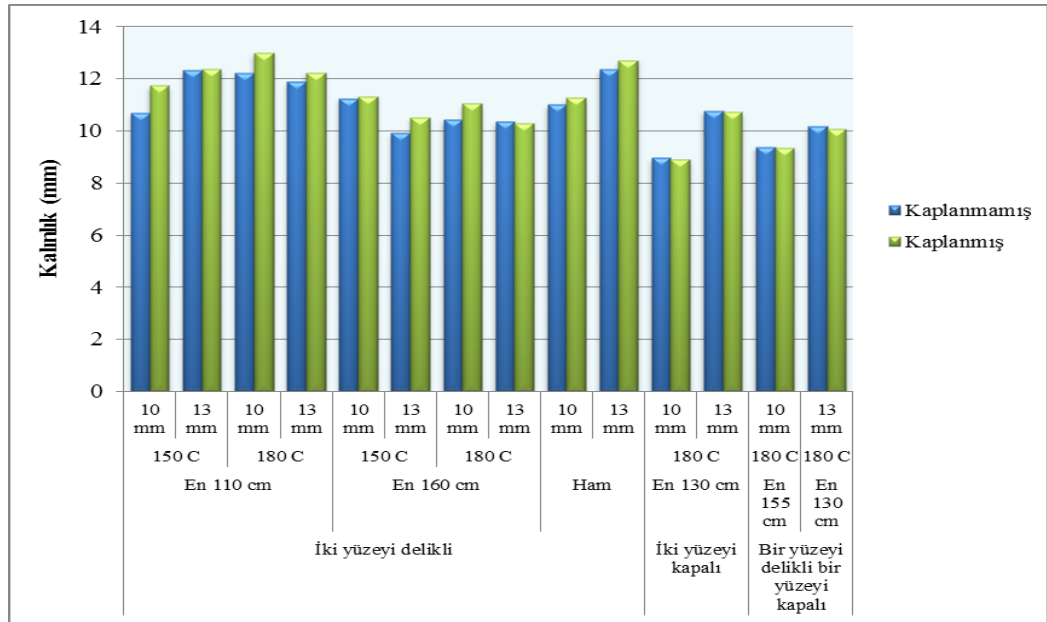
Şekil 5.18. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların gramaj değerleri.

Üretilen kumaşların darbe dayanım özelliklerini iyileştirmek ve aktarılan kuvvet değerini azaltmak amacıyla kumaşlara ağırlıklarının iki katı kadar silikon aktarılmıştır. Kaplama malzemesi kumaş yüzeyindeki gözenekleri kapatmayacak ve iki kumaş yüzeyi arasındaki boşluğu doldurmayacak ancak bağlantı ipliğinin etrafını kaplayacak şekilde kumaş üzerine aplike edilmiştir. Kaplanmış ve kaplanmamış numunelere ait gramaj değerlerinin birlikte incelendiği Şekil 5.18'den kaplanmış kumaşların gramajlarının, kaplanmamış kumaşların gramajlarından yaklaşık üç kat daha fazla olduğu (kumaşın kendi ağırlığı +silikon malzemesi) görülmektedir.

Mevcut koruyuculardaki gramaj değerleri 1000-4000 g/m² arasındadır. Kaplama işlemi ile numune kumaşların gramajları mevcut koruyucu yüzey gramajlarına uygun hale getirilmiştir.

5.1.2.2. Kalınlık

İstatistiksel değerlendirmeler (Çizelge 5.5), kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların kalınlıkları arasındaki farkın genellikle önemsiz seviyede olduğunu göstermiştir. İstatistiksel açıdan fark bulunan kumaşlarda ise kaplanmış kumaşların daha kalın olduğu Şekil 5.19'da görülmektedir.



Şekil 5.19. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların kalınlık değerleri.

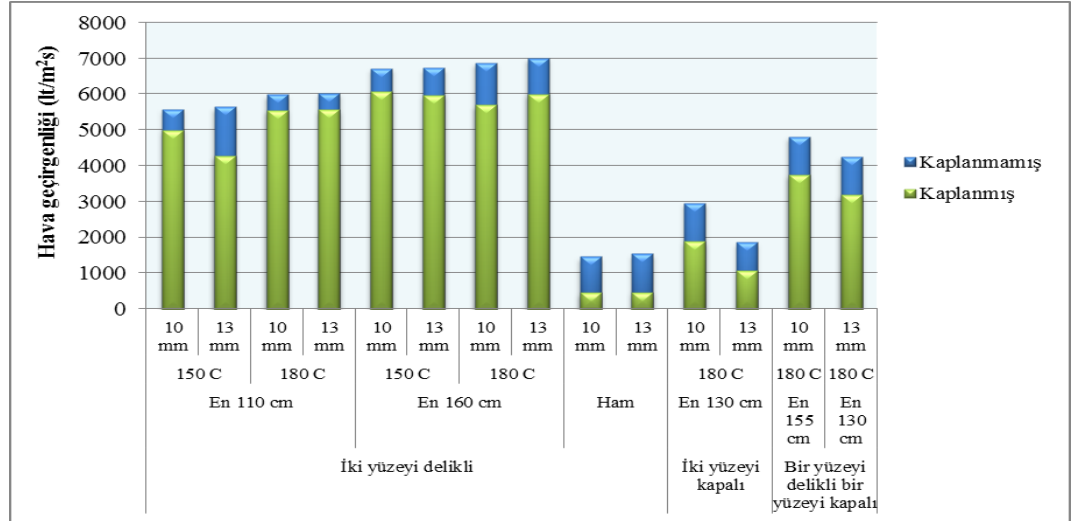
Çizelge 5.5. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların kalınlıklarının değerlendirilmesi.

Yüzey yapısı	Nihai en	Fiksaj sıcaklığı	Kumaş kalınlığı	Kaplama	F	Serbestlik derecesi	p değeri*
İki yüzeyi delikli	110 cm	150°C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	2,740	4	,021
	110 cm	150°C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	8,526	2,129	,062
	110 cm	180°C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	2,197	4	,000
	110 cm	180°C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	15,184	2,003	,276
	160 cm	150°C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	,286	4	,060
	160 cm	150°C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	,839	4	,000
	160 cm	180°C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	9,554	2,144	,011
	160 cm	180°C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	,182	4	,074
	60 cm	Ham	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	2,951	4	,245
	60 cm	Ham	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	8,581	2,096	,228
İki yüzeyi kapalı	130 cm	180°C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	4,209	4	,139
	130 cm	180°C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	4,744	4	,762
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	155 cm	180°C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	2,327	4	,430
	130 cm	180°C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	,800	4	,051

* p < 0,05 istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu ifade etmektedir. Önemli bulunan p değerleri koyu font ile gösterilmiştir.

5.1.2.3. Hava geçirgenliği

Çizelge 5.6’da görüldüğü üzere kaplanmış kumaşlar ile kaplanmamış kumaşların hava geçirgenliği değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli düzeyde fark bulunmaktadır. Kaplanmış kumaşların hava geçirgenliklerinin beklenildiği üzere daha düşük bir değere sahiptir (Şekil 5.20). Kumaşların yüzey ve bağlantı ipliklerinin etrafının kaplanması ve kaplama ile gramajlarının artması sonucu kumaştaki boşluklar azalmış ve kumaştan havanın geçmesi zorlaşmıştır.



Şekil 5.20. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların hava geçirgenlik değerleri.

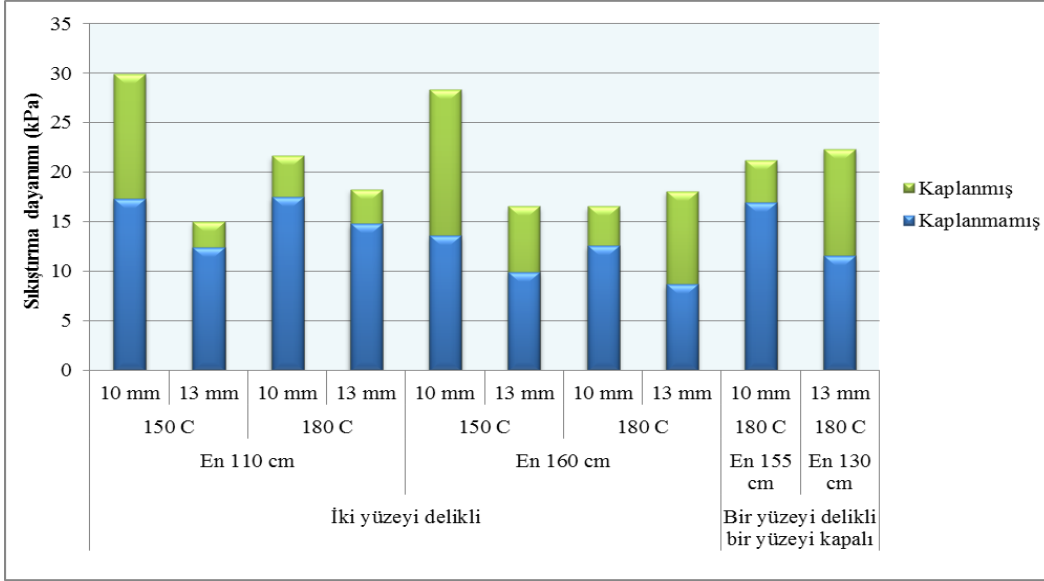
Çizelge 5.6. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların hava geçirgenliklerinin değerlendirilmesi.

Yüzey yapısı	Nihai en	Fiksaj sıcaklığı	Kumaş kalınlığı	Kaplama	F	Serbestlik derecesi	p değeri*
İki yüzeyi delikli	110 cm	150 ⁰ C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	2,922	18	,002
	110 cm	150 ⁰ C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	43,189	9,887	,000
	110 cm	180 ⁰ C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	,113	18	,000
	110 cm	180 ⁰ C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	,842	18	,000
	160 cm	150 ⁰ C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	,210	18	,000
	160 cm	150 ⁰ C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	2,141	18	,000
	160 cm	180 ⁰ C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	9,954	10,166	,000
	160 cm	180 ⁰ C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	2,042	18	,000
	60 cm	Ham	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	1,149	18	,000
	60 cm	Ham	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	5,859	12,031	,000
İki yüzeyi kapalı	130 cm	180 ⁰ C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	9,934	10,776	,000
	130 cm	180 ⁰ C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	4,613	9,164	,004
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	155 cm	180 ⁰ C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	17,413	9,655	,000
	130 cm	180 ⁰ C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	5,156	11,676	,000

* p < 0,05 istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu ifade etmektedir. Önemli bulunan p değerleri koyu font ile gösterilmiştir.

5.1.2.4. Sıkıştırma dayanımı

Kaplanmış iki yüzeyi kapalı ve iki yüzeyi delikli ham kumaşlar cihazı zorladığı için bu kumaşların sıkıştırma dayanımı ölçümleri yapılamamıştır. İstatistiksel değerlendirmelerden iki kumaş tipi haricinde kaplamanın sıkıştırma dayanımı üzerine etkisinin önemli düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5.7). Tüm kaplanmış kumaşların sıkıştırma dayanımları oldukça yüksek değere sahiptir (Şekil 5.21).



Şekil 5.21. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların sıkıştırma dayanımı değerleri.

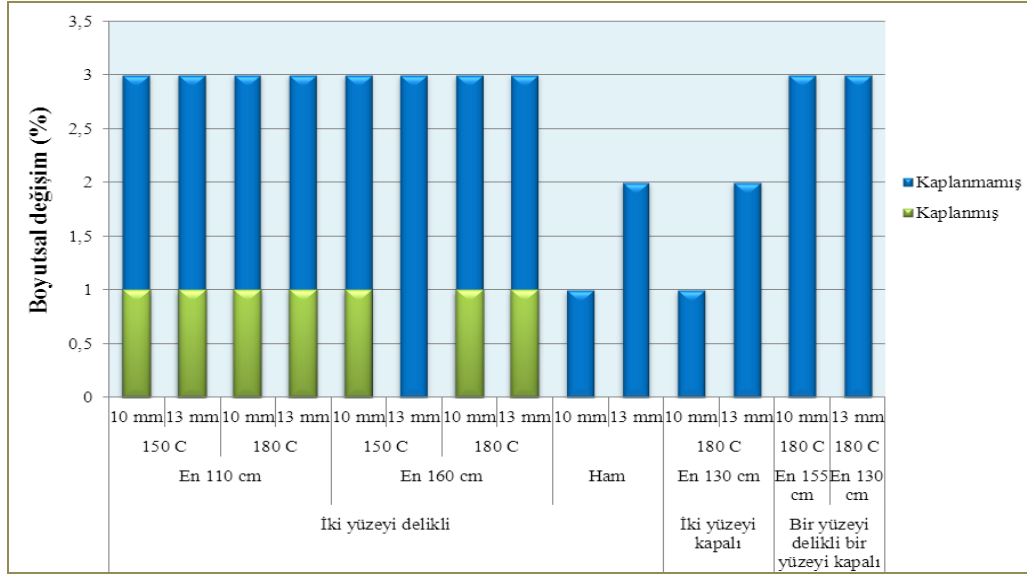
Çizelge 5.7. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların sıkıştırma dayanımlarının değerlendirilmesi.

Yüzey yapısı	Nihai en	Fiksaj sıcaklığı	Kumaş kalınlığı	Kaplama	F	Serbestlik derecesi	p değeri*
İki yüzeyi delikli	110 cm	150 ⁰ C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	6,669	4	,010
	110 cm	150 ⁰ C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	10,644	2,018	,084
	110 cm	180 ⁰ C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	1,631	4	,000
	110 cm	180 ⁰ C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	15,133	2,001	,090
	160 cm	150 ⁰ C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	6,287	4	,000
	160 cm	150 ⁰ C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	3,684	4	,011
	160 cm	180 ⁰ C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	,249	4	,001
	160 cm	180 ⁰ C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	6,817	4	,003
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	155 cm	180 ⁰ C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	4,455	4	,000
	130 cm	180 ⁰ C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	7,796	2,015	,000

* p < 0,05 istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu ifade etmektedir. Önemli bulunan p değerleri koyu font ile gösterilmiştir.

5.1.2.5. Boyutsal değişim

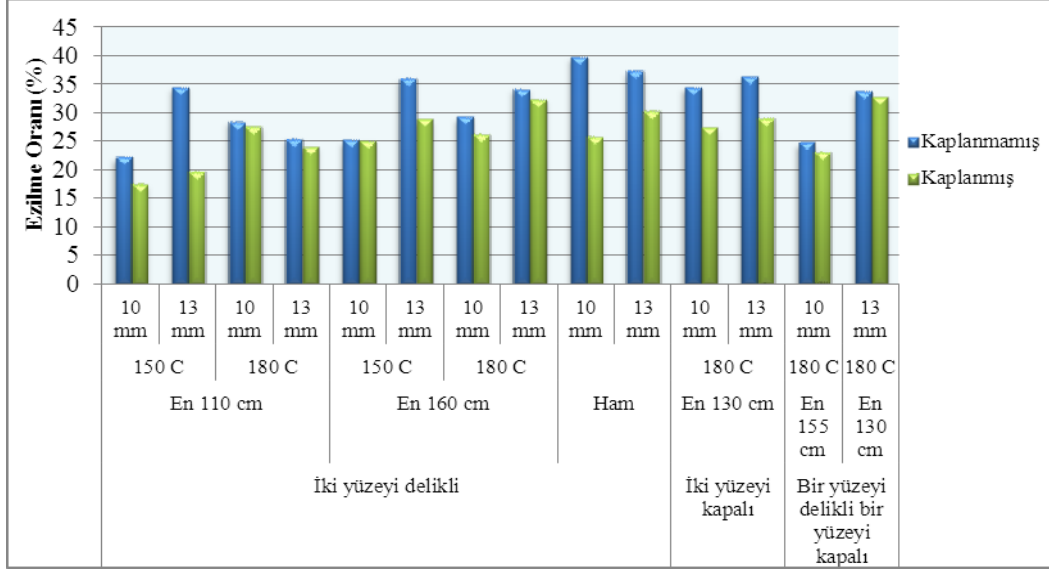
Kaplanmış kumaşların enine ve boyuna yönde boyutsal değişim özellikleri incelendiğinde tüm kumaş tipleri için kaplanmış kumaşlarda olduğu gibi boyuna yönde boyutsal değişim gözlenmemiştir. Enine yönde ise kaplanmamış kumaşlarda maksimum % 1 çekme olduğu saptanmıştır. İki yüzeyi delikli ham kumaşlar, iki yüzeyi kapalı kumaşlar ve bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı kumaşlarda enine yönde hiç boyutsal değişim olmadığı belirlenmiştir (Şekil 5.22).



Şekil 5.22. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların boyutsal değişim özellikleri.

5.1.2.6. Kalıcı deformasyon

Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların kalıcı deformasyon ölçüm sonuçları Şekil 5.23’de görülmektedir. Tüm kumaş tipleri için kaplamanın ezilme oranında azalmaya yol açtığı ve böylece kumaşın dayanımını ve kullanım ömrünü önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir.



Şekil 5.23. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların kalıcı deformasyon özellikleri.

5.2. Kumaşların Darbe Dayanımı Ölçüm Sonuçları

Bu çalışmanın amacı vücudun çeşitli bölgelerini (omuz, sırt, kol, dirsek, kalça, diz vb.) ve özellikle yaşlılarda kalça bölgesini düşme sonucunda meydana gelen darbeye karşı korumada sandviç kumaşların kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır. Bu amaçla koruyucu yüzeylerin darbe dayanımlarının belirlenmesinde kullanılan standartlar incelenmiş ve özellikle kalça koruyucu alanına uygun olarak hazırlanmış bir standardın olmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle darbe dayanımı ölçüm cihazı geliştirilirken TS EN 1621 “Mekanik darbelere karşı koruyucu motosikletçi giysileri” standardı dikkate alınmıştır. Motosikletçi giysilerinde kalça koruyucu olarak kullanılabilecek bir yüzeyin, yaşlılar tarafından kullanılacak bir kalça koruyucunun gereksinimlerini fazlasıyla karşılayabileceği düşünülerek cihazın tasarımında bu standart tercih edilmiştir. TS EN 1621 standardı hakkında aşağıda kısa bilgi verilmiştir.

Standart iki bölümden oluşmaktadır:

- 1621-1:1999: Darbe koruyucuları için gereksinimler ve test metotları
- 1621-2:2004: Motosikletçi sırt koruyucuları için gereksinimler ve test metotları

Standartın özellikleri ve koruma seviyeleri Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8. TS EN 1621 standardının özellikleri ve koruma seviyeleri.

	TS EN 1621-1:1999	TS EN 1621-2:2003
Koruma bölgesi	Omuz, kol, ön kol, kalça, diz, incik kemiği	Sırt
Darbe enerjisi	50 J	50 J
Her bir ölçülen aktarılan kuvvet değeri	< 50 kN	< 24 kN (Seviye 1) < 12 kN (Seviye 2)
Ortalama aktarılan kuvvet	< 35 kN	< 18 kN (Seviye 1) < 9 kN (Seviye 2)

Çalışmanın bu bölümünde darbe dayanımı ölçümlerinden elde edilen sonuçlar, standarttaki gereksinimler ve koruma seviyeleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Geliştirilen cihazdan doğrudan okunan ve hesaplamalarla elde edilen ivme, aktarılan kuvvet, temas kuvveti, deplasman ve absorbe edilen enerji değerleri Çizelge 4.3 ve 4.4’de verilmiştir. Ancak bu bölümde sadece koruyucu yüzeylerin darbe dayanımlarını belirleyen aktarılan kuvvet ve absorbe edilen enerji değerleri incelenmiştir.

Darbe dayanımı ölçüm cihazından her bir numune için ayrı ayrı grafikler elde edilmiştir. Bu grafiklerin tümünün tez içerisinde verilmesi tezin anlaşılabilirliğini zorlaştıracığı için sadece bir numuneye ait grafik örneklerinin Ek 3’de sunulması uygun görülmüştür.

Cihazdan doğrudan okunan ve hesaplamalar sonucu elde edilen verilerin açıklamalarına aşağıda yer verilmiştir:

Darbe enerjisi

Belirli bir yükseklikten bırakılan vurucunun çarpma anına kadar sahip olduğu enerjidir. Darbe enerjisi, vurucunun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüşmüş hali (tüm kayıplar ihmal edilirse) şeklinde de ifade edilebilir; hesaplanarak bulunan bir değerdir. Darbe enerjisi arttıkça yüzeyin aktardığı kuvvet değeri de artış göstermektedir.

Darbeye maruz kalma süresi

Koruyucu yüzeye vurucunun temas ettiği an ile vurucunun yüzeyden ayrılarak geri sıçramaya başladığı an arasında geçen süredir. Yüzeylerin darbeye karşı dayanıklılıklarını etkileyen darbeye maruz kalma süresinin mümkün olduğunca uzun olması, darbe dayanımını iyileştirme açısından avantaj sağlamaktadır.

Aktarılan kuvvet

Yüzeylerin darbe dayanımlarını belirlemede kullanılan kriter olan aktarılan kuvvet değeri, darbe sonrası kumaşın absorbe edemediği kuvvetin (yükün) yük hücresi tarafından ölçülen ve cihazdan doğrudan okunan bir veridir. TS EN 1621 standardında da bu değer dikkate alınarak yüzeylerin darbeye karşı koruyucu olup olmadığı belirlenmektedir. Darbe enerjisi arttıkça, darbe süresinin kısalması ile birlikte absorbe edilen enerji ve aktarılan kuvvet artar. Her enerji seviyesinde aktarılan kuvvet değerleri farklı olmaktadır. Koruyucu yüzeyde darbenin oluşturduğu deformasyon her enerji seviyesinde farklı etkiye sahip olduğu için darbe enerjisindeki artış ile aktarılan kuvvet değerlerindeki artış paralel değildir.

İvme

Çarpma anında vurucunun sahip olduğu ivme değeridir. Cihazdan okunan bir değerdir.

Absorbe edilen enerji

Absorbe edilen enerji, darbe sonucu koruyucu yüzeyin absorbe ettiği enerji miktarıdır. Absorbe edilen enerji, cihazdan doğrudan elde edilen bir değer olmayıp, ivme, deplasman, temas kuvveti ve aktarılan kuvvet değerleri

kullanılarak hesaplanan bir parametredir. Deplasman arttıkça kumaşların absorbe ettikleri enerji miktarı da artmaktadır.

Temas kuvveti

Vurucunun yüzey ile temas ettiği anda sahip olduğu kuvvet değeridir. Çarpma anındaki ivme değeri ve vurucu kütlesi ile hesaplanan bir değerdir.

Deplasman

Darbe sonrası vurucunun kumaşı sıkıştırma miktarıdır. Belverme olarak da bilinen bu değer, cihazdan doğrudan okunan bir veridir.

5.2.1. Kaplanmamış kumaşların darbe dayanım ölçüm sonuçları

Kumaşların darbe dayanımı ölçümlerinden elde edilen sonuçlar iki başlık altında değerlendirilmiştir:

- TS EN 1621-1 standardına uygun olarak farklı enerji seviyelerinde elde edilen darbe dayanımı ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi
- Farklı kumaş katman sayılarında elde edilen darbe dayanımı ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi
 - TS EN 1621-1 standardına göre elde edilen ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi
 - TS EN 1621-2 standardına göre elde edilen ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi

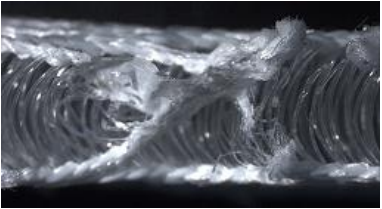
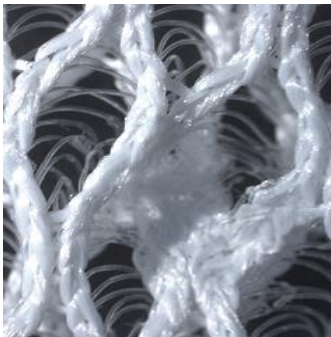
5.2.1.1. Farklı darbe enerjilerinde elde edilen darbe dayanımı ölçüm sonuçları

Bu çalışmada kumaşlara dört farklı enerji seviyesinde (50, 37.5, 25 ve 12.5J) darbe uygulanmıştır. Darbenin yüzeylerde meydana getirdiği deformasyonlar hakkında fikir vermesi açısından mikroskop altında incelenen yüzey görünümleri ve sıra yönünde enine kesitleri Çizelge 5.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 5.9’da verilen görüntüler şöyle yorumlanabilir:

- 50 J darbe enerjisine maruz kalan kumaşta monofilament bağlantı iplikleri ve dış yüzeyleri oluşturan multifilament iplikler kopmakta, açığa çıkan yüksek ısı enerjisi ile çarpma noktasındaki iplikler erimekte ve şeffaf bir ince tabaka haline gelmektedir.
- 37,5 J darbe enerjisine maruz kalan kumaşta yine monofilament bağlantı iplikleri ve dış yüzeyleri oluşturan multifilament iplikler kopmakta ve oluşan yüksek ısı ile dış yüzey iplikleri ile bağlantı iplikleri birbirine yapışmaktadır.
- 25 J darbe enerjisine maruz kalan kumaşta ise sadece üst yüzeyde delik oluşmakta; bazı monofilament bağlantı iplikleri ve dış yüzeyleri oluşturan bazı multifilament iplikler kopmaktadır.
- 12,5 J darbe enerjisine maruz kalan kumaşta ise dış yüzeylerde herhangi bir deformasyon görülmezken, bazı monofilament bağlantı iplikleri kopmaktadır.

Çizelge 5.9. Farklı darbe enerjilerinde darbe sonrası kumaşta meydana gelen deformasyon görüntüleri.

Darbe Enerji Seviyesi	Yüzey Görünümü	Enine Kesit
50 J		
37,5 J		
25 J		
12,5 J		

Kumaş parametrelerinin darbe dayanımına etkisinin değerlendirilmesi

Farklı enerji seviyelerinde aktarılan kuvvet değerlerinin ölçümü TS EN 1621-1 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.24’de, kaplanmamış kumaşların dört farklı enerji seviyesinde ölçülen aktarılan kuvvet değerleri görülmektedir. 50 J darbe enerji seviyesinde aktarılan kuvvet değerlerinin ortalaması 35 kN’nin üstündedir. Bu değer, TS EN 1621-1 standardında darbe dayanımı amacıyla kullanılacak kumaşlar için kabul sınırıdır. Dolayısıyla kaplanmamış sandviç kumaşların tek kat olarak koruyucu amacıyla kullanılması uygun değildir. Bu nedenle kumaşların koruma özelliğini iyileştirmek üzere farklı katman sayılarında (tek, çift, üç kat) ve silikon kaplanmış olarak ölçümler tekrarlanmıştır.

Tek kat kaplanmamış kumaşlar söz konusu standardı sağlamamakla birlikte kumaş parametrelerinin (kalınlık, fiksaj sıcaklığı, nihai en ve yüzey yapısı) darbe dayanım özelliklerine etkisini incelemek ve böylelikle kaplanmış kumaşlarda kaplamanın etkisini daha açık gözlemlemek amacıyla aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır.

KALINLIĞIN ETKİSİ

Aktarılan kuvvet

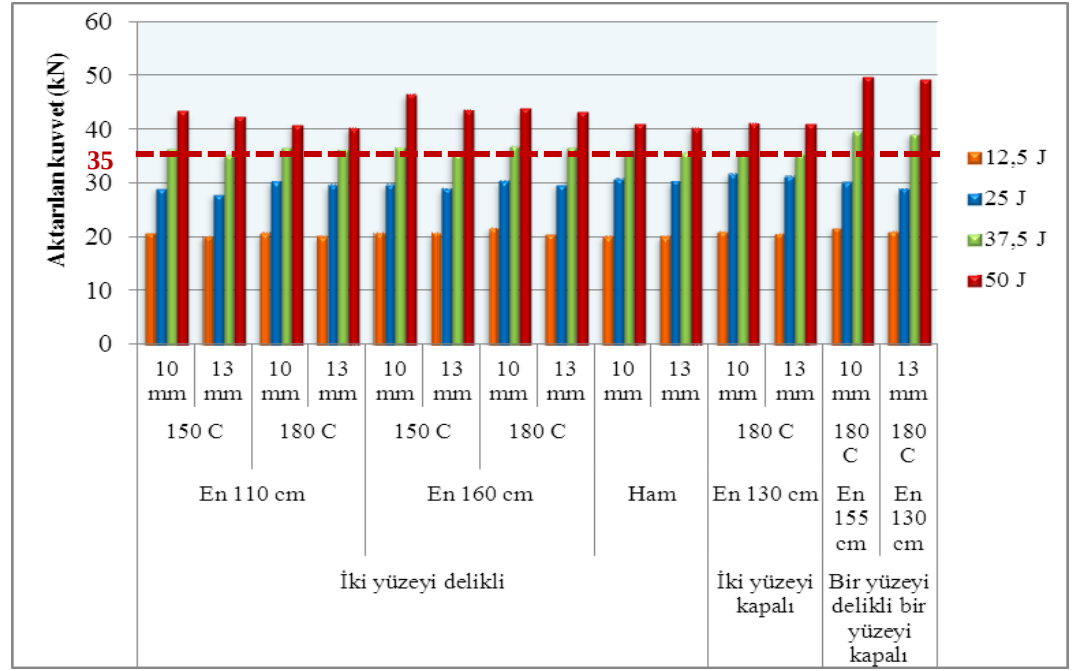
Kumaş kalınlığının aktarılan kuvvet değerine etkisinin istatistiksel açıdan önemli düzeyde olduğu saptanmıştır (Çizelge 5.10). Kumaş kalınlığı arttıkça aktarılan kuvvet değerinde azalma olduğu, yani kumaşların darbeye karşı dayanımlarının arttığı gözlenmiştir.

Bir yüzeyin darbe dayanımı iki şekilde arttırılabilir:

- İvme ve kuvvetin en yüksek değerini azaltmak için darbeye maruz kalma süresini arttırmak,
- Yükü daha geniş alan üzerine dağıtmak.

Kalın kumaşlarda kalınlık ile deplasman da arttığı için darbeye maruz kalma süresi artmakta, dolayısıyla ivme, temas kuvveti ve aktarılan kuvvet değerleri azalmaktadır. Bu da kalın kumaşların darbe dayanımlarının daha yüksek olmasını sağlamaktadır. İnce kumaşlarda ise deplasman azaldığı için darbeye maruz kalma

süresi azalır, temas kuvveti (vurucu ile kumaş arasındaki etkileşim çok fazla olduğu için) ve aktarılan kuvvet artar.



Şekil 5.24. Kumaş kalınlığının farklı enerji seviyelerindeki aktarılan kuvvet değerine etkisi.

Çizelge 5.10. Kumaş kalınlığının farklı darbe enerjilerinde aktarılan kuvvet değerine etkisinin değerlendirilmesi.

Kumaş			Darbe enerji seviyesi	F	Serbestlik derecesi	p değeri*
İki yüzeyi delikli	En 110 cm 150°C	10 & 13 mm	12,5 J	3,134	8	,000
			25 J	6,515	4,015	,002
			37,5 J	,242	8	,000
			50 J	,000	8	,000
	En 160 cm 150°C	10 & 13 mm	12,5 J	2,909	8	,002
			25 J	2,918	8	,000
			37,5 J	,112	8	,000
			50 J	,444	8	,000
	En 110 cm 180°C	10 & 13 mm	12,5 J	,421	8	,000
			25 J	,421	8	,000
			37,5 J	,276	8	,000
			50 J	,229	8	,000
	En 160 cm 180°C	10 & 13 mm	12,5 J	6,514	4,014	,016
			25 J	,626	8	,000
			37,5 J	,020	8	,000
			50 J	2,769	8	,000
	Ham	10 & 13 mm	12,5 J	,124	8	,000
			25 J	,242	8	,000
			37,5 J	1,151	8	,000
			50 J	6,732	8	,047
İki yüzeyi kapalı	En 130 cm 180°C	10 & 13 mm	12,5 J	,242	8	,000
			25 J	,205	8	,000
			37,5 J	,045	8	,000
			50 J	2,057	8	,000

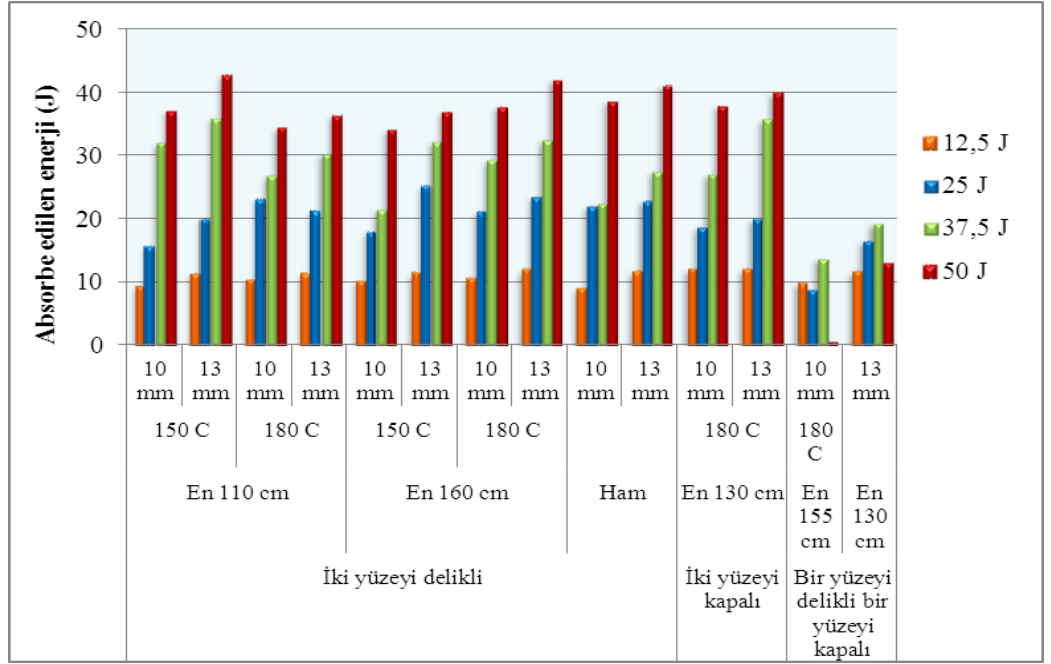
* p <0,05 istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu ifade etmektedir. Önemli bulunan p değerleri koyu font ile gösterilmiştir.

Absorbe edilen enerji

Absorbe edilen enerji değerleri incelendiğinde, kalınlığın absorbe edilen enerji üzerinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde etkiye sahip olduğu ve kalınlık arttıkça absorbe edilen enerjinin arttığı saptanmıştır (Şekil 5.25, Çizelge 5.11). Yukarıda açıklandığı gibi kalın kumaşı yüksek deplasman ile sıkıştırmak için daha fazla zamana ihtiyaç duyulduğundan kumaş kalınlığının artması ile absorbe edilen enerji değerleri de artmaktadır.

Ancak bazı durumlarda kalın kumaşlar daha fazla deplasmana sahip olmasına rağmen, temas kuvveti daha düşük olduğunda enerji absorplama yetenekleri ince kumaşlara göre daha düşük olabilmektedir. Aynı zamanda çok ince kumaşların deplasmanları çok düşük olduğu için enerji absorplamada kayıplar yaşanabilmektedir. Bu yüzden kumaşların darbe dayanımlarının

iyileştirilmesi için optimum kalınlık değerinin belirlenmesi çok önem taşımaktadır.



Şekil 5.25. Kumaş kalınlığının farklı darbe enerjilerinde absorbe edilen enerji değerine etkisi.

Çizelge 5.11. Kumaş kalınlığının farklı darbe enerjilerinde absorbe edilen enerji değerine etkisinin değerlendirilmesi.

Kumaş			Darbe enerji seviyesi	F	Serbestlik derecesi	p değeri*
İki yüzeyi delikli	En 110 cm 150 ⁰ C	10 & 13 mm	12,5 J	1,702	8	,000
			25 J	1,994	8	,000
			37,5 J	,042	8	,000
			50 J	2,370	8	,000
	En 160 cm 150 ⁰ C	10 & 13 mm	12,5 J	,556	8	,000
			25 J	2,118	8	,000
			37,5 J	3,991	8	,000
			50 J	,935	8	,000
	En 110 cm 180 ⁰ C	10 & 13 mm	12,5 J	,151	8	,000
			25 J	3,815	8	,000
			37,5 J	,071	8	,000
			50 J	,213	8	,000
	En 160 cm 180 ⁰ C	10 & 13 mm	12,5 J	,086	8	,000
			25 J	4,082	8	,000
			37,5 J	,960	8	,000
			50 J	,186	8	,000
	Ham	10 & 13 mm	12,5 J	3,611	8	,000
			25 J	,055	8	,000
			37,5 J	,062	8	,000
			50 J	,390	8	,000
İki yüzeyi kapalı	En 130 cm 180 ⁰ C	10 & 13 mm	12,5 J	1,455	8	,000
			25 J	4,640	8	,000
			37,5 J	8,711	8	,000
			50 J	0,75	8	,000

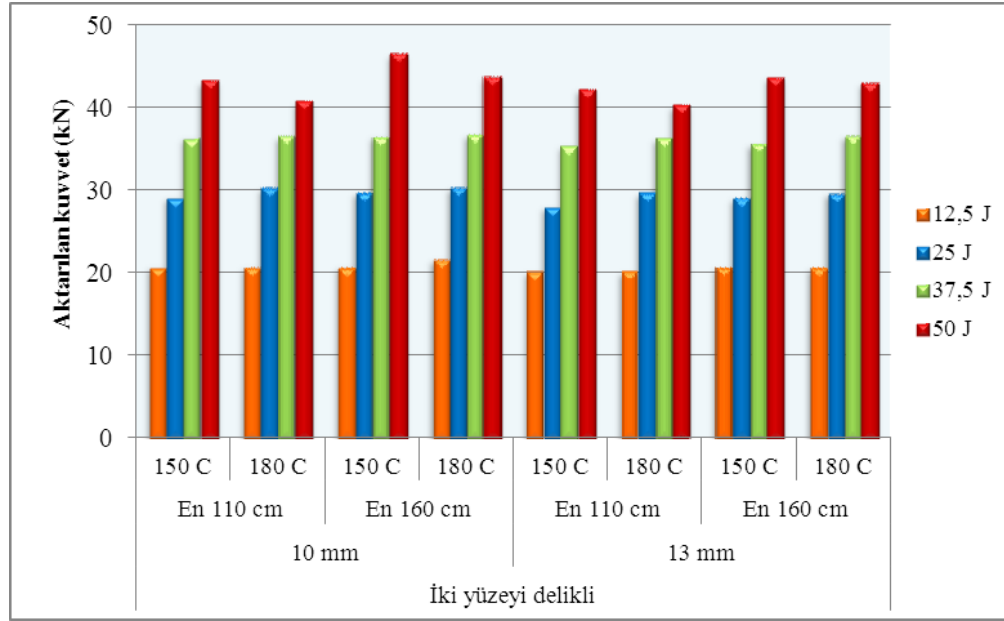
* p <0,05 istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu ifade etmektedir. Önemli bulunan p değerleri koyu font ile gösterilmiştir.

FİKSAY SICAKLIĞININ ETKİSİ

Aktarılan kuvvet

Fiksaj sıcaklığının darbe dayanım özelliklerine etkisine bakıldığında en düşük enerji seviyesinde (12,5 J) sıcaklığın darbe dayanımına istatistiksel açıdan etkisinin önemli olmadığı görülmektedir. 25 ve 37,5 J'luk enerji seviyelerinde istatistiksel açıdan fark olduğu belirlenmiş olsa da ölçüm sonuçları bu farklılığın çok fazla olmadığını ortaya koymaktadır. 50 J enerji seviyesinde ise fiksaj sıcaklığının aktarılan kuvvet değerine etkisinin daha belirgin olduğu görülmektedir (Şekil 5.26, Çizelge 5.12). Fiksaj sıcaklığı arttıkça aktarılan kuvvet değerlerinde azalma olduğu saptanmıştır. Bu durumun kumaşların fiksaj işlemi

sırasında, belirli sıcaklığa kadar sıcaklık artışları ile mukavemet değerinin artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 5.26. Fiksaj sıcaklığının farklı darbe enerjilerinde aktarılan kuvvet değerine etkisi.

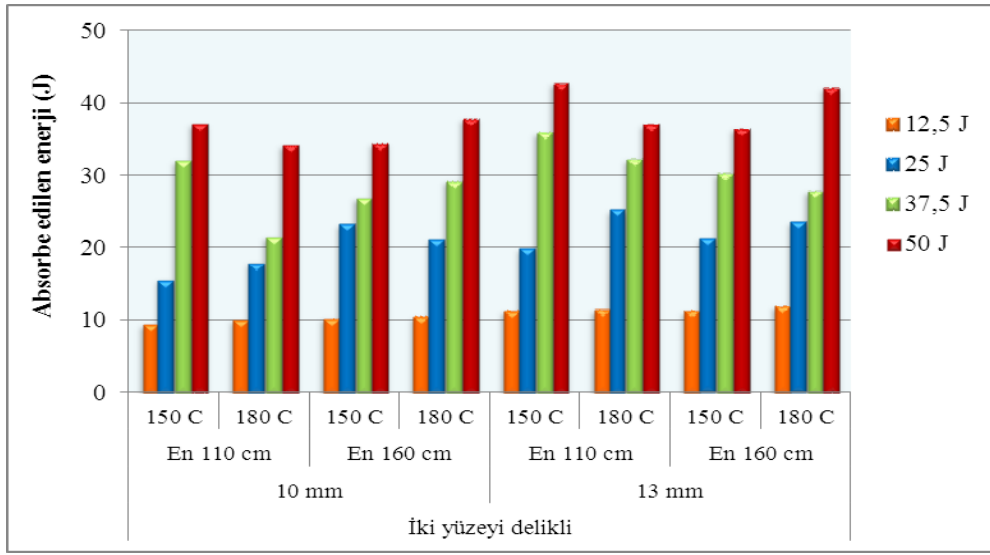
Çizelge 5.12. Fiksaj sıcaklığının farklı darbe enerjilerinde aktarılan kuvvet değerine etkisinin değerlendirilmesi.

Kumaş			Darbe enerji seviyesi	F	Serbestlik derecesi	p değeri*
İki yüzeyi delikli	10 mm En 110 cm	150 & 180 °C	12,5 J	,006	8	,773
			25 J	,276	8	,000
			37,5 J	,042	8	,000
			50 J	1,600	8	,000
	10 mm En 160 cm	150 & 180 °C	12,5 J	5,838	4,054	,055
			25 J	,943	8	,000
			37,5 J	1,314	8	,000
			50 J	1,263	8	,000
	13 mm En 110 cm	150 & 180 °C	12,5 J	3,979	8	,598
			25 J	6,525	4,011	,001
			37,5 J	,096	8	,000
			50 J	,696	8	,000
	13 mm En 160 cm	150 & 180 °C	12,5 J	,095	8	,105
			25 J	1,829	8	,000
			37,5 J	1,455	8	,000
			50 J	1,681	8	,000

* p < 0,05 istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu ifade etmektedir. Önemli bulunan p değerleri koyu font ile gösterilmiştir.

Absorbe edilen enerji

Absorbe edilen enerjinin fiksaj sıcaklığı değişiminden etkilendiği istatistiksel değerlendirmeler ile tespit edilmiştir (Çizelge 5.13). Şekil 5.27 incelendiğinde genel bir kanıya varmak mümkün olmamıştır. 50 J darbe enerjisinde yapılan ölçümlerde 110 cm nihai ene fikse edilmiş kumaşlarda fiksaj sıcaklığı arttıkça aktarılan kuvvet değeri azalmakta; 160 cm nihai ene fikse edilmiş kumaşlarda ise tam tersi durum gözlenmektedir. Ancak diğer enerji seviyeleri için genel bir yorum yapılamamaktadır. Bu durumun darbe sonucu kumaş yüzeyinde oluşan deformasyon ile ilgili olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 5.27. Fiksaj sıcaklığının farklı darbe enerjilerinde absorbe edilen enerji değerine etkisi.

Çizelge 5.13. Fiksaj sıcaklığının farklı darbe enerjilerinde absorbe edilen enerji değerine etkisinin değerlendirilmesi.

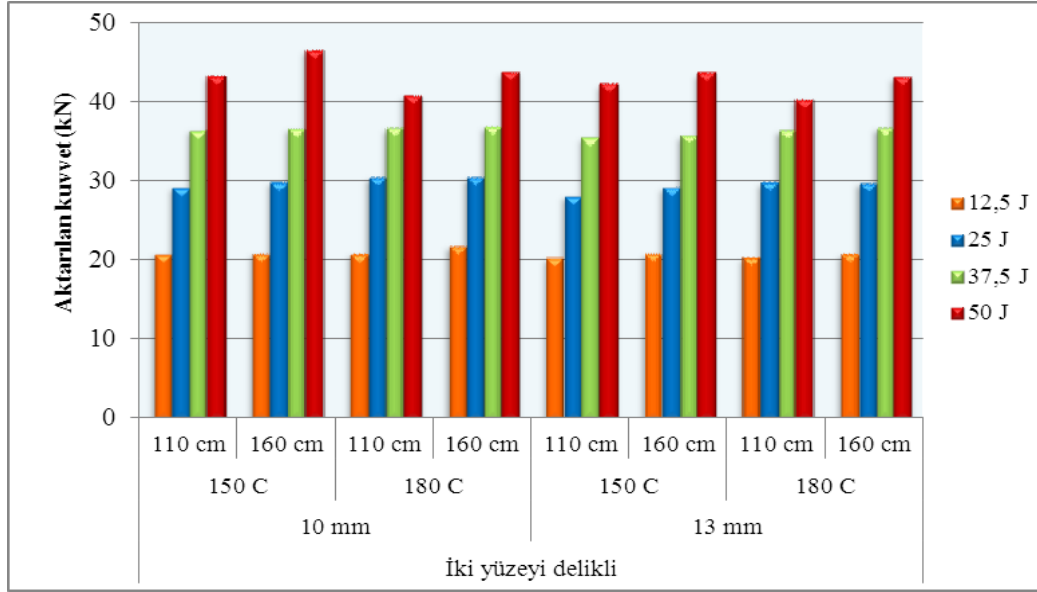
Kumaş			Darbe enerji seviyesi	F	Serbestlik derecesi	p değeri*
İki yüzeyi delikli	10 mm En 110 cm	150 & 180 °C	12,5 J	4,217	8	,000
			25 J	,026	8	,000
			37,5 J	,186	8	,000
			50 J	2,370	8	,000
	10 mm En 160 cm	150 & 180 °C	12,5 J	,910	8	,000
			25 J	8,958	4,340	,000
			37,5 J	,046	8	,000
			50 J	1,263	8	,000
	13 mm En 110 cm	150 & 180 °C	12,5 J	,127	8	,000
			25 J	1,552	8	,000
			37,5 J	,186	8	,000
			50 J	,213	8	,000
	13 mm En 160 cm	150 & 180 °C	12,5 J	,071	8	,000
			25 J	4,046	8	,000
			37,5 J	6,639	4,123	,000
			50 J	,127	8	,000

* p < 0,05 istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu ifade etmektedir. Önemli bulunan p değerleri koyu font ile gösterilmiştir.

NİHAİ ENİN ETKİSİ

Aktarılan kuvvet

İstatistiksel değerlendirmeler, fiksaj sonrası ulaşılan nihai enin kumaşların darbe dayanım özelliklerine etkisinin önemli düzeyde olduğunu göstermiştir (Çizelge 5.14). Ancak Şekil 5.28 ve bulgular incelendiğinde pratikte kumaşların aktarılan kuvvet değerleri arasındaki farkın önemsiz olduğu düşünülmektedir. Sadece 50 J darbe enerjisinde farklılık açıkça görülmektedir. Kumaşların nihai eni arttıkça, yani kumaşların gramajları ve birim alandaki lif yoğunlukları azaldıkça, aktarılan kuvvet değerleri artmakta ve dolayısıyla darbeye karşı dayanıklılıkları azalmaktadır.



Şekil 5.28. Nihai enin farklı darbe enerjilerinde aktarılan kuvvet değerine etkisi.

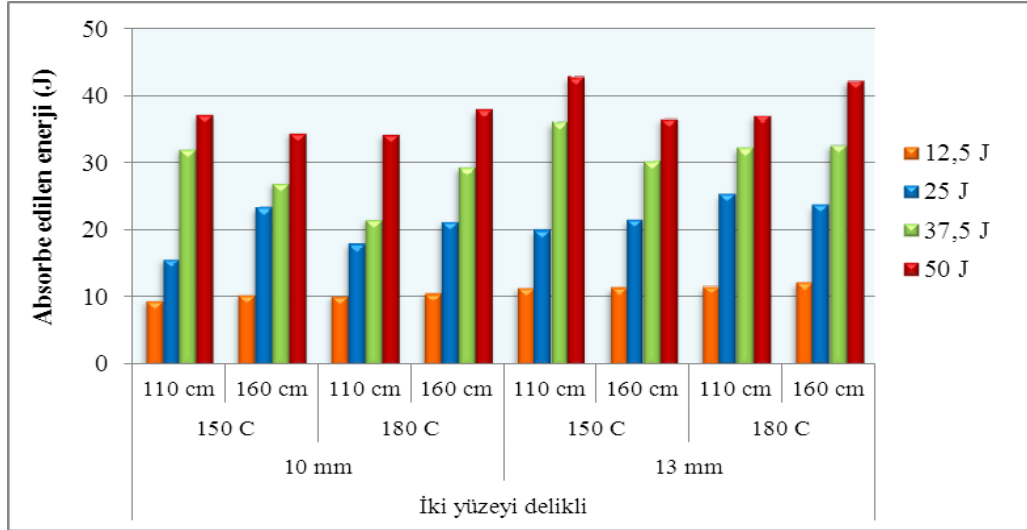
Çizelge 5.14. Nihai enin farklı darbe enerjilerinde aktarılan kuvvet değerine etkisinin değerlendirilmesi.

Kumaş			Darbe enerji seviyesi	F	Serbestlik derecesi	p değeri*
İki yüzeyi delikli	10 mm 150 ⁰ C	110 & 160 cm	12,5 J	,081	8	,303
			25 J	,103	8	,000
			37,5 J	,532	8	,000
			50 J	,110	8	,000
	10 mm 180 ⁰ C	110 & 160 cm	12,5 J	6,007	4,040	,022
			25 J	2,020	8	1,000
			37,5 J	,123	8	,000
			50 J	,276	8	,000
	13 mm 150 ⁰ C	110 & 160 cm	12,5 J	4,800	8	,000
			25 J	5,644	4,073	,003
			37,5 J	,032	8	,000
			50 J	1,309	8	,000
	13 mm 180 ⁰ C	110 & 160 cm	12,5 J	,123	8	,000
			25 J	,229	8	,164
			37,5 J	,960	8	,000
			50 J	1,164	8	,000

* p < 0,05 istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu ifade etmektedir. Önemli bulunan p değerleri koyu font ile gösterilmiştir.

Absorbe edilen enerji

Şekil 5.29 ve Çizelge 5.15 incelendiğinde kumaşlarda nihai en değişiminin absorbe edilen enerji değerine etkisinin de önemli düzeyde olduğu görülmektedir. Farklı darbe enerjilerinde farklı sonuçların alınmış olmasının, darbe sonucu kumaş yüzeyinde oluşan deformasyonun farklı şekillerde oluşmasından veya miktarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



Şekil 5.29. Nihai enin farklı darbe enerjilerinde absorbe edilen enerji değerine etkisi.

Çizelge 5.15. Nihai enin farklı darbe enerjilerinde absorbe edilen enerji değerine etkisinin değerlendirilmesi.

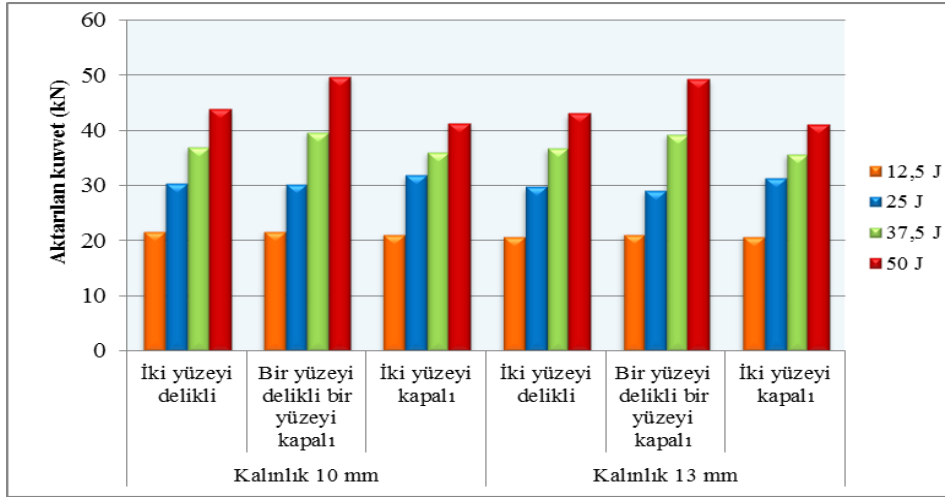
Kumaş			Darbe enerji seviyesi	F	Serbestlik derecesi	p değeri*
İki yüzeyi delikli	10 mm 150°C	110 & 160 cm	12,5 J	,027	8	,000
			25 J	6,393	4,768	,000
			37,5 J	,186	8	,000
			50 J	1,252	8	,000
	10 mm 180°C	110 & 160 cm	12,5 J	,151	8	,000
			25 J	,762	8	,000
			37,5 J	,031	8	,000
			50 J	,186	8	,000
	13 mm 150°C	110 & 160 cm	12,5 J	,046	8	,081
			25 J	3,712	8	,000
			37,5 J	4,676	8	,000
			50 J	,127	8	,000
	13 mm 180°C	110 & 160 cm	12,5 J	,086	8	,000
			25 J	2,097	8	,000
			37,5 J	3,200	8	,000
			50 J	,213	8	,000

* p < 0,05 istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu ifade etmektedir. Önemli bulunan p değerleri koyu font ile gösterilmiştir.

YÜZEY YAPISININ ETKİSİ

Aktarılan kuvvet

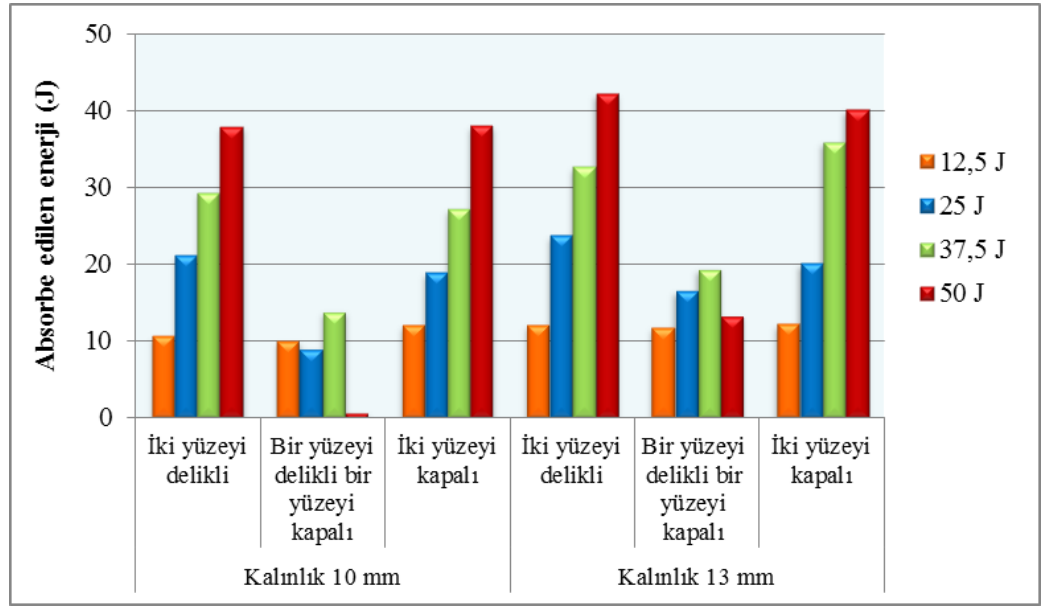
İstatistiksel değerlendirmeler özellikle yüksek darbe enerjilerinde yüzey yapısı değişiminin kumaşların darbe dayanım özelliklerine etkisinin önemli olduğunu göstermiştir. Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı kumaşı nihai enleri farklı olduğu için bu bölüme kadar değerlendirilmemesine rağmen, yüzey yapısının etkisi açısından bir fikir vermesi amacıyla bu bölümde yer verilmiştir. Genellikle tüm enerji seviyeleri için iki yüzeyi kapalı kumaşların en iyi darbe dayanımını sağladığı ve bu kumaşları iki yüzeyi delikli ve bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı kumaşların takip ettiği tespit edilmiştir (Şekil 5.30, Çizelge 5.16).



Şekil 5.30. Yüzey yapısının farklı darbe enerjilerinde aktarılan kuvvet değerine etkisi.

Absorbe edilen enerji

Yüzey yapısının absorbe edilen enerjiye etkisine bakıldığında, özellikle bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı kumaşların 25, 37.5 ve 50 J darbe enerjilerinde absorbe edilen enerji değerleri çok düşük çıkmıştır (Şekil 5.31, Çizelge 5.17). Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı kumaşlarda ölçümler esnasında büyük hasar oluştuğu ve vurucunun yüzeyi delerek örs ile temas ettiği gözlenmiştir. Bunun sonucu olarak yüksek temas ve aktarılan kuvvet değerleri elde edilmiş; bu da absorbe edilen enerjinin düşük olmasına neden olmuştur.



Şekil 5.31. Yüzey yapısının farklı darbe enerjilerinde absorbe edilen enerji değerine etkisi.

Çizelge 5.16. Yüzey yapısının farklı darbe enerjilerinde aktarılan kuvvet değerine etkisinin değerlendirilmesi.

Darbe Enerjisi 12,5 J (p=.042)		N	1	2	
Kalınlık 10 mm	İki yüzeyi kapalı	5	21,19		
	İki yüzeyi delikli	5	21,53	21,53	
	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5		21,65	
	p değeri		,060	,493	
Kalınlık 13 mm	İki yüzeyi delikli	5	20,73		
	İki yüzeyi kapalı	5	20,73		
	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5		21,19	
	p değeri		1,000	1,000	
Darbe Enerjisi 25 J (p=.000)		N	1	2	3
Kalınlık 10 mm	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5	30,19		
	İki yüzeyi delikli	5		30,41	
	İki yüzeyi kapalı	5			31,79
	p değeri		1,000	1,000	1,000
Kalınlık 13 mm	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5	29,03		
	İki yüzeyi delikli	5		29,74	
	İki yüzeyi kapalı	5			31,32
	p değeri		1,000	1,000	1,000
Darbe Enerjisi 37,5 J (p=.000)		N	1	2	3
Kalınlık 10 mm	İki yüzeyi kapalı	5	35,94		
	İki yüzeyi delikli	5		36,86	
	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5			39,62
	p değeri		1,000	1,000	1,000
Kalınlık 13 mm	İki yüzeyi kapalı	5	35,64		
	İki yüzeyi delikli	5		36,71	
	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5			39,2
	p değeri		1,000	1,000	1,000
Darbe Enerjisi 50 J (p=.000)		N	1	2	3
Kalınlık 10 mm	İki yüzeyi kapalı	5	41,24		
	İki yüzeyi delikli	5		43,77	
	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5			49,76
	p değeri		1,000	1,000	1,000
Kalınlık 13 mm	İki yüzeyi kapalı	5	40,94		
	İki yüzeyi delikli	5		43,08	
	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5			49,30
	p değeri		1,000	1,000	1,000

Çizelge 5.17. Yüzey yapısının farklı darbe enerjilerinde absorbe edilen enerji değerine etkisinin değerlendirilmesi.

Darbe Enerjisi 12,5 J (p=.000)		N	1	2	3
Kalınlık 10 mm	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5	9,93		
	İki yüzeyi delikli	5		10,59	
	İki yüzeyi kapalı	5			12,02
	p değeri		1,000	1,000	1,000
Kalınlık 13 mm	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5	11,77		
	İki yüzeyi delikli	5		12,08	
	İki yüzeyi kapalı	5			12,14
	p değeri		1,000	1,000	1,000
Darbe Enerjisi 25 J (p=.000)		N	1	2	3
Kalınlık 10 mm	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5	8,95		
	İki yüzeyi kapalı	5		18,79	
	İki yüzeyi delikli	5			21,20
	p değeri		1,000	1,000	1,000
Kalınlık 13 mm	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5	16,53		
	İki yüzeyi kapalı	5		20,12	
	İki yüzeyi delikli	5			23,70
	p değeri		1,000	1,000	1,000
Darbe Enerjisi 37,5 J (p=.000)		N	1	2	3
Kalınlık 10 mm	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5	13,82		
	İki yüzeyi kapalı	5		27,16	
	İki yüzeyi delikli	5			29,37
	p değeri		1,000	1,000	1,000
Kalınlık 13 mm	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5	19,37		
	İki yüzeyi delikli	5		32,66	
	İki yüzeyi kapalı	5			35,93
	p değeri		1,000	1,000	1,000
Darbe Enerjisi 50 J (p=.000)		N	1	2	3
Kalınlık 10 mm	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5	0,67		
	İki yüzeyi delikli	5		37,93	
	İki yüzeyi kapalı	5			38,03
	p değeri		1,000	1,000	1,000
Kalınlık 13 mm	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	5	13,20		
	İki yüzeyi kapalı	5		40,13	
	İki yüzeyi delikli	5			42,21
	p değeri		1,000	1,000	1,000

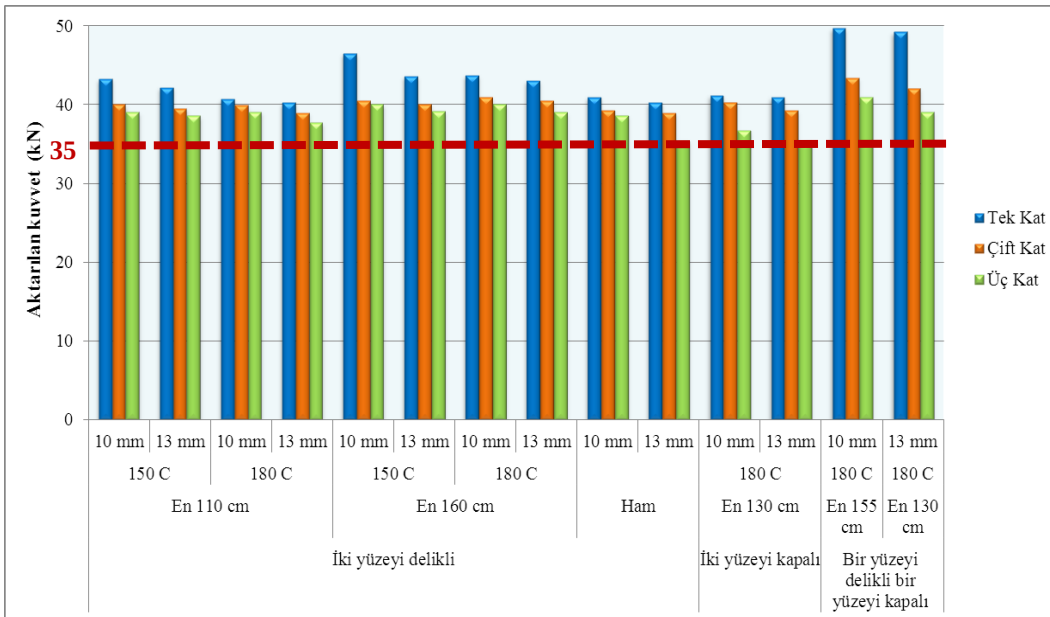
5.2.1.2. Farklı kumaş katman sayılarında elde edilen darbe dayanımı ölçüm sonuçları

Kaplanmamış kumaşların tek katmanı ile gerçekleştirilen ölçümler kumaşların darbeye karşı koruyucu olarak yeterli dayanıma sahip olmadığını göstermiştir. Bu yüzden kumaşların üst üste iki ve üç katman olarak darbe dayanım ölçümleri EN 1621-1 ve 2 standartlarına göre 50 J darbe enerjisi seviyesinde gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tek, çift ve üç katmanlı kumaşlar için elde edilen darbe dayanımı sonuçları için iki şekilde istatistiksel değerlendirme yapılmıştır:

a) Katman sayısına göre yapılan değerlendirmeler tek katlı alınan ölçümün en düşük, üç katlı alınan ölçümün ise en yüksek darbe dayanımına sahip olduğunu göstermiştir (Şekil 5.32, Çizelge 5.18). Bu değerlerin aralarındaki fark istatistiksel açıdan önemli seviyededir.

b) Elde edilen ölçümler her bir katman için kendi içinde değerlendirildiğinde; tek ve çift katmanlı olarak elde edilen ölçüm değerlerinin tümünün sınır değerini aştığı görülmüştür. Üç katmanlı olarak yapılan ölçümlerden ise sadece iki yüzeyi kapalı (Nihai eni 130 cm ve fiksaj sıcaklığı 180°C, kalınlığı 13 mm) ve iki yüzeyi delikli (Ham kumaş, kalınlığı 13 mm) kumaşların sınır değeri 35N'u sağladığı görülmektedir (Çizelge 5.19).



Şekil 5.32. Farklı kumaş katman sayılarında ölçülen aktarılan kuvvet değerleri.

Çizelge 5.18a. Katman sayısının kumaşların aktarılan kuvvet değerine etkisinin değerlendirilmesi.

Kumaş			Katman sayısı	N	1	2	3
İki yüzeyi delikli	10 mm	En 110 cm 150 ⁰ C	Üç	5	39,08	40,08	43,31
			Çift	5			
			Tek	5			
		En 160 cm 150 ⁰ C	Üç	5	40,08	40,55	46,54
			Çift	5			
			Tek	5			
		En 110 cm 180 ⁰ C	Üç	5	39,16	40,01	40,78
			Çift	5			
			Tek	5			
		En 160 cm 180 ⁰ C	Üç	5	39,16	40,01	40,78
			Çift	5			
			Tek	5			
Ham	Üç	5	38,70	39,39	40,81		
	Çift	5					
	Tek	5					
İki yüzeyi kapalı	En 130 cm 180 ⁰ C	Üç	5	36,78	40,39	41,24	
Çift		5					
Tek		5					
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	En 155 cm 180 ⁰ C	Üç	5	40,81	43,41	49,76	
Çift		5					
Tek		5					
p değeri					1,000	1,000	1,000

Çizelge 5.18b. Katman sayısının kumaşların aktarılan kuvvet değerine etkisinin değerlendirilmesi.

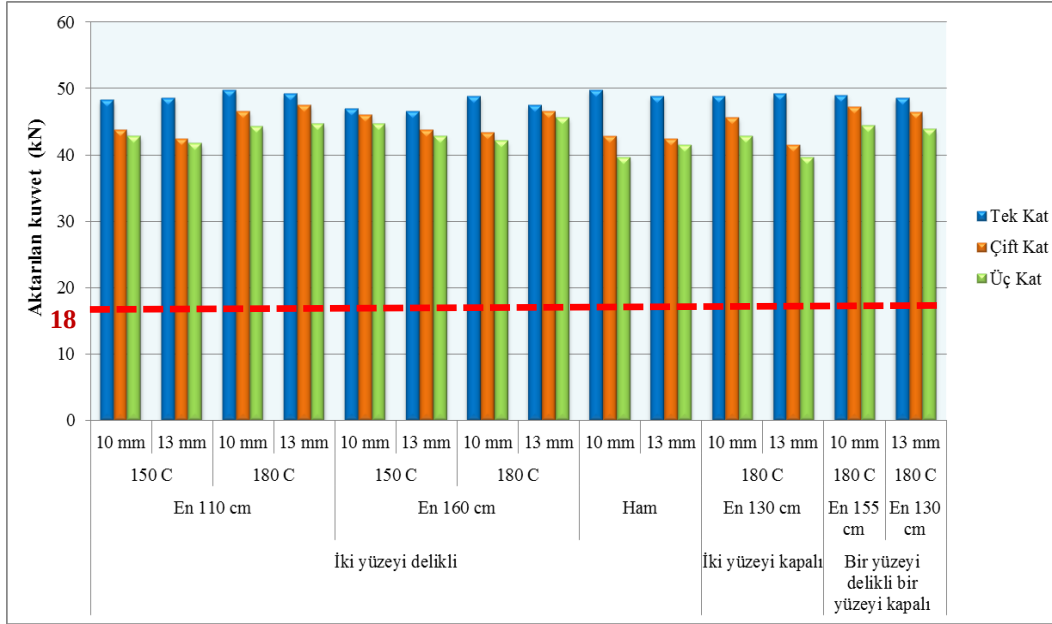
Kumaş			Katman sayısı	N	1	2	3
İki yüzeyi delikli	13 mm	En 110 cm 150 ⁰ C	Üç	5	38,62	39,55	42,24
			Çift	5			
			Tek	5			
		En 160 cm 150 ⁰ C	Üç	5	39,22	40,08	43,67
			Çift	5			
			Tek	5			
		En 110 cm 180 ⁰ C	Üç	5	37,78	39,01	40,31
			Çift	5			
			Tek	5			
		En 160 cm 180 ⁰ C	Üç	5	39,08	40,55	43,08
			Çift	5			
			Tek	5			
		Ham	Üç	5	35,48	39,03	40,31
			Çift	5			
			Tek	5			
İki yüzeyi kapalı		En 130 cm 180 ⁰ C	Üç	5	35,41	39,29	40,94
			Çift	5			
			Tek	5			
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	En 130 cm 180 ⁰ C	Üç	5	39,14	42,07	49,30	
		Çift	5				
		Tek	5				
p değeri					1,000	1,000	1,000

Çizelge 5.19. Kumaşların üç katman olarak ölçülen aktarılan kuvvet değerlerinin değerlendirilmesi.

Yüzey yapısı	Nihai En	Fiksaj Sıcaklığı	Kalınlık	N	1	2	3	4	5	6	7
İki yüzeyi kapalı	130 cm	180 ⁰ C	13 mm	5	35,41						
İki yüzeyi delikli	60 cm	Ham	13 mm	5	35,48						
İki yüzeyi kapalı	130 cm	180 ⁰ C	10 mm	5		36,78					
İki yüzeyi delikli	110 cm	180 ⁰ C	13 mm	5			37,78				
	110 cm	150 ⁰ C	13 mm	5				38,62			
	60 cm	Ham	10 mm	5				38,70			
	110 cm	150 ⁰ C	10 mm	5					39,08		
	160 cm	180 ⁰ C	13 mm	5					39,08		
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	130 cm	180 ⁰ C	13 mm	5					39,14		
İki yüzeyi delikli	110 cm	180 ⁰ C	10 mm	5					39,16		
	160 cm	150 ⁰ C	13 mm	5					39,22		
	160 cm	150 ⁰ C	10 mm	5						40,08	
	160 cm	180 ⁰ C	10 mm	5						40,08	
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	155 cm	180 ⁰ C	10 mm	5							40,81
p değeri					,374	1,000	1,000	,310	,115	1,000	1,000

Deney numunelerinin çok katmanlı olarak kullanılması durumunda TS EN 1621-2 standardında belirtilen sırt koruyucu olarak kullanılabilirliğini test etmek amacıyla cihaz ölçüme uygun hale getirilmiştir. Bunun için vurucu ve örs standartta belirtildiği şekilde değiştirilerek ölçümler tekrarlanmıştır.

Çizelge 5.8.'de görüldüğü üzere sırt koruyucu olarak kullanılan yüzeylerde aktarılan kuvvet değerlerinin, koruma seviyesi 1 için 18 kN, koruma seviyesi 2 için 9 kN 'den düşük olması beklenmektedir. Şekil 5.33'de görüldüğü üzere tüm kumaşların tek, çift ve üç kat olarak gerçekleştirilen ölçümler sonucunda standardı sağlayamadığı tespit edilmiştir. Ayrıca TS EN 1621-1 standardına uygun olarak gerçekleştirilen ölçümler ile karşılaştırıldığında vurucunun alt ucunun daha keskin olması nedeniyle aktarılan kuvvet değerlerinin çok daha yüksek olduğu gözlenmiştir.



Şekil 5.33. Farklı kumaş katman sayılarında TS EN 1621-2 standardına göre ölçülen aktarılan kuvvet değerleri.

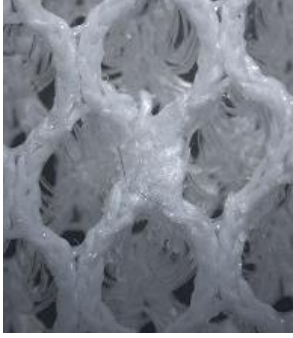
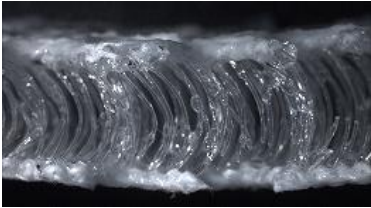
5.2.2. Kaplanmış kumaşların darbe dayanım ölçüm sonuçları

Kaplanmış kumaşlara dört farklı enerji seviyesinde (50, 37.5, 25 ve 12.5J) darbe uygulanmıştır. Kumaşlarda darbenin yüzeyde meydana getirdiği deformasyonlar görsel olarak incelendiğinde (Çizelge 5.20);

- 50 J darbe enerjisine maruz kalan kumaşta dış yüzeyleri oluşturan multifilament iplikler ve bazı monofilament bağlantı ipliklerinin koptuğu,
- 37,5 J darbe enerjisine maruz kalan kumaşta yine bazı bağlantı iplikleri ve dış yüzeyleri oluşturan multifilament ipliklerinin koptuğu ve bağlantı ipliklerinde yassılma görüldüğü,
- 25 J darbe enerjisine maruz kalan kumaşta ise üst yüzeyde herhangi bir hasar görülmezken bazı monofilament bağlantı ipliklerinin koptuğu,
- 12,5 J darbe enerjisine maruz kalan kumaşta ise herhangi bir deformasyon görülmediği tespit edilmiştir.

Çizelge 5.20’de verilen görüntüler, kaplanmamış kumaşlara ait görüntülerin verildiği Çizelge 5.9 ile karşılaştırıldığında; yüzey ve kesit deformasyonlarının önemli ölçüde azaldığı görülmektedir.

Çizelge 5.20. Farklı darbe enerjilerinde darbe sonrası kumaşlarda meydana gelen deformasyon görüntüleri.

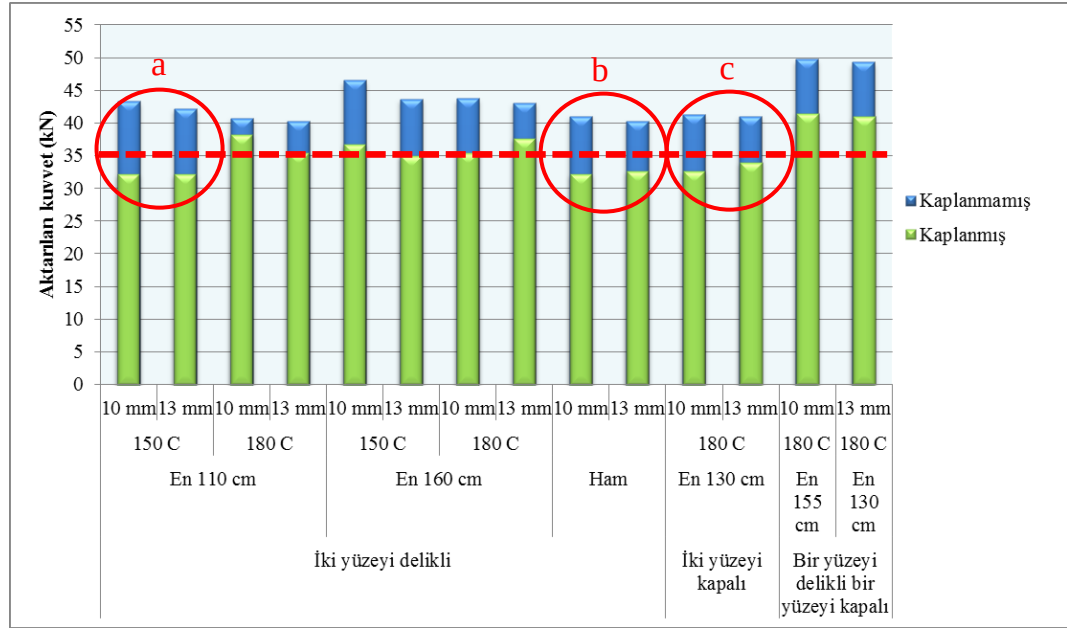
Darbe Enerji Seviyesi	Yüzey Görünümü	Enine Kesit
50 J		
37,5 J		
25 J		
12,5 J		

5.2.2.1. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 50 J enerji seviyesinde darbe dayanımı ölçüm sonuçları

Aktarılan kuvvet

İstatistiksel değerlendirmeler, kaplamanın aktarılan kuvvet değeri üzerine etkisinin önemli düzeyde olduğunu göstermiştir (Çizelge 5.21). Şekil 5.34’de görüldüğü üzere kaplama işlemi ile a) Nihai eni 110 cm 150⁰C’de fiks edilmiş 10 ve 13 mm kalınlıktaki kumaşlar, b) İki yüzeyi delikli ham kumaşlar, c) İki yüzeyi kapalı kumaşların TS EN 1621-1 standardını sağladığı tespit edilmiştir.

Standarda uygun olan bu numunelerin ortak özelliği, gramajlarının oldukça yüksek olmasıdır. Aynı değerlendirmeler diğer enerji seviyeleri (37.5, 25 ve 12.5 J) için de gerçekleştirilmiş ve kaplamanın darbe dayanımını arttırıcı etkiye sahip olduğu görülmüştür (Ek 5).



Şekil 5.34. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 50 J darbe enerjisinde aktarılan kuvvet değerleri

Çizelge 5.21. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 50 J darbe enerjisinde aktarılan kuvvet değerlerinin değerlendirilmesi.

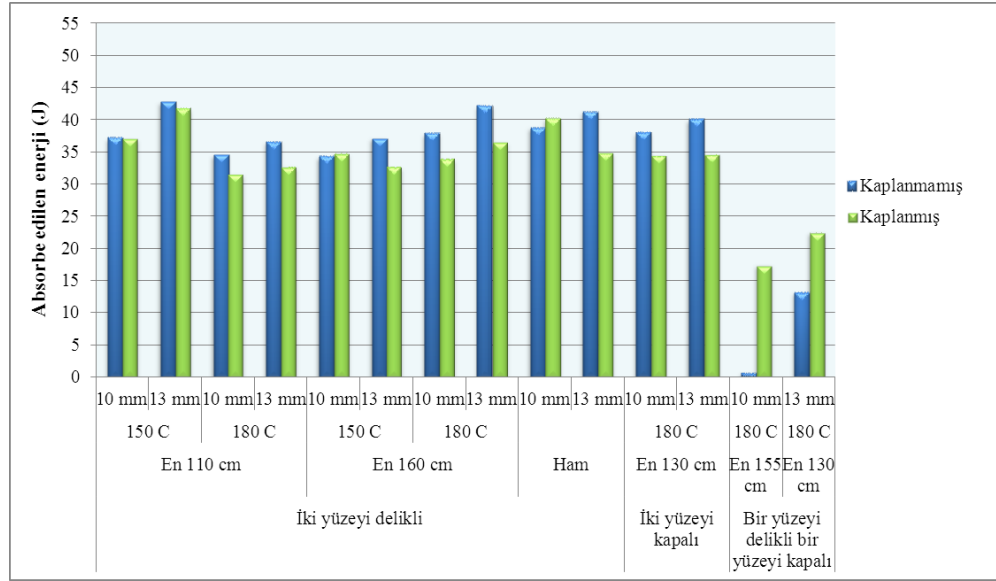
Yüzey yapısı	Nihai en	Fiksaj sıcaklığı	Kumaş kalınlığı	Kaplama	F	Serbestlik derecesi	p değeri*
İki yüzeyi delikli	110 cm	150°C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	1,018	8	,000
	110 cm	150°C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	1,905	8	,000
	110 cm	180°C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	3,056	8	,000
	110 cm	180°C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	4,385	8	,000
	160 cm	150°C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	1,000	8	,000
	160 cm	150°C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	4,678	8	,000
	160 cm	180°C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	4,407	8	,000
	160 cm	180°C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	5,069	8	,000
	60 cm	Ham	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	2,181	8	,000
	60 cm	Ham	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	4,511	8	,000
İki yüzeyi kapalı	130 cm	180°C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	2,333	8	,000
	130 cm	180°C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	3,380	8	,000
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	155 cm	180°C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	3,707	8	,000
	130 cm	180°C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	1,860	8	,000

* p < 0,05 istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu ifade etmektedir. Önemli bulunan p değerleri koyu font ile gösterilmiştir.

Absorbe edilen enerji

Kumaşların darbe sonrası absorbe ettikleri enerji değerlerine bakıldığında kaplanmış ve kaplanmamış kumaşlar arasında istatistiksel açıdan önemli düzeyde fark bulunduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5.23). Şekil 5.35’de görüldüğü üzere kaplanmış kumaşların kaplanmamış kumaşlara göre absorbe edilen enerji miktarlarının genellikle daha az olduğu görülmektedir. Bu durum, deplasman, temas kuvveti ve aktarılan kuvvet ile açıklanabilir. Çizelge 5.22’de görüldüğü üzere kaplanmış kumaşlarda daha az deplasman ile birlikte temas kuvveti daha yüksek olmaktadır. Temas kuvveti ve aktarılan kuvvetin kaplanmış kumaşlarda

daha yüksek tespit edilmiş olması, bu kumaşların absorbe ettikleri enerji değerinin düşük olmasına neden olmaktadır.



Şekil 5.35. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 50 J darbe enerjisinde absorbe edilen enerji değerleri.

Çizelge 5.22. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların darbeye maruz kaldıklarında durumları.

Kaplanmış Kumaş	Kaplanmamış Kumaş
Deplasman: $h_1 < h_2$	Aktarılan kuvvet: $F_{1\text{aktarılan}} > F_{2\text{aktarılan}}$
Temas kuvveti: $F_{1\text{temas}} > F_{2\text{temas}}$	Absorbe edilen enerji: $E_{1\text{abs}} < E_{2\text{abs}}$

Çizelge 5.23. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 50 J darbe enerjisinde absorbe edilen enerji değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi.

Yüzey yapısı	Nihai en	Fiksaj sıcaklığı	Kumaş kalınlığı	Kaplama	F	Serbestlik derecesi	p değeri*
İki yüzeyi delikli	110 cm	150°C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	,000	8	,010
	110 cm	150°C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	,084	8	,000
	110 cm	180°C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	7,534	4,241	,000
	110 cm	180°C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	4,442	8	,000
	160 cm	150°C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	2,033	8	,019
	160 cm	150°C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	5,610	4,456	,000
	160 cm	180°C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	3,078	8	,000
	160 cm	180°C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	5,709	4,555	,000
	60 cm	Ham	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	1,188	8	,000
	60 cm	Ham	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	5,418	4,552	,000
İki yüzeyi kapalı	130 cm	180°C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	6,796	4,222	,000
	130 cm	180°C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	7,619	4,163	,000
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	155 cm	180°C	10 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	3,394	8	,000
	130 cm	180°C	13 mm	Kaplanmış & Kaplanmamış	6,799	4,300	,000

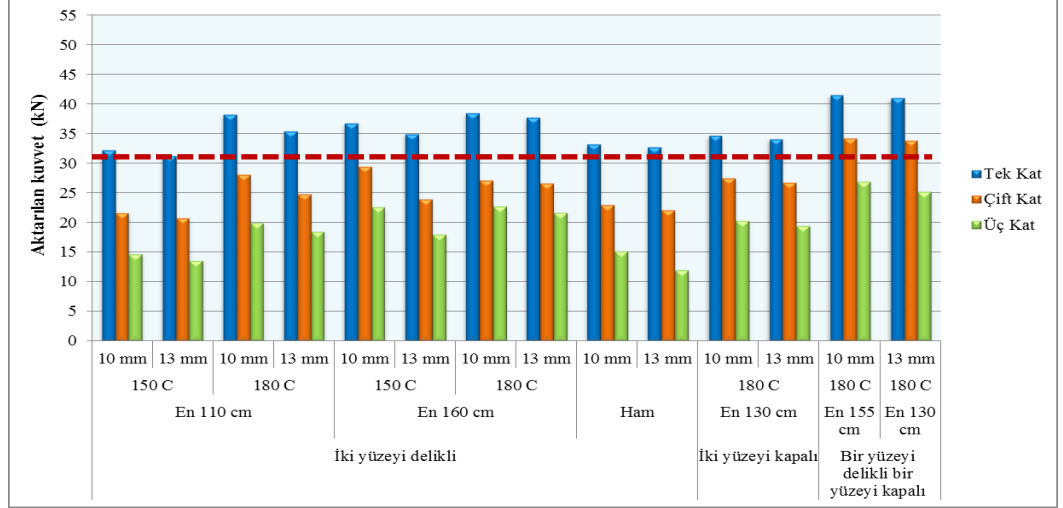
* p < 0,05 istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu ifade etmektedir. Önemli bulunan p değerleri koyu font ile gösterilmiştir.

5.2.2.2. Kaplanmış kumaşların farklı kumaş katman sayılarında elde edilen darbe dayanımı ölçüm sonuçları

Kaplanmış numunelerden tek kat olarak ölçülenlerden bazıları TS EN 1621-1 standardını sağlamaktadır. Bölüm 5.2.2.1’de belirtildiği gibi, çift ve üç katmanlı olarak yapılan ölçümler ise tüm kumaşların standartta belirtilen koruma seviyesini sağladığını göstermiştir (Şekil 5.36).

Tek, çift ve üç katmanlı kumaşlar için elde edilen darbe dayanımı sonuçları için iki şekilde istatistiksel değerlendirme yapılmıştır:

a) Katman sayısına göre yapılan değerlendirmeler tek katlı alınan ölçümün en düşük, üç katlı alınan ölçümün ise en yüksek darbe dayanımına sahip olduğunu göstermiştir (Şekil 5.36, Çizelge 5.24). Bu değerlerin aralarındaki fark istatistiksel açıdan önemli seviyededir.



Şekil 5.36. Kaplanmış kumaşların farklı katman sayılarında 50 J darbe enerjisinde aktarılan kuvvet değerleri.

Çizelge 5.24a. Katman sayısının kumaşların aktarılan kuvvet değerine etkisinin değerlendirilmesi.

Kumaş			Katman sayısı	N	1	2	3
İki yüzeyi delikli	10 mm	En 110 cm 150 ⁰ C	Üç	5	14,74	21,65	32,25
			Çift	5			
			Tek	5			
		En 160 cm 150 ⁰ C	Üç	5	22,57	29,49	36,86
			Çift	5			
			Tek	5			
		En 110 cm 180 ⁰ C	Üç	5	17,97	28,10	38,24
			Çift	5			
			Tek	5			
		En 160 cm 180 ⁰ C	Üç	5	20,73	27,18	35,48
			Çift	5			
			Tek	5			
		Ham	Üç	5	15,21	23,04	32,25
			Çift	5			
			Tek	5			
İki yüzeyi kapalı		En 130 cm 180 ⁰ C	Üç	5	10,30	20,56	32,71
Çift			5				
Tek			5				
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	En 155 cm 180 ⁰ C	Üç	5	26,94	32,26	41,53	
Çift		5					
Tek		5					
p değeri					1,000	1,000	1,000

Çizelge 5.24b. Katman sayısının kumaşların aktarılan kuvvet değerine etkisinin değerlendirilmesi.

Kumaş			Katman sayısı	N	1	2	3
İki yüzeyi delikli	13 mm	En 110 cm 150 ⁰ C	Üç	5	16,58	25,80	32,25
			Çift	5			
			Tek	5			
		En 160 cm 150 ⁰ C	Üç	5	17,97	23,96	35,02
			Çift	5			
			Tek	5			
		En 110 cm 180 ⁰ C	Üç	5	18,43	24,88	35,48
			Çift	5			
			Tek	5			
		En 160 cm 180 ⁰ C	Üç	5	21,65	26,72	37,78
			Çift	5			
			Tek	5			
		Ham	Üç	5	11,98	22,11	32,71
			Çift	5			
			Tek	5			
İki yüzeyi kapalı		En 130 cm 180 ⁰ C	Üç	5	19,42	26,83	34,09
			Çift	5			
			Tek	5			
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	En 130 cm 180 ⁰ C	Üç	5	31,20	33,90	41,02	
		Çift	5				
		Tek	5				
p değeri					1,000	1,000	1,000

b) Elde edilen ölçümler her bir katman için kendi içinde değerlendirildiğinde; tek katmanlı olarak elde edilen ölçüm değerlerinin bir kısmının standardı sağladığı görülmüştür. İki ve üç katmanlı olarak yapılan ölçümlerde ise tüm kumaşların TS EN 1621-1 standardına uygun olarak koruyucu yüzey olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir (Çizelge 5.25 a,b,c).

Çizelge 5.25b. Kumaşların çift katman olarak ölçülen aktarılan kuvvet değerinin değerlendirilmesi.

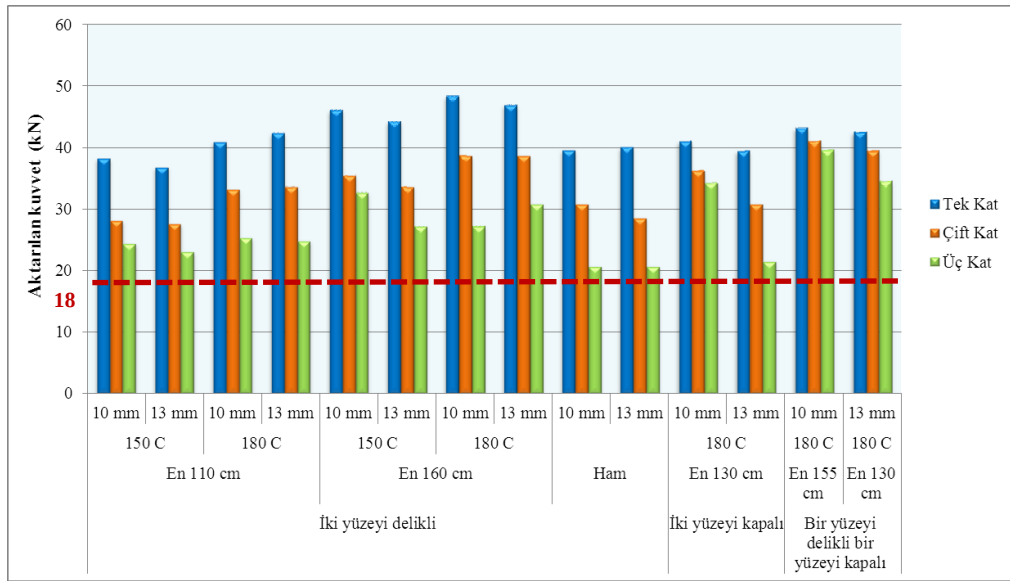
Yüzey yapısı	Nihai En	Fiksaj Sıcaklığı	Kalınlık	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
İki yüzeyi kapalı	130 cm	180°C	10 mm	5	20,56												
İki yüzeyi delikli	110 cm	150°C	10 mm	5		21,65											
	60 cm	Ham	13 mm	5			22,11										
	60 cm	Ham	10 mm	5				23,04									
	160 cm	150°C	13 mm	5					23,96								
	110 cm	180°C	13 mm	5						24,88							
	110 cm	150°C	13 mm	5							25,80						
	160 cm	180°C	13 mm	5								26,72					
İki yüzeyi kapalı	130 cm	180°C	13 mm	5								26,83					
İki yüzeyi delikli	160 cm	180°C	10 mm	5									27,18				
	110 cm	180°C	10 mm	5										28,10			
	160 cm	150°C	10 mm	5											29,49		
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	130 cm	180°C	10 mm	5												32,26	
	155 cm	180°C	13 mm	5													33,90
p değeri					1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	,095	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Çizelge 5.25c. Kumaşların üç katman olarak ölçülen aktarılan kuvvet değerinin değerlendirilmesi.

Yüzey yapısı	Nihai En	Fiksaj Sıcaklığı	Kalınlık	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
İki yüzeyi kapalı	130 cm	180 ⁰ C	10 mm	5	10,30												
İki yüzeyi delikli	60 cm	Ham	13 mm	5		11,98											
	110 cm	150 ⁰ C	10 mm	5			14,74										
	60 cm	Ham	10 mm	5				15,21									
	110 cm	150 ⁰ C	13 mm	5					16,58								
	110 cm	180 ⁰ C	10 mm	5						17,97							
	160 cm	150 ⁰ C	13 mm	5						17,97							
	110 cm	180 ⁰ C	13 mm	5							18,43						
İki yüzeyi kapalı	130 cm	180 ⁰ C	13 mm	5								19,42					
İki yüzeyi delikli	160 cm	180 ⁰ C	10 mm	5									20,73				
	160 cm	180 ⁰ C	13 mm	5										21,65			
	160 cm	150 ⁰ C	10 mm	5											22,57		
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	160 cm	150 ⁰ C	10 mm	5												26,94	
	155 cm	180 ⁰ C	13 mm	5													31,20
p değeri					1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	,095	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Deney numunelerinin katmanlı olarak kullanılması durumunda TS EN 1621-2 standardında belirtilen sırt koruyucu olarak kullanılabilirliğini test etmek amacıyla cihaz ölçüme uygun hale getirilmiştir. Bunun için vurucu ve örs standartta belirtildiği şekilde değiştirilerek ölçümler tekrarlanmıştır.

Çizelge 5.8.'de görüldüğü üzere sırt koruyucu olarak kullanılan yüzeylerde aktarılan kuvvet değerlerinin, koruma seviyesi 1 için 18 kN, koruma seviyesi 2 için 9 kN 'den düşük olması beklenmektedir. Şekil 5.37'de görüldüğü üzere tüm kumaşların tek, çift ve üç kat olarak gerçekleştirilen ölçümler sonucunda standardı sağlayamadığı tespit edilmiştir.

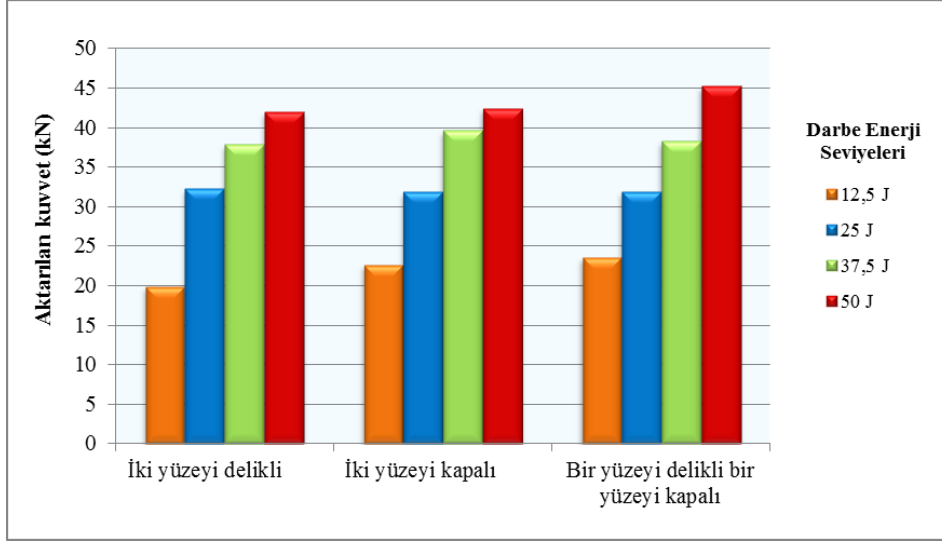


Şekil 5.37. Farklı katman sayılarında 50 J darbe enerjisindeki kaplanmış kumaşların aktarılan kuvvet değerleri (EN 1621-2).

5.3. Temin Edilen Karşılaştırma Numunelerinin ve Koruyucu Yüzeylerin Darbe Dayanımı Ölçüm Sonuçları

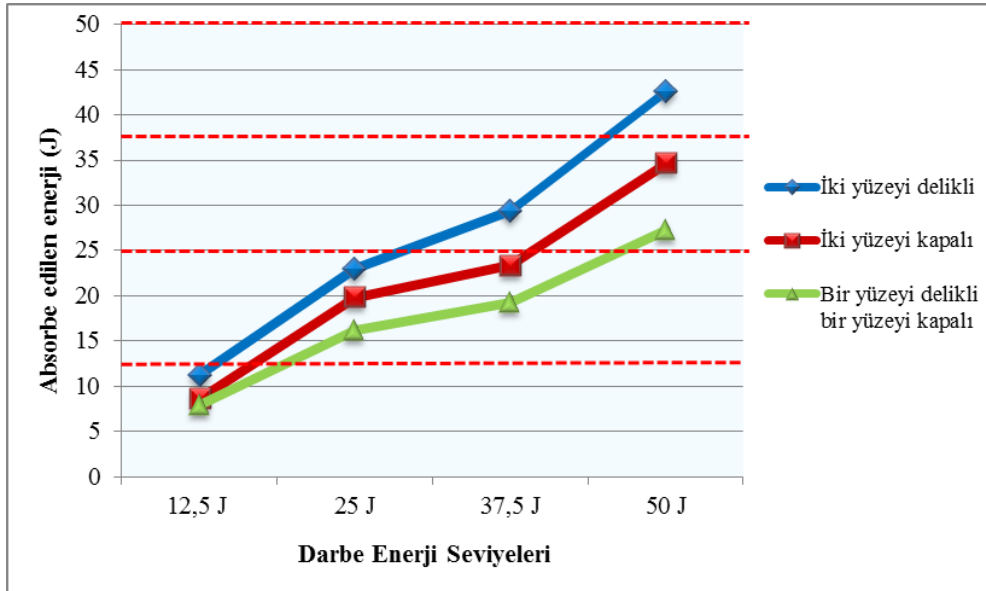
5.3.1. Kumaş numunelerinin darbe dayanım özelliklerinin karşılaştırılması

Şekil 5.38'de temin edilen karşılaştırma numunelerinin farklı darbe enerjilerinde aktarılan kuvvet değerleri verilmiştir. Çalışmada kullanılan kumaşlarda olduğu gibi temin edilen kumaşlara ait aktarılan kuvvet değerleri 35 kN'nun üzerindedir ve dolayısıyla TS EN 1621-1 standardı sağlanamamıştır.



Şekil 5.38. Temin edilen karşılaştırma numunelerinin farklı darbe enerjilerinde aktarılan kuvvet değerleri.

Temin edilen karşılaştırma numunelerinin absorbe ettikleri enerji grafiği (Şekil 5.39) incelendiğinde, tüm enerji seviyelerinde en fazla enerjiyi iki yüzeyi delikli kumaşların absorbe ettiği görülmektedir. Hem temin edilen numuneler, hem de üretilen kumaşlarda absorbe edilen enerji değerlerinde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Düşük darbe enerjisinde (12,5 J ve 25 J) kumaşlar yükün neredeyse tamamını absorbe edebilirken; yüksek darbe enerjilerinde kumaş tüm yükü karşılayamamaktadır.

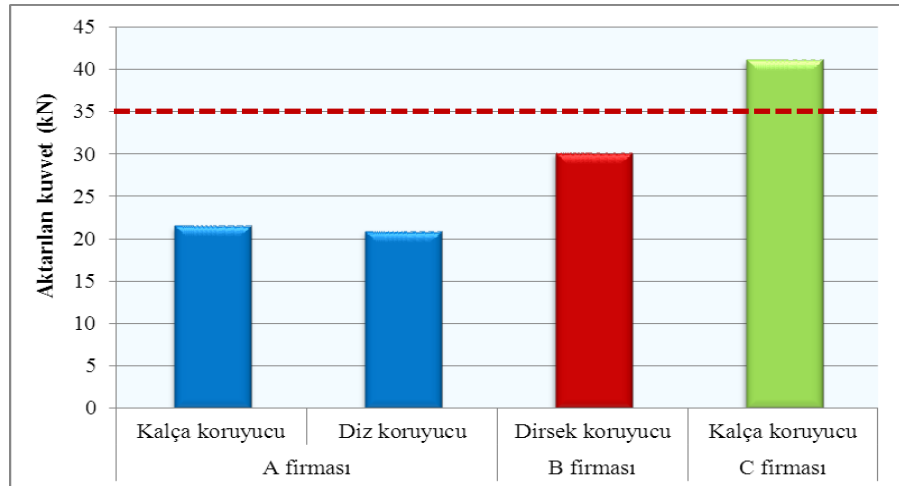


Şekil 5.39. Temin edilen karşılaştırma numunelerinin absorbe edilen enerji değerleri.

5.3.2. Koruyucu ürünlerin darbe dayanım özelliklerinin karşılaştırılması

Temin edilen koruyucu ürünlere 50 J enerji seviyesinde darbe testi uygulanmıştır. En yüksek darbe dayanımı A firmasının ürettiği kauçuktan yapılmış kalça ve diz koruyucu yüzeylere aittir. Bu yüzeyler özellikle motosiklet sürücüleri için tasarlanmış olduğundan düşük aktarılan kuvvet değeri ile standardı sağlaması beklenen bir sonuçtur. B firmasının ürettiği poliüretan köpük esaslı dirsek koruyucu ise TS EN 1621-1 standardını sağlamakta orta düzeyde bir koruma sunmaktadır. Ölçümü gerçekleştirilen üçüncü yüzey ise C firmasının ürettiği kalça koruyucu üründür. Şekil 5.40'da görüldüğü üzere bu ürün, TS EN 1621-1 standardını sağlayamamıştır. Ancak bu standart önceden belirtildiği gibi motosiklet sürücüleri için geliştirilen bir standart olup kalça koruyucu bir ürünün bu değerleri sağlaması beklenmemektedir. Bununla beraber, ürünün kalça koruyucu olarak kullanıldığında darbe enerjisini azaltıcı rol oynayacağı açıktır.

Bu çalışmada geliştirilen sandviç örme kumaşların büyük kısmı kaplanmamış haliyle tek kat olarak yapılan ölçümlerde bile, ticari olarak üretilen ve polietilen köpükten yapılmış kalça koruyucunun sahip olduğu darbe dayanımını sağlamaktadır. Bu ürünlerle karşılaştırıldığında sandviç kumaşların nefes alabilir yapısı, yüksek nem geçirgenliği gibi özellikleri konfor açısından avantajları bulunmaktadır.



Şekil 5.40. Temin edilen koruyucu yüzeylerin aktarılan kuvvet değerleri.

6. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Önceleri sadece iş güvenliği sağlamak için çalışanlar tarafından kullanılan koruyucu tekstillerin, günümüz modern insanının aktif yaşam biçimi sayesinde spor ve boş vakit aktivitelerinde kullanımı da giderek artmaktadır. Koruyucu yüzeylerden koruma fonksiyonunun yanı sıra günümüzde bu özelliğe ilaveten konfor ve moda gereksinimlerine de cevap vermesi beklenmektedir. Dolayısıyla konfor özellikleri iyileştirilmiş, estetik açıdan daha çekici ve kullanımı daha rahat olan darbeye karşı koruyucu tekstillerin geliştirilmesi için daha detaylı ve kapsamlı bir çalışmanın yapılma gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu açıdan gerçekleştirilen bu çalışma önemli bir yer teşkil etmektedir.

Çalışmanın birinci adımında, koruyucu tekstil ürünlerinin darbe dayanımlarını tespit edebilecek ağırlık düşürme esasına göre çalışan, ölçüm esnasında birden fazla çıktının elde edildiği ve çeşitli standartlara göre modifiye edilerek kullanılabilen bir ölçüm cihazı geliştirilmiştir. İkinci adımında ise farklı kumaş parametreleri ile (kalınlık, yüzey konstrüksiyonu, gözenek büyüklüğü ve fiksaj sıcaklığı) üretilen sandviç kumaşların darbeye karşı koruyucu yüzey olarak kullanılabilirliği araştırılarak bu alanda kullanılan yüzeylere göre performans ve konfor özellikleri iyileştirilmiş ürün sunulması hedeflenmiştir. Kumaşların darbe dayanım özelliklerini geliştirmek amacıyla numuneler silikon ile kaplanarak ölçümler tekrarlanmıştır. Çalışmanın sonucunda tüm numunelerin performans ve darbe dayanım özellikleri değerlendirilmiş ve darbe dayanımı yüksek olan kumaş için uygun üretim parametreleri belirlenmiştir. Bu çalışma ile darbeye karşı dayanıklı yüzeylerin kullanımı esnasında en çok karşılaşılan şikâyetlerden olan rahatsızlık ve konforsuzluk dezavantajlarının önüne geçilmesi ve sandviç kumaşların koruyucu tekstiller alanında yeni bir ürün grubunda yer almasına katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Çalışmada üretilen ve kaplanan kumaşların gramaj, kalınlık, hava geçirgenliği, sıkıştırma dayanımı, boyutsal değişim, kalıcı deformasyon gibi fiziksel özellikleri ile darbe dayanım özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, değiştirilen kumaş parametrelerinin performans özelliklerine etkisi ve kaplamanın performans özelliklerine etkisi olmak üzere iki grupta değerlendirilmiştir.

Kumaş parametrelerinin (kalınlık, yüzey konstrüksiyonu, gözenek büyüklüğü ve fiksaj sıcaklığı) fiziksel özelliklere etkisinin değerlendirilmesi;

- Kumaşların *gramaj* sonuçları incelendiğinde, kalınlık artışının gramajı arttırdığı, nihai en ve fiksaj sıcaklığı değerlerindeki artışların ise gramajı düşürdüğü tespit edilmiştir. En yüksek gramaj değerleri iki yüzeyi kapalı yapılarda elde edilmiştir.
- *Hava geçirgenliği* sonuçları değerlendirildiğinde, iki yüzeyi delikli ham kumaşlarda kalınlık arttıkça hava geçirgenliğinin arttığı, iki yüzeyi kapalı kumaşlarda ise kalınlık artışının hava geçirgenliğini azalttığı tespit edilmiştir. Nihai endeki artışın hava geçirgenliğini arttırdığı; en yüksek hava geçirgenliği değerinin iki yüzeyi delikli kumaşlarda olduğu ve bu kumaşı sırasıyla bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı ve iki yüzeyi kapalı kumaşların takip ettiği de gözlenmiştir.
- Kumaşların *sıkıştırma dayanımının* kalınlık ve nihai en arttıkça azaldığı; en yüksek değer iki yüzeyi kapalı, en düşük dayanım değerinin ise iki yüzeyi delikli kumaşlarda olduğu saptanmıştır.

Kaplamanın kumaşların fiziksel özelliklerine etkisi incelendiğinde ise şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- Kaplanmış kumaşların gramajının ve kalınlığının ve sıkıştırma dayanımlarının kaplanmamış kumaşlara göre daha yüksek, hava geçirgenliklerinin ise daha az olduğu gözlenmiştir.
- *Boyutsal değişim* değerleri incelendiğinde, ham kumaşlar dışındaki kaplanmamış kumaşlarda enine yönünde % 3 çekme gözlenirken; bu değer kaplama sonrası %1'e düşürülmüştür. Ayrıca kaplama sonrası ham iki yüzeyi delikli kumaşlar, iki yüzeyi kapalı kumaşlar ve bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı kumaşlarda boyutsal değişim gözlenmemiştir. Her iki kumaş tipinde de boyuna yönde bir değişime rastlanmamıştır.

- *Kalıcı deformasyon* özelliğinin ise kaplama sonrası iyileştiği ve kumaşların dayanıklılık ve kullanım ömrünün artış gösterdiği saptanmıştır.

Kumaşların darbe dayanım özellikleri ve etki eden parametreler aşağıda özetlenmiştir:

- Kumaş parametrelerinin darbe dayanımına etkisi incelendiğinde, kalınlık ve fiksaj sıcaklığı artışının aktarılan kuvvet değerini azalttığı yani kumaşın darbeye karşı dayanımını arttırdığı gözlenmiştir.
 - Kumaş kalınlaştıkça darbeye maruz kalma süresi artmış, temas ve aktarılan kuvvet azalmıştır. Absorbe edilen enerji ise kalınlık artışı ile artmıştır.
 - Nihai en artışı kumaşlarda gramajı azalttığından, nihai en fazla olan kumaşların darbeye karşı dayanıklılıkları da düşük olmaktadır.
 - Yüzey yapısının darbe dayanımına etkisi önemlidir. İki yüzeyi kapalı kumaşlar darbeye en dayanıklı yüzeylerdir. En düşük darbe dayanımı değeri ise bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı kumaşlara aittir.
 - Kumaş katman sayısı arttıkça aktarılan kuvvet değeri azalmış, kumaşların darbeye karşı dayanımları artmıştır.
- Farklı enerji seviyelerinde kaplanmamış kumaşların aktarılan kuvvet ve absorbe edilen enerji değerlerinin ölçümleri sonucunda darbe enerjisi arttıkça kumaşların aktardıkları kuvvetin de arttığı gözlenmiştir. Yüksek darbe enerjilerinde kumaşlar yükün sadece bir kısmını absorbe edebilirken; düşük enerji seviyelerinde kumaşların neredeyse tüm darbe enerjisini absorbe ettiği saptanmıştır.
- 50 J darbe enerjisinde yapılan ölçümler tüm kaplanmamış kumaşların TS EN 1621-1 ve 1621-2 standartlarını sağlayamadığını ortaya koymuştur. Bu sonuç, çalışmada kullanılan tek kat kaplanmamış kumaşların koruyucu yüzey olarak

kullanılamayacağını göstermiştir. Kumaşların koruma özelliğini geliştirmek amacıyla üst üste iki ve üç kat kumaş konularak gerçekleştirilen ölçümler sonucunda da yine tüm kumaşların TS EN 1621-1 ve 1621-2 standartlarındaki koruma seviyelerini sağlayamadığı tespit edilmiştir.

- Kaplanmış kumaşların TS EN 1621-2 standardına uygun olarak gerçekleştirilen ölçümleri, tüm kumaşların yine standardı sağlayamadığını ve motosiklet sürücüleri için sırt koruyucu olarak kullanıma uygun olmadığını ortaya koymuştur.
- Kaplanmış kumaşların sonuçları incelendiğinde, bazı kumaşların **(nihai eni 110 cm 150⁰C’de fikse edilmiş 10 ve 13 mm kalınlıktaki kumaşlar, iki yüzeyi delikli ham kumaşlar ve iki yüzeyi kapalı kumaşlar)** aktarılan kuvvet değerlerinin ortalaması 35 kN’nin altındadır. Dolayısıyla bu kumaşlar TS EN 1621-1 standardını sağlamaktadır. Bu sonuç kaplamanın tüm kumaşlar için olmasa da birkaç kumaş için standardın sağlanmasında etkili olduğunu ortaya koymuştur. Standardı sağlayan kumaşlar için bazı noktalar ön plana çıkmaktadır. İki yüzeyi delikli kumaşlar arasında, nihai eni 110 cm olan 150⁰C’de fikse edilmiş 10 ve 13 mm kalınlıktaki kaplanmış kumaşların kaplama sonrası gramaj ve sıkıştırma dayanımı değerlerinin yüksek seviyede olduğu gözlenmiştir. İki yüzeyi delikli ham kumaşların ise hem kalınlık, hem gramaj değerlerinin yüksek olması, darbeyi sönümlemede etkili olmuştur. Ayrıca yüzey yapısındaki deliklerin büyüklüğünün de darbeyi sönümlemede olumsuz etkiye sahip olduğu görülmüştür.
- Motosiklet sürücüleri için geliştirilen standardı sağlayabilen bu kumaşların, yaşlılar tarafından günlük yaşamda kalça koruyucu olarak kullanıldığında, düşme sonucu oluşabilecek enerjinin absorbe edilmesinde yeterli olabileceği görülmektedir. Sandviç kumaşların bu alanda kullanımının sağladığı avantajlardan bir diğeri ise kumaşların yüksek hava geçirgenliği ve nefes alabilir yapıya sahip olması sonucu kullanıcıyı daha konforlu hissettirmesidir. Bir diğer avantajlı nokta ise koruyucu olarak kullanımda sandviç kumaşın şekil alabilir olması sayesinde vücuda kolayca uyum sağlamasıdır. Silikon kaplama ile her ne kadar kumaşın sertliğinde bir miktar artış

gözlense de kumaşların tek kat olarak standardı sağlaması kumaşların giysiye yerleştirilmesinde ve yerleştirildiği bölgenin şeklini almada kolaylık sağlamaktadır.

Üretilen ve standardı sağlayan bu kumaşların çalışmanın da temel amacı olan kalça koruyucu yüzey olarak kullanılması planlanmaktadır. Ayrıca çeşitli spor aktivitelerinde vücudun farklı bölgelerini darbeye karşı korumada kullanılan yüzeylere alternatif olarak da bu kumaşların kullanılabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmanın ileri aşamasında öncelikli olarak cihazın örs ve vurucu parçaları çeşitlendirilerek spor aktivitelerinde kullanılan koruyucu standartlarına uygun olacak şekilde modifiye edilmesi ve kumaş yüzeylerinin bu şekilde tekrar test edilmesi planlanmaktadır. İleriye yönelik olarak bir diğer çalışma da kumaş parametrelerinin değiştirilmesi ile gerçekleştirilebilir. Bu çalışma kapsamında üretim parametrelerini değiştirmek pek mümkün olamamıştır. Gelecek çalışmalarda, sandviç kumaşların darbe dayanımında önemli etkiye sahip olduğu bilinen bağlantı iplik parametreleri (yoğunluğu, kalınlığı, yerleşim açısı) ile kumaş parametreleri (daha küçük deliklere sahip yüzey yapısı, sıklık) değiştirilerek elde edilecek kumaşların incelenmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir. Sandviç kumaşlarla kompozit tekstiller alanında hafif gramajlı, mekanik darbeye karşı koruma sağlayacak çeşitli ürünler üretmek de mümkün olduğundan, kumaşların kompozite dönüştürülerek darbe dayanımlarının ve diğer performans özelliklerinin iyileştirilmesi ileriye dönük yapılacak çalışmalardan bir diğeridir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Anderson, T. and Madenci, E.,** 2000, Experimental investigation of low-velocity impact characteristics of sandwich composites, *Composite Structures*, 50(3), 239-247p.
- Arabzadeh, F., Sheikzadeh, M., Ghane, M. and Hejazi, S.M.,** 2012, Mathematical modeling of spacer fabrics under impulsive loading, *Journal of the Textile Institute*, 103(10), 1031-1041p.
- Armakan, D. M. and Roye, A.,** 2009, A study on the compression behavior of spacer fabrics designed for concrete applications, *Fibers and Polymers*, 10(1), 116-123p.
- Atas, C. ve Sevim, C.,** 2010, On the impact response of sandwich composites with cores of balsa wood and PVC foam, *Composite Structures*, 93(1), 40-48p.
- Barton, B. A., Birge , S.J., Magaziner, J., Zimmerman, S., Ball, L., Brown, K.M. and Kiel, D.P.,** 2008, The hip impact protection project: design and methods, *Clinical Trials*, 5(4), 347-355p.
- Becker, C., Kron, M., Lindemann, U., Sturm, E., Eichner, B., Walter-Jung, B. And Nikolaus, T.,** 2003, Effectiveness of a multifaceted intervention on falls in nursing home residents, *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(3), 306-313p.
- Bentzen, H., Bergland, A. and Forsén, L.,** 2008a, Predictors of uptake and adherence to the use of hip protectors among nursing-home residents, *European Journal of Ageing*, 5(3), 253-263p.
- Bentzen, H., Bergland, A. and Forsén, L.,** 2008b, Risk of hip fractures in soft protected, hard protected, and unprotected falls, *Injury Prevention*, 14(5), 306-310p.
- Bentzen H., Forsen L., Becker C. and Bergland A.,** 2008c, Uptake and adherence with soft- and hard-shelled hip protectors in Norwegian nursing homes: a cluster randomised trial, *Osteoporosis International*, 19, 101–111p.
- Beyit, A.,** 2006, Nükleer, biyolojik ve kimyasal korunma amaçlı koruyucu tekstillerin türkiye’de üretilbilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, 23-25s (yayımlanmamış).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Birks Y.F., Porthouse J., Addie, C., Loughney, K., Saxon, L., Baverstock, M., Francis, R.M., Reid, D.M., Watt, I. and Torgerson, D.J., 2004, Randomized controlled trial of hip protectors among women living in the community, *Osteoporosis International*, 15: 701–706p.

Birks, Y. F., Hidreth, R., Campbell, P., Sharpe, C., Torgerson, D.J. and Watt, I., 2003, Randomised controlled trial of hip protectors for the prevention of second hip fractures, *Age and Ageing*, 32(4), 442-444p.

Bruer, S.M., Powell, N. and Smith, G., 2005, Three dimensionally knit spacer fabrics: a review of production techniques and applications, Vol.4, Issue.4, *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*.

BS 7971 Standard, Protective equipment for martial arts.

Bulat, T., Applegarth, S., Wilkinson, S., Fitzgerald, S.G., Ahmetd, S. and Quigley, P., 2008, Effect of multiple impacts on protective properties of external hip protectors, *Clinical Interventions in Aging*, 3(3), 567-571p.

Cameron, I. D., Kurrle, S., Quine, S., Sambrook, P., March, L., Chan, D., Stocks, J., Lockwood, K., Cook, B. and Schaafsma, F.G., 2011, Increasing adherence with the use of hip protectors for older people living in the community, *Osteoporosis International*, 22(2), 617-626p.

Cameron, I. D., Kurrle, S.E., Quines, S., Sambrook, P.N., March, L., Chan, D. K., Lockwood, K., Cook, B. and Schaafsma, F.F., 2011, Improving adherence with the use of hip protectors among older people living in nursing care facilities: a cluster randomized trial, *Journal of the American Medical Directors Association*, 12(1), 50-57p.

Cameron, I. D., Cumming, R., Kurrle, S., Quine, S., Lockwood, K., Salkeld, G. and Finnegan, T., 2003, A randomised trial of hip protector use by frail older women living in their own homes, *Injury Prevention*, 9(2), 138-141p.

Cameron, I. D., Venman, J., Kurrle, S.E., Lockwood, K., Birks, C., Cumming, R.G., Quine, S. and Bashford, G., 2001, Hip protectors in aged-care facilities: a randomized trial of use by individual higher-risk residents, *Age and Ageing*, 30(6), 477-481p.

Cameron, I. D., Stafford, B., Cumming, R.G., Birks, C., Kurrle, S.E., Lockwood, K., Quine, S., Finnegan, T. and Salkeld, G., 2000, Hip protectors improve falls self-efficacy, *Age and Ageing* 29(1), 57-62p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Cao, H. J., Qian, K., Wei, Q.F. and Li, H.S.**, 2011a, Study on the compressive properties of spacer fabric composites based on finite element software ANSYS, Applications of Engineering Materials, Pts 1-4 287-290: 2569-2574.
- Cao, H., Qian, K., Wei, Q.F. and Li, H.S.**, 2011b, Compression after Impact of 3-D Integrated Hollow Core Sandwich Composites, Tekstil ve Konfeksiyon 21(1), 16-21p.
- Carboni, M.**, 2004, Evaluation of Ballistic Materials for Back Protection Under Low Velocity Impacts, M.Sc. thesis, Worcester Polytechnic Institute, USA.
- Cetex**, 2013, Druckelastische Abstandsgewirke mit anwendungsspezifischen Formen und Funktionen, www.cetex.de (Erişim tarihi 2 Şubat 2013).
- Chan D.K., Hillier G., Coore M., Cooke R., Monk R., Mills J. and Hung W.T.**, 2000, Effectiveness and acceptability of a newly designed hip protector: a pilot study, Archives of Gerontology and Geriatrics, 30, 25–34p.
- Choi, W. J., Hoffer, J.A. and Robinovitch, S.N.**, 2010, Effect of hip protectors, falling angle and body mass index on pressure distribution over the hip during simulated falls, Clinical Biomechanics, 25(1), 63-69p.
- Cooper C., Campion G. and Melton, L.J.**, 1992, Hip fractures in the elderly: a world-wide projection, Osteoporosis International, 2, 285.
- Cox, H., Puffer, S., Morton, V., Cooper, C., Hodson, J., Masud, T., Oliver, D., Preedy, D., Selby, P., Stone, M., Sutcliffe, A. and Torgerson, D.**, 2008, Educating nursing home staff on fracture prevention: a cluster randomised trial, Age and Ageing, 37(2), 167-172p.
- Cryer, C., Knox, A. and Stevenson, E.**, 2008, Factors associated with hip protector adherence among older people in residential care, Injury Prevention, 14(1), 24-29p.
- Cryer, C., Knox, A., Martin, D., Barlow, J. And Canterbury hip protector Project team**, 2002, Hip protector compliance among older people living in residential care homes, Injury Prevention, 8(3), 202-206p.
- Dammacco, G., Turco, E. and Glogar. M.I.**, 2013, Design of Protective Clothing, p.28; http://www.gzespace.com/gzenew/im/books/Protective_Clothing_Design.pdf (Erişim tarihi: 3 Şubat 2013).
- Daners, M. S., Wullschleger, L., Derler, S. and Schmitt, K.U.**, 2008, Development of a new design of hip protectors using finite element analysis and mechanical tests, Medical Engineering & Physics, 30(9), 1186-1192p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Darbe Deneyi, <http://web.itu.edu.tr/~halit/DeneyMuh/DarbeDeneyFoyu.pdf>, (Erişim tarihi: 24 Ocak 2013).

David Rigby, 2002, Technical Textiles and Nonwovens: World Market Forecasts to 2010. <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/pdffiles/Technical-Textiles-and-Nonwovens.pdf> (Erişim tarihi: 22 Ocak 2013).

Derler S., Spierings A.B. and Schmitt K.U., 2005, Anatomical hip model for the mechanical testing of hip protectors, Medical Engineering & Physics, 27, 475-485p.

DIN EN 53 377 “Testing of Plastic films, Determination of Dimensional Stability”, May 1969.

Diniz Melo J.D., Gonçalves Barbosa A.S. and Oliveira Guerra R., 2010, Mechanical evaluation of polymer composite hip protectors, International Journal of Biomaterials,1-6.

Dow Corning, DeflexionTM S-Range, <http://www.dowcorning.com/> (Erişim tarihi: 25 Ocak 2013).

Dunn K.R., Brace C.L., Masud T., Haslam R.A. and Morris R.O., 2005, Prevention of fall-induced hip fractures: usability evaluation of hip protectors, Ergonomics Society Conference, Hotfield, 2005, 464-468.

D3O, 2013, <http://www.d3o.com/> (Erişim tarihi 2 Şubat 2013).

Ekonomi Bakanlığı, 2012, Teknik Tekstiller Sektörü, Sektör Raporları, İhracat Genel Müdürlüğü Tekstil ve Konfeksiyon Ürünleri Daire Başkanlığı.

Emek, A., 2004, Teknik Tekstiller Dünya Pazarı, Türkiye’nin Üretim ve İhraç İmkanları, Uzmanlık Tezi, Ankara, Türkiye.

Erickson, M. D., Kallmeyer, A.R. and Kellogg, K.G., 2005, Effect of temperature on the low-velocity impact behavior of composite sandwich panels, Journal of Sandwich Structures & Materials, 7(3), 245-264p.

Ertekin, G., 2009, Yuvarlak Örme Makinelerinde Üretilen Sandviç Kumaşların Genel Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 20-21s (yayımlanmamış).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- European Hospital**, 2008, 3-D textiles reduce pressure ulcer risk in the OR, <http://www.european-hospital.com/en/article/4693-3-D-textiles-reduce-pressure-ulcer-risk-in-the-OR.html>, (Erişim tarihi 3 Şubat 2013).
- Fan, C. W., Tan, K.M., Coakley, D., Walsh, J.B. and Cunningham, C.**, 2005, Compliance of external hip protector use amongst elderly day hospital attenders, Irish Journal of Medical Science, 174(1), 49-54p.
- Forsen, L., Sandvig, S., Schuller, A. and Sjøgaard, A.J.**, 2004, Compliance with external hip protectors in nursing homes in Norway, Injury Prevention, 10(6), 344-349p.
- Freeman, B., Schwingler, E., Mahinfalah, M. and Kellogg, K.**, 2005, The effect of low-velocity impact on the fatigue life of sandwich composites, Composite Structures 70(3), 374-381p.
- Fuchs H.**, 2003, 3D Automotive textiles – a comparative evaluation, 42nd International Man-Made Fibres Congress, Automotive Textiles, Dornbirn, FuchsHilmar.pdf.
- G-Form**, Knee, elbow pads, <http://g-form.com/products/elbow-pad/>, (Erişim tarihi:25.01.2013)
- Guo, X.; Long, H., Sun, Y. and Zhao, L.**; 2012, Theoretical modeling of spacer-yarn arrangement for warp-knitted spacer fabrics and experimental verification, Textile Research Journal, 0(00) 1–10
- Guo, X., Long, H., Sun, Y. and Liu, C.**, 2011, The impact resistance behaviour of surface structure of warp knitted spacer fabric for hip protector, International Forum on Biomedical Textile Materials, pp. 349-354.
- Gustin, J., Joneson, A., Mahinfalah, M. and Stone, J.**, 2005, Low velocity impact of combination Kevlar/carbon fiber sandwich composites, Composite Structures, 69(4), 396-406p.
- Gustin, J., Mahinfalah, M., Nakhaie Jazar, G. and Aagaah, M.R.**, 2004, Low-velocity impact of sandwich composite plates, Experimental Mechanics, 44(6), 574-583p.
- Harada, A., Mizuno, M., Takemura, M., Tokuda, H., Okuizumi, H. and Niino, N.**, 2001, Hip fracture prevention trial using hip protectors in Japanese nursing homes, Osteoporosis International, 12(3), 215-221p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Hip Protector Belt, 2013, <http://www.hellotrader.com/e-pill/hip-protector-belt.html> (Erişim tarihi 3 Şubat 2013).

Hip Protector HIPS Soft Pants Gents, 2013, <http://www.nmsdirect.co.uk/hip-protector-hips-soft-pants-gents-large-88-to-100cm.html> (Erişim tarihi 3 Şubat 2013).

Hip Protector Implementation Toolkit, 2013, VISN 8 Patient Safety Center of Inquiry, 7-8. [www.visn8.va.gov/.../HipProtectorToolkit .doc](http://www.visn8.va.gov/.../HipProtectorToolkit.doc). (Erişim tarihi 3 Şubat 2013)

Hip Protector Trial Programme in South West Kent Care Homes, 2005, South West Kent NHS Primary Care Trust Final Report.

Hodgkinson, J.M., 2000, Mechanical Testing of Advanced Fiber Composites, CRC Press, Woodhead Publishing, USA, 212 p.

Honkanen, L. A., Monaghan, N., Reid, M.C., Newstein, D., Pillemer, K. and Lachs, M.S., 2007, Can hip protector use in the nursing home be predicted?, Journal of the American Geriatrics Society, 55(3), 350-356p.

Horrocks, A.R. and Anand, S.C., 2000, Handbook of Technical Textiles, Woodhead Publishing, UK, 43p.

Hosur, M. V., Abdullah, M. and Jeelani, S., 2005, Manufacturing and low-velocity impact characterization of foam filled 3-D integrated core sandwich composites with hybrid face sheets, Composite Structures, 69(2), 167-181p.

Hosur, M. V., Abdullah, M. and Jeelani, S., 2004, Manufacturing and low-velocity impact characterization of hollow integrated core sandwich composites with hybrid face sheets, Composite Structures, 65(1), 103-115p.

Hou, X. N., Hu, H., Liu, Y. and Silberschmidt, V., 2011, Nonlinear compression behavior of warp-knitted spacer fabric: effect of sandwich structure, Cmc-Computers Materials & Continua, 23(2), 119-134p.

Huang, W. and Ghosh, T.K., 1999, Online measurement of fabric mechanical properties: compressional behaviour, Textile, Fiber and Film Industry Technical Conference, pp.1-6.

Huang, H. C., Lee, C.H. and Wu, S.L., 2006, Hip protectors: a pilot study of older people in Taiwan, Journal of Clinical Nursing, 15(4), 436-443p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Hunter, B., 2010, Biomedical textiles project aims for diabetes cure, <http://www.innovationintextiles.com/biomedical-textiles-project-aims-for-diabetes-cure/> (erişim tarihi: 30 Ocak 2013)

Huo, F. L., Zhang, G.L., Li, J.L., Chen, W.G. and Chen, L., 2011, Study on the compression properties of epoxy matrix composites reinforced by PES warp-knitted spacer fabric, High Performance Structures and Materials Engineering, Pts 1 and 2, 217-218, 1208-1211p.

Impact Force from Falling Object, <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/flobi.html> (Erişim tarihi: 27 Haziran 2012).

Impact Mechanics, <http://en.wikipedia.org/> (Erişim tarihi: 27 Şubat 2012).

Impact Testing, http://89.28.209.148/fileLibrary/pdf/09_Impact_testing.pdf (Erişim tarihi: 24 Ocak 2013).

Instron, Impact Testing, www.instron.com.tr, (Erişim tarihi: 22 Ocak 2013).

ISO 3386/1-1986, “Polymeric materials, cellular flexible- Determination of stress-strain characteristic in compression- Part 1: Low-density materials”.

Jacque, S., Rizza, R. and Mohammad Mahinfalah; 2008, Finite element modeling of local damage in kevlar/carbon fiber sandwich plate under low velocity impact, Proceedings of the Asme International Mechanical Engineering Congress and Exposition 2007, Vol 10, Pts A and B: 995-1000p.

Jewson, DeWalt Kneepads, <http://www.jewson.co.uk/>, (Erişim tarihi: 25 Ocak 2013).

Jiang, D. Z., Yang, F.B., Xing, S.L. and Xiao, J.Y., 2008, Dynamic response of two-core sandwich composite structures under impact, Advanced Structural and Functional Materials for Protection, 136,115-124p.

Juby, A., 2009, The challenges of interpreting efficacy of hip protector pads in fracture prevention in high-risk seniors, Clinical Rheumatology, 28(6), 723-727p.

Kannus P. and Parkkari J., 2006, Prevention of hip fracture with hip protector, Age and Ageing, 35, 51-54 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Kannus, P., Parkkari, J., Niemi, S., Pasanen, M., Palvanen, M., Jarvinen, M. and Vuori, I., 2000, Prevention of hip fracture in elderly people with use of a hip protector, The New England Journal of Medicine, 343(21), 1506-1513p.

Kannus P., Parkkari J. and Poutala J., 1999, Comparison of force attenuation properties of four different hip protectors under simulated falling conditions in the elderly: an in vitro biomechanical study, Bone, 25(2), 229–235p.

Kara, M., 2006, Düşük Hızlı Darbeye Maruz Tabakalı Kompozitlerin Dinamik Cevabı, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 14-15s, (yayımlanmamış).

Karahan, M., Gül, H., Ivens, J. ve Karahan, N., 2012, Low velocity impact characteristics of 3D integrated core sandwich composites, Textile Research Journal, 82(9), 945-962p.

Karl Mayer Teknik Broşürü, 2000, The Karl Mayer Guide to Technical Textile

Karl Mayer Techtextil 2005, Tekstil & Teknik Dergisi (Temmuz 2005), 232s.

Keep top Industrial Development Co. Ltd., Motorcycle Knee Pad, www.keeptop001.com/ (Erişim tarihi: 25 Ocak 2013).

Kiel, D. P., Magaziner, J., Zimmerman, S., Ball, L., Barton, B.A., Brown, K.M., Stone, J.P., Dewkett, D. and Birge, S.J., 2007, Efficacy of a hip protector to prevent hip fracture in nursing home residents - The HIPPRO randomized controlled trial, Jama-Journal of the American Medical Association, 298(4), 413-422p.

Koike, T., Orito, Y., Toyoda, H., Tada, M., Sugama, R., Hoshino, M., Nakao, Y., Kobayashi, S., Kondo, K., Hirota, Y. and Takaoka, K., 2009, External hip protectors are effective for the elderly with higher-than-average risk factors for hip fractures, Osteoporosis International, 20(9), 1613-1620p.

Kph Hip Protector, 2013, <http://www.livingmadeeasy.org.uk/clothing%20and%20footwear/hip-protectors-p/kph-hip-protector-0108335-2545-information.htm> (Erişim tarihi 2 Şubat 2013).

Kunde, K., 2005, Spacer fabrics- their application and future opportunities, Melliand International, E 134.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lascoup, B., Aboura, Z., Khellil, K. and Benzeggagh, M.,** 2010, Impact response of three-dimensional stitched sandwich composite, *Composite Structures*, 92(2), 347-353p.
- Lauritzen, J. B.,** 1996, Hip fractures: Incidence, risk factors, energy absorption, and prevention, *Bone* 18(1), 65-75p.
- Lauritzen, J. B., Petersen, M.M. and Lund, B.,** 1993, Effect of external hip protectors on hip-fractures, *Lancet* , 341(8836), 11-13p.
- Lee, J. Y., Shin, K.B. and Cheol, J.,** 2009, Experimental and numerical simulation studies of low-velocity impact responses on sandwich panels for a BIMODAL tram, *Advanced Composite Materials*, 18(1), 1-20p.
- Lehmann, W.,** 1994, Elastic moulded spacer fabrics, *Kettenwirkpraxis*, 3, p. 49-50.
- Li, J. J., Sun, B.Z., Hu, H. and Gu, B.H.,** 2010, Responses of 3D biaxial spacer weft-knitted composite circular plate under impact loading. Part II: impact tests and FEM calculation, *Journal of the Textile Institute*, 101(1), 35-45p.
- Li, M., Wang, S., Zhang, Z. and Wu, B.,** 2009, Effect of structure on the mechanical behaviors of three-dimensional spacer fabric composites, *Applied Composite Materials*, 16(1), 1-14p.
- Liba Teknik Broşürü,** 2000, Double needle bar raschel machines
- Liu, Y., Hu, H., Long, H. and Zhao, L.,** 2012, Impact compressive behaviour of warp knitted spacer fabrics for protective applications, *Textile Research Journal*, 82(8), 773-788p.
- Liu, Y. P. and Hu, H.,** 2011, Compression property and air permeability of weft-knitted spacer fabrics, *Journal of the Textile Institute*, 102(4), 366-372p.
- Liu, Y., Lv, L., Sun, B., Hu, H., and Gu, B.,** 2006, Dynamic response of 3D biaxial spacer weft-knitted composite under transverse impact, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 25(15): 1629-1641p.
- Liu, Y., Hu, H., Zhao, L. and Long, H.,** 2011, Compression behavior of warp-knitted spacer fabrics for cushioning applications, *Textile Research Journal*, 82(1), 11-20p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Mackin, T.J., Calculating the impact force of a mass falling on an elastic structure, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.194.664> (Erişim tarihi:24 Ocak 2013).

Maklewska, E., Tarnowski, W., Krucinska, I. and Demus, J., 2004, New measuring stand for estimating a material's ability to damp the energy of impact strokes, *Fibers&Textiles in Eastern Europe*, Vol.12, No.3(47), 48-52p.

Maklewska, E., Matyjewski, M., Krucinska, I. and Demus, J., 2003, Textile Impact Protectors?, 2nd European Conference on Protective Clothing, İsviçre.

Marmaralı, A., 2012, Çözümlü Örmeciliği Ders Notları.

Miao, X. H. and Ge, M. Q., 2008, The compression behaviour of warp knitted spacer fabric, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 16(1), 90-92p.

Mills N.J., 1996, The biomechanics of hip protectors, *Journal of Engineering in Medicine*, 210, 259–266.

Mokhtari, F., Shamshirsaz, M., Latifi, M. and Maroufi, M., 2011, Compressibility behaviour of warp knitted spacer fabrics based on elastic curved bar theory, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 6(4), 23-33p.

Murthyguru, I., 2005, “Novel Approach to Study Compression Properties in Textile”, *Autex Research Journal*, Vol. 5, No 4, pp. 176-193.

Musiol, M., 2005, Analysis of transverse deformability of spacer products, *Autex Research Journal*, 5, 67-70p.

Nabhani F. and Bamford J., 2002, Mechanical testing of hip protectors, *Journal of Materials Processing Technology*, 124 (3), 311-318p.

Omar, S. and Goel, A., 2009, 3-Dimensional fabrics, *Man-made Textiles in India*, 120-123p.

Önal, L., 2004, Structure and applications of 3d knitted spacer fabrics, II International İstanbul Textile Congress, İstanbul, 1-8, 22-24 April, 2004.

Önal, L., 2005, Üç boyutlu havlı sandviç örgü kumaşların yapısı ve uygulamaları, *Örme Dünyası* (Ocak – Şubat), p. 74-76.

Özenç, M., 2007, Yapıştırma Bağlantılarının Darbe Yükleri Altındaki Davranışlarının İncelenmesi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 30-31s, (yayımlanmamış).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Parkkari, J., Heikkilä, J. and Kannus, P.,** 1998, Acceptability and compliance with wearing energy-shunting hip protectors: a 6-month prospective follow-up in a Finnish nursing home, *Age and Ageing*, 27(2), 225-229p.
- Parkkari J., Kannus P., Heikkilä J., Poutala J., Sievanen H. and Vuori I.,** 1995, Energy-shunting external hip protector attenuates the peak femoral impact force below the theoretical fracture threshold—an in-vitro biomechanical study under falling conditions of the elderly, *Journal of Bone and Mineral Research*, 10(10), 1437–1442p.
- Pieklak, K. and Mikołajczyk Z.,** 2008, Spatial model of the structure of warp – knitted 3D distance fabrics, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 16, No. 5 (70), 83-89p.
- Redlich, G., Fortuniak, K. and Obersztyn, E.,** 2006, 3rd European Conference on Protective Clothing, Polonya.
- Renkens, W. and Kyosev, Y.,** 2010 (a), Geometry modelling of warp knitted fabrics with 3D form, *Textile Research Journal*, 81(4), 437-443p.
- Renkens, W. and Kyosev, Y.,** 2010 (b), 3d Simulation of warp knitted structures – new chance for researchers and educators, 7th International Conference - TEXSCI 2010, September 6-8, Liberec, Czech Republic.
- Robinovitch S.N., Hayes W.C. and McMahon T.A.,** 1995, Energy-shunting hip padding system attenuates femoral impact force in a simulated fall, *Journal of Biomechanical Engineering*, 117, 409-413p.
- Sawka A.M., Boulos P., Beattie K., Thabane L., Papaioannou A., Gafni A., Cranney A., Zytaruk N., Hanley D.A. and Adachi J.D.,** 2005, Do hip protectors decrease the risk of hip fracture in institutional and community-dwelling elderly? A systematic review and metaanalysis of randomized controlled trials, *Osteoporosis International*, 16, 1461– 1474.
- Scott, R. A.,** 2005, *Textiles for Protection*, Woodhead Publishing and CRC Press, UK, 4-15p.
- Sheikhzadeh, M., Ghane, M., Eslamian, Z. and Pirzadeh, E.,** 2010, A modeling study on the lateral compressive behavior of spacer fabrics, *Journal of the Textile Institute*, 101(9), 795-800 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Shivakumar, K.N., Elber, W. and Illg, W.**, 1988, Prediction of low-velocity impact damage in thin circular laminates, The American Institute of Aeronautics and Astronautics, 23(3), 442-449p.
- Shishoo, R.**, 2005, Textiles In Sports, Woodhead Publishing Limited, CRC Press, England, 239p.
- Sjoblem, P.O., Hartness, J.T. and Cordell, T.M.**, 1988, On low velocity impact testing of composite materials, Journal of Composite Materials, 22, 30-52p.
- Smith, W.C.**, 1999, An overview of protective clothing- markets, materials, needs, Industrial Textile Associates, USA, www.intexa.com/downloads/pcc.pdf (Erişim tarihi: 22.01.2013).
- Stockmann, P. and Molter, M.**, 2001, Auf die Kettenwirktechnologie bauen, Kettenwirkpraxis 4/2001.
- Stronge, W.J.**, 2000, Impact Mechanics, Cambridge University Press, 1-26p.
- Sveistrup H. and Lockett D.**, 2004, Hip Protectors and Community-Living Seniors: A Review of the Literature.
- Şenel, M., Ünal, R., Mumyaymaz, B. ve Karakoç, F.**, 2009, Öngerilmeli Kompozit Plakların Düşük Hızlı Darbe Yüğü Etkisi Altında Davranışlarının İncelenmesi, Tübitak Proje No.105M195.
- Tan, C. Y. ve Akil, H. M.**, 2012, Impact response of fiber metal laminate sandwich composite structure with polypropylene honeycomb core, Composites Part B-Engineering, 43(3), 1433-1438p.
- Tarakçioğlu, I.**, 1986, Tekstil Terbiyesi ve Makinaları Cilt III, Tekstil Danış, No.1, İzmir, s. 408-428.
- Terrot**, 2013, Spacer Fabrics – Their Application and Future Opportunities, <http://www.terrot.de/aktuelles/en/archiv/04-05.asp> (Erişim tarihi: 2 Şubat 2013)
- Textile and Apparel Newsletter**, 2004, “Spacer Fabrics”, Vol.20, No.1, p. 4.
- The Textile Institute**, 1994, Textile Terms and Definitions, Tenth Edition, Manchester.
- TS 1313 EN ISO 1856:1999**, “Gözenekli, esnek polimer maddeler- Basınç altında ezilme oranının tayini”, TSE; Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

TS 391 EN ISO 9237: 1999, “Tekstil – Kumaşlarda hava geçirgenliğinin tayini”, TSE, Ankara.

TS-EN 1621-1:1999 Standardı, Motosiklet Sürücülerini Mekanik Darbeye Karşı Koruyucu Giyecekler- Bölüm 1: Darbe Koruyucular İçin Özellikler ve Deney Metotları “ Motorcyclists' protective clothing against mechanical impact results. Part 1: Requirements and test methods for impact protectors”, TSE, Ankara.

TS-EN 1621-2:2004 Standardı, Motosikletçiler İçin Mekanik Darbeye Karşı Koruyucu Giyecekler – Bölüm 2: Motosikletçiler İçin Sırt Koruyucuları – Kurallar ve Deney Metotları, “Motorcyclists' protective clothing against mechanical impact results. Part 2: Motorcyclists back protectors. Requirements and test methods”, TSE, Ankara.

TS EN 12127:1999, “Tekstil-Kumaşlar-Küçük Numuneler Kullanarak Birim Alan Başına Kütlenin Tayini”, TSE, Ankara.

TS-EN 13061:2004 Standardı, Koruyucu Giyecekler – Futbolcular İçin Tekmelikler – Kurallar ve Deney Metotları, “Protective clothing. Shin guards for association football players. Requirements and test methods”

TS-EN 13158:2002 Standardı, Koruyucu Giyecekler- At Binicileri İçin Koruyucu Ceketler, Vücut ve Omuz Koruyucuları- Kurallar ve Deney Metotları, “Protective clothing and equipment for use in violent”

TS-EN 13277 Standardı, Dövüş Sporları için Koruyucu Donanım, “Protective equipment for martial arts”

TS-EN 13546:2005 Standardı, Koruyucu Giyecekler- Saha Hokeyi Kalecileri İçin El, Kol, Göğüs, Karın, Bacak, Ayak ve Genital Koruyucular ve Saha Oyuncuları İçin Kaval Kemiği Koruyucuları-Kuralları ve Deney Metotları, “Protective clothing. Hand, arm, chest, abdomen, leg, foot and genital protectors for field hockey goalkeepers, and shin protectors for field players. Requirements and test methods”.

Ulcay, Y., Teke, Ş. Ve Uygun Sezen, G., 2012, Teknik Tekstil 2011 Frankfurt Fuarı Teknolojik Değerlendirme Raporu, Uludağ Tekstil İhracatçı Birlikleri, 25, 44 p.

Uyaner, M. ve Kara, M., 2007, Dynamic response of laminated composites subjected to low-velocity impact, Journal of Composite Materials, 41(24), 2877-2896p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Vaidya, A. S., Vaidya, U.K. and Uddin, N., 2008, Impact response of three-dimensional multifunctional sandwich composite, *Materials Science and Engineering a-Structural Materials Properties Microstructure and Processing*, 472(1-2), 52-58p.

Vaidya, U. K., Pillay, S., Bartus, S., Ulven, C.A., Grow, D.T. and Mathew, B., 2006, Impact and post-impact vibration response of protective metal foam composite sandwich plates, *Materials Science and Engineering a-Structural Materials Properties Microstructure and Processing*, 428(1-2), 59-66p.

Vaidya, U. K., Nelson, S., Sinn, B. and Mathew, B., 2001, Processing and high strain rate impact response of multi-functional sandwich composites, *Composite Structures*, 52(3-4), 429-440p.

Valatkiene, L., Strazdiene, E. and Issa, M., 2008, Investigation of textiles elastic properties with a pendulum impact device, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 16, No. 2 (67), 52-57p.

Valatkiene, L. and Strazdiene, E., 2005, Investigation of fabric impact behaviour and its relationships with mechanical parameters and hand evaluation, *Material Science*, 11 (3), 278-282p.

van Schoor, N. M., van der Veen, A.J., Schaap, L.A., Smit, T.H. and Lips, P., 2006, Biomechanical comparison of hard and soft hip protectors, and the influence of soft tissue, *Bone* 39(2), 401-407p.

van Schoor, N. M., Smit, J.H., Wisk, J.W.R., Bouter, L.M. and Lips, P., 2003, Prevention of hip fractures by external hip protectors - A randomized controlled trial, *Jama-Journal of the American Medical Association*, 289(15),: 1957-1962p.

Vassiliadis, S., Kallivretaki, A., Psilla, N., Provetidis, Ch., Mecit, D. and Roye, A., 2009, Numerical modelling of the compressional behaviour of warp-knitted spacer fabrics, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 17(5), 56-61p.

Velosa, J. C., Rana, S., R., Van Hattum, F.W.J., Soutinho, F. and Marques, S., 2012, Mechanical behavior of novel sandwich composite panels based on 3D-knitted spacer fabrics, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 31(2), 95-105 p.

Viking Safety, Knee pads, http://www.vikingsafety.com/acatalog/Knee_Pads.html (Erişim tarihi 25 Ocak 2013)

Wei, H. and Hairu, L., 2006, The investigation on knitting technology and compressive properties of weft knitted spacer fabric, *China Textile Leader*.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Xia, F. and Wu, X. Q.** , 2010, Work on impact properties of foam sandwich composites with different structure, *Journal of Sandwich Structures & Materials*, 12(1), 47-62p.
- Xia, F. and Wu, X. Q.**, 2010, Work on low-velocity impact properties of foam sandwich composites with various face sheets, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 29(7), 1045-1054p.
- Xprotex Extreme**, Knee, elbow pads, <http://www.xprotex.com/product-p/1550-000-000.htm>, (Erişim tarihi: 25Ocak 2013).
- Ye, X., Hu, H. and Feng, X.**, 2008, Development of the warp knitted spacer fabrics for cushion applications, *Journal of Industrial Textiles*, 37(3), 213-223p.
- Ye, X., Figueiro, R., Hu, H. and Araujo, M.**, 2007, Application of warp-knitted spacer fabrics in car seats, *Journal of Textile Institute*, 4, 337-343p.
- Ye X., Hu H. and Feng X.**, 2005, An experimental investigation on the properties of the spacer knitted fabrics for pressure reduction, *Research Journal of Textile and Apparel*, 9(3), 52 – 57p.
- Yıldırım, M.**, 2008, Üç Boyutlu Boşluklu Yuvarlak Örme Kumaşların Antistatik ve Isıl Özelliklerinin Belirlenmesi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 133s.
- Yip, J. and Ng, S. P.**, 2008, Study of three-dimensional spacer fabrics: physical and mechanical properties, *Journal of Materials Processing Technology*, 206 (1-3), 359-364p.
- Zangani, D., Robinson, M. and Gibson, A.G.**, 2008, Energy absorption characteristics of web-core sandwich composite panels subjected to drop-weight impact, *Applied Composite Materials*, 15(3), 139-156p.
- Zhang, L.Z., Jiang, G.M., Miao, X.H. and Cong, H.L.**, 2012, Three-dimensional computer simulation of warp knitted spacer fabric, *Fibers&Textiles in Eastern Europe*, 20, 3(92), 56-60p.

ÖZGEÇMİŞ

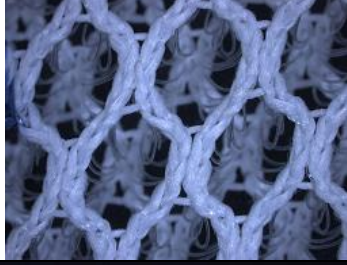
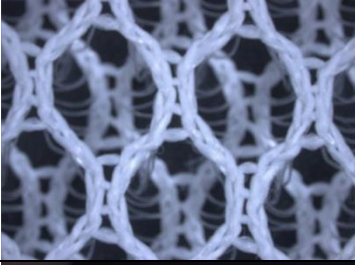
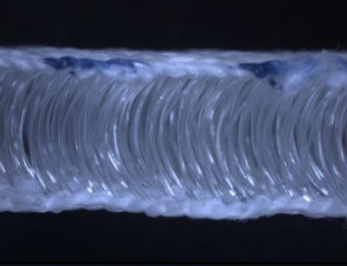
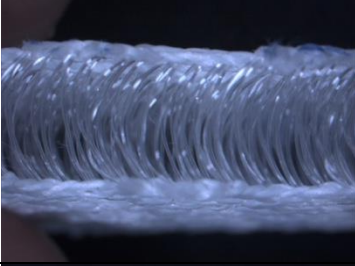
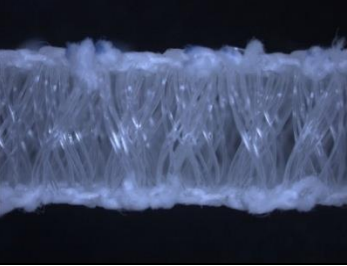
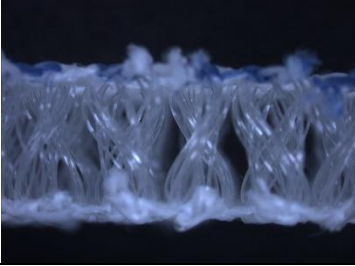
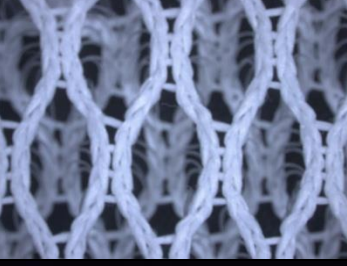
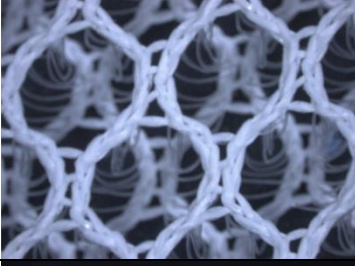
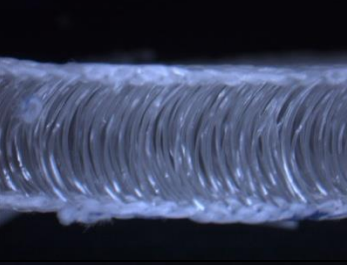
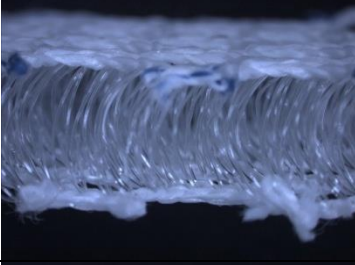
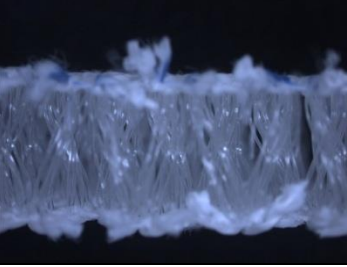
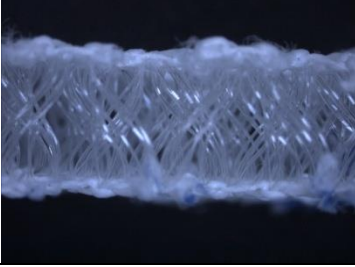
04.01.1984 tarihinde İzmir’de doğan Gözde ERTEKİN, lise eğitimini 2002 yılında İzmir Anadolu Lisesi’nde tamamlamıştır. 2002-2007 yılları arasında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Tekstil Teknolojisi opsiyonunda öğrenim görmüştür. 2007 yılında E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda başladığı yüksek lisans öğrenimini 2009 yılında tamamlayıp doktora öğrenimine başlamıştır.

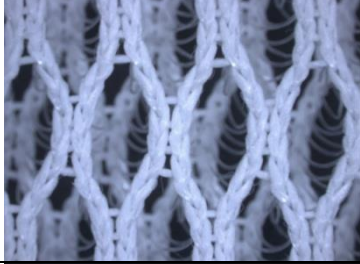
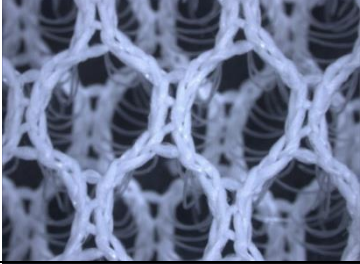
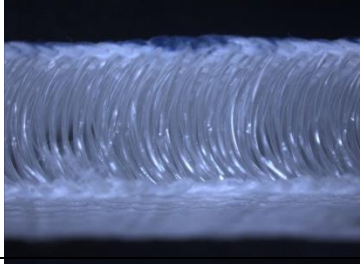
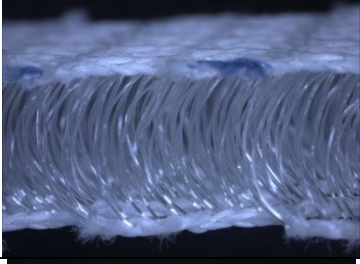
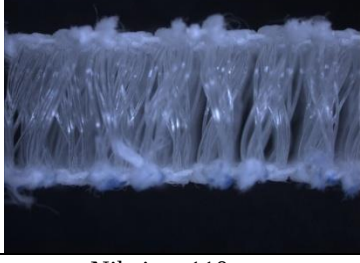
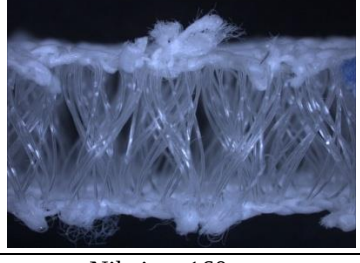
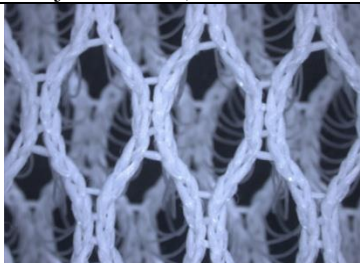
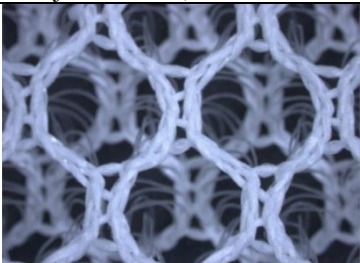
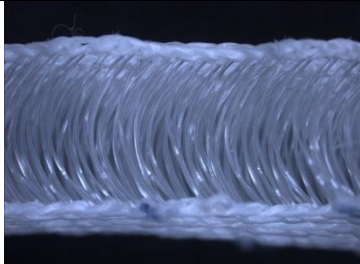
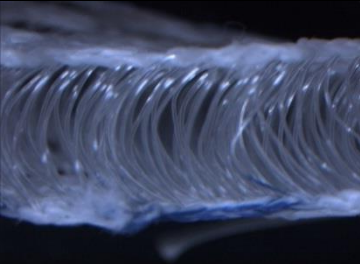
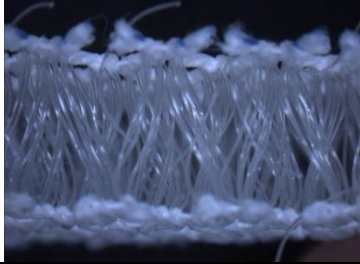
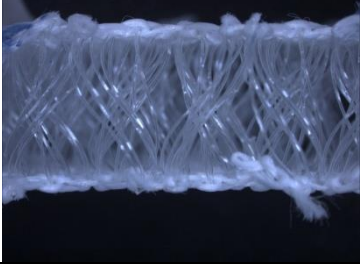
2007 Eylül yılında araştırma görevlisi olarak girdiği Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü’nde görevine halen devam etmektedir.

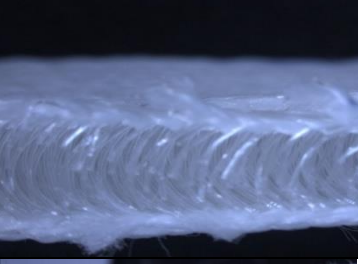
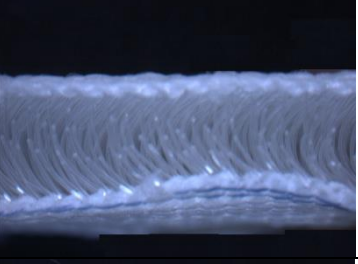
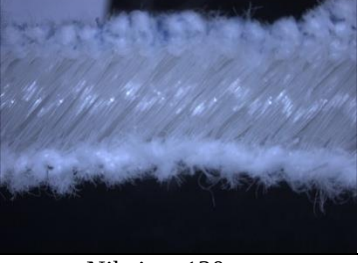
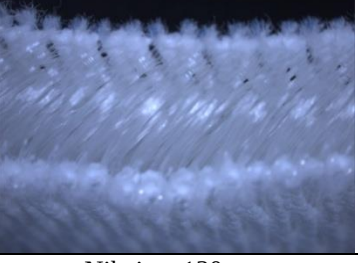
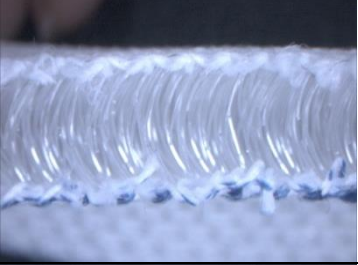
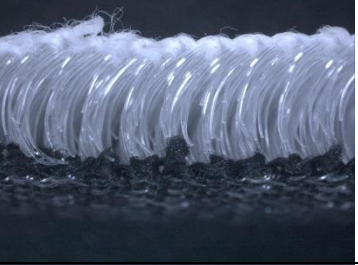
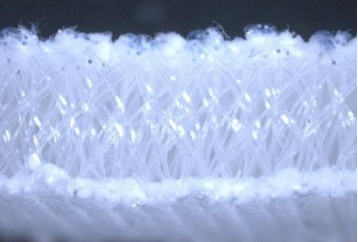
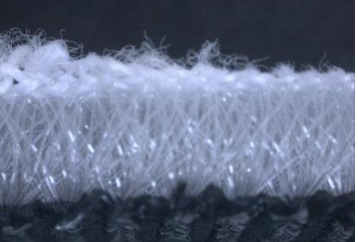
EKLER

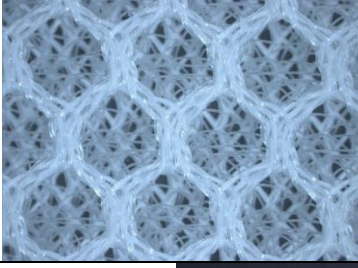
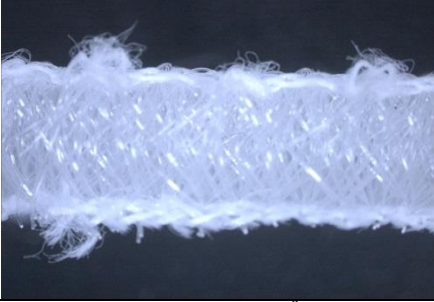
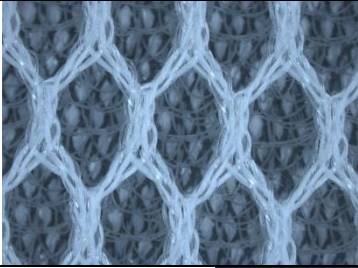
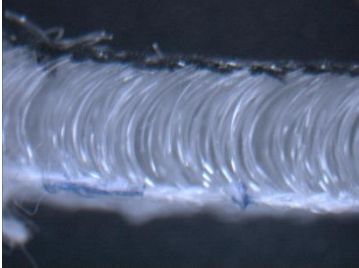
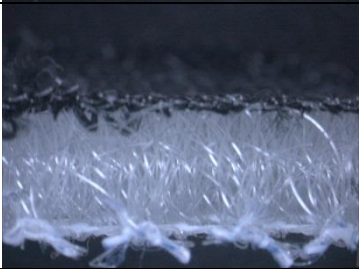
Ek 1	Sandviç Kumaşların Mikroskopik Görünümleri
Ek 2	Sandviç Kumaşların Mikroskopik Gözenek En ve Boy Değerleri
Ek 3	Darbe Dayanımı Ölçüm Cihazından Elde Edilen Grafiklere Örnekler
Ek 4	Kaplanmış Sandviç Kumaşların Mikroskopik Görünümleri
Ek 5	Kaplanmış Kumaşların Farklı Enerji Seviyelerinde Aktarılan Kuvvet ile Absorbe Edilen Enerji Grafikleri ve İstatistiksel Değerlendirmeleri
Ek 6	Temin Edilen Karşılaştırma Numunelerinin Mikroskopik Görünümleri

Ek 1 Sandviç Kumaşların Mikroskopik Görünümleri

	Nihai en:110 cm, Fiksaj Sıc. 150 ⁰ C, Kalınlık 10 mm	Nihai en:160 cm, Fiksaj Sıc. 150 ⁰ C, Kalınlık 10 mm
Yüzey görünümü (İki yüzeyi delikli)		
Sıra yönünde enine kesit görünümü		
Çubuk yönünde enine kesit görünümü		
	Nihai en:110 cm, Fiksaj Sıc. 180 ⁰ C, Kalınlık 10 mm	Nihai en:160 cm, Fiksaj Sıc. 180 ⁰ C, Kalınlık 10 mm
Yüzey görünümü (İki yüzeyi delikli)		
Sıra yönünde enine kesit görünümü		
Çubuk yönünde enine kesit görünümü		

	Nihai en:110 cm, Fiksaj Sıc. 150 ⁰ C, Kalınlık 13 mm	Nihai en:160 cm, Fiksaj Sıc. 150 ⁰ C, Kalınlık 13 mm
Yüzey görünümü (İki yüzeyi delikli)		
Sıra yönünde enine kesit görünümü		
Çubuk yönünde enine kesit görünümü		
	Nihai en:110 cm, Fiksaj Sıc. 180 ⁰ C, Kalınlık 13 mm	Nihai en:160 cm, Fiksaj Sıc. 180 ⁰ C, Kalınlık 13 mm
Yüzey görünümü (İki yüzeyi delikli)		
Sıra yönünde enine kesit görünümü		
Çubuk yönünde enine kesit görünümü		

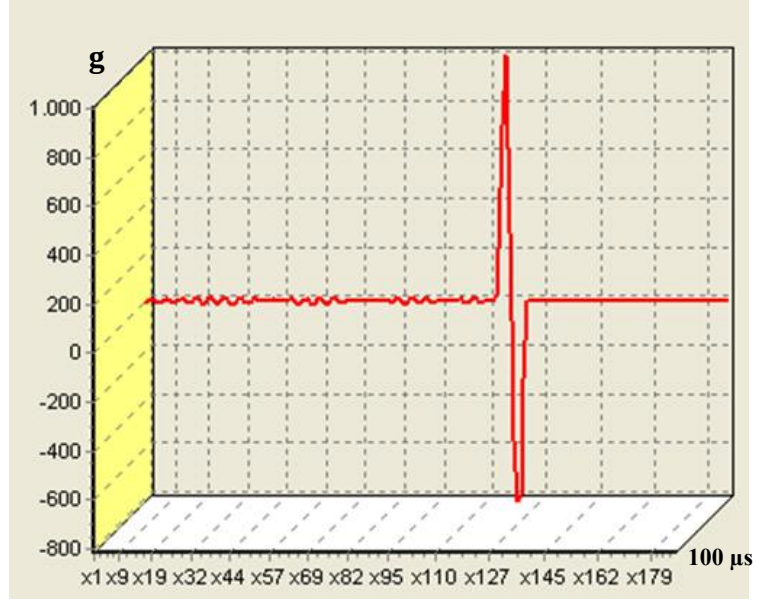
	Nihai en: 60 cm, Ham, Kalınlık 10 mm	Nihai en: 60 cm, Ham, Kalınlık 13 mm
Yüzey görünümü (İki yüzeyi delikli)		
Sıra yönünde enine kesit görünümü		
Çubuk yönünde enine kesit görünümü		
	Nihai en:130 cm, Fiksaj Sıc. 180°C, Kalınlık 10 mm	Nihai en:130 cm, Fiksaj Sıc. 180°C, Kalınlık 13 mm
Yüzey görünümü (İki yüzeyi kapalı)		
Sıra yönünde enine kesit görünümü		
Çubuk yönünde enine kesit görünümü		

	Nihai en:155 cm, Fiksaj Sıc. 180 ⁰ C, Kalınlık 10 mm	
	Ön yüzey	Arka yüzey
Yüzey görünümü		
Sıra yönünde enine kesit görünümü		
Çubuk yönünde enine kesit görünümü		
	Nihai en:130 cm, Fiksaj Sıc. 180 ⁰ C, Kalınlık 13 mm	
	Ön yüzey	Arka yüzey
Yüzey görünümü		
Sıra yönünde enine kesit görünümü		
Çubuk yönünde enine kesit görünümü		

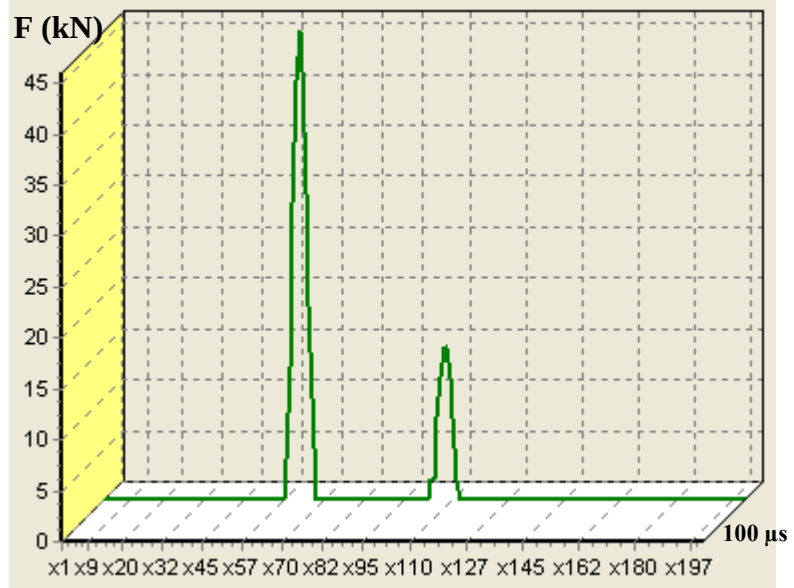
Ek 2 Sandviç Kumaşların Mikroskobik Gözenek En ve Boy Değerleri

Yüzey yapısı	Fiksaj Sıcaklığı	Nihai en	Kumaş Kalınlığı	Gözenek En (μm)	Gözenek Boy (μm)
İki yüzeyi delikli	150	110	10	88,25	125,67
	150	160	10	110,69	138,13
	180	110	10	79,23	162,11
	180	160	10	119,33	131,03
	150	110	13	64,84	162,11
	150	160	13	116,45	124,7
	180	110	13	85,39	158,28
		160	13	128,54	126,07
	Ham	60	10	7,67	131,47
			13	8,25	128,56
İki yüzeyi kapalı	180	130	10	-	-
			13	-	-
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	180	155	10	80,58	98,14
		130	13	75,59	139,11

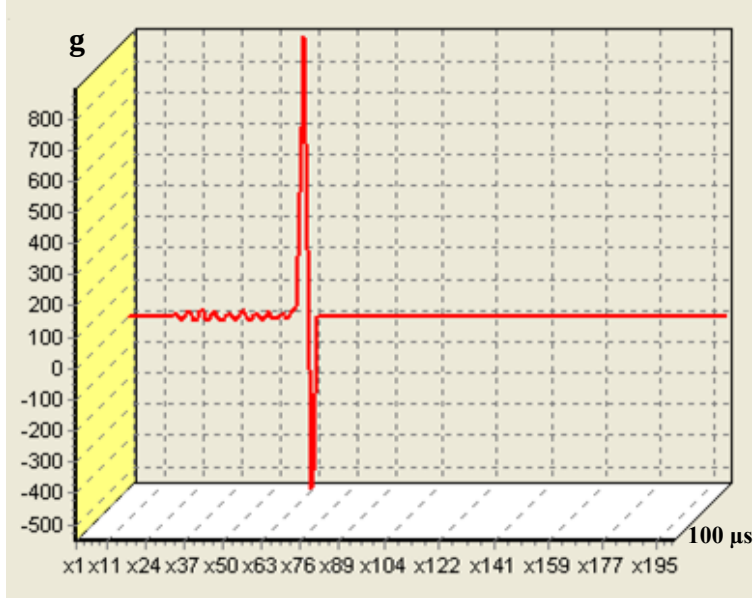
Ek 3 Darbe Dayanımı Ölçüm Cihazından Elde Edilen Grafiklere Örnekler



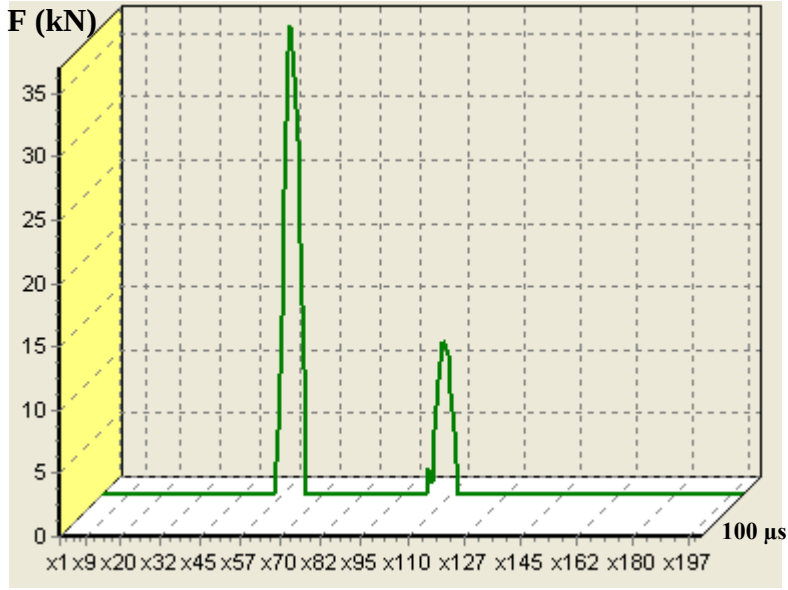
Ek 3.1. 150°C’de fikse edilmiş nihai eni 160 cm olan 10 mm kalınlıktaki kumaşın 50 J darbe enerji seviyesinde ivme- zaman grafiği



Ek 3.2. 150°C’de fikse edilmiş nihai eni 160 cm olan 10 mm kalınlıktaki kumaşın 50 J darbe enerji seviyesinde aktarılan kuvvet- zaman grafiği



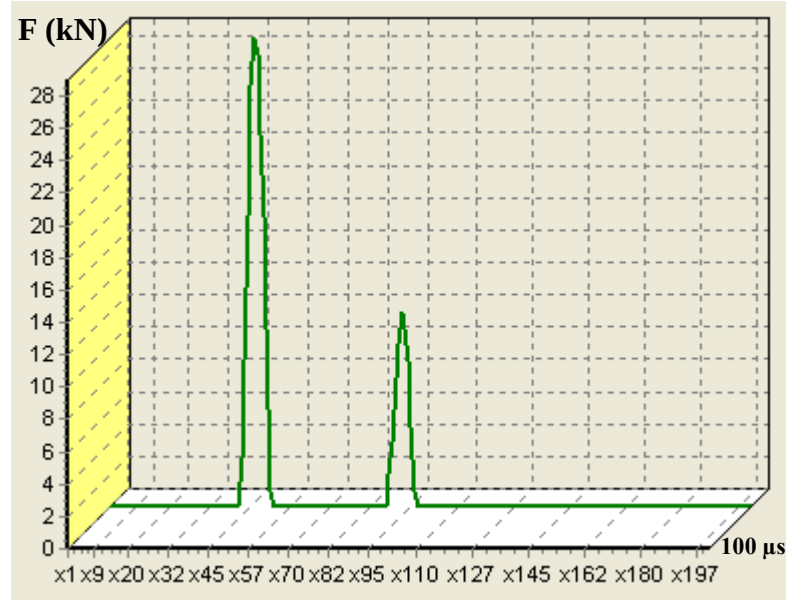
Ek 3.3. 150⁰C’de fikse edilmiş nihai eni 160 cm olan 10 mm kalınlıktaki kumaşın 37,5 J darbe enerji seviyesinde ivme- zaman grafiği



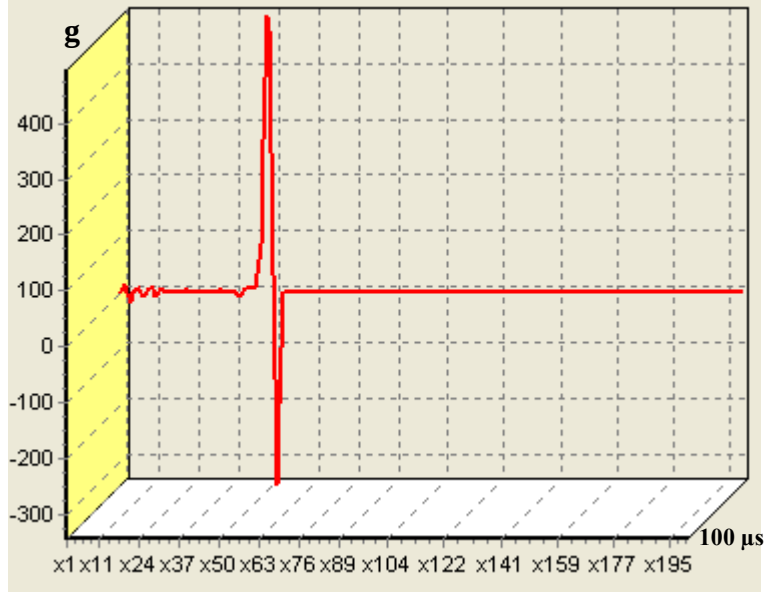
Ek 3.4. 150⁰C’de fikse edilmiş nihai eni 160 cm olan 10 mm kalınlıktaki kumaşın 37,5 J darbe enerji seviyesinde aktarılan kuvvet- zaman grafiği



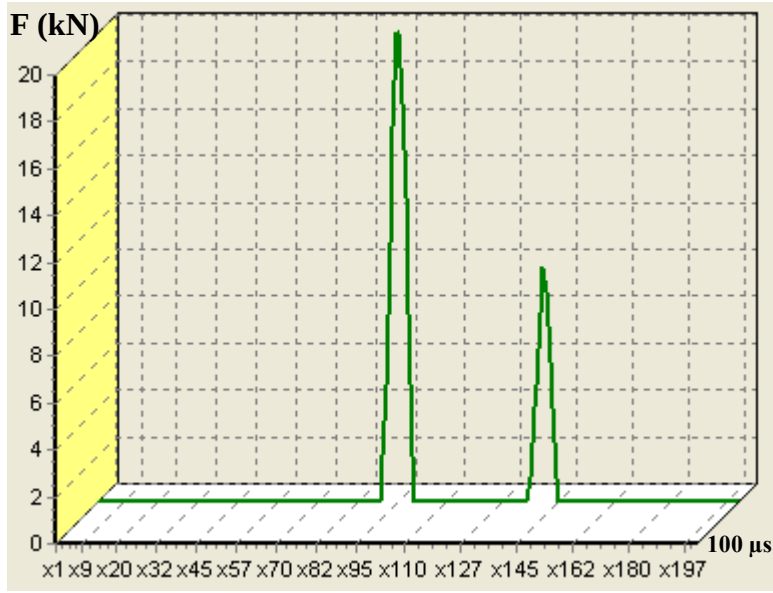
Ek 3.5. 150°C 'de fikse edilmiş nihai eni 160 cm olan 10 mm kalınlıktaki kumaşın 25 J darbe enerji seviyesinde ivme- zaman grafiği



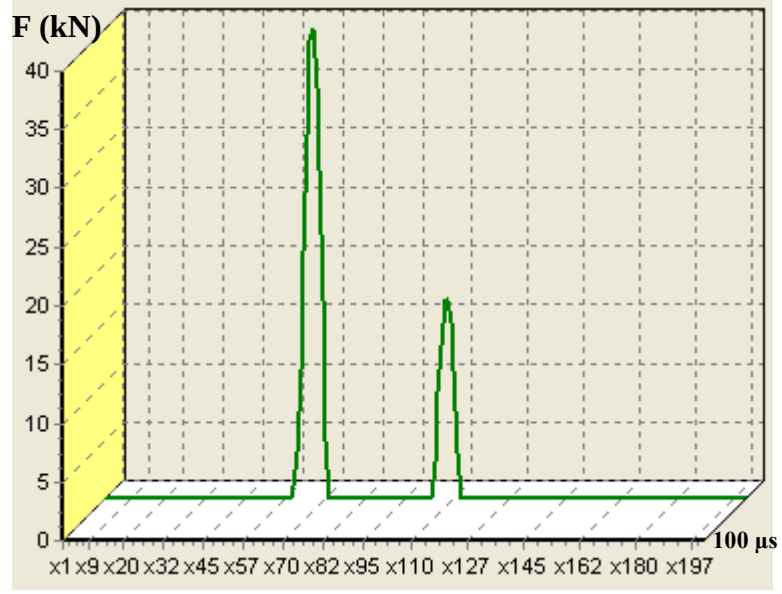
Ek 3.6. 150°C 'de fikse edilmiş nihai eni 160 cm olan 10 mm kalınlıktaki kumaşın 25 J darbe enerji seviyesinde aktarılan kuvvet- zaman grafiği



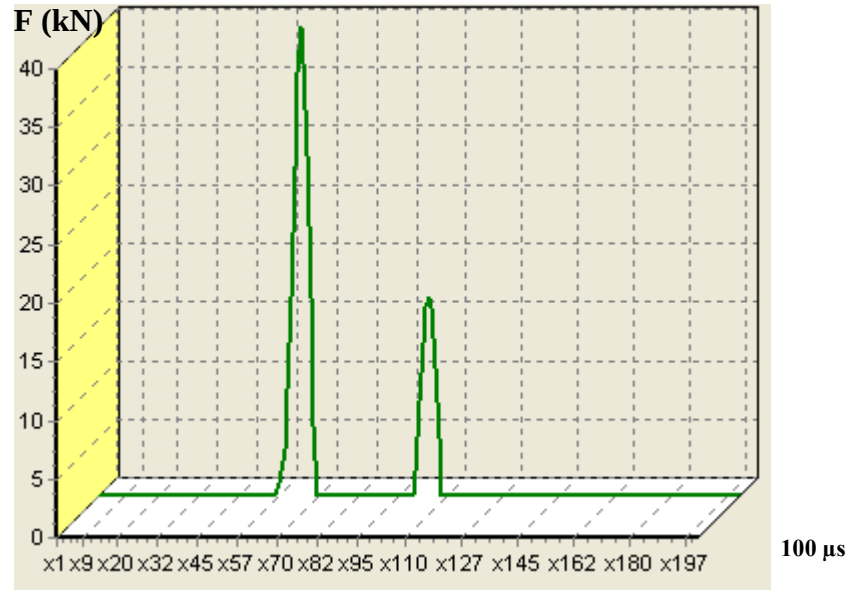
Ek 3.7. 150⁰C’de fikse edilmiş nihai eni 160 cm olan 10 mm kalınlıktaki kumaşın 12,5 J darbe enerji seviyesinde ivme- zaman grafiği



Ek 3.8. 150⁰C’de fikse edilmiş nihai eni 160 cm olan 10 mm kalınlıktaki kumaşın 12,5 J darbe enerji seviyesinde aktarılan kuvvet- zaman grafiği

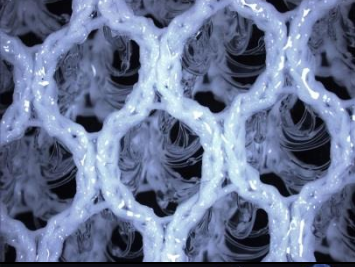
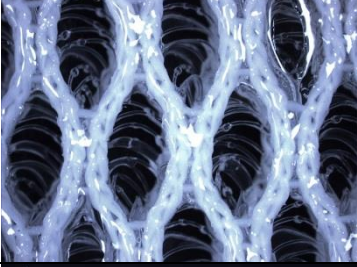
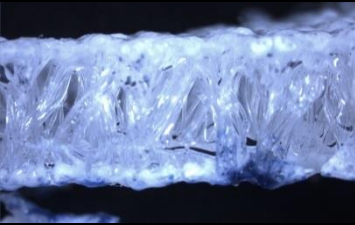
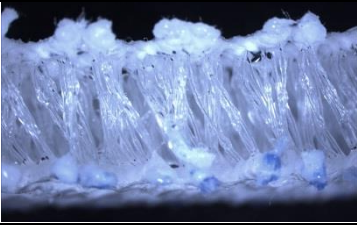
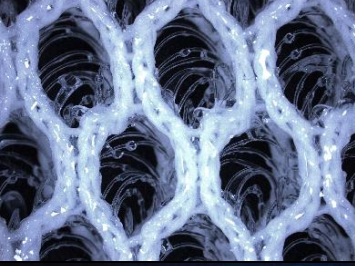
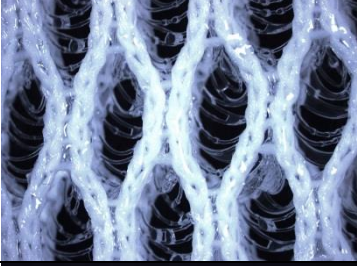
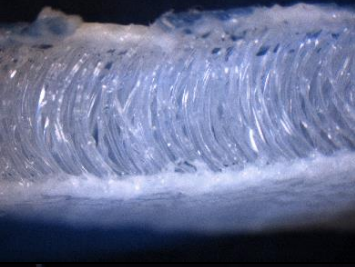
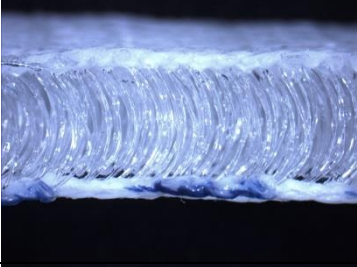
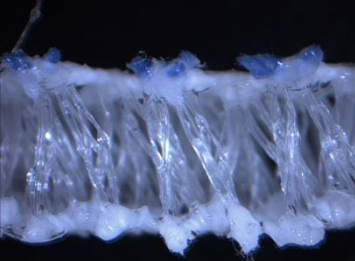
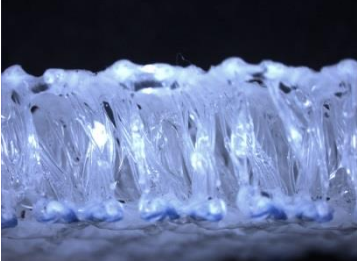


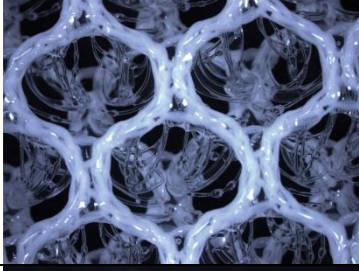
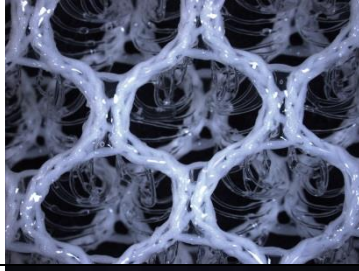
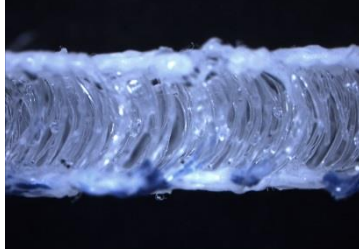
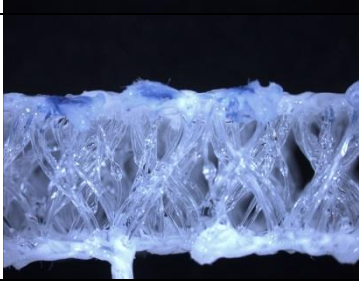
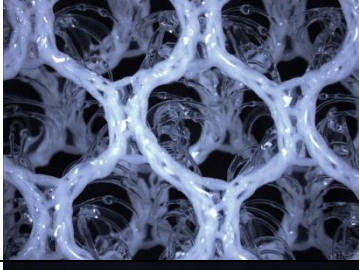
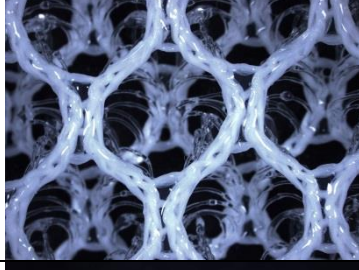
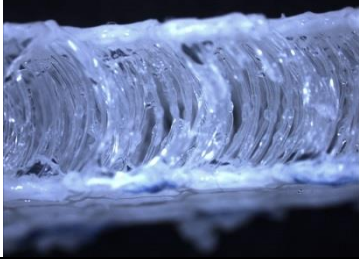
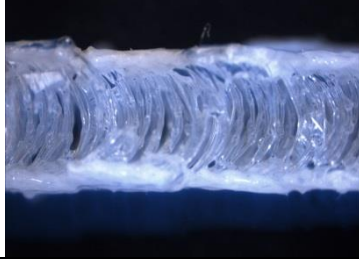
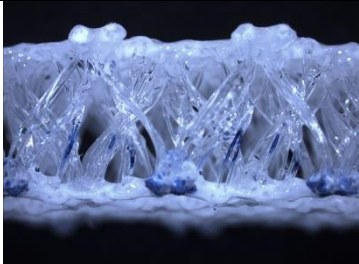
Ek 3.9. 150⁰C’de fikse edilmiş nihai eni 160 cm olan 10 mm kalınlıktaki iki kat kumaşın 50 J darbe enerji seviyesinde aktarılan kuvvet- zaman grafiği

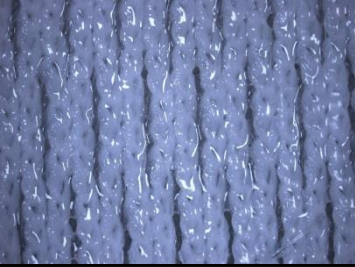
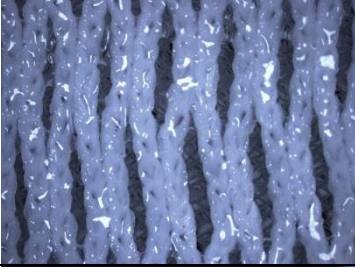
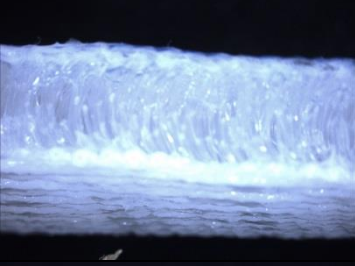
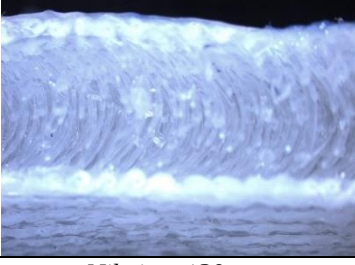
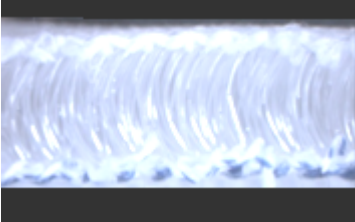


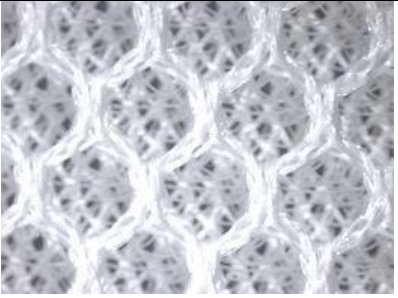
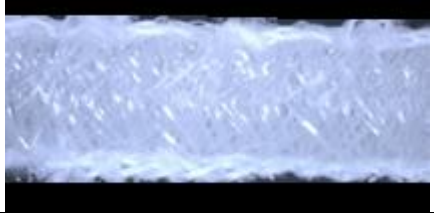
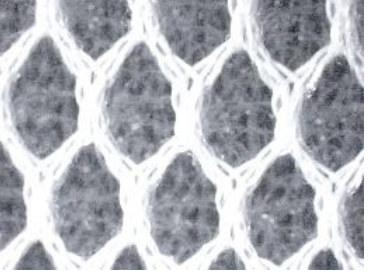
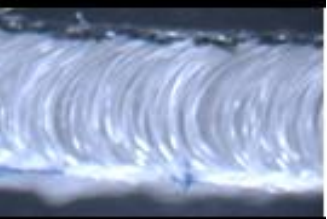
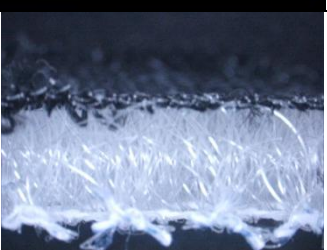
Ek 3.10. 150⁰C’de fikse edilmiş nihai eni 160 cm olan 10 mm kalınlıktaki üç kat kumaşın 50 J darbe enerji seviyesinde aktarılan kuvvet- zaman grafiği

Ek 4 Kaplanmış Sandviç Kumaşların Mikroskopik Görünümleri

	Nihai en:110 cm, Fiksaj Sıc. 150°C, Kalınlık 10 mm	Nihai en:160 cm, Fiksaj Sıc. 150°C, Kalınlık 10 mm
Yüzey görünümü (İki yüzeyi delikli)		
Sıra yönünde enine kesit görünümü		
Çubuk yönünde enine kesit görünümü		
	Nihai en:110 cm, Fiksaj Sıc. 180°C, Kalınlık 10 mm	Nihai en:160 cm, Fiksaj Sıc. 180°C, Kalınlık 10 mm
Yüzey görünümü (İki yüzeyi delikli)		
Sıra yönünde enine kesit görünümü		
Çubuk yönünde enine kesit görünümü		

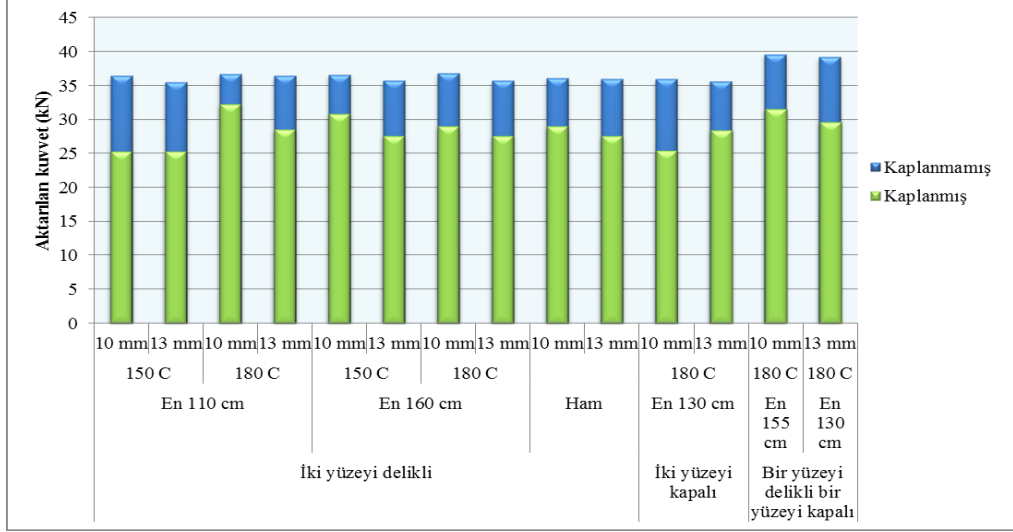
	Nihai en:110 cm, Fiksaj Sıc. 150°C, Kalınlık 13 mm		Nihai en:160 cm, Fiksaj Sıc. 150°C, Kalınlık 13 mm	
Yüzey görünümü (İki yüzeyi delikli)				
Sıra yönünde enine kesit görünümü				
Çubuk yönünde enine kesit görünümü				
	Nihai en:110 cm, Fiksaj Sıc. 180°C, Kalınlık 13 mm		Nihai en:160 cm, Fiksaj Sıc. 180°C, Kalınlık 13 mm	
Yüzey görünümü (İki yüzeyi delikli)				
Sıra yönünde enine kesit görünümü				
Çubuk yönünde enine kesit görünümü				

	Nihai en: 60 cm, Ham, Kalınlık 10 mm		Nihai en: 60 cm, Ham, Kalınlık 13 mm	
Yüzey görünümü (İki yüzeyi delikli)				
Sıra yönünde enine kesit görünümü				
Çubuk yönünde enine kesit görünümü				
	Nihai en:130 cm, Fiksaj Sıc. 180°C, Kalınlık 10 mm		Nihai en:130 cm, Fiksaj Sıc. 180°C, Kalınlık 13 mm	
Yüzey görünümü (İki yüzeyi kapalı)				
Sıra yönünde enine kesit görünümü				
Çubuk yönünde enine kesit görünümü				

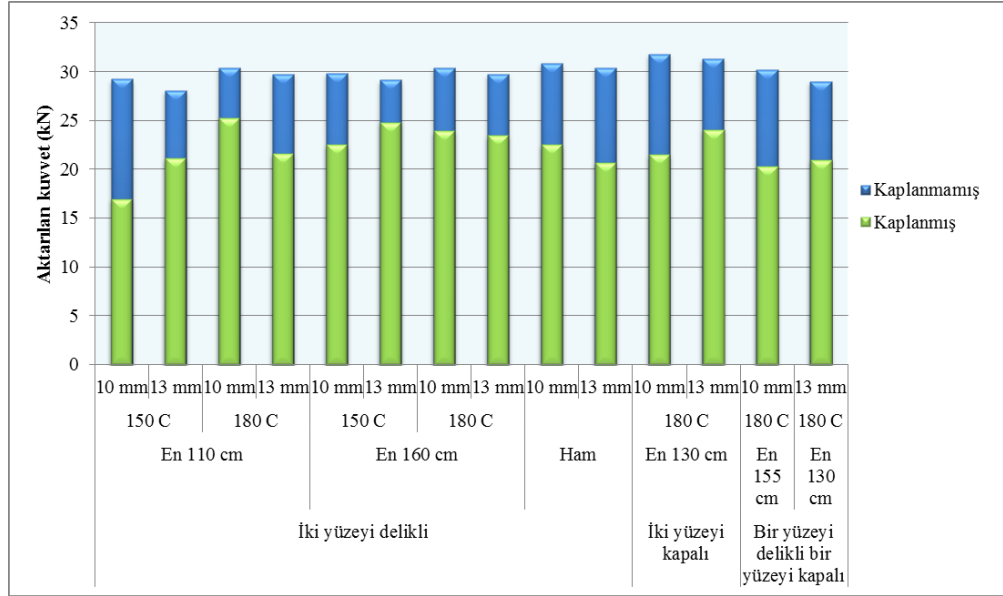
	Nihai en:155 cm, Fiksaj Sıc. 180°C, Kalınlık 10 mm	
	Ön yüzey	Arka yüzey
Yüzey görünümü		
Sıra yönünde enine kesit görünümü		
Çubuk yönünde enine kesit görünümü		
	Nihai en:130 cm, Fiksaj Sıc. 180°C, Kalınlık 13 mm	
	Ön yüzey	Arka yüzey
Yüzey görünümü		
Sıra yönünde enine kesit görünümü		
Çubuk yönünde enine kesit görünümü		

Ek 5 Kaplanmış Kumaşların Farklı Enerji Seviyelerinde Aktarılan Kuvvet ile Absorbe Edilen Enerji Grafikleri ve İstatistiksel Değerlendirmeleri

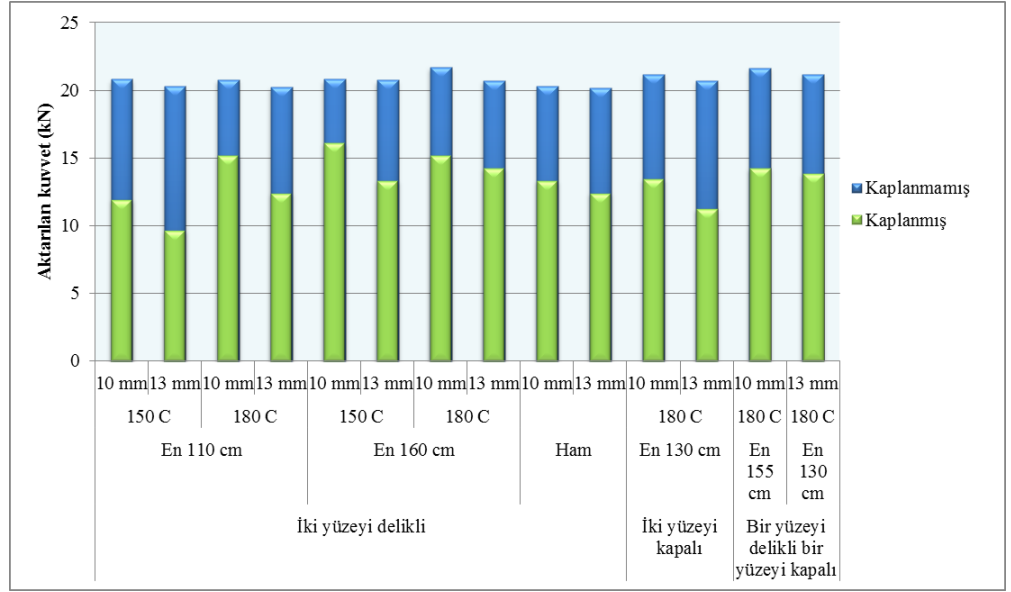
Aktarılan kuvvet



Ek 5.1. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 37,5 J darbe enerjisinde aktarılan kuvvet değerleri



Ek 5.2. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 25 J darbe enerjisinde aktarılan kuvvet değerleri



Ek 5.3. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 12,5 J darbe enerjisinde aktarılan kuvvet değerleri

Ek 5.4. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 37,5 J darbe enerjisinde aktarılan kuvvet değerlerinin istatistiksel değerlendirilmesi

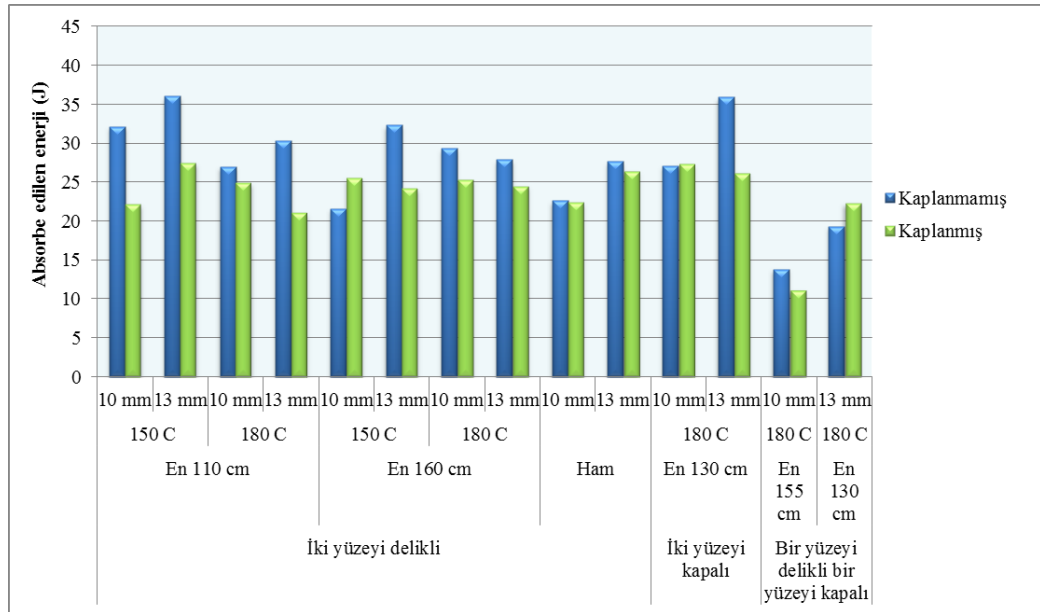
Yüzey yapısı	Nihai En (cm)	Fiksaj Sıcaklığı (°C)	Kalınlık (mm)	Kaplama	F	Serbestlik derecesi	P değeri
İki yüzeyi delikli	110	150	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	5,753	8	,000
	110	150	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	4,966	8	,000
	110	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	3,990	8	,000
	110	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	9,433	4,321	,000
	160	150	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	5,598	8	,000
	160	150	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	4,246	8	,000
	160	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	6,967	4,015	,000
	160	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	2,632	8	,000
	60	Ham	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	12,16	4,059	,000
	60	Ham	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	4,287	8	,000
İki yüzeyi kapalı	130	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	3,254	8	,000
	130	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	2,125	8	,000
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	155	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	6,171	4,383	,000
	130	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	7,443	4,340	,000

Ek 5.5. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 25 J darbe enerjisinde aktarılan kuvvet değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi

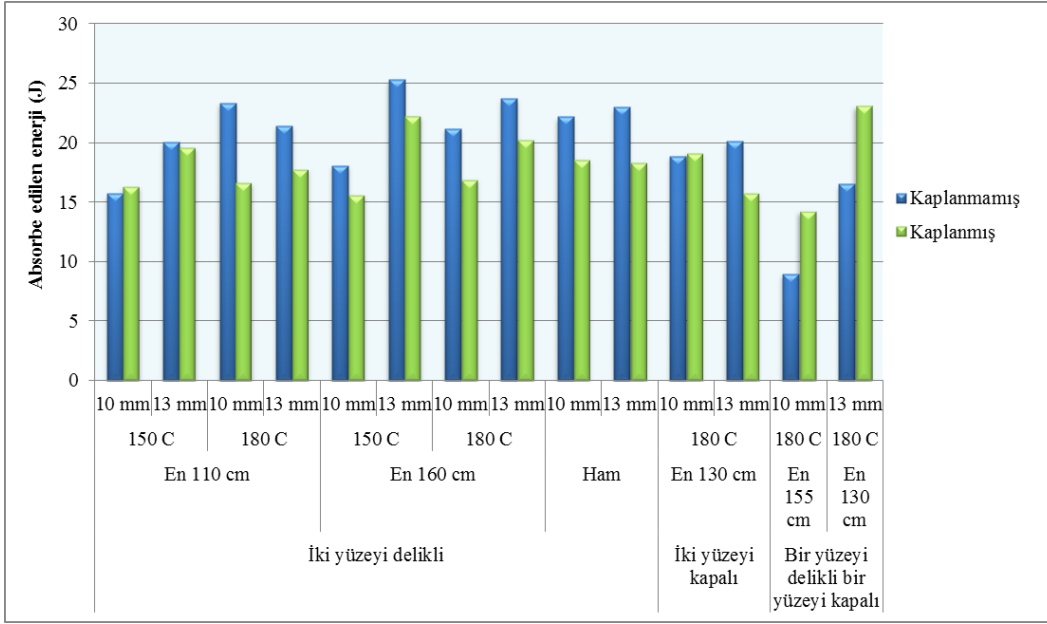
Yüzey yapısı	Nihai En (cm)	Fiksaj Sıcaklığı (°C)	Kalınlık (mm)	Kaplama	F	Serbestlik derecesi	p değeri
İki yüzeyi delikli	110	150	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	5,090	8	,000
	110	150	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	3,373	8	,000
	110	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	4,526	8	,000
	110	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	3,605	8	,000
	160	150	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	6,043	4,258	,000
	160	150	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	2,127	8	,000
	160	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	3,344	8	,000
	160	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	2,632	8	,000
	60	Ham	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	1,356	8	,000
	60	Ham	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	3,420	8	,000
İki yüzeyi kapalı	130	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	2,402	8	,000
	130	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	6,367	8	,000
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	155	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	1,251	8	,000
	130	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	8,886	4,293	,000

Ek 5.6. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 12,5 J darbe enerjisinde aktarılan kuvvet değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi

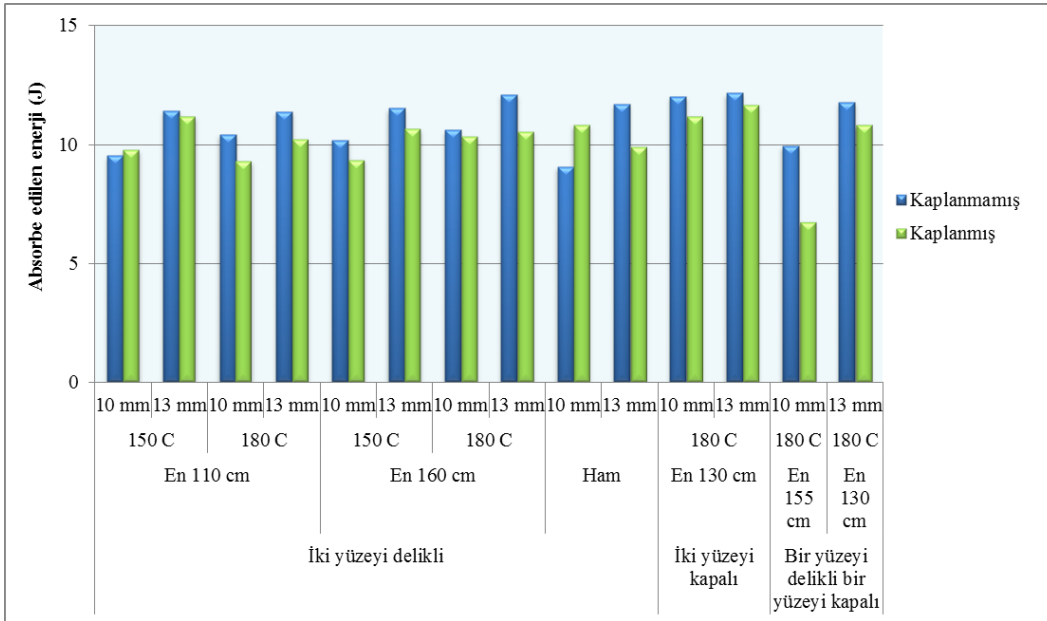
Yüzey yapısı	Nihai En (cm)	Fiksaj Sıcaklığı (°C)	Kalınlık (mm)	Kaplama	F	Serbestlik derecesi	p değeri
İki yüzeyi delikli	110	150	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	3,311	8	,000
	110	150	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	,025	8	,000
	110	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	9,357	8	,000
	110	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	5,765	4,161	,000
	160	150	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	5,725	4,732	,000
	160	150	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	3,674	8	,000
	160	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	,368	8	,000
	160	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	4,570	8	,000
	60	Ham	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	8,177	4,032	,000
	60	Ham	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	3,582	8	,000
İki yüzeyi kapalı	130	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	2,909	8	,000
	130	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	7,273	4,152	,000
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	155	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	9,092	4,395	,000
	130	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	6,933	8	,000



Ek 5.7. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 37,5 J darbe enerjisinde absorbe edilen enerji değerleri



Ek 5.8. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 25 J darbe enerjisinde absorbe edilen enerji değerleri



Ek 5.9. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 12,5 J darbe enerjisinde absorbe edilen enerji değerleri

Ek 5.10. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 37,5 J darbe enerjisinde absorbe edilen enerji değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi

Yüzey yapısı	Nihai En (cm)	Fiksaj Sıcaklığı (°C)	Kalınlık (mm)	Kaplama	F	Serbestlik derecesi	P değeri
İki yüzeyi delikli	110	150	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	6,000	4,684	,000
	110	150	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	1,954	8	,000
	110	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	3,200	8	,000
	110	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	6,532	4,011	,001
	160	150	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	,797	8	,000
	160	150	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	,178	8	,000
	160	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	,444	8	,000
	160	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	8,036	4,108	,000
	60	Ham	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	4,125	8	,015
	60	Ham	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	3,664	8	,000
İki yüzeyi kapalı	130	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	5,062	8	,021
	130	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	1,363	8	,000
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	155	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	2,532	8	,000
	130	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	2,950	8	,000

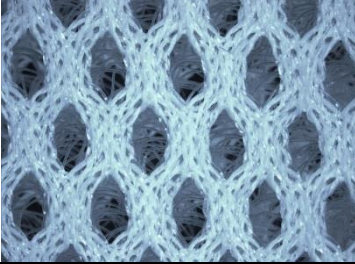
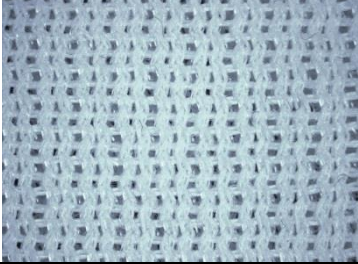
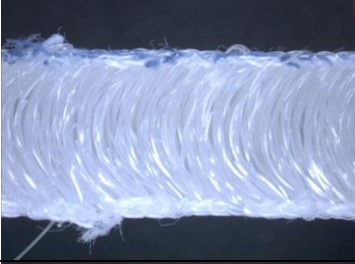
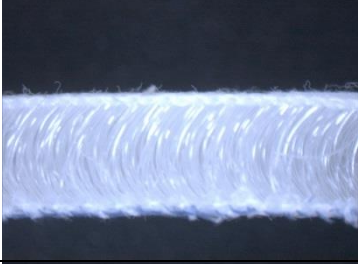
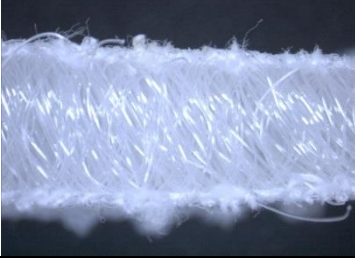
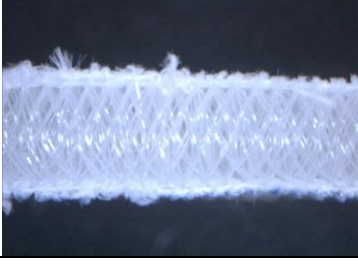
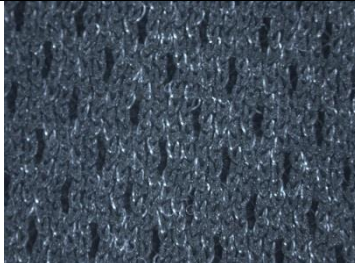
Ek 5.11. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 25 J darbe enerjisinde absorbe edilen enerji değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi

Yüzey yapısı	Nihai En (cm)	Fiksaj Sıcaklığı (°C)	Kalınlık (mm)	Kaplama	F	Serbestlik derecesi	p değeri
İki yüzeyi delikli	110	150	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	2,917	8	,000
	110	150	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	1,364	8	,000
	110	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	5,378	4,450	,000
	110	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	,273	8	,000
	160	150	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	,290	8	,000
	160	150	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	1,386	8	,000
	160	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	4,748	8	,000
	160	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	1,170	8	,000
	60	Ham	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	8,865	4,445	,000
	60	Ham	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	8,421	4,425	,000
İki yüzeyi kapalı	130	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	,043	8	,015
	130	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	3,216	8	,000
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	155	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	,573	8	,000
	130	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	6,587	4,329	,000

Ek 5.12. Kaplanmış ve kaplanmamış kumaşların 12,5 J darbe enerjisinde absorbe edilen enerji değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi

Yüzey yapısı	Nihai En (cm)	Fiksaj Sıcaklığı (°C)	Kalınlık (mm)	Kaplama	F	Serbestlik derecesi	p değeri
İki yüzeyi delikli	110	150	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	,122	8	,000
	110	150	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	3,653	8	,000
	110	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	6,877	4,229	,000
	110	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	4,947	8	,010
	160	150	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	,619	8	,000
	160	150	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	4,347	8	,000
	160	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	8,704	4,223	,028
	160	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	6,136	4,524	,000
	60	Ham	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	12,544	4,061	,388
	60	Ham	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	1,955	8	,000
İki yüzeyi kapalı	130	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	11,404	4,081	,000
	130	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	8,818	4,17	,003
Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı	155	180	10	Kaplanmış & Kaplanmamış	5,257	8	,000
	130	180	13	Kaplanmış & Kaplanmamış	4,722	8	,000

Ek 6 Temin Edilen Karşılaştırma Numunelerinin Mikroskopik Görünümleri

	İki yüzeyi delikli kumaş		İki yüzeyi kapalı kumaş	
Yüzey görünümü				
Sıra yönünde enine kesit görünümü				
Çubuk yönünde enine kesit görünümü				
	Bir yüzeyi delikli bir yüzeyi kapalı kumaş			
	Ön yüzey		Arka yüzey	
Yüzey görünümü				
Sıra yönünde enine kesit görünümü				
Çubuk yönünde enine kesit görünümü				

