



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



NEGATİF POISSON ORANINA SAHİP (AUXETIC) DÜZ ÖRME YAPILARIN PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Yüksek Lisans Tezi

Ecenur ÖNDER

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

İzmir
2023

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**NEGATİF POİSSON ORANINA SAHİP (AUXETIC)
DÜZ ÖRME YAPILARIN PERFORMANS
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Ecenur ÖNDER

Danışman : Doç. Dr. Gözde ERTEKİN

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı
Tekstil Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

İzmir
2023

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Negatif Poisson Oranına Sahip (Auxetic) Düz Örme Yapıların Performans Özelliklerinin İncelenmesi” 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.

26/12/2023

Ecenur ÖNDER

ÖZET**NEGATİF POISSON ORANINA (AUXETIC) SAHİP DÜZ ÖRME
YAPILARIN PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

ÖNDER, Ecenur

Yüksek Lisans Tezi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gözde ERTEKİN

Aralık 2023, 98 sayfa

Bu çalışmada, düz örme makinelerinde farklı materyaller kullanılarak farklı örgü konstrüksiyonlarında negatif poisson oranına sahip (auxetic) örme kumaşların geliştirilmesi ve geliştirilen bu kumaş yapılarının özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda öncelikle temin edilen ipliklerden helis oksetik iplikler üretilmiş ve poisson oran (PR) ölçümleri yapılmıştır. Hem temin edilen iplikler hem de üretilen helis oksetik ipliklerle çeşitli örgü konstrüksiyonlarında 47 tip örme kumaş üretilmiştir. Üretilen kumaşların PR ölçümleri yanı sıra gramaj, kalınlık, sıkıştırılabilme dayanım özellikleri de test edilmiştir. Son aşamada ise oksetiklik özelliği yüksek olan seçilen kumaşların karşılaştırmalı değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda elastik iplik içermeyen enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen PA6 kumaş ile kısmi elastan oranlı S24Ç12 PA6 kumaşların yüksek NPR, düşük gramaj ve kalınlık ile yüksek sıkıştırılma dayanımı istenilen kullanım alanları için uygun olacağı belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Düz örme tekniği, negatif poisson oranı, oksetiklik, performans özellikleri.



ABSTRACT**AN INVESTIGATION ON PERFORMANCE PROPERTIES OF
FLAT KNITTED AUXETIC TEXTILES**

ÖNDER, Ecenur

MSc in Textile Eng.

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Gözde ERTEKİN

December 2023, 98 pages

In this study, it is aimed to develop flat knitted auxetic fabrics in various knitting structures by using different materials and to determine the structural properties of these produced fabrics. In this case, firstly, helical auxetic yarns were produced by using different types of yarns and the poisson ratio of these yarns was measured. Subsequently, a total of 47 fabric types were knitted using individually conventional and helical auxetic yarns in different knitted structures. In addition to calculation of poisson ratio, weight, thickness and compression resistance properties of the fabrics were also measured. Consequently, a comparative evaluation of the fabrics which exhibits higher auxetic behaviour was also actualized. The results revealed that, auxetic polyamide fabric formed with the arrangement of face and reverse loops in horizontal and vertical stripes and foldable structure (S24Ç12) containing elasthane with partial elasthane ratio can be preferable for the application areas where higher negative poisson ratio and compression resistance and also lower weight and thickness are required.

Keywords: Flat knitting technique, negative poisson ratio, auxetic behaviour, performance properties.

ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tezi kapsamında, düz örme makinelerinde farklı materyaller kullanılarak farklı örgü konstrüksiyonlarında negatif poisson oranına sahip (auxetic) örme kumaşların geliştirilmesi ve geliştirilen bu kumaş yapılarının özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda öncelikle temin edilen ipliklerden helis oksetik iplikler üretilmiş ve poisson oran (PR) ölçümleri yapılmıştır. Hem temin edilen iplikler hem de üretilen helis oksetik ipliklerle çeşitli örgü konstrüksiyonlarında örme kumaşlar üretilmiştir. Üretilen kumaşların PR ölçümleri yanı sıra gramaj, kalınlık, sıkıştırılabilme dayanım özellikleri de test edilmiştir. Son aşamada ise yüksek oksetiklik özelliğe sahip olan kumaşların karşılaştırmalı değerlendirilmesi yapılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucu yüksek oksetiklik özelliği yanı sıra düşük gramaj, kalınlık ve yüksek sıkıştırılabilme dayanımı gösteren kumaş konstrüksiyonları ve materyalleri belirlenmiştir.

İZMİR

26/12/2023

Ecenur ÖNDER



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ	x
1. GİRİŞ	1
2. OKSETİK MALZEMELER	2
2.1. Poisson Oranının Tanımı	2
2.2. Oksetik Malzemelerin Tanımlanması.....	2
2.3. Oksetik Malzemelerin Davranışları.....	4
2.4. Oksetik Malzemelerin Prensipleri	7
2.4.1. Girintili yapılar	7
2.4.2. Kiral yapılar.....	8
2.4.3. Döner yapılar	9
2.4.4. Fibril- nodül yapılar.....	10
2.4.5. Sıvı kristal model	10
2.4.6. Açılı katlı laminatlar.....	11
2.5. Oksetik Tekstil Yapıları.....	12
2.5.1. Oksetik polimerik malzemeler	13
2.5.2. Oksetik lifler ve iplikler.....	14
2.5.3. Oksetik kumaşlar	14
2.6. Oksetik Tekstil Yapılarının Kullanım Alanları	21
2.7. Tez Çalışmasının Amacı.....	24
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	25
3.1. Oksetik İpliklerle İlgili Yapılmış Çalışmalar.....	25
3.2. Oksetik Örme Kumaşlarla İlgili Yapılmış Çalışmalar.....	28
4. MATERYAL – METOT.....	33
4.1. Materyal.....	33
4.1.1. Kullanılan lifler ve iplikler	33
4.1.2. Helis oksetik ipliklerin üretimi	33
4.1.3. Oksetik kumaşların üretimi	34

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.2. Metot.....	43
4.2.1. İplik kopma mukavemeti ve kopma uzaması	43
4.2.2. Gramaj	44
4.2.3. Kalınlık.....	44
4.2.4. Sıkıştırılma dayanımı	45
4.2.5. Oksetiklik etkisi (Poisson oranı (PR)).....	45
4.2.6. İstatistiksel değerlendirme.....	50
5. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME	51
5.1. Bulgular	51
5.2. Değerlendirme	55
5.2.1. Temin edilen ipliklerin ölçümlerinin değerlendirilmesi	56
5.2.2. Helis oksetik ipliklerin PR değerlerinin incelenmesi.....	57
5.2.3. PR ölçüm yöntemlerinin değerlendirilmesi	59
5.2.4. Helis oksetik ipliklerden üretilen hortum örgülerin PR ve performans özelliklerinin değerlendirilmesi	60
5.2.5. Ok başı şeklindeki girintili örgü yapısındaki değişimin etkisinin incelenmesi	62
5.2.6. Elastik iplik kullanımının ve kullanım oranının etkisinin incelenmesi.....	65
5.2.7. Materyal ve örgü tipi değişiminin elastik iplik içermeyen kumaşlara etkisinin incelenmesi	68
5.2.8. Materyal ve örgü tipi değişiminin kısmi elastan oranında elastik iplik içeren kumaşlara etkisinin incelenmesi	72
5.2.9. Helis oksetik iplikler ile oksetiklik gösteren örgü tipinin birlikte etkisinin incelenmesi	75
5.2.10. Yüksek oksetiklik özelliğe sahip seçilen kumaşların özelliklerinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi	78
6. SONUÇ VE TARTIŞMA	83
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	87

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

TEŞEKKÜR	97
ÖZGEÇMİŞ	98
EKLER	



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Pozitif poisson oranına sahip malzemelerin davranışları.	2
2.2. Negatif poisson oranına sahip malzemelerin davranışları.	3
2.3. Girinti direnci (a) Konvansiyonel tekstil, (b) Oksetik malzemeler	5
2.4. (a) Antiklastik eğrilik, (b) Sinklastik eğrilik davranışı.	6
2.5. Konvansiyonel ve oksetik membran filtre yapıları.	6
2.6. (a) Birleştirilmiş girintili yapı, (b) Kiral yapı, (c) Döner kareler yapısı.	7
2.7. Oksetik girintili yapı örnekleri (a) Balpeteği, (b) Çift ok başı, (c) Yıldız.	7
2.8. Oksetik girintili diğer yapı örnekleri.	8
2.9. Kiral yapıların; a) Başlangıç, b) Yük altında görünümü	8
2.10. Diğer kiral yapı örnekleri.	9
2.11. Döner yapılar (a) Üçgen, (b) Kare, (c) Dikdörtgen	9
2.12. Gerdirme sonrası döner yapılar	10
2.13. (a) Sıkıştırmadan önce, (b) Sıkıştırmadan sonra nodül ve fibril modeli.	10
2.14. (a) Sıkıştırmadan önce, (b) Sıkıştırmadan sonra sıvı kristal model.	11
2.15. Çubuk modeli ve açılı katlı laminat örneği.	11
2.16. (a, b) Oksetik iplik, (c) Oksetik dokuma kumaş, (d) Oksetik kompozit.	12
2.17. Helis oksetik ipliğin a) Gerilimsiz ve b) Yük altındaki görünümü	14
2.18. a) Oksetik ipliklerle üretilen oksetik dokuma kumaş yapısı, b) Başlangıç pozisyonunda kumaş yapısının enine kesiti, c) Yük altında enine kesit.	15
2.19. Oksetik dokuma kumaş ve örgü yapısı	15
2.20. Üçgen veya çift okbaşı şeklinde oksetik yapının (a) Serbest halde, (b) Kuvvet altında görüntüsü.	16
2.21. Elastik ile elastik olmayan alt yatırım iplikleri ile üretilen oksetik çözgü örme kumaş örnekleri	17
2.22. a) Oksetik sandviç kumaş, b) Kumaş yüzeylerindeki geometrik yapı, c) Tekrar eden birim.	18
2.23. (a) Üç boyutlu katlanabilir yapı, (b) Birim hücresi, (c) Örgü yapısı, (d) Gerdirildiğinde kumaşın görünümü.	18

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.24. Katlanabilir yapı örnekleri, a) Zigzag, (b) Dikdörtgen, (c) Çizgi.....	19
2.25. (a) Dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilmiş oksetik yapı, (b) Kumaş serbest haldeki görüntüsü, (c) Gerdirildiğinde kumaşın görüntüsü.	19
2.26. (a) Enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilmiş oksetik yapı, (b) Kumaş serbest haldeki görüntüsü, (c) Gerdirildiğinde kumaşın görüntüsü.	20
2.27. (a) Dikdörtgen birim hücrelerin döndürülmesi ile üretilmiş oksetik yapı, (b) Kumaş serbest haldeki görüntüsü, (c) Gerdirildiğinde kumaşın görüntüsü.	20
2.28. (a) Girintili altıgen şeklinde yapılardan türetilmiş oksetik yapı, (b) Kumaş serbest haldeki görüntüsü, (c) Gerdirildiğinde kumaşın görüntüsü.....	21
2.29. (a) Yalancı girintili altıgen şeklinde yapıdan türetilmiş oksetik yapı, (b) Kumaş serbest haldeki görüntüsü, (c) Gerdirildiğinde kumaşın görüntüsü	21
2.30. Oksetik yapıların dirseklik, koruyucu ped ve dizlik uygulama örnekleri....	22
2.31. Akıllı bandaj (a) Yara üstüne yerleştirilen bandaj, (b) Yaranın şişmesi sonucu oksetik bandajın genişlemesi, (c) Şişliğin inmesi sonucu bandajın ilk haline dönmesi.....	23
2.32. Oksetik giysinin ölçü uyumu.	24
3.1. Helis oksetik iplikler, a) 4 katlı, b) 6 katlı.	26
3.2. Saç örgü oksetik iplik (braided auxetic yarn (BAY)) üretimi.	27
3.3. (a) Konvansiyonel altıgen ağ yapısı, (b) Oksetik altıgen ağ yapısı.	29
3.4. Aynı çekim silindir ayarında farklı materyallerden ilmek iplik uzunluğu (a) 10,0 mm, (b)11,0 mm olarak örülmüş oksetik kumaşlar.	30
3.5. Miura-ori hücresinin geometrisi ve yapısal parametreleri.	32
4.1. DirecTwist® makinesinde kaplama metoduyla iplik üretimi.	33
4.2. Helis oksetik ipliklerin mikroskop altındaki görünimleri (a) Poliester, (b) Polipropilen, (c) Poliamid 6, (d) Pamuk.	34
4.3. Shima Seiki NSSG 122 SV bilgisayarlı düz örme makinesi.	35
4.4. Hortum örgü yapısı (a) Desen programı görüntüsü ve (b) Kumaş görünüşü.	35

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.5. (a) Yarı elastan ve (b) Kısmi elastan içeren kumaşların desen rapor örneği .	38
4.6. Lyod Instruments kopma mukavemeti test cihazı.	44
4.7. SDL Atlas dijital kalınlık ölçüm cihazı.	44
4.8. Wira Digital Thickness Gauge ölçüm cihazı.	45
4.9. Kuvvet altında malzemenin davranışı ve PR formülü.	46
4.10. Yuvarlak kesitli malzemenin kuvvet altında davranışı ve poisson oranı formülü.	47
4.11. (a) Zwick Roell Z010 cihazı, (b) Cihaza yerleştirilmiş numune görüntüsü.	48
4.12. (a) Gerdirmeden önce aparata takılmış kumaş örneği, (b) Gerdirildikten sonra kumaşın görüntü örneği.	49
4.13. (a)Tüp formunda üretilen kumaşların oksetiklik etkisi ölçümünde kullanılan farklı çaplara sahip silindir aparatlar, (b) Silindir aparatı üzerine yerleştirilmiş tüp formundaki kumaşın görüntü örneği.	50
5.1. Temin edilen ipliklerin kopma mukavemeti ölçüm sonuçları.	56
5.2. Temin edilen ipliklerin kopma uzaması ölçüm sonuçları.	57
5.3. Helis oksetik ipliklerin mikroskop altındaki çap ölçüm görüntüleri (a) Poliester, (b) Polipropilen, (c) Poliamid 6, (d) Pamuk.	57
5.4. Üretilen helis oksetik ipliklerin %5, 10 ve 15 uzama altında hesaplanan PR değerleri.	58
5.5. Zwick Roell R010 mukavemet cihazında ve yatay ölçüm düzeneğinde %5 uzama altında ölçülen PR değerleri.	60
5.6. HAY ipliklerden örülmüş hortum kumaşların gramaj değerleri.	61
5.7. HAY ipliklerden örülmüş hortum kumaşların kalınlık değerleri.	62
5.8. HAY ipliklerden örülmüş hortum kumaşların sıkıştırılma dayanımı değerleri.	62
5.9. Ok başı şeklindeki girintili kumaşların %5 uzama altında PR ölçüm sonuçları.	63
5.10. Ok başı şeklindeki girintili kumaşların gramaj ölçüm sonuçları.	64
5.11. Ok başı şeklindeki girintili kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları.	64
5.12. Ok başı şeklindeki girintili kumaşların sıkıştırılma dayanımı ölçüm sonuçları.	65
5.13. Elastik iplikli ok başı şeklinde girintili kumaşların %5 uzama altında PR ölçüm sonuçları.	66

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.14. Elastik iplikli ok başı şeklinde girintili kumaşların gramaj ölçüm sonuçları.....	67
5.15. Elastik iplikli ok başı şeklinde girintili kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları.....	67
5.16. Elastik iplikli ok başı şeklinde girintili kumaşların sıkıştırılma dayanımı ölçüm sonuçları.....	68
5.17. Elastik iplik içermeyen seçilen kumaşların %5 uzama altında PR ölçüm sonuçları.....	69
5.18. Elastik iplik içermeyen seçilen kumaşların gramaj ölçüm sonuçları.....	70
5.19. Elastik iplik içermeyen seçilen kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları.	71
5.20. Elastik iplik içermeyen seçilen kumaşların sıkıştırılma dayanımı ölçüm sonuçları.....	71
5.21. Kısmi elastan oranlı elastik iplik içeren kumaşların %5 uzama altında PR ölçüm sonuçları.....	72
5.22. Kısmi elastan oranlı elastik iplik içeren kumaşların gramaj ölçüm sonuçları.	73
5.23. Kısmi elastan oranlı elastik iplik içeren kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları.	74
5.24. Kısmi elastan oranlı elastik iplik içeren kumaşların sıkıştırılma dayanımı ölçüm sonuçları.....	74
5.25. Helis oksetik iplikler ile üretilen oksetiklik gösteren kumaşların %5 uzama altında PR ölçüm sonuçları.....	76
5.26. Helis oksetik iplikler ile üretilen oksetiklik gösteren kumaşların gramaj ölçüm sonuçları.....	76
5.27. Helis oksetik iplikler ile üretilen oksetiklik gösteren kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları.....	77
5.28. Helis oksetik iplikler ile üretilen oksetiklik gösteren kumaşların sıkıştırılma dayanımı ölçüm sonuçları.....	78
5.29. Seçilen kumaşların %5 uzama altında PR ölçüm sonuçları	79
5.30. Seçilen kumaşların gramaj ölçüm sonuçları.	80
5.31. Seçilen kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları.....	81
5.32. Seçilen kumaşların sıkıştırılma dayanımı ölçüm sonuçları	82

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Bulunan ve üretilen bazı oksetik malzemeler (Wang and Hu, 2014).	4
4.1. Üretilen helis oksetik iplikler.....	34
4.2. Kumaş grubu 2’de üretilen oksetik kumaşlar.	36
4.3. Kumaş grubu 4’ de üretilen oksetik kumaşlar.	39
4.4. Kumaş grubu 5’de üretilen oksetik kumaşlar.	41
4.5. Çalışma kapsamında üretilen oksetik kumaş yapıları.....	42
5.1. Temin edilen ipliklerin kopma mukavemeti ve kopma uzaması ölçüm sonuçları.....	51
5.2. HAY’ların serbest halde ve %5, 10 ve 15 kuvvet altında uzatıldıklarında elde edilen kalınlık değerleri ve hesaplanan PR değerleri.	52
5.3. Seçilen kumaşların iki farklı yöntemle %5 kuvvet altında uzatıldıklarında ölçülen PR değerleri.	52
5.4. Üretilen kumaşların PR, gramaj, kalınlık ve sıkıştırılma dayanımı ölçüm sonuçları.....	53
5.5. Helis oksetik ipliklerin serbest haldeki çap ölçüm sonuçları.	58

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
<i>cm</i>	Santimetre
mm	Milimetre
ν	Poisson oranı
ε	Yüzde uzama
<u>Kısaltmalar</u>	
BAY	Saç örgü oksetik iplik (Braid auxetic yarn)
HAY	Helisel oksetik iplik (Helical auxetic yarn)
DHY	Sarmal (helisel) iplik
PES	Poliester
PP	Polipropilen
PA 6	Poliamid 6
Co	Pamuk
Gipe	G
NPR	Negatif poisson oranı (Negative Poisson's ratio)
PR	Poisson oranı (Poisson's ratio)

1. GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknoloji ve değişen tüketici beklentileri, tekstil sektöründe konvansiyonel ürünlere kıyasla fonksiyonel özelliklere sahip olan ürünlere talebin her geçen gün artmasına neden olmaktadır. Çalışmanın konusu olan negatif poisson oranına sahip (auxetic) yapılar da konvansiyonel materyallere göre daha üstün özelliklere sahip olan malzemelerdir ve bu özellikleri sayesinde çok çeşitli alanlarda kullanım imkanı bulmaktadırlar.

Günlük hayatta kullanılan ve en çok bilinen malzemelerin Poisson oranı pozitif değerlidir. Bu malzemeler için, bir eksenel doğrultuda uygulanan basma kuvveti sonucu bu doğrultuda kısalma (daralma) meydana gelmesi ve bu doğrultuya dik olan diğer doğrultu(lar)da ise uzama (genişlemenin) görülmesi (veya tersi) mantıksal olarak kabul edilen bir durumdur. Pozitif Poisson oranına sahip malzemelerin aksine davranış gösteren ve negatif poisson oranına sahip malzemeler olarak adlandırılan materyaller bir eksenel doğrultuda çekmeye maruz kaldıklarında bu doğrultuya dik doğrultu(lar)da uzama (genişleme) veya basmaya maruz kaldıklarında bu doğrultuya dik doğrultu(lar)da kısalma (daralma) eğilimi gösterirler. Bu yapı ve malzemeler literatürde “oksetik olarak adlandırılmaktadır.

Oksetik yapılar, pozitif poisson oranına sahip yapılara göre daha yüksek sertlik, daha iyi basma mukavemeti, yüksek şok emme kapasitesi, yüksek kırılma tokluğu, kayma modülü ve indentasyon direnci gösterirler. Bu yapıların bir başka özelliği ise hafif olmalarıdır. Oksetik malzemeler, sahip oldukları özellikleri sayesinde mevcut uygulamalarda geleneksel malzemelere yardımcı veya alternatif olarak kullanılabilmektedir. Bu yapılar, biyomedikal alanında, uzay, havacılık ve otomotiv alanında, koruyucu ve askeri amaçlı ekipmanlarda ve tekstil alanında uygulanma potansiyeline sahiptirler. Tekstil alanında; fonksiyonel kumaşlar, takviye fiberleri, iplikler, hava filtreleri, balık ağları, contalar, halatlar, perçinler, emniyet kemerleri, spor giysileri vb. alanlarda kullanılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında oksetik malzemeler, özellikleri ve tekstilde kullanım alanları ile oksetik materyallerle ilgili yapılmış çalışmalara detaylı olarak yer verilmiştir. Ayrıca düz örme makinelerinde farklı materyaller kullanılarak farklı örgü konstrüksiyonlarında negatif poisson oranına sahip (auxetic) örme kumaşların geliştirilmesi ve geliştirilen bu kumaş yapılarının özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. OKSETİK MALZEMELER

2.1. Poisson Oranının Tanımı

Poisson oranı malzemelerin davranışlarını yönlendiren parametrelerden biridir. Genel olarak elastik şekil değiştirme yeteneğine sahip izotropik ve anizotropik malzemeler için belirlenen ve malzemelerin çeşitli etkilere karşı boyutsal olarak gösterdiği davranışları temsil eden sayısal değerdir.

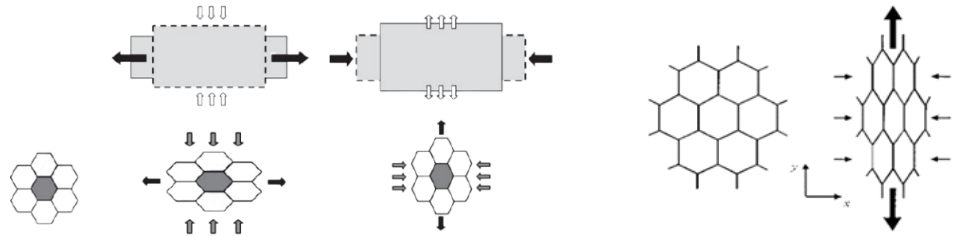
Poisson oranı; eksenel doğrultuda kuvvete maruz bırakılan malzemenin bu doğrultuya dik olan doğrultudaki birim şekil değiştirme miktarının, kuvvetin uygulandığı doğrultudaki birim şekil değiştirme miktarına oranının eksi işaretlisidir ve Eşitlik 1 ile hesaplanmaktadır (Evans, 1991; Liu and Hu, 2010; Sloan, Wright and Evans, 2011).

$$\nu = -\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x} = -\frac{\text{Yanaluzama}}{\text{Ekseneluzama}} \quad (1)$$

Bir malzemenin Poisson oranı, yükleme yönünde enine gerinmenin eksenel gerinime olan negatif oranı olarak tanımlanır (Wan et al., 2004). Genellikle, malzemeler pozitif Poisson oranına sahiptir; yani esnetmenin malzemeyi daha ince yapması ve sıkıştırmanın genişleme ile sonuçlanması beklenir (Liu and Hu, 2010).

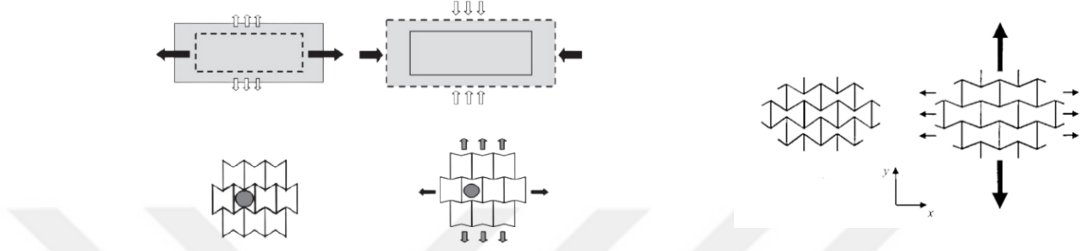
2.2. Oksetik Malzemelerin Tanımlanması

Günlük hayatta kullanılan malzemeler genellikle pozitif Poisson oranına sahiptir. Bu malzemelerde, eksenel bir doğrultuda uygulanan basma kuvveti sonucu bu doğrultuda daralma meydana gelmesi ve bu doğrultuya dik olan diğer doğrultularda uzamanın görülmesi mantıksal olarak kabul edilen bir durumdur (Şekil 2.1) (Evans, 1991; Liu and Hu, 2010).



Şekil 2.1. Pozitif Poisson oranına sahip malzemelerin davranışları (Wang and Hu, 2014).

Pozitif poisson oranına sahip malzemelerin tersine davranış gösteren ve negatif poisson oranına sahip malzemeler, eksenel bir doğrultuda çekildiklerinde bu doğrultuya dik doğrultulara uzama (genişleme) ya da basmaya maruz kaldıklarında bu doğrultuya dik doğrultularda kısılma (daralma) eğilimi gösteren materyallerdir (Evans, 1991; Evans et al., 1991; Lakes, 1987; Liu and Hu, 2010; Sloan, Wright and Evans, 2011). Bu yapı ve malzemeler literatürde “oksetik” olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Negatif poisson oranına sahip malzemelerin davranışları (Wang and Hu, 2014).

Polimerik ve metalik köpükler, polimerler, fiber takviyeli kompozit laminatlar ve petekler dahil olmak üzere çok çeşitli malzemeler oksetik formda üretilebilir. Bu tür malzemeler, gelişmiş kesme modülü, girinti direnci kırılma tokluğu ve senklastik eğrilik gibi gelişmiş mekanik özelliklere sahiptirler (Evans, 1991; Evans ve Alderson, 2000; Sloan, Wright and Evans, 2011). Bu özellik geliştirmelerinden yararlanmaya çalışan yeni bir oksetik malzeme sınıfı ise oksetik tekstil yapılarıdır (Alderson et al., 2012; Evans, 1991).

Bulunan ya da üretilen bazı oksetik malzemelerin negatif poisson oranları Çizelge 2.1’de sunulmuştur.

Çizelge 2.1. Bulunan ve üretilen bazı oksetik malzemeler (Wang and Hu, 2014).

Malzeme	Poisson oranı	Araştırmacı
Demir piriti	-0,14	Love, 1927
Poliüretan (PU) köpük	-0,70	Lakes, 1987
Silikat a-kristobalit	-0,50	Haeri, Weidner, Parise, 1992)
Zeolitler	-0,12	Grima et al., 2007
Politetrafloretilen (PTFE)	-12,00	Caddock and Evans,1989
Çok yüksek moleküler ağırlığa sahip polietilen (UHMWPE)	-19,00	Alderson and Evans, 1992
Karbon fiber laminatlar	-0,13	Evans, Donoghue, Alderson, 2004
Polipropilen (PP) lifi	-0,60	Alderson et al., 2002
Çift katlı helis iplik	-2,10	Miller et al., 2009
Çözümlü örme kumaş	-0,60	Ugbolue et al., 2010
Atkı örme kumaş	-0,50	Liu et al., 2010

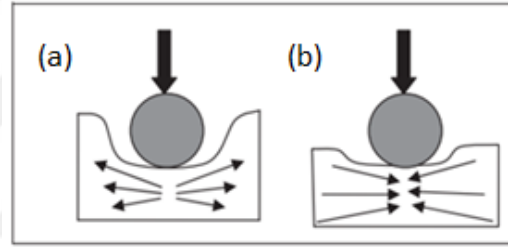
2.3. Oksetik Malzemelerin Davranışları

Son yıllarda, iyi mekanik özellikler, yüksek enerji emme kapasitesi ve nem iletimi vb. gibi avantajları sayesinde oksetik malzemeler giderek daha fazla ilgi görmektedir (Gao et al., 2020). Oksetik malzemelerin sahip olduğu özellikler aşağıda özetlenmiştir:

- Yüksek kayma modülü ve girinti (indentasyon) direnci,
- Yüksek basma dayanımı,
- Yüksek şok emme (darbe, ultrasonik ve sonik) kapasitesi,
- Hafif olması,
- Daha sert yapı göstermesi sayesinde yüksek kırılma tokluğu (Duncan et al. 2018),
- Yüksek sürtünme dayanımı,

- Akustik davranış göstermesi,
- Yüksek tutunma (arayüzey/matris) dayanımı
- Yüksek ısı darbe dayanımı
- Yüksek kopma mukavemetine sahiptirler. (Liu and Hu, 2010; Wang and Hu, 2014).

Girinti direnci, bir malzemeyi girintilemek için gereken yükün bir ölçüsüdür. Malzemeye kuvvet uygulandığında, kuvvet bölgeye dağılarak basınç azaltılır. Bu, konvansiyonel malzemelerin etki bölgesinde yoğunluğunun azalmasına neden olur. Oksetik malzemeler ise kuvvet uygulanan bölgede sıkıştığından bu bölgede yüksek yoğunluklu bir alan oluşturmaktadır ve böylece bu yapıların girinti (indentasyon) direnci daha yüksek olmaktadır. (Şekil 2.3) (Duncan et al. 2018; Wang and Hu, 2014).



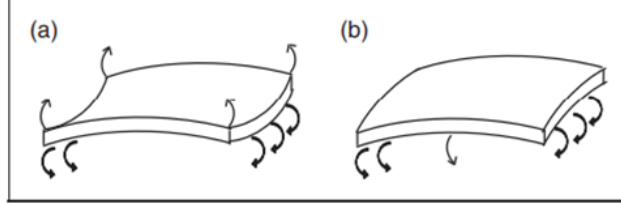
Şekil 2.3. Girinti direnci (a) Konvansiyonel tekstil, (b) Oksetik malzemeler (Wang and Hu, 2014).

Yüksek indentasyon direnci oksetik yapıların şok emilim özelliklerinin de daha yüksek olmasını sağlamaktadır. Darbe emici özellikleri sayesinde koltuk, minder gibi malzemelerde zamanla oluşan çökme etkisi önlenebilmektedir.

Oksetik materyaller, konvansiyonel malzemelere göre ultrasonik, akustik ve sönümlleme gibi enerji absorpsiyonunda üstünlük gösterirler. Scarpa ve diğerleri (2004), oksetik köpüklerin düşük frekanslarda konvansiyonel köpüklerden daha iyi ses emme kapasitesine sahip olabileceğini tespit etmişlerdir (Liu and Hu, 2010).

Sinklastik davranış, bir malzemenin bükülme kuvvetine maruz kaldığında, kubbe şeklini almasıdır (Şekil 2.4). Konvansiyonel malzemeler kuvvet altında gerilme ve sıkıştırılma gerilimine maruz kalırken antiklastik davranış, oksetik malzemeler uzatıldığında genişlemesi ve sıkıştırılan kısmın daralması sonucu kubbe oluştururken sinklastik davranış sergilemektedir (Wang and Hu, 2014). Sinklastik eğriliği olan kubbe benzeri şeklin daha az sayıda işleme adımı ve düşük

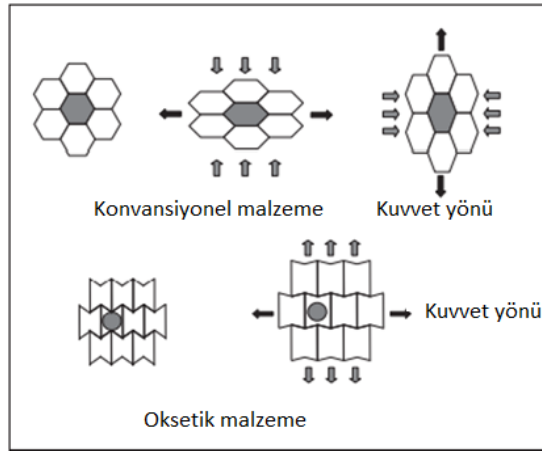
üretim maliyeti nedeniyle avantajlı olması beklenmektedir (Krishna et al., 2016; Naboni and Mirante, 2015). Sinklastik davranış ortopedik uygulamalar için avantaj sunan bir özelliktir ve bacak ile kollardaki eklem bölgesinin ve başın korunması için destek görevi görecektir daha hafif koruyucu aparatların üretilmesine imkan sunar (Can, 2017, Tiritoğlu, 2022).



Şekil 2.4. (a) Antiklastik eğrilik, (b) Sinklastik eğrilik davranışı (Wang and Hu, 2014).

Kırılma direnci (tokluğu), bir materyaldeki çatlakların yayılması için gereken enerji miktarıdır. Oksetik malzemelerde oluşan çatlakların yayılması için daha fazla enerji gerekir ve poisson oranı -1'e yaklaştıkça malzemenin çok sertleştiği yapılan araştırmalarda ortaya konulmuştur (Evans and Alderson, 2000; Mazaev, Ajeneza and Shitikova, 2020; Wang and Hu, 2014).

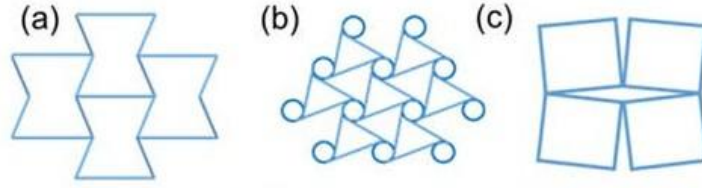
Oksetik malzemelerde değişken geçirgenlik özelliği, belirli bir yönde gerilme yükü uygulandığında genişlemeyi dolaylı olarak gözeneklerin boyutunun artması ile oluşur. Böylece kuvvet altında malzeme daha geçirgen hale gelir. Oksetik malzemelerin değişken geçirgenliği makro ölçekte nano ölçekli malzemelere kadar birçok alanda kullanılabilir (Şekil 2.5) (Alderson et al., 2000; Wang and Hu, 2014; Wang, Zulifqar and Hu, 2016).



Şekil 2.5. Konvansiyonel ve oksetik membran filtre yapıları (Uzun 2010).

2.4. Oksetik Malzemelerin Prensipleri

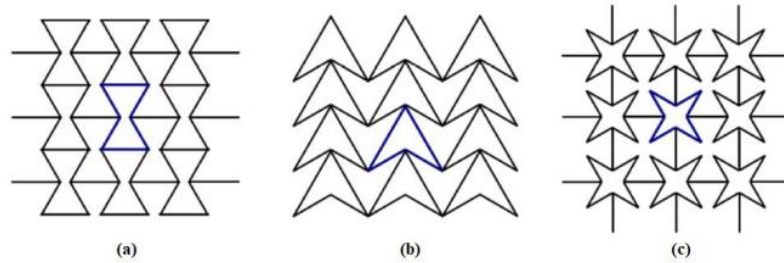
Oksetik malzemelerin elastik deformasyon mekanizmalarını analiz etmede tek tek veya bir arada kullanılan modeller kullanılmaktadır. Hücresel oksetik malzemelerin en yaygın mikro yapıları üç tipte tanımlanır: girintili, kiral ve döner yapılar (Şekil 2.6 a–c) (Duncan et al., 2018). Bu tür oksetik yapılara ek olarak açılı katlı laminatlar, sert moleküller, mikro gözenekli polimerler ve sıvı kristalli polimer sınıfları da bulunmaktadır (Liu and Hu, 2010).



Şekil 2.6. (a) Birleştirilmiş girintili yapı, (b) Kiral yapı, (c) Döner kareler yapısı (Duncan et al., 2018).

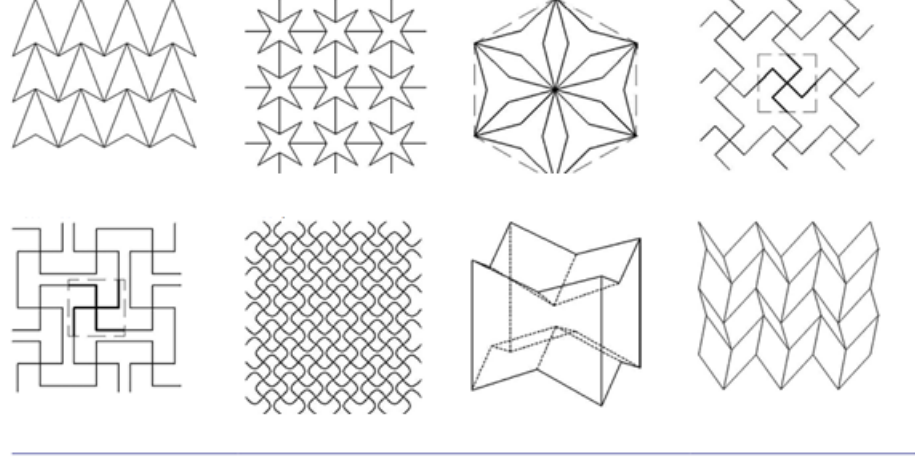
2.4.1. Girintili yapılar

Girintili (re-entrant) yapılar, en yaygın olarak kullanılan oksetik malzemelerdir. Girintili yapılara bir gerilme yükü uygulandığında; yan yüzeydeki kollar açılır ve tepe noktası birim hücreden dışarı doğru hareket eder. Bu yanıl deformasyon, komşu hücrelere iletilir ve dikey hücreleri genişletmek için yakındaki hücreleri iter. Böylece yanıl genişleme sağlanır. Oksetik girintili yapıların tipik örnekleri balpeteği, çift okbaşı ve yıldız yapılarıdır (Chang and Ma, 2018; Grimmelsmann, Meissner and Ehrmann, 2016; Hsueh et al., 2019; Liu and Hu, 2010; Wang and Hu, 2014). Çift ok başı şeklindeki girintili yapılar gerildiğinde ok uçları açılarak, yıldız şeklindeki yapılar ise nervürlerin dönmesi sonucu NPR etkisi elde edilir (Wang and Hu, 2014).



Şekil 2.7. Oksetik girintili yapı örnekleri (a) Balpeteği, (b) Çift ok başı, (c) Yıldız (Larsen, Sigmund and Bouwstra, 1997; Theocaris, Stavroulakis and Panagiotopoulos, 1997; Wang and Hu, 2014).

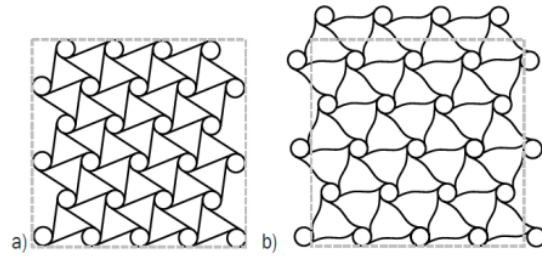
Şekil 2.7’de görüldüğü üzere ilk önce iki boyutlu hekzagonal girintili yapılar ortaya konmuştur (Gibson et al., 1982). Bu yapıların yanı sıra girintili yapılar grubunda yer alan diğer yapı örnekleri Şekil 2.8’de sunulmuştur (Ma et al., 2017).



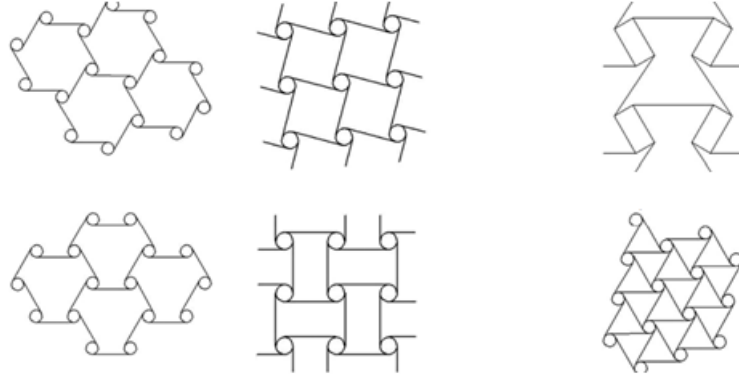
Şekil 2.8. Oksetik girintili diğer yapı örnekleri (Ma et al., 2017).

2.4.2. Kiral yapılar

Kiral (chiral) yapıların birim daireleri, üç, dört veya beşli düzende dairesel birimlerin etrafında yerleştirilmektedir. Kiral yapıya yük uygulandığında, aralardaki bağlantılar vasıtasıyla yük dairesel birimlere aktarılır ve bir dönme momenti oluşur. Daire belirli bir yönde döner ve aralardaki bağlantılar sayesinde bitişik dairesel birimleri çeker veya iter (Şekil 2.9) (Duncan et al., 2018; Liu and Hu, 2010). Bağlantı noktalarının etrafındaki bağların sarma ve açma davranışları, bağlantı noktalarının şekli ve bağların uzunluğu, kiral modellerin oksetik performansını belirleyen unsurlardır (Wojciechowski, 1989). Kiral yapıların bütün dairesel birimleri aynı yönde dönerken, anti-kiral yapıların dairesel birimleri, komşu birimlerinin tersi yönde dönmektedir. Kiral yapılara ait örnekler Şekil 2.10’da sunulmuştur.



Şekil 2.9. Kiral yapıların; a) Başlangıç, b) Yük altında görünümü (Novak, Vesenjask and Ren, 2016; Wang and Hu, 2014).

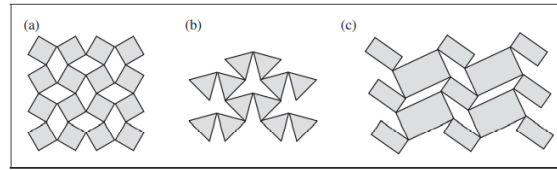


Şekil 2.10. Diğer kiral yapı örnekleri (Ma et al., 2017).

Kiral yapıların yüksek gözenekliliği, yapının hafif olmasına izin verir, ancak dayanıklılığı ve stabilitesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Ayrıca geometrik yapısı nedeniyle kiral yapılar, girintili ve döner yapıların aksine, sınırlı yapısal çeşitliliğe ve dar bir tasarım alanına sahiptir (Hsueh et al., 2019).

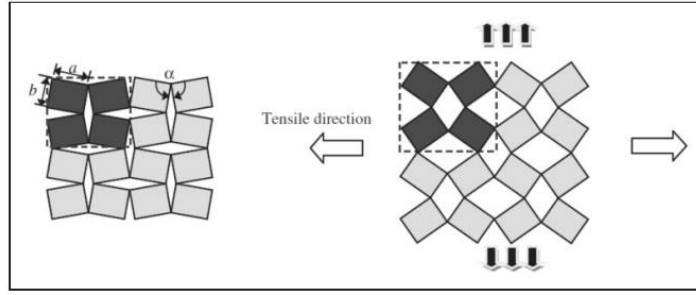
2.4.3. Döner yapılar

Döner yapılar, bağlantılı rijit karelerin veya diğer şekillerin dönüşüne bağlı olarak negatif poisson oranına sahip olan yapılardır (Şekil 2.11). Uzunlamasına ve yanal yönlerde belirli bir kurala göre düzenlenir ve yan yana gelen komşu birimler birbirlerini ters yönde çevirirler (Duncan et al., 2018; Liu and Hu, 2010).



Şekil 2.11. Döner yapılar (a) Üçgen, (b) Kare, (c) Dikdörtgen (Grima and Evans, 2000; Wang and Hu, 2014).

Dönme yapısı, zeolitler ve silikatlar gibi doğal malzemelerin geometrik konfigürasyonlarına dayanan bir deformasyon teorisidir. Döner yapılar belirli bir yönde gerildiğinde, bitişik dikdörtgenlerin veya üçgenlerin kenarları arasındaki açılar değişir ve Şekil 2.12’de gösterildiği gibi, birimler artan açılarla her iki yönde genişleyerek döner (Attard and Grima, 2008; Grima and Evans 2000; Ma et al., 2017).

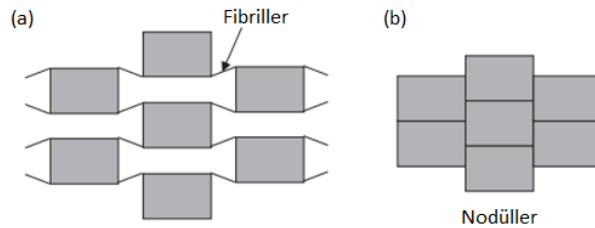


Şekil 2.12. Gerdirme sonrası döner yapılar (Hu, Wang and Liu, 2011; Wang and Hu, 2014).

Döner birim yapılar diğer yapılardan farklı olarak çok düşük gözenekliliğe sahiptirler. Yük altında kararlı bir şekilde davranış sergiledikleri için bası yüklerle ilgili uygulamalarda kullanılır. Bununla birlikte, birimler sert olduğu için önemli ölçüde deforme olmazlar (Hsueh et al., 2019).

2.4.4. Fibril- nodül yapılar

Fibril-nodül yapısı olarak Caddock ve Evans tarafından oksetik mikro gözenekli polimer için iki boyutlu bir model ile rapor edilmiştir (Şekil 2.13). Fibriller nodül ünitelerine bağlı şekilde yerleşir. Kuvvet uygulanmadığında nodül üniteleri ile fibriller iç içe geçer. Gerilme yükü uygulandığında ise yük, fibrilleri düzeltir ve nodül birimlerini diğer yönde iterek aradaki mesafeyi artırır. Böylece yanal genişleme sağlanarak oksetik yapı elde edilmiş olur (Liu and Hu, 2010; Ma et al., 2017; Wang and Hu, 2014).

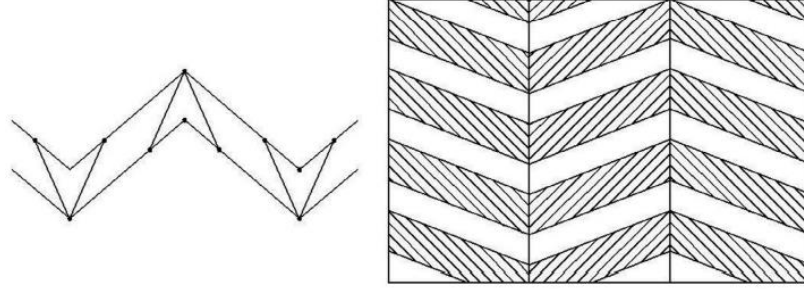


Şekil 2.13. (a) Sıkıştırmadan önce, (b) Sıkıştırmadan sonra nodül ve fibril modeli (Caddock and Evans, 1989; Wang and Hu, 2014).

2.4.5. Sıvı kristal model

Sıvı kristal model, yumuşak ve rijit segment olmak üzere iki ana parçadan oluşur, bu yapılarda iki parça yumuşak segmentin uzunluğu boyunca dönüşümlü olarak bağlanır ve rijit segment yatay ve dikey yönde hizalanır (Aldred and Moratti, 2005). Rijit segmentin yatay yönden dik yöne dönmesi sonucu yanal olarak

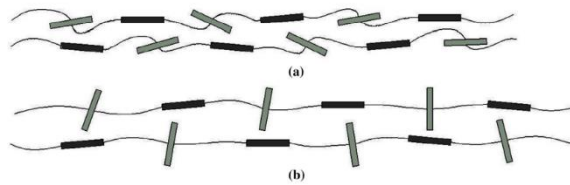
genişlemesi ile oksetiklik sağlanır. Gevşemiş durumda sıvı kristal yapının rijit segment yük altındayken ana zincir yönü boyunca yatay olarak hizalandığı, rijit segmentin döndüğü ve moleküler zincirler arasındaki mesafenin artmasına yol açacak şekilde ana zincir yönüne dik olmaya zorlandığı tahmin edilmektedir (Şekil 2.14) (Ma et al., 2017).



Şekil 2.14. (a) Sıkıştırmadan önce, (b) Sıkıştırmadan sonra sıvı kristal model (Ma et al., 2017).

2.4.6. Açılı katlı laminatlar

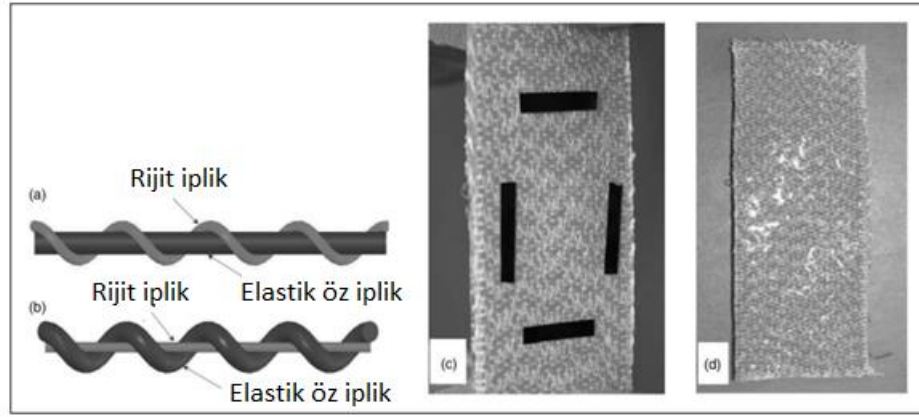
Lamine açılı katlı kompozitler, oksetik özelliklere sahip olacak şekilde üretilmiştir. Mikro yapıları katmanlar halinde düzenlenen ve her katman başka bir katman yapısı içeren oksetik açılı katlı laminatlarda genellikle çubuk modeli kullanılmaktadır. Şekil 2.15' de görüldüğü üzere her katmanın bileşenleri ve düzenlemeleri değiştirilerek farklı oksetik özelliklere sahip yapılar elde edilebilmektedir (Liu and Hu, 2010).



Şekil 2.15. Çubuk modeli ve açılı katlı laminat örneği (Wang and Hu, 2014).

2.5. Oksetik Tekstil Yapıları

Oksetik tekstil ürünleri, oksetik lifler, iplikler ve kumaşlar olarak sınıflandırılabilir (Alderson et al., 2012). Oksetik özellik, helisel iplikler, çözgü örme yapılar, atkı örme yapılar, dokuma yapılar ve bunların kompozitlerine kadar pek çok tekstil uygulamasında geliştirilmiştir (Şekil 2.16) (Glazzard and Breedon, 2014). Oksetik lif ve kumaşlardaki gelişmeler ve bunların üretim yöntemleri, oksetik tekstillerin ticari olarak kullanım potansiyelini arttırmıştır (Duncan et al., 2018).



Şekil 2.16. (a, b) Oksetik iplik, (c) Oksetik dokuma kumaş, (d) Oksetik kompozit (Miller et al., 2009; Wang and Hu, 2014).

1987 yılından beri poliester, poliüretan gibi konvansiyonel polimerik malzemeler basınç, ısıtma, kimyasal işlem vb. ile oksetik köpüğe-süngere dönüştürülebilmektedir. Oksetik polimerlerin moleküler dizayn ile de sentezlenebileceği Bölüm 2.4’de anlatılmıştır (Tiritoğlu, 2022). 2002 yılında Alderson ve diğerleri modifiye bir eriyikten çekim prosesi ile ilk oksetik polipropileni üretmiştir. Caddock and Evans (1989) malzeme mikro yapısını değiştirerek yüksek oranda anizotropik genişletilmiş PTFE numunelerinin oksetik olduğunu ortaya koymuştur. 2005 yılında Ravirala ve arkadaşları oksetik poliester ve poliamid lifler üretmiştir (Ravirala et al., 2005). Konvansiyonel ipliklerden oksetik özellikte iplikler üretilmektedir. Oksetik iplikler kullanılarak doğrudan oksetik kumaş elde edilebileceği gibi, özel örgü yapıları ile konvansiyonel ipliklerle kumaş üretim tekniği de uygulanmaktadır. Günümüze kadar; dokuma, örme, dokusuz yüzey kumaşlar, saç örgü ve 3D baskı gibi diğer yöntemlerle oksetik ürün geliştirilmiş ve üretilmiştir (Duncan et al., 2018; Wang and Hu, 2014).

2.5.1. Oksetik polimerik malzemeler

Oksetik polimerik malzemeler, oksetik davranışa neden olan bir makromolekül çerçevesine veya makroskopik yapılara sahip olacak şekilde tasarlanmış ve üretilmiş malzemelerdir. Şimdiye kadar köpük, elyaf ve kompozit formda bir dizi oksetik polimerik malzeme üretilmiştir (Liu and Hu, 2010).

Esneklik teorisine göre, izotropik malzemelerin NPR değeri -1 ile sınırlı iken, anizotropik malzemelerin NPR değeri çok yüksek olabilmektedir (Wang and Hu, 2014).

Polimer köpükler

Oksetik köpük, ilk insan yapımı oksetik malzemedir ve bilimsel literatürün önemli bir bölümünü oluşturmuştur (Duncan et al., 2018). Son yıllarda oksetik köpükler oldukça ilgi görmektedir. Poisson oranı -0,7 olan oksetik poliüretan (PU) köpükler ilk olarak Lakes tarafından girintili hücre yapısı kullanılarak üretilmiştir. PU köpüklerin yanı sıra, oksetik köpüklerin üretimi için son yıllarda polietilen köpükler de kullanılarak girintili veya döner hücre yapıları ile oksetik etki sağlanmaktadır (Liu and Hu, 2010).

Polimerik kompozitler

Üç boyutlu oksetik tekstiller, dikiş iplikleri ve oksetik lifler ile çözgü ve atkı iplikleri kullanılarak kompozit takviye uygulamaları için geliştirilmiştir. Bu tekstil yapıları ayrıca enjekte edilerek ve köpürtülerek üretilen bir köpük matrisini güçlendirmek için de kullanılmıştır (Duncan et al., 2018).

Oksetik takviye malzemeleri kullanılarak oksetik kompozit üretimi gerçekleştirilmektedir. Yapılan ilk çalışmalarda kompozit içerisinde yer alan oksetik lifin, yapı gerildiğinde lifin enine genişlemesi ve bunun da matris içinde kendi kendine kilitlenmesi ile sonuçlanması neticesinde lifin kopmasına karşı direnç göstereceği ortaya konmuştur. Daha sonraki çalışmalarda oksetik polipropilen lifler kullanılarak üretilen kompozitlerin tek lif çekme testleri yapılarak kendi kendine kilitlenme durumları gözlenmiştir. Çalışmanın sonucunda pozitif poisson oranlı liflerle karşılaştırıldığında, oksetik lif kitleme mekanizması, kompozitin maksimum yükün iki katından fazlasını taşımasını sağladığını göstermiştir (Wang and Hu, 2014).

2.5.2. Oksetik lifler ve iplikler

Oksetik polimerik lifler, birbirine bağılı yüzeyde erimiş toz parçacıklarının mikro yapısını oluşturmak için sürekli eriyik ekstrüzyon işlemi kullanılarak üretilirler. NPR, bu monofilamentlerin mikro ölçeğinde ortaya çıkmaktadır (Duncan et al., 2018). Üretilen oksetik lifler, 25 MPa'lık bir kopma mukavemeti 1,3 GPa'lık young modülüne sahiptirler (Alderson et al., 2012).

Oksetik iplikler ise, hacimli ve elastik yapıdaki ipliğin etrafına rijit ve ince bir iplik sarılarak ipliğin birbiri üzerinde dolandırılmasıyla üretilmektedir. Serbest halde iken, elastik iplik özde, rijit iplik etrafına sarılmış durumdadır. İpliğe kuvvet uygulandığında, rijit iplik uzayamadığından merkeze doğru konumlanırken, esnek ve hacimli iplik uzayarak rijit ipliğin etrafına dolanmaktadır (Şekil 2.17). Bu sayede ipliğin eninde artış gözlenmekte ve oksetik etki oluşmaktadır (Hook, 2011; Lim, 2015). Sargı ve özlü yapının çift sarmal yapısı nedeniyle, oksetik iplik literatürde çift sarmal (helisel) iplik (DHY) veya helisel oksetik iplik (HAY) olarak anılmaktadır (Alderson et al., 2012; Duncan et al., 2018; Sloan, Wright and Evans, 2011). Kuvvet ortadan kaldırıldığında, manto ve öz lifleri elastik ise, malzemelerin elastik limitinin aşılmasa şartıyla her ikisi de başlangıç konumuna geri döner. Oksetik etki, lif çapı, başlangıç geometrisi ve uygulanan kuvvet miktarı seçilerek değiştirebilir. Oksetik lif ile kıyaslandığında oksetik ipliğin üretimi daha basittir (Sloan, Wright and Evans, 2011).



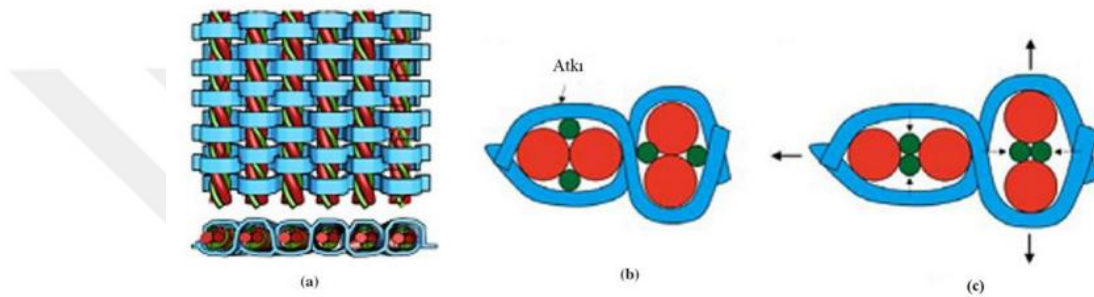
Şekil 2.17. Helis oksetik ipliğin a) Gerilimsiz ve b) Yük altındaki görünümü (Sloan, Wright and Evans, 2011).

2.5.3. Oksetik kumaşlar

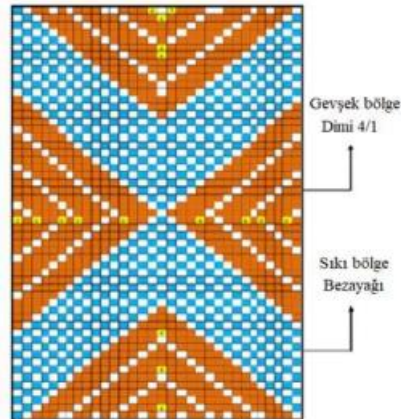
Oksetik iplikler kullanılarak doğrudan oksetik kumaş elde edilebileceği gibi, özel örgü yapıları ile konvansiyonel iplikler kullanılarak kumaş üretimi de yapılabilmektedir. Günümüzde oksetik kumaşların üretiminde genellikle dokuma ve örme yöntemleri kullanılmaktadır.

2.5.3.1. Oksetik dokuma kumaş yapıları

Oksetik dokuma kumaş üretimi, oksetik yapıdaki ipliğin temel doku konstrüksiyonları (Miller et al., 2009; Ng and Hu, 2018) (Şekil 2.18) veya konvansiyonel ipliklerle farklı konstrüksiyon tasarımları kullanılarak üretilmesi esasına dayanmaktadır. Konvansiyonel ipliklerle ilgili yapılan araştırmalarda kumaş içerisine farklı doku konstrüksiyonlarının bölgesel olarak yerleştirilmesi ile oksetik yapılar elde edilmektedir (Şekil 2.19) (Ali vd., 2018; Cao et al., 2019; Chen, Zulifqar and Hu, 2020; Kamrul vd., 2021; Zulifqar and Hu, 2019; Zulifqar, Hua and Hu, 2019).



Şekil 2.18. a) Oksetik ipliklerle üretilen oksetik dokuma kumaş yapısı, b) Başlangıç pozisyonunda kumaş yapısının enine kesiti, c) Yük altında enine kesit (Ng and Hu, 2018).

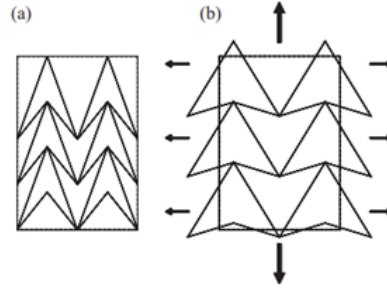


Şekil 2.19. Oksetik dokuma kumaş ve örgü yapısı (Zulifqar, Hua and Hu, 2019).

2.5.3.2. Oksetik örme kumaş yapıları

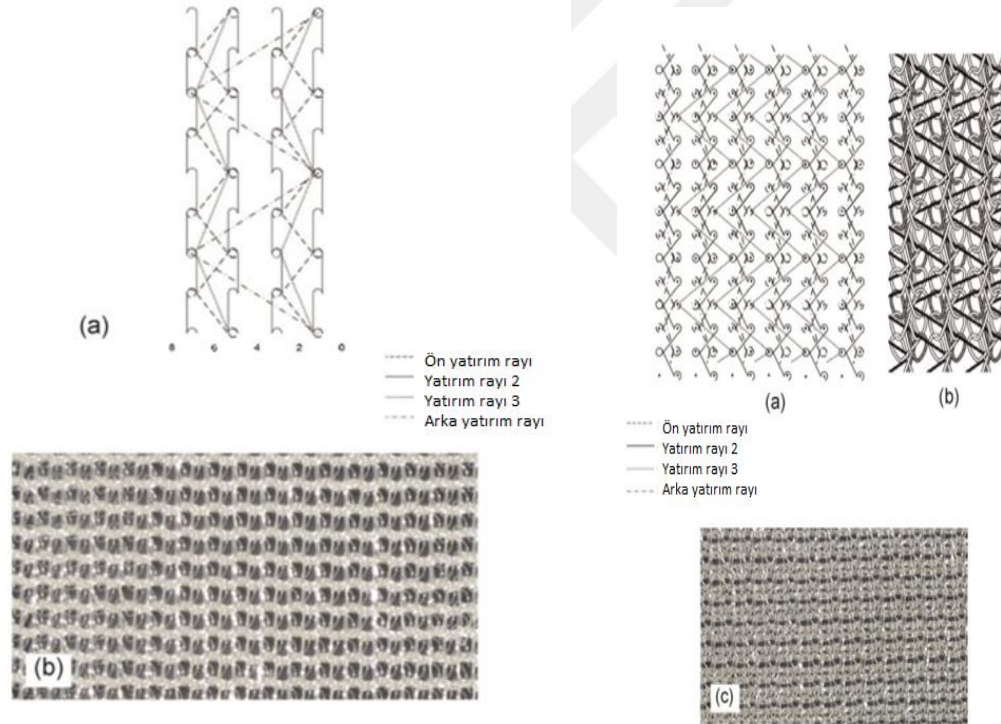
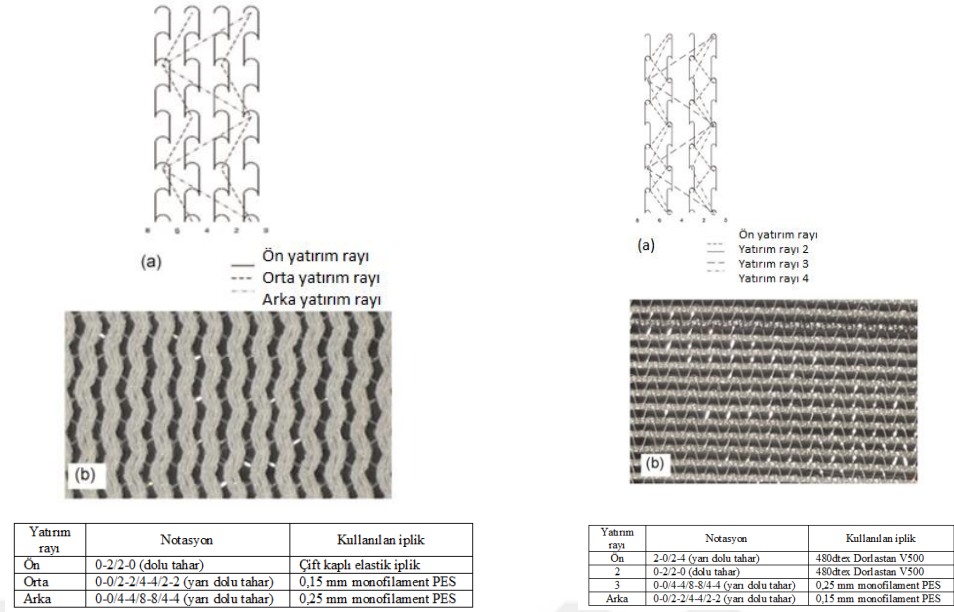
Oksetik örme kumaşlar, oksetik dokuma kumaşlara göre daha iyi oksetik özellik sergilemektedir (Jinyun et al., 2010; Wang and Hu, 2013, 2017). Oksetik kumaşlar hem atkı hem de çözgü örme yöntemi ile üretilmektedir. Çözgü örme yönteminde alt ve üst yüzeylerde zigzag ve okbaşı örgü yapısındaki desenler (Şekil

2.20) veya elastik ile elastik olmayan alt yatırım iplikler kullanılarak (Şekil 2.21) oksetik kumaşlar üretilmektedir. Atkı örme yönteminde ise, düz örme makinelerinde konvansiyonel ipliklerle katlanabilir (foldable), zigzag yapılar, okbaşı şeklindeki örgü konstrüksiyonları kullanılarak oksetik kumaş üretimleri gerçekleştirilmektedir.



Şekil 2.20. Üçgen veya çift okbaşı şeklinde oksetik yapının (a) Serbest halde, (b) Kuvvet altında görüntüsü (Alderson et al., 2012).

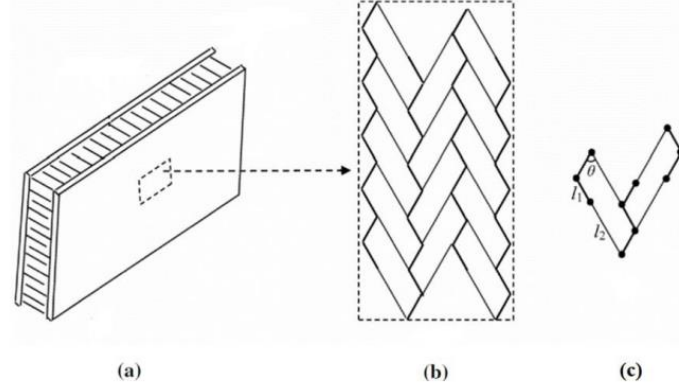
Çözü örme yöntemi ile üretilen sandviç kumaşlar oksetik etkiye sahip olacak şekilde de üretilmektedir. Oksetik özelliğe sahip iki dış kumaş katmanının bağlantı ipliği ile birleştirilmesi sonucu oksetik çözgü örme sandviç kumaşlar üretilir (Şekil 2.22). Tipik altıgen şekilli çözgü örme sandviç kumaş yüzeyine ek sütun zincirinin eklenmesi ile orijinal altıgen yapının düzensiz olması sonucu kumaşa kuvvet uygulandığında kumaştaki altıgenler doğal koşullar altında düzenli olarak büzülür, bükülür ve bir bal peteği (honeycomb) şekline genişler; böylece oksetik performans ortaya koyar. Üretilen bu kumaşların geçirgenlik özellikleri ve şok emme yetenekleri, konvansiyonel çözgü örme sandviç kumaşlara göre daha yüksektir (Chang and Ma, 2019; Glazzard and Breedon, 2014).



Yatırım rayı	Notasyon	Kullanılan iplik
Ön	2-0/2-4 (yanı dolu tahar)	480drex Dorlastan V500
2	0-2/2-0 (dolu tahar)	480drex Dorlastan V500
3	0-0/4-8-8/4-4 (yanı dolu tahar)	0,25 mm monofilament PES
Arka	2-0/2-2/2-4/2-2 (yanı dolu tahar)	0,15 mm monofilament PES

Yatırım rayı	Notasyon	Kullanılan iplik
Ön	2-0/2-4 (yanı dolu tahar)	480drex Dorlastan V500
2	2-4/0-2 (yanı dolu tahar)	480drex Dorlastan V500
3	0-0/4-8-8/4-4 (yanı dolu tahar)	0,25 mm monofilament PES
4	2-0/2-2/2-4/2-2 (yanı dolu tahar)	0,15 mm monofilament PES

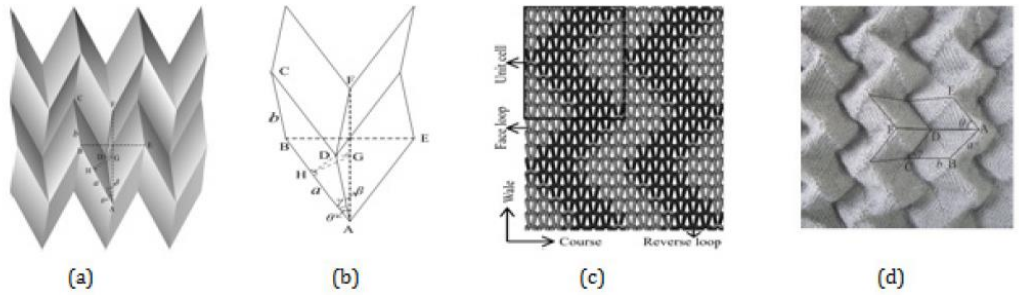
Şekil 2.21. Elastik ile elastik olmayan alt yatırım iplikleri ile üretilen oksetik çözgü örme kumaş örnekleri (Alderson et al., 2012).



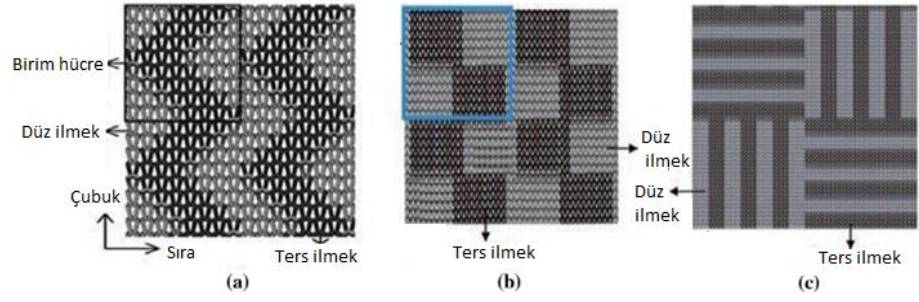
Şekil 2.22. a) Oksetik sandviç kumaş, b) Kumaş yüzeylerindeki geometrik yapı, c) Tekrar eden birim (Wang and Hu, 2013).

Oksetik atkı örme kumaşlar elektronik düz örme makinelerinde üç farklı geometrik yapıda üretilebilmektedir: (a) Katlanabilir yapılar, (b) döner dikdörtgen yapılar, (c) girintili altıgenler. Konvansiyonel iplikler kullanıldığında, lif tipi ve geometrik yapı özellikleri bu kumaşların NPR değeri için büyük önem taşımaktadır (Duncan et al., 2018; Ma et al., 2017).

Düz örme makinelerinde düz ve ters ilmeklerin farklı kombinasyonları ile birleştirilmesi sonucu kıvrımlı yapıya sahip katlanabilir kumaşlar üretilebilmektedir. Katlanabilir yapılar, bir yönde gerdirildiğinde katlanmış olan katların açılması sonucu oksetik etki oluşturmaktadır (Rant et al., 2014). Belirli bir kumaş yapısı için, yapısal parametreler değiştirilerek farklı NPR değerlerine sahip yüzeyler elde edilebilir (Liu et al., 2010). Bu üç boyutlu yapı, aynı şekil ve boyuttaki paralel kenar şeklinde yüzeylerin yan yana birbirine bağlanması ve zikzak bir görünüm oluşturmaya esasına dayanır (Şekil 2.23 ve 2.24).

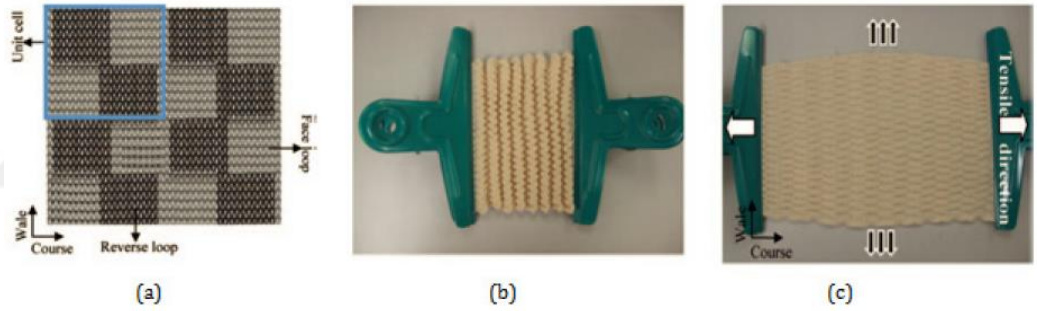


Şekil 2.23. (a) Üç boyutlu katlanabilir yapı, (b) Birim hücresi, (c) Örgü yapısı, (d) Gerdirildiğinde kumaşın görünümü.



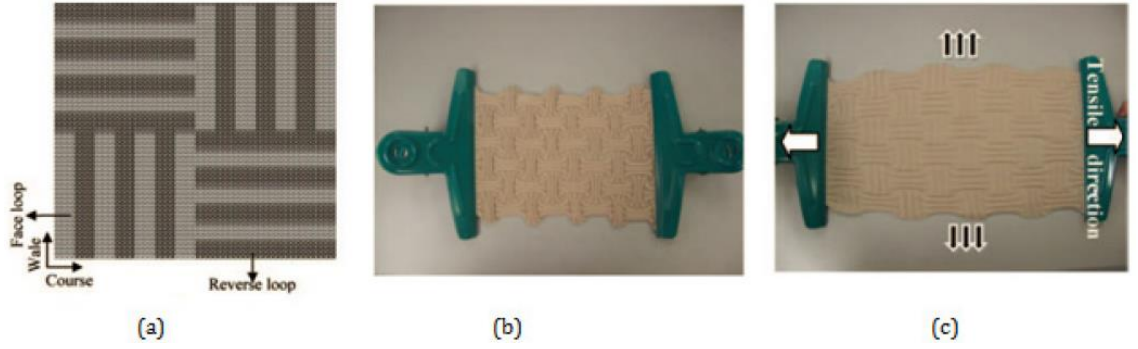
Şekil 2.24. Katlanabilir yapı örnekleri, a) Zigzag, (b) Dikdörtgen, (c) Çizgi (Hu, Wang and Liu, 2011).

Düz ilmeklerden oluşan dikdörtgen birimlerin, ters ilmeklerden oluşan dikdörtgen birimler ile yan yana yerleştirilmesi sonucu oluşturulan dengesiz yapı sayesinde kumaş makineden alındıktan sonra katlanır bir yapıya dönüşmektedir. Kumaşa boyuna yönde kuvvet uygulandığında kumaşa katlanmış olan dikdörtgen birimler açılarak enine yönde genişlemesi sağlanarak oksetik etki elde edilmektedir (Şekil 2.25).



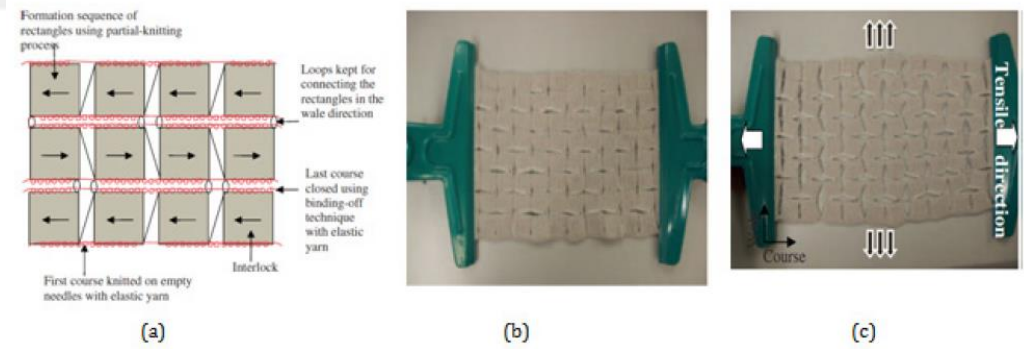
Şekil 2.25. (a) Dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilmiş oksetik yapı, (b) Kumaş serbest haldeki görüntüsü, (c) Gerdirildiğinde kumaşın görüntüsü.

Bu yapı ile oksetik kumaş elde edildiğinde sıra yönünde uzaması çubuk yönündeki uzamasından daha fazla olmaktadır. Çubuk yönündeki çizgiler, sıra yönündeki çizgilere göre birbirlerine daha yakın oldukları için sıra yönünde uzatıldığında enine uzaması daha fazla olmaktadır (Şekil 2.26) (Ma et al., 2017).



Şekil 2.26. (a) Enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilmiş oksetik yapı, (b) Kumaş serbest haldeki görüntüsü, (c) Gerdirildiğinde kumaşın görüntüsü.

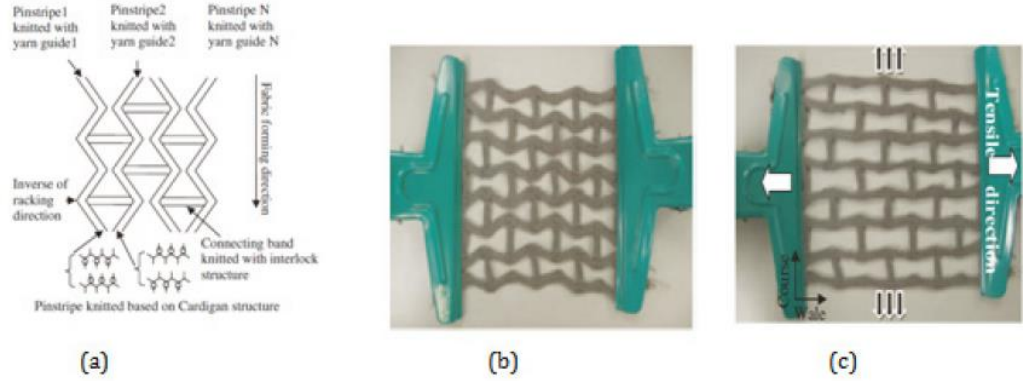
Döner dikdörtgen yapılar sahip düz örme kumaşlar, kısmi örme özelliği ile bilgisayarlı düz örme makinesi kullanılarak üretilebilmektedir. Ayrı ayrı dikdörtgen birimler örüldükten sonra belirli bir noktada birbirine bağlanır. Her bir dikdörtgen birimin ilk ve son sıralarında elastik iplikle başlangıç ve ilmek düşürme işlemi yapılır. Elastik iplik, kumaşın kuvvet altında gerilmesinden sonra esnekliğini arttırmasına yardımcı olur (Hu, Wang and Liu, 2011). Üretilen kumaşların enine yönde kuvvet uygulanması sonucu NPR değeri elde edilmektedir (Şekil 2.27) (Ma et al., 2017).



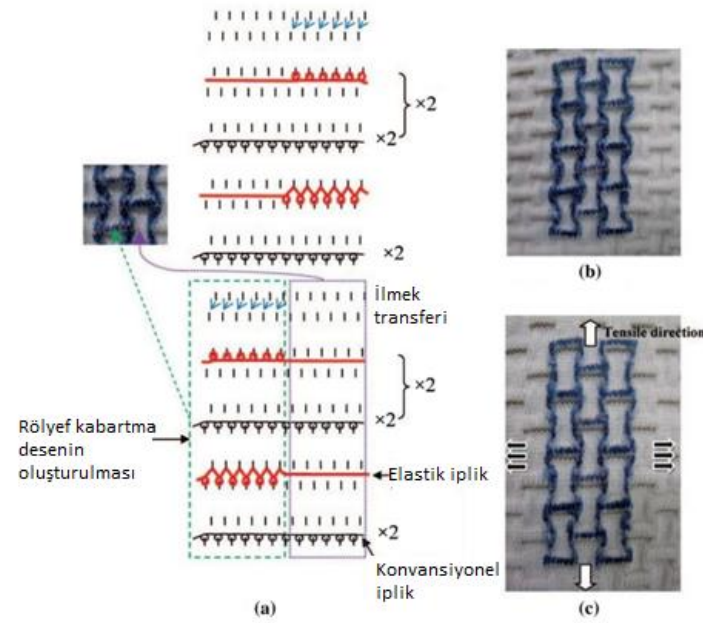
Şekil 2.27. (a) Dikdörtgen birim hücrelerin döndürülmesi ile üretilmiş oksetik yapı, (b) Kumaş serbest haldeki görüntüsü, (c) Gerdirildiğinde kumaşın görüntüsü (Hu, Wang and Liu, 2011).

Selanik örgü yapısında örülen ince çizgi şeklindeki örme yapıları belirli noktalarda jakar kırma hareketi ile yön değiştirir. İnce çizgi şeklinde örülen örme yapılar interlok örgü yapısında bağlantı bantları ile birbirine bağlanarak girintili altıgen şeklinde oksetik yapılar elde edilmektedir (Şekil 2.28). Girintili altıgen yapı üretiminde ikinci bir yöntem olarak Şekil 2.29’da notasyonu verilen üretim yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde konvansiyonel iplik ön yatakta tüm iğnelerde ilmek

oluştururken, elastik iplik belirli iğnelerde ön yatakta ilmek, arka yatakta askı ve bir sonraki elastik iplik sırasında ise belirli iğnelerde sadece arka yatakta ilmek oluşturularak girintili altıgen şeklinde oksetik yapı elde edilmektedir (Ma et al., 2017).



Şekil 2.28. (a) Girintili altıgen şeklinde yapılardan türetilmiş oksetik yapı, (b) Kumaş serbest haldeki görüntüsü, (c) Gerdirildiğinde kumaşın görüntüsü (Hu, Wang and Liu, 2011).



Şekil 2.29. (a) Yalancı girintili altıgen şeklinde yapıdan türetilmiş oksetik yapı, (b) Kumaş serbest haldeki görüntüsü, (c) Gerdirildiğinde kumaşın görüntüsü (Hu, Wang and Liu, 2011).

2.6. Oksetik Tekstil Yapılarının Kullanım Alanları

Oksetik polimerik malzemeler, tekstil, endüstri, havacılık, koruma, biyomedikal, sensör teknolojisi ve diğer sektörlerdeki bir dizi uygulamada

kullanılmaktadır (Evans and Alderson, 2000; Liu and Hu, 2010). Çok eksenli genişleme özelliği sayesinde filtrasyon sistemlerinde kullanılan oksetik polimerik malzemeler, kirlilik giderme ve basınç dengeleme özellikleri sunmaktadır (Alderson et al., 2012; Duncan et al., 2018; Liu and Hu, 2010; Wang and Hu, 2014).

Oksetik kumaşlar, yüksek darbe direnci, enerji Emilimi ve doğal olarak kubbe şeklinde eğim alabilme özellikleri sayesinde havacılık malzeme ve sistemlerinde (uçak motoru fan kanatları için oksetik gradyan hücresel çekirdek, gaz türbini motorları için kanatlar, uçak burun konileri, kanat panelleri vb.) kompozit yapılarla kullanılarak rahat şekil alabilen ve dayanımı yüksek, hafif yapılar üretilmektedir (Aksu ve Tatlıer, 2018; Evans and Alderson, 2000; Liu and Hu, 2010; Tiritöğlu, 2022; Wang and Hu, 2014).

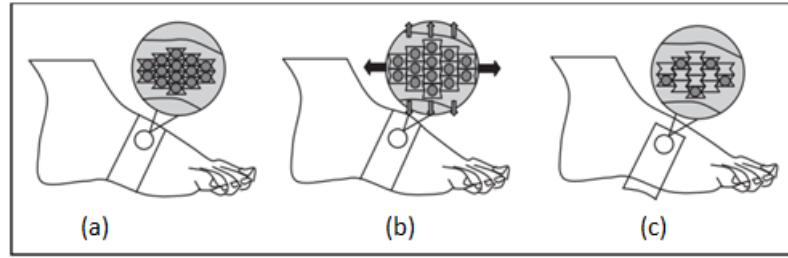
Oksetik köpükler ve tekstiller sahip oldukları yüksek enerji absorpsiyon ve yüksek girinti direnci özellikleri ve şekil uyumu özellikleri sayesinde kask, kurşun geçirmez yelek, tekmelik, dizlik veya eldiven gibi kişisel koruyucu giysi ve ekipmanları ile spor malzemelerinde özellikle koruyucu spor ekipmanlarında diğer malzemelerle birlikte de kullanılmaktadır (Alderson et al., 2012; Liu and Hu, 2010). Koruyucu ped olarak kullanılan köpüklerin yerine oksetik sandviç kumaşların kullanılması ile daha iyi konfor özellikleri sağlanmaktadır. Ayrıca oksetik kumaşların sinklastik eğrilik özelliği sayesinde eğilme altında kubbe şeklinin oluşması da dirsek ve diz şekillerine uymasını kolaylaştırmakta, koruyucu performanslarını ve bu vücut bölgelerinin hareket serbestliğini arttırmaktadır (Şekil 2.30) (Wang and Hu, 2014).



Şekil 2.30. Oksetik yapıların dirseklik, koruyucu ped ve dizlik uygulama örnekleri (Wang and Hu, 2014).

Çözümlü örme oksetik yapıların araba koltuğu, tamponlama ve koruyucu malzeme olarak kullanıldığı düşünülmektedir (Gao et al., 2020).

Oksetik yapılar kontrollü ilaç salınımı yapan bandajlar, sağlık izleme sensörleri, kompresyon giysileri ve greftler gibi tıbbi tekstillerde potansiyel kullanıma sahiptir. Aktif ajanları iletmek için oksetik lifler ve/veya ipliklerden üretilen oksetik kumaşın kullanılması, anti-inflamatuar, koku önleyici veya ilaç salma özelliklerine sahip akıllı tekstillerin üretilmesini sağlamaktadır (Alderson and Alderson, 2005; Liu and Hu, 2010). Oksetik filamentlerden ve girintili altıgen şeklinde örme yapısı kullanılarak üretilen bandaj, yara iyileştirici ajanların ilave edilmesiyle akıllı bandaj olarak kullanılmaktadır. Şişmiş yaranın üzerine bandaj yerleştirildiğinde bandajın enine ve boyuna yönde genişlemesi sonucu ilaç ajanı serbest kalmakta ve şişlik azaldığında, Şekil 2.31’de görüldüğü gibi yapı kapanarak ilaç salımı durmaktadır (Ma et al. 2017; Wang and Hu, 2014).



Şekil 2.31. Akıllı bandaj (a) Yara üstüne yerleştirilen bandaj, (b) Yaranın şişmesi sonucu oksetik bandajın genişlemesi, (c) Şişliğin inmesi sonucu bandajın ilk haline dönmesi (Alderson et al., 2005).

Oksetik yapıların kullanıldığı biyomedikal uygulamaların en tipik örneği yapay kan damarıdır. Oksetik kan damarı, içinden akan kanın basıncına bağlı olarak damar duvarında kalınlıkta artış yaratarak damar duvarında oluşabilecek incelme nedeniyle damarda yırtılması oluşumunun önüne geçilmiş olacaktır (Evans and Alderson, 2000). Diğer potansiyel biyomedikal uygulamalar arasında cerrahi implantlar, ameliyat iplikleri, kas/bağ dokular ve diş ipi yer almaktadır. Örneğin, oksetik diş ipi, insan dişleri arasındaki çok farklı boşluklara uyacak şekilde genişleme ve ilaç salma özelliği sunabilmektedir (Liu and Hu, 2010).

Bu tür yüksek teknolojili uygulamalar dışında, oksetik yapılar giysi üretiminde de avantajlar sunmaktadır. Sinklastik özellikleri sayesinde kolay şekil alma ve işlenebilir olmaları, daha az dikişle karmaşık şekillendirilmiş yapıların üretilmesine olanak tanımaktadır ve giyside azaltılan dikiş konforu artırıcı özellik sağlamaktadır. Oksetik kumaşların vücudu sarması ve şeklini alması sayesinde moda giysiler ve karmaşık şekilli ürün gruplarında (sütyen kupları, şapkalar, vb.) kullanımını arttırmaktadır. NPR değerleri sayesinde oksetik tabanlı giysiler farklı

bedenlere kolaylıkla uyum sağlar ve bu durum hamile elbiseleri ile çocuk giysileri için avantaj sağlamaktadır (Şekil 2.32) (Alderson et al., 2012; Wang and Hu, 2014).



Şekil 2.32. Oksetik giysinin ölçü uyumu (Ma et al., 2017).

2.7. Tez Çalışmasının Amacı

Günümüzde gelişen teknoloji ve değişen tüketici beklentileri, tekstil sektöründe konvansiyonel ürünlere kıyasla fonksiyonel özelliklere sahip olan ürünlere talebin her geçen gün artmasına neden olmaktadır. Çalışmanın konusu olan negatif poisson oranına sahip (auxetic) yapılar da konvansiyonel materyallere göre daha üstün özelliklere sahip olan malzemelerdir ve bu özellikleri sayesinde çok çeşitli alanlarda kullanım imkanı bulmaktadırlar.

Bu çalışmanın amacı, düz örme makinelerinde farklı materyaller kullanılarak farklı örgü konstrüksiyonlarında negatif poisson oranına sahip (auxetic) örme kumaşların geliştirilmesi ve geliştirilen bu kumaş yapılarının özelliklerinin belirlenmesidir. Bu kapsamda öncelikle temin edilen ipliklerden helis oksetik iplikler üretilmiş ve poisson oran (PR) ölçümleri yapılmıştır. Hem temin edilen iplikler hem de üretilen helis oksetik ipliklerle çeşitli örgü konstrüksiyonlarında örme kumaşlar üretilmiştir. Üretilen kumaşların PR ölçümleri yanı sıra gramaj, kalınlık, sıkıştırılabilme dayanım özellikleri de test edilmiştir. Son aşamada ise oksetiklik özelliği yüksek olan seçilen kumaşların karşılaştırmalı değerlendirilmesi yapılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucu yüksek oksetiklik özelliği yanı sıra düşük gramaj, kalınlık ve yüksek sıkıştırılabilme dayanımı gösteren kumaş konstrüksiyonları ve materyalleri belirlenmiştir.

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

3.1.Oksetik İpliklerle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Hook (2011) oksetik ipliklerle yaptığı çalışmada, iplik sarım açısı, iplik çapı, iplik hammaddesi ve gözenek boyutu değiştirilerek üretilen farklı yapıdaki filtre kumaşları incelemiştir. Filtre kumaşlarına gerilim uygulanarak gözeneklerin genişletilmesi ile tıkanmaların giderilebileceği sonucuna varmış ve bu kumaşların endüstriyel amaçlı olarak tıbbi filtrelerde ve otomotiv filtrelerinde kullanılabileceği belirtilmiştir (Hook, 2011).

Lee, Lee ve Heo (2011), oksetik iplik üretiminde elastik ipliğin üzerine sarılan iplikte neme duyarlı, nem aldığında %10-20 aralığında kısalma eğilimi gösteren pamuk ve rayon türevi materyal kullanmıştır. Kumaşın nem alması sonucunda rijit ipliğin kısalması sonucu merkeze konumlandığını, elastik ipliğin ise bu ipliğin etrafını sardığını tespit etmiştir (Lee, Lee and Heo, 2011).

Sloan vd (2011), iplik kalınlığı, modülü, sarım açısı ve uygulanan yük vb. parametrelerin oksetik ipliklerin poisson oranına etkisini inceldiği çalışmasında 0,6 mm çapa sahip poliüretan elastik iplik üzerine üç farklı çapta (0,11-0,13-0,15 mm çap) poliamid rijit ipliklerin belirli açılarla sarılmasıyla oksetik iplikler üretmiştir. Oksetik ipliklerin kuvvet altında en ve boy yönünde meydana gelen değişimlerini kameraya kaydederek görüntü işleme programıyla belirlemiş ve ipliklerin poisson oranlarını hesaplamıştır. Poliamid rijit ipliği ile poliüretan elastik iplikten oluşan oksetik ipliğin poisson oranı -2,79 olarak tespit edilmiştir. İpliğin sarım açısınınve merkez iplik çapının sarım iplik çapına oranının PR değeri üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir (Sloan, Wright and Evans, 2011).

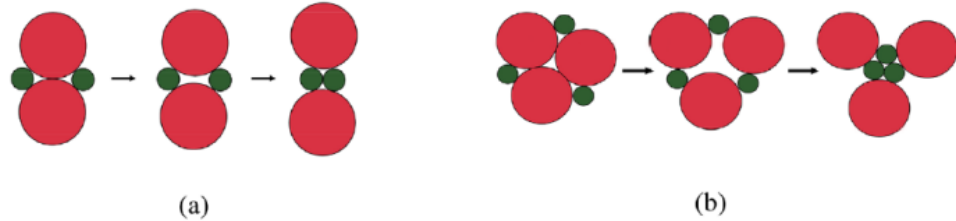
Du vd. (2015), sonlu elemanlar yöntemini kullanarak gerilim altındaki oksetik ipliğin negatif Poisson oranını incelemişler ve iki farklı bileşenle eğrilen ipliğin gerilim altında oksetik etki oluşturduğunu ve oksetik ipliğin yapı parametrelerinin negatif Poisson oranı değerlerini önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymuşlardır (Du et al., 2015).

Zhang vd. (2015), merkezde elastik ipliğin üzerine rijit yapıda iplik sarılmasının ardından üçüncü bileşen olarak iplikleri kaplayarak üç bileşenli iplik yapısı tasarlamıştır. Kaplama sayesinde; cam, karbon gibi kırılğan yapıdaki ipliklerin sarım ipliği olarak kullanılması durumunda deformasyonun önlenmesi de

hedeflenmiştir. Çalışmanın sonucunda üç bileşenli ipliklerin oksetik özellik gösterdiği, ancak kaplama kalınlığı arttıkça oksetiklik etkisinin azaldığı belirlenmiştir (Zhang, Ghita and Evans, 2015).

Ge, Hu ve Liu (2016), iki rijit ve iki elastik yapıdaki ipliğin birbiri üzerine sarılmasıyla üretilen oksetik ipliklerin farklı sarım tiplerindeki davranışlarını incelemiştir. Dönme silindir hızı, iplik çekim hızı, iplik numarası ve ipliklerin yerleşim yerleri değiştirilerek farklı numuneler üretilmiştir. Rijit iplik olarak 0,18 mm çapında poliamid ve 0,78 mm çapında poliester iplik, elastik iplik olarak da 1,02 ve 2,04 mm çapında spandex iplik kullanılmıştır. 250 mm çene mesafesinde 50 mm/dk hızla kuvvet uygulanan numunelerin en ve boy yönlü değişimleri için 3 sn aralıklarla fotoğrafları çekilerek Poisson oranı değişimleri ölçülmüştür. Üretilen ipliklerin negatif Poisson oranına sahip olduğu belirtilmiştir (Ge, Hu and Liu, 2016).

Ng ve Hu (2017), elastik iplik olarak poliester kaplı kauçuk, rijit iplik olarak monofilament poliester iplik kullanarak 4 katlı ve 6 katlı helis oksetik iplikler üretmişler ve üretilen ipliklerin Poisson oranını ölçmüşlerdir. Çalışmanın sonucunda 4 katlı helis oksetik ipliklerin daha düşük Poisson oranına sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.1) (Ng and Hu, 2017).



Şekil 3.1. Helis oksetik iplikler, a) 4 katlı, b) 6 katlı (Ng and Hu, 2017).

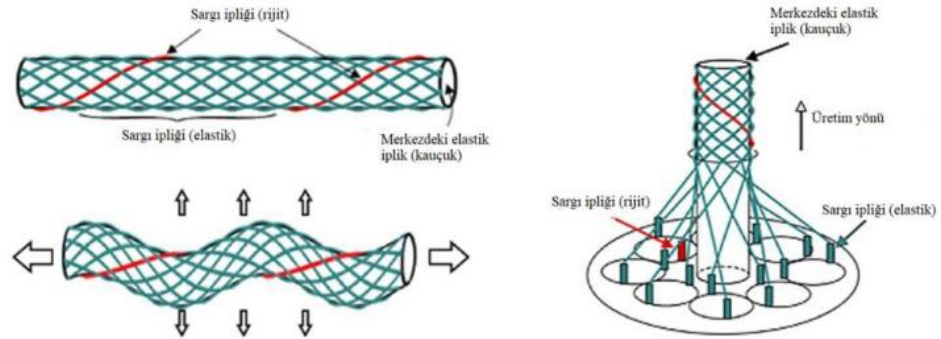
McAfee ve Faisal (2017), oksetik iplik üretim parametrelerinde optimizasyon yapmak için sonlu elemanlar yöntemini kullanmış ve ipliklerin çapları arasındaki oranın ve sarım açısının Poisson oranına etkisini incelemiştir. En yüksek oksetik etkinin sarım açısı 7° de elde edildiği ve Poisson değerinin -12,04 olduğu belirtilmiştir (McAfee and Faisal, 2017).

Zeng, Cao ve Hu (2018) çalışmalarında, oksetik ipliklerde sarım açısı ve sürtünme miktarının Poisson oranına etkisini, sonlu elemanlar modeli, geometrik analiz ve ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması ile belirlemişlerdir. İpliklere uygulanan kuvvet arttıkça, simülasyon ile geometrik modelden elde edilen

sonuçların birbirine yakın olduğu ve ölçüm sonuçlarında elde edilen PR değerlerinden negatif olarak daha yüksek değerler elde edildiği tespit edilmiştir. Ayrıca iplikler arasında sürtünme miktarı arttıkça ve elastik ile rijit ipliklerin modül değerleri arasındaki oran azaldıkça oksetik etkinin azaldığı bildirilmiştir (Zeng, Cao and Hu, 2018).

Shen ve Adanur (2019), poliüretan elastik ipliğin üzerine rijit iplik olarak monofilament polyester ipliğin sarılması sonucu üretilen oksetik ipliklerden saç örgü makinesinde oksetik yapılar üretmişlerdir. Üretilen yapıların yük altında gözenekliliklerinin değişmesi sonucu geçirgenliklerinin de değiştiği ortaya konmuştur (Shen and Adanur, 2019).

Jiang ve Hu (2019) çalışmalarında, merkezde elastik iplik (poliester - kauçuk iplik (0,37 mm çap) ve pamuk – spandex (0,20 mm çap)), etrafında rijit poliester ipliğin sarılı olduğu saç örgü oksetik iplikler üretmişlerdir. Numunelerin tekrarlı kuvvet altında en-boy değişimleri ölçülerek PR değerleri hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda saç örgü oksetik ipliklerin helis oksetik ipliklere göre daha düşük PR değerine sahip olduğu bulunmuştur (Şekil 3.2) (Jiang and Hu, 2019).



Şekil 3.2. Saç örgü oksetik iplik (braided auxetic yarn (BAY)) üretimi.

Chen ve Du (2020), farklı kalınlıklarda poliüretan, poliester ve monofilament paslanmaz çelik telden üretilen katlanmış oksetik ipliklerin PR değerlerine ipliklerin modül değeri ve kalınlıklarının etkisini incelemiştir. En düşük Poisson değeri -2,55 ile poliüretan – paslanmaz çelik iplikten oluşturulmuş iplikte ölçülmüştür. Hacimli ipliğin daha kalın olması, daha yüksek modüllü iplik kullanımının Poisson değerini azalttığı ifade edilmiştir (Chen ve Du, 2020).

Chen, Du ve Li (2020), helis oksetik ipliklerde sarım açısının Poisson oranına etkisini inceledikleri çalışmalarında merkezde 1680 denye (0,58 mm çap) spandex

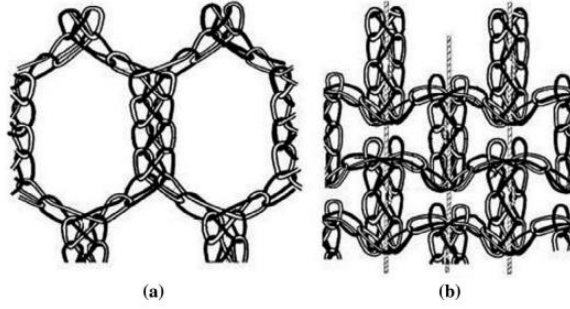
ipliğin üzerine 150 denye (0,25 mm çap) poliester ipliği (150, 300, 450/m) sıklığında sararak helis oksetik iplikler üretmişler ve bu ipliklerin PR değerlerini ölçmüşlerdir. Düşük ve orta sarım sıklıklarına sahip ipliklerin sırasıyla -2,5 ve -0,21 PR değeri gösterdiği ve yüksek sarım sıklığına sahip ipliğin ise hiç oksetik etki göstermediği belirlenmiştir. Bu nedenle; sarım açısının azalması, sarılan ipliğin daha az bağlantı yaparak daha çok yüzmesin sonucu Poisson değerini azaltıcı etkiye sahip olduğu saptanmıştır (Chen, Du and Li, 2020).

3.2. Oksetik Örme Kumaşlarla İlgili Yapılmış Çalışmalar

Liu vd. (2010), düz örme makinesinde farklı açılara sahip zigzag yapıda örgü kumaşlar üretmişler ve açısal değişimlerin Poisson oranına etkisini incelemişlerdir. Mukavemet cihazı kullanarak kumaşların 5 ayrı noktadan en ve boy yönlü değişimlerini ölçmüşler ve PR değerlerini hesaplamışlardır. Çalışmanın sonucunda üretilen numunelerin NPR değerine sahip olduğu ve zigzag örgülerin yatayla oluşturduğu açı değerinin sonuçlar üzerinde en etkili parametre olduğu, açı azaldıkça numunelerin daha kolay katlanabilir bir yapıya dönüştüğü ve oksetik etkinin arttığı tespit edilmiştir (Liu et al., 2010).

Hu, Wang ve Liu (2011) çalışmalarında düz örme makinesinde dikdörtgen yapıda ön ve arka yüzeyde ilmeklerle katlanabilir yüzey elde etmişler ve kumaşlara gerilim uygulayarak yüzde uzama ve PR grafiği elde etmişlerdir. Sonuç olarak; değişimin lineer olmadığı, başlangıçta Poisson oranının düştüğü, kuvvet uygulanmaya devam ettiğinde katlanır yapının genişlemeye izin verdiği sınır geçildiğinde Poisson oranının arttığı belirtilmiştir (Hu, Wang and Liu, 2011).

Ugbolue vd. (2011), farklı örgü konstrüksiyonunda ve farklı materyalden çözgü örme oksetik kumaşlar üretmişlerdir. Çözgü örme oksetik kumaş üretiminde alt yatırım hareketini kullanarak altıgen ağ yapısına sahip örgü konstrüksiyonlarını kullanmışlardır (Şekil 2.3). Çalışma kapsamında geliştirilen örme yapıların PR değerlerinin -0,15 ile 0,57 arasında değiştiğini ortaya koymuşlardır (Ugbolue et al., 2011).



Şekil 3.3. (a) Konvansiyonel altıgen ağ yapısı, (b) Oksetik altıgen ağ yapısı.

Alderson vd. (2012), farklı çaplarda monofilament poliester, elastan ve elastik yapıdaki iplikler kullanılarak üçgen ve okbaşı örgü yapılarında üretilmiş çözgü örme oksetik kumaşlar en, boy ve verev yönde kuvvet uygulayarak PR değerleri hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda en ve boy yönlü ölçümlerde kumaşların düşük PR değerlerine sahip olduğu, verev yönlü ölçümlerde ise -0,22 PR değerine ulaşıldığı tespit edilmiştir (Alderson et al., 2012).

Wang ve Hu (2013), paralelkenarlarla oluşturulmuş özel geometrik konfigürasyonla üretilen üç boyutlu çözgü örme kumaşların oksetik davranışlarını, tekrar eden örgüdeki geometrik yapı değişikliğini ve tekrarlı en-boy ve verev yönde kuvvet altında oksetik davranışın devamlılığını incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre kumaşların oksetik davranışının, kuvvetin uygulanma yönüne ve kuvvet miktarına bağlı olduğu belirlenmiştir. Enine yönde kuvvet uygulandığında daha yüksek oksetik etki gözlenirken, kuvvet artışı kumaşların oksetik etkisini azaltmıştır. Ayrıca eşik aşıldıktan sonra oksetik yapıların oksetiklik karakterini kaybettiğini belirlemişlerdir. Örgüde kullanılan geometrik şekil değişikliği (tekrar eden birim uzunluk ve yatayla yaptığı açı) incelendiğinde açı azaldıkça oksetik etkinin arttığı ve oksetik kumaşların daha kolay şekil alabildiğini ortaya koymuşlardır (Wang and Hu, 2013).

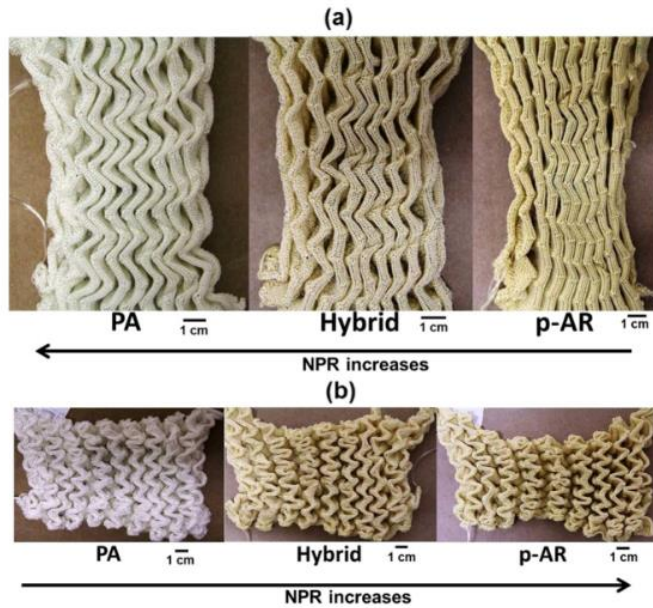
Glazzard ve Breedon (2014), hacimli yapıda üretilen kumaşta ilmek transferleriyle üç boyut etkisi artırılarak oksetik yapıda zigzag örgülü kumaşlar üretmişlerdir. Kumaş numuneleri gerdirilerek en ve boy yönlü değişimleri fotoğraf ile kaydedilmiş ve görüntü işleme programına aktararak Poisson oranı hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında geliştirilen kumaşların NPR değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir (Glazzard and Breedon, 2014).

Rant vd. (2014), materyal ve örgü konstrüksiyonu değiştirerek geliştirdikleri zigzag yapıdaki kumaşların sıkıştırılabilirlik davranışlarını inceledikleri

çalışmalarında % 46/54 yün/poliakrilonitril ve %86/14 viskon/poliamid olmak üzere iki farklı materyale sahip 75 tex iplik kullanmışlardır. Numunelerin 1 mm sıkıştırılması için gerekli kuvvet değeri ölçülmüştür. Çalışmanın sonucunda bu yapıların ambalaj malzemesi olarak kullanılabileceği ve materyali mekanik hasarlardan koruyabileceği saptanmıştır (Rant et al., 2014).

Ma et al. (2017), çözgü örme makinesinde poliester ve naylon iplikle farklı alt yatırım miktarlarına sahip dört farklı örme kumaş üretilmiş ve kuvvet altında en-boy değişimlerine göre PR değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre alt yatırım mesafesi arttıkça numunelerin PR değeri artmaktadır (Ma et al., 2017).

Steffens, Rana ve Fanguiero (2016), poliamid, para-aramid ve bu ipliklerin kombinasyonlarından düz örme makinesinde farklı yapısal parametrelerde (ilmek iplik uzunluğu, örtme faktörü, iplik yoğunluğu) ve farklı çekim silindir basıncında oksetik kumaşlar üretmişler ve yapısal ve makine üretim parametrelerinin NPR değerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda ilmek iplik uzunluğu ve iplik yoğunluğu arttıkça veya örtme faktörü azaldıkça kumaşların NPR değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca para-aramid kumaş hariç diğer kumaşlarda, çekim silindir basıncındaki artış, sık örülmüş kumaşlarda NPR özelliğini arttırırken, orta ve seyrek örülmüş kumaşlarda NPR değerinde önce bir azalış ardından bir artışa neden olmaktadır (Şekil 3.4). Düşük ilmek iplik uzunluğuna sahip para-aramid oksetik kumaşın düşük çekim silindir basıncı altında en yüksek NPR (-0.713) değerini gösterdiği tespit edilmiştir (Steffens, Rana and Fanguiero, 2016).



Şekil 3.4. Aynı çekim silindir ayarında farklı materyallerden ilmek iplik uzunluğu (a) 10,0 mm, (b) 11,0 mm olarak örülmüş oksetik kumaşlar.

Chang, Ma ve Jiang (2017), çalışmalarında oksetik çözgü örme sandviç kumaşların düşük hız etkisi altında darbe dayanımı ve enerji emme yeteneklerini incelemişlerdir. Sonuç olarak NPR değeri arttıkça kumaşların daha iyi enerji emme yeteneğinin olduğu ve darbe dayanım özelliklerinin iyileştiği tespit edilmiştir (Chang, Ma and Jiang, 2017).

Du vd. (2017), sonlu elemanlar yöntemini kullanarak çözgü örme sandviç kumaşların sıkıştırılma performansını incelemişler. Sonlu elemanlar yönteminin, çözgü örme sandviç kumaşın küresel sıkıştırma performansını simüle etmede etkili olduğunu bulmuşlardır (Du et al., 2017).

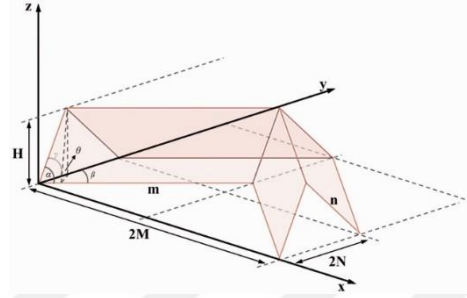
Wang ve Hu (2017) dış yüzeylerinde farklı örgü yapılarını kullanarak çözgü örme sandviç kumaşların Poisson oranlarını hesaplayarak kuvvet ile şekil alabilme arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında oksetik kumaşların konvansiyonel kumaşlara göre daha kolay şekil alabildiğini ortaya koymuşlardır (Wang and Hu, 2017).

Boakye vd. (2018), düz örme makinesinde üç farklı materyal (naylon, poliester ve pamuk ipliği) kullanarak okbaşı örgü yapısına sahip farklı desen raporlarında kumaşlar üretmişler ve üretilen kumaşların kuvvet altında en-boy değişimleri tespit edilerek Poisson değerleri hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda naylon ipliklerle 6x6 desen yapısında üretilen kumaşların daha düşük PR değeri sergilediği belirlenmiştir (Boakye et al., 2018).

Xu vd. (2018) çalışmalarında katlanabilir, döner ve okbaşı örgü yapısında üretilen kumaşların ilmek iplik uzunluğu ile PR değeri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. 85tex Kevlar iplik kullanarak düz örme makinesinde üretilen numuneler üzerinde işaretlemeler yapılarak çenelere sabitlenerek elle kuvvet uygulanan numunelerin en-boy değişimleri belirlenerek PR değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kumaşların ilmek iplik uzunluğu arttıkça PR değerinin azaldığı ortaya konmuştur (Xu et al., 2018).

Luan vd. (2020), Miura katlama (Şekil 3.5) tekniğiyle ürettikleri düz örme oksetik kumaşların deformasyonu için harcanan enerji ile PR değerlerinin etkisini deneysel ve teorik olarak incelemişlerdir. Ardından 50x50 mm ölçülerindeki numuneler universal mukavemet test cihazında 100 mm/dk hız ile kuvvet uygulanmıştır. İlk 60 saniye kuvvet uygulanıp sonraki 60 saniye yük geri çekilerek kuvvet-uzama grafikleri oluşturulmuştur. Grafikte oluşan histerilerle numunelerin

yük altında deformasyonları incelenmiştir. Sonuç olarak Poisson oranı en düşük olan numunenin ($\nu = -0,9$) (zigzag desenin yatayla en düşük açığa sahip olduğu) deforme edilmesi için gereken enerjinin diğer numunelere göre %50 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kuvvet-uzama eğrileri, deformasyon morfolojileri ve Poisson oranları açısından sonlu elemanlar analizi ile deneysel sonuçların benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (Luan et al., 2020).



Şekil 3.5. Miura-ori hücrenin geometrisi ve yapısal parametreleri.

Zhao vd. (2020), elastik (116 dtex elastomerik iplik) ve elastik olmayan (108 dtex poliester) alt yatırım iplikleri kullanarak çözgü örme oksetik kumaş üretmişler ve kuvvet altında en-boy değişimini inceleyerek PR değerini -0,5 olarak hesaplamışlardır (Zhao et al., 2020). Çalışma kapsamında geliştirilen kumaşın tekrarlı yük altında (çözgü örme numunelerin kopma mukavemetlerinin %25'i kadar yük 100 tekrarlı olarak) oksetik davranışını inceledikleri diğer çalışmalarında kumaşların oksetik özelliklerini tekrarlı yük altında koruduklarını tespit etmişlerdir (Zhao ve diğerleri, 2021a).

Zhao vd. (2021b), elastik ve rijit yapıdaki alt yatırım iplikleriyle oluşturulan çözgü örme kumaşların PR değerlerini hem universal mukavemet cihazı hem de sonlu elemanlar yöntemiyle %20 uzama değerine kadar ölçmüştür. Çalışmanın sonucunda teorik ölçüm değerinin gerçek PR değerine göre daha yüksek olduğu, sonlu elemanlar yönteminin numunenin PR değerinin tahminlenmesinde kullanılabileceğini belirlemişlerdir (Zhao et al., 2021b).

4. MATERYAL – METOT

Çalışmanın bu bölümünde oksetik iplik ve kumaş üretiminde kullanılan iplikler ve özellikleri, PR (poisson oranı) ölçüm yöntemleri ve kumaşlara uygulanan diğer ölçüm yöntemleri hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir.

4.1. Materyal

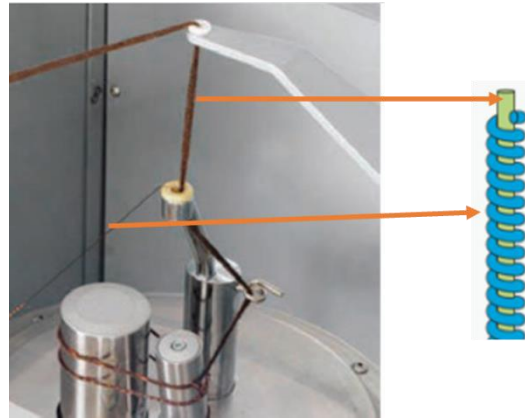
4.1.1. Kullanılan lifler ve iplikler

Çalışma kapsamında helis oksetik iplik (HAY) ve kumaşların üretiminde poliester (980 dtex), polipropilen (980 dtex), poliamid 6 (980 dtex), pamuk (Ne 6/1) ve gipe ipliği (70*2 denye poliester elastanlı lastik) kullanılmıştır.

4.1.2. Helis oksetik ipliklerin üretimi

Helis oksetik iplik, optimum özelliklerde fonksiyonel olması için iki ayrı modüle ve çapa sahip bileşenden oluşur: özde kullanılan yumuşak özellikte iplik dışta sarımda kullanılan bileşen ise sert özellik gösteren iplik (Gao vd., 2021).

Bu çalışma kapsamında filament ya da kısa stapel ipliğin (manto), merkez (öz) ipliği üzerine sarılması esasına dayanan bir proses olan kaplama (hollow spindle - tek yönde sarım) yöntemiyle (Gao vd., 2020) Bölümümüz bünyesinde bulunan Ağteks DirecTwist® makinesinde helis oksetik özellik gösteren iplikler üretilmiştir (Şekil 4.1). Üretilen ipliklerin listesi Çizelge 4.1’ de, yüzey görünümleri Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.1. DirecTwist® makinesinde kaplama metoduyla iplik üretimi (www.agteks.com).

Çizelge 4.1. Üretilen helis oksetik iplikler.

No.	Manto ipliği	Öz ipliği
1	Poliester multifilament iplik	Gipe iplik
2	Polipropilen multifilament iplik	
3	Poliamid 6 multifilament iplik	
4	Pamuk	



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.2. Helis oksetik ipliklerin mikroskop altındaki görünüşleri (a) Poliester, (b) Polipropilen, (c) Poliamid 6, (d) Pamuk.

4.1.3. Oksetik kumaşların üretimi

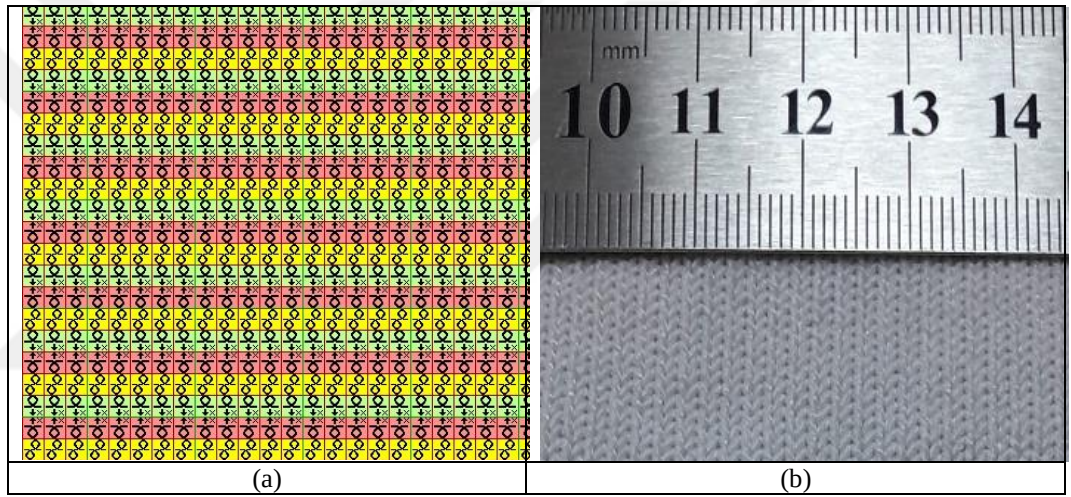
Oksetik kumaşların üretimi Bölümümüz bünyesinde yer alan E7 incelikte Shima Seiki NSSG 122 SV bilgisayarlı düz örme makinesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.3). Farklı parametrelerin etkisini incelemek amacıyla 6 grupta toplamda 47 kumaş üretilmiştir.



Şekil 4.3. Shima Seiki NSSG 122 SV bilgisayarlı düz örme makinesi.

4.1.3.1. Helis oksetik iplik tipinin kıyaslanması için üretilen numuneler

Kumaş grubu 1’de 4 farklı materyal ile üretilen helis oksetik ipliklerden düz örme tekniği ile hortum örgü yapısında 4 tip kumaş üretilmiştir (Şekil 4.4).

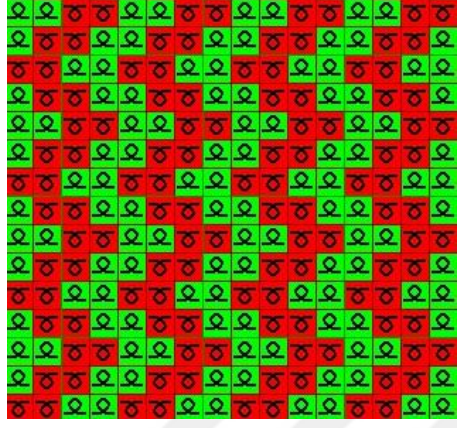
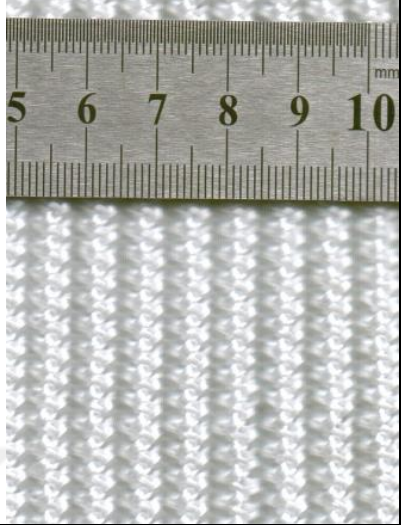
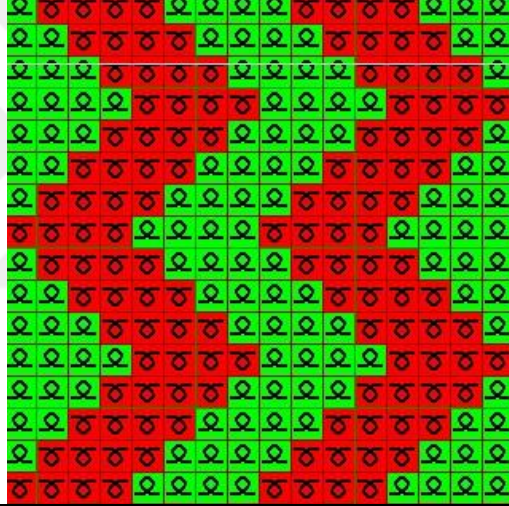
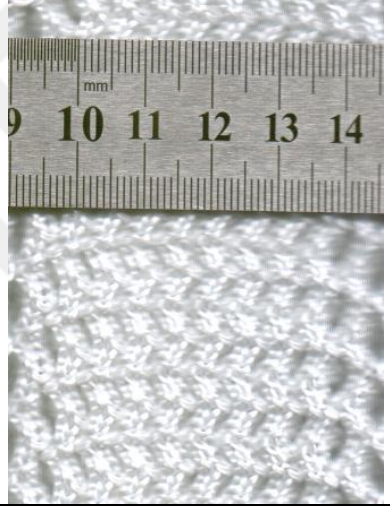
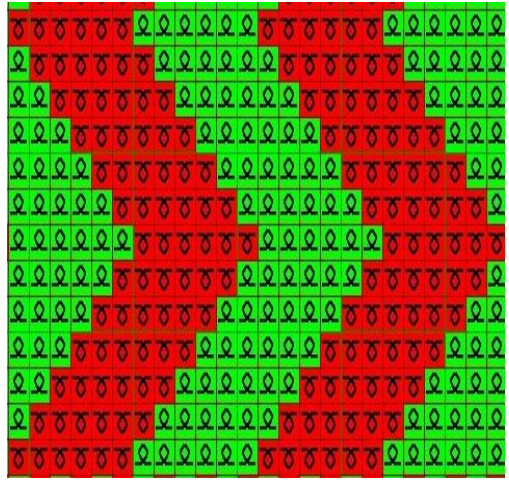


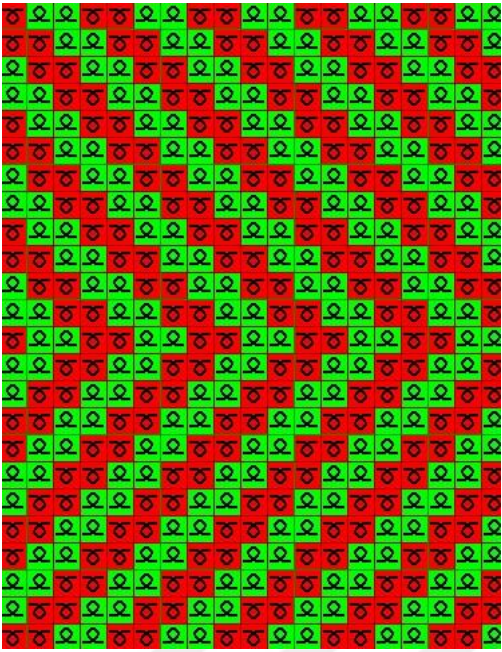
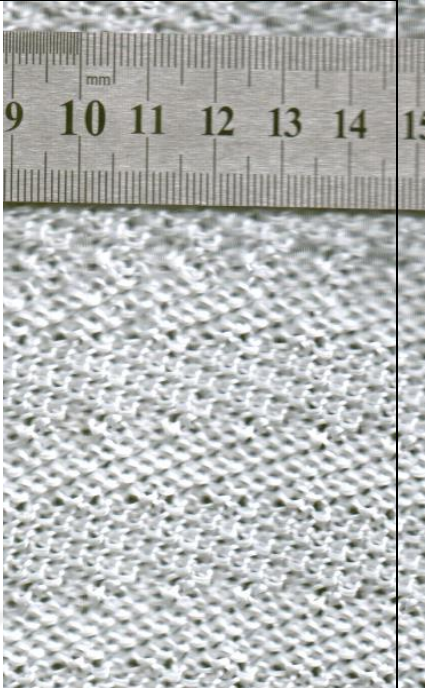
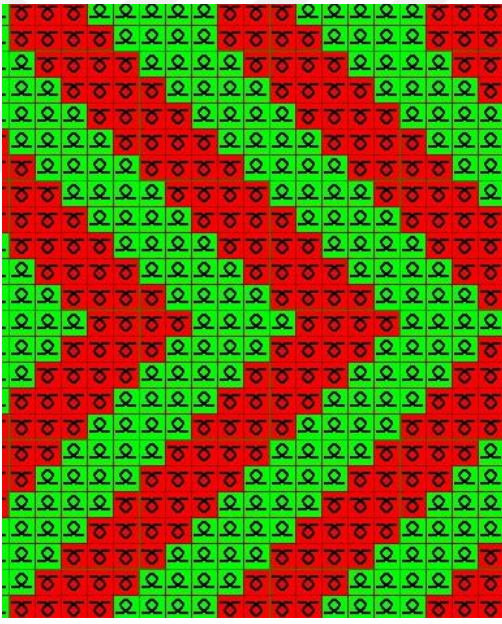
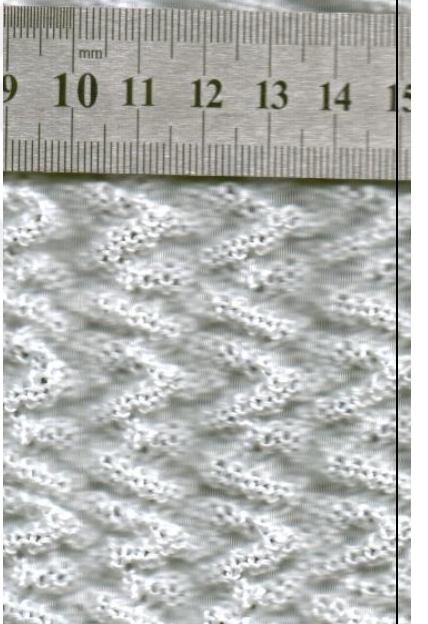
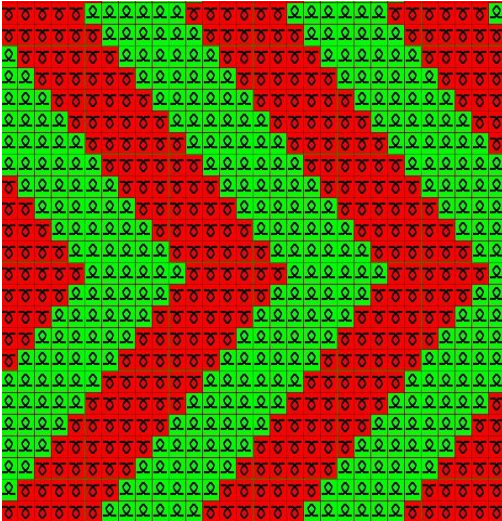
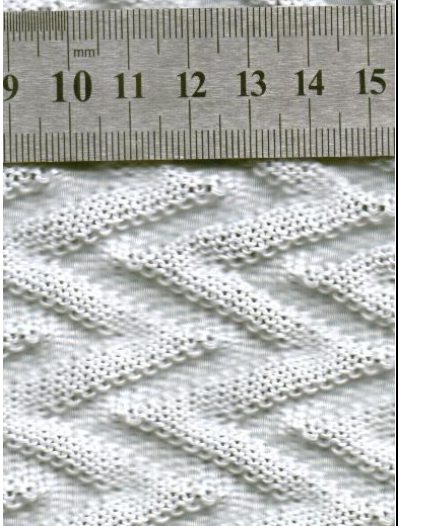
Şekil 4.4. Hortum örgü yapısı (a) Desen programı görüntüsü ve (b) Kumaş görünüşü.

4.1.3.2. Örgü yapısındaki değişimin etkisinin incelenmesi için üretilen numuneler

Kumaş grubu 2’de örgü tipi olarak ok başı şeklinde girintili kumaş yapısı seçilmiştir. Ok başı şeklinde girintili kumaş yapısında oksetiklik etkisi düz ve ters ilmek kombinasyonları ile sağlanmaktadır. Düz ve ters ilmek sayı değişimlerinin oksetikliğe etkisini incelemek amacıyla düz ve ters ilmek sayılarının eşit artış gösterdiği yapılar (S4Ç4, S8Ç8 ve S12Ç12) ile sıra sayısının sabit, ok başının genişliğinin arttırıldığı yapılar (S24Ç4, S24Ç8, S24Ç12) denenmiştir. Kumaş üretiminde poliester iplik (980 dtex) çift kat olarak kullanılmıştır. Kumaş grubu 2 kapsamında üretilen 6 tip kumaşın desen raporları, iğne diyagramları ve yüzey görüntüleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelge 4.2’de kumaş tipi olarak kullanılan “S” ve “Ç” harfleri sırasıyla “Sıra” ve “Çubuk” terimlerini ifade etmektedir.

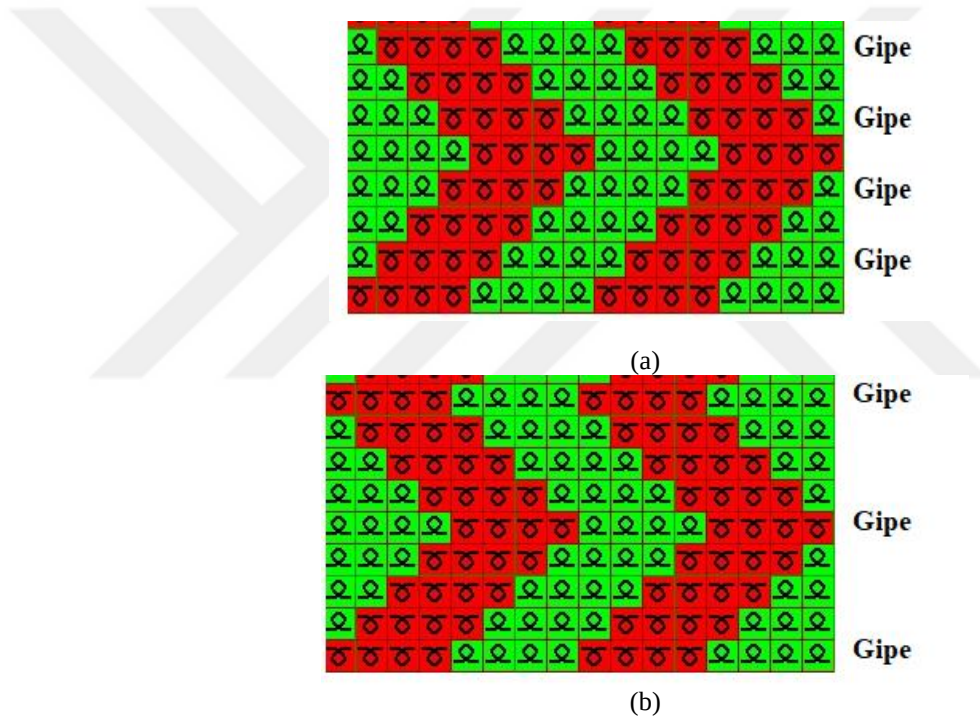
Çizelge 4.2. Kumaş grubu 2’de üretilen oksetik kumaşlar.

Kumaş tipi	Desen raporu	Yüzey görüntüsü
S4Ç4		
S8Ç8		
S12Ç12		

S24-Ç4		
S24-Ç8		
S24Ç12		

4.1.3.3. Elastik iplik kullanımının ve kullanım oranının etkisinin incelenmesi için üretilen numuneler

Oksetik kumaş üretiminde kullanılan çeşitli örgü konstrüksiyonlarında oksetiklik etkisi, kumaşların toparlanması sonucu üç boyut etki oluşturmaları sayesinde elde edilmektedir. Kumaş üretimi esnasında kumaş yapısı içerisine elastik iplik katılmasının numunelerin toparlanma ve üç boyutlu etkisini arttırması sonucu oksetiklik üzerine olumlu etki sağlayacağı düşünülmektedir. Bu kapsamda kumaş grubu 2’de yer alan kumaş tipleri yarı elastan (ardışık sıralarda elastik iplik besleme) (Şekil 4.5a) ve kısmi elastan (ok başı yapısının başlangıç, orta ve bitiş noktalarına elastik iplik besleme) (Şekil 4.5b) olacak şekilde belirli oranlarda elastik iplik beslenerek toplamda 12 tip numune üretilmiştir.



Şekil 4.5. (a) Yarı elastan ve (b) Kısmi elastan içeren kumaşların desen rapor örneği

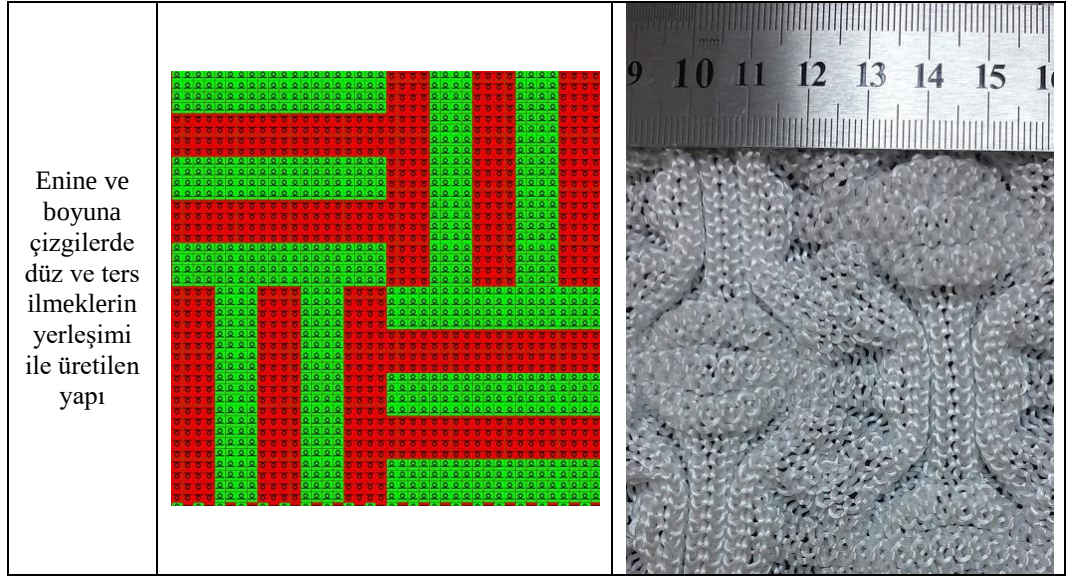
4.1.3.4. Materyal tipi ve örgü tipi değişiminin etkisinin incelenmesi için üretilen numuneler

Kumaş grubu 4’de, üç farklı örgü tipinde dört farklı iplik tipi kullanılarak 12 tip kumaş üretilmiştir. Kumaş üretiminde poliester (980 dtex), polipropilen (980 dtex), poliamid 6 (980 dtex) ve pamuk (Ne 6/1) ipliklerinden çift kat kullanılmıştır. Örgü tipi olarak kumaş grubu 2’de yer alan örgü tiplerinden en iyi sonucu sağlayan örgü yapısı S12Ç12 parça formunda, dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin

yerleşimi ile üretilen yapı ile enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı olmak üzere 3 tip denenmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Kumaş grubu 4' de üretilen oksetik kumaşlar.

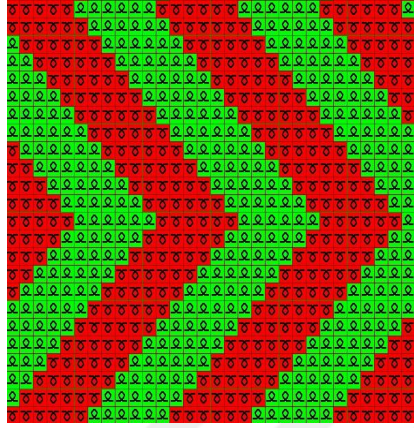
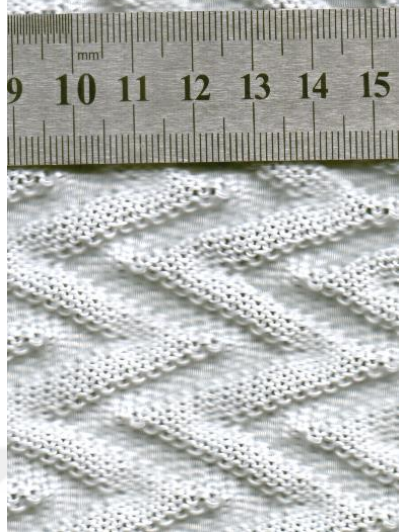
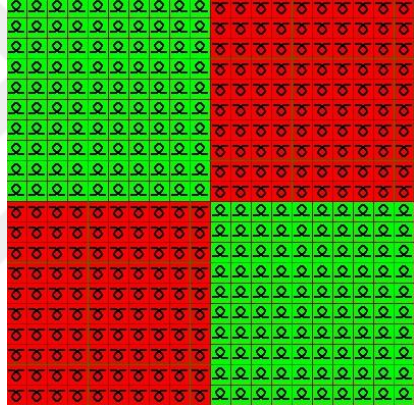
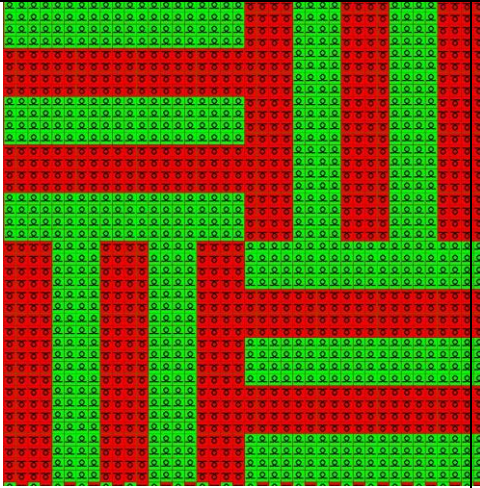
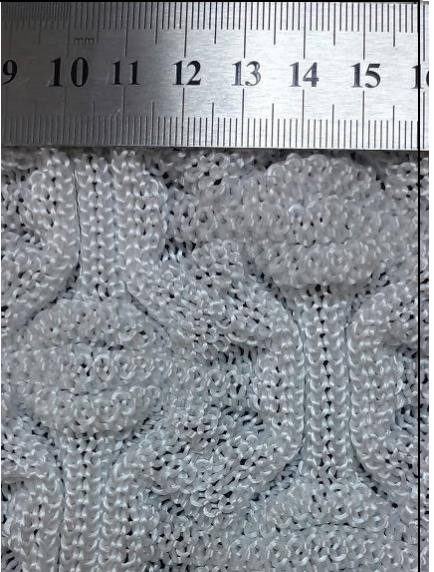
Kumaş tipi	Desen raporu	Yüzey görüntüsü
S12Ç12 – parça formu		
Dikdörtge n formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı		



4.1.3.5. Materyal tipi değişiminin kısmi elastan oranında elastik iplik içeren kumaşlara etkisinin incelenmesi için üretilen numuneler

Kumaş grubu 3’de yapılan değerlendirme sonucunda kısmi elastik iplik kullanımının etkisinin yarı elastik iplik kullanımına göre oksetikliğe etkisinin daha fazla olduğu tespit edildiğinden kumaş grubu 5’de dört farklı iplik tipi ile kısmi elastik iplik kullanım oranı ile üç farklı örgü tipinde 12 tip kumaş üretilmiştir. Kumaş grubu 2’de en yüksek oksetiklik etki S24Ç12 kumaş tipi kısmi elastik besleme oranında elde edildiğinden kumaş tipi 1 olarak S24Ç12 yapısı tercih edilmiştir. Kumaş üretiminde poliester (980 dtex), polipropilen (980 dtex), poliamid 6 (980 dtex) ve pamuk (Ne 6/1) ipliklerinden çift kat kullanılmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Kumaş grubu 5’de üretilen oksetik kumaşlar.

Kumaş tipi	Desen raporu	Yüzey görüntüsü
S24Ç12 – parça formu		
Dikdörtge n formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı		
Enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı		

4.1.3.6. Helis oksetik iplikle oksetiklik gösteren örgü tipinin etkisinin incelenmesi için üretilen numuneler

Proje kapsamında üretilen helis oksetik ipliklerden en yüksek PR özelliğine sahip olan poliester HAY ile kumaş grubu 4’de yer alan oksetik örme konstrüksiyonlarından en iyi sonucu veren 3 örgü tipinde (S24Ç12, dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı ile enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı seçilerek üretilen oksetik örme kumaşlar) 3 tip kumaş üretilmiş ve HAY ile oksetik örgü tipinin birlikte etkisi incelenmiştir.

Çalışma kapsamında üretilen oksetik kumaş yapılarının listesi Çizelge 4.5’de sunulmuştur.

Çizelge 4.5. Çalışma kapsamında üretilen oksetik kumaş yapıları.

Kumaş grubu	Kumaş kodu	Materyal	Örgü tipi	
Grup 1	1	Poliester HAY	Hortum örgü	
	2	Polipropilen HAY		
	3	Poliamid 6 HAY		
	4	Pamuk HAY		
Grup 2	5	Poliester	S4Ç4	Ok başı şeklinde girintili yapı (parça formu)
	6		S8Ç8	
	7		S12Ç12	
	8		S24Ç4	
	9		S24Ç8	
	10		S24Ç12	
Grup 3	11	Poliester (Yarı Elastan)	S4-Ç4	Ok başı şeklinde girintili yapı (parça formu)
	12		S8-Ç8	
	13		S12-Ç12	
	14		S24-Ç4	
	15		S24-Ç8	
	16		S24-Ç12	
	17	Poliester (Kısmi Elastan)	S4-Ç4	
	18		S8-Ç8	
	19		S12-Ç12	
	20		S24-Ç4	
	21		S24-Ç8	
	22		S24-Ç12	
Grup 4	7	Poliester	S12Ç12 (parça formu)	
	23	Polipropilen		
	24	Poliamid 6		
	25	Pamuk	Dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı	
	26	Poliester		
	27	Polipropilen		
	28	Poliamid 6		

	29	Pamuk	
	30	Poliester	Enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı
	31	Polipropilen	
	32	Poliamid 6	
	33	Pamuk	
	22	Poliester (Kısmi Elastan)	S24Ç12 (parça formu)
	34	Polipropilen (Kısmi Elastan)	
	35	Poliamid 6 (Kısmi Elastan)	
	36	Pamuk (Kısmi Elastan)	
Grup 5	37	Poliester (Kısmi Elastan)	Dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı
	38	Polipropilen (Kısmi Elastan)	
	39	Poliamid 6 (Kısmi Elastan)	
	40	Pamuk (Kısmi Elastan)	
	41	Poliester (Kısmi Elastan)	Enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı
	42	Polipropilen (Kısmi Elastan)	
	43	Poliamid 6 (Kısmi Elastan)	
	44	Pamuk (Kısmi Elastan)	
Grup 6	45	Poliester HAY	S24Ç12 (parça formu)
	46		Dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı
	47		Enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı

4.2. Metot

İpliklerin mukavemet ve PR ölçümleri ile üretilen kumaşların performans ve konfor ölçümleri bölümümüz Fiziksel Tekstil Muayeneleri Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Ölçümler, standart atmosfer koşullarında ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\% 65\pm 4$ bağıl nem) numuneler en az 24 saat kondüsyonlandıktan sonra yapılmıştır.

Temin edilen ipliklerin kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerleri ile üretilen kumaşların performans özelliklerini belirlemek için gramaj, kalınlık, sıkıştırılma dayanımı ve oksetiklik etkisi test edilmiştir. Bu ölçümlere ek olarak, ölçümler sonucunda en yüksek oksetiklik ve performans özellikleri gösteren kumaşlar seçilerek karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

4.2.1. İplik kopma mukavemeti ve kopma uzaması

Temin edilen ipliklerin kopma mukavemeti ve kopma uzaması ölçümleri, Lyod Instruments iplik kopma mukavemeti test cihazı (Şekil 4.6) ile çeneler arası mesafe 250 mm, çekme test hızı 250 mm/dk olacak şekilde TS EN ISO 2062 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.6. Lyod Instruments kopma mukavemeti test cihazı.

4.2.2. Gramaj

Kumaşların gramaj değerleri, TS EN 12127 standardına uygun olarak hassas terazide üç tekrarlı olarak ölçülmüştür. Örgü yapısının girintili olması nedeniyle dairesel kesme aleti ile sağlıklı bir kesim gerçekleştirilemediği için kumaşlarda alan hesabı üzerinden gramaj değerleri hesaplanmıştır.

4.2.3. Kalınlık

Kumaşların kalınlık ölçümleri, TS 7128 EN ISO 5084 standardına göre SDL Atlas dijital kalınlık ölçüm cihazı ile 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. SDL Atlas dijital kalınlık ölçüm cihazı.

4.2.4. Sıkıştırılma dayanımı

Kumaşların sıkıştırılma dayanımı literatürde yer alan basınç-kalınlık eğrisinin altındaki kalan alan hesaplama yöntemi dikkate alınarak TS 3374 ISO 1765 standardına uygun olarak Wira Digital Thickness Gauge cihazında (Şekil 4.8) yapılan ölçümlerle belirlenmiştir (Arumugam et al., 2017; Ertekin ve Marmaralı, 2012; Özdil vd., 2012).

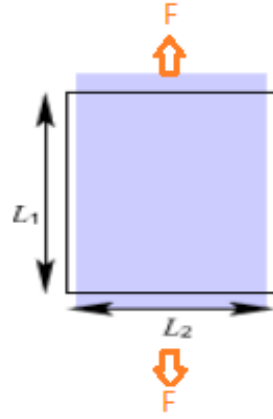


Şekil 4.8. Wira Digital Thickness Gauge ölçüm cihazı.

Cihazın ölçüm prensibi şu şekildedir: Kumaşın kalınlık değeri, numunenin yerleştirildiği plaka ile baskı ayağı arasındaki mesafenin belirlenmesi ile ölçülmektedir. Numunenin belirli basınç değerleri altında kalınlığındaki değişim ölçülür. Ekstra ağırlık olmadan baskı ayağının basıncı 2 kPa, A: 5kPa, B:10kPa, C:20 kPa, D:50kPa basınç altında numunelerin kalınlık değerleri belirlenir ve basınç-kalınlık değişimi eğrisi altında kalan alan hesaplanarak kumaşı sıkıştırmak için yapılan işe ulaşılır. Kumaşı sıkıştırmak için yapılan iş ne kadar yüksekse kumaşın sıkıştırılma dayanımı o kadar yüksektir şeklinde ifade edilir (Savilla, 1999).

4.2.5. Oksetiklik etkisi (Poisson oranı (PR))

Poisson oranı (PR), bir malzemede kuvvet uygulanan yöndeki uzama miktarı ile diğer yöndeki genişleme miktarı arasındaki bağıntıdır. Bu oran pozitif ya da negatif olabilir (Evans, 1991; Lim, 2015).



$$\nu = - \frac{\epsilon_{yanal}}{\epsilon_{eksenel}} \quad (2)$$

$$\epsilon_{yanal} = \frac{\Delta L_2}{L_2} \quad (3)$$

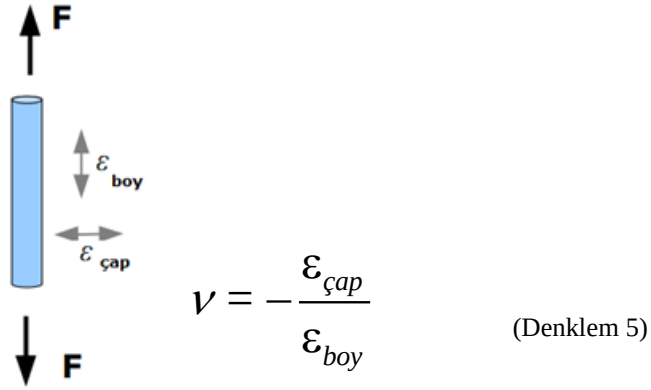
$$\epsilon_{eksenel} = \frac{\Delta L_1}{L_1} \quad (4)$$

Şekil 4.9. Kuvvet altında malzemenin davranışı ve PR formülü.

Denklem 2’de $\epsilon_{eksenel}$ kuvvetin uygulandığı yöndeki uzama oranı, ϵ_{yanal} diğer yöndeki uzama oranını ifade etmektedir. Denklem 3 ve Denklem 4, Denklem 2’de yerine konularak PR hesaplanmaktadır. Denklemdeki “-” değeri nedeniyle uzamaya zorlanan bir malzemenin diğer yönde daralması sonucu PR pozitif “+”, her iki yönde de uzama gerçekleşmesi durumunda ise PR eksi “-” değer almaktadır (Şekil 4.9). Örneğin; PR (ν) 0,2 olan bir malzeme; gerilme kuvvetine maruz kalıyorsa ve eksenel yönde %10 oranında uzatılırsa, bu malzemenin yanal yönde değişimi %2 daralma şeklinde olmaktadır.

Birçok malzeme pozitif poisson oranına sahiptir. Konvansiyonel malzemelerin PR değerlerinin 0 ile 0,5 aralığında olduğu kabul edilmektedir ($0 \leq \nu \leq 0,5$). Oksetik malzemeler teorik olarak en düşük “-1” değerini alırlar ve oksetik malzemeler ile birlikte malzemelerin poisson oranı değerleri -1 ile 0,5 aralığında değişmektedir ($-1 \leq \nu \leq 0,5$). Tek eksenli çekme veya basınç kuvveti uygulandığında yanal şekil değişimine uğramayan bir malzeme için poisson oranı “0” olacaktır ($\nu=0$). Poisson oranı 0,5 değerine yaklaşan bir malzemenin sıkıştırılabilirliği ne kadar düşük ise, şekil değiştirmesi o kadar kolaydır. $\nu=-1$ ’e yaklaşan bir malzemenin ise sıkıştırılabilirliği fazla ve şekil değiştirmesi ise zordur yani şekil değişimine karşı direnç gösterir.

Boyuna yönde kuvvete maruz kalan malzeme yuvarlak kesitli bir malzeme ise genişleme veya daralma çap yönünde olmaktadır (Denklem 5) (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Yuvarlak kesitli malzemenin kuvvet altında davranışı ve poisson oranı formülü.

Helis oksetik ipliklerin PR değerini ölçmek için 250 mm çene mesafesine yerleştirilen iplikler 20 mm/dk hızla çekilerek elde edilen görüntüler digimizer programına aktarılmış ve uzama değerine bağlı olarak PR değerleri hesaplanmıştır. PR değerinin hesaplanmasında kullanılan yöntem aşağıda özetlenmiştir: Helis oksetik ipliklerin serbest halde ve kuvvet altında uzadıklarında çekilen görüntülerinden elde edilen ilk kalınlık değerleri sırasıyla H_0 ve H olarak kaydedilmiştir. Ardından digimizer programı kullanarak H_0 ve H değerleri piksel olarak hesaplanmış ve yanıl uzama değeri Denklem 6 kullanılarak belirlenmiştir:

$$\varepsilon_r = \left(\frac{H}{H_0} - 1 \right) \times 100 \quad (\text{Denklem 6})$$

Eksenel uzama değeri için ise mukavemet test cihazından elde edilen değerler kullanılmış ve oksetik ipliklerin PR değerleri Denklem 7 ile hesaplanmıştır.

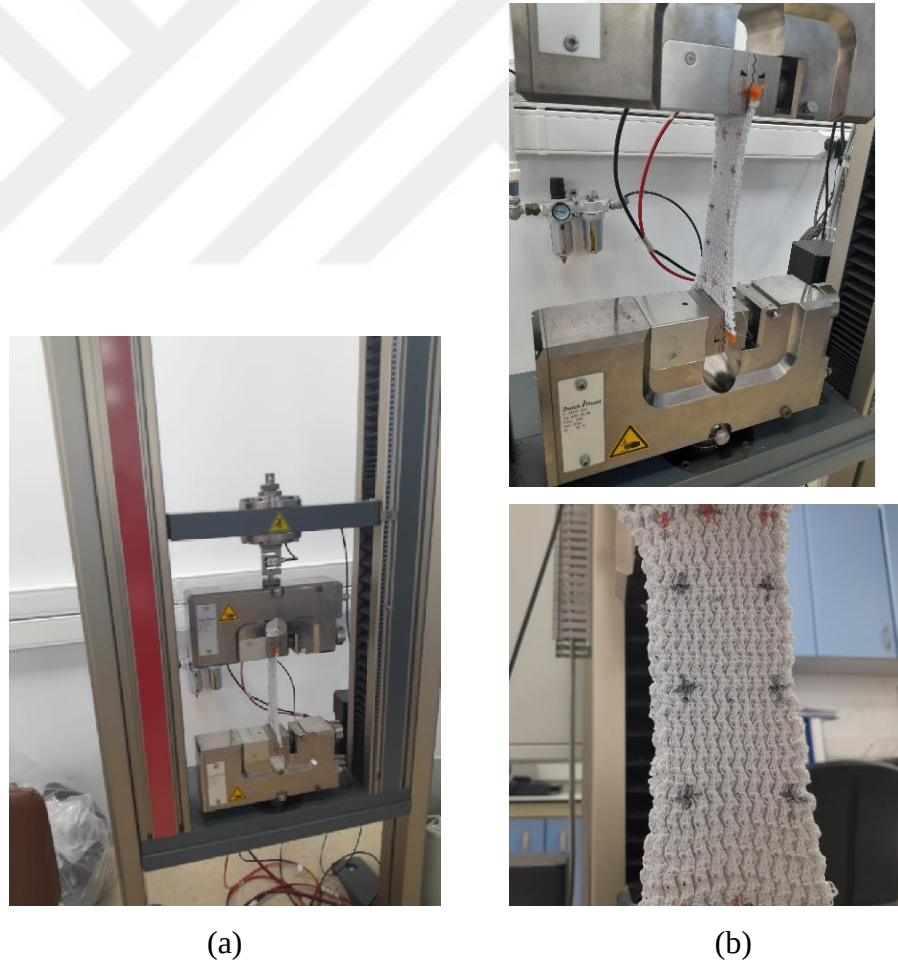
$$\nu = -\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon} \quad (\text{Denklem 7})$$

PR ölçümleri, Zwick/Roell Z010 cihazı ve yatay yönde ölçüm gerçekleştirilen çene aparatları içeren düzenekte olmak üzere iki farklı yöntemle gerçekleştirilmiştir. Her iki yöntemde de görüntü analizlerinin hassas bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için uzama altında kumaşlarda meydana gelen değişiklikler, EOS 4000D kamera (Lens EF-S18- 55 MM F/3.5-5.6 IS II, 18 Megapixel) ile kaydedilmiştir. Test esnasında kameraya kaydedilen görüntüler, digimizer görüntü işleme programına aktarılmış ve %5 boyuna uzama altında en ve boy yönlü değişimler ölçülmüş ve PR değerleri hesaplanmıştır. Her iki yöntemle elde edilen

sonuçlar karşılaştırılarak elde edilen sonuçlar arasındaki yakınlık düzeyi belirlenmiştir.

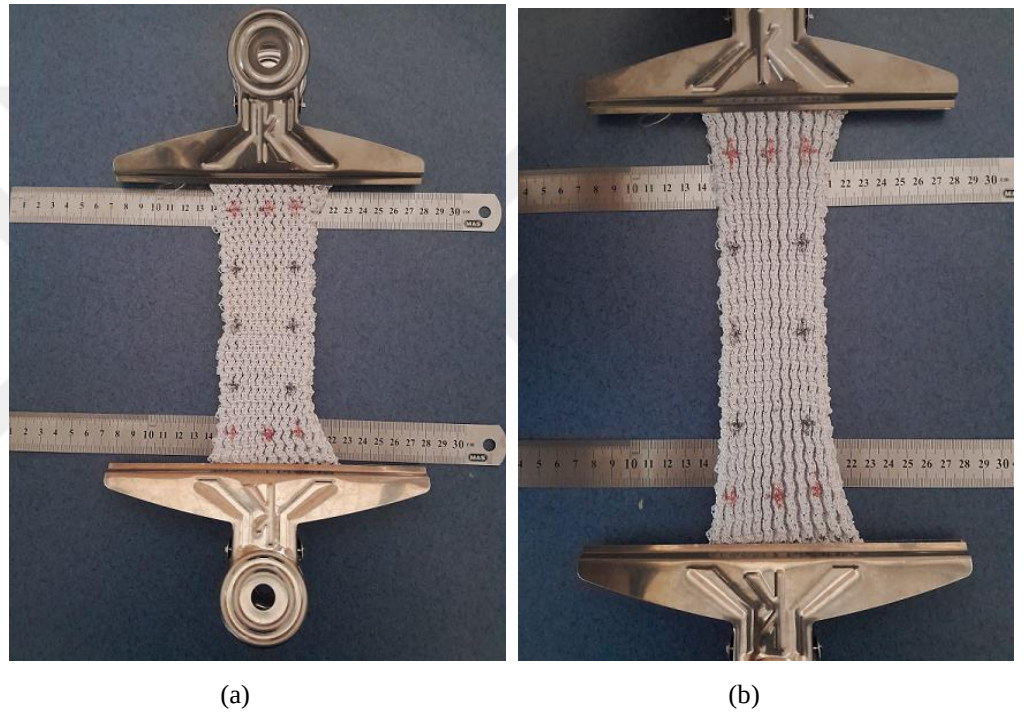
Zwick/Roell lm cihazında PR lmleri, ASTM E132-17 (Standard test method for poisson's ratio at room temperature) standardına uygun olarak yapılmıştır.

ASTM E132-17 standardına göre PR lmnde kullanılan numune boyutları; “boyuna ölçüm çizgisi, enine ölçüm çizgisinin en az 5 katı; numune uzunluğu, enine ölçüm çizgisinin en az 7 katı uzunluğunda olmalıdır” şeklinde belirtilmiştir. Numune uzunluğu (eneler arası mesafe) 210 mm, numune eni 50 mm, enine ve boyuna ölçüm çizgileri sırasıyla 30 ve 150 mm olarak işaretlenmiştir. lm hızı 20 mm/dk olarak belirlenmiştir. şekil 4.11'de Zwick Roell cihazı ve cihaza yerleştirilmiş işaretli numune rnegi görülmektedir.



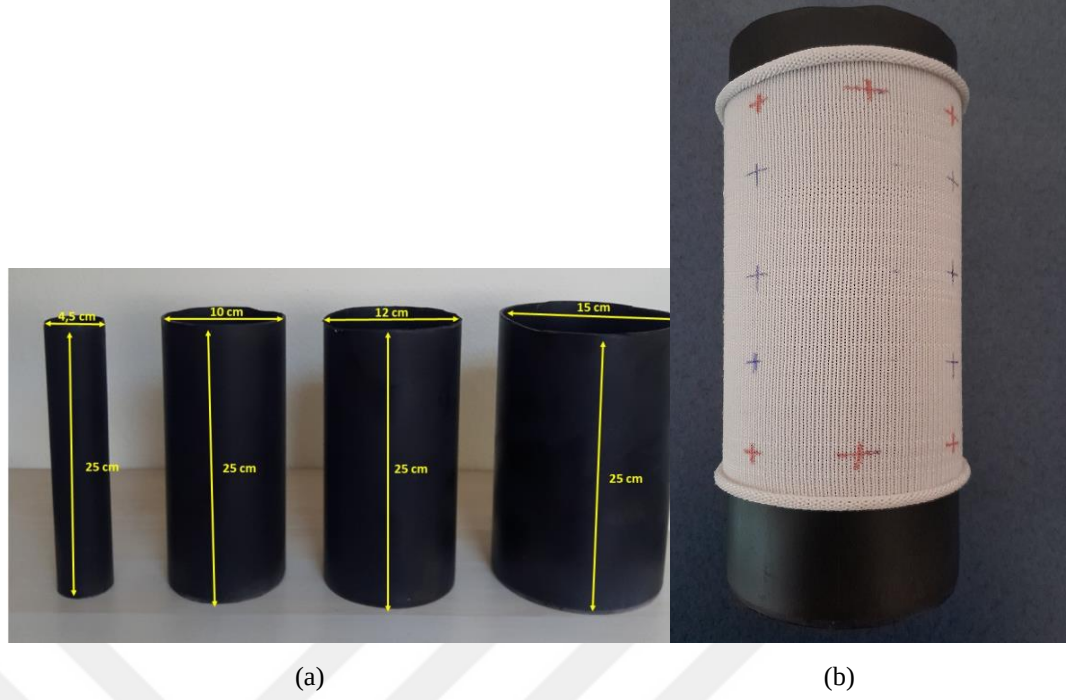
şekil 4.11. (a) Zwick Roell Z1010 cihazı, (b) Cihaza yerleştirilmiş numune görüntüsü.

Parça formunda üretilen kumaşların PR hesaplamaları için çene aparatları içeren bir yatay düzenek hazırlanmıştır (Deshpande, 2019; Ko et al., 2015; Liu et al., 2010; Rant et al., 2014; Sun et al., 2021; Xu et al., 2018). Bu düzenekte yatay yüzey üzerine yerleştirilen deney numunelerine her iki tarafından eşit miktarlarda artırılıp azaltılan ağırlıklar kullanılarak kuvvet uygulanmakta ve enine yönde meydana gelen değişim kamera görüntüsü ile tespit edilerek genişleme/uzama değerleri hesaplanmaktadır. Tüm kumaş numunelerine eksenel yönde %5 oranında uzama gösterecek şekilde kuvvet uygulanmış ve yanal yönde uzama değerleri farklı noktalardan ölçümler alınarak kaydedilmiştir (Şekil 4.12). Denklem 2 kullanılarak parça formunda üretilen numunelerin PR değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 4.12. (a) Gerdirmeden önce aparata takılmış kumaş örneği, (b) Gerdirildikten sonra kumaşın görüntü örneği.

Tüp formunda üretilen kumaşların PR ölçümü için farklı çaplarda silindirler kullanılmıştır (Şekil 4.13a). Literatürde bu prensiple ölçüm yapılan çalışma baz alınmıştır (Boakye, 2018). Bu amaçla üretilen 4 farklı çaptaki silindirlerin üzerine tüp formunda üretilen kumaşlar giydirilmiş ve numunelere bu sayede en yönlü farklı gerilim uygulanmıştır. Gerilim sonucunda kumaşların boy yönündeki değişimleri ölçülmüştür. Farklı uzama değerlerindeki ölçülen değerler kullanılarak kumaşların PR değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.13b’de tüp şeklinde ölçüm aparatına yerleştirilmiş numune görüntü örneği sunulmuştur.



Şekil 4.13. (a)Tüp formunda üretilen kumaşların oksetiklik etkisi ölçümünde kullanılan farklı çaplara sahip silindir aparatlar, (b) Silindir aparatı üzerine yerleştirilmiş tüp formundaki kumaşın görüntü örneği.

4.2.6. İstatistiksel değerlendirme

Ölçüm sonuçları istatistiksel bir değerlendirme programı ile değerlendirilmiştir. Herhangi bir parametrenin sonuçları ne şekilde etkilendiğini ve değişimin önemli olup olmadığını belirlemek için tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Bu analizler ile elde edilen “p” değerleri, $\alpha=0,05$ anlamlılık derecesinde değişimin önemlilik düzeyini belirlemede kullanılmıştır. “p” değerinin 0,05 değerinden küçük olması durumunda incelenen faktör test edilen özellik üzerine etkisi önemli şeklinde yorumlanmıştır. Varyans analizleri sonucunda birbirinden önemli oranda farklı olmayan materyaller aynı alt gruplar altında; birbirinden önemli oranda farklı olan materyaller ise farklı alt gruplar altında verilmiştir.

5. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışma kapsamında öncelikle temin edilen ipliklerin iplik kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerleri ölçülmüştür. İkinci aşamada üretilen helis oksetik ipliklerin PR ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Üçüncü aşamada PR ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması için seçilen kumaş tiplerinde PR ölçüm sonuçları incelenmiştir. 4. aşamada ise 6 farklı grupta üretilen kumaşların gramaj, kalınlık ve sıkıştırılma dayanımı özellikleri ölçülmüştür. Son aşamada ise oksetiklik özelliği yüksek olan seçilen kumaşların karşılaştırmalı değerlendirmesi yapılmıştır. Her bir grubun ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve kumaşların özelliklerine ait varyans analizi ve Duncan analiz sonuçlarına EK'ler bölümünde yer verilmiştir.

Gerçekleştirilen ölçümlerin sonuçları Bölüm 5.1'de, sonuçların değerlendirmelerine ise Bölüm 5.2'de yer verilmiştir.

5.1. Bulgular

Temin edilen ipliklerin (poliester, polipropilen, poliamid 6, pamuk ve gipe iplikleri) iplik kopma mukavemeti ve kopma uzaması ölçüm sonuçları Çizelge 5.1'de sunulmuştur.

Çizelge 5.1. Temin edilen ipliklerin kopma mukavemeti ve kopma uzaması ölçüm sonuçları.

İplik tipi	İplik numarası	Kopma mukavemeti (N)	Kopma uzaması (%)
Poliester	980 dtex	63,51	30,29
Polipropilen	980 dtex	59,38	26,13
Poliamid 6	980 dtex	Çeneler arası uzamadan dolayı kopma gerçekleşmedi.	
Pamuk	Ne 6/1	10,55	11,79
Gipe ipliği	Ne 6/1	Çeneler arası uzamadan dolayı kopma gerçekleşmedi.	

Üretilen helis oksetik ipliklerin %5, 10 ve 15 kuvvet altında uzatıldıklarında hesaplanan PR değerleri Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. HAY'ların serbest halde ve %5, 10 ve 15 kuvvet altında uzatıldıklarında elde edilen kalınlık değerleri ve hesaplanan PR değerleri.

	PES	PP	PA	Co		PES	PP	PA	Co
Ho	1,32	1,44	1,64	1,35					
H (%5)	1,44	1,52	1,78	1,40	v (%5)	-1,71	-1,32	-1,06	-1,52
H (%10)	1,38	1,47	1,74	1,39	v (%10)	-1,57	-1,21	-0,99	-1,44
H (%15)	1,34	1,45	1,68	1,36	v (%15)	-1,46	-1,15	-0,91	-1,35

Kumaşların iki farklı yöntemle ölçülen PR değerleri Çizelge 5.3'de sunulmuştur.

Çizelge 5.3. Seçilen kumaşların iki farklı yöntemle %5 kuvvet altında uzatıldıklarında ölçülen PR değerleri.

Kumaş grubu	Kumaş tipi	PR (mukavemet test cihazı)	PR (yatay ölçüm düzeneği)
Grup 1	Hortum örgü – PES HAY	0,012	0,000
Grup 2	S4Ç4 - PES	0,054	0,062
	S8Ç8 - PES	0,402	0,486
	S12Ç12 - PES	-0,052	-0,040
	S24Ç4 - PES	0,098	0,113
	S24Ç8 - PES	0,025	0,061
	S24Ç12 - PES	0,010	0,057
Grup 3	S4Ç4 – PES (yarı elastan)	0,186	0,270
	S8Ç8 - PES (yarı elastan)	0,210	0,283
	S12Ç12 - PES (yarı elastan)	-0,059	-0,042
	S24Ç4 - PES (yarı elastan)	0,069	0,123
	S24Ç8 - PES (yarı elastan)	0,032	0,050
	S24Ç12 - PES (yarı elastan)	-0,040	-0,030
	S4Ç4 – PES (kısmi elastan)	0,123	0,147
	S8Ç8 - PES (kısmi elastan)	0,094	0,115
	S12Ç12 - PES (kısmi elastan)	-0,067	-0,050
	S24Ç4 - PES (kısmi elastan)	0,025	0,062
	S24Ç8 - PES (kısmi elastan)	-0,071	-0,051
	S24Ç12 - PES (kısmi elastan)	-0,089	-0,067
Grup 4	Dikdörtgen form - PES	-0,035	-0,019

En boy çizgi - PES		-0,086	-0,060
Grup 5	Dikdörtgen form - PES (kısmi elastan)	-0,049	-0,036
	En boy çizgi - PES (kısmi elastan)	-0,113	-0,087
Grup 6	S24Ç12 – PES HAY	-0,026	-0,045
	Dikdörtgen form – PES HAY	-0,010	-0,027
	En boy çizgi – PES HAY	-0,032	-0,056

6 kumaş grubunda üretilen kumaşların yatay ölçüm düzeneği ile PR ölçüm sonuçları ile gramaj, kalınlık ve sıkıştırılma dayanımı özellikleri Çizelge 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Üretilen kumaşların PR, gramaj, kalınlık ve sıkıştırılma dayanımı ölçüm sonuçları

Kumaş grubu	Kumaş tipi	PR	Gramaj (g/m ²)	Kalınlık (mm)	Sıkıştırılma dayanımı (N)
Grup 1	Hortum örgü – PES HAY	0,000	2100,87	5,10	336,00
	Hortum örgü – PP HAY	0,000	1904,16	5,30	350,50
	Hortum örgü – PA 6 HAY	0,000	1900,40	5,10	343,75
	Hortum örgü – Co HAY	0,000	1971,08	5,10	343,75
Grup 2	S4Ç4 - PES	0,062	1352,94	6,61	248,25
	S8Ç8 - PES	0,486	2279,07	10,22	500,00
	S12Ç12 - PES	-0,040	2666,67	13,54	488,08
	S24Ç4 - PES	0,113	561,70	3,59	177,00
	S24Ç8 - PES	0,061	833,33	6,79	190,75
	S24Ç12 - PES	0,057	773,68	4,99	109,25
Grup 3	S4Ç4 – PES (yarı elastan)	0,270	719,54	4,76	264,98
	S8Ç8 - PES (yarı elastan)	0,283	1966,21	8,67	553,00
	S12Ç12 - PES (yarı elastan)	-0,042	2936,99	12,17	564,25
	S24Ç4 - PES (yarı elastan)	0,123	660,35	3,87	216,00
	S24Ç8 - PES (yarı elastan)	0,050	1020,76	5,42	185,25
	S24Ç12 - PES (yarı elastan)	-0,030	1035,81	5,63	157,25
	S4Ç4 – PES (kısmi elastan)	0,147	633,88	5,19	217,00

	S8Ç8 - PES (kısmi elastan)	0,115	1552,14	9,20	438,25
	S12Ç12 - PES (kısmi elastan)	-0,050	1946,67	12,89	423,00
	S24Ç4 - PES (kısmi elastan)	0,062	680,56	4,59	153,75
	S24Ç8 - PES (kısmi elastan)	-0,051	1009,52	6,56	255,00
	S24Ç12 - PES (kısmi elastan)	-0,067	1132,53	6,04	262,00
Grup 4	S12Ç12 - PES	-0,040	2666,67	13,54	488,08
	S12Ç12 - PP	-0,203	1544,51	15,95	474,00
	S12Ç12 – PA 6	-0,179	1812,50	15,12	432,25
	S12Ç12 - Co	-0,112	895,83	3,50	154,25
	Dikdörtgen form - PES	-0,019	2017,65	16,25	368,25
	Dikdörtgen form - PP	-0,025	1682,14	17,70	376,75
	Dikdörtgen form – PA 6	-0,012	1488,95	18,45	405,50
	Dikdörtgen form - Co	0,000	473,68	4,07	163,00
	En boy çizgi - PES	-0,060	1362,16	11,27	230,50
	En boy çizgi - PP	-0,065	1120	7,94	259,25
	En boy çizgi – PA 6	-0,159	1105,46	8,77	327,25
	En boy çizgi - Co	-0,030	745,52	5,85	209,25
Grup 5	S24Ç12 - PES (kısmi elastan)	-0,067	1132,53	6,04	262,00
	S24Ç12 - PP (kısmi elastan)	-0,092	736,31	7,34	278,00
	S24Ç12– PA 6 (kısmi elastan)	-0,150	799,58	6,59	291,75
	S24Ç12 – Co (kısmi elastan)	0,173	516,99	5,63	156,50
	Dikdörtgen form - PES (kısmi elastan)	-0,036	1444,38	6,75	334,00
	Dikdörtgen form - PP (kısmi elastan)	-0,024	1516,18	6,89	343,56
	Dikdörtgen form – PA 6 (kısmi elastan)	-0,028	1549,97	6,85	356,58
	Dikdörtgen form – Co (kısmi elastan)	-0,092	1912,70	6,97	491,50
	En boy çizgi - PES (kısmi elastan)	-0,087	1283,95	9,77	298,50

	En boy çizgi - PP (kısmi elastan)	-0,073	1296,45	9,64	278,45
	En boy çizgi – PA 6 (kısmi elastan)	-0,063	1280,46	9,72	285,96
	En boy çizgi – Co (kısmi elastan)	-0,162	1078,75	10,23	247,25
Grup 6	S24Ç12 – PES HAY	-0,045	1235,49	7,23	286,21
	Dikdörtgen form – PES HAY	-0,027	1926,23	10,15	393,24
	En boy çizgi – PES HAY	-0,056	1403,46	9,89	315,12

5.2. Değerlendirme

Bu bölümde, elde edilen veriler iplik ve kumaş değerlendirmeleri olmak üzere iki ana başlıkta incelenmiştir.

İplik değerlendirmelerinde;

- Temin edilen ipliklerin mukavemet ve uzama özellikleri
- HAY iplik PR ölçümleri

Kumaş değerlendirmelerinde;

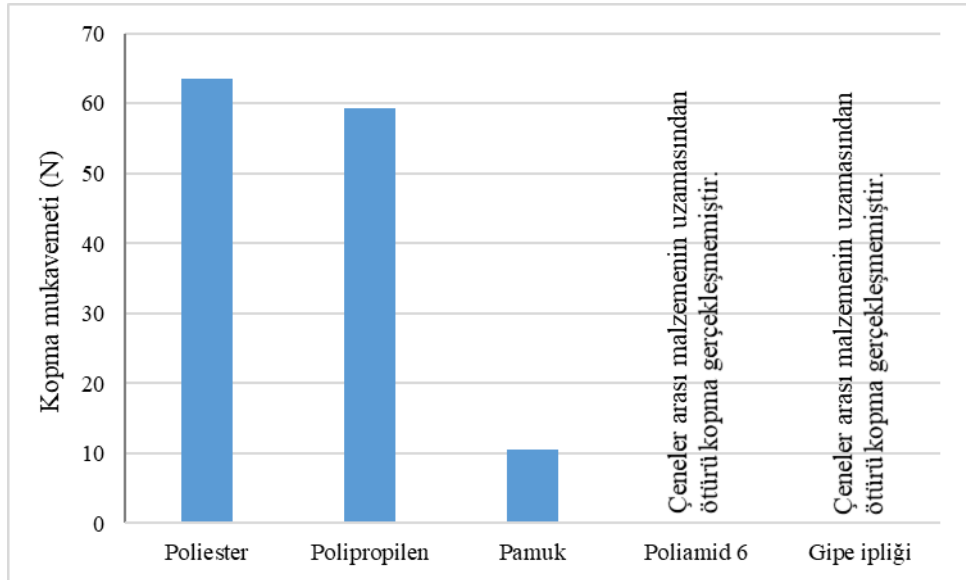
- PR ölçüm yöntemlerinin değerlendirilmesi
- HAY iplikten üretilen hortum örgülerin PR ve performans özelliklerinin değerlendirilmesi
- Ok başı şeklindeki girintili örgü yapısındaki değişimin etkisinin incelenmesi
- Elastik iplik kullanımının ve kullanım oranının etkisinin incelenmesi
- Materyal ve örgü tipi değişimini elastik iplik içermeyen kumaşlara etkisinin incelenmesi

- Materyal ve örgü tipi değişiminin kısmi elastan oranında elastik iplik içeren kumaşlara etkisinin incelenmesi
- HAY iplikler ile oksetiklik gösteren örgü tipinin birlikte etkisinin incelenmesi
- Yüksek oksetiklik özelliğine sahip seçilen kumaşların karşılaştırmalı incelenmesi

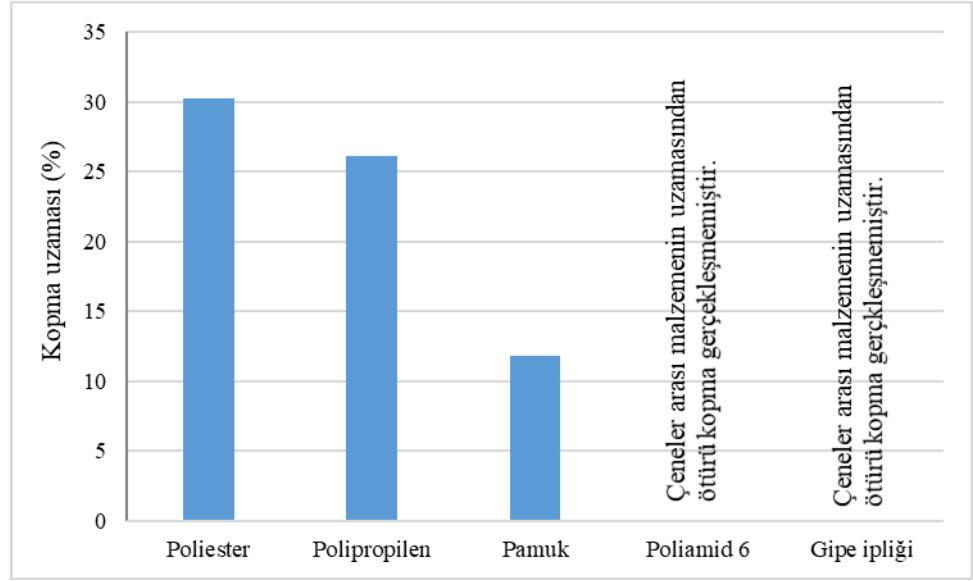
olmak üzere alt başlıklar altında sonuçlar değerlendirilmiştir.

5.2.1. Temin edilen ipliklerin ölçümlerinin değerlendirilmesi

Şekil 5.1 ve 5.2’de çalışma kapsamında temin edilen ipliklerin sırasıyla kopma mukavemeti ve kopma uzaması ölçüm sonuçları gösterilmiştir. Poliester ipliklerin kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerleri en yüksek tespit edilmiştir ve bu iplikleri polipropilen iplikler takip etmiştir. En düşük mukavemet ve uzama değeri ise pamuk ipliğinde gözlenmiştir. Poliamid 6 ve gipe ipliği ise çeneler arası kuvvet uygulandığında yüksek uzama gösterdiğinden cihaz ölçüm sonucu vermemiştir. Elde edilen bu sonuçlar lif mukavemet ve uzama değerleri ile paralellik göstermiştir (kopma mukavemeti poliester:820 mN/tex, polipropilen:620 mN/tex, pamuk:33 mN/tex; kopma uzaması poliester: % 12-15, polipropilen: % 18-22, pamuk: % 4-8) (Alagirusamy and Das, 2010; McKenna et al.,2004).



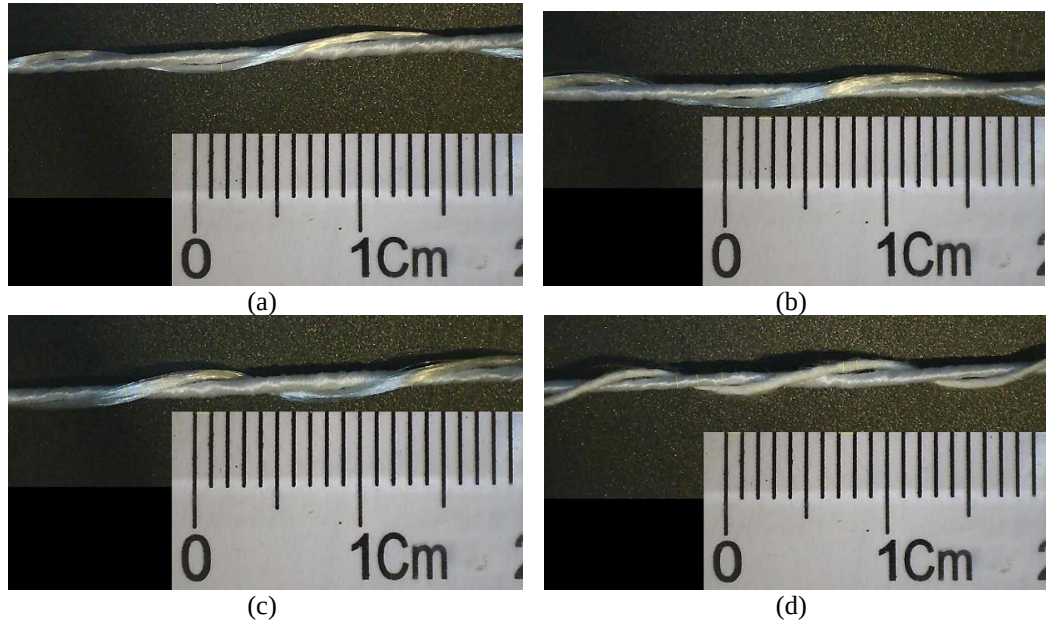
Şekil 5.1. Temin edilen ipliklerin kopma mukavemeti ölçüm sonuçları.



Şekil 5.2. Temin edilen ipliklerin kopma uzaması ölçüm sonuçları.

5.2.2. Helis oksetik ipliklerin PR değerlerinin incelenmesi

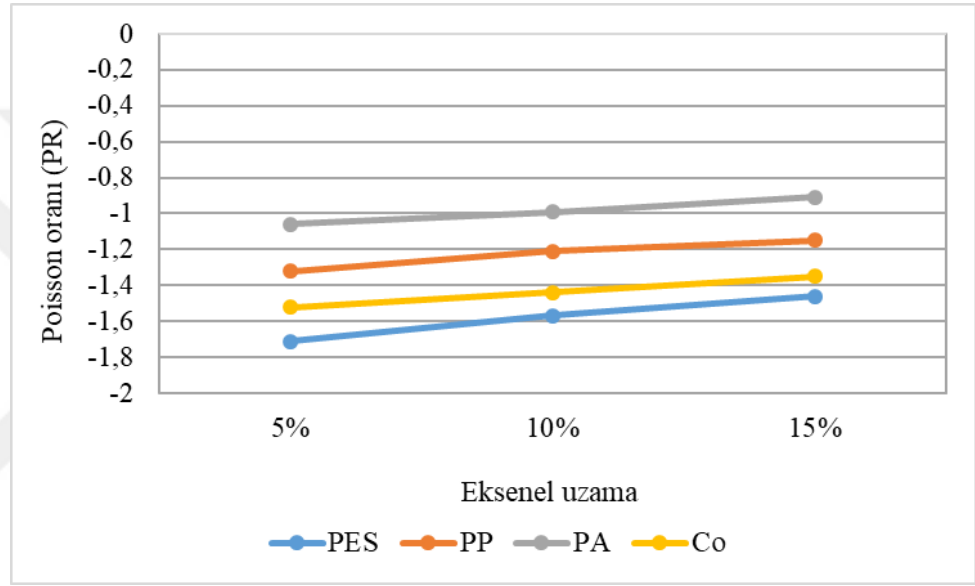
Çalışma kapsamında üretilen helis oksetik ipliklerin oksetiklik özelliği test edilmiştir. İlk olarak üretilen 4 tip helis oksetik ipliklerin çapları, Leica kameralı mikroskop kullanılarak çekilen görüntüler üzerinde digimizer görüntü işleme programıyla ölçülmüştür (Şekil 5.3). İplik serbest halde iken iplik çap ölçüm sonuçları Çizelge 5.5’de verilmiştir.



Şekil 5.3. Helis oksetik ipliklerin mikroskop altındaki çap ölçüm görüntüleri (a) Poliester, (b) Polipropilen, (c) Poliamid 6, (d) Pamuk.

Çizelge 5.5. Helis oksetik ipliklerin serbest haldeki çap ölçüm sonuçları.

İplik tipi	Çap (mm)
PES	0,60
PP	0,72
PA 6	0,92
Co	0,63
Gipe ipliği	0,72



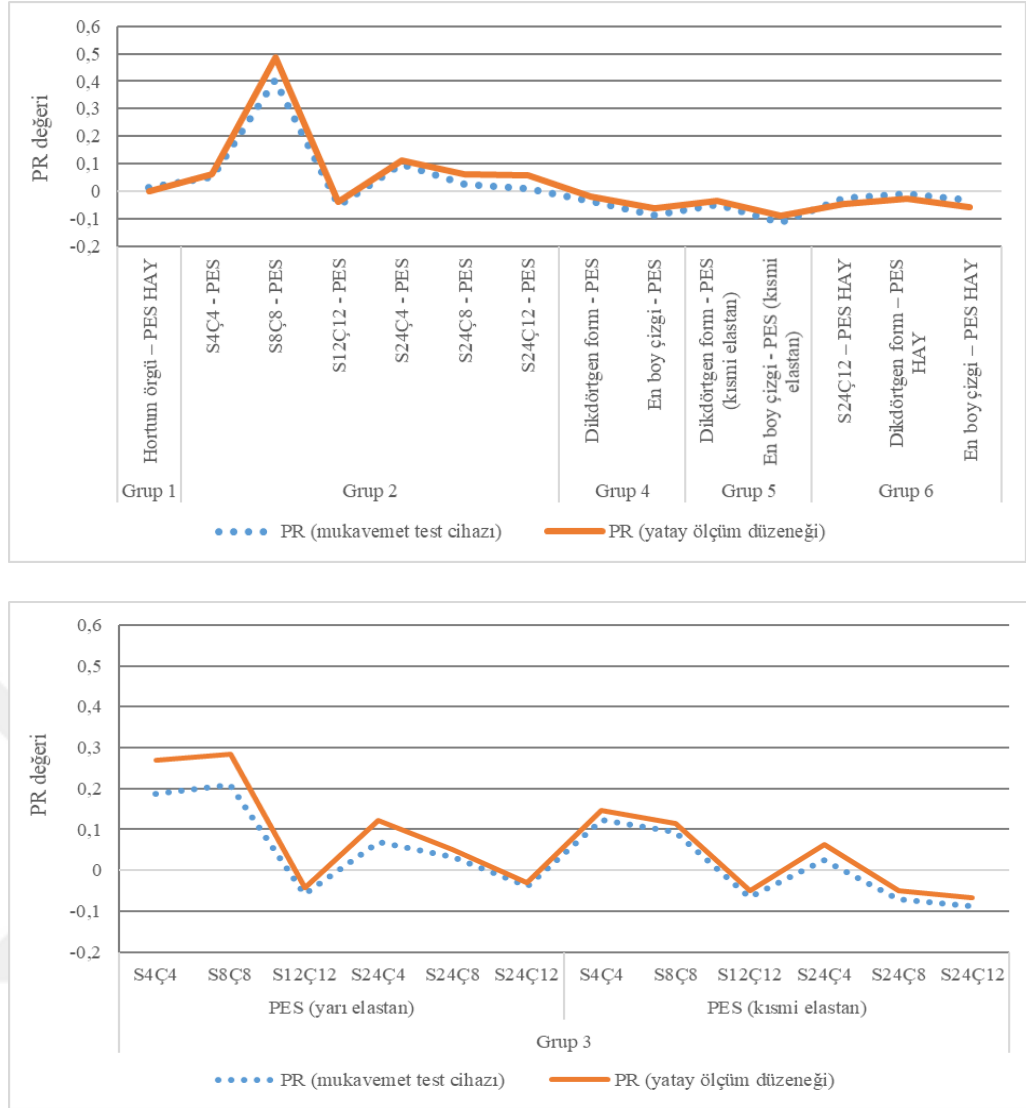
Şekil 5.4. Üretilen helis oksetik ipliklerin %5, 10 ve 15 uzama altında hesaplanan PR değerleri.

Çizelge 5.2 ve Şekil 5.4’de, üretilen iplik numunelerinin %5, %10 ve %15 kuvvet altında uzatıldığında negatif poisson oranına sahip olduğu görülmektedir. %5 kuvvet altında uzatıldığında dört iplik tipinde de maksimum genişleme tespit edilmiştir. %5 uzama altında sert iplik oksetik iplik merkezine yönelmiş ve iç kısımda yer alan elastik ipliğin dışarıya doğru çıkması sonucunda oksetik iplik enine kesiti artmıştır. Bunun sonucunda ipliğin yanal uzaması artmış ve NPR değerleri de bu doğrultuda artış göstermiştir. Eksenel yönde uygulanan kuvvet %10 ve üzerine çıktığında ise her iki iplikte de yanal uzamada %5 uzamaya göre düşüş tespit edilmiştir. Bu durumun hem sert hem de yumuşak ipliğin kuvvet altında deformasyona uğraması sonucu artış da azalmaya neden olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Materyal açısından PR değerleri incelendiğinde ise en yüksek NPR değerine poliester HAY ipliğin sahip olduğu, bu ipliği pamuk, polipropilen ve poliamid 6 HAY ipliklerin takip ettiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak çalışma kapsamında üretilen ipliklerin materyalden bağımsız olarak NPR özelliği gösterdiği ortaya konmuştur.

5.2.3. PR ölçüm yöntemlerinin değerlendirilmesi

PR ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması için, üretilen altı kumaş grubu içerisinde farklı örgü tip ve iplik kombinasyonlarında seçilen kumaşların PR ölçümleri, hem mukavemet ölçüm cihazı hem de yatay ölçüm düzeneğinde ASTM E 132-17 standardındaki parametrelere uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Her iki yöntemde de kumaşların % 5 uzama değerinde en ve boy yönlerindeki değişimleri ölçülerek PR değerleri hesaplanmıştır. Şekil 5.5’de görüldüğü üzere Zwick Z010 cihazı ile elde edilen sonuçların yatay ölçüm düzeneği ile elde edilen sonuçlarla paralel olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın devamında iki ölçüm düzeneğinde elde edilen sonuçların yakın olmasından ötürü yatay ölçüm düzeneği ile PR ölçümlerine devam edilmesine karar verilmiştir.

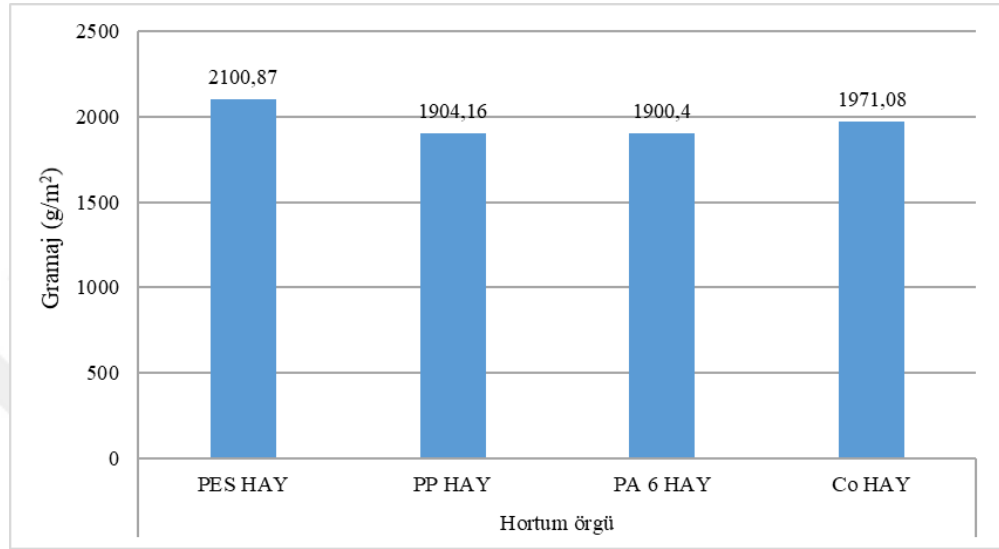


Şekil 5.5. Zwick Roell R010 mukavemet cihazında ve yatay ölçüm düzeneğinde %5 uzama altında ölçülen PR değerleri.

5.2.4. Helis oksetik ipliklerden üretilen hortum örgülerin PR ve performans özelliklerinin değerlendirilmesi

Çizelge 5.4’de helis oksetik ipliklerden üretilen hortum örgülerin PR değerleri sunulmuştur. Kumaşlar boyuna yönde %5 uzatıldığında, 4 tip HAY iplik için de hortum örgünün stabil yapısı nedeniyle enine yönde daralma ya da genişleme gözlenmediğinden PR değeri sıfır olarak hesaplanmıştır. Kullanılan örgü tipinin malzemenin özelliğine kıyasla PR değeri üzerine etkisinin daha fazla olduğu ve kullanılan ipliklerin oksetik özellik göstermesine rağmen kumaş yapısının oksetikliğe uygun olmaması nedeniyle istenilen uzama ve genişleme özelliğini gösteremediği gözlenmiştir.

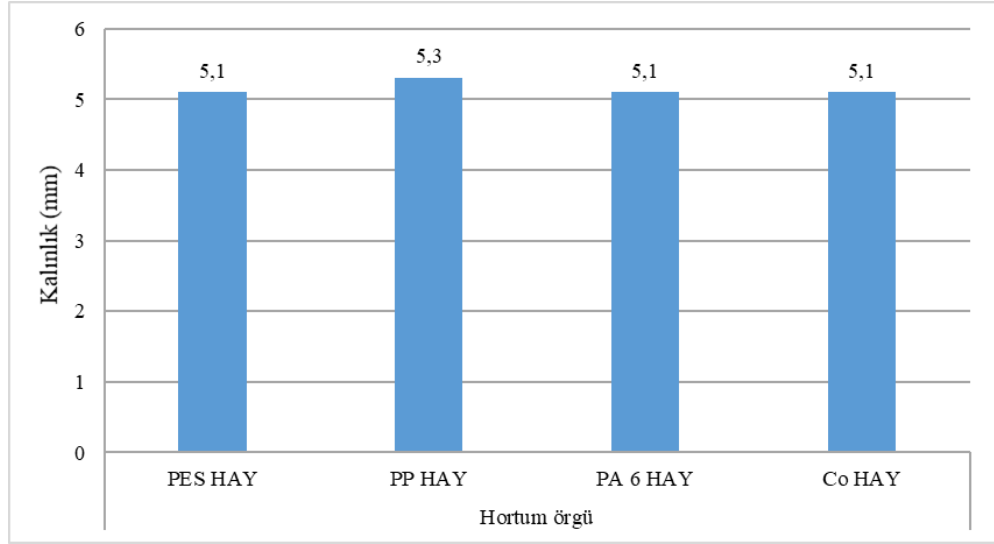
Gramaj, kumaşın birim alanına düşen metrekare ağırlığıdır. Kumaşların gramaj değerlerini; kullanılan örgü tipi ve sıklık, kullanılan ipliklerin numaraları ve cinsleri, uygulanan bitim işlemleri vb. faktörler etkilemektedir (Özdil, 2003). EK 1.2 ve Şekil 5.6 incelendiğinde en ağır kumaşın PES HAY iplikten örülen kumaş olduğu ve diğer kumaşların gramaj değerleri arasındaki farkın önemsiz olduğu görülmektedir.



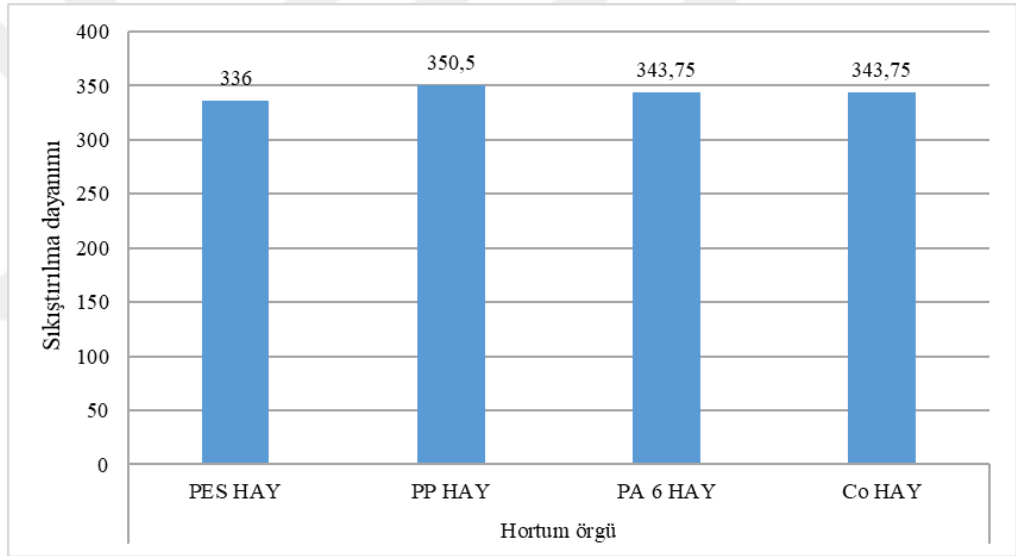
Şekil 5.6. HAY ipliklerden örülmüş hortum kumaşların gramaj değerleri.

Kumaş kalınlığı, materyalin ön ve arka yüzü arasındaki en üst ve en alt noktaları arası mesafe olarak tanımlanır (Bozdoğan, 2010). Şekil 5.7’de görüldüğü üzere, kumaşların değerlerinin birbirine çok yakın olduğu ve aralarında istatistiksel açıdan bir fark olmadığı görülmüştür (EK 1.3). Kumaş üretiminde kullanılan iplik numaraları aynı ve makinede tek tip örgü tek ayarda örüldüğü için kumaşların gramaj ve kalınlık değerlerinin yakın olması beklenen bir sonuçtur.

Kumaşların farklı basınç altında kalınlık değerleri ölçülmüş ve literatürde yer alan basınç-kalınlık değişimi eğrisi altında kalan alan hesabı kullanılarak yapılan işe ulaşılmıştır. Kumaşı sıkıştırmak için yapılan iş ne kadar yüksekse kumaşın sıkıştırılma dayanımı o kadar yüksektir şeklinde ifade edilmektedir (Savilla, 1999). Kumaşların sıkıştırılma dayanımı değerleri de birbirine çok yakın olarak tespit edilmiş (Şekil 5.8) ve aralarında istatistiksel açıdan bir fark gözlenmemiştir (EK 1.4).



Şekil 5.7. HAY ipliklerden örülmüş hortum kumaşların kalınlık değerleri.

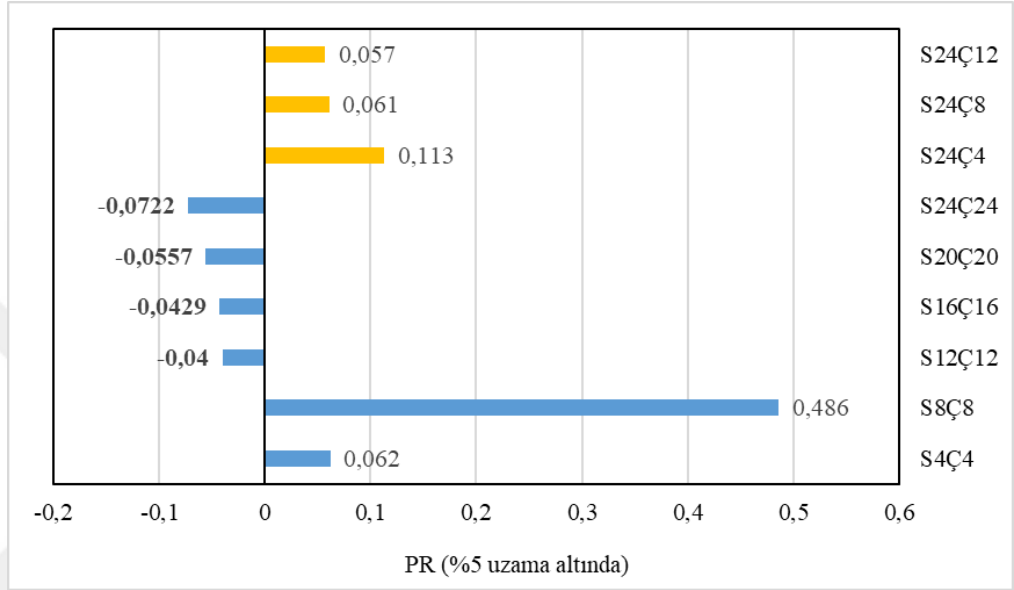


Şekil 5.8. HAY ipliklerden örülmüş hortum kumaşların sıkıştırılma dayanımı değerleri.

5.2.5. Ok başı şeklindeki girintili örgü yapısındaki değişimin etkisinin incelenmesi

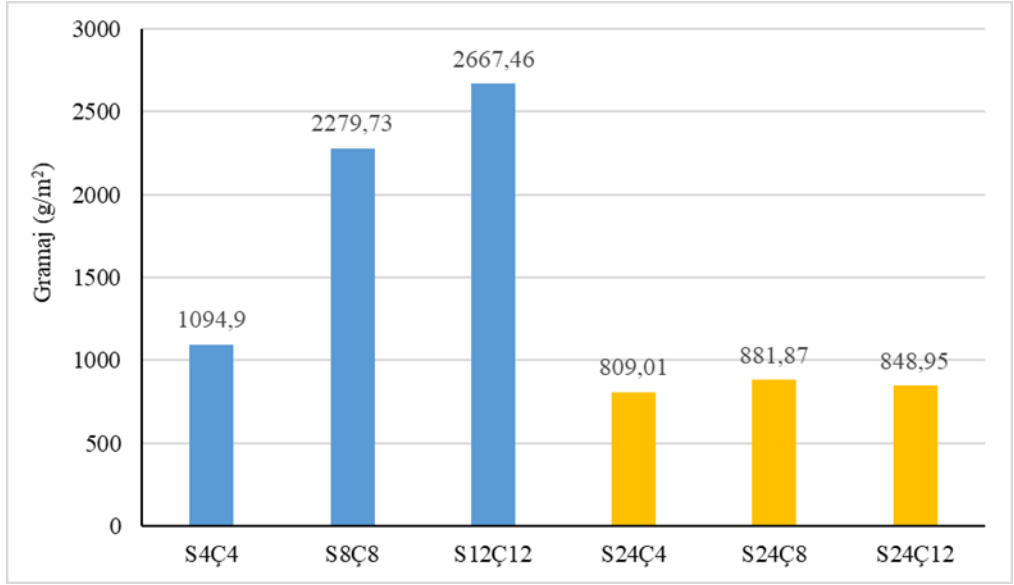
Düz ve ters ilmek sayılarının eşit artış gösterdiği yapılar PR değerleri açısından incelendiğinde %5 uzama değeri için sadece S12Ç12 kumaşın NPR değerine sahip olduğu ve oksetik etki gösterdiği belirlenmiştir. Düz ve ters ilmek sayısında artışın etkisini belirlemek amacıyla S16Ç16, S20Ç20, S24Ç24 kumaşları da deney planından ayrı olarak üretilmiş; PR değerleri ölçülmüş ve hesaplanmıştır. Ok başı şeklindeki girintili örgü yapılarında düz ve ters ilmek sayıları arttıkça kumaşların oksetiklik özelliğinde de artış olduğu elde edilen veriler arasında yer almaktadır (Şekil 5.9). İlave olarak üretilen kumaşların gramaj ve kalınlık değerleri

çok yüksek olduğu için bir sonraki kumaş gruplarında S12Ç12 kumaşı seçilerek ilerlenmiştir. Sıra sayısının sabit, ok başı genişliğinin arttırıldığı zigzag yapılarda zigzag desenlerin yatayla arasındaki açı azaldıkça numuneler daha katlanabilir bir yapıya sahip olduğundan PR değerinin de azaldığı görülmektedir. Elde edilen sonuç Liu (2010) ve Boakye (2018) çalışmaları ile paralellik göstermektedir. PR değerinde azalma gözlenmiş olsa da, üç kumaş tipi için de pozitif PR değerleri elde edilmiştir (EK 2.2).



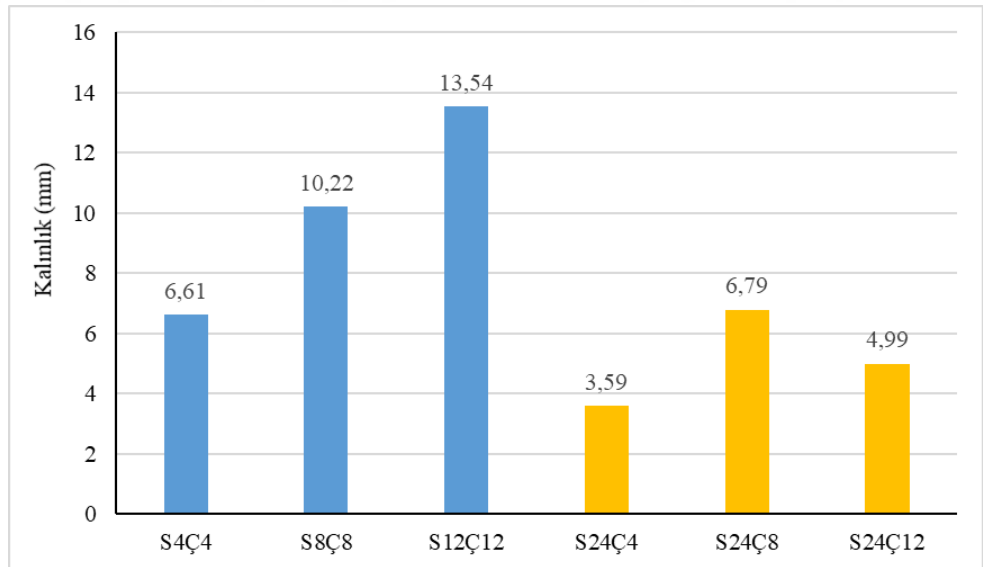
Şekil 5.9. Ok başı şeklindeki girintili kumaşların %5 uzama altında PR ölçüm sonuçları.

Kumaşların gramaj değerleri karşılaştırıldığında düz ve ters ilmek sayılarının eşit artış gösterdiği yapılarda birim kumaş raporundaki düz ve ters ilmek sayıları arttıkça kumaşların gramaj değerlerinde artış gözlenmiştir. Sıra sayısının sabit, ok başı genişliğinin arttırıldığı zigzag yapılar değerlendirildiğinde ise üç kumaşın da gramaj değerlerinin yakın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.10, EK 2.3).



Şekil 5.10. Ok başı şeklindeki girintili kumaşların gramaj ölçüm sonuçları.

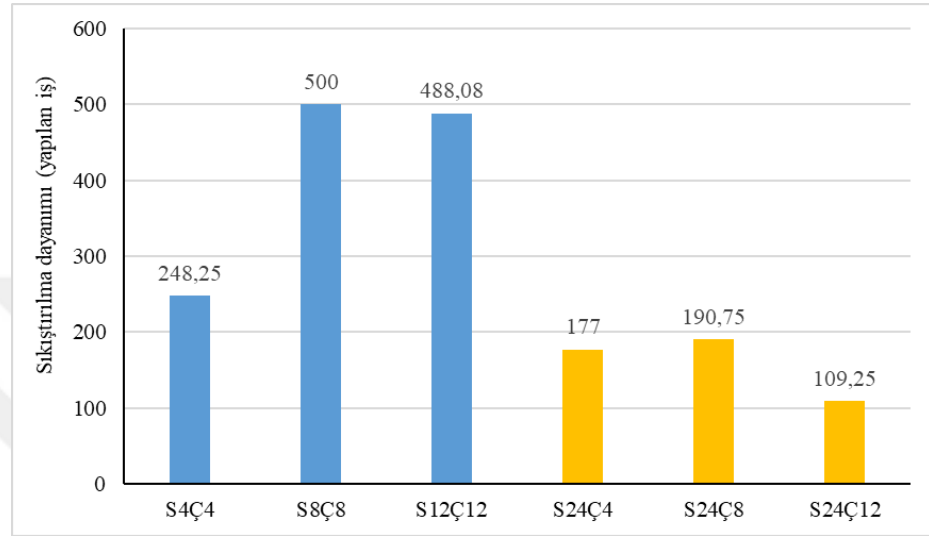
Şekil 5.11’de görüldüğü üzere kumaşların kalınlık değerleri, gramaj sonuçları ile paralellik göstermiş ve düz ve ters ilmek sayılarının eşit artış gösterdiği yapılarda birim kumaş raporundaki düz ve ters ilmek sayıları arttıkça kumaşların kalınlık değerlerinde artış gözlenmiştir. Sıra sayısının sabit, ok başı genişliğinin arttırıldığı zigzag yapılarda ise en kalın kumaş S24Ç8 kumaş olarak belirlenmiştir (EK 2.4).



Şekil 5.11. Ok başı şeklindeki girintili kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları.

Kumaşların sıkıştırılma dayanımı özellikleri incelendiğinde (Şekil 5.12), düz ve ters ilmek sayılarının eşit artış gösterdiği yapılarda S4Ç4 kumaş en az toplama özelliği nedeniyle en ince ve en hafif kumaş olmasından ötürü, sıkıştırılma

dayanımı en düşük saptanmıştır. En yüksek sıkıştırılma dayanımı S8Ç8 ve S12Ç12 kumaşlarda gözlenmiştir. Bu iki kumaşın dayanım özellikleri arasında istatistiksel açıdan fark gözlenmemiştir (EK 2.5). Sıra sayısının sabit, ok başı genişliğinin arttırıldığı zigzag yapılar değerlendirildiğinde, en yüksek sıkıştırılma dayanımı değerleri S24Ç8 ve S24Ç4 kumaşta gözlenmiş ve aralarında fark tespit edilmemiştir.

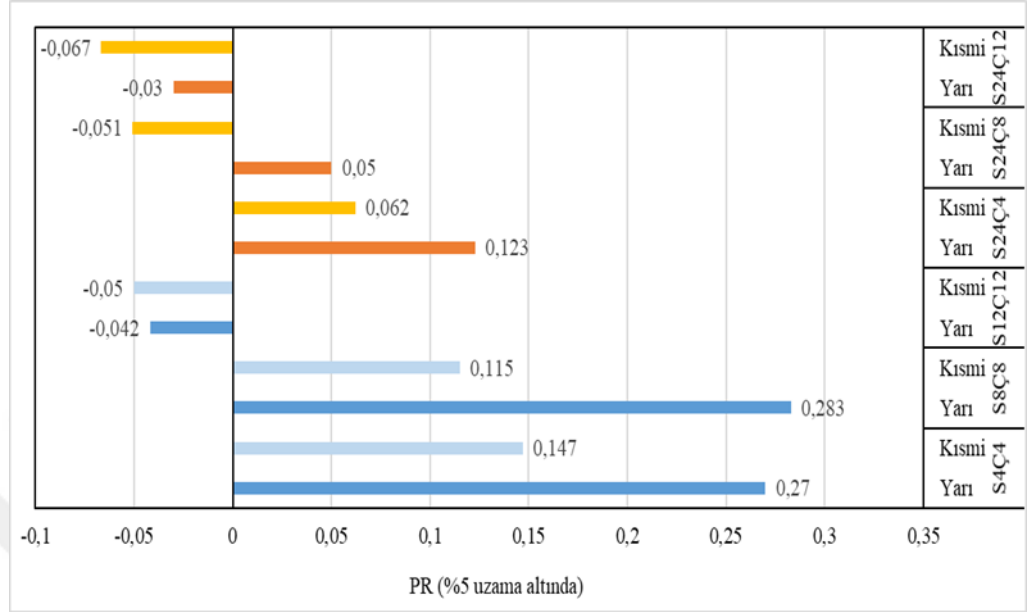


Şekil 5.12. Ok başı şeklindeki girintili kumaşların sıkıştırılma dayanımı ölçüm sonuçları.

5.2.6. Elastik iplik kullanımının ve kullanım oranının etkisinin incelenmesi

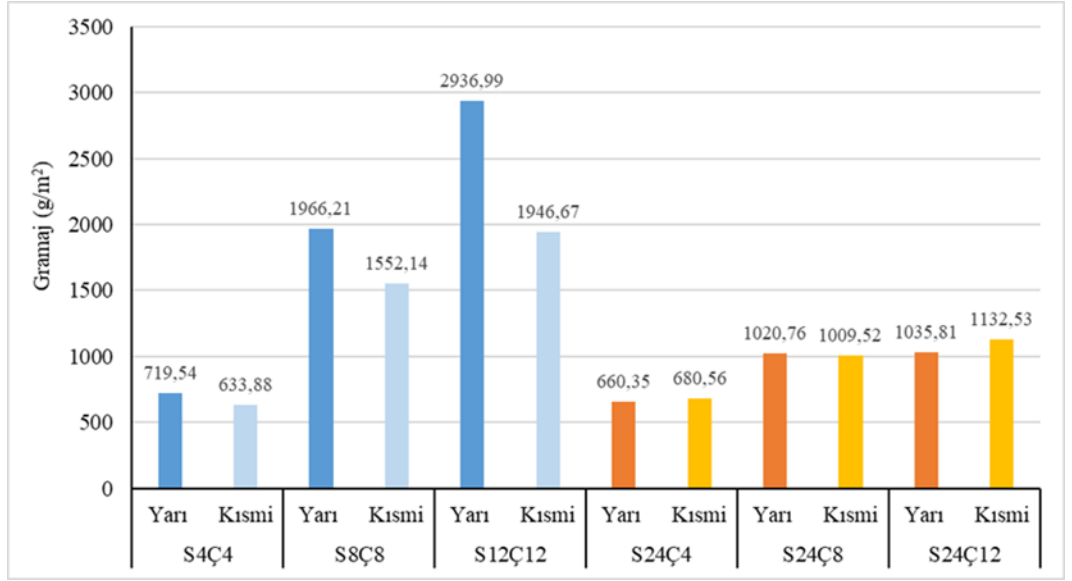
Ok başı şeklinde girintili kumaş grubunda elastik iplik kullanım oranının etkisini belirlemek amacıyla ardışık sırada gipe ipliğinin beslendiği yarı elastan oranı ile belirli sıralara gipe ipliğinin beslendiği kısmi elastan oranı kullanılarak üretilen kumaşların PR değerleri Şekil 5.13’de görülmektedir. Örgü tipinden bağımsız olarak kumaş yapısına elastik iplik katılması PR değerlerinde düşüşe neden olmuştur. Kısmi elastan oranı ile üretilen kumaşların yarı elastan oranı ile üretilen kumaşlara göre daha düşük PR değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir (EK 3.2). Kısmi elastan içeren kumaşlara göre kumaş yapısı içerisinde ardışık sıralarda elastik iplik beslenmesinin, kumaşların boyuna uzama altında enine yönde genişlemesini kısıtladığı belirlenmiştir. Belirli sıralarda beslenen gipe ipliğinin ise, yapının uzama altında enine yönde genişlemesine katkı sağladığı görülmüştür. Düz ve ters ilmek sayılarının eşit artış gösterdiği yapılarda hem yarı hem de kısmi elastan oranı ile üretilen S12Ç12 kumaşları NPR özellik göstermiştir. Sıra sayısının sabit, ok başı genişliğinin arttırıldığı zigzag yapılarda ise S24Ç8 kısmi elastan oranlı kumaş ile S24Ç12 hem yarı hem kısmi oranlı kumaşlar NPR değerine

sahiptir. Kumaş grubu 3 içerisinde en yüksek NPR değerleri S24Ç12 ve S24Ç8 kısmi elastan oranlı kumaşlar ile S12Ç12 kısmi elastan oranlı kumaşlarda tespit edilmiştir.



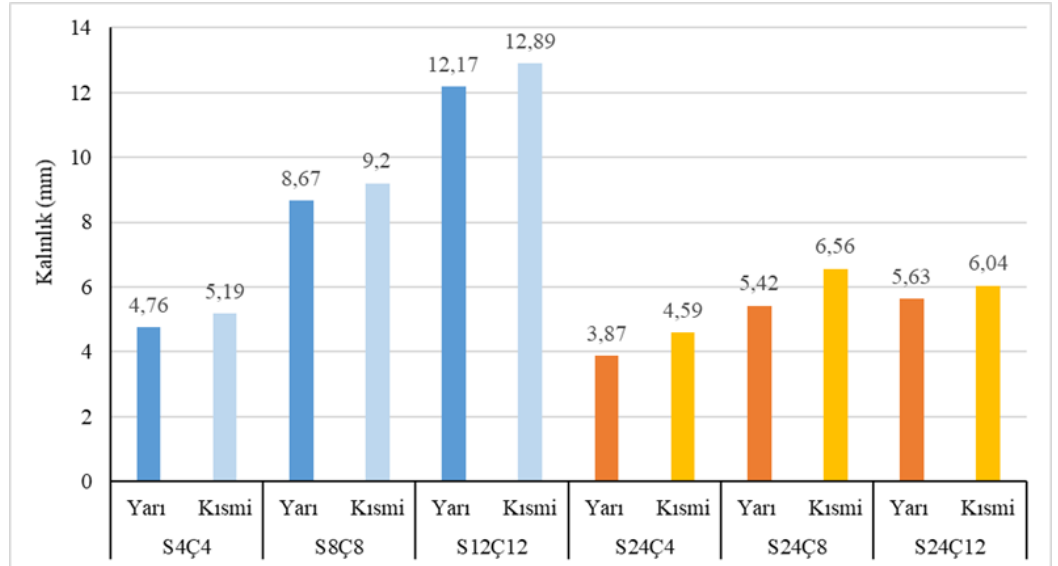
Şekil 5.13. Elastik iplikli ok başı şeklinde girintili kumaşların %5 uzama altında PR ölçüm sonuçları.

Şekil 5.14’de yer alan gramaj değerleri değerlendirildiğinde, düz ve ters ilmek sayılarının eşit artış gösterdiği kumaş grubunda yarı elastan oranlı kumaşların gramajları kısmi oranlı kumaşlara göre daha yüksek tespit edilmiş ve aralarında fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Sıra sayısının sabit, ok başı genişliğinin arttırıldığı zigzag yapılarda yarı ve kısmi elastan oranlı kumaşların gramaj değerleri arasında fark gözlenmemiştir. S24Ç8 ve S24Ç12 kumaşların gramaj değerleri en yüksek ve aralarında fark önemsiz olarak tespit edilmiştir (EK 3.3).



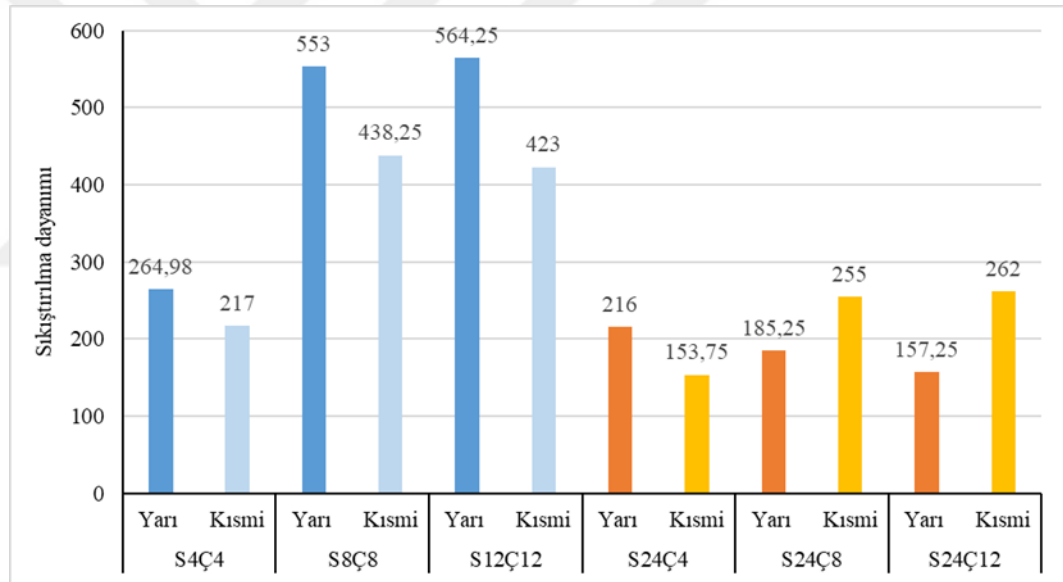
Şekil 5.14. Elastik iplikli ok başı şeklinde girintili kumaşların gramaj ölçüm sonuçları.

Düz ve ters ilmek sayılarının eşit artış gösterdiği kumaş grubunun kalınlık değerleri incelendiğinde, yarı elastan oranlı ve kısmi elastan oranlı kumaşların kalınlık değerleri arasında fark gözlenmemiştir. Düz ve ters ilmek sayıları arttıkça kalınlık değerlerinde artış saptanmıştır. Sıra sayısının sabit, ok başı genişliğinin artırıldığı zigzag yapılarda da elastan kullanım oranının kalınlık üzerine etkisi gözlenmemiştir. Ayrıca ok başı genişliğindeki değişimin de kumaşların kalınlık üzerine etkisi olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 5.15, EK 3.4).



Şekil 5.15. Elastik iplikli ok başı şeklinde girintili kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları.

Yarı elastan oranlı düz ve ters ilmek sayıları eşit olan kumaşların sıkıştırılma dayanımı değerleri, kısmi oranlı kumaşlara göre daha yüksektir. Bu durumun yarı elastanlı kumaşların aynı kalınlık değerlerinde daha yüksek gramaj değerlerine sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Gramajı yüksek olan yapıların sıkıştırılma kuvvetine karşı gösterdiği direnç kompakt yapılarından dolayı daha yüksektir. Sıra sayısının sabit, ok başı genişliğinin arttırıldığı zigzag yapılarda S24Ç4 yarı elastan oranlı kumaş en yüksek sıkıştırılma dayanımına sahiptir. S24Ç4 kumaş katlanabilir yapı açısından en düşük özellik gösteren kumaştır ve gipe ipliğinin her sırada katılması ile kumaşın dayanım özelliklerinin daha iyi olduğu düşünülmektedir. Zigzag desenlerin yatayla arasındaki açı azaldıkça numuneler daha katlanabilir bir yapıya sahip olduğundan gipe ipliğinin belirli sıralarda beslenmesi ile zigzag yapının belirginleştiği S24Ç8 ve S24Ç12 kısmi oranlı kumaşlarda en yüksek sıkıştırılma dayanımı değerleri elde edilmiştir (Şekil 5.16, EK 3.5).



Şekil 5.16. Elastik iplikli ok başı şeklinde girintili kumaşların sıkıştırılma dayanımı ölçüm sonuçları.

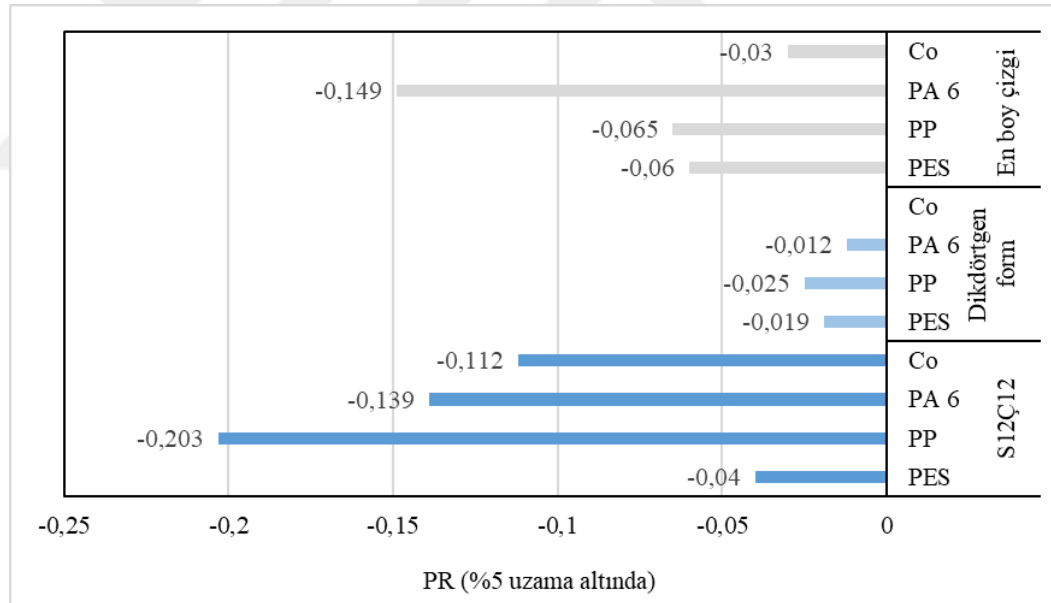
5.2.7. Materyal ve örgü tipi değişiminin elastik iplik içermeyen kumaşlara etkisinin incelenmesi

Elastik iplik içermeyen kumaş yapılarından en yüksek oksetiklik özelliğine sahip kumaş tipleri seçilmiştir. Örgü yapısı olarak zigzag yapılardan NPR değerine sahip S12Ç12 ile enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı ve dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı belirlenmiştir. Dört farklı materyal ve üç farklı örgü yapısında üretilen kumaşların

özelliklerine materyal ve örgü tipinin etkisini belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel değerlendirmeler, hem örgü tipi hem materyal tipi hem de materyal ve örgü tipinin interaksiyonunun incelenen kumaş özelliklerine etkisinin olduğunu ortaya koymuştur (EK 4.1).

Şekil 5.17 ve EK 4.2’de görüldüğü üzere, örgü yapısı olarak en yüksek NPR özelliği, ok başı şeklinde girintili kumaş yapısı olan S12Ç12 kumaşta gözlenmiş ve bu örgü yapısını enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı takip etmiştir. Materyal tipi olarak ise polipropilen ve poliamid 6 ile üretilen kumaşların NPR değerleri daha yüksek tespit edilmiş ve aralarında istatistiksel açıdan fark belirlenmemiştir.

Tüm kumaş tipleri birlikte değerlendirildiğinde ise en yüksek NPR değerine polipropilen iplikle üretilmiş S12Ç12 kumaş ile poliamid 6 ipliği ile üretilmiş olan enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen kumaşların sahip olduğu görülmüştür.

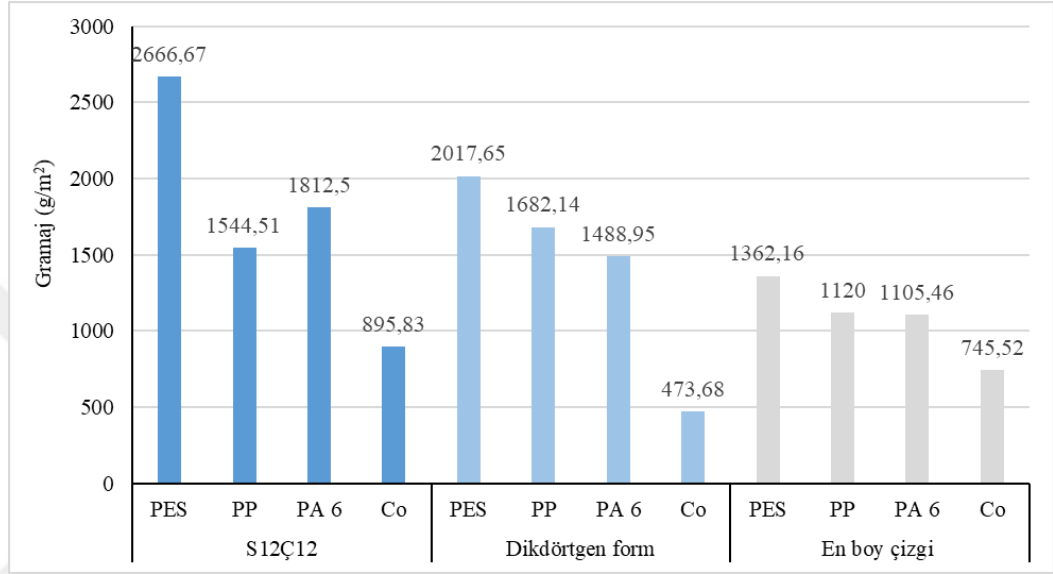


Şekil 5.17. Elastik iplik içermeyen seçilen kumaşların %5 uzama altında PR ölçüm sonuçları.

Şekil 5.18 ve EK 4.3’de elastik iplik içermeyen seçilen kumaşların gramaj değerlendirmeleri görülmektedir. Örgü tipi olarak en ağır kumaş tipinin S12Ç12 kumaş yapısı ve en hafif kumaş tipinin ise enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı olduğu belirlenmiştir. S12Ç12 kumaşın zigzag katlanabilir yapısı nedeniyle birim alanda daha fazla ilmek içermesinden ötürü daha yüksek gramaj değerine sahip olduğu düşünülmektedir. Materyal tipi olarak ise en

düşük ve en yüksek gramaj değerleri sırasıyla pamuk ve polyester ile üretilen kumaşlarda elde edilmiştir.

Tüm kumaş yapıları içerisinde en hafif kumaşlar üç örgü tipi için de pamuk içeren kumaşlar, en ağır kumaşlar ise polyester iplik ile üretilen S12Ç12 ve dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapılar olarak belirlenmiştir.

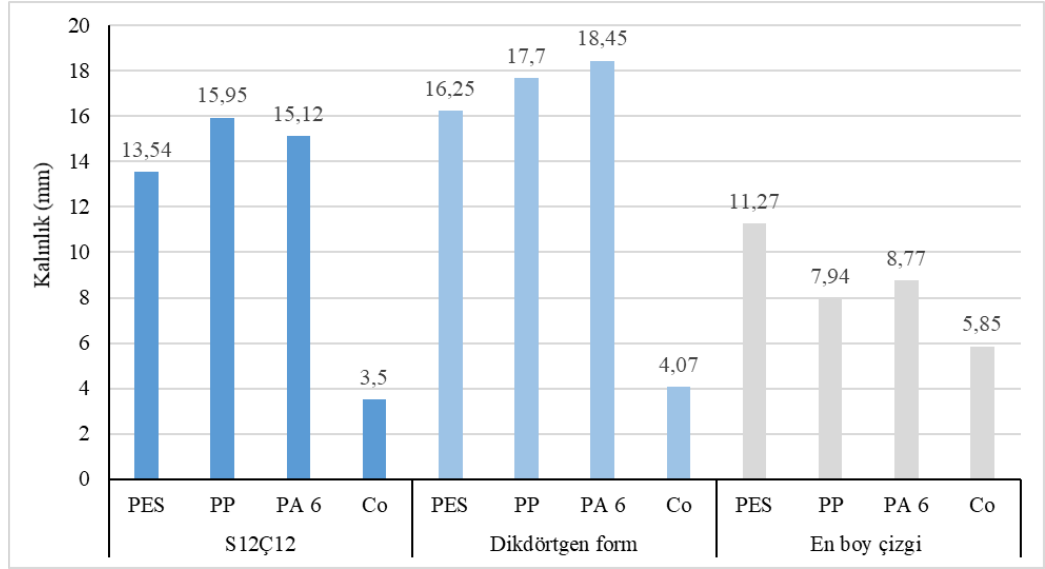


Şekil 5.18. Elastik iplik içermeyen seçilen kumaşların gramaj ölçüm sonuçları.

Kumaşların kalınlık değerlerine örgü tipinin etkisi incelendiğinde, en kalın örgü tipi dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı, en ince örgü tipi ise enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı olarak belirlenmiştir (Şekil 5.19 ve EK 4.4). Dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapılar katlanabilir zigzag yapılarda olduğu gibi kabarık bir yüzey şekline sahip olması nedeniyle kalınlık değerinin daha yüksek olduğu düşünülmektedir.

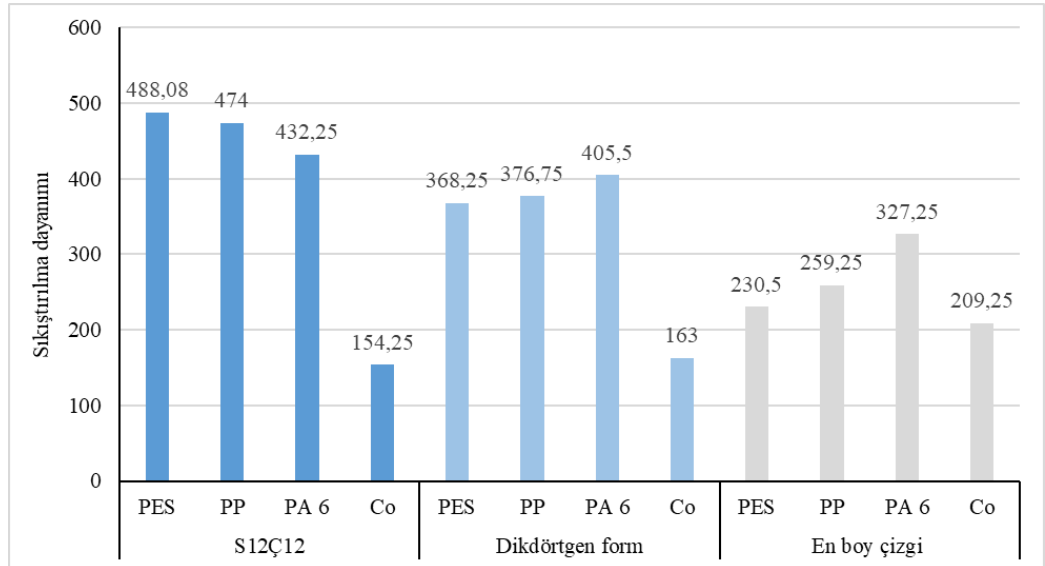
Materyal tipi açısından pamuk ile üretilen kumaşlar en düşük kalınlık değerine sahiptir ve diğer üç materyal tipinin kalınlık değerleri arasında istatistiksel açıdan fark gözlenmemiştir.

Materyal ve örgü tipi birlikte değerlendirildiğinde ise, pamuk ipliği ile üretilen hariç diğer üç materyal ile üretilen dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimli kumaşlar en kalın kumaşlar olarak saptanmıştır.



Şekil 5.19. Elastik iplik içermeyen seçilen kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları.

Kumaşların sıkıştırılma dayanımı değerleri, Şekil 5.20 ve EK 4.5’de sunulmuştur. S12Ç12 kumaşı örgü tipi olarak, poliamid 6 ise materyal tipi olarak en yüksek sıkıştırılma dayanımı performansı sergilemiştir. Her üç örgü tipi için de pamuk ipliği ile üretilen kumaşlar en düşük sıkıştırılma dayanımı değerlerine sahiptir. Bu durumun pamuk ile üretilen kumaşların düşük gramaj ve kalınlık değerlerine sahip olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

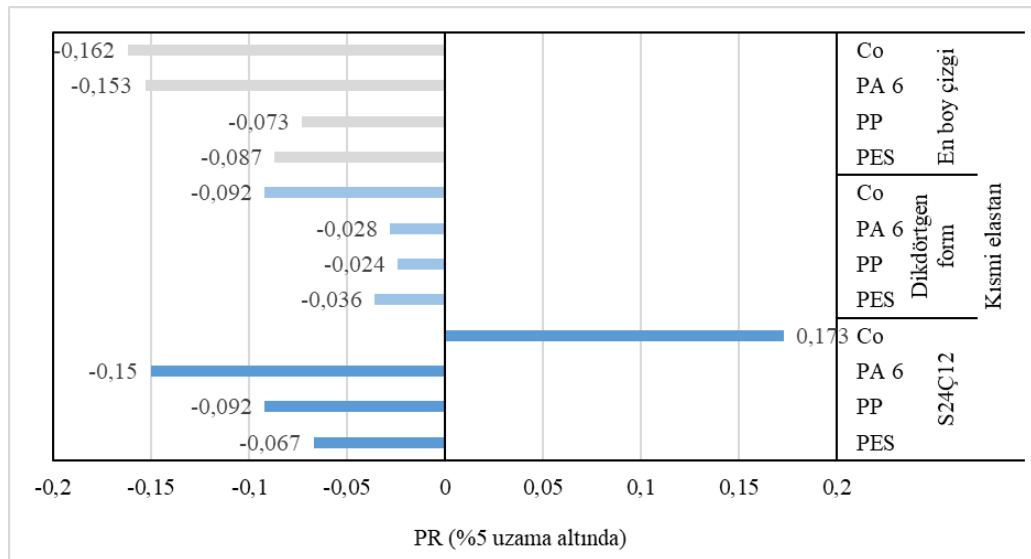


Şekil 5.20. Elastik iplik içermeyen seçilen kumaşların sıkıştırılma dayanımı ölçüm sonuçları.

5.2.8. Materyal ve örgü tipi değişiminin kısmi elastan oranında elastik iplik içeren kumaşlara etkisinin incelenmesi

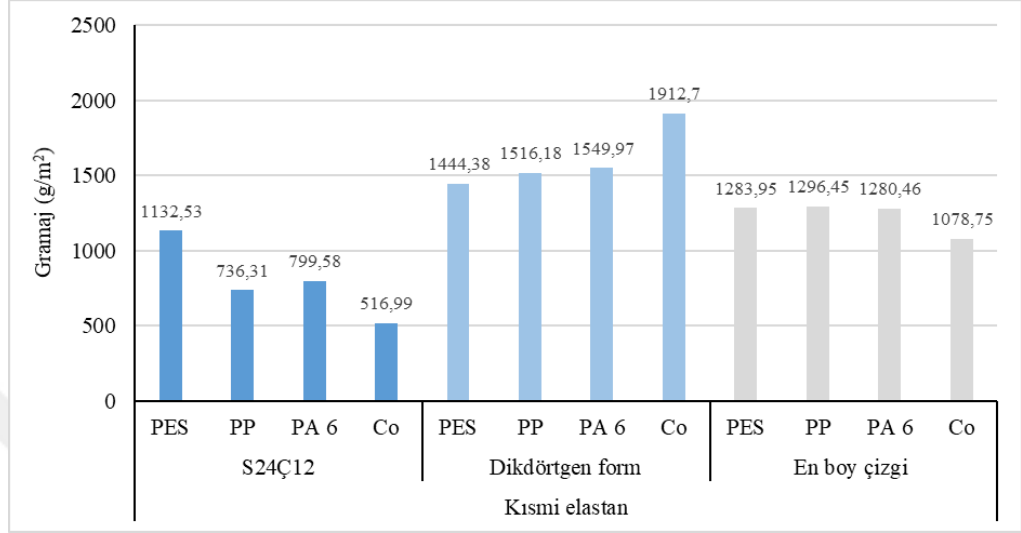
Kısmi elastan oranında elastik iplik içeren kumaş yapılarından en yüksek oksetiklik özelliğine sahip S24Ç12, enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen kumaş tipleri seçilmiştir. Dört farklı materyal ve üç farklı örgü yapısında üretilen kumaşların özelliklerine materyal ve örgü tipinin etkisini belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel değerlendirmeler, hem örgü tipi hem materyal tipi hem de materyal ve örgü tipinin interaksiyonunun incelenen kumaş özelliklerine etkisinin olduğunu ortaya koymuştur (EK 5.1).

Örgü tipi olarak enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen kumaşlar en yüksek NPR özelliği göstermiştir. Materyal tipi olarak net bir materyal ön plana çıkmamıştır (EK 5.2). Şekil 5.21’de görüldüğü üzere S24Ç12 pamuk ipliği ile üretilen kumaş hariç diğer tüm kumaşlar NPR özelliği göstermiştir. Enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilmiş pamuk kumaşın en yüksek NPR değerine sahip olduğu saptanmıştır. Pamuk ipliği ile üretilen diğer yapılara kıyasla bu numunenin en yüksek NPR sahip olmasının, pamuk ipliği, örgü tipi ve kısmi elastan besleme oranının birlikte etki etmesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Bu kumaşı enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilmiş PA6 ve S24Ç12 PA6 kumaşların takip ettiği görülmüştür.



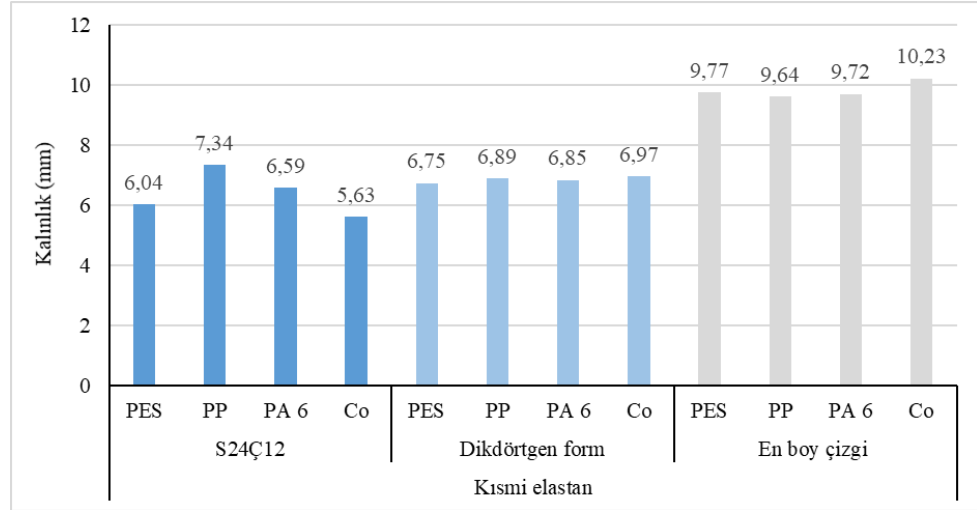
Şekil 5.21. Kısmi elastan oranlı elastik iplik içeren kumaşların %5 uzama altında PR ölçüm sonuçları.

Kısmi elastan oranlı kumaşların gramaj değerleri Şekil 5.22’de sunulmuştur. En ağır ve en hafif örgü tipleri sırasıyla dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen kumaş ve S24Ç12 kumaşları olarak belirlenmiştir (EK 5.3). Materyal olarak ise en düşük gramaj değeri pamuklu kumaşlarda en yüksek ise poliester kumaşlarda gözlenmiştir.



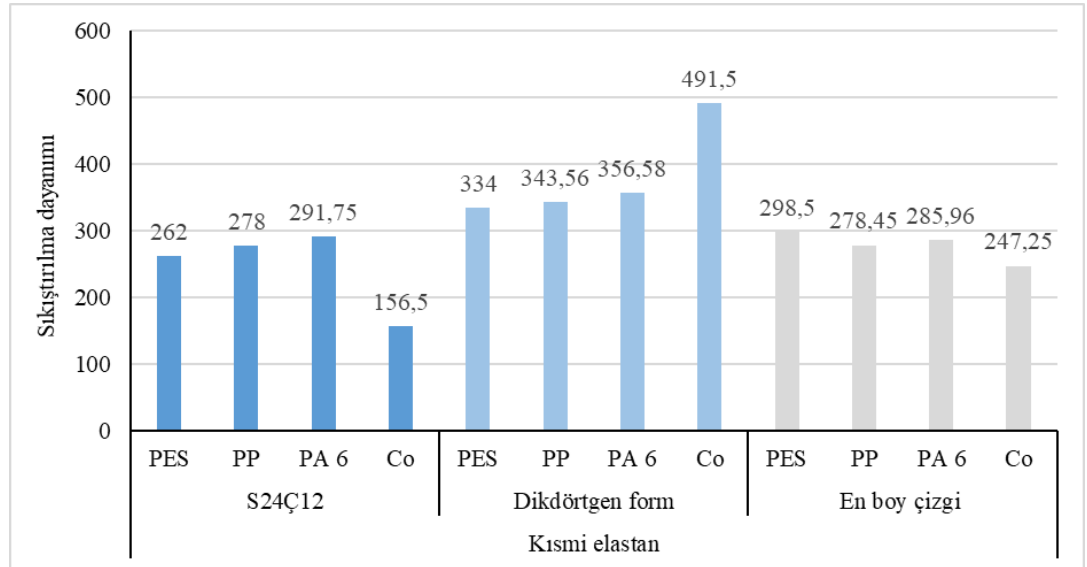
Şekil 5.22. Kısmi elastan oranlı elastik iplik içeren kumaşların gramaj ölçüm sonuçları.

Kısmi elastan oranlı kumaşların kalınlık değerleri incelendiğinde, en kalın örgü ve materyal tipinin sırasıyla enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen kumaş tipi ve polipropilen iplik olduğu EK 5.4’de görülmektedir. Örgü tipi ve materyal tipi birlikte değerlendirildiğinde ise, en kalın kumaş enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen pamuklu kumaş, en ince ise S24Ç12 pamuklu kumaş olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.23).



Şekil 5.23. Kısmi elastan oranlı elastik iplik içeren kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları.

Kısmi elastan oranlı elastik iplik içeren kumaşlardan dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen kumaş en yüksek, S24Ç12 ok başı şeklinde girintili kumaş ise en düşük sıkıştırılma dayanımı özelliğine sahiptir. Materyal tipi açısından en yüksek sıkıştırılma dayanımı PA6 ipliği ile üretilen kumaşlarda gözlenmiş ve diğer üç materyal ile üretilen kumaşların sıkıştırılma dayanımları arasında istatistiksel açıdan fark tespit edilmemiştir (Şekil 5.24 ve EK 5.5). Tüm kumaş tipleri içerisinde en yüksek sıkıştırılma dayanımına dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen pamuklu kumaş sahip olduğu görülmektedir.

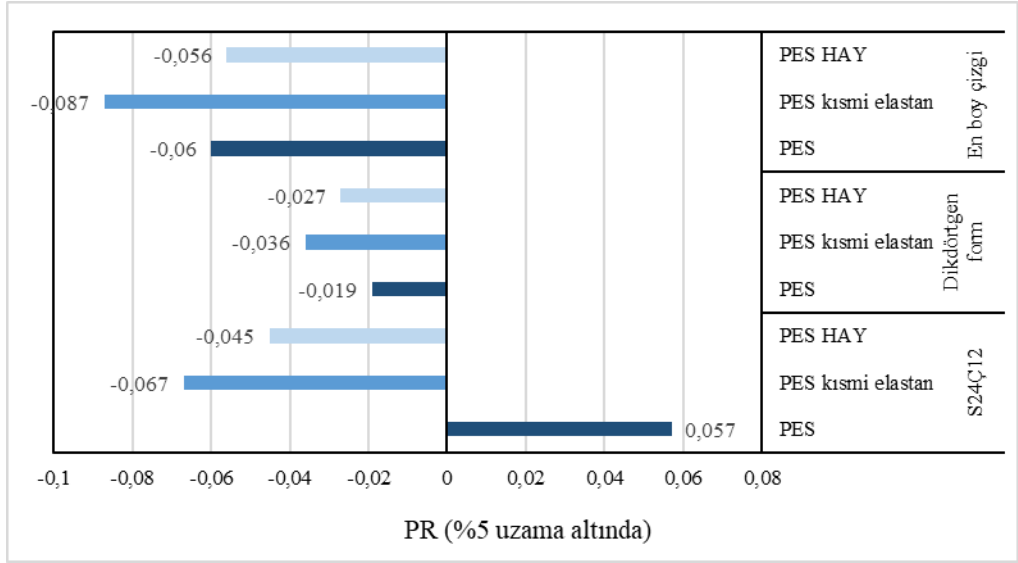


Şekil 5.24. Kısmi elastan oranlı elastik iplik içeren kumaşların sıkıştırılma dayanımı ölçüm sonuçları.

5.2.9. Helis oksetik iplikler ile oksetiklik gösteren örgü tipinin birlikte etkisinin incelenmesi

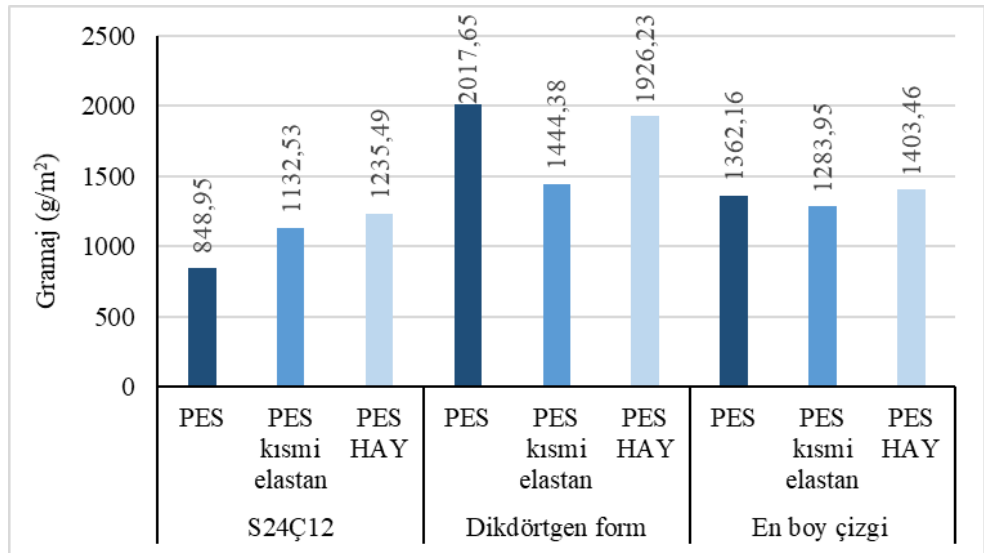
Kumaşların oksetiklik özelliklerine helis oksetik iplik ve oksetiklik gösteren örgü tiplerinin birlikte etkisini incelemek amacıyla üretilen kumaşların PR değerleri karşılaştırıldığında, S24Ç12 PES kumaş hariç diğer tüm kumaş tipleri NPR özellik göstermiştir. Konvansiyonel PES iplik ile üretilen kumaşlar en düşük NPR özelliğine sahipken, kısmi elastan oranlı PES iplikle üretilen kumaşlarda en yüksek NPR değerleri elde edilmiştir. PES HAY iplik ile üretilen kumaşların ise her üç örgü tipi için de konvansiyonel PES kumaşlara göre yüksek, PES kısmi oranlı elastanlı kumaşlara göre ise daha düşük NPR değerine sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.25). Kumaş yapısı içerisinde belirli sıralarda gipe ipliği eklenmesinin NPR üzerine etkisi helis oksetik ipliğe nazaran daha fazladır. Bu durumun PES HAY iplikle üretilen kumaşta gipe ipliğinin her sırada olmasından ötürü yapının genişlemesinde kısıtlamadan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Helis oksetik iplikler uzama altında tek başlarına ölçüldüklerinde yüksek oranda genişleme gösterirken, kumaş yapısı içerisinde ilmek konfigürasyonu ve konvansiyonel PES ile gipe ipliğinin birlikte katlanması nedeniyle istenilen düzeyde genişleme sergileyemediği düşünülmektedir. EK 6.2’de görüldüğü üzere örgü tipi olarak en yüksek NPR özelliği enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen kumaş tipinde gözlenmiş ve bu kumaşı S24Ç12 kumaş takip etmiştir. Önceki kumaş gruplarında da benzer sonuçlar elde edildiğinden, PES HAY iplikle üretilen kumaşlarda PR değerine örgü tipinin konvansiyonel ipliklerle üretilen kumaşların etkisi ile benzer etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Tüm kumaş tipleri içerisinde en yüksek NPR değeri kısmi elastan oranlı PES iplikle üretilmiş, enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile elde edilen kumaş tipinde tespit edilmiştir.



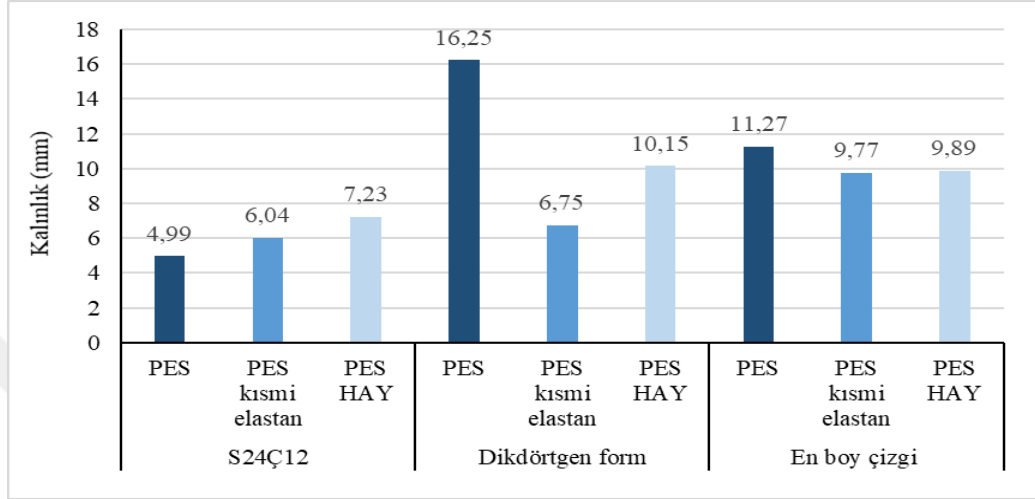
Şekil 5.25. Helis oksetik iplikler ile üretilen oksetiklik gösteren kumaşların %5 uzama altında PR ölçüm sonuçları.

Şekil 5.26 ve EK 6.3’de görüldüğü üzere, en yüksek ve en düşük gramaj değerleri sırasıyla enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen kumaş tipi ve S24Ç12 kumaş grubunda elde edilmiştir. Kullanılan poliester iplik çeşidine göre sonuçlar değerlendirildiğinde, en hafif kumaşlar, S24Ç12 kumaşı hariç kısmi elastan oranlı PES iplikle üretilen kumaşlar olarak belirlenmiştir. Gramaj değerlerinin düşük, NPR değerlerinin yüksek olması, bu kumaş tiplerinin tercih edilmesinde önemli rol oynayacağı düşünülmektedir.



Şekil 5.26. Helis oksetik iplikler ile üretilen oksetiklik gösteren kumaşların gramaj ölçüm sonuçları.

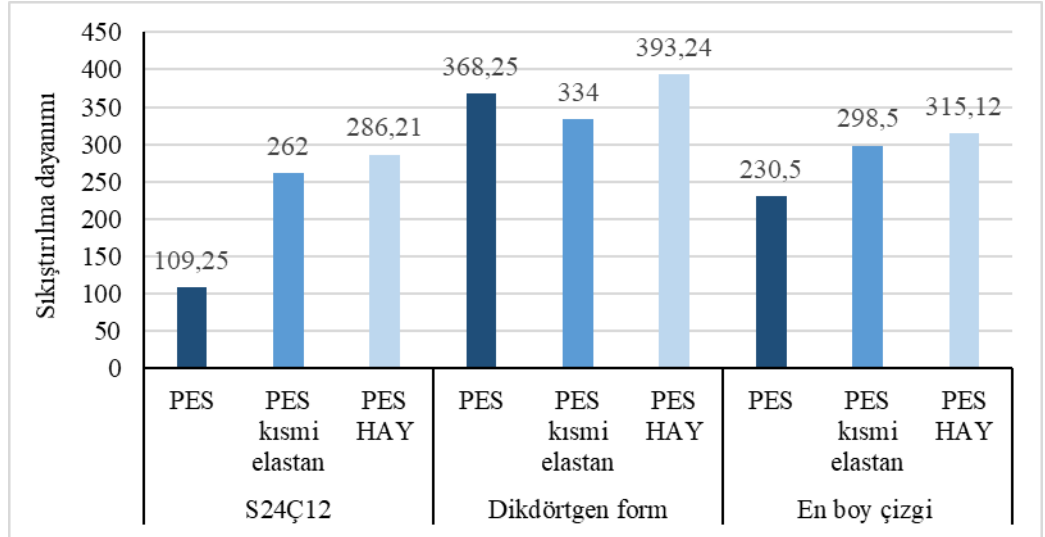
Her üç materyal tipi için de S24Ç12 kumaş grubu kalınlık değerleri, diğer iki kumaş tipine göre en düşük tespit edilmiş ve diğer iki kumaş tipinin kalınlık değerlerinin istatistiksel açıdan benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (EK 6.4). S24Ç12 kumaş grubunda en ince kumaş PES iplikle üretilen kumaş iken, dikdörtgen form ve en-boy çizgi kumaş grubunda ise kısmi elastan oranlı PES iplikle üretilen kumaşlar en ince kumaşlar olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.27).



Şekil 5.27. Helis oksetik iplikler ile üretilen oksetiklik gösteren kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları.

Şekil 5.28 ve EK 6.5’de sırasıyla helis oksetik iplikler ile üretilen oksetiklik gösteren kumaşların sıkıştırılma dayanımı ölçüm sonuçları ve istatistiksel değerlendirmeleri sunulmuştur. Örgü tipi açısından sonuçlar değerlendirildiğinde en yüksek sıkıştırılma dayanımı gramaj ve kalınlığı en fazla olan dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen kumaş grubunda gözlenmiş ve bu kumaş grubunu enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen kumaş grubu takip etmiştir. Örgü tipinin, kullanılan iplik tipine göre sıkıştırılma dayanımı üzerine etkisinin daha baskın olduğu tespit edilmiştir.

Tüm kumaş tipleri içerisinde en yüksek sıkıştırılma dayanımı ise PES HAY iplikle üretilen dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen kumaş tipinde saptanmıştır. Dikdörtgen form kumaş grubu hariç diğer iki örgü tipinde de en yüksek sıkıştırılma dayanımı PES HAY iplikle üretilen kumaşlarda gözlenmiş ve bu kumaş grubunu kısmi elastan oranlı PES iplikle üretilen kumaşlar takip etmiştir.



Şekil 5.28. Helis oksetik iplikler ile üretilen oksetiklik gösteren kumaşların sıkıştırılma dayanımı ölçüm sonuçları.

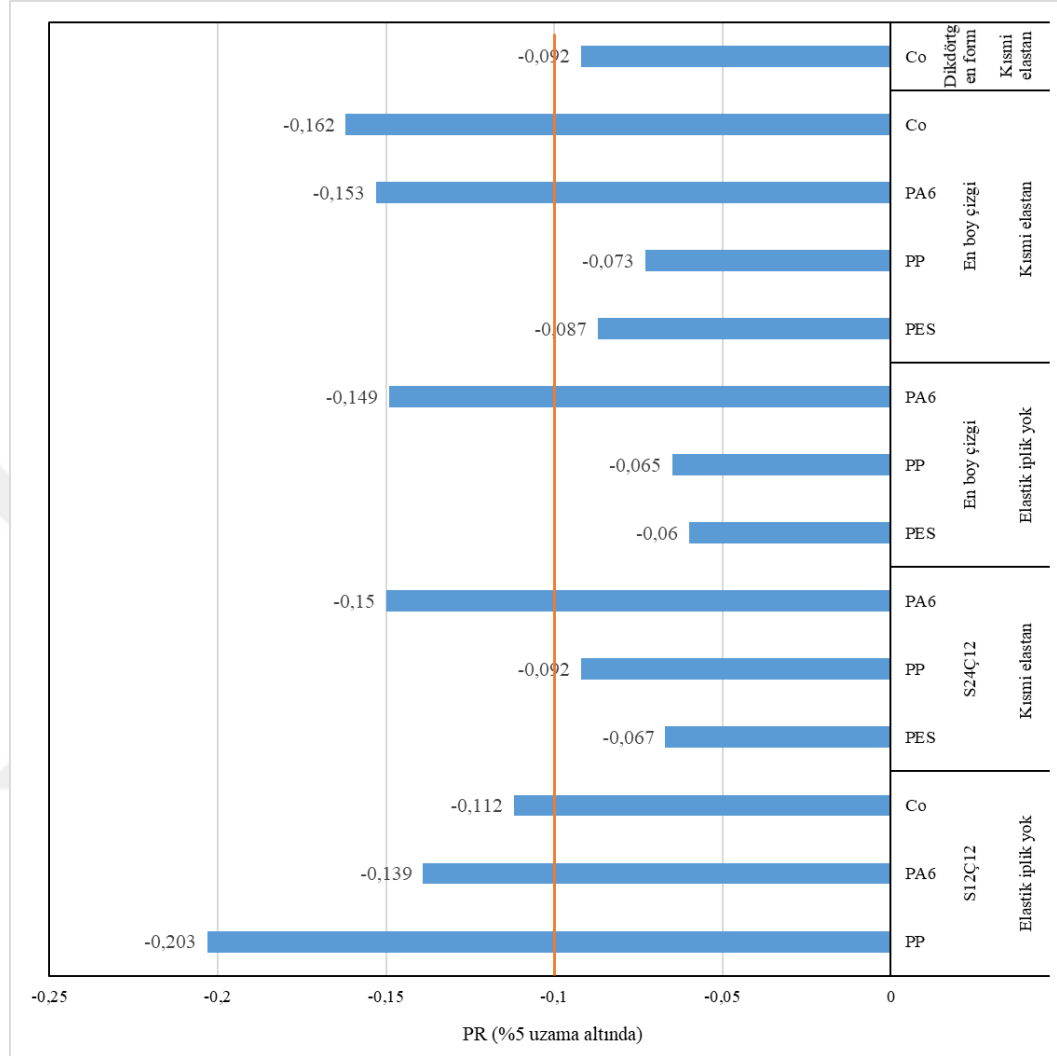
5.2.10. Yüksek oksetiklik özelliğe sahip seçilen kumaşların özelliklerinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi

Altı grupta değerlendirmeleri yapılan kumaşlardan çalışmanın ana konusu olan PR özelliği seçim kriteri olarak belirlenmiş ve $NPR \geq -0,060$ olan kumaş tipleri seçilerek değerlendirmeye devam edilmiştir.

Şekil 5.29’da görüldüğü üzere seçilen kumaş tipleri arasında -0,01 in üzerinde NPR değerine sahip olan örgü, materyal tipi ve elastan iplik kullanımı açısından karşılaştırıldığında,

- elastik iplik içermeyen S12Ç12 (üç farklı materyal ile (PP, PA6, Co) kumaş tipleri
- elastik iplik içermeyen enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen PA6 kumaş,
- kısmi elastan oranlı enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen Co ve PA6 kumaşlar,
- kısmi elastan oranlı S24Ç12 PA6 kumaş en yüksek NPR özelliği gösterdiği tespit edilmiştir.

Bu sonuçlara göre örgü tipi olarak enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı ve materyal olarak PA6 ipliği NPR açısından avantajlı sonuçlar sunmuştur.

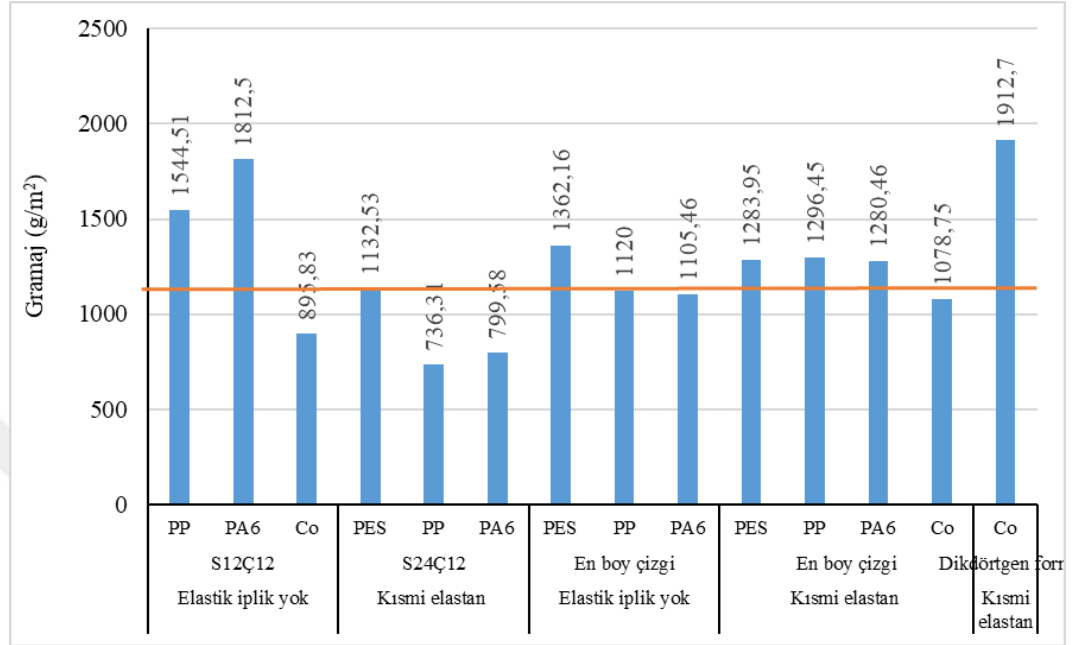


Şekil 5.29. Seçilen kumaşların %5 uzama altında PR ölçüm sonuçları

Seçilen kumaşların gramaj sonuçları incelendiğinde (Şekil 5.30);

- elastik iplik içermeyen S12Ç12 Co kumaş,
- elastik iplik içermeyen enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen PA6 ve PP kumaşlar,
- kısmi elastan oranlı S24Ç12 PES, PP, PA6 kumaşlar,

- kısmi elastan oranlı enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen Co kumaş en düşük gramaj değerleri ile yüksek NPR değerinin yanı sıra hafifliğin gerekli olduğu uygulama alanları için kullanıma uygundur.

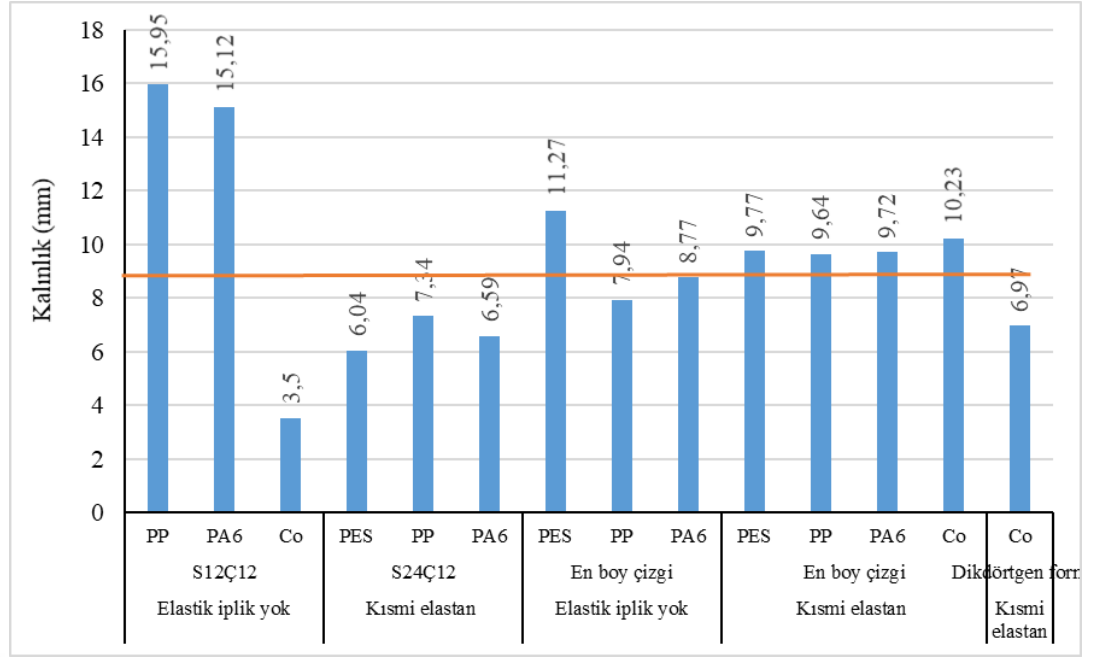


Şekil 5.30. Seçilen kumaşların gramaj ölçüm sonuçları.

Seçilen kumaş tipleri düşük kalınlık değerleri elde edilmesi amacıyla örgü, materyal tipi ve elastan iplik kullanımı açısından değerlendirildiğinde,

- elastik iplik içermeyen S12Ç12 Co kumaş,
- elastik iplik içermeyen enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen PP ve PA6 kumaşlar,
- kısmi elastan oranlı S24Ç12 PES, PP, PA6 kumaşlar ile
- kısmi elastan oranlı dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen Co kumaşın en düşük kalınlık değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Gramaj ve kalınlık değerlerine örgü ve materyal tipinin birlikte etkisinin bulunduğu sonucuna varılmıştır.

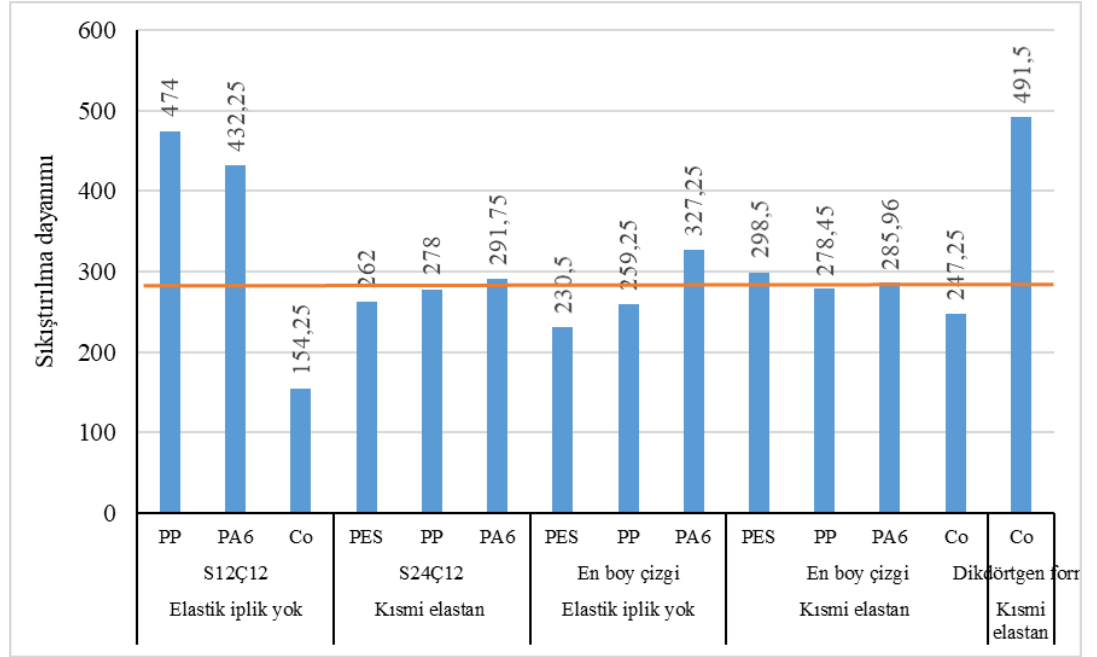


Şekil 5.31. Seçilen kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları.

Şekil 5.32’de seçilen kumaşların sıkıştırılma dayanımı özellikleri sunulmuştur. Kumaşların sıkıştırılma dayanımına etki eden özelliklerin başında kumaşın gramaj ve kalınlık değerleri gelmektedir. Ağır ve kalın ya da ağır ve ince kumaşların daha yüksek sıkıştırma dayanımına sahip olduğu bilinmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde yüksek sıkıştırılma dayanımı istenilen durumlarda kumaşın gramaj ve kalınlık değerlerinin de buna paralel olarak artış göstereceği göz ardı edilmemelidir.

En yüksek sıkıştırılma dayanımı değerleri,

- kısmi elastan oranlı dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen Co kumaş,
- elastik iplik içermeyen S12Ç12 PP ve PA6 kumaşlar,
- elastik iplik içermeyen enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen PA6 kumaş,
- kısmi elastan oranlı S24Ç12 PA6 kumaş ile
- kısmi elastan oranlı enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen PES ve PA6 kumaşlarda saptanmıştır.



Şekil 5.32. Seçilen kumaşların sıkıştırılma dayanımı ölçüm sonuçları

Seçilen kumaşların incelenen özellikleri birlikte değerlendirildiğinde kullanım alanına göre farklılık göstermekle birlikte, yüksek NPR, düşük gramaj ve kalınlık ile yüksek sıkıştırılma dayanımı istenilen kullanım alanları için

- elastik iplik içermeyen enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen PA6 kumaş ile
- kısmi elastan oranlı S24Ç12 PA6 kumaş önerilebilir.

Yüksek NPR, düşük gramaj ve kalınlık istenilen sıkıştırılma dayanımının düşük olmasının sakınca yaratmayacağı alanlar için ise,

- elastik iplik içermeyen S12Ç12 Co kumaşın uygun olabileceği düşünülmektedir.

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Oksetik malzemeler negatif poisson oranına sahip olmalarından ötürü konvansiyonel malzemelere göre etkiye karşı verdikleri mekanik tepki farklı olmaktadır. Oksetik malzemelerin sahip oldukları bu özellik, geleceğin teknolojisini şekillendirecek potansiyele sahiptir ve bu, bilimde yeni bir ilgi alanı ortaya çıkmasına imkan sağlamıştır. Bu doğrultuda oksetik malzemeler üzerine yapılmış deneysel ve nümerik modelleme tabanlı çalışmalardan elde edilen bulgular, aynı elastisite modülüne sahip konvansiyonel mühendislik malzemelere göre bazı mekanik özelliklerin (kayma modülü, kırılma tokluğu, indentasyon direnci, enerji emme kabiliyeti, gözeneklilik-geçirgenlik kabiliyeti, bükülme özelliği, vb.) oksetik malzemelerde daha üstün durumda olduğunu ortaya koymuştur. Oksetik malzemeler, sahip oldukları özellikleri sayesinde mevcut uygulamalarda konvansiyonel malzemelere yardımcı veya alternatif olarak kullanılabilmektedirler. Ayrıca oksetik yapı ve malzemelerin kullanım yöntemleri doğrultusunda yeni uygulama alanlarının ortaya çıkması da mümkündür.

Çalışma kapsamında öncelikle helis oksetik iplikler üretilmiş ve PR ölçümleri yapılmıştır. İkinci aşamada PR ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması için seçilen kumaş tiplerinde PR ölçüm sonuçları incelenmiştir. Farklı örgü tipi, materyal tipi, elastik iplik besleme oranları ile 6 farklı grupta üretilen kumaşların PR, gramaj, kalınlık ve sıkıştırılma dayanımı özellikleri ölçülmüştür. Son aşamada ise oksetiklik özelliği yüksek olan seçilen kumaşların özellikleri değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- HAY iplik PR ölçümleri: %5 kuvvet altında uzatıldığında dört iplik tipinde de maksimum genişleme tespit edilmiştir. Een yüksek NPR değerine poliester HAY ipliği sahiptir ve bu ipliği pamuk, polipropilen ve poliamid 6 HAY iplikleri takip etmiştir. Çalışma kapsamında üretilen tüm iplikler NPR özellik göstermiştir.
- Üretilen HAY iplik tiplerinde %5 kuvvet altında uzatıldığında maksimum genişleme tespit edilmiştir. Üretilen tüm iplikler NPR özellik göstermiştir. En yüksek NPR değerine poliester HAY ipliği sahiptir ve bu ipliği pamuk, polipropilen ve poliamid 6 HAY iplikleri takip etmiştir.

– *HAY ipliklerden hortum örgü yapısında üretilen kumaşlar* boyuna yönde %5 uzatıldığında enine yönde daralma ya da genişleme gözlenmediğinden PR değeri sıfır olarak hesaplanmıştır.

– Düz ve ters ilmek sayılarının eşit artış gösterdiği *ok başı şeklindeki girintili örgü yapılarında* %5 uzama değeri için S12Ç12 kumaş oksetik özellik göstermiştir. Ok başı şeklindeki girintili örgü yapılarında düz ve ters ilmek sayıları arttıkça kumaşların oksetiklik, gramaj, kalınlık ve sıkıştırılma dayanımı değerleri artmıştır. Sıra sayısının sabit, ok başı genişliğinin artırıldığı *girintili örgü yapılarında* pozitif PR değeri elde edilmiştir.

– *Ok başı şeklindeki girintili kumaş yapısına elastik iplik katılması* PR değerlerinde düşüşe neden olmuştur. Kısmi elastan oranı ile üretilen kumaşlar, yarı elastan oranı ile üretilen kumaşlara göre daha düşük PR değerleri ile daha iyi oksetik özellik göstermiştir. En yüksek NPR değerleri, S24Ç12 ile kısmi elastan oranlı S24Ç8 ve S12Ç12 kumaşlarda tespit edilmiştir.

– *Materyal ve örgü tipi değişiminin PR ve performans özelliklerine etkisi:* Elastik iplik içermeyen kumaş grubunda en yüksek NPR değeri ile oksetik özellik, polipropilen S12Ç12 kumaş ile PA 6 ipliği - enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilmiş olan kumaşlarda tespit edilmiştir. S12Ç12 en yüksek gramaj ve sıkıştırılma dayanımı özelliklerine sahiptir. En hafif ve en ince kumaş ile materyal tipi enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı ile pamuktur.

Kısmi oranda elastik iplik içeren kumaş gruplarında S24Ç12, enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi, dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen kumaş tipleri en yüksek oksetiklik özelliğine sahiptir. Enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilmiş pamuk kumaşın en yüksek NPR değerine sahipken, bu kumaşı PA6 enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilmiş ve PA6 S24Ç12 kumaşlar takip etmiştir. En yüksek sıkıştırılma dayanımı dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen pamuklu kumaşta gözlenmiştir. Kısmi oranda elastik iplik içeren S24Ç12 pamuklu kumaş ise en ince ve en düşük sıkıştırılma dayanımına sahip kumaştır.

– *HAY iplikler ile oksetiklik gösteren örgü tipinin PR ve performans özelliklerine birlikte etkisi:*

S24Ç12 PES kumaş hariç diğer tüm kumaş tipleri NPR özellik göstermiştir. PES HAY iplik ile üretilen kumaşların ise her üç örgü tipi için de konvansiyonel PES kumaşlara göre yüksek, PES kısmi oranlı elastanlı kumaşlara göre ise daha düşük NPR değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Kumaş yapısı içerisinde belirli sıralarda gipe ipliği eklenmesinin NPR üzerine etkisi helis oksetik ipliğe nazaran daha fazladır. Örgü tipi olarak en yüksek NPR özelliği enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen kumaş tipi ve S24Ç12 kumaşta gözlenmiştir. En yüksek sıkıştırılma dayanımı ise PES HAY iplikle üretilen dikdörtgen formda düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen kumaş tipinde saptanmıştır.

– Yüksek oksetiklik özelliğine sahip seçilen kumaşların incelenmesi:

Kumaşlar - 0,01'in üzerinde NPR değerine sahip olan örgü, materyal tipi ve elastan iplik kullanımı açısından karşılaştırıldığında,

- elastik iplik içermeyen S12Ç12 (üç farklı materyal ile (PP, PA6, Co) kumaş tipleri),
- elastik iplik içermeyen enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen PA6 kumaş,
- kısmi elastan oranlı enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen Co ve PA6 kumaşlar,
- kısmi elastan oranlı S24Ç12 PA6 kumaşın en yüksek NPR özelliği gösterdiği tespit edilmiştir.
- Örgü tipi olarak enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen yapı ve materyal olarak PA6 ipliği NPR açısından avantajlı sonuçlar sunmuştur.

Elastik iplik içermeyen S12Ç12 Co kumaş, elastik iplik içermeyen enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen PA6 ve PP kumaşlar, kısmi elastan oranlı S24Ç12PP PA6 kumaş, kısmi elastan oranlı enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen Co kumaş tipleri en düşük gramaj değerleri ile yüksek NPR değerinin yanı sıra hafifliğin gerekli olduğu uygulama alanları için kullanıma uygun bulunmuştur.

Ağır ve kalın ya da ağır ve ince kumaşların daha yüksek sıkıştırma dayanımına sahip olduğu bilindiğinden, yüksek sıkıştırılma dayanımı istenilen

durumlarda kumaşın gramaj ve kalınlık değerlerinin de buna paralel olarak artış göstermesi gerektiği bilinmektedir. En yüksek sıkıştırılma dayanımı değerleri, elastik iplik içermeyen S1212 PP ve PA6 kumaşlar, elastik iplik içermeyen enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen PA6 kumaş, kısmi elastan oranlı S2412 PA6 kumaş ile, kısmi elastan oranlı enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen PA6 kumaşta gözlenmiştir.

Yüksek NPR, düşük gramaj ve kalınlık istenilen sıkıştırılma dayanımının düşük olmasının sorun olmayacağı alanlar için, elastik iplik içermeyen S1212 Co kumaşın kullanımı tavsiye edilmiştir.

Yüksek NPR, düşük gramaj ve kalınlık ile yüksek sıkıştırılma dayanımı istenilen kullanım alanları için, elastik iplik içermeyen enine ve boyuna çizgilerde düz ve ters ilmeklerin yerleşimi ile üretilen PA6 kumaş ile, kısmi elastan oranlı S2412 PA6 kumaşların kullanımı önerilmiştir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Ağteks, 2023, www.agteks.com. Son erişim tarihi:16.11.2023.

Aksu, U. ve Seha Tatlier, M., 2018, An investigation on auxetic feature and its applications, *International Advanced Researches and Engineering Journal*, 02(02): 167–176.

Alagirusamy, R. and Das, A., 2010, Technical Textiles Yarns, CRC Press, USA, 80p, 330-347p.

Alderson, K., Alderson, A., Anand, S., Simkins, V., Nazare, S. and Ravirala, N., 2012, Auxetic warp knit textile structures. *Physica Status Solidi (B) Basic Research*, 249(7): 1322–1329.

Alderson, K.L., Alderson, A., Smart, G., Simkins, V. R. and Davies, P.J., 2002, Auxetic polypropylene fibres: Part 1-Manufacture and characterisation. *Plastics, rubber and composites*, 31(8): 344-349.

Alderson, K.L., and Evans, K.E., 1992, The fabrication of microporous polyethylene having a negative Poisson's ratio. *Polymer*, 33(20): 4435-4438.

Alderson, A., Rasburn, J., Ameer-Beg, S., Mullarkey, P. G., Perrie, W. And Evans, K.E., 2000, An auxetic filter: a tuneable filter displaying enhanced size selectivity or defouling properties. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 39(3):654-665.

Alderson, K.L., Webber, R.S., Kettle, A.P. and Evans, K.E., 2005, Novel fabrication route for auxetic polyethylene. Part 1:Processing and microstructure. *Polymer Engineering & Science*, 45(4): 568-578.

Aldred, P. and Moratti, S.C., 2005, Dynamic simulations of potentially auxetic liquid-crystalline polymers incorporating swivelling mesogens, *Molecular Simulation*, 31(13): 883-887.

Ali, M., Zeeshan, M., Ahmed, S., Qadir, B., Nawab, Y., Anjum, A. S. And Riaz, R., 2018, Development and comfort characterization of 2D-woven auxetic fabric for wearable and medical textile applications, *Clothing and Textiles Research Journal*, 36(3): 199–214.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Arumugam, V., Mishra, R., Militky, J. and Salacova, J.,** 2017, Investigation on thermo-physiological and compression characteristics of weft-knitted 3D spacer fabrics. *The Journal of the Textile Institute*, 108(7): 1095-1105.
- Attard, D. and Grima, J. N.,** 2008, Auxetic behaviour from rotating rhombi. *Physica Status Solidi (B)*, 245(11): 2395-2404.
- Boakye, A., Chang, Y., Rafiu, K.R. and Ma, P.,** 2018, Design and manufacture of knitted tubular fabric with auxetic effect, *The Journal of the Textile Institute*, 109(5): 596–602.
- Bozdoğan F.** 2010, Fiziksel Tekstil Muayeneleri, Meta Basım, İzmir, s. 59-123.
- Caddock, B.D. and Evans, K.E.,** 1989, Microporous materials with negative Poisson's ratios. I. Microstructure and mechanical properties, *Journal of Physics D: Applied Physics*, 22(12):1877-1882.
- Can, H.O.,** 2017, Akıllı malzemelerin mekanik özellikleri. Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış).
- Cao, H., Zulifqar, A., Hua, T. and Hu, H.,** 2019, Bi-stretch auxetic woven fabrics based on foldable geometry, *Textile Research Journal*, 89(13): 2694-2712.
- Chang, Y. and Ma, P.,** 2018, Fabrication and property of auxetic warp-knitted spacer structures with mesh, *Textile Research Journal*, 88(19): 2206–2213.
- Chang, Y. and Ma, P.,** 2019, Energy absorption and Poisson's ratio of warp-knitted spacer fabrics under uniaxial tension, *Textile Research Journal*, 89(6): 903–913.
- Chang, Y., Ma, P. and Jiang, G.,** 2017, Energy absorption property of warp-knitted spacer fabrics with negative Poisson's ratio under low velocity impact, *Composite Structures*, 182: 471–477.
- Chen, J. and Du, Z.,** 2020, Structural design and performance characterization of stable helical auxetic yarns based on the hollow-spindle covering system, *Textile Research Journal*, 90(3–4): 271–281.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chen, J., Du, Z and Li, T.,** 2020, Structural design and characterization of highly elastic woven fabric containing helical auxetic yarns, *Textile Research Journal*, 90 (7–8): 809–823.
- Chen, Y., Zulifqar, A. and Hu, H.,** 2020, Auxeticity from the Folded Geometry: A Numerical Study, *Physica Status Solidi (B) Basic Research*, 257(3): 1–9.
- Deshpande, M.V., West, A.J., Bernacki, S.H., Luan, K. And King, M.W.,** 2019, Poly(ϵ -Caprolactone) Resorbable Auxetic Designed Knitted Scaffolds for Craniofacial Skeletal Muscle Regeneration, 7(4):134.
- Du, Z.Q., Li, M., Wu, Y. X. And He, L.G.,** 2017, Analysis of spherical compression performance of warp-knitted spacer fabrics, *Journal of Industrial Textiles*, 46(6): 1362–1378.
- Du, Z., Zhou, M., Liu, H. and He, L.,** 2015, Study on negative Poisson's ratio of auxetic yarn under tension: Part 1–Theoretical analysis, *Textile Research Journal*, 85(5):487–498.
- Duncan, O., Shepherd, T., Moroney, C., Foster, L., Venkatraman, P. D., Winwood, K., Allen, T. and Alderson, A.,** 2018, Review of auxetic materials for sports applications: Expanding options in comfort and protection, *Applied Sciences*, 8(6):941.
- Ertekin, G. and Marmaralı, A.,** 2012, The compression characteristic of weft knitted spacer fabrics, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 22(4): 340-345.
- Evans, K.E.,** 1991, Auxetic polymers: a new range of materials, *Endeavour*, 15(4): 170–174.
- Evans, K.E. and Alderson, A.,** 2000, Auxetic materials: functional materials and structures from lateral thinking!, *Advanced Materials*, 12(9):617-628.
- Evans, K.E., Donoghue, J.P. and Alderson, K.L.,** 2004, The design, matching and manufacture of auxetic carbon fibre laminates, *Journal of Composite Materials*, 38(2):95-106.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Evans, K.E., Nkansah, M.A., Hutchinson, I.J. and Rogers, S.C.,** 1991, Molecular network design, *Nature*, 353(6340): 124-124.
- Gao, Y., Chen, X. and Studd, R.,** 2021, Experimental and numerical study of helical auxetic yarns, *Textile Research Journal*, 91(11-12): 1290-1301.
- Gao, Y., Liu, S., Wu, M., Chen, X. and Studd, R.,** 2020, Manufacture and evaluation of auxetic yarns and woven fabrics, *Physica Status Solidi (B)*, 257(10):1900112.
- Gao, Y., Ma, P., Li, K. And Xu, J.,** 2020, Characterization of a 3D Auxetic Warp-knitted Spacer Fabric by Synchrotron Radiation X-ray Computed Tomography, *Fibers and Polymers*, 21(4): 930–933.
- Ge, Z., Hu, H. and Liu, S.,** 2016, A novel plied yarn structure with negative Poisson's ratio, *The Journal of the Textile Institute*, 107(5): 578–588.
- Gibson, L.J., Ashby, M.F., Schajer, G. S. and Robertson, C. I.,** 1982, The mechanics of two-dimensional cellular materials, *Proceedings of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 382: 25–42.
- Glazzard, M. and Breedon, P.,** 2014, Weft-knitted auxetic textile design, *Physica Status Solidi (B) Basic Research*, 251(2): 267–272.
- Grima, J.N. and Evans, K.E.,** 2000, Auxetic behavior from rotating squares, *Journal of Materials Science Letters*, 19:1563-1565.
- Grima, J.N., Gatt, R., Zammit, V., Williams, J.J., Evans, K.E., Alderson, A. and Walton, R.I.,** 2007, Natrolite: A zeolite with negative Poisson's ratios, *Journal of Applied Physics*, 101(8).
- Grimmelsmann, N., Meissner, H. and Ehrmann, A.,** 2016, 3D printed auxetic forms on knitted fabrics for adjustable permeability and mechanical properties, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 137(1).
- Haeri, A.Y., Weidner, D.J. and Parise, J.B.,** 1992, Elasticity of α -cristobalite: a silicon dioxide with a negative Poisson's ratio, *Science*, 257: 650–652.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hook, P.**, 2011, Uses of auxetic fibres. United States Patent Application Publication, Patent No: US8002879B2.
- Hsueh, C.H., Schmauder, S., Chen, C.S., Chawla, K. K., Chawla, N. And Chen, W.**, 2019, Handbook of Mechanics of Materials, Springer.
- Hu, H., Wang, Z. and Liu, S.**, 2011, Development of auxetic fabrics using flat knitting technology, *Textile Research Journal*, 81(14):1493–1502.
- Jiang, N. And Hu, H.**, 2019, Auxetic yarn made with circular braiding technology. *Physica Status Solidi (B) Basic Research*, 256(1):1–12.
- Jinyun, Z., Yi, L., Lam, J. and Xuyong, C.**, 2010, The Poisson Ratio and modulus of elastic knitted fabrics, *Textile Research Journal*, 80(18):1965–1969.
- Kamrul, H., Dong, W., Zulifqar, A., Zhao, S., Zhang, M. and Hu, H.**, 2021, Deformation behavior of auxetic woven fabric made of foldable geometry in different tensile directions, *Textile Research Journal*, 91(1-2):87-99.
- Ko, J., Bhullar, S., Cho, Y., Lee, P. C. and Jun, M.B.G.**, 2015, Design and fabrication of auxetic stretchable force sensor for hand rehabilitation, *Smart Materials and Structures*, 24(7):075027.
- Krishna, B., Saxena, K., Das, R. and Calius, E. P.**, 2016, Three decades of auxetics research À Materials with negative poisson's ratio: A review, *Advanced Engineering Materials*, 18(11):1847–1870.
- Lakes, R.**, 1987, Foam structures with a negative Poisson's ratio. *Science*, 235(4792), 1038-1040.
- Larsen, U. D., Signund, O. and Bouwsta, S.**, 1997, Design and fabrication of compliant micromechanisms and structures with negative Poisson's ratio, *Journal of Microelectromechanical Systems*, 6(2):99-106.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lee, W., Lee, S.C. and Heo J.**, 2011, Moisture sensitive auxetic material. United States Patent Application Publication, Pub. No.: [tps://doi.org/10.1037/t24245-000](https://doi.org/10.1037/t24245-000).
- Lim, T.C.**, 2015, Auxetic Materials and Structures. Springer, Singapore.
- Liu, Y. And Hu, H.**, 2010, A review on auxetic structures and polymeric materials. *Scientific Research and Essays*, 5(10):1052–1063.
- Liu, Y., Hu, H., Lam, J.K. and Liu, S.**, 2010, Negative Poisson's ratio weft-knitted fabrics, *Textile Research Journal*, 80(9):856-863.
- Love, A.E.H.**, 1927, A treatise on the mathematical theory of elasticity. University Press.
- Luan, K., West, A., DenHartog, E. and McCord, M.**, 2020, Auxetic deformation of the weft-knitted Miura-ori fold, *Textile Research Journal*, 90(5–6):617–630.
- Ma, P., Chang, Y., Boakye, A. and Jiang, G.**, 2017, Review on the knitted structures with auxetic effect, *The Journal of the Textile Institute*, 108(6):947–961.
- Mazaev, A.V., Ajeneza, O. And Shitikova, M.V.**, 2020, Auxetics materials :classification, mechanical properties and applications, In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 747(1):012008.
- McAfee, J. and Faisal, N. H.**, 2017, Parametric sensitivity analysis to maximise auxetic effect of polymeric fibre based helical yarn, *Composite Structures*, 162:1–12.
- McKenna, H.A., Hearle, J.W.S. and O'Hear, N.**, 2004, Handbook of Fiber Rope Technology, Woodhead Publishing, UK, 51p, 69p, 204p.
- Miller, W., Hook, P.B., Smith, C.W., Wang, X. and Evans, K.E.**, 2009, The manufacture and characterisation of a novel, low modulus, negative Poisson's ratio composite, *Composites Science and Technology*, 69(5):651–655.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Naboni, R. And Mirante, L.,** 2015, Metamaterial computation and fabrication of auxetic patterns for architecture, In *XIX. Congresso da Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital*, 129–136.
- Ng, W.S. and Hu, H.,** 2017, Tensile and deformation behavior of auxetic plied yarns, *Physica Status Solidi (B) Basic Research*, 254(12):1–11.
- Ng, W.S. and Hu, H.,** 2018, Woven fabrics made of auxetic plied yarns, *Polymers*, 10(2):226.
- Novak, N., Vesenjak, M. and Ren, Z.,** 2016, Auxetic cellular materials - A review, *Strojnicki Vestnik/Journal of Mechanical Engineering*, 62(9):485–493.
- Özdil, N.,** 2003, Kumaşlarda Fiziksel Kalite Kontrol Yöntemleri, E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını, İzmir, 136s.
- Özdil, N., Bozdoğan, F., Özçelik Kayseri, G. ve Süpüren Mengüç, G.,** 2012, Compressibility and Thickness Recovery Characteristics of Carpets, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 22(3):203-211.
- Rant, D., Ciobanu, R., Blaga, M. and Pavko-Cuden, A.,** 2014, Compression of foldable links-links knitted structures, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 24(4):349–355.
- Ravirala, N., Alderson, A., Alderson, K.L. and Davies, P.J.,** 2005, Expanding the range of auxetic polymeric products using a novel melt-spinning route, *Physica Status Solidi (B) Basic Research*, 242(3):653–664.
- Savilla B.P.,** 1999, Physical testing of textiles, The Textile Institute, Manchester, England.
- Shen, Y. And Adanur, S.,** 2019, Mechanical analysis of the auxetic behavior of novel braided tubular structures by the finite element method, *Textile Research Journal*, 89(23–24):5187–5197.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sloan, M.R., Wright, J.R. And Evans, K.E.**, 2011, The helical auxetic yarn - A novel structure for composites and textiles; Geometry, manufacture and mechanical properties, *Mechanics of Materials*, 43(9):476–486.
- Steffens, F., Rana, S. and Figueiro, R.**, 2016, Development of novel auxetic textile structures using high performance fibres, *Materials and Design*, 106:81–89.
- Sun, Y., Xu, W., Wei, W., Ma, P. and Xia, F.**, 2021, Stab-resistance of auxetic weft-knitted fabric with Kevlar fibers at quasi-static loading, *Journal of Industrial Textiles*, 50(9):1384-1396.
- Theocaris, P.S., Stavroulakis, G.E. and Panagiotopoulos, P.D.**, 1997, Negative Poisson's ratios in composites with star-shaped inclusions: a numerical homogenization approach, *Archive of Applied Mechanics*, 67:274-286.
- Tiritoğlu, M.**, 2022, Auxetic Yapıda Örmek Kumaşların Geliştirilmesi ve Yapısal Özelliklerinin Araştırılması, Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, Bursa (yayınlanmamış).
- Xu, W., Sun, Y., Raji, K.R. and Ma, P.**, 2018, Design and fabrication of novel auxetic weft-knitted fabrics with Kevlar yarns, *The Journal of the Textile Institute*, 110(9):1257-1262.
- Ugbolue, S.C., Kim, Y.K., Warner, S.B., Fan, Q., Yang, C.L., Kyzymchuk, O. And Feng, Y.**, 2010, The formation and performance of auxetic textiles. Part I: Theoretical and technical considerations, *Journal of the Textile Institute*, 101(7): 660–667.
- Ugbolue, S.C., Kim, Y.K., Warner, S.B., Fan, Q., Yang, C.L., Kyzymchuk, O., Feng, Y. And Lord, J.**, 2011, The formation and performance of auxetic textiles. Part II: Geometry and structural properties, *Journal of the Textile Institute*, 102(5):424–433.
- Uzun, M.**, 2010, Negatif poisson oranına sahip (Auxetic) malzemeler ve uygulama alanları, *Tekstil ve Mühendis*, 17(77):13–18.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Wan, H., Ohtaki, H., Kotosaka, S. And Hu, G.,** 2004, A study of negative Poisson's ratios in auxetic honeycombs based on a large deflection model, *European Journal of Mechanics-A/Solids*, 23(1):95-106.
- Wang, Z. and Hu, H.,** 2013, 3D auxetic warp-knitted spacer fabrics, *Physica Status Solidi (B) Basic Research*, 251(2):281–288.
- Wang, Z. and Hu, H.,** 2014, Auxetic materials and their potential applications in textiles, *Textile Research Journal*, 84(15):1600–1611.
- Wang, Z. and Hu, H.,** 2017, Tensile and forming properties of auxetic warp-knitted spacer fabrics, *Textile Research Journal*, 87(16):1925–1937.
- Wang, Z., Zulifqar, A. and Hu, H.,** 2016, Auxetic composites in aerospace engineering. In *Advanced composite materials for aerospace engineering*, Woodhead Publishing, 213-240pp.
- Zeng, J., Cao, H. and Hu, H.,** 2018, Finite element simulation of an auxetic plied yarn structure, *Textile Research Journal*, 89(16):3394–3400.
- Zhang, G. H., Ghita, O. and Evans, K.E.,** 2015, The fabrication and mechanical properties of a novel 3-component auxetic structure for composites, *Composites Science and Technology*, 117:257–267.
- Zhao, S, Chang, Y., Yang, Y., Zhang, M., Hasan, K. and Hu, H.,** 2021a, Auxetic behavior of warp knitted fabric under repeating tension, *Textile Research Journal*. 91(15-16):1732-1741.
- Zhao, S., Chen, Y., Chang, Y. And Hu, H.,** 2021b, Finite element modeling of auxetic warp-knitted fabric made of re-entrant geometry, *Physica Status Solidi (B) Basic Research*, 258(7):2100107.
- Zhao, S., Hu, H., Kamrul, H., Chang, Y. and Zhang, M.,** 2020, Development of auxetic warp knitted fabrics based on reentrant geometry, *Textile Research Journal*, 90(3–4):344–356.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Zulifqar, A. and Hu, H., 2019, Geometrical analysis of bi-stretch auxetic woven fabric based on re-entrant hexagonal geometry, *Textile Research Journal*, 89(21–22):4476–4490.

Zulifqar, A., Hua, T. And Hu, H., 2019, Single- and double-layered bistretch auxetic woven fabrics made of nonauxetic yarns based on foldable geometries, *Physica Status Solidi (B) Basic Research*, 257(10):1900156.



TEŞEKKÜR

Tez konusunun seçimi ve tezin değerlendirilmesi sırasında sürekli yol gösteren ve destek olan danışman hocam Doç. Dr. Gözde ERTEKİN'e, ipliklerin üretiminde katkı sağlayan Doç.Dr. Mustafa ERTEKİN' e kumaşların üretiminde katkı sağlayan ve deneylerin uygulanmasında yardımcı olan Özge TOK'a ve son olarak bugünlere gelmemi sağlayan annem Öznur BOZ, babam Hayri ÖNDER ve kardeşim Efecan ÖNDER' e başta olmak üzere tüm aileme ve desteğini her zaman yanımda hissettiğim canım yol arkadaşım Adem GÖNÜL' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması 221M774 numaralı TÜBİTAK 1001 Programı kapsamında desteklenmiştir. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na katkılarından ötürü ayrıca teşekkür ederim.

26 / 12 / 2023

Ecenur ÖNDER

ÖZGEÇMİŞ

Ecenur ÖNDER, ilkokul eğitimini Işıl İpek İlköğretim Okulu'nda ardından lise eğitimini Balıkesir Doğa Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. Lisans eğitimini 2020 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde tamamlamıştır. Lisans eğitiminin bittiği sene Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 2021 yılında tekstil sektöründeki kariyerine İzmir' de Ames Disto Tekstil A.Ş.' de başlamış, üretim mühendisi ve üretim uzmanı görevlerinde bulunmuştur. 2023 yılında başladığı Üretim Uzmanlığı görevine İzmir'de devam etmektedir.

EKLER

EK 1. KUMAŞ GRUBU 1 İÇİN (HELİS OKSETİK İPLİKLERDEN ÜRETİLEN HORTUM ÖRGÜLER) İSTATİSTİK TABLOLARI

EK 1.1. Kumaş grubu 1 için varyans (one way ANOVA) analiz sonuçları

EK 1.2. Gramaj değerleri için Duncan sonuçları

EK 1.3. Kalınlık değerleri için Duncan sonuçları

EK 1.4. Sıkıştırılma dayanımı değerleri için Duncan sonuçları

EK 2. KUMAŞ GRUBU 2 (OK BAŞI ŞEKLİNDEKİ GİRİNTİLİ ÖRGÜ YAPILARI) İÇİN İSTATİSTİK TABLOLARI

EK 2.1. Kumaş grubu 2 için varyans (one way ANOVA) analiz sonuçları

EK 2.2. PR ölçüm değerleri için Duncan sonuçları

EK 2.3. Gramaj değerleri için Duncan sonuçları

EK 2.4. Kalınlık değerleri için Duncan sonuçları

EK 2.5. Sıkıştırılma dayanımı değerleri için Duncan sonuçları

EK 3. KUMAŞ GRUBU 3 (ELASTİK İPLİK KULLANIMININ VE KULLANIM ORANININ ETKİSİ) İÇİN İSTATİSTİK TABLOLARI

EK 3.1. Kumaş grubu 3 için çoklu varyans (MANOVA) analiz sonuçları

EK 3.2. PR ölçüm değerleri için Duncan sonuçları

EK 3.3. Gramaj değerleri için Duncan sonuçları

EK 3.4. Kalınlık değerleri için Duncan sonuçları

EK 3.5. Sıkıştırılma dayanımı değerleri için Duncan sonuçları

EK 4. KUMAŞ GRUBU 4 (MATERYAL VE ÖRGÜ TİPİ DEĞİŞİMİNİN ETKİSİ) İÇİN İSTATİSTİK TABLOLARI

EK 4.1. Kumaş grubu 4 için çoklu varyans (MANOVA) analiz sonuçları

EK 4.2. PR ölçüm değerleri için Duncan sonuçları

EK 4.3. Gramaj değerleri için Duncan sonuçları

EK 4.4. Kalınlık değerleri için Duncan sonuçları

EK 4.5. Sıkıştırılma dayanımı değerleri için Duncan sonuçları

EK 5. KUMAŞ GRUBU 5 (MATERYAL TİPİ VE ÖRGÜ TİPİ DEĞİŞİMİNİN KISMİ ELASTİK İPLİK İÇEREN KUMAŞLARA ETKİSİ) İÇİN İSTATİSTİK TABLOLARI

EK 5.1. Kumaş grubu 5 için çoklu varyans (MANOVA) analiz sonuçları

EK 5.2. PR ölçüm değerleri için Duncan sonuçları

EK 5.3. Gramaj değerleri için Duncan sonuçları

EK 5.4. Kalınlık değerleri için Duncan sonuçları

EK 5.5. Sıkıştırılma dayanımı değerleri için Duncan sonuçları

EK 6. KUMAŞ GRUBU 6 (HAY İPLİKLER İLE OKSETİKLİK GÖSTEREN ÖRGÜ TİPİNİN BİRLİKTE ETKİSİ) İÇİN İSTATİSTİK TABLOLARI

EK 6.1. Kumaş grubu 6 için varyans (one way ANOVA) analiz sonuçları

EK 6.2. PR ölçüm değerleri için Duncan sonuçları

EK 6.3. Gramaj değerleri için Duncan sonuçları

EK 6.4. Kalınlık değerleri için Duncan sonuçları

EK 6.5. Sıkıştırılma dayanımı değerleri için Duncan sonuçları

EK 7. SEÇİLEN KUMAŞLAR İÇİN İSTATİSTİK TABLOLARI

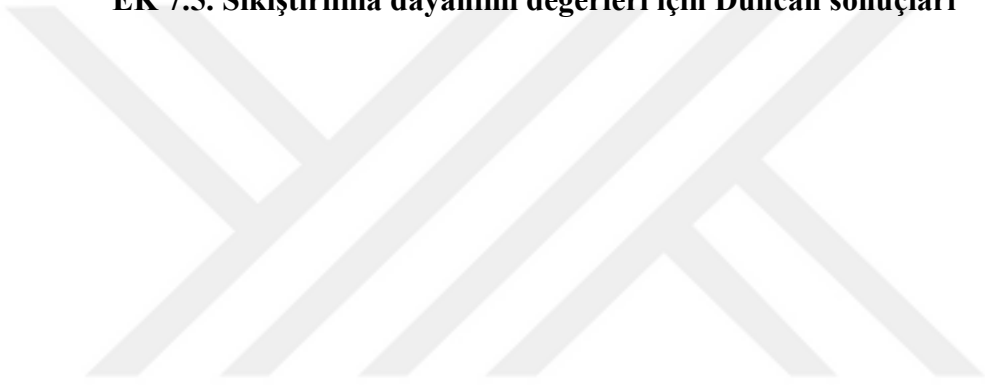
EK 7.1. Seçilen kumaşlar için varyans (one way ANOVA) analiz sonuçları

EK 7.2. PR ölçüm değerleri için Duncan sonuçları

EK 7.3. Gramaj değerleri için Duncan sonuçları

EK 7.4. Kalınlık değerleri için Duncan sonuçları

EK 7.5. Sıkıştırılma dayanımı değerleri için Duncan sonuçları



EK 1. KUMAŞ GRUBU 1 (HELİS OKSETİK İPLİKLERDEN ÜRETİLEN HORTUM ÖRGÜLER) İÇİN İSTATİSTİK TABLOLARI

EK 1.1. Kumaş Grubu 1 (Helis oksetik ipliklerden üretilen hortum örgüler) için varyans (one way ANOVA) analiz sonuçları

		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p değeri
Gramaj	Gruplar arası	78912,773	3	26304,258	403,130	,000
	Gruplar içi	522,000	8	65,250		
	Toplam	79434,774	11			
Kalınlık	Gruplar arası	,090	3	,030	,522	,679
	Gruplar içi	,460	8	,057		
	Toplam	,550	11			
Sıkıştırılma dayanımı	Gruplar arası	316,125	3	105,375	5,018	,030
	Gruplar içi	168,000	8	21,000		
	Toplam	484,125	11			

EK 1.2. Gramaj değerleri için Duncan sonuçları

Numune	N	$\alpha= 0.05$		
		1	2	3
PA 6 HAY	3	1900,40		
PP HAY	3	1904,16	1904,16	
Co HAY	3		1971,08	
PES HAY	3			2100,87
p değeri		,584	1,000	1,000

EK 1.3. Kalınlık değerleri için Duncan sonuçları

Numune	N	$\alpha= 0.05$
		1
PES HAY	3	5,10
PA 6 HAY	3	5,10
Co HAY	3	5,10
PP HAY	3	5,30
p değeri		,364

EK 1.4. Sıkıştırılma dayanımı değerleri için Duncan sonuçları

Numune	N	$\alpha=0.05$	
		1	2
PES HAY	3	336,00	
PA 6 HAY	3	343,75	343,75
Co HAY	3	343,75	343,75
PP HAY	3		350,50
p değeri		,082	,122

EK 2. KUMAŞ GRUBU 2 (OK BAŞI ŞEKLİNDEKİ GİRİNTİLİ ÖRGÜ YAPILARI) İÇİN İSTATİSTİK TABLOLARI

EK 2.1. Kumaş grubu 2 için varyans (one way ANOVA) analiz sonuçları

		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p değeri
PR	Gruplar arası	1,188	5	,238	1564,237	,000
	Gruplar içi	,002	12	,000		
	Toplam	1,189	17			
Gramaj	Gruplar arası	10419315,765	5	2083863,153	2928,374	,000
	Gruplar içi	8539,333	12	711,611		
	Toplam	10427855,099	17			
Kalınlık	Gruplar arası	200,019	5	40,004	154,535	,000
	Gruplar içi	3,106	12	,259		
	Toplam	203,126	17			
Sıkıştırılma dayanımı	Gruplar arası	420750,977	5	84150,195	1005,779	,000
	Gruplar içi	1004,000	12	83,667		
	Toplam	421754,977	17			

EK 2.2. PR ölçüm değerleri için Duncan sonuçları

Örgü tipi	N	$\alpha= 0.05$			
		1	2	3	4
S12Ç12	3	-,040			
S24Ç12	3		,057		
S24Ç8	3		,061		
S4Ç4	3		,062		
S24Ç4	3			,113	
S8Ç8	3				,486
p değeri		1,000	,645	1,000	1,000

EK 2.3. Gramaj değerleri için Duncan sonuçları

Örgü tipi	N	$\alpha= 0.05$				
		1	2	3	4	5
S24Ç4	3	809,01				
S24Ç12	3	848,95	848,95			
S24Ç8	3		881,54			
S4Ç4	3			1094,90		
S8Ç8	3				2279,73	
S12Ç12	3					2700,79
p değeri		,092	,160	1,000	1,000	1,000

EK 2.4. Kalınlık değerleri için Duncan sonuçları

Örgü tipi	N	$\alpha= 0.05$				
		1	2	3	4	5
S24Ç4	3	3,59				
S24Ç12	3		4,99			
S4Ç4	3			6,61		
S24Ç8	3			6,79		
S8Ç8	3				10,22	
S12Ç12	3					13,54
p değeri		1,000	1,000	,672	1,000	1,000

EK 2.5. Sıkıştırılma dayanımı değerleri için Duncan sonuçları

Örgü tipi	N	$\alpha= 0.05$			
		1	2	3	4
S24Ç12	3	109,25			
S24Ç4	3		177,00		
S24Ç8	3		190,75		
S4Ç4	3			248,25	
S12Ç12	3				488,08
S8Ç8	3				500,00
p değeri		1,000	,090	1,000	,136

EK 3. KUMAŞ GRUBU 3 (ELASTİK İPLİK KULLANIMININ VE KULLANIM ORANININ ETKİSİ) İÇİN İSTATİSTİK TABLOLARI

EK 3.1. Kumaş grubu 3 için çoklu varyans (MANOVA) analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Bağımlı değişken	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p değeri
Örgü tipi	PR	,722	5	,144	2055,506	,000
	Gramaj	24060412,523	5	4812082,505	18672,927	,000
	Kalınlık	479,924	5	95,985	862,440	,000
	Sıkıştırılma dayanımı	1044560,276	5	208912,055	4864,705	,000
Elastik iplik kullanım oranı	PR	,099	2	,050	705,534	,000
	Gramaj	791093,204	2	395546,602	1534,889	,000
	Kalınlık	7,411	2	3,705	33,293	,000
	Sıkıştırılma dayanımı	14957,250	2	7478,625	174,147	,000
Örgü tipi * elastik iplik kullanım oranı	PR	,227	10	,023	323,332	,000
	Gramaj	2173625,419	10	217362,542	843,459	,000
	Kalınlık	11,261	10	1,126	10,118	,000
	Sıkıştırılma dayanımı	89948,873	10	8994,887	209,454	,000
Hata	PR	,003	36	7,029E-5		
	Gramaj	9277,333	36	257,704		
	Kalınlık	4,007	36	,111		
	Sıkıştırılma dayanımı	1546,000	36	42,944		
Toplam	PR	1,451	54			
	Gramaj	122314802,081	54			
	Kalınlık	3350,991	54			
	Sıkıştırılma dayanımı	6016521,960	54			

EK 3.2. PR ölçüm değerleri için Duncan sonuçları

Örgü tipi	N	Alt grup					
		1	2	3	4	5	6
S12Ç12	9	-,044					
S24Ç12	9		-,013				
S24Ç8	9			,020			
S24Ç4	9				,099		
S4Ç4	9					,160	
S8Ç8	9						,295
p değeri		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Elastik iplik kullanım oranı	N	Alt grup		
		1	2	3
Kısmi elastan	18	,026		
Yarı elastan	18		,109	
Elastik iplik yok	18			,123
p değeri		1,000	1,000	1,000

EK 3.3. Gramaj değerleri için Duncan sonuçları

Örgü tipi	N	Alt grup					
		1	2	3	4	5	6
S24Ç4	9	716,64					
S4Ç4	9		816,11				
S24Ç8	9			970,61			
S24Ç12	9				1005,76		
S8Ç8	9					1932,69	
S12Ç12	9						2528,15
p değeri		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Elastik iplik kullanım oranı	N	Alt grup		
		1	2	3
Kısmi elastan	18	1159,22		
Yarı elastan	18		1389,94	
Elastik iplik yok	18			1435,82
p değeri		1,000	1,000	1,000

EK 3.4. Kalınlık değerleri için Duncan sonuçları

Örgü tipi	N	Alt grup				
		1	2	3	4	5
S24Ç4	9	4,02				
S4Ç4	9		5,52			
S24Ç12	9		5,55			
S24Ç8	9			6,26		
S8Ç8	9				9,36	
S12Ç12	9					12,87
p değeri		1,000	,833	1,000	1,000	1,000

Elastik iplik kullanım oranı	N	Alt grup	
		1	2
Yarı elastan	18	6,75	
Kısmi elastan	18		7,41
Elastik iplik yok	18		7,62
p değeri		1,000	,065

EK 3.5. Sıkıştırılma dayanımı değerleri için Duncan sonuçları

Örgü tipi	N	Alt grup			
		1	2	3	4
S24Ç12	9	176,17			
S24Ç4	9	182,25			
S24Ç8	9		210,33		
S4Ç4	9			243,41	
S12Ç12	9				491,78
S8Ç8	9				497,08
p değeri		,057	1,000	1,000	,094

Elastik iplik kullanım oranı	N	Alt grup		
		1	2	3
Elastik iplik yok	18	285,56		
Kısmi elastan	18		291,50	
Yarı elastan	18			323,46
p değeri		1,000	1,000	1,000

EK 4. KUMAŞ GRUBU 4 (MATERYAL VE ÖRGÜ TİPİ DEĞİŞİMİNİN ELASTİK İPLİK İÇERMEYEN KUMAŞLARA ETKİSİ) İÇİN İSTATİSTİK TABLOLARI

EK 4.1. Kumaş grubu 4 için çoklu varyans (MANOVA) ve one way varyans (ANOVA) analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Bağımlı değişken	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p değeri
Örgü tipi	PR	,149	2	,075	341,994	,000
	Gramaj	2575711,376	2	1287855,688	2981,531	,000
	Kalınlık	196,565	2	98,282	504,487	,000
	Sıkıştırılma dayanımı	102650,949	2	51325,475	1277,647	,000
Materyal tipi	PR	,149	3	,050	227,818	,000
	Gramaj	7943296,327	3	2647765,442	6129,875	,000
	Kalınlık	598,952	3	199,651	1024,813	,000
	Sıkıştırılma dayanımı	267949,152	3	89316,384	2223,356	,000
Örgü tipi * materyal tipi	PR	,177	6	,030	135,356	,000
	Gramaj	1654936,598	6	275822,766	638,561	,000
	Kalınlık	157,217	6	26,203	134,500	,000
	Sıkıştırılma dayanımı	89516,423	6	14919,404	371,389	,000
Hata	PR	,005	24	,000		
	Gramaj	10366,667	24	431,944		
	Kalınlık	4,676	24	,195		
	Sıkıştırılma dayanımı	964,125	24	40,172		
Toplam	PR	,864	36			
	Gramaj	84004879,308	36			
	Kalınlık	5746,050	36			
	Sıkıştırılma dayanımı	4240858,197	36			

		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p değeri
PR	Gruplar arası	,476	11	,043	198,144	,000
	Gruplar içi	,005	24	,000		
	Toplam	,481	35			
Gramaj	Gruplar arası	12173944,302	11	1106722,209	2562,186	,000
	Gruplar içi	10366,667	24	431,944		
	Toplam	12184310,968	35			
Kalınlık	Gruplar arası	952,734	11	86,612	444,583	,000
	Gruplar içi	4,676	24	,195		
	Toplam	957,410	35			
Sıkıştırılma dayanımı	Gruplar arası	460116,524	11	41828,775	1041,245	,000
	Gruplar içi	964,125	24	40,172		
	Toplam	461080,649	35			

EK 4.2. PR ölçüm değerleri için Duncan sonuçları

Örgü tipi	N	Alt grup		
		1	2	3
S12Ç12	12	-,164		
En boy çizgi	12		-,131	
Dikdörtgen form	12			-,014
p değeri		1,000	1,000	1,000

Materyal tipi	N	Alt grup		
		1	2	3
PP	9	-,168		
PA 6	9	-,167		
Co	9		-,047	
PES	9			-,031
p değeri		,887	1,000	1,000

Örgü tipi	N	Alt grup $\alpha = 0.05$						
		1	2	3	4	5	6	7
S12Ç12 PP	3	-,203						
En boy çizgi PA6	3		-,149					
S12Ç12 PA6	3			-,139				
S12Ç12 Co	3				-,112			
En boy çizgi PP	3					-,065		
En boy çizgi PES	3					-,060		
En boy çizgi Co	3						-,030	
Dikdörtgen form PP	3						-,025	-,025
Dikdörtgen form PES	3						-,019	-,019
S12Ç12 PES	3						-,013	-,013
Dikdörtgen form PA6	3						-,012	-,012
Dikdörtgen form Co	3							,000
p değeri		1,000	1,000	1,000	1,000	,292	,194	,074

EK 4.3. Gramaj değerleri için Duncan sonuçları

Örgü tipi	N	Alt grup		
		1	2	3
En boy izgi	12	1083,29		
Dikdörtgen form	12		1415,61	
S12Ç12	12			1738,46
p değeri		1,000	1,000	1,000

Materyal tipi	N	Alt grup		
		1	2	3
Co	9	705,01		
PP	9		1448,88	
PA 6	9		1468,97	
PES	9			2026,94
p değeri		1,000	,051	1,000

EK 4.4. Kalınlık değerleri için Duncan sonuçları

Örgü tipi	N	Alt grup		
		1	2	3
En boy çizgi	12	8,46		
S12Ç12	12		12,03	
Dikdörtgen form	12			14,12
p değeri		1,000	1,000	1,000

Materyal tipi	N	Alt grup	
		1	2
Co	9	4,47	
PES	9		13,69
PP	9		13,86
PA 6	9		14,11
p değeri		1,000	,063

Örgü tipi	N	Alt grup $\alpha = 0.05$									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S12Ç12 Co	3	3,50									
Dikdörtgen form Co	3	4,07									
En boy çizgi Co	3		5,85								
En boy çizgi PP	3			7,94							
En boy çizgi PA6	3				8,77						
En boy çizgi PES	3					11,27					
S12Ç12 PES	3						13,54				
S12Ç12 PA6	3							15,12			
S12Ç12 PP	3								15,94		
Dikdörtgen form PES	3								16,25		
Dikdörtgen form PP	3									17,70	
Dikdörtgen form PA6	3										18,45
Sig.		,127	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	,398	1,000	1,000

EK 4.5. Sıkıştırılma dayanımı değerleri için Duncan sonuçları

Örgü tipi	N	Alt grup		
		1	2	3
En boy çizgi	12	256,56		
Dikdörtgen form	12		328,38	
S12Ç12	12			387,15
p değeri		1,000	1,000	1,000

Materyal tipi	N	Alt grup			
		1	2	3	4
Co	9	175,50			
PES	9		362,28		
PP	9			370,00	
PA 6	9				388,33
p değeri		1,000	1,000	1,000	1,000

Örgü tipi	N	Alt grup $\alpha = 0.05$									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S12Ç12 Co	3	154,25									
Dikdörtgen form Co	3	163,00									
En boy çizgi Co	3		209,25								
En boy çizgi PES	3			230,50							
En boy çizgi PP	3				259,25						
En boy çizgi PA6	3					327,25					
Dikdörtgen form PES	3						368,25				
Dikdörtgen form PP	3						376,75				
Dikdörtgen form PA6	3							405,50			
S12Ç12 PA6	3								432,25		
S12Ç12 PP	3									474,00	
S12Ç12 PES	3										488,00
Sig.		,104	1,000	1,000	1,000	1,000	,114	1,000	1,000	1,000	1,000

EK 5. KUMAŞ GRUBU 5 (MATERYAL VE ÖRGÜ TİPİ DEĞİŞİMİNİN KİSMİ ELASTİK İPLİK İÇEREN KUMAŞLARA ETKİSİ) İÇİN İSTATİSTİK TABLOLARI

EK 5.1. Kumaş grubu 5 için çoklu varyans (MANOVA) analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Bağımlı değişken	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p değeri
Örgü tipi	PR	,164	2	,082	36,559	,000
	Gramaj	3939624,126	2	1969812,063	21981,784	,000
	Kalınlık	83,602	2	41,801	748,561	,000
	Sıkıştırılma dayanımı	119068,423	2	59534,211	1039,899	,000
Materyal tipi	PR	,051	3	,017	7,623	,001
	Gramaj	74439,763	3	24813,254	276,899	,000
	Kalınlık	,961	3	,320	5,736	,004
	Sıkıştırılma dayanımı	1084,016	3	361,339	6,312	,003
Örgü tipi * Materyal tipi	PR	,643	6	,107	47,741	,000
	Gramaj	1001726,453	6	166954,409	1863,099	,000
	Kalınlık	4,675	6	,779	13,954	,000
	Sıkıştırılma dayanımı	86587,968	6	14431,328	252,076	,000
Hata	PR	,054	24	,002		
	Gramaj	2150,667	24	89,611		
	Kalınlık	1,340	24	,056		
	Sıkıştırılma dayanımı	1374,000	24	57,250		
Toplam	PR	1,257	36			
	Gramaj	57933260,261	36			
	Kalınlık	2225,942	36			
	Sıkıştırılma dayanımı	3491549,007	36			

		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p değeri
PR	Gruplar arası	,858	11	,078	34,767	,000
	Gruplar içi	,054	24	,002		
	Toplam	,912	35			
Gramaj	Gruplar arası	5015790,342	11	455980,940	5088,442	,000
	Gruplar içi	2150,667	24	89,611		
	Toplam	5017941,009	35			
Kalınlık	Gruplar arası	89,238	11	8,113	145,277	,000
	Gruplar içi	1,340	24	,056		
	Toplam	90,578	35			
Sıkıştırılma dayanımı	Gruplar arası	206740,407	11	18794,582	328,290	,000
	Gruplar içi	1374,000	24	57,250		
	Toplam	208114,407	35			

EK 5.2. PR ölçüm değerleri için Duncan sonuçları

Örgü tipi	N	Alt grup	
		1	2
En boy çizgi	12	-,191	
Dikdörtgen form	12		-,068
S24Ç12	12		-,034
p değeri		1,000	,089

Materyal tipi	N	Alt grup	
		1	2
Co	9	-,154	
PA 6	9	-,111	-,111
PES	9		-,063
PP	9		-,063
p değeri		,070	,050

Örgü tipi	N	Alt grup $\alpha = 0.05$				
		1	2	3	4	5
En boy çizgi Co	3	-,162				
En boy çizgi PA6	3		-,153			
S24Ç12 PA6	3		-,150			
Dikdörtgen form PA6	3		-,121	-,121		
S24Ç12 PP	3		-,092	-,092	-,092	
Dikdörtgen form Co	3		-,092	-,092	-,092	
En boy çizgi PES	3		-,087	-,087	-,087	
En boy çizgi PP	3		-,073	-,073	-,073	
S24Ç12 PES	3		-,067	-,067	-,067	
Dikdörtgen form PES	3			-,036	-,036	
Dikdörtgen form PP	3				-,024	
S24Ç12 Co	3					,173
p değeri.		1,000	,062	,068	,140	1,000

EK 5.3. Gramaj değerleri için Duncan sonuçları

Örgü tipi	N	Alt grup		
		1	2	3
S24Ç12	12	796,44		
En boy çizgi	12		1234,90	
Dikdörtgen form	12			1605,81
p değeri		1,000	1,000	1,000

Materyal tipi	N	Alt grup			
		1	2	3	4
Co	9	1169,48			
PP	9		1182,98		
PA 6	9			1210,11	
PES	9				1286,953
p değeri		1,000	1,000	1,000	1,000

Örgü tipi	N	Alt grup $\alpha = 0.05$									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S24Ç12 Co	3	516,99									
S24Ç12 PP	3		736,31								
S24Ç12 PA6	3			799,91							
En boy çizgi Co	3				1078,75						
S24Ç12 PES	3					1132,53					
En boy çizgi PA6	3						1280,46				
En boy çizgi PES	3						1283,95				
En boy çizgi PP	3						1296,45				
Dikdörtgen form PES	3							1444,38			
Dikdörtgen form PP	3								1516,18		
Dikdörtgen form PA6	3									1549,97	
Dikdörtgen form Co	3										1912,70
p değeri		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	,061	1,000	1,000	1,000	1,000

EK 5.4. Kalınlık değerleri için Duncan sonuçları

Örgü tipi	N	Alt grup		
		1	2	3
S24Ç12	12	6,40		
Dikdörtgen form	12		6,87	
En boy çizgi	12			9,84
p değeri		1,000	1,000	1,000

Materyal tipi	N	Alt grup	
		1	2
PES	9	7,52	
Co	9	7,61	
PA 6	9	7,72	
PP	9		7,96
p değeri		,101	1,000

Örgü tipi	N	Alt grup $\alpha = 0.05$					
		1	2	3	4	5	6
S24Ç12 Co	3	5,63					
S24Ç12 PES	3		6,04				
S24Ç12 PA6	3			6,59			
Dikdörtgen form PES	3			6,75			
Dikdörtgen form PA6	3			6,85			
Dikdörtgen form PP	3			6,89			
Dikdörtgen form Co	3			6,97	6,97		
S24Ç12 PP	3				7,34		
En boy çizgi PP	3					9,64	
En boy çizgi PA6	3					9,72	
En boy çizgi PES	3					9,77	
En boy çizgi Co	3						10,23
p değeri		1,000	1,000	,089	,067	,532	1,000

EK 5.5. Sıkıştırılma dayanımı değerleri için Duncan sonuçları

Örgü tipi	N	Alt grup		
		1	2	3
S24Ç12	12	247,06		
En boy çizgi	12		277,54	
Dikdörtgen form	12			381,41
p değeri		1,000	1,000	1,000

Materyal tipi	N	Alt grup	
		1	2
PES	9	298,17	
Co	9	298,42	
PP	9	300,00	
PA 6	9		311,43
p değeri		,632	1,000

Örgü tipi	N	Alt grup $\alpha = 0.05$							
		1	2	3	4	5	6	7	8
S24Ç12 Co	3	156,50							
En boy çizgi Co	3		247,25						
S24Ç12 PES	3			262,00					
S24Ç12 PP	3				278,00				
En boy çizgi PP	3				278,45				
En boy çizgi PA6	3				285,96	285,96			
S24Ç12 PA6	3				291,75	291,75			
En boy çizgi PES	3					298,0			
Dikdörtgen form PES	3						334,00		
Dikdörtgen form PP	3						343,56		
Dikdörtgen form PA6	3							356,58	
Dikdörtgen form Co	3								491,50
p değeri		1,000	1,000	1,000	,051	,065	,135	1,000	1,000

EK 6. KUMAŞ GRUBU 6 (HAY İPLİKLER İLE OKSETİKLİK GÖSTEREN ÖRGÜ TİPİNİN BİRLİKTE ETKİSİ) İÇİN İSTATİSTİK TABLOLARI

EK 6.1. Kumaş grubu 6 için varyans (one way ANOVA) analiz sonuçları

		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p değeri
PR	Gruplar arası	,001	2	,001	25,052	,001
	Gruplar içi	,000	6	,000		
	Toplam	,001	8			
Gramaj	Gruplar arası	778624,141	2	389312,071	16684,803	,000
	Gruplar içi	140,000	6	23,333		
	Toplam	778764,141	8			
Kalınlık	Gruplar arası	15,670	2	7,835	142,106	,000
	Gruplar içi	,331	6	,055		
	Toplam	16,000	8			
Sıkıştırılma dayanımı	Gruplar arası	18393,943	2	9196,972	394,156	,000
	Gruplar içi	140,000	6	23,333		
	Toplam	18533,943	8			

PES HAY & PES & PES kısmi elastan için varyans (one way ANOVA) analiz sonuçları

		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p değeri
PR	Gruplar arası	,041	8	,005	179,423	,000
	Gruplar içi	,001	18	,000		
	Toplam	,041	26			
Gramaj	Gruplar arası	3231650,196	8	403956,274	7142,645	,000
	Gruplar içi	1018,000	18	56,556		
	Toplam	3232668,196	26			
Kalınlık	Gruplar arası	279,781	8	34,973	214,191	,000
	Gruplar içi	2,939	18	,163		
	Toplam	282,720	26			
Sıkıştırılma dayanımı	Gruplar arası	169234,275	8	21154,284	675,137	,000
	Gruplar içi	564,000	18	31,333		
	Toplam	169798,275	26			

EK 6.2. PR ölçüm değerleri için Duncan sonuçları

Örgü tipi	N	Alt grup $\alpha = 0.05$		
		1	2	3
En boy çizgi	3	-,056		
S24Ç12	3		-,045	
Dikdörtgen form	3			-,027
p değeri		1,000	1,000	1,000

Örgü tipi	N	Alt grup $\alpha = 0.05$						
		1	2	3	4	5	6	7
En boy çizgi PES kısmi elastan	3	-,087						
S24Ç12 PES kısmi elastan	3		-,0670					
En boy çizgi PES	3		-,060	-,0600				
En boy çizgi PES HAY	3			-,056				
S24Ç12 PES HAY	3				-,045			
Dikdörtgen form PES kısmi elastan	3				-,036	-,036		
Dikdörtgen form PES HAY	3					-,027	-,027	
Dikdörtgen form PES	3						-,019	
S24Ç12 PES	3							,057
p değeri		1,000	,125	,370	,053	,053	,083	1,000

EK 6.3. Gramaj değerleri için Duncan sonuçları

Örgü tipi	N	Alt grup $\alpha = 0.05$		
		1	2	3
S24Ç12	3	1235,49		
En boy çizgi	3		1403,46	
Dikdörtgen form	3			1926,23
p değeri		1,000	1,000	1,000

[illegible]

EK 6.4. Kalınlık değerleri için Duncan sonuçları

Örgü tipi	N	Alt grup $\alpha = 0.05$	
		1	2
S24Ç12	3	7,23	
En boy çizgi	3		9,89
Dikdörtgen form	3		10,15
p değeri		1,000	,224

Örgü tipi	N	Alt grup $\alpha = 0.05$					
		1	2	3	4	5	6
S24Ç12 PES	3	4,99					
S24Ç12 PES kısmi elastan	3		6,04				
Dikdörtgen form PES kısmi elastan	3			6,75			
S24Ç12 PES HAY	3			7,23			
En boy çizgi PES kısmi elastan	3				9,77		
En boy çizgi PES HAY	3				9,89		
Dikdörtgen form PES HAY	3				10,15		
En boy çizgi PES	3					11,27	
Dikdörtgen form PES	3						16,25
p değeri		1,000	1,000	,163	,290	1,000	1,000

EK 6.5. Sıkıştırılma dayanımı değerleri için Duncan sonuçları

Örgü tipi	N	Alt grup $\alpha = 0.05$		
		1	2	3
S24Ç12	3	286,21		
En boy çizgi	3		315,12	
Dikdörtgen form	3			393,24
p değeri		1,000	1,000	1,000

[illegible]

EK 7. SEÇİLEN KUMAŞLAR İÇİN İSTATİSTİK TABLOLARI

EK 7.1. Seçilen kumaşlar için varyans (one way ANOVA) analiz sonuçları

		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p değeri
PR	Gruplar arası	,778	13	,060	2326,831	,000
	Gruplar içi	,001	28	,000		
	Toplam	,779	41			
Gramaj	Gruplar arası	4591713,752	13	353208,750	3541,362	,000
	Gruplar içi	2792,667	28	99,738		
	Toplam	4594506,419	41			
Kalınlık	Gruplar arası	438,304	13	33,716	277,446	,000
	Gruplar içi	3,403	28	,122		
	Toplam	441,706	41			
Sıkıştırılma dayanımı	Gruplar arası	352435,513	13	27110,424	478,583	,000
	Gruplar içi	1586,125	28	56,647		
	Toplam	354021,638	41			

EK 7.2. PR ölçüm değerleri için Duncan sonuçları

Kumaş tipi	N	Alt grup $\alpha = 0.05$								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
S12Ç12 PP	3	-,203								
En boy çizgi Co kısmi elastan	3		-,162							
En boy çizgi PA6 kısmi elastan	3			-,153						
S24Ç12 PA 6 kısmi elastan	3			-,150	-,150					
En boy çizgi PA 6	3				-,149					
S12Ç12 PA 6	3					-,139				
S12Ç12 Co	3						-,112			
Dikdörtgen form Co kısmi elastan	3							-,092		
S24Ç12 PP kısmi elastan								-,092		
En boy çizgi PES kısmi elastan	3							-,087		
En boy çizgi PP kısmi elastan	3								-,073	
S24Ç12 PES kısmi elastan	3								-,067	-,067
En boy çizgi PP	3									-,065
En boy çizgi PES	3									-,060
p değeri		1,000	1,000	,142	,126	1,000	1,000	,264	,158	,120

EK 7.3. Gramaj değerleri için Duncan sonuçları

Kumaş tipi	N	Alt grup $\alpha = 0.05$										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
S24Ç12 PP kısmi elastan	3	736,31										
S24Ç12 PA 6 kısmi elastan	3		799,91									
S12Ç12 Co	3			895,83								
En boy çizgi Co kısmi elastan	3				1078,75							
En boy çizgi PA 6	3					1105,46						
En boy çizgi PP	3					1120,00	1120,00					
S24Ç12 PES kısmi elastan	3						1132,53					
En boy çizgi PA6 kısmi elastan	3							1280,46				
En boy çizgi PES kısmi elastan	3							1283,95				
En boy çizgi PP kısmi elastan	3							1296,45				
En boy çizgi PES	3								1362,16			
S12Ç12 PP	3									1544,51		
S12Ç12 PA 6	3										1812,50	
Dikdörtgen form Co kısmi elastan	3											1912,70
p değeri		1,000	1,000	1,000	1,000	,085	,136	,073	1,000	1,000	1,000	1,000

EK 7.4. Kalınlık değerleri için Duncan sonuçları

Kumaş tipi	N	Alt grup $\alpha = 0.05$									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S1212 Co	3	3,50									
S2412 PES kısmi elastan	3		6,04								
S2412 PA 6 kısmi elastan	3		6,59	6,59							
Dikdörtgen form Co kısmi elastan	3			6,97	6,97						
S2412 PP kısmi elastan	3				7,34						
En boy izgi PP	3					7,94					
En boy izgi PA 6	3						8,77				
En boy izgi PP kısmi elastan	3							9,64			
En boy izgi PA6 kısmi elastan	3							9,72			
En boy izgi PES kısmi elastan	3							9,77			
En boy izgi Co kısmi elastan	3							10,23			
En boy izgi PES	3								11,27		
S1212 PA 6	3									15,12	
S1212 PP	3										15,94
p değeri		1,000	,063	,193	,204	1,000	1,000	,067	1,000	1,000	1,000

EK 7.5. Sıkıştırılma dayanımı değerleri için Duncan sonuçları

Kumaş tipi	N	Alt grup $\alpha = 0.05$									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S12Ç12 Co	3	154,25									
En boy çizgi PES	3		230,50								
En boy çizgi Co kısmi elastan	3			247,25							
En boy çizgi PP	3			259,25	259,25						
S24Ç12 PES kısmi elastan	3				262,00						
S24Ç12 PP kısmi elastan	3					278,00					
En boy çizgi PP kısmi elastan	3					278,45					
En boy çizgi PA6 kısmi elastan	3					285,96	285,96				
S24Ç12 PA 6 kısmi elastan	3						291,75				
En boy çizgi PES kısmi elastan	3						298,50				
En boy çizgi PA 6	3							327,25			
S12Ç12 PA 6	3								432,25		
S12Ç12 PP	3									474,00	
Dikdörtgen form Co kısmi elastan	3										491,50
p değeri		1,000	1,000	,061	,658	,232	,063	1,000	1,000	1,000	1,000