

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI İLETKEN İPLİKLERİN FARKLI KUMAŞ YAPILARI ALTINDA
SICAKLIK DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hande SEZGİN

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tekstil Mühendisliği Programı

OCAK 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI İLETKEN İPLİKLERİN FARKLI KUMAŞ YAPILARI ALTINDA
SICAKLIK DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hande SEZGİN
(503091821)**

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tekstil Mühendisliği Programı

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fatma KALAOĞLU
Eş Danışman: Yrd. Doç. Dr. Erhan BÖKE**

OCAK 2012

Aileme,

ÖNSÖZ

Çalışmamın planlanması, yürütülmesi ve sonuçlandırılması süresince, değerli zamanlarını bana ayırarak, bilgi ve desteklerini esirgemeyen değerli danışman hocalarım Prof. Dr. Fatma KALAOĞLU ve Yrd. Doç. Dr. Erhan BÖKE'ye teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın her sürecinde, ihtiyaç duyduğum her anda (yangın söndürme dahil) her türlü desteğini benden esirgemeyen arkadaşım Dr. Senem KURŞUN BAHADIR'a, termal kamera ölçümlerimde özveriyle bana yardımcı olan İTÜ Enerji Enstitüsü Araştırma Görevlileri Berker YURTSEVEN ve Emre ERKİN'e, el dokuma tezgahlarındaki zorlu üretim sürecinde her türlü yardımı benden esirgemeyen Hamdi DEMİRLER ve Mustafa YILDIRIM'a teşekkür ederim.

Tez yazım sürecimde her an soru yağmuruna tuttuğum sevgili oda arkadaşlarım İpek YALÇIN, Merve ÖZTÜRK ve Nuray KIZILDAĞ'a deneyimlerini benimle paylaştıkları için çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenimim süresince destek veren TÜBİTAK'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Aralık 2011

Hande Sezgin
(Tekstil Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. TEKNİK VE AKILLI TEKSTİL KAVRAMLARI.....	3
2.1 Teknik Tekstiller	3
2.2 Teknik Tekstillerden Beklenen Özellikler	4
2.2.1 Mekaniksel özellikler	5
2.2.2 Değişirme özellikleri.....	5
2.2.3 İnsan sağlığı ile ilgili özellikler.....	5
2.2.4 Koruma özelliği.....	5
2.3 Akıllı Tekstiller	6
2.3.1 Elyafın özelliği ile oluşan akıllı tekstiller	7
2.3.1.1 Kullanıcıya konfor sağlayan akıllı lifler	7
2.3.1.2 Antimikrobiyal lifler	9
2.3.1.3 Güç tutuşur lifler	10
2.3.1.4 Yüksek performanslı lifler	11
2.3.2 Bitim işlemleriyle elde edilen akıllı tekstiller	11
2.3.2.1 Antimikrobiyal bitim işlemleri.....	11
2.3.2.2 Su ve kir itici bitim işlemi.....	12
2.3.2.3 Güç tutuşur bitim işlemleri	12
2.3.2.4 Koku güzelleştirici bitim işlemi	13
3. ELEKTRONİK TEKSTİLLER.....	15
3.1 Elektronik Tekstillerin Tanımı ve Tarihçesi	15
3.2 Elektronik Tekstillerin Vizyonu	17
3.3 Elektronik Tekstillerin (E-tekstil) Üretim Yöntemleri	18
3.3.1 Elektrik akımını ileten lifler	19
3.3.2 Nihai kumaşın iletken malzemelerle kaplanması.....	21
3.3.3 Elektronik aksamların eklenmesiyle elde edilen akıllı tekstiller	22
3.3.3.1 Isıtma fonksiyonlu elektronik tekstiller	22
Isıtma fonksiyonlu e-tekstil uygulamaları.....	23
3.3.3.2 Kamufraj giysileri	24
Kamufraj giysi uygulamaları.....	24
3.3.3.3 İnsan sağlığını izlemek için kullanılan akıllı giysiler	24
İnsan sağlığında kullanılan akıllı giysi uygulamaları.....	25
3.3.3.4 Giyilebilir bilgisayarlar	29
Giyilebilir bilgisayar uygulamaları	29
3.3.3.5 Giyim dışında kullanılan elektronik tekstiller.....	30

Giyim dışında kullanılan e-tekstil uygulamaları	31
3.3.3.6 Ortam koşullarına göre renk değiştiren kumaşlar	32
Ortam koşullarına göre renk değiştiren kumaş uygulamaları	32
1. ELEKTRİKSEL İLETKENLİK	35
4.1 Elektrik	35
4.2 İletkenlik, Yarı İletkenlik ve Yalıtkanlık.....	35
4.2.1 İletkenlerin başlıca özellikleri	36
4.2.2 Yalıtkanların başlıca özellikleri	36
4.2.3 Yarı iletkenlerin başlıca özellikleri	37
4.3 İpliklerin İletkenlik Özellikleri.....	37
5.DENEYSEL ÇALIŞMA	39
5.1 Malzeme	39
5.2.1 Kumaş Üretimi	41
5.2.2 Termal kamera ile görüntüleme	43
5.2.3 TestoIRSoft programı ile termal analiz.....	46
5.3 Deneylerin Değerlendirilmesi	48
5.3.1 Ana iplik cinsine göre değerlendirme	48
5.3.2 Örgü tipine göre değerlendirme	66
5.3.3 İletken iplik cinsine göre değerlendirme	79
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	91
EKLER.....	99
ÖZGEÇMİŞ.....	115

KISALTMALAR

GPS	: Küresel Konumlama Sistemi
DC	: Doğru Akım
E-tekstil	: Elektronik Tekstiller
Tarımtek	: Tarım Tekstilleri
İnşaattek	: İnşaat Tekstilleri
Korumatek	: Koruma Tekstilleri
Pakettek	: Paketleme Tekstilleri
Tıptek	: Tıbbi Tekstiller
Evttek	: Ev Tekstilleri
Endüstritek	: Endüstri Tekstilleri
Giysitek	: Giysi Tekstilleri
Geotek	: Jeoloji Tekstilleri
Ekotek	: Ekolojik Tekstiller
Taşımatek	: Taşıma Tekstilleri
Sportek	: Spor Tekstilleri
PVA	: Polivinilalkol
PVC	: Polivinilklorür
PES	: Polyester
PTFE	: Politetrafloretillen
PPy	: Polipirol
EKG	: Elektrokardiyogram
TENS	: Elektriksel Sinir Simülasyonu
MP3	: Müzik Çalar
GTWM	: Georgia Teknik Giyilebilir Anakart
PAN	: Kişisel Alan Ağı
MIT	: Massachusetts Teknik Üniversitesi
Maks.	: Maksimum

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Akıllı tekstillerin üretim biçimlerine göre sınıflandırılması [5].....	6
Çizelge 2.2 : Ticari antimikrobiyal lifler [5].	10
Çizelge 2.3 : Yüksek performanslı liflerin özelliklerine göre gruplandırılması [5]..	11
Çizelge 5.1 : İnox ipliklerin genel özellikleri	40
Çizelge 5.2 : Gümüş ipliklerin genel özellikleri.....	41
Çizelge 5.3 : Üretilen kumaş numunelerinin özellikleri.....	42
Çizelge 5.4: Pacific 2305 DC güç kaynağının teknik özellikleri [58].....	43
Çizelge 5.5: Testo 880 Termal kameranın teknik özellikleri [59].....	45
Çizelge 5.6 : 1 ve 2 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	49
Çizelge 5.7 : 3 ve 4 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	50
Çizelge 5.8 : 5 ve 6 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	51
Çizelge 5.9 : 7 ve 8 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	52
Çizelge 5.10 : 9 ve 10 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	54
Çizelge 5.11 : 11 ve 12 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	55
Çizelge 5.12 : 13 ve 14 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	56
Çizelge 5.13 : 15 ve 16 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	57
Çizelge 5.14 : 17 ve 18 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	58
Çizelge 5.15 : 19 ve 20 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	59
Çizelge 5.16 : 21 ve 22 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	60
Çizelge 5.17 : 23 ve 24 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	62
Çizelge 5.18 : 25 ve 26 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	63
Çizelge 5.19 : 27 ve 28 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	64
Çizelge 5.20 : 29 ve 30 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	65
Çizelge 5.21: Liflerin termal iletkenlik değerleri [60].....	66
Çizelge 5.22 : 7, 11 ve 21 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	67
Çizelge 5.23 : 8, 12 ve 22 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	68
Çizelge 5.24 : 9, 13 ve 23 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	69
Çizelge 5.25 : 10, 14 ve 24 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması....	71
Çizelge 5.26 : 15 ve 25 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	72
Çizelge 5.27 : 16 ve 26 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	73
Çizelge 5.28 : 17 ve 27 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	74
Çizelge 5.29 : 18 ve 28 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	75
Çizelge 5.30 : 19 ve 29 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	76
Çizelge 5.31 : 20 ve 30 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	77
Çizelge 5.32 : 1, 3, 5, 7 ve 9 numaralı numunelerin gerilim, akım ve sıcaklık değerleri.....	79
Çizelge 5.33 : 2, 4, 6, 8 ve 10 numaralı numunelerin gerilim, akım ve sıcaklık değerleri.....	81

Çizelge 5.34 : 11, 13, 15, 17 ve 19 numaralı numunelerin gerilim, akım ve sıcaklık değerleri	83
Çizelge 5.35 : 12, 14, 16, 18 ve 20 numaralı numunelerin gerilim, akım ve sıcaklık değerleri	84
Çizelge 5.36 : 21, 23, 25, 27 ve 29 numaralı numunelerin gerilim, akım ve sıcaklık değerleri	85
Çizelge 5.37 : 22, 24, 26, 28 ve 30 numaralı numunelerin gerilim, akım ve sıcaklık değerleri	87

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Teknik tekstillerin kullanım alanlarına göre sınıflandırılması [3].....	4
Şekil 2.2 : Mikrolif ile diğer liflerin incelik açısından karşılaştırılması [7].....	7
Şekil 2.3 : Thermolite® liflerinin termal özelliklerinin diğer liflerle karşılaştırılması [5].....	8
Şekil 2.4 : CoolMax elyafının kuruma özelliğinin diğer liflere göre kıyaslanması [5]	8
Şekil 2.5 : Diaplex® kumaş ürününün kesit görünüşü [5].	9
Şekil 3.1 : E-tekstillerin ilgi alanına girdiği konular [18].....	16
Şekil 3.2 : E-tekstillerin vizyonu [23]..	18
Şekil 3.3 : Isıtma fonksiyonlu giysi örneği [34]	23
Şekil 3.4 : Kamuflaj giysi örneği [6].	25
Şekil 3.5 : Hookie Elbisesi [36].....	26
Şekil 3.6 : Bebekler için akıllı tulum [5].	26
Şekil 3.7 : Giyilebilir vücut monitörü [1].	27
Şekil 3.8 : Akıllı ceket (smart jacket) [37].	27
Şekil 3.9 : Sağlık bluzu (H-shirt) [38]	28
Şekil 3.10 : Vücuttaki (a) ve giysiyedeki (b) akupunktur noktalarının yerleri [39]...28	
Şekil 3.11 : Georgia Tek giyilebilir anakart (GTWM) [5].	29
Şekil 3.12 : Sarılma bluzu [45].....	30
Şekil 3.13 : Pon-pon lamba anahtarı (a) ve kumaş klavye (b) [50]	31
Şekil 3.14 : Divan koluna entegre edilmiş televizyon kumandası ve perdeye entegre edilmiş ışık açma-kapama düğmesi [52]	32
Şekil 3.15 : Bukalemun ceket [53].	33
Şekil 3.16 : Ortam sıcaklığına göre renk değiştiren kumaş örneği [5]	33
Şekil 5.1 : Kumaş numunelerinden örnekler..	39
Şekil 5.2 : Kullanılan iletken iplikler.....	40
Şekil 5.3 : İletken kumaş tasarımı.....	41
Şekil 5.4 : Bezayağı (a), dimi (b) ve saten (c) örgü yapıları.....	42
Şekil 5.5 : DC güç kaynağının iletken ipliklere bağlanması	44
Şekil 5.6 : DC güç kaynağı.	44
Şekil 5.7 : Deney düzeneğinin genel görüntüsü	46
Şekil 5.8 : TestoIRSoft Programı	46
Şekil 5.9 : TestoIRSoft programı ikonları..	47
Şekil 5.10 : 1 numaralı numunenin 1,9,17 ve 26V'daki termal görüntüleri.....	48
Şekil 5.11 : 1 ve 2 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği.....	50
Şekil 5.12 : Gerilim sonucu zarar görmüş kumaşların görüntüsü.	50
Şekil 5.13 : 3 ve 4 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği.....	51
Şekil 5.14 : 5 ve 6 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği.....	52
Şekil 5.15 : 7 ve 8 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği.....	53
Şekil 5.16 : 9 ve 10 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği.....	53

Şekil 5.17 : 11 ve 12 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	55
Şekil 5.18 : 13 ve 14 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	57
Şekil 5.19 : 15 ve 16 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	58
Şekil 5.20 : 17 ve 18 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	59
Şekil 5.21 : 19 ve 20 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	60
Şekil 5.22 : 21 ve 22 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	61
Şekil 5.23 : 23 ve 24 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	61
Şekil 5.24 : 25 ve 26 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	63
Şekil 5.25 : 27 ve 28 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	64
Şekil 5.26 : 29 ve 30 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	65
Şekil 5.27 : 7, 11 ve 21 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	67
Şekil 5.28 : 8, 12 ve 22 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	68
Şekil 5.29 : 9, 13 ve 23 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	70
Şekil 5.30 : 10, 14 ve 24 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	72
Şekil 5.31 : 15 ve 25 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	73
Şekil 5.32 : 16 ve 26 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	74
Şekil 5.33 : 17 ve 27 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	75
Şekil 5.34 : 18 ve 28 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	76
Şekil 5.35 : 19 ve 29 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	77
Şekil 5.36 : 20 ve 30 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	78
Şekil 5.37 : 1, 3, 5, 7 ve 9 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	80
Şekil 5.38 : 2, 4, 6, 8 ve 10 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	82
Şekil 5.39 : 11, 13, 15, 17 ve 19 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	82
Şekil 5.40 : 12, 14, 16, 18 ve 20 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	85
Şekil 5.41 : 21, 23, 25, 27 ve 29 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	86
Şekil 5.42 : 22, 24, 26, 28 ve 30 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği	86
Şekil A.1: 1 numaralı numunenin 1, 9, 17 ve 26V'daki termal görüntüleri	100
Şekil A.2: 2 numaralı numunenin 1, 9, 17 ve 26V'daki termal görüntüleri	100
Şekil A.3: 3 numaralı numunenin 1, 3, 6 ve 9V'daki termal görüntüleri	101
Şekil A.4: 4 numaralı numunenin 1, 3, 6 ve 9V'daki termal görüntüleri	101
Şekil A.5: 5 numaralı numunenin 1, 4, 7 ve 10V'daki termal görüntüleri	102
Şekil A.6: 6 numaralı numunenin 1, 4, 7 ve 11V'daki termal görüntüleri	102
Şekil A.7: 7 numaralı numunenin 1, 7, 14 ve 21V'daki termal görüntüleri	103
Şekil A.8: 8 numaralı numunenin 1, 8, 15 ve 23V'daki termal görüntüleri	103
Şekil A.9: 9 numaralı numunenin 1, 10, 20 ve 31V'daki termal görüntüleri	104
Şekil A.10: 10 numaralı numunenin 1, 10, 20 ve 31V'daki termal görüntüleri	104
Şekil A.11: 11 numaralı numunenin 1, 6, 12 ve 18V'daki termal görüntüleri	105
Şekil A.12: 12 numaralı numunenin 1, 6, 12 ve 19V'daki termal görüntüleri	105
Şekil A.13: 13 numaralı numunenin 1, 8, 15 ve 24V'daki termal görüntüleri	106
Şekil A.14: 14 numaralı numunenin 1, 10, 20 ve 27V'daki termal görüntüleri	106
Şekil A.15: 15 numaralı numunenin 1, 5, 10 ve 14V'daki termal görüntüleri	107
Şekil A.16: 16 numaralı numunenin 1, 5, 10 ve 15V'daki termal görüntüleri	107
Şekil A.17: 17 numaralı numunenin 1, 7, 13 ve 20V'daki termal görüntüleri	108
Şekil A.18: 18 numaralı numunenin 1, 6, 12 ve 18V'daki termal görüntüleri	108
Şekil A.19: 19 numaralı numunenin 1, 4, 7 ve 10V'daki termal görüntüleri	109
Şekil A.20: 20 numaralı numunenin 1, 4, 7 ve 11V'daki termal görüntüleri	109
Şekil A.21: 21 numaralı numunenin 1, 6, 12 ve 18V'daki termal görüntüleri	110
Şekil A.22: 22 numaralı numunenin 1, 6, 12 ve 18V'daki termal görüntüleri	110
Şekil A.23: 23 numaralı numunenin 1, 9, 18 ve 26V'daki termal görüntüleri	111
Şekil A.24: 24 numaralı numunenin 1, 10, 20 ve 29V'daki termal görüntüleri	111

Şekil A.25: 25 numaralı numunenin 1, 5, 10 ve 14V'daki termal görüntüleri.....	112
Şekil A.26: 26 numaralı numunenin 1, 4, 7 ve 11V'daki termal görüntüleri.....	112
Şekil A.27: 27 numaralı numunenin 1, 6, 12 ve 18V'daki termal görüntüleri.....	113
Şekil A.28: 28 numaralı numunenin 1, 5, 10 ve 14V'daki termal görüntüleri.....	113
Şekil A.29: 29 numaralı numunenin 1, 4, 7 ve 10V'daki termal görüntüleri.....	114
Şekil A.30: 30 numaralı numunenin 1, 4, 7 ve 9V'daki termal görüntüleri.....	114

FARKLI İLETKEN İPLİKLERİN FARKLI KUMAŞ YAPILARI ALTINDA SICAKLIK DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

ÖZET

Günümüzün yükselen trendi olan elektronik tekstiller, elektronik bileşenleri giysilere entegre eden tekstil emelli bilgi ve iletişim teknolojilerini içermektedir. Elektronik tekstillerde kullanılan elektronik bileşenler sensörler, aktüatörler, bataryalar, mikroişlemci, cep telefonları, mikrofonlar, mp3 çalarlar, video kameralar, bluetooth, GPS hatta uydu sistemlerinden oluşmaktadır.

Elektronik tekstillerin tarihçesine baktığımızda çıkış noktasının bugün de pek çok alanda kullanıldığı sağlık sektörü olduğu görülmektedir. Elektronik tekstillerin ilk örneği 80 yıl önce tüberküloz hastalarının açık havada kullanması için üretilmiş olan elektrikli battaniyelerdir. Zamanla teknolojinin de gelişimiyle bir asır önce insanların hayal bile edemeyeceği güneşten aldığı enerji ile giysiye entegre edilmiş cep telefonu gibi cihazları şarj edebilen, giysiyi giyen kişinin kalp atışını, vücut sıcaklığını ölçebilen, ortama göre renk değiştiren akıllı giysiler üretilmiştir ve her geçen gün yenileri üretilmektedir.

Yapılan bu çalışmada elektronik tekstillerin temelini oluşturan iletken ipliklerin artan gerilim değerlerine bağlı olarak sıcaklık davranışları incelenmiştir. Artan gerilime bağlı olarak kumaş yapısındaki iletken iplikler bir miktar sıcaklık açığa çıkarmaktadır. Ortaya çıkan sıcaklık, kullanılan iletken ipliğin çeşidine, kumaşın yapısına ve kullanılan ana ipliğin cinsine göre farklılıklar göstermektedir. Açığa çıkan sıcaklığın hem giysiyi kullanacak olan kişinin günlük yaşamında konforunu etkilememesi hem de iletken iplikle birlikte kullanılacak diğer ipliklere zarar vermemesi gerekmektedir.

Bu çalışmada farklı iletken iplikler, farklı ipliklerle birlikte farklı örgü tiplerinde dokunarak değişik dokuma kumaş yapıları elde edilmiştir. Sonrasında bu kumaşlar termal kamera ile izlenerek kumaşta her noktadaki sıcaklık değeri ve dağılımı ölçülmüştür.

Elde edilen sonuçların bundan sonra yapılacak elektronik tekstil uygulamaları için yön gösterici olması, özellikle de tasarlanacak elektronik kumaş konstrüksiyonlarında sonradan çıkabilecek konstrüksiyonu oluşturan temel ipliğin çıkan ısıdan erimesi, vücudun bölgesel olarak bu ısıdan zarar görmesi gibi sorunları baştan önlemeye yardımcı olması amaçlanmıştır.

EXAMINATION OF THE HEAT MANNER OF DIFFERENT CONDUCTIVE YARNS WITH DIFFERENT FABRIC TYPES

SUMMARY

In recent years, various novel and practical products have been emerged by the rapid development in science and technology in order to meet human demands. By textile science incorporating with electronic industry, Textile products developed are taking part in different areas including industry, military, space, medical in order to perform needing for health, protection, defense, communication and automation.

Electronic textiles, which is the rising trend of today's textile, contain information and communication technologies that integrates electronic components to textiles. Electronic components which is used for electronic textiles are composed of; sensors, actuators, batteries, microprocessors, mobile phones, microphones, mp3 players, video cameras, bluetooth, GPS and satellite systems.

Components and interconnections are a part of the fabric and thus are much less visible and, more importantly, not susceptible to becoming tangled together or snagged by the surroundings.

Consequently, e-textiles can be worn in everyday situations where currently available wearable computers would hinder the user. E-textiles also have greater flexibility in adapting to changes in the computational and sensing requirements of an application.

The field of e-textiles can be divided into two main categories:

- E-textiles with classical electronic devices such as conducting wires, integrated circuits, LEDs, and conventional batteries into garments. This is the common type of e-textile.
- E-textiles with modern electronics directly on the textile fibers. This can include either passive electronics such as pure wires, conducting textile fibers, or more advanced electronics such as transistors, diodes and solar cells. The field of embedding advanced electronic components onto textile fibers is sometimes called fibertronics.

The number and location of sensor and processing elements can be dynamically tailored to the current needs of the user and application, rather than being fixed at design time.

When we look at the history of electronic textiles it is seen that originating point is health sector which also has plenty of usage areas in e-textile sector today. Electric blanket that is produced for tuberculosis patients to use outdoors is the first example of e-textiles.

In time with the development of technology, clothes that can charge devices like mobile phones which is integrated to clothes with solar energy, clothes that measure heartbeat and body temperature of the person who is wearing it and smart textiles that change colour depending on the environment which people can not imagine a century ago and new ones are produced day by day.

Electronic textiles are used for many application. Generally, we can divide e-textiles in to eight groups according to their functions;

1. E-textiles which have Heating Function
2. Camouflage Clothing
3. E-textiles that are used in Human Health
4. Wearable Computers
5. E-textiles that are used besides Clothing
6. Fabrics Changing Colour according to Room Temperature

The fields of e-textile researches are mostly done in military and medical applications.

We can say that the most and first important example of e-textiles is “The Georgia Tech Wearable Motherboard”. The Georgia Tech Wearable Motherboard uses optical fibers to detect bullet wounds, and special sensors and interconnects to monitor the body vital signs during combat conditions

In this study, conductive yarns which are the base of e-textiles are examined. Conductive yarns in the fabric give out some heat according to rising voltage. The amount of heat differs according to type of conductive yarn and construction of fabric and the base yarn of the fabric. The given out heat must not affect the comfort of the people who wear these clothes in their daily lives and also must not give any damage to the other yarns that are used.

In this project, 30 different woven fabrics are produced. We used,

- 8 different conductive yarns,
 - ✓ 3 different silver yarn
 - ✓ 5 different inox yarn
- 2 different base yarns,
 - ✓ Cotton

- ✓ Cotton/Acrylic
- 3 different weave designs.
 - ✓ Plain
 - ✓ Twill
 - ✓ Sateen

This fabrics are woven with hand looms. A DC power supply is connected to the conductive yarn of the fabric and voltage is increased one by one and thermal photos of each voltage is taken by thermal camera. The amount of temperature at each point of the fabric and maximum temperature are determined.

With the help of TestoIRSoft software program thermal photos are examined and the best fabric construction is determined according to this results.

When the litterateur is examined, it is seen that there are many studies about electronic textiles. In these studies, conductive yarns and fabric construction of electronic textiles that affects functionality of e-textile product are investigated but it is seen that there is no study about the heat that is given out from conductive yarns.

Achieved results will guide incoming e-textile applications and mostly will help to ignore the problems that may develop afterwards like; melting of based yarn of the construction of fabric and damaging the regional parts of the body because of heat given out. And also, the heat given out from the conductive yarns of e-textile product must not affect the comfort of the wearer in his daily life.

1. GİRİŞ

Barınma, beslenme gibi giyim de insanların temel gereksinimlerinden biridir. Giyinmeye duyulan ihtiyaç eski çağlarda, insanların vücutlarını doğanın etkilerinden koruma düşüncesinden doğmuştur. Sonradan insanların güzel görünme ve dikkatleri üzerine çekme arzu ve istekleri, daha iyi ve daha güzeli arama çabaları ile artık kıyafetler sadece örtünmek amaçlı kullanılan kumaş parçaları olmaktan çıkmış nerdeyse bir statü belirleme aracı haline gelmiştir.

Teknolojinin ilerlemesi ve insanların giderek artan beklentileri artık bu kıyafetleri de yetersiz hale getirmiş, insanların duyu, hareket, iletişim, eyleme geçme, çevre koşullarına ayak uydurma gibi yaşamsal faaliyetlerine destek verecek niteliklere sahip giysilere olan ihtiyacın artmasına ve dolayısıyla “Akıllı Tekstil” kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Giyilebilir akıllı elektronik tekstiller; sıcaklık değişimi, ışık, nem gibi çevresel uyarıcıları saptayabilen, bu uyarıcılara tepki verebilen, kendini dış ortam şartlarına göre değiştirebilen, veri depolayabilen, bu verileri iletişim ve bilgi üretmek amacı ile kullanabilen malzemelerdir. Bu anlamda, insanın duyu, hareket, iletişim, eyleme geçme, çevre koşullarına ayak uydurma gibi yaşamsal faaliyetlerine destek verecek niteliklere sahip olacak akıllı teknolojiler olarak algılanırlar.

Tez konusu, elektronik tekstil yapılarının temelini oluşturan iletken ipliklerin sıcaklık davranışlarının incelenmesidir. Elektronik tekstil (E-tekstil) ürünlerinin kendilerinden beklenen fonksiyonları yerine getirebilmeleri için bir enerjiye ihtiyaçları vardır. Bu enerji genellikle giysiye entegre edilmiş olan bataryalar yardımıyla sağlanmaktadır. Bu bataryalar iletken ipliklere belirli bir gerilim uygulayarak bu ipliklerden akım geçmesini sağlar. Bu noktada sıcaklık faktörü devreye girmektedir. Üzerinden akım geçen iletken ipliğin sıcaklığı artarak etrafa ısı yaymaktadır.. Bu sıcaklık e-tekstil yapıları için çok önemlidir. Çünkü e-tekstil yapılarında kumaşın büyük bir bölümü temel bir tekstil ipliği ile üretilmekte ve konstrüksiyona göre belirli aralıklarla iletken iplik kullanılmaktadır. İletken ipliklerin

ortaya çıkardığı sıcaklığın kullanılan diğer ipliklere zarar vermemesi önemli bir etkidir. Bunun yanında, e-tekstil yapıları vücutla temas halinde olduğundan bu giysilerin fonksiyonlarını yerine getirirken kullanıcının konforunu da etkilememesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, farklı direnç değerlerine sahip iletken iplikler, dokuma yapısını oluşturan farklı temel ipliklerle farklı örgü tiplerinde dokunarak atkı yönünde iletken iplikleri bulunan dokuma kumaşlar elde edilmiştir. Daha sonra bir DC güç kaynağı yardımıyla iletken ipliklerin üzerlerinden akım geçirilerek kumaşların ulaştıkları maksimum sıcaklık değerleri termal kamera yardımıyla ölçölmüştür. Elde edilen sonuçlar dokuma tipi, temel iplik malzemesi ve iletken iplik tipinin etkisi bakımından analiz edilerek, optimum sıcaklığı verecek kumaş yapısı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Literatür incelendiğinde, elektronik tekstillerle ilgili birçok çalışma yapıldığı görölmektedir. Çalışmalarda, üretilen e-tekstil ürünlerinden beklenen elektronik fonksiyonelliği etkileyen iletken iplikleri ve kumaş yapıları araştırılmış ancak kumaş yapısındaki iletken ipliklerin ortaya çıkardığı sıcaklığın araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Yapılan bu çalışmanın sonraki e-tekstil uygulamalarına yön gösterici olması, artan gerilim ve akımdan dolayı ortaya çıkacak olan sıcaklığın önceden tahmin edilerek sonradan yapıya zarar vermesinin engellenmesi hedeflenmiştir.

2. TEKNİK VE AKILLI TEKSTİL KAVRAMLARI

2.1 Teknik Tekstiller

Teknik Tekstil kavramı, 60'lı yıllarda ortaya çıkmış; endüstriyel alanda uygulanan tekstil malzemelerini tanımlamak için kullanılmıştır. Bu terimle, giysi ve ev tekstili ürünleri dışındaki tekstil malzemeleri kastedilmiştir [1].

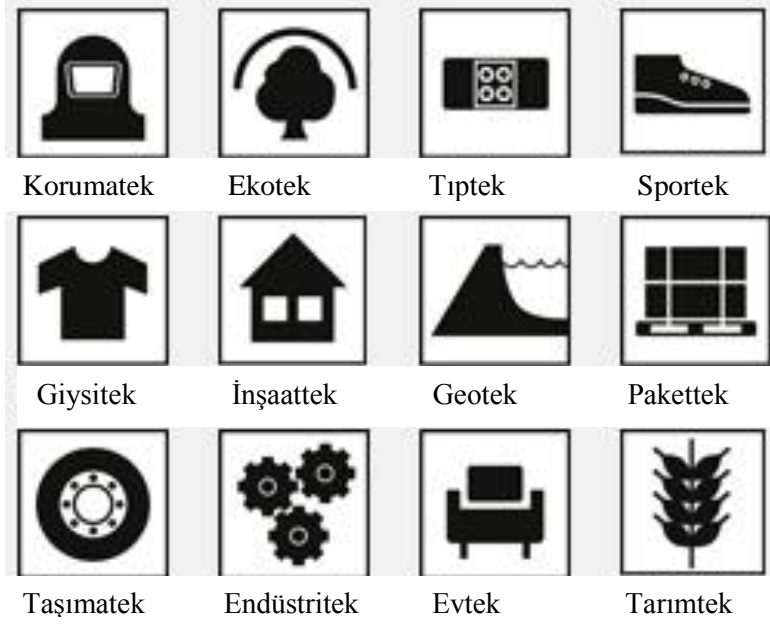
Teknik tekstil deyince “estetik ve dekoratif özelliklerinden ziyade, öncelikle teknik performansları ve fonksiyonel özellikleri için üretilen tekstil malzemeleri ve ürünleri” anlaşılmaktadır. Özel olarak tasarlanan, herhangi bir üründe veya proses dahilinde veya yalnız başına belirli bir özelliği yerine getirmek amacıyla kullanılan malzemelere “teknik tekstil” denmektedir [2].

2.1.1 Teknik tekstillerin kullanım alanları

Konveyör (taşıyıcı) bantlar, tıbbi eldivenler, balistik (kurşun geçirmez) kumaşlar, akustik izolasyon malzemeleri, roketler, otomobillerdeki hava yastıkları, antistatik tekstiller, suni çimen, tentelik kumaşlar, bandaj malzemeleri, aleve dayanıklı battaniye ve yastıklar, filtreler, yanmaz yapı malzemeleri, kimyasal koruyucu giysiler, tek kullanımlık koruyucu giysiler, kanalizasyon ve sulama sistemleri, güç tutuşur dekorasyon materyalleri ve perdeler teknik tekstillerin kullanıldığı 150 kadar nihai ürünün arasında yer almaktadır [3].

Teknik tekstiller kullanım alanlarına göre 12 ana gruba ayrılırlar. Şekil 2.1'de bu grupların dünya çapında kabul edilen sembolleri gösterilmektedir.

- 1) Zirai tekstiller (Tarımtex); Tarım, bahçivanlık, ormancılık ve su ürünlerinde kullanılan tekstiller
- 2) İnşaat tekstilleri (İnşaattek); Bina ve inşaatlarda kullanılan tekstiller
- 3) Teknik giysiler (Giysitek); Giysi ve ayakkabıların astar ve benzeri teknik bileşenleri
- 4) Jeolojik tekstiller (Geotek); Jeolojik tekstiller ile inşaat mühendisliği malzemeleri



Şekil 2.1: Teknik tekstillerin kullanım alanlarına göre sınıflandırılması [3].

- 5) Ev tekstilleri (Evtek); Mobilya, ev tekstili ve yer kaplamalarının teknik bileşenleri
- 6) Endüstriyel tekstiller (Endüstriitek); Filtrasyon, nakil, temizleme. sanayi tipi uygulamalar için tekstiller
- 7) Tıbbi tekstiller (Tıptek); Hijyenik ve tıbbi ürünler için tekstiller
- 8) Taşıt araçları için tekstiller (Taşımatek); Otomotiv, gemi, tren ve hava taşıtları için tekstiller
- 9) Ekolojik tekstiller (Ekotek); Çevre koruma amaçlı tekstiller
- 10) Ambalaj tekstilleri (Pakettek); Ambalaj malzemeleri
- 11) Koruyucu tekstiller (Korumatek); Kişisel ve mülki koruma için tekstiller
- 12) Sportif tekstiller (Sportek); Spor ve serbest (gündelik) giysiler için tekstiller [2].

2.2 Teknik Tekstillerden Beklenen Özellikler

Teknik tekstillerin çok çeşitli özellikleri bulunmaktadır. Bunlar dört ana grup altında toplanabilir:

- 1) Mekaniksel özellikler
- 2) Değişirme özellikleri

3) İnsan sağlığı ile ilgili zellikler

4) Koruma zelliği

2.2.1 Mekaniksel zellikler

Mekaniksel zellikler mukavemet, takviyelendirme ve elastikiyet olarak  başlık altında toplanır. Emniyet kemeri, hava yastığı, balistik yelek gibi ürünlerde kullanılan teknik tekstillerin yüksek mukavemetli olması gerekmektedir, helikopter pervaneleri, kayak, ak kanadı gibi malzemelerde teknik tekstillerin kuvvetlendirme işlevi görmesi beklenir. Otomotiv sanayiinden paketleme sanayiine kadar geniş bir yelpazede kullanım alanı bulunmasını elastikiyet (esneklik) sağlar.

2.2.2 Değiştirme zellikleri

Teknik tekstiller gözenekli malzemeler olmaları, ısı ve elektrik iletim ve yalıtımı gibi özellikleri sayesinde bir malzemenin durumunda değişiklik yapabilme özelliğine sahiptirler. Değiştirme zellikleri filtrasyon, izolasyon ve iletkenlik, drenaj, su geçirmezlik ve emicilik başlıkları altında toplanabilir. Katı-gaz, sıvı-sıvı ve katı-sıvı ayırımında kullanılan filtrelerde teknik tekstil kullanımı yaygındır. Uygun lif ve doku yapısı ile elektrik iletimi ve yalıtımı, ısı ve ses yalıtımı teknik tekstiller ile sağlanabilir. Yoğun ve yüksek gözenekli tekstil yüzeyleri ile filtrasyon ve erozyon kontrolü yapılabilir. Spor malzemeler, ayakkabılar için gerekli su geçirmezlik özelliği teknik tekstiller ile sağlanabilir. Hijyen, tıp ve ambalaj sektörlerinde gereken bir özelliktir.

2.2.3 İnsan sağlığı ile ilgili zellikler

Bu zellikleri; mikro organizmalara karşı koruma, anti-bakteriyel özellik, vcoda uyumlu ve biyolojik olarak bozunabilme ve ateşe karşı koruma olarak sınıflandırabiliriz.

2.2.4 Koruma zelliği

Teknik tekstiller sayesinde ısı, mekaniksel, kimyasal, biyolojik, elektriksel ve radyasyon gibi etkilerden korunmak mümkün olabilmektedir.

2.3 Akıllı Tekstiller

Akıllı tekstiller, teknik tekstiller içerisinde katma değeri en yüksek ve ileri teknoloji kullanılan alanlardan birisidir ve her geçen gün daha da popüler hale gelmektedir [4]. Akıllı tekstiller tıbbi tekstiller, koruyucu ve askeri teknik tekstiller, taşımacılık teknik tekstilleri gibi birçok alanın kapsamına giren ancak yüklendikleri işlev ve yapıları itibarıyla ayrı bir kategoride değerlendirilen bir gruptur.

Akıllı tekstiller tekstil teknolojisi ve sentetik elyaflardaki gelişmelerle birlikte malzeme bilimi, tasarım, elektronik ve bilgisayar mühendisliği, tıp gibi disiplinler arası bir çalışma sonucu ortaya çıkmıştır [5].

Normal tekstil ürünlerinin doğal atmosfer şartlarından koruma ve süsleme özelliklerine ilaveten; akıllı tekstiller, herhangi bir etkiyi veya etki değişikliğini algılama ve buna bir tepki verme özelliğine sahip tekstil ürünleridir. Eğer tekstil ürünü etkiyi veya değişikliği sadece algılıyorsa “pasif akıllı tekstil ürünü”, etkiyi veya etki değişikliğini algılayıp bir de buna tepki veriyorsa, “aktif akıllı tekstil ürünü”, algılama ve tepki verme kabiliyetiyle birlikte bu duruma adapte etme kabiliyetine sahip ise “çok akıllı tekstil ürünü” olarak sınıflandırılmaktadır [6].

Akıllı Tekstiller, üretim biçimlerine göre de üç ana sınıfta toplanabilir. Bu sınıflandırma Çizelge 2.1’de gösterilmektedir [5].

Çizelge 2.1: Akıllı tekstillerin üretim biçimlerine göre sınıflandırılması [5].

Elyafın Özelliği İle Oluşan Akıllı Tekstiller	Bitim İşlemleri İle Elde Edilen Akıllı Tekstiller	Elektronik Aksamların Eklenmesiyle Elde Edilen Akıllı Tekstiller
1.Kullanıcıya Konfor Sağlayan Akıllı Lifler - Mikrolifler - İçi Oyuk Lifler 2. Antimikrobiyal Lifler 3. Antialerjik Lifler 4. Güç Tutuşan Lifler 5. Yüksek Performanslı Lifler 6. Elektrik Akımını İleten Lifler	1. Antimikrobiyal Tekstiller 2. Küflenmez Tekstiller 3. Su ve Kir İtici Akıllı Tekstiller 4. Güç Tutuşur Tekstiller 5. Güzel Koku Yayan Tekstiller	1. Işıklı giysi 2. Katlanabilir Klavye ve Fare 3. Görünmez giysi 4. Yaşam Parametrelerini Ölçebilen Ürünler 5. Kullanıcının Yerini Belirleyebilen Ürünler 6. Müzik çalarlı giysi 7. Oda Sıcaklığına Göre Rengi Değişen Kumaşlar 8. Radyolu Kumaş 9. Sesi Bulma Özelliği Olan Kumaşlar

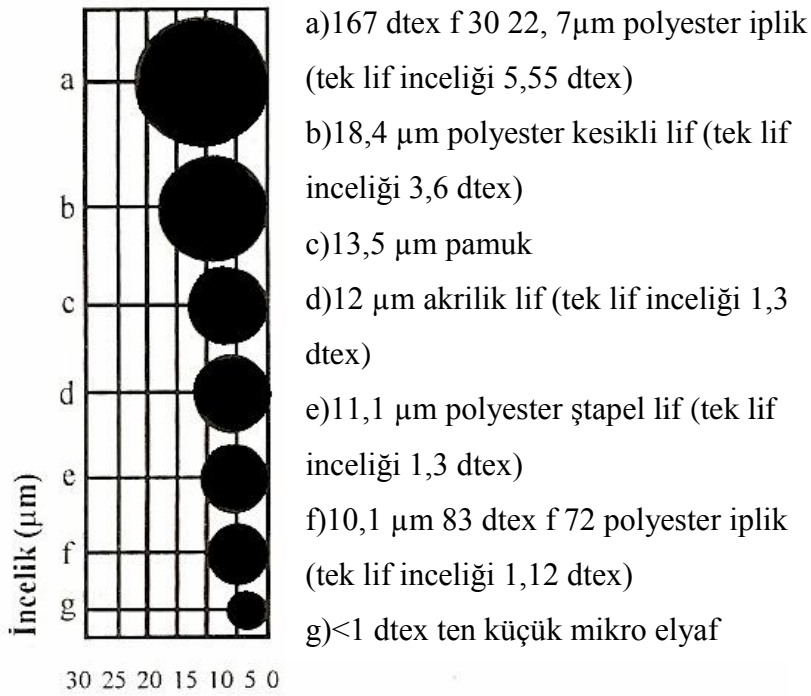
Tezin konusu kapsamında olan “ Elektrik Akımını İleten Lifler” ve “ Elektronik Aksamaların Eklenmesiyle Elde Edilen Akıllı Tekstiller”, “ Elektronik Tekstiller” adlı üçüncü bölümde ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

2.3.1 Elyafın özelliği ile oluşan akıllı tekstiller

2.3.1.1 Kullanıcıya konfor sağlayan akıllı lifler

Kullanıcıya konfor sağlayan lifleri iki ana başlık altında inceleyebiliriz. Bunlar; mikrolifler ve içi oyuk liflerdir.

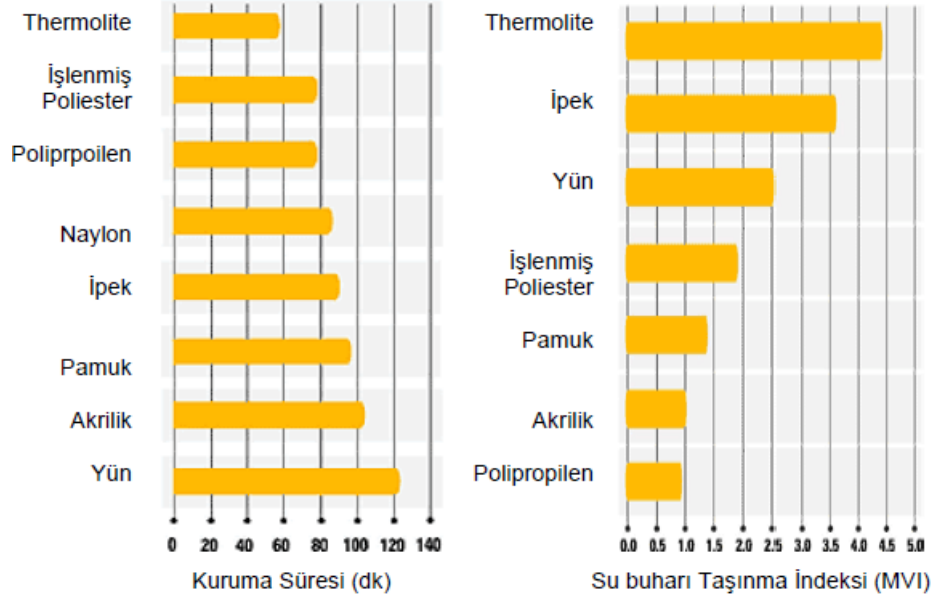
İpek doğal elyaflar içerisinde en ince olanıdır. Mikro lifler ipekten de ince olmaktadır. Genel olarak doğrusal yoğunluğu 1dtex’in altındaki lifler mikrolif olarak kabul edilmektedir. Mikroliflerde incelik kavramının anlaşılabilmesi için diğer liflerin çaplarıyla karşılaştırılmasının yapılması gerekir [7]. Şekil 2.2’de mikroliflerin diğer elyaflara göre ne kadar ince olduğu karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.2 : Mikrolif ile diğer liflerin incelik açısından karşılaştırılması [7].

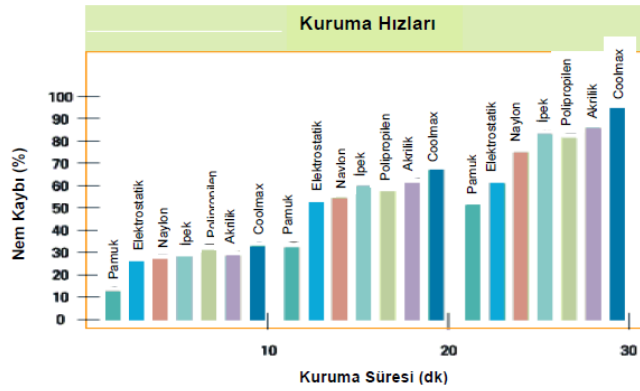
İçi Oyuk (hollow) lifler, öz kısmında suda kolayca çözünebilen PVA filamentinden, manto kısmında pamuk liflerinden oluşan özlü iplik yapılarıdır [8]. İçi boş çekirdekli lif teknolojisi hafif kumaşlarda bile en iyi ısı tutma özelliği sağlayabilmektedir. Geniş yüzey alanı sayesinde nemi hızlıca deriden kumaş yüzeyine aktararak hızlı buharlaşmayı sağlar DuPont firması tarafından geliştirilen bir çeşit polyester olan

Thermolite® lifleri, kutup ayılarının kürkünde bulunan, mükemmel bir yalıtım sağlayan, içinde binlerce küçük hava kesecikleri olan içi boş tüylerden esinlenerek üretilmiştir [5]. Thermolite lifinin termal özellikleri Şekil 2.3’de diğer liflerle karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.3: Thermolite® liflerinin termal özelliklerinin diğer liflerle karşılaştırılması [5].

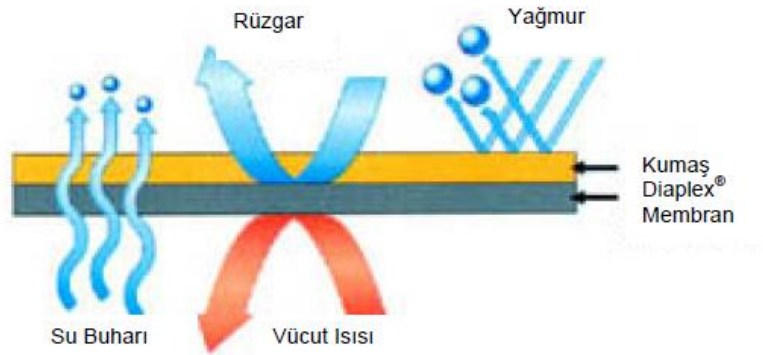
1986’da DuPont firması tarafından bir çeşit polyester lifi olarak piyasaya çıkarılan CoolMax® nemi vücuttan kolaylıkla uzaklaştırır. Şekil 2.4’de görüldüğü gibi Coolmax® elyafının kuruma özelliği diğer liflerle kıyaslandığında, 30 dk sonunda kendisine en yakın lif % 86’dan bile az kuru iken, Coolmax® % 100 kuru hale gelmiştir.



Şekil 2.4: CoolMax® elyafının kuruma özelliğinin diğer liflere göre kıyaslanması [5].

CoolMax® elyafının yüksek nem transferi, elleri kuru ve konforlu tutma, nefes alabilme, dayanım, esneklik ve yumuşaklık özelliği sayesinde golf eldiveni olarak kullanım alanı bulmuştur.

Mitsubishi tarafından geliştirilen Diaplex® ürünü sadece su geçirmeyen bir membran değil aynı zamanda su buharını geçirebilen ve ısıya duyarlı özellikleri olan yenilikçi bir üründür. Şekil 2.5’de Diaplex kumaşın özellikleri gösterilmektedir.



Şekil 2.5: Diaplex® kumaş ürününün kesit görünüşü [5].

2.3.1.2 Antimikrobiyal lifler

Antimikrobiyal ve antibakteriyel lifler genel olarak tıp alanında kullanılmaktadır. Hastaneler bakteri ve mikropların en çok bulunduğu ve hijyenin önemli olduğu yerlerdir. Cerrahlıkta ve tıpta tekstil materyallerinin uygulamaları, ameliyat ipliğinden kemik yerine geçen karmaşık bileşiklere, temizlik bezlerinden geliştirilmiş engelleyici kumaşlara kadar çok sayıda ve değişik türdedir. Bu alanlarda kullanılacak liflerin toksik, alerjik ve kanserojenik olmaması gereklidir. Ayrıca, fiziksel ve kimyasal özelliklerinde herhangi bir değişim olmaksızın sterilize edilmelidir.

Bazı sentetik polimer esaslı antimikrobiyal liflerin ticari isimleri ve üreticileri Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Antimikrobiyal liflerin kullanımı üç alt sınıfa ayrılabilir:

a) Tekstil malzemesini kullanan ya da giyen kişinin, koku çıkaran bakterilere karşı korunması ya da hastalık yapıcı ya da asalak mikroorganizmalara karşı korunması,

Çizelge 2.2: Ticari antimikrobiyal lifler [5].

Polimer	Üretici	Ticari İsim
Polyester	Trevira	Trevira Bioactive Microsafe
	Montefibre	Terital SANIWEAR
	Brilen	Bacterbril
	Dupont	Coolmac Fresh FX
Poliakril	Accordis	Amicor
	Sterling	Biofresh
Poliamid	Kaneba	Livefresh
	R-STAT	R-STAT
	Nylstar	Meryl Skinlife
Polipropilen	Asota	Asota AM Sanitary
Polivinil klorid	Rhovyl	Rhovyl's asAntibacterial
Rejenere Selüloz	Zimmer AG	Sea Cell Activated
Asetat	Novaceta	Silfresh

b) Tekstil malzemesinin, küf ve çürüme oluşturan mantarların neden olduğu biyolojik bozunmadan korunması,

c) Tekstil malzemelerinin ve bunu giyenlerin ya da kullananların zararlı böceklerden korunması.

2.3.1.3 Güç tutuşur lifler

Güç tutuşur özellikte lifler iki farklı yöntemle elde edilebilir. Bunlar;

a) Lif üretim monomerlerinden elde edilen lifin güç tutuşur özellik göstermesi; Nomex, aramid, PVC, cam, karbon gibi bazı anorganik ya da organik lifler güç

tutuşur özellik gösterirler. Bunların güç tutuşurluk özellikleri, ideale yakındır ve kesin çözümdür. Dezavantajları; az üretilirler, boyanmaları ve basılmaları zordur.

b) Sentetik liflerin daha elde edilmeleri sırasında güç tutuşurluk sağlayıcı monomerler ilave edilerek, güç tutuşur lifler elde edilebilir. Burada rejener ve sentetik elyafın modifikasyonu söz konusudur. Bunlara özel, modal veya modifiye sentetik lifler denir. Kullanılan polyester, viskon, poliamid, ve poliakril gibi liflerin üretimleri sırasında ona güç tutuşurluk özelliği verecek kimyasalların lif çekme eriyiğine veya çözeltisine ilavesi ile gerçekleştirilirler. Örneğin güç tutuşur poliester lifleri gibi [9].

2.3.1.4 Yüksek performanslı lifler

Yüksek performanslı lifler olarak isimlendirilen lifler 1980'li yılların başında ortaya çıkmışlar ve teknik tekstillerin gelişimine önemli katkıda bulunmuşlardır.

Yüksek performanslı lifler beş grup altında incelenebilir. Bu gruplar Çizelge 2.3'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.3: Yüksek performanslı liflerin özelliklerine göre gruplandırılması [5].

Özellik	Uygun Lif Tipi
Mukavemet ve Sertlik	P-aramid, cam elyafı, karbon, polietilen, inorganik ve aromatik kopolimerler
Sıcaklığa Dayanma	M-aramid, PTFE, inorganikler
Sıcaklığa Dayanma+ Mekanik Performans	Karbon, seramik
Kimyasallara Direnç	PTFE
Diğer Özel Kullanımlar	Cam elyafı (optik lif)

Yüksek performanslı lifler; koruyucu elbiseler, gemi halatları ve endüstriyel kumaşlar gibi alanlarda kullanılmaktadır.

2.3.2 Bitim işlemleriyle elde edilen akıllı tekstiller

2.3.2.1 Antimikrobiyal bitim işlemleri

Bakteri, mantar, küf gibi en önemli mikroorganizmalar, insan vücuduyla temas halinde bulunan bütün tekstil mamullerinde, sıcaklık ve nem varlığında etkili ve

hızlı bir biçimde çoğalmaları için ideal koşulları bulmaktadırlar. Pamuk gibi doğal elyaf, mikrobik üremelere sentetiklerden daha fazla maruz kalır, çünkü doğal elyafın hidrofilik gözenekli yapısı, suyu, oksijeni ve besin maddelerini tutarak bakteriyel büyüme için mükemmel bir ortam sağlar [10].

Antimikrobiyal bitim işlemlerinde tekstil ürününe çektirme, emdirme, vakumla aplikasyon, maksimum flotte aplikasyonu, aktarma, püskürtme, köpükle aplikasyon ve kaplama yöntemlerinden birinin yardımıyla antimikrobiyal maddeler aktararak mikroorganizmaların etkinlikleri durdurulmaktadır.

Antimikrobiyal apreler yüzey ile bağ yapablenler ve yapamayanlar olarak değerlendirilebilir.

Antimikrobiyal kumaşlar, son yıllarda özellikle cerrahi giysilerde, bebek giysilerinde, iç çamaşırlarında çok büyük önem kazanmışlardır. Bütün dünyada mikrobik enfeksiyon tehlikesi nedeniyle artan bir ilgi vardır.

2.3.2.2 Su ve kir itici bitim işlemi

Su iticilik apresinde kumaş yüzeyinin değil de, kumaşı oluşturan lif ve ipliklerin yüzeyinde film oluşturulması esastır. Kumaş nemi kolayca uzaklaştırdığından iyi bir ter nakli ve deri solunumu gerçekleşir, apresiz kumaştan daha kuru kullanım sağlanır [9].

Su ve kir iticilik apreleri; nanoteknoloji, floro karbon esaslı, plazma polimerizasyon teknolojisi gibi yöntemlerle sağlanabilir [11].

2.3.2.3 Güç tutuşur bitim işlemleri

Güç tutuşurluk, ateşe dayanıklılık; lif, iplik ya da kumaşların ateş kaynağı uzaklaştıktan sonra alev alma, yanma veya sönme kabiliyetleridir. Tekstil mamullerinde yanma; mamulün ısınması, makro moleküllerin parçalanması, yanıcı gazların açığa çıkması, tutuşma ve yanma şeklinde gelişir. Güç tutuşurluk apresi, liflerin ya da kumaşların güç tutuşurluk maddeleri ile işleminden geçirilmeleridir.

Güç tutuşurluk apresinde kullanılan maddeler; ya life oksijenin girmesini engelleyen koruyucu bir tabaka oluşturarak için için yanmayı önlerler. Böylece; alev oluşumu olmadan sadece bir kömürleşme meydana gelir, ya da yanmayan gazları oluştururlar.

2.3.2.4 Koku güzelleştirici bitim işlemi

Tekstil mamlnde koku güzelleştirme işleminde en çok kullanılan mikrokapsül yöntemidir. Tekstil rnlerinin albenisini arttırmak için üretim sırasında kumaş üzerine parfüm aplike edilebilir. Parfüm; uçucu yağ içerisinde bulunan bir üründür.

3. ELEKTRONİK TEKSTİLLER

3.1 Elektronik Tekstillerin Tanımı ve Tarihçesi

Akıllı tekstiller alanındaki son trendler elektroniklerle kumaşların biraraya gelmesi üzerine yoğunlaşmaktadır. Bunlara elektronik tekstiller (e-tekstiller) denilmektedir. Elektroniklerin mütevazi ve kolay bir şekilde kumaşlara entegrasyonu tamamiyle yeni bir uygulama alanı doğurmuştur [12].

Elektronik ve tekstil malzemeleri ile ilgili araştırmaların ilk aşamalarında, malzemelerin zıt karakterleri sebebiyle bu uygulamaların pratik olmayacağı düşünülmüştür. Bilimsel araştırmalarda elde edilen başarılı sonuçlarla elektronik malzemeler ile tekstil ürünlerinin entegrasyonun büyük avantajlar sağladığı görülmüştür. Özellikleri birbirinden çok farklı olan tekstil ve elektronik yapıların bir arada kullanılması sonucu ortaya çıkan interaktif tekstil malzemelerinin ilk uygulamaları askeri-güvenlik alanında ve yan ürünlerde görülmüştür [13].

İlk olarak elektroniğin tanımı ile başlarsak; elektronik, serbest elektronların etkisiyle oluşan olayları inceleyen bilim dalıdır. Elektronik, elektrik akımını geçiren, iletken, yarı iletken, üstün iletken, direnç, kondansatör, indüktans, vakum tüpleri ve nano ölçekli yapılarla imal edilen elemanların ve bu elemanların montajıyla meydana gelen cihazların geliştirilmesiyle ilgilenen mühendislik dalıdır. Doğada bulunan 109 elementten bazılarının atomlarının son yörüngelerinde bulunan eksi (-) yüklü elektronların hareketlerinden (davranışlarından) yararlanarak çeşitli donanımları yapma bilimine elektronik denir.

Elektronik tekstiller normal tekstil yapılarının elektronik sistemlerle birleşmesiyle meydana gelmektedir [14,15]. Elektronik bileşenlerin ve gelişmiş liflerin, tekstillere birleşimi malzeme ve elektronik bilimlerini bir araya getirmektedir [16]. Elektronik ve tekstil ürünlerinin birleştirilmesi 80 yıl önce doktorların, tüberküloz hastalarının açık havada uyuması için elektrikli battaniyeleri tavsiye etmesi ile başlamıştır. Günümüzün modern elektronik tekstillerinde ise iletken iplikler direk olarak kumaşa

dokunmaktadır. Elektronik tekstiller, bir elektrik devresi gibi davranış gösterebilen(çalışan) tekstillerdir. E-tekstiller aslında kumaş dokusunun içinde bir devre ya da devre elemanı meydana getirmektedirler. Bununla her türlü gerekli parça ve düzenek oluşturulabilmektedir. Örneğin bir anten, sensör ya da mekanik bir düğme yapılabilir ve bu dokumalar iletken ipliklerden üretilmektedir. Bu özelliklerinden ötürü, elektronik tekstiller (e-tekstiller), “elektronik fonksiyonelliğe ve aynı zamanda da tekstil özelliklerine sahip malzemeler” olarak tanımlanmaktadır. Günlük giysilerimiz ile bilgi teknolojilerinin buluşması 1990 yılına uzanan, bir geçmişe sahiptir [1].

E-tekstiller; Şekil 3.1’de görüldüğü gibi tekstil, elektronik ve bilgi biliminin kesiştiği potansiyel bölgede yer almaktadır [17]. Elektriksel açıdan baktığımızda, iletkenlik en önemli unsurdur. Metal, karbon veya optik lifler en çok bilinen iletkenlerdir. İleri bilgi teknolojileri bu malzemelerden işlenebilir lif ve iplik üretmek için gereklidir. Tekstil açısından baktığımızda ise, e-tekstillerin geleneksel tekstil yapılarının fiziksel özelliklerini sergileyecekleri bir şekilde dizayn edilmeleri gerekmektedir. E-tekstiller; iyi elektrik iletkenliği özelliklerini korurken aynı zamanda bükülebilir, elastik ve yıkanabilir olmalıdır [18].



Şekil 3.1: E-tekstillerin ilgi alanına girdiği konular [18].

Günlük yaşamımıza yavaş yavaş girmekte olan akıllı giysiler oluşturulurken alışık olduğumuz giysi standartlarına oturtulan kalıplardan yola çıkılmıştır. Montlar, ceketler bildiğimiz görünümüne sahiptir. Dokumalarındaki lifler, metal(özellikle gümüş) alaşımlar ve mikro çipler göze herhangi bir kumaştan farklı

görünmemektedir. Kumaşın yapısına ya da yüzeyine yerleştirilen elektronikler, tekstillerin büyük bir hızla değişim göstererek adapte olmalarına; ayrıca bükülmez, sert yüzeylerin de rahat hareket imkanı sağlamalarına olanak vermektedirler [1]. Bu sistemlerden hafiflik ve rahat kullanım özellikleri istenilmektedir [19]. E-tekstillerde kullanılan sistemlerin hafif ve mobil olmasının dışında sık yıkanmadan dolayı oluşabilecek aşınmaya karşı dirençli olması da beklenmektedir [20].

Bir elektronik tekstil ürününde geleneksel elektronik sistemlerinden farklı olarak elektriksel ve fiziksel özellikler bir arada çalışmaktadır. Bundan dolayı, e-tekstiller fiziksel kumaş ve elektronik fonksiyonları bir arada barındıran kapsamlı bir strateji ile tasarlanmalıdır [21].

3.2 Elektronik Tekstillerin Vizyonu

Elektronik tekstiller, birçok uygulamada kullanım kolaylığı sağlamaktadır çünkü kullanıcı bu ürünlerle tıpkı normal tekstil ürünleri gibi rahatça etkileşime girebilmektedir [22].

Şekil 3.2’de elektronik tekstillerin vizyonu gösterilmektedir. Görüldüğü gibi vizyonu beş ana başlık altında inceleyebiliriz. İlk olarak altyapıyı oluşturan temel kumaştan başlayabiliriz. Altyapı; malzeme, kumaşın yapısı ve üretim yöntemlerinin bir araya gelmesi ile oluşmaktadır.

E-tekstil uygulamalarını anlayabilmek için bilinmesi gereken ikinci faktör ise bağlantı teknolojisi, fiziksel veriyollarının tasarımı ve birleşimi gibi öğeleri içinde barındıran bağlantı özellikleridir.

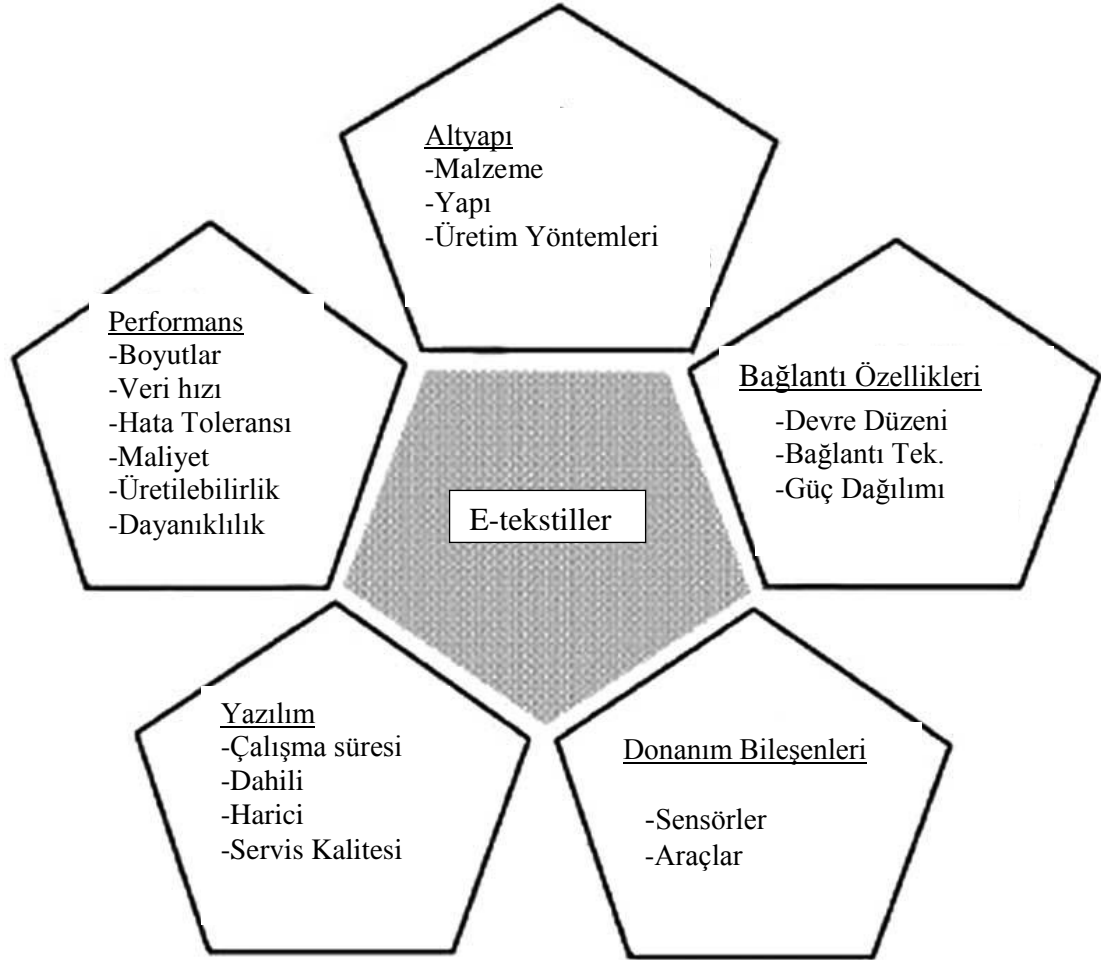
Sensörlerin, mikroçiplerin veya iletişim ve kontrol için kullanılacak diğer cihazların giysiye entegrasyonu elektronik tekstillerin kavranmasında en kritik konulardan biridir. Bu da üçüncü önemli yapıtaşları olan donanım bileşenlerinin konusuna girmektedir.

Üretim problemleri ile bağlantılı olan hata toleransları ve servis kalitesi gibi e-tekstillerin kendi içerisinde ve e-tekstillerle harici cihazlar arasında bilgi işlenmesiyle ilgili konular, bilgi kaynaklarından optimum yarar elde edilmesi için çok önemlidir. Şekil 3.2’de görüldüğü gibi bu birimler e-tekstillerin vizyonunda yazılım başlığı altında incelenmektedir.

Son olarak, fiziksel boyutlardan, maliyete, üretilebilirliğe, veri akış hızına kadar

değişebilen bir grup performans özellikleri, elektronik tekstillerin en önemli özelliklerindedir.

“Kumaş bilgisayar” paradigması, tekstil, iletişim, bilgisayar, sensör teknolojileri, askeriye, uzay bilimleri, sağlık gibi bir çok alandan bilim insanlarının ve mühendislerin bir araya gelerek çalışmalar yapabileceği büyüleyici bir araştırma alanı sunmaktadır [23].



Şekil 3.2 : E-tekstillerin vizyonu [23].

3.3 Elektronik Tekstillerin (E-tekstil) Üretim Yöntemleri

İkinci bölümde de belirtildiği gibi e-tekstiller, elektrik akımını ileten liflerin kullanılmasıyla elde edilebildiği gibi, iletken olmayan ipliklerle üretilmiş kumaşın iletken malzemelerle kaplanması veya muamele edilmesi ile de elde edilebilir.

3.3.1 Elektrik akımını ileten lifler

Tekstil endüstrisinde kullanılan sentetik lifler polimerlerden yapılmaktadır. Polimerlerin organik kombinasyonu elektrik akımının geçmesi için gerekli olan serbest elektronları saklamamaktadır. Sentetik tekstil liflerinin üretiminde kullanılan polimerin tipik özgül direnci 10^{10} ohm seviyesinden daha yüksektir. Bu durum elektriği çok iyi yalıtın bir materyale uygundur [5].

İletken lif ve iplikler, kendisi doğal olarak iletken olabilir veya sonradan iletkenlik kazandırılabilir. Elektriksel iletkenlik ya da yarı iletkenlik özelliği, liflere, farklı yöntemler ile kazandırılabilir. Bu yöntemlerden bazıları, metal levha veya bantlardan liflerin elde edilmesi, liflerin metaller, metal oksitleri veya tuzları, iletken karbon ve kendiliğinden iletken olan polimerlerle çeşitli yöntemler kullanılarak muamele edilmesi olarak söylenebilir [24].

İletken lifler, demir alaşımlar, nikel, paslanmaz çelik, titanyum, alüminyum, bakır, gümüş gibi elektriksel olarak iletken metallerden üretilebilmektedir. Metal lifler, çapları yaklaşık 1-80 mikron (μm) arasında değişen çok ince metal filamentler halinde veya kesikli lifler halinde üretilebilmektedir. Metalik lifler, genellikle, liflerin demet halinde çekim işlemi veya ince metal levhanın kenarlarının traşlanması ile elde edilmektedir.

Yüksek iletkenliğe sahip metalik lifler, diğer çoğu tekstil lifine göre daha ağır ve kırılğan olduğundan başka liflerle homojen karışım yapılması ve iplik üretim işlemleri sırasında zamanla makinaya zarar vermelerinden dolayı (aşınma ile) bilinen iplik eğirme makinelerinde üretilmeleri zordur, dolayısıyla üretimleri de daha maliyetlidir. İletken olmayan lif bantları ile metal bantlarının harmanlanması yüksek iletkenlikte ($10^5 \times \text{cm}$)⁻¹ karışımlar elde edilmesini sağlayabilmektedir. Sentetik ve doğal liflerin metaller ile harmanlanması özellikle kısa şapeli eğirme işlemlerinde başarılı şekilde gerçekleştirilmektedir. Ancak metal lif içeren iplikler ile metal lif içermeyen ipliklerin mukavemetleri arasındaki farklılık tekstil ürününü olumsuz etkilemektedir.

İletken karışım iplikler içeren tekstil ürünleri, elektromanyetik koruma amaçlı giysilerde, mobilyalar için kullanılan statik elektriklenmeyi azaltıcı/engelleme kumaşlarda, yeraltı çalışmaları için özel tekstil filtreleri gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Oluşturulan iletken ipliklerin esnek ve yıkanmaya uygun olması

üretilen kumaşların kullanım süresince, sıradan tekstil kumaşı görünümü ve rahatlığı vermesi çok önemlidir.

Elektriksel iletken lif, iplik ve kumaşlar, ayrıca tekstil malzemesinin metal, metal oksitleri ve metal tuzları ile kaplanması ile de elde edilebilmektedir. Kimyasal kaplama ve yüksek konsantrasyonlu reçine içerisindeki metalik parçacıklarla muamele etme ticari olarak da iletken lif elde etmek amacıyla kullanılmakta olan yöntemlerdir. Yarı iletken metal oksitler hemen hemen renksizdir ve lif yüzeyine gömülebilmekte, bikomponent liflere katılabilmekte veya tekstil malzemesinin yüzeyine kimyasal olarak muamele edilebilmektedir. İletken kaplamalar, kullandıkları taşıyıcı tabakanın (tekstil malzemesinin) özelliklerini değiştirmeden onları elektriksel iletken malzemelere çevirebilmektedir. Kaplama işlemi, elektriksiz kaplama, buharlaştırma ile biriktirme, püskürtme, iletken polimer ile kaplama, lifleri doldurma ve karbonlaştırma gibi yöntemlerle, lif, iplik veya kumaşlara uygulanabilmektedir.

Metalik tuzlarla kaplama işlemi, antistatik performans gerektiren halı endüstrisinde kullanılmaktadır. Çeşitli doğal ve sentetik liflere uygulanabilmektedir ($10^{-6} - 10^{-1} \text{ [cm]}^{-1}$). Bunun yanında, galvanik kaplamalar oldukça yüksek iletkenlik ($>10^4 \text{ [cm]}^{-1}$) sağlamaktadır. Lifler bir galvanik işleme tabi tutulur ve bir metal film ile kaplanır. Teorik olarak kontrol edilebilir sonuçlar verebilmesine rağmen, bu metodun zaten elektriği ileten liflere ihtiyaç duyması asıl dezavantajıdır. Böylece onun uygulaması esas olarak karbon ve grafit lifleri ile sınırlıdır [5]. Üretimin maliyetli ve karmaşık olmasından dolayı galvanik kaplamalar genelde tekstil endüstrisi için kullanılmaz.

Elektriksiz kaplama yöntemi, bir tekstil malzemesinin, içinde kimyasal reaksiyonların olduğu kaplama çözeltisi içerisine daldırılması işlemine dayanır. Tekstillerin nikel veya bakır ile kaplanması bu yolla gerçekleştirilebilir. Bu yöntemle düzgün ve elektriksel olarak iletken kaplamalar elde edilebilmektedir ancak maliyeti yüksektir.

Buharlaştırma ile biriktirme işleminde, tekstil yüzeyinde, bakır, gümüş veya altın olan metal, işlem süresince giderek yoğunlaşarak bir kaplama oluşturur. Bu işlem çeşitli kalınlıklarda ve iletkenlikte kaplamalar oluşturmakta kullanılabilmektedir.

Püskürtme ile kaplama yönteminde, kaplama malzemesi, tek atomlar halinde tekstil malzemesi üzerine fırlatılmakta ve çok ince ve düzgün bir kaplama tabakası meydana

getirilmektedir. Ancak buharlaştırarak kaplama yöntemi ile karşılaştırıldığında hızı çok düşüktür ve maliyeti de daha yüksektir.

Vakum sprey yöntemi, ucuz bir yöntemdir ve yüksek iletkenliğe ($\sim 10^4$ [x cm]⁻¹) sahip metal kaplı lifler üretilmektedir. Ayrıca metal ve tekstil arasında iyi bir yapışma olmaması, yüksek iletkenlik sağlanmasını güçleştirmektedir.

3.3.2 Nihai kumaşın iletken malzemelerle kaplanması

Bu yöntemde, liflere herhangi bir ön modifikasyon yapılmaksızın kumaş yapısına doğrudan müdahale edilerek elektriği iletken kumaş üretimi sağlanmaktadır. Bunların bazıları aşağıda açıklanmaktadır:

a. Kumaşlara antistatik maddelerin emdirilmesi: Üretim işleminin sonuna yaklaşan kumaşa antistatik maddeler (çoğunlukla karbon dolgulu reçineler) emdirilir. Sonuçta elektriği ileten materyaller elde edilir, ancak elektriksel özellikler kararlı değildir ve iletkenlik yeterince yüksek değildir.

b. Kumaşların ve dokusuz yüzeylerin iletken maddelerle kaplanması: Denemeler iletken polimerler ve çoğunlukla da polipirol (PPy) kullanılarak yapılmıştır. Bu metot tatmin edici sonuçlar vermekle birlikte bu aynı zamanda birçok dezavantajlar ortaya çıkarmaktadır. Bu metodun belirtilmesi gereken olumlu yönlerinden bazıları şunlardır:

- Elektrik iletkenliği çok hassas olarak kontrol edilebilmektedir,
- Elektriği ileten materyallerin üretimi çok karmaşık değildir,
- Tek bir işlem safhası ilave edilmektedir.

Bazı araştırmacılar çalışmalarını mevcut elektriği ileten polimerleri kullanarak iletken lifler üretimi üzerinde odaklanmıştır. Polianilin, polyamid-11 ve polivinil alkol vs. gibi materyaller ilginç elektriksel özelliklere sahiptir ve tekstil liflerinin üretiminde kullanılmaktadır. Bununla birlikte bu tür liflerin esnekliğinin sınırlı olması onların genel uygulamalarda kullanımını kısıtlamaktadır. Ara çözüm olarak iki yapı materyalinin özelliklerini birleştirmek için iletken polimerler ile yaygın tekstil liflerinden yapılmış lif harmanları önerilmektedir.

Benzer bakış açısıyla iletken metalik lifler ile tipik yalıtkan tekstil liflerini karıştırmak suretiyle yapılan çalışmalar vardır. Bakır, gümüş veya paslanmaz çelik

lifler bile kullanılmıştır. Bu metot tipik sentetik lifler ile ince metalik liflerin karıştırılmasını gerektirmektedir. Hem ince metalik liflerin üretimi ve hem de onların işlenmesi birçok zorluklar çıkarmaktadır. Üretilen materyaller çok az esnektir ve ağırlıkları fazladır [5].

3.3.3 Elektronik aksamaların eklenmesiyle elde edilen akıllı tekstiller

Mobil ve her yerde bulunan programlama araçları, hayatımızı şiddetli bir şekilde değiştirmeye ve daha işlevli programlama araçlarına artan bir talep olmasına yol açmaktadır. Ancak, bu elektronik araçlar hem ağırdır hem de cepte saklanmaları güvenli değildir. Genel olarak insanlar bu pahalı elektronikleri kaybetmekten korkarlar. Elektronik tekstiller bu probleme bir çözüm sunmaktadır. E-tekstil teknolojisi işe yapılmış akıllı kıyafetler, elektronik bileşenler için yeterli alan veya tekstil tabakaları sağlamaktadır. E-tekstiller sağlık, askeriye, iletişim gibi bir çok araştırma alanında ilgi kazanmaktadır [25-27].

Hissedebilen, adabte olabilen ve iletişim kurabilen tekstiller gibi kabul görmüş hedeflere ulaşabilmek için disiplinler arası bir çalışmaya gerek olduğu aşikardır. Uygulamalar daha çok sağlık ve koruma amaçlı kıyafet sektörlerine kaydıkça, giyilebilir e-tekstil sistemleri gelişmeye başlamıştır. Giysiler, fonksiyonelliklerini arttırmak için ilave bileşenlerle donatılmaktadır. Bu bileşenler; sensörler, uygulayıcılar, güç kaynakları, veri aktarımı ve veri işletim sistemleridir [28,29].

Elektronik aksamaların giysilere entegrasyonunun bir çok avantajı vardır. Elektronik tekstil uygulamalarının çoğu çok katmanlı sistemlerden oluşmaktadır. Ciltle temas halinde bir iç katman ve elektronik aksamaları içeren bir dış katman vardır [30]. Örneğin, insan vücudu ile temas eden ara yüzey doğal tekstil liflerinden oluşmaktadır, böylece kullanıcıya rahatlık sağlamaktadır. Bu kumaşlar esnektir ve insan vücuduna tam olarak oturmaktadır. Ayrıca, sensörlerin bir profesyonel tarafından giysiye yerleştirilmesi işini ortadan kaldırmaktadır [31].

Elektronik aksamaların eklenmesi ile elde edilen akıllı tekstilleri 9 ana başlık altında inceleyebiliriz.

3.3.3.1 Isıtma fonksiyonlu elektronik tekstiller

Isı yalıtımı sağlayan giysi kavramından bahsedilen yerlerde genel olarak birden fazla tekstil materyalinin katmanlar halinde bir araya getirilmesi algılanmış ve bu şekilde

vücut ile dış ortam arasında tampon bir bölge oluşturularak uygun bir sıcaklık farkının elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu tür bir çözüm pasif yapı olarak adlandırılabilir. Bu tür yapıya alternatif olarak geliştirilebilecek diğer bir düşünce de aktif korunma sağlayan giysi konstrüksiyonlarının sağlanmasıdır. Bu tür aktif ve akıllı giysilerin bir örneği de metabolizma veya iklim şartlarındaki değişimlere cevap verebilecek şekilde dizayn edilen ısıtmalı giysilerdir.

Bu giysiler günlük hayatta en çok kullanım potansiyeline sahip ürünlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Medikal uygulamaların dışında askerler, doğa sporcuları, güvenlik görevlileri, kırsal bölge çalışanları gibi dış ortamda çalışan kişiler için geliştirilmiştir [32].

Isıtma fonksiyonuna sahip akıllı giysilerde kıyafet içerisine yerleştirilen ısıtma kaynağı-ısıtıcı yapılar yardımıyla yeterli termal ortam oluşturularak kullanıcının dış ortamdaki etkilenmemesi hedeflenmektedir.

Isıtma fonksiyonlu e-tekstil uygulamaları

Ozan Kayacan, Ender Bulgun ve Özge Şahin'in ısıtmalı giysi tasarımında çelik esaslı kumaş panellerinin uygulanması çalışması ısıtma fonksiyonlu e-tekstillere örnek olarak verilebilir. Şekil 3.3'de görüldüğü gibi bu tasarımda ısıtıcı paneller kullanıcının karın bölgesine yerleştirilmiştir.



Şekil 3.3: Isıtma fonksiyonlu giysi örneği [34].

İnsan vücudu incelendiğinde ısıtma fonksiyonu tam olarak ana kan damarlarına uygulandığında, dolaşan kanın vücudun büyük bir kısmına bu ısıyı taşıyacağı bilinmektedir. Özellikle göğüs bölgesi ısıyı vücudun diğer kısımlarına dağıtmak için çok uygun bir bölgedir. Ayrıca, vücudun arka kısmında sırt ve bel, ön kısmında ise karın bölgesi en uygun bölgeler arasındadır [33,34].

3.3.3.2 Kamuflaj giysileri

Kumaş içine tutturulmuş iletken elyaf sayesinde ısıtılıp soğutuldukça termokromatik mürekkeplerinin renk değiştirdiği kumaşlar üretilmektedir. Tekstil materyallerinin böyle bir özelliği, etrafındaki baskın renklere devamlı adaptasyonu sayesinde kullanıcılarının varlığının görülmemesini sağlamaktadır. Bu giysiler daha çok askeriye de kullanılmaktadır. Kamuflaj giysisi sayesinde asker kıyafet değiştirmeden, giysisi bulunduğu ortama göre renk değiştirip ortama uyum sağlamak ve askeri kamufle etmektedir.

Bulduğu ortama göre renk değiştiren giysilerin yanı sıra görünmez giysiler üzerinde de çalışılmaktadır. Giysideki sensörler, öndeki görüntüyü, arka kısma; arkadaki görüntüyü ise önyüze yansıtarak kişinin başka insanlar tarafından görünmezmiş gibi algılanmasını sağlamaktadır.

Kamuflaj giysi uygulamaları

Japonya'daki Tokyo Üniversitesi profesörü Susumu Tachi tarafından geliştirilen akıllı giysi, gerçekte optik kamuflaj adı verilen bir yanılsama (illüzyon) teknolojisine dayanmaktadır. Çalışmada, buluşun erken safhalarında olduklarını gelecekte kamuflajlı objeleri tamamen görünmez kılacaklarını belirtmiştir. Şekil 3.4'de görüldüğü gibi geliştirilen akıllı giysi, tam olarak görünmezlik sağlamasa da arkasındaki obje ve kişilerin görünmesini sağlayacak kadar şeffaf bir görüntü oluşmasını mümkün kılmıştır [1].

3.3.3.3 İnsan sağlığını izlemek için kullanılan akıllı giysiler

Giyilebilen ve kablosuz bilgi aktarımı alanlarındaki ilerlemelerin birleşmesi ile geliştirilen akıllı tişörtler, kişisel sağlık ve yaşam tarzı bilgilerini elverişli bir biçimde toplama, iletme ve analiz etme olanağı tanımaktadır.

Bu giysiler örneğin; hastaların kalp atışlarını, vücut sıcaklıklarını her an izleyip doktora düzenli raporlar vermekte, askerler vuruldukları zaman merminin vücudun

tam olarak neresinde olduğunu algılayıp gerekirse bu bölgeye ilk yardım yapabilmektedirler.



Şekil 3.4: Kamuflaj giysi örneği[6].

İnsan sağlığında kullanılan akıllı giysi uygulamaları

Virjinya Teknik Üniversitesi'nde Mark Jones ve Tom Martin tarafından geliştirilmiş olan Hokie (Virjinya Teknik Üniversitesi'nin maskotu) Elbisesi insan sağlığında kullanılan e-tekstillere güzel bir örnek oluşturmaktadır.

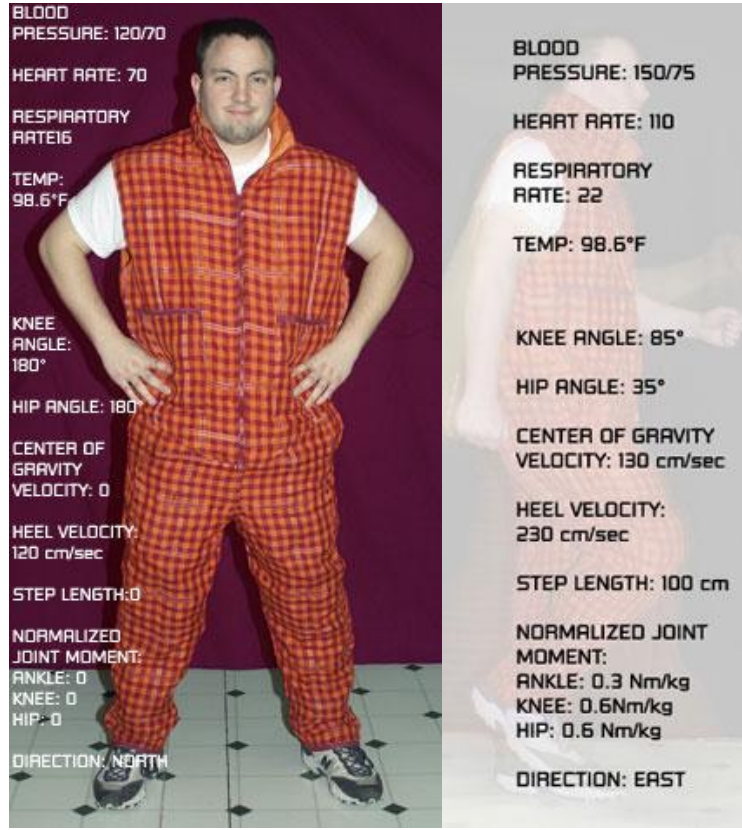
Hokie Elbisesi pantolonlar , kullanıcının yürür pozisyonundaki ayak hareketleri ve topuk basıncını izlemek için hız ölçer (hareket sensörleri) ve pizoelektrik araçları (basınç ölçerler) ile donatılmıştır.

Kullanıcının nasıl hareket ettiğini bilmek Hokie Elbisesi'nin diğer fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için çok önemlidir. Grup, kullanıcının kalp atışı, kan basıncı, vücut sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve basıncını ölçebilen bir yelek üzerinde çalışmaktadır.

Hokie Elbisesi'nin en önemli özelliği doktora sadece o günkü sağlık durumu ile ilgili bilgi vermesi değil, kalp atışı, kan basıncı gibi değişimlerin kullanıcının hangi aktivitesi sırasında olduğunu da belirtmesidir [35].

Şekil 3.5'de Hokie Elbisesi'ni giyen bir kişinin durur ve yürür pozisyonlardaki kan basıncı, kalp atışı, vücut sıcaklığı, diz ve kalça açıları, hızı gibi değerler

gösterilmiştir [36].



Şekil 3.5: Hookie Elbisesi [36].

Her yıl binlerce uyuyan bebeğin ölümüne neden olan ani bebek ölümü sendromunun önüne geçebilmek için bebeğin soluk alması durduğunda, kalp atım sayısında ya da vücut ısısında beklenmedik bir değişiklik olduğunda, ebeveynleri haberdar eden giysiler de geliştirilmiştir (Şekil 3.6). Giysi ebeveynin bilgisayarı ile kablosuz iletişim kurabilmektedir. Bebeğin nefes alıp vermesi durduğunda giysi bir alarm göndermektedir [5].



Şekil 3.6: Bebekler için akıllı tulum [5].

Body Medya Araştırma Grubu tarafından 2004 yılında tasarlanan giyilebilir vücut monitörü, çok sensörlü iletken liflerden dokunmuştur. Şekil 3.7’de görüldüğü gibi yapışkan bant gibi vücuda tutturulan bu cihaz, cilde duyarlı tekstilden yapılmıştır. Monitör, fizyolojik verileri toplayıp, değerlendirip kaydetmektedir. Daha sonra bu bilgiler, bir doktora göstermek üzere bilgisayara aktarılabilir [1].



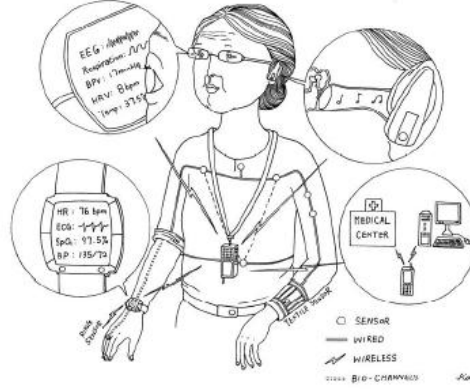
Şekil 3.7: Giyilebilir vücut monitörü [1].

Bir diğer örnek ise Şekil 3.8’deki Akıllı Ceket (The Smart Jacket)’tir. Bu ceket küvezdeki yenidoğan bebeğin hayati fonksiyonlarını devamlı görüntülemek için tasarlanmıştır. Hem ebeveyn hem de hastane personeline yeterli geri bildirimler sağlamaktadır. Yıkınamayan parçalarının rahatlıkla ayrılabilmesi büyük kolaylık sağlamaktadır. Aynı zamanda bebeklerde kullanıldığı için sevimli, eğlenceli bir görüntüsü olması ürünü daha da çekici hale getirmiştir [37].



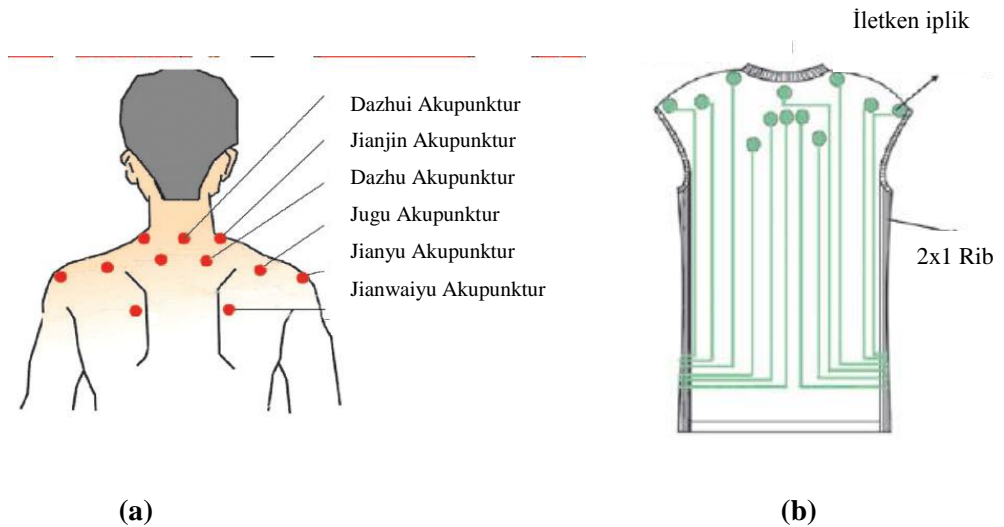
Şekil 3.8: Akıllı ceket (smart jacket) [37].

Şekil 3.9’da gösterilen sağlık bluzu (h-shirt), eş zamanlı olarak elektrokardiyogram (EKG) ve vücuttaki kan seviyesini ölçmekte ve bunları kullanarak kan basıncını hesaplamaktadır. EKG iki bilekten, ön kola yerleştirilmiş elektrotlar yardımıyla ölçülmektedir [38].



Şekil 3.9: Sağlık bluzu (H-shirt) [38].

Li ve arkadaşları deri içerisinden elektriksel sinir simülasyonu (TENS) ile bir giyilebilir elektronik giysi tasarlamıştır. Bu giysi vücuttaki çeşitli ağrı ve hastalıkların tedavisinde Çin akupunktur tedavi methodunu kullanmaktadır. Şekil 3.10’da görüldüğü gibi altı tane akupunktur noktası vardır. Omuz ve boyun ağrılarının tedavisi için TENS giysi tasarımında bu noktalar baz alınarak çalışılmıştır. Şekil 3.10’da akupunktur tişörtünün tasarımını göstermektedir. Tişörtteki yeşil noktalar boyun ve omuz bölgesindeki akupunktur noktalarıdır. Bu tişörtte intarsia örgü tekniğiyle iletken iplikler gizlenmektedir ve daha estetik bir görüntü elde edilmektedir [39].



Şekil 3.10: Vücuttaki (a) ve giysiyedeki (b) akupunktur noktalarının yerleri [39].

3.3.3.4 Giyilebilir bilgisayarlar

Günümüzde , bilgileri kaydetme, depolama, başkalarına gönderme ve görüntüleme gibi özelliklere sahip giysiler üretilmeye başlamıştır [40].

MP3, radyo çalabilen, kayıt yapabilen, mikrofonu olan ve cep telefonu fonksiyonu olan giysiler geliştirilmiştir.

Yeni nesil giyilebilir bilgisayarlar, kullanıcının duyularını, hislerini artırabilmekte, gerçeğe bakış açısının geliştirebilmekte ve bilgilerin, kullanıcının istediği yerde ve zamanda kullanılmasını sağlamaktadır [6].

Giyilebilir bilgisayar uygulamaları

Şekil 3.11’de gösterilen Georgia Teknik Giyilebilir Anakart (GTWM) savaş anında yaralı askerin yarasının durumunu belirlemek ve bu bilgiyi iletmek için kullanılmaktadır. Bu giysideki ara bağlantılar merminin askerin vücudundaki yerini belirlemektedir. GTWM, cihazların kullanıcı tarafından taşındığı etkileşim ve bilgi paylaşımı yapılabilen bir kişisel alan ağı (PAN) olarak kullanılabilir [41-44].



Şekil 3.11: Georgia Teknik giyilebilir anakart (GTWM) [5].

Giyilebilir bilgisayarlara örnek olarak verilebilecek bir diğer uygulama da Şekil 3.12’deki Sarılma Bluzu (Hug Shirt)’dür. Sarılma bluzu sensörler ve uygulayıcılarla donatılmıştır. Sensörler dokunmanın sürekliliği ve gücünü, göndericinin vücut sıcaklığı ve kalp hızını ölçerken, uygulayıcılar alıcı bluzda bu algıların yeniden oluşmasını sağlamaktadır. Sistem bluetooth aracılığıyla çalışmaktadır. Cep telefonu sarılma datasını bluetooth aracılığıyla alarak başka bir bluzaya yollamaktadır. Bu giysideki elektroniklerin tellerden ziyade iletken iplik ve kumaşlar kullanılarak

giysiye iliştirilmiş olması hem kullanım kolaylığı hem de yıkanabilirlik sağlamaktadır [45].



Şekil 3.12: Sarılma bluzu [45].

3.3.3.5 Giyim dışında kullanılan elektronik tekstiller

Klavyeler, uzaktan kumandalar, interaktif konsollar genellikle esnek olmayan, rijit, katlanamayan bir yapıya sahiptirler. Ama artık arabirim olarak kullanılan cihazlar tekstil yapılarından üretilebilmektedir. Yani arabirim olan cihazlar artık katlanabilir, esneyebilir bir yapıya kavuşmuşlardır.

Bu akıllı tekstil yapıları dokunulmaya (basınca) karşı duyarlı bir yapıya sahiptirler. Başka bir deyişle bu kumaş yapısı, neresine basıldığını ve ne şiddette basıldığını (baskı uygulandığını) belirleyebilmektedir. Bu özellikleri, yapısında bulundurduğu basit elektronik parçalar (sensörler vs.) ve bir yazılım sayesinde yapabilmektedir [6].

Ayrıca bu kumaş yapıları, yıkanmaya, buruşmaya, kırışmaya, delinmeye karşı dayanıklı olup, her türlü kullanıma uygundur. Çok hafif olduğu için de taşınması kolaydır.

Diğer bir çeşit kumaş klavye ise sıra ve sütunlar oluşturacak şekilde birbirine yorgan gibi dikilmiş iletken ve yalıtkan kumaş parçalarından oluşmaktadır. İletken sütunlar, iletken sıralardan keçe, kadife gibi yumuşak ve kalın kumaşlarla izole edilmiştir. İzole eden kumaş katmanının üzerindeki delikler, basıldığında sıra ve sütunlardaki iletkenlerin birbirlerine temas etmelerine olanak sağlamaktadır. Her sıra ve sütundaki temas bir kısaçla yapılmaktadır. Her kısaç klavyenin devre sistemlerini

kodlamasını sağlayan bir kabloya lehimlenmiştir [46]. Bu klavye istenildiğinde katlanabilir, yıkanabilir ve hatta fırın eldiveni olarak bile kullanılabilir [47].

Kumaş klavyelerin kullanımı sağlık açısından da kullanıcıya avantaj sağlamaktadır. Bir çok hastalık bilindiği gibi el yoluyla bulaşır. Kumaş klavyenin hafiflik ve kolay taşınabilirlik özellikleri sayesinde ortak kullanım alanlarında insanlar kendi klavyelerini yanlarında götürüp kullanarak bu riski ortadan kaldırmaktadırlar [48].

Giyim dışında kullanılan e-tekstil uygulamaları

Maggie Orth'un ponpon lamba anahtarı giyim dışında kullanılan e-tekstillere bir örnek olarak verilebilir. Şekil 3.13'de görülen ponpon lamba anahtarındaki iletken iplik demeti sıkıştırıldığında ışık yanmaktadır [49,50].

Şekil 3.13'deki kumaş klavye Eleksen firması tarafından üretilmiştir. Su geçirmezlik, katlanabilme gibi özellikleri sayesinde rahat kullanım sağlamaktadır [51].



(a)



(b)

Şekil 3.13: Pon-pon lamba anahtarı (a) [50] ve kumaş klavye (b).

Ev veya ofislerde kullanılan tekstiller ürünleri ışık açma-kapama, sıcaklık ölçümü gibi işlemlerde kullanılabilir. Şekil 3.14'de bir divanın koluna entegre edilmiş televizyon kumandası ve bir perdeye entegre edilmiş ışık açma düğmesi görülmektedir [52].



Şekil 3.14: Divan koluna entegre edilmiş televizyon kumandası ve perdeye entegre edilmiş ışık açma-kapama düğmesi [52].

3.3.3.6 Ortam koşullarına göre renk değiştiren kumaşlar

Uzun yıllardan beri yapılan araştırma, geliştirme ve tüketici taleplerine daha iyi cevap verebilmek adına ortamın sıcaklığına bağlı olarak renk değiştiren tekstiller üretilmiştir.

Elektrotlar ve termokromik mürekkep ile donatılmış kumaşlar, oda sıcaklığındaki değişimlere tepki olarak renk değiştirebilmektedir. Duvarlardan halılara kadar her yerde kullanılabilirler.

Ortam koşullarına göre renk değiştiren kumaş uygulamaları

Ortam koşullarındaki değişime bağlı olarak renk değiştiren giysilere örnek olarak Daniel Cooper'ın tasarladığı, hava kirliliğini ölçen “Bukalemun Ceket” verilebilir. Şekil 3.15'deki ceketteki dedektörler; ortamdaki nitrojen dioksit, sülfür dioksit ve ozon miktarlarını ölçmektedir. Ölçüm sonucunda ortamdaki hava kirliliği sıfır veya az miktarda olduğunda ceket mavimsi, kirlilik seviyesi yüksek bir seviyeye geldiğinde ise turuncuya dönüşmektedir [53].

MIT tarafından geliştirilen Electric Plaid™ olarak bilinen kumaş bulunduğu ortama göre renk değiştirmektedir. Şekil 3.16'daki bu kumaş boyanmamış sert ipliklerin, elektronik bir güç sağlanan termokromik mürekkepler ile boyanması ile boyanması sonucu oluşan ipliklerin birlikte dokunması ile oluşmaktadır. Esnek olan bu kaplamalar, değişik programlar yüklenerek, elektronik kablolardan gelen ısıya göre renk değiştirilebilmektedir [5].



Şekil 3.15: Bukalemun ceket [53].



Şekil 3.16: Ortam sıcaklığına göre renk değiştiren kumaş örneği [5].

1. ELEKTRİKSEL İLETKENLİK

4.1 Elektrik

Bütün cisimler moleküllerden veya atomlardan meydana gelmektedir. Yani bir cismi parçalara ayıracak olursak sonunda o cismin özelliğini taşıyan en küçük parçanın bir molekül veya bir atom olduğunu görürüz. Atom ise merkezdeki çekirdek ve bunun etrafında süratle dönen elektronlardan oluşmaktadır.

Bazı cisimlere ait atomların dış yörüngelerinde bulunan elektronlar ısı, manyetik alan, kimyasal reaksiyon gibi bazı etkilere maruz kaldıkları zaman kolaylıkla yörüngelerinden koparak serbest hale gelirler. Bu şekilde atomdan ayrılan elektrona serbest elektron adı verilir.

İşte elektrik akımını, elektrik voltajını meydana getirerek elektrik motorlarının dönmesini, elektrik ampullerinin ışık vermesini, elektrik fırınlarının yemek pişirmesini sağlayan tamamı ile yukarıda bahsettiğimiz serbest elektronlardır ve bu serbest elektronların hareket etmesidir. Kısaca serbest elektronların elektrik akımını ve voltajını meydana getirmesine ve bunların kullanılmasına elektrik diyebiliriz [54].

Elektrik sözcüğü, asıl anlamı amber olan Yunanca kökenli “elektron” sözcüğünden gelmektedir. Tales'den sonra aradan geçen yaklaşık 2300 yıllık süre boyunca, insanoğlu elektrik olgusuyla pek ilgilenmemiştir. Sonraki çalışmalar, Stephen Gray'in 1700'lü yılların başında bazı maddelerin elektriği iletebilirken, bazılarının iletemediğini gözlemlemesiyle başlamıştır. Elektrikle ilgili çalışmalara, bugün adlarını iyi bildiğimiz pek çok bilim insanı (Coulomb, Galvani, Volta, Oersted, Ampere, Ohm, Seebeck, Faraday, Henry, Maxwell, Thomson, Tesla, vb.) katkıda bulunmuştur [55].

4.2 İletkenlik, Yarı İletkenlik ve Yalıtkanlık

Maddenin temel özelliklerden bir tanesi elektrik akımını iletebilmesi veya iletememesidir. Bu özelliğe göre maddeler iletken, yarı iletken ve yalıtkan olmak üzere üç gruba ayrılırlar.

Bilindiği gibi metallerin atomlarındaki elektron sayıları metalin cinsine göre değişir. İletken maddelerin atomlarının son yörüngelerinde dörtten az elektron bulunur. Atomlar bu elektronları sekize tamamlayamadıkları için serbest bırakırlar. Bu yüzden bir iletken maddede milyonlarca serbest elektron bulunur. Bu maddeye elektrik uygulandığında elektronlar negatif (-) 'den pozitif (+) yönüne doğru hareket etmeye başlar. Bu harekete "Elektrik Akımı" denir.

İletkenlik (σ), Ohm Yasasının (4.1) numaralı denklemi ile açıklanabilir:

$$V = IR \quad (4.1)$$

Bu formülde, R (Ω) elektriksel direnci (ohm), I (A) akımı (amper), V (V) potansiyel farkı (volt) göstermektedir.

$$J = \sigma \varepsilon \quad (4.2)$$

$$J = I/A \quad (4.3)$$

(4.2) ve (4.3) numaralı formüllerde, J akım yoğunluğu (A/cm^2), σ iletkenlik ($1/\Omega \text{ cm}$) ve ε elektrik alan kuvvetini (V/cm) belirtmektedir. İletkenlik, elektriksel direncin tersidir.

4.2.1 İletkenlerin başlıca özellikleri

- Elektrik akımını iyi iletirler.
- Atomların dış yörüngesindeki elektronlar atoma zayıf olarak bağlıdır. Isı, ışık ve elektriksel etki altında kolaylıkla atomdan ayrılırlar. Dış yörüngelerindeki elektronlara valans elektron denir.
- Metaller, bazı sıvı ve gazla iletken olarak kullanılır. Metaller, sıvı ve gazlara göre daha iyi iletkenidir. Metaller de kendi aralarında iyi iletken ve kötü iletken olarak gruplara ayrılırlar. Atomları 1 valans elektronlu olan metaller iyi iletkenidir. Örnek olarak; altın, gümüş ve bakır verilebilir. Bakır tam saf olarak elde edilemediğinden, altın ve gümüşe göre biraz daha kötü iletken olmasına rağmen, ucuz ve bol olduğundan en çok kullanılan metaldir.

4.2.2 Yalıtkanların başlıca özellikleri

- Elektrik akımını iletmeyen maddelerdir.
- Elektronları atomlarına sıkı olarak bağlıdır.

-Bu maddelerin dış yörüngedeki elektron sayıları 8 ve 8 'e yakın sayıda olduğundan atomdan uzaklaştırılmaları zor olmaktadır.

-Bunlara örnek olarak cam, mika, kağıt, kauçuk, lastik ve plastik maddeler gösterilebilir.

4.2.3 Yarı iletkenlerin başlıca özellikleri

- İletkenlik bakımından iletkenler ile yalıtkanlar arasında yer alırlar.

- Normal halde yalıtkanlardır. Ancak ısı, ışık ve manyetik etki altında bırakıldığında veya gerilim uygulandığında bir miktar valans elektronu serbest hale geçer, yani iletkenlik özelliği kazanırlar. Bu şekilde iletkenlik özelliği kazanması geçici olup, dış etki kalkınca elektronlar tekrar atomlarına dönerler.

- Tabiatta basit eleman halinde bulunduğu gibi laboratuarda bileşik eleman halinde de elde edilebilirler.

- Yarı iletkenler kristal yapıya sahiptirler. Yani atomları kübik kafes sistemi denilen belirli bir düzende sıralanmıştır.

- Bu tür yarı iletkenler, yukarıda belirtildiği gibi ısı, ışık, etkisi ve gerilim uygulanması ile belirli oranda iletken hale geçirildiği gibi, içlerine bazı özel maddeler katılarak da iletkenlikleri arttırılmaktadır.

- Germanyum ve silikon yarı iletkenlere örnek olarak verilebilir [56].

4.3 İpliklerin İletkenlik Özellikleri

Elektrik ileten iplikler;

- Güç (akım) iletiminde,
- Sensörler, vericiler ve mikro-kontrolörler arasındaki iletimlerde,
- Isıtma ve elektromanyetik koruma gibi geleneksel uygulamalarda kullanılmaktadır.

Belirli bir fonksiyonun yerine getirilmesi için uygun özellikte iletken iplik seçiminde değişik kriterler rol oynamaktadır. Bu kriterler öncelikle ürün tipi ve üretim tekniklerini esas alır. Maliyet, iletkenlik, kimyasal dayanım (neme karşı veya

yıkanmaya karşı) mekanik özellikler ve temas kabiliyeti (termal direnç) gibi özellikler iletken iplik seçimindeki temel faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır [13].

İletken iplikler için üç parametre önemlidir. Bunlar, elektriksel direnç, aşınma direnci ve elastikliklerdir. İletken ipliğin direnci uzunluğu ile doğru orantılıdır, kesit alanı ile ters orantılıdır. Aşınma direnci iletken iplik için önemlidir ve ürünün dayanıklılığı ile bağlantılıdır. Aşınma direnci ayrıca birbirine bitişik olan ipliklerde kısa devreyi önlemek için de yeterli seviyede olmalıdır. Eğer elastikiyet düşükse, iplik kolayca kırılabilir ve açık devreler oluşabilir.

Diğer bir problem de ipliğin kalınlığıdır. Kalınlık direkt olarak elektriksel direnç değeri ile alakalıdır. Kalın iplikler daha düşük dirence sahiptir ki bu pilin gücünü doğru gerilim ve elektrik sinyalleri ile gücü azalmadan yüksek iletkenlik ile taşımasını sağlamaktadır [57].

5.DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1 Malzeme

Bu çalışmada, dokuma kumaşların temel malzemesi olarak biri %100 doğal, diğeri doğal-sentetik karışımı olmak üzere 2 farklı iplik kullanılmıştır. Bunlardan ilki Şekil 5.1’de görülen beyaz renkli kumaşı oluşturan Ne 20/2 numaralı %100 pamuk ipliklidir. Diğeri ise Şekil 5.1’deki sarı renkli kumaşın dokunduğu Ne 20/2 numaralı %50 pamuk, %50 akrilikten oluşan ipliklidir.



Şekil 5.1: Kumaş numunelerinden örnekler.

Elektronik tekstil yapılarının işlevselliğini sağlayan temel unsur iletken ipliklerdir. Bu çalışmada farklı iletkenlik özelliklerine sahip gümüş, inox ve bakır iplikler kullanılmıştır. Ancak, bakır telle yapılan çalışmalarda telin dışının yalıtkan bir malzemeyle kaplı olmasından dolayı bu kaplamanın sökülmesinde problemlerle karşılaşmış ve bir numune dışında diğerlerinden akım geçirilmesi başarılamamıştır. Kullanılan iletken ipliklerin genel bir görüntüsü Şekil 5.2’de görülmektedir.



Şekil 5.2: Kullanılan iletken iplikler.

İnox iplik olarak Bekaert firmasından 3 farklı iplik alınmıştır. Bu iplikler %100 paslanmaz çelikten üretilmiş filament ipliklerdir. Bu ipliklerin numaraları ve ortalama lineer dirençleri Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1: İnox ipliklerin genel özellikleri

İplik Adı	İplik Numarası (Tex)	Ortalama Lineer Direnç (Ω/m)
VN 12/1x275/100Z	235	30
VN 12/2x275/175S	505	14
VN 14/1x90/200Z	110	70
Çelik 1	130	130
Çelik 2	526	17

Gümüş iplik olarak da 3 farklı iplik kullanılmıştır. Bu ipliklerin numaraları ve ortalama lineer dirençleri ise Çizelge 5.2’de gösterilmiştir.

Çalışmada kullanılacak olan kumaşlar, bu ipliklerle birlikte el dokuma tezgahında üretilmiştir. Daha sonra, kumaşlara DC (doğru akım) güç kaynağı ile akım uygulanarak kumaşlarda oluşan sıcaklık değişimleri Testo 880 termal kamera ile ölçülmüştür. Kameradan elde edilen termal görüntüler TestoIRSoft bilgisayar programıyla incelenmiştir.

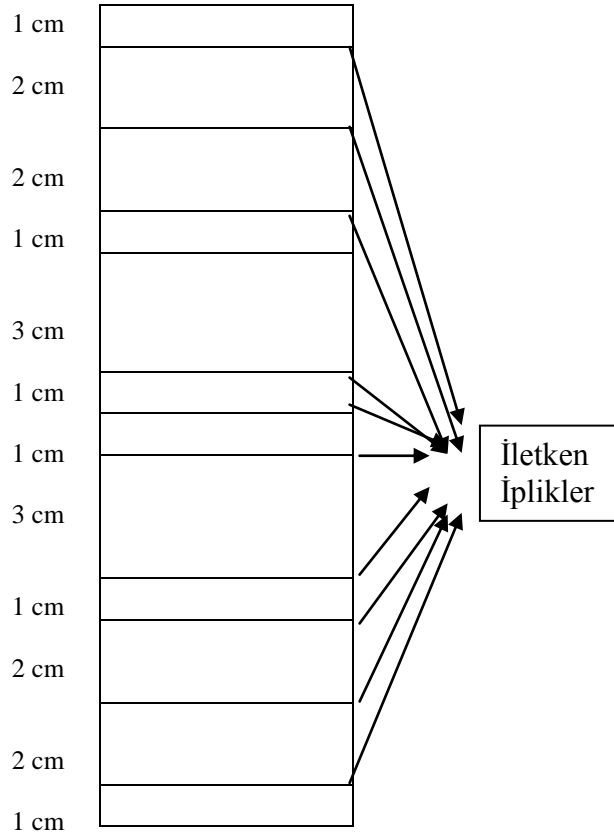
Çizelge 5.2: Gümüş ipliklerin genel özellikleri.

İplik Adı	İplik Numarası (den)	Ortalama Lineer Direnç (Ω/m)
1 numaralı iplik	30	1350
2 numaralı iplik	70	377
3 numaralı iplik	1134	50

5.2 Metod

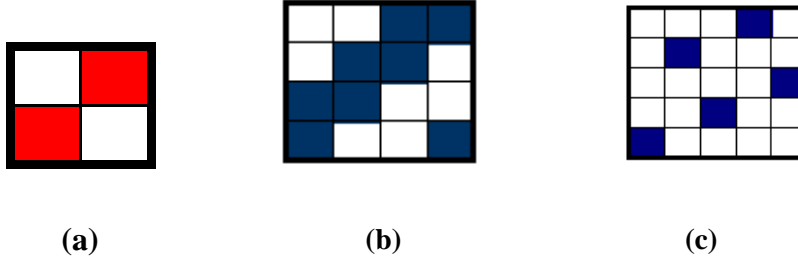
5.2.1 Kumaş Üretimi

Termal kamera ile sıcaklığı ölçülecek olan kumaşlar, iletken ipliklerin birbirlerinden belirli uzaklıklarda olacağı dokuma konstrüksiyonunda (Şekil 5.3), İTÜ Tekstil Teknolojileri ve Tasarımı Fakültesi bünyesindeki el dokuma tezgahlarında dokunmuştur.



Şekil 5.3: İletken kumaş tasarımı.

Kumaş yapısı olarak dokumanın üç temel örgüsü olan bezayağı, dimi (2/2) ve saten (5'li) kullanılmıştır. Kullanılan temel örgü yapılarının desen raporları Şekil 5.4'de gösterilmiştir.



(a) (b) (c)
Şekil 5.4: Bezayağı (a), dimi (b) ve saten (c) örgü yapıları.

Çizelge 5.3: Üretilen kumaş numunelerinin özellikleri.

Kumaş Numarası	Örgü Tipi	İletken iplik	Ana iplik
1	Bezayağı	Çelik 1	Pamuk
2	Bezayağı	Çelik 1	Pamuk/Akrilik
3	Bezayağı	Gümüş	Pamuk
4	Bezayağı	Gümüş	Pamuk/ Akrilik
5	Bezayağı	Çelik 2	Pamuk
6	Bezayağı	Çelik 2	Pamuk/ Akrilik
7	Bezayağı	Gümüş (30 den)	Pamuk
8	Bezayağı	Gümüş (30 den)	Pamuk/ Akrilik
9	Bezayağı	Gümüş (70 den)	Pamuk
10	Bezayağı	Gümüş (70 den)	Pamuk/ Akrilik
11	Dimi	Gümüş (30 den)	Pamuk
12	Dimi	Gümüş (30 den)	Pamuk/ Akrilik
13	Dimi	Gümüş (70 den)	Pamuk
14	Dimi	Gümüş (70 den)	Pamuk / Akrilik
15	Dimi	İnox (235 tex)	Pamuk
16	Dimi	İnox (235 tex)	Pamuk / Akrilik
17	Dimi	İnox (110 tex)	Pamuk
18	Dimi	İnox (110 tex)	Pamuk / Akrilik
19	Dimi	İnox (505 tex)	Pamuk
20	Dimi	İnox (505 tex)	Pamuk / Akrilik
21	Saten	Gümüş (30 den)	Pamuk
22	Saten	Gümüş (30 den)	Pamuk / Akrilik
23	Saten	Gümüş (70 den)	Pamuk
24	Saten	Gümüş (70 den)	Pamuk/ Akrilik
25	Saten	İnox (235 tex)	Pamuk
26	Saten	İnox (235 tex)	Pamuk / Akrilik
27	Saten	İnox (110 tex)	Pamuk
28	Saten	İnox (110 tex)	Pamuk / Akrilik
29	Saten	İnox (505 tex)	Pamuk
30	Saten	İnox (505 tex)	Pamuk / Akrilik

Üretilecek kumaşların hangi sıklıklarda olacağı, örgü tiplerine ve kullanılan ipliğin çapına göre Ashenhurst'un maksimum sıklık teorisi ile hesaplanmıştır. Bezayağı, dimi ve satenin çözgü ve atkı için maksimum sıklıkları 21 tel/cm, 26 tel/cm, 28 tel/cm olarak elde edilmiştir. Elde edilen kumaşların sıklıkları ise ortalama olarak bezayağı için 23 tel/cm, dimi için 26 tel/cm, saten için ise 27 tel/cm olarak ölçülmüştür.

Üretilen kumaşların özellikleri Çizelge 5.3'de gösterilmektedir.

5.2.2 Termal kamera ile görüntüleme

El dokuma tezgahlarında üretilmiş olan kumaşların sıcaklık dağılımı ve maksimum sıcaklarının ölçümü için ilk olarak kumaşın bünyesindeki iletken ipliklerden enerji geçirilmesi gerekmektedir. Bu enerji DC (doğru akım) güç kaynağından sağlanmaktadır. Çalışmada kullanılan Pacific 2305 DC Güç kaynağının teknik özellikleri Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5.4: Pacific 2305 DC güç kaynağının teknik özellikleri [58].

Pacific 2305 DC Güç Kaynağı Teknik Özellikleri			
Değişken Çıkış		Sabit Çıkış	
Çıkış Gerilimi	0~30V (kademersiz ayarlanabilir)	Çıkış Gerilimi	30V
Çıkış Akımı	0~ İstenen Akım Değeri	Çıkış Akımı	5A
Gösterge		2 adet 3½ Haneli LED Gösterge	
Gösterge Hatası		≤ 0.5% + 1 hane	
Besleme Gerilimi		220 VAC±% 10 / 50 Hz	
Çıkış Gücü		300 W	
Çalışma Sıcaklığı		0°C~40°C	
Boyutlar		120x150x270 (mm)	

Ölçüm sırasında, DC güç kaynağının artı ve eksi kutupları kısaçaklar yardımıyla Şekil 5.5'de görüldüğü gibi seçtiğimiz 2 paralel iletken ipliğe bağlanmıştır. Bu paralel iletken ipliklerin arasındaki mesafe 1cm olarak ayarlanmıştır.

Güç kaynağına bağlanmış olan ipliklere 1V'tan başlayarak, gerilim birer birer arttırılmış, ipliğin koptuğu veya kumaşın yanmaya başladığı noktaya kadar gerilim uygulanmıştır. Bu gerilime bağlı olarak iletken iplikten geçen akım da Şekil 5.6'da görüldüğü gibi DC güç kaynağının ekranından okunmaktadır.



Şekil 5.5: DC güç kaynağının iletken ipliklere bağlanması.



Şekil 5.6: DC güç kaynağı.

Güç kaynağından gerilim el ile ayarlandığında ona bağlı olarak akım değeri otomatik olarak değişmektedir. İplikten geçen akıma bağlı olarak iletken ipliğin ve dolayısıyla da kumaşın sıcaklığı artmaktadır. Bu sıcaklık artışı termal kamera ile

görüntülenmekte, kameranın sıcaklığa bağlı olan renk skalasına göre kumaşın rengi maviden kırmızı bir gökkuşağı gibi görünmektedir.

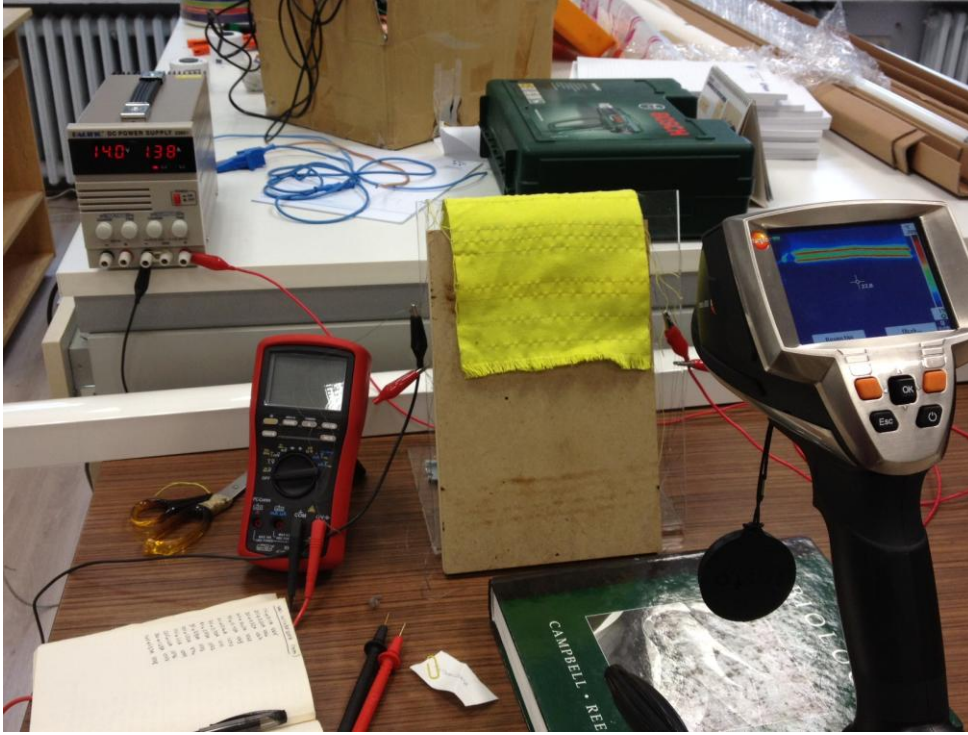
Bu çalışmada kullanılan Testo 880 Termal kameranın teknik özellikleri Çizelge 5.5'de verilmektedir.

Çizelge 5.5: Testo 880 Termal kameranın teknik özellikleri [59].

Testo 880 Termal Kamera Teknik Özellikleri	
Çalışma Sıcaklığı Aralığı	-15...+40°C
Sıcaklık Aralığı	0...+350°C
Hassasiyet	± 2°C
Minimum Ölçüm Noktası Çapı	3x3 piksel: standart 10mm (1m'de) (standart lens)
Emissivite Ayarı	Biri kullanıcı tanımlı 9 ad. Madde programlanabilir (0.01-1.0)
Renk Paleti	8 opsiyon
Çalışma Süresi	20°C'de yaklaşık 5 saat
Ölçüm Fonksiyonları	Standart ölçüm (1-nokta) , 2-noktalı ölçüm
Pil Tipi	Hızlı şarj edilebilir, Li-iyon pil, sahada değiştirilebilir.
Çıkış Voltajı	5 V

Termal kamera ile çekim yapılmadan önce makinadan emissivite değerinin ayarlanması gerekmektedir. Bir malzemenin yüzey sıcaklığını ölçerken aslında o nesne tarafından yayılan infrared enerji ölçülür ancak yaydıkları enerji gerçekten yaydıkları yüzey sıcaklığını göstermez. Emissivite değeri, yüzeyin ne kadar yoğun enerji yaydığını izler. Bundan dolayı, termal kamera üzerinden kataloglardan bakarak pamuklu kumaş için 0,9, pamuk-akrilik kumaş için de 0,88 emissivite değeri girilerek çekime başlanmıştır.

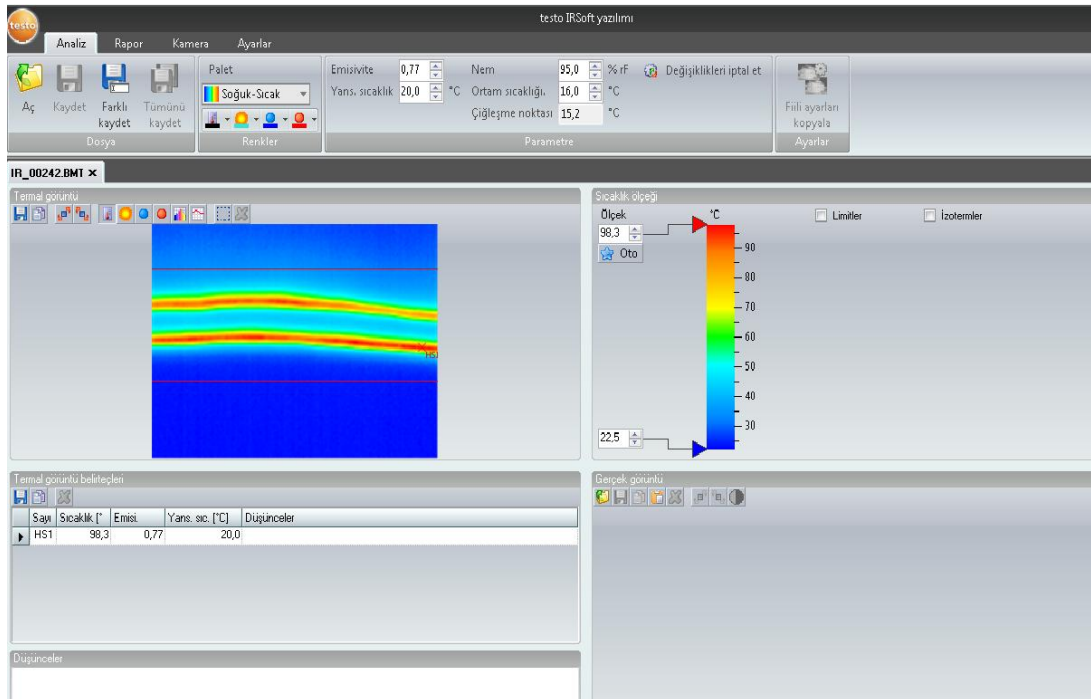
Güç kaynağı üzerinden gerilim ayarlaması yapıldıktan sonra, yaklaşık 30 saniye beklenilerek kumaşın sıcaklığının kararlı hale gelmesi sağlanmaktadır. Daha sonra kameranın üzerindeki bir tuş yardımıyla, kumaşın anlık termal görüntüsü fotoğraf olarak kaydedilmektedir. Deney düzeneğinin genel bir görünüşü Şekil 5.7'de verilmiştir.



Şekil 5.7: Deney düzeneğinin genel görünüşü.

5.2.3 TestoIRSoft programı ile termal analiz

Termal Kamera ile elde edilen görüntülerin analizi TestoIRSoft adlı programla yapılmaktadır. Bu program termal kamera firmasının kendi yazılımıdır. Şekil 5.8’de programın ana sayfası görülmektedir.



Şekil 5.8: TestoIRSoft Programı.

Programın üst tarafındaki paletten termal görüntüdeki renk dağılımının hangi renklerde olacağı seçilmektedir. Ayrıca nem, sıcaklık, emissivite gibi değerler üst tarafta görülmektedir. Ekranın sol üst tarafında termal görüntü, sağ üst tarafında ise sıcaklık ölçüğü vardır. Sol altta termal görüntü üzerinde belirlenmiş olan en sıcak nokta, en soğuk nokta, emissivite gibi ölçülerin değeri görülmektedir. Sağ altta ise termal kamera ile termal görüntünün yanısıra aynı anda normal görüntü de çekilmiş ise o görüntüyü göstermektedir.

Şekil 5.9'da gösterilen programın görev çubuğundaki ikonların görevleri aşağıdaki gibidir.

- 1- Termal görüntüyü kaydet.
- 2- Termal görüntüyü panoya kopyala.
- 3- Görüntüyü saat dönüş yönünün tersine döndür.
- 4- Görüntüyü saat dönüş yönünde döndür.
- 5- Farenin bulunduğu yerdeki sıcaklığı gösterir.
- 6- İşaretlenen bir alanda emisivite değerini değiştirir.
- 7- Görüntü alanındaki en soğuk noktayı bulur.
- 8- Görüntü alanındaki en sıcak noktayı bulur.
- 9- Termal görüntüde seçilen alanın histogramını çizer.
- 10- Çizilen çizgideki sıcaklık profilini gösterir.
- 11- Termal görüntüdeki belirteçleri seçer, düzenler ve taşır.
- 12- Seçilen işlemi geri alır.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Şekil 5.9: TestoIRSoft programı ikonları.

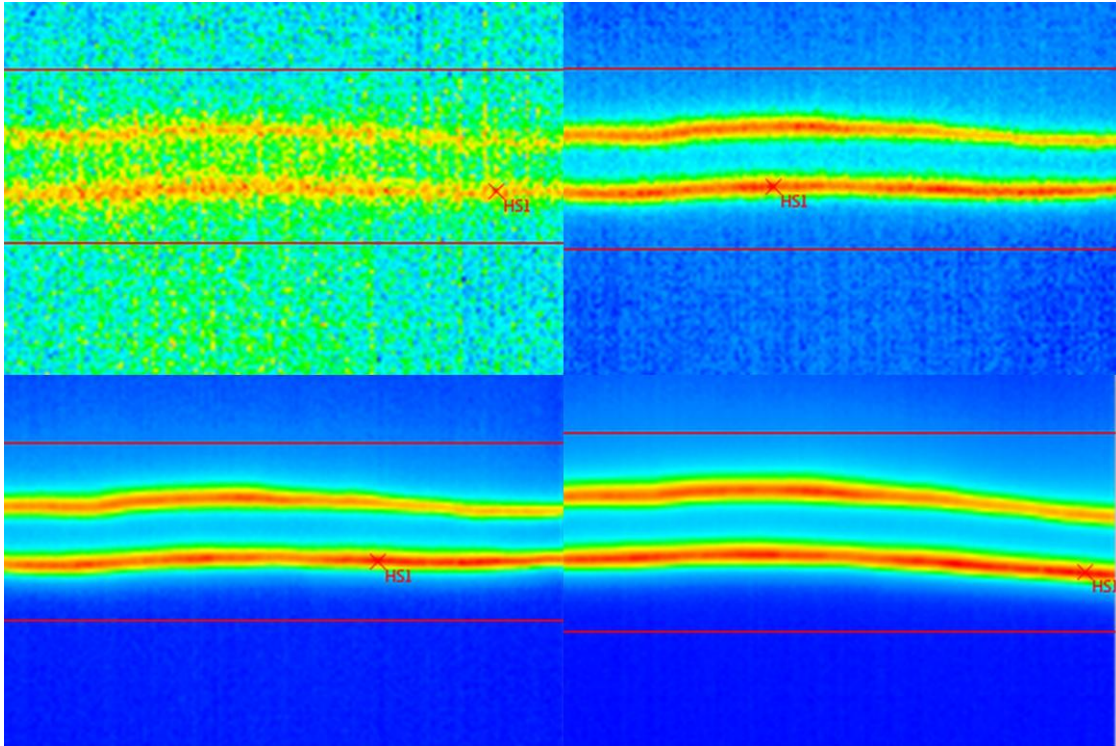
5.3 Deneylerin Değerlendirilmesi

Çizelge 5.3’de de görüldüğü gibi elektronik tekstil uygulamalarında kullanılacak farklı iletken iplikler ve ana ipliklerle dokunmuş farklı dokuma kumaş yapılarının sıcaklık dağılımlarının incelenmesi ve bu yapılaraya göre çıkabilecekleri maksimum sıcaklık değerlerinin hesaplanması amacıyla 30 adet kumaş üretilmiştir.

Üretilen kumaşlardaki parametreler; örgü tipi, temel iplik ve iletken iplik türüdür. Örgü tipi olarak bezayağı, dimi ve saten olmak üzere üç örgü tipi, temel iplik olarak pamuk (%100) ve pamuk/akrilik (50/50) olmak üzere aynı numarada iki iplik ve iletken iplik olarak farklı direnç değerlerine sahip 5 çelik(inox) iplik ve 3 gümüş iplik olmak üzere 8 farklı iletken iplik kullanılmıştır.

5.3.1 Ana iplik cinsine göre değerlendirme

İlk olarak, Çizelge 5.3’deki 1 ve 2 numaralı kumaşların değerlendirilmesi yapılırsa, bu iki kumaş aynı iletken iplikle bezayağı örgü tipinde dokunmuştur. Bu kumaşların temel iplikleri birbirinden farklıdır. Kumaşların sıcaklıkları termal kamera ile elde edilen görüntüler üzerinden görülmektedir. Şekil 5.10’da 1 numaralı kumaşın 1V, 9V, 17V ve 26V DC elektrik gerilimindeki termal görüntüleri kolaj halinde görülmektedir. Diğer kumaşların termal görüntüleri EK A’dadır.



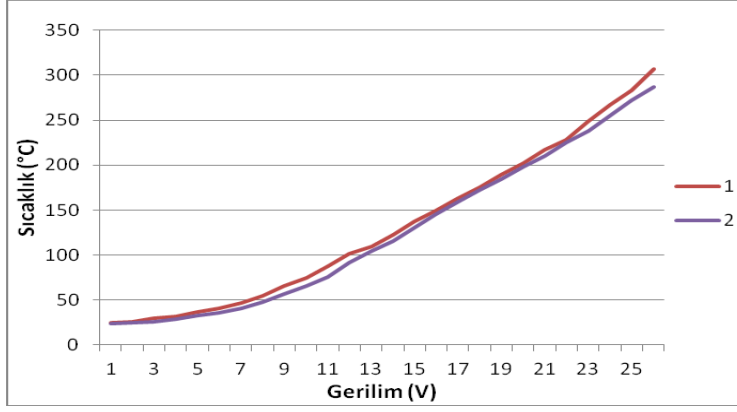
Şekil 5.10: 1 numaralı numunenin 1,9,17 ve 26V’deki termal görüntüleri.

Çizelge 5.6’da bu iki kumaşın artan gerilim ve akım değerlerine göre sıcaklık farklılıkları görülmektedir.

Şekil 5.11’deki sıcaklık-gerilim grafiğinden de görüldüğü gibi artan gerilime bağlı olarak kumaşın sıcaklığı yaklaşık 25°C’den 300°C’a kadar çıkmıştır. İki kumaş arasında çok fazla bir fark olmasa da %100 pamuk olan 1 numaralı kumaşın, pamuk/akrilik karışımı 2 numaralı kumaşa göre daha fazla ısındığı görülmüştür.

Çizelge 5.6: 1 ve 2 numaralı kumaşların sıcaklıkları.

Kumaş No:	1		2	
Gerilim (V)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (V)	Maks. Sıcaklık (°C)
1	0,07	24,9	0,06	23,8
2	0,13	25,7	0,12	24,9
3	0,18	29,6	0,17	26,2
4	0,24	31,9	0,23	28,7
5	0,29	36,4	0,29	32,4
6	0,34	40,8	0,35	36
7	0,4	46,6	0,42	40,6
8	0,46	54,2	0,49	47,6
9	0,53	65,9	0,56	56,4
10	0,6	74,6	0,63	66
11	0,67	87,5	0,71	75,7
12	0,75	101,6	0,78	91,2
13	0,82	109,8	0,85	104,2
14	0,89	122,9	0,93	115,2
15	0,96	137,9	1	130,9
16	1,03	149,7	1,06	145,7
17	1,09	163,6	1,13	158,9
18	1,12	175	1,19	172,4
19	1,21	188,8	1,25	184,6
20	1,26	202	1,31	198,6
21	1,32	217,6	1,38	210,5
22	1,38	227,7	1,43	224,7
23	1,44	249,4	1,49	238,2
24	1,5	267,1	1,55	255,5
25	1,56	282,9	1,61	271,6
26	1,61	307,1	1,67	287,2



Şekil 5.11: 1 ve 2 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

Şekil 5.12'e de bakıldığında beyaz renkli olan pamuklu kumaşta pamuk ipliğinin renginin sarı renkli kumaştaki ipliğe göre çok daha fazla değiştiği açıkça görülmektedir.



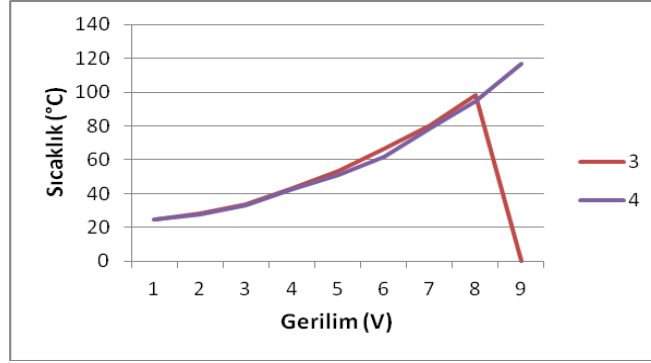
Şekil 5.12: Gerilim sonucu zarar görmüş kumaşların görüntüsü.

Aynı iletken iplikle bezayağı örgü tipinde dokunmuş 3 ve 4 numaralı kumaşların gerilime göre sıcaklık değişimi Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 5.7: 3 ve 4 numaralı kumaşların sıcaklıkları.

Kumaş No:	3		4	
	Gerilim (V)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)
1	0,12	24,9	0,11	24,9
2	0,23	28,5	0,21	27,9
3	0,32	33,6	0,32	33,1
4	0,43	43,2	0,41	42,6
5	0,52	53,2	0,52	50,8
6	0,62	66,7	0,61	62
7	0,74	80,4	0,72	78,5
8	0,86	98,3	0,85	94,9
9	0,97	KOPTU	0,95	116,8

Şekil 5.13'de görüldüğü gibi sıcaklıklar ortalama olarak 25°C'dan 120°C'a kadar yükselmiştir. 3 numaralı numunedeki iletken iplikler 9V'luk gerilime dayanamayıp koptuğundan bu gerilimde maksimum sıcaklık ölçümü yapılamamıştır. Bir önceki karşılaştırmada da olduğu gibi 3 ve 4 numaralı numunelerde sıcaklıklar birbirine çok yakın görünmekle birlikte %100 pamuklu 3 numaralı kumaşın sıcaklığının az da olsa yüksek olduğu görülmüştür.



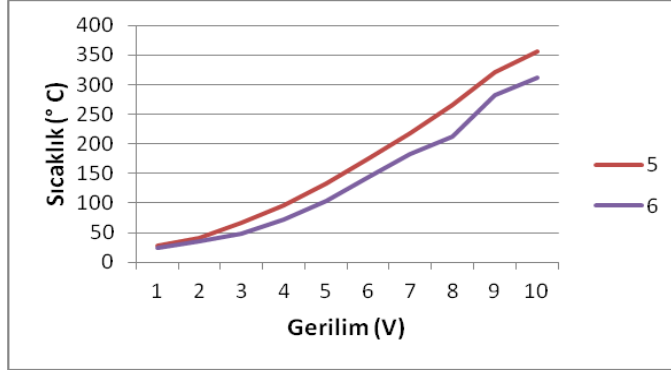
Şekil 5.13: 3 ve 4 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

5 ve 6 numaralı numuneler çelik iplik kullanılarak üretilmiş bezayağı kumaşlardır. Bu kumaşların sıcaklık karşılaştırmaları Çizelge 5.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.8: 5 ve 6 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.

Kumaş No:	5		6	
	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)
1	0,38	27,6	0,4	23,6
2	0,78	41,1	0,83	35,1
3	1,25	66,4	1,3	48,5
4	1,71	95,3	1,77	71,4
5	2,19	133,7	2,26	102,8
6	2,65	175,5	2,7	143,8
7	3,12	217,3	3,09	182,1
8	3,54	265,8	3,5	213,1
9	3,91	321,5	3,9	282,1
10	4,25	356,7	4,23	311,4

Şekil 5.14'de de görüldüğü gibi çelik iplikle üretilmiş bu numunelerde sıcaklıklar 25°C ile 360°C arasında değişmektedir. 5 ve 6 numaralı kumaş numunelerinde, diğerlerine göre daha yüksek sıcaklıklara daha az gerilimle ulaşılmıştır. Diğer numunelerde de olduğu gibi bu karşılaştırmada da %100 pamuklu kumaşların sıcaklıklarının daha fazla arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 5.14: 5 ve 6 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim grafiği.

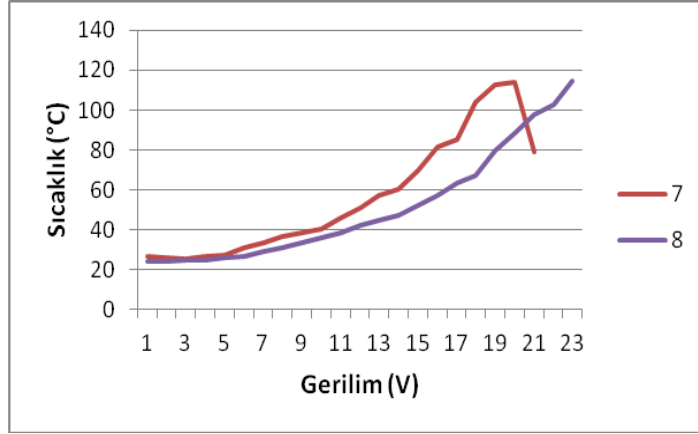
7 ve 8 numaralı numuneler 30 denye gümüş iplikle bezayağı örgü tipinde dokunmuştur. Bu kumaşların sıcaklık karşılaştırması Çizelge 5.9'da gösterilmektedir.

Çizelge 5.9: 7 ve 8 numaralı kumaşların sıcaklıklarının karşılaştırılması.

Kumaş No:	7		8	
	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)
1	0,005	26,7	0,005	24,4
2	0,01	26,2	0,01	24,1
3	0,02	25,6	0,02	24,8
4	0,03	26,5	0,03	24,6
5	0,04	27,4	0,03	25,9
6	0,04	30,9	0,04	26,6
7	0,05	33,3	0,05	29,2
8	0,06	36,7	0,06	31,2
9	0,07	38,6	0,07	33,3
10	0,08	40,2	0,07	36
11	0,09	46,2	0,08	38,5
12	0,09	51,1	0,09	42,4
13	0,11	57,3	0,1	44,6
14	0,12	60,3	0,11	47,4
15	0,13	69,8	0,12	52,3
16	0,15	81,7	0,13	57,2
17	0,18	85,5	0,15	63,6
18	0,2	104,1	0,18	67,5
19	0,23	112,4	0,21	79,6
20	0,26	113,8	0,24	88,4
21	0,32	79,2	0,28	97,9
22			0,31	103
23			0,34	114,5

Şekil 5.15'de de görüldüğü gibi 7 ve 8 numaralı numunelerde sıcaklıklar 25°C ile 115°C arasında değişmektedir. 7 numaralı numune 21 V'luk gerilim verildiğinde

yandığından bu noktaki maksimum sıcaklık değeri düşüş göstermiştir ve sonraki gerilim değerlerine çıkılamamıştır. Sıcaklıklar incelendiğinde öncekilerde olduğu gibi %100 pamuk iplikle üretilmiş olan numunelerde daha yüksek sıcaklıklara ulaşıldığı açık bir şekilde görülmektedir.

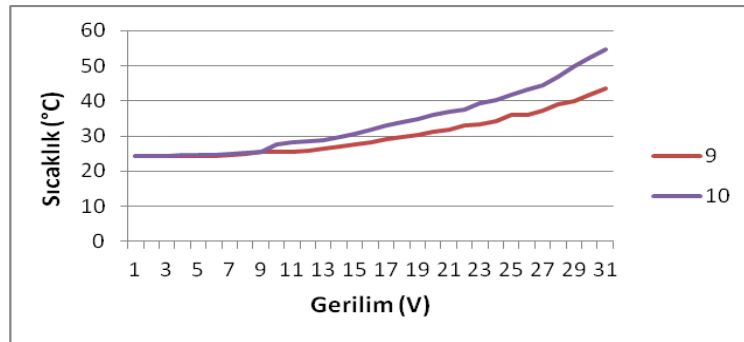


Şekil 5.15: 7 ve 8 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

Bezayağı örgü tipinde üretilmiş son iki numune olan 9 ve 10 numaralı numuneler 70 denye gümüş iplikle dokunmuştur. Bu kumaşların sıcaklık karşılaştırmaları Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Diğer karşılaştırmalardan farklı olarak 9 ve 10 numaralı kumaşların maksimum sıcaklıklarının karşılaştırılmasında %100 pamuk ipliğinden üretilmiş 9 numaralı numunenin sıcaklığının daha düşük olduğu gözlenmiştir.

Şekil 5.16'da görüldüğu gibi bu numunelerde gerilim 31V'a kadar artırılmış fakat iplik bir zarar görmemiş, üzerinden akım geçirme yeteneğini kaybetmemiştir. Ancak kullanılan DC güç kaynağı maksimum 31 V'a kadar çıkabildiğinden bunun üzerindeki gerilimlerde değerlendirme yapılamamıştır.



Şekil 5.16: 9 ve 10 numaralı numunelerin sıcaklık- gerilim değişimi.

Çizelge 5.10: 9 ve 10 numaralı numunelerin sıcaklıklarının karşılaştırılması.

Kumaş No:	9		10	
	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)
1	0,002	24,2	0,001	24,3
2	0,004	24,2	0,003	24,4
3	0,006	24,2	0,006	24,4
4	0,008	24,4	0,008	24,5
5	0,009	24,4	0,01	24,6
6	0,01	24,2	0,012	24,7
7	0,012	24,6	0,014	24,9
8	0,014	25	0,016	25,3
9	0,016	25,5	0,018	25,4
10	0,017	25,5	0,019	27,5
11	0,018	25,5	0,02	28,2
12	0,019	25,9	0,022	28,4
13	0,02	26,5	0,024	28,9
14	0,022	27	0,026	29,7
15	0,024	27,6	0,028	30,7
16	0,026	28,1	0,03	31,7
17	0,028	29,2	0,032	32,9
18	0,03	29,7	0,034	34
19	0,032	30,2	0,036	34,7
20	0,034	31,1	0,038	36
21	0,036	31,8	0,04	37
22	0,038	32,9	0,042	37,6
23	0,039	33,2	0,044	39,3
24	0,04	34,2	0,048	40,2
25	0,042	36,1	0,05	41,7
26	0,044	36,1	0,052	43,1
27	0,046	37,1	0,054	44,5
28	0,05	38,9	0,056	46,7
29	0,053	39,9	0,06	49,8
30	0,056	41,6	0,065	52,3
31	0,06	43,5	0,07	54,6

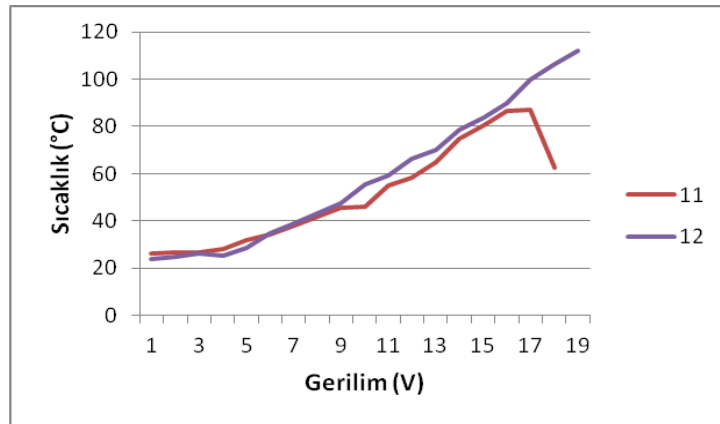
30 denye gümüş iplikle dimi örgü tipinde dokunmuş olan 11 ve 12 numaralı kumaş numunelerinin artan gerilime bağlı olarak değişen maksimum sıcaklık karşılaştırmaları Çizelge 5.11’de gösterilmektedir.

Şekil 5.17’de görüldüğü gibi 11 ve 12 numaralı numunelerde maksimum sıcaklıklar yaklaşık olarak 25°C ile 100°C arasında değişmektedir. Numunelerin sıcaklık farklılıkları değişken bir şekilde gitmektedir.

Çizelge 5.11: 11 ve 12 numaralı kumaş numunelerin sıcaklık karşılaştırması.

Kumaş No:	11		12	
	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)
1	0,02	26,2	0,01	23,9
2	0,04	26,5	0,02	24,8
3	0,06	26,6	0,03	26,1
4	0,08	27,9	0,04	25,5
5	0,1	32	0,05	28,6
6	0,12	34,4	0,07	34,8
7	0,14	38	0,08	38,9
8	0,16	41,8	0,1	43,2
9	0,19	45,6	0,11	47,5
10	0,23	46,2	0,13	55,5
11	0,25	54,9	0,15	59,1
12	0,28	58,5	0,16	66,2
13	0,31	64,7	0,18	69,9
14	0,35	74,7	0,21	78,5
15	0,38	80,6	0,23	83,7
16	0,42	86,4	0,26	89,7
17	0,46	87	0,28	99,9
18	0,49	62,4	0,32	106,3
19			0,14	112,1

Ortalama olarak aynı sıcaklıklarda seyretmesine rağmen artan gerilimle birlikte pamuk/akrilik karışımı iplikle dokunmuş olan kumaşın daha yüksek sıcaklıklara ulaştığı görülmektedir. 11 numaralı numune 18V'a dayanamayıp koptuğundan hem bu değerdeki maksimum sıcaklığı birden düşmüş hem de daha yüksek değerlerde ölçüm yapılamamıştır.



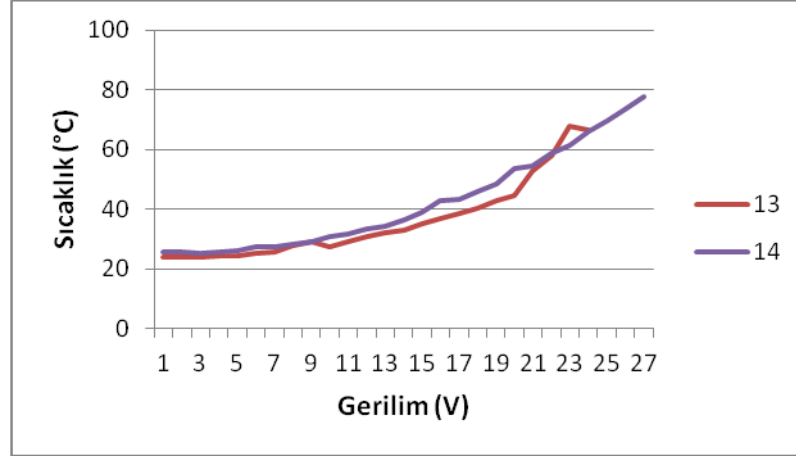
Şekil 5.17: 11 ve 12 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

13 ve 14 numaralı numuneler 70 denye gümüş iplikle dimi örgü tipinde dokunmuştur. Bu kumaşlarda artan gerilim ve akıma bağlı olarak oluşan maksimum sıcaklıkların karşılaştırılması Çizelge 5.12’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.12: 13 ve 14 numaralı numunelerin sıcaklıklarının karşılaştırılması.

Kumaş No:	13		14	
	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)
1	0,004	24,1	0,001	25,7
2	0,008	23,9	0,008	25,9
3	0,01	24,1	0,01	25,3
4	0,015	24,3	0,015	25,9
5	0,02	24,6	0,02	26,2
6	0,022	25,2	0,024	27,3
7	0,026	25,5	0,03	27,4
8	0,03	28	0,035	28,2
9	0,035	29,3	0,04	29
10	0,04	27,5	0,046	30,9
11	0,045	29,3	0,05	31,7
12	0,05	30,8	0,055	33,6
13	0,055	32,1	0,06	34,2
14	0,06	32,8	0,064	36,6
15	0,065	35,3	0,07	39
16	0,07	36,8	0,075	42,8
17	0,075	38,5	0,08	43,5
18	0,08	40,2	0,09	46,1
19	0,09	42,8	0,095	48,4
20	0,095	44,6	0,1	53,8
21	0,1	52,6	0,11	54,7
22	0,11	58,1	0,12	59
23	0,115	67,7	0,125	61,5
24	0,06	66,7	0,13	65,9
25			0,14	69,4
26			0,15	73,3
27			0,16	77,8

Şekil 5.18’de görüldüğü gibi bu numunelerde sıcaklıklar yaklaşık olarak 20°C ile 80°C arasında değişmektedir. 1V’dan başlayarak 24V’a çıkana kadar pamuk/akrilik karışımı iplikle üretilmiş 14 numaralı numunenin az da olsa 13 numaralı numuneye göre daha çok sıcaklık açığa çıkardığı görülmektedir. 13 numaralı numune 24V’luk gerilime dayanamadığı ve Çizelge 5.12’de de görüldüğü gibi üzerinden geçen akım şiddetinin bir anda 0,115’den 0,06’ya düştüğü görülmektedir.



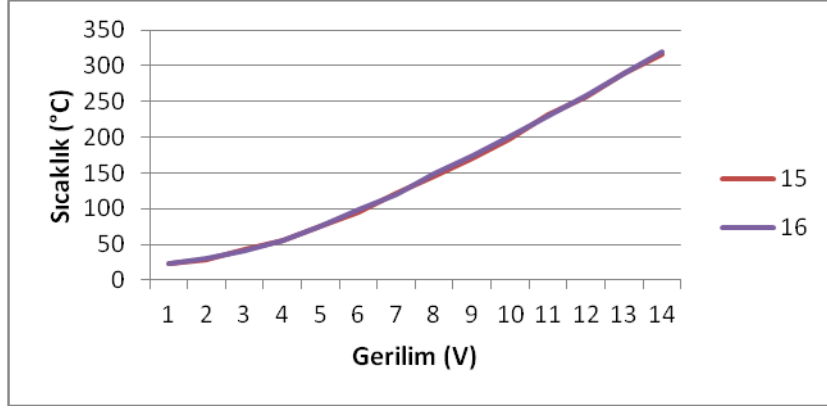
Şekil 5.18: 13 ve 14 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

15 ve 16 numaralı numuneler 235 tex inox iplikten dimi örgü tipinde üretilmiştir. Bu kumaşların artan gerilim ve akım değerlerine göre maksimum sıcaklıklarının karşılaştırması Çizelge 5.13’de görülmektedir.

Çizelge 5.13: 15 ve 16 numaralı numunelerin sıcaklıklarının karşılaştırılması.

Kumaş No:	15		16	
	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)
1	0,21	24,2	0,21	23,3
2	0,41	28,9	0,42	30,1
3	0,62	42,3	0,63	41,5
4	0,81	55,8	0,83	56
5	1,01	76	1,03	75,7
6	1,21	94,8	1,22	98,6
7	1,4	122,2	1,4	120,6
8	1,57	145,8	1,58	149,1
9	1,75	170,5	1,75	173,4
10	1,92	198,4	1,91	201
11	2,1	231,9	2,08	229,1
12	2,25	256,9	2,25	258
13	2,41	289,7	2,41	289,2
14	2,57	316,2	2,56	319,4

Şekil 5.19’da da görüldüğü gibi 15 ve 16 numaralı numunelerde sıcaklıklar yaklaşık olarak 25°C ile 320°C arasında değişmektedir. Diğer sonuçlarda olduğu gibi maksimum sıcaklık değerleri birbirine yakın seyretmekte ve iki kumaş arasında rahatlıkla bir karşılaştırma yapılamamaktadır.



Şekil 5.19: 15 ve 16 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

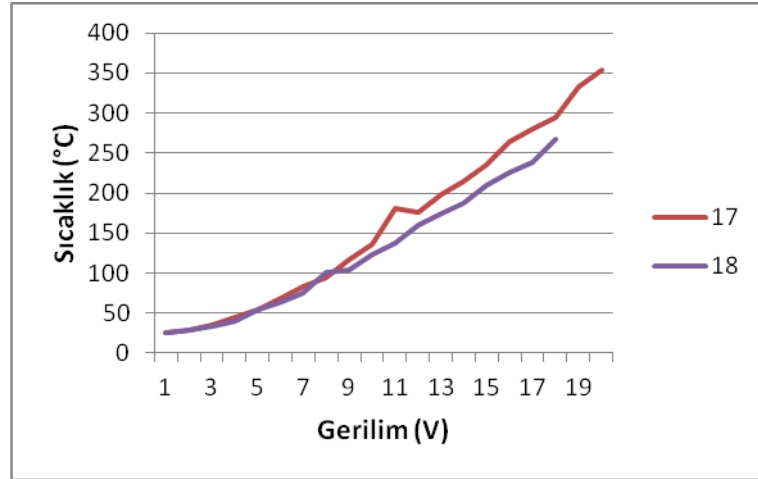
17 ve 18 numaralı numuneler 110 tex inox iplik ile dimi örgü tipinde üretilmiş olup artan gerilim ve akıma bağlı olarak değişen maksimum sıcaklıklarının karşılaştırılması Çizelge 5.14’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.14: 17 ve 18 numaralı numunelerinin sıcaklıklarının karşılaştırılması.

Kumaş No:	17		18	
	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)
1	0,11	25,4	0,11	26,3
2	0,23	28,7	0,22	28,7
3	0,35	35,4	0,33	33,5
4	0,46	44,5	0,43	39,2
5	0,58	53,8	0,53	54,5
6	0,69	68,8	0,64	63,8
7	0,81	83,9	0,73	75,5
8	0,92	95	0,83	101,5
9	1,03	116,7	0,93	104,3
10	1,14	135,3	1,02	123,7
11	1,23	180,6	1,11	138,2
12	1,33	175,9	1,2	159,7
13	1,42	199,1	1,29	174,5
14	1,52	214,6	1,37	187,4
15	1,63	235	1,46	210
16	1,73	264,4	1,55	225,5
17	1,83	280,5	1,63	238,6
18	1,93	294,2	1,71	267
19	1,97	332,5		
20	2,01	353,9		

Şekil 5.20’den de görüldüğü gibi 17 ve 18 numaralı numunelerde maksimum sıcaklıklar yaklaşık olarak 25°C ile 350° arasında değişmektedir. 17 numaralı %100

pamuktan üretilmiş numunenin artan gerilim ve akıma bağlı olarak değişen maksimum sıcaklıklarının 18 numaralı numuneye göre daha yüksek olduğu rahatlıkla görülmektedir. Ayrıca 18 numaralı numune uygulanan gerilimden zarar gördüğünden 18V'tan sonrasında ölçüm yapılamamıştır.



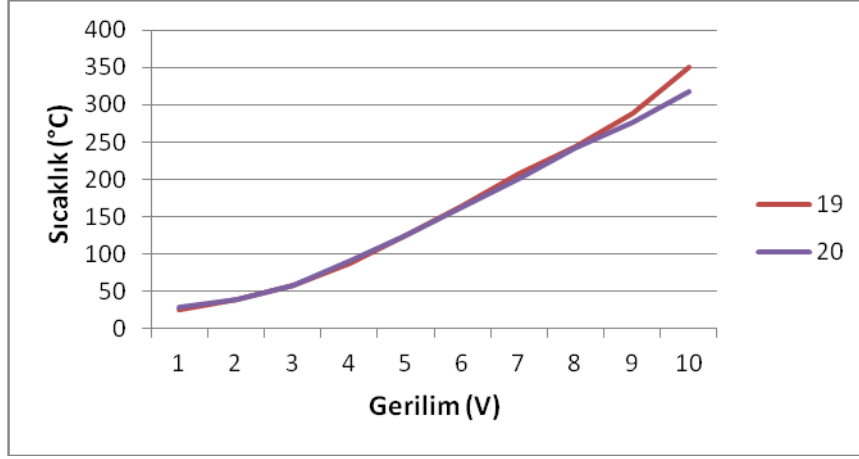
Şekil 5.20: 17 ve 18 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

19 ve 20 numaralı numuneler 505 tex numaralı inox iplikle dimi örgü tipinde dokunmuştur. Çizelge 5.15 bu numunelerde artan gerilime bağlı olarak değişen maksimum sıcaklık farklarını göstermektedir.

Çizelge 5.15: 19 ve 20 numaralı numunelerin sıcaklıklarının karşılaştırılması.

Kumaş No:	19		20	
	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)
1	0,44	25,4	0,49	28,1
2	0,93	39	0,97	38,8
3	1,38	58,1	1,43	58,5
4	1,81	86,9	1,86	90,5
5	2,26	125,4	2,27	125,6
6	2,68	165,3	2,7	163,5
7	3,07	207,1	3,1	201,3
8	3,44	244,2	3,48	242,7
9	3,8	287,8	3,84	276,1
10	4,17	350	4,23	317,3

19 ve 20 numaralı numunelerde en fazla 10 V'a kadar çıkılmıştır ve maksimum sıcaklıklar yaklaşık olarak 25°C ile 350°C arasında değişmektedir. Şekil 5.21'de görüldüğü gibi artan gerilimle birlikte 19 numaralı kumaşın sıcaklığı daha fazla olmasına rağmen önceki değerlerde çok fazla bir fark olmadığı görülmektedir.



Şekil 5.21: 19 ve 20 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

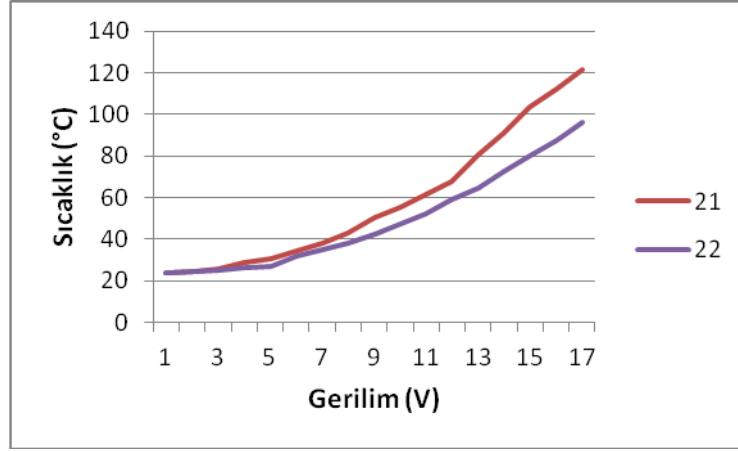
21 ve 22 numaralı numuneler ise 30 denye gümüş iplikle saten örgü tipinde dokunmuştur. Bu numunelerin artan gerilim ve akım değerlerine göre maksimum sıcaklık değerleri Çizelge 5.16’da gösterilmektedir.

Çizelge 5.16: 21 ve 22 numaralı numunelerin sıcaklıklarının karşılaştırılması.

Kumaş No:	21		22	
	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)
1	0,01	24	0,01	23,9
2	0,02	24,2	0,02	24,4
3	0,04	25,9	0,04	25
4	0,05	29	0,05	26,5
5	0,06	30,8	0,07	27,2
6	0,08	34,6	0,08	31,7
7	0,09	38,2	0,09	35
8	0,11	42,9	0,11	38,3
9	0,12	50,5	0,13	42,4
10	0,14	55,5	0,14	47,1
11	0,15	61,5	0,16	52,4
12	0,17	67,7	0,18	59,1
13	0,2	80,8	0,21	64,6
14	0,22	91,2	0,23	72,9
15	0,25	103,5	0,26	80,4
16	0,28	112,5	0,28	87,7
17	0,31	121,3	0,31	96,3

Şekil 5.22’de görüldüğü gibi 21 ve 22 numaralı numunelerde maksimum 17V’luk gerilime çıkılabilmektedir. Bu aralıkta sıcaklıklar yaklaşık olarak 24°C ile 120°C arasında değişmektedir. %100 pamuk iplikten üretilmiş 21 numaralı numunenin artan

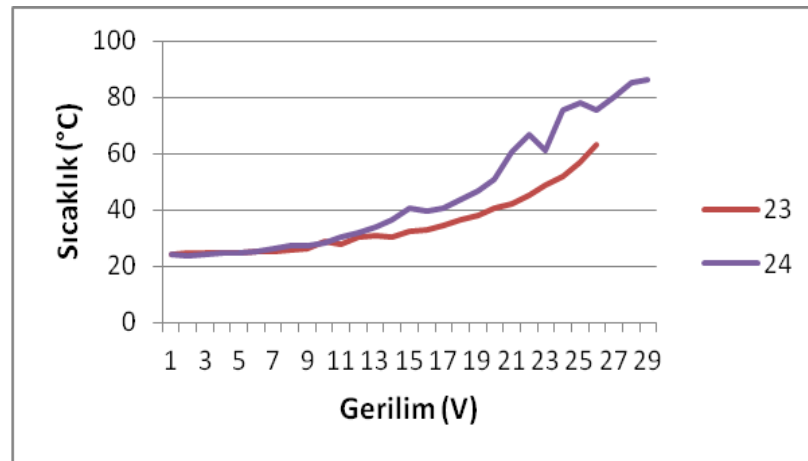
gerilim ve akım değerlerine bağı olarak maksimum sıcaklıklarının 22 numaralı numuneye göre daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 5.22: 21 ve 22 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

Saten örgü tipinde 70 denye gümüş iplikle dokunmuş 23 ve 24 numaralı numunelerin artan gerilim ve akıma bağı olarak değişen maksimum sıcaklıkları Çizelge 5.17’de görülmektedir. 23 numaralı numunede maksimum 26V’a çıkılırken, 24 numaralı numunede 29V’a kadar çıkılabildiği görülmektedir.

Şekil 5.23’den de görüldüğü gibi elde edilen sıcaklıklar yaklaşık olarak 24°C ile 85°C arasında değişmektedir. 24 numaralı numune 29V’luk gerilim altında zarar gördüğünden akım birden bire 0,17A’den 0,09’a düşmüştür. Artan gerilimle birlikte pamuk/akrilik (50/50) karışımı iplikle birlikte üretilmiş 24 numaralı numunenin daha fazla sıcaklık açığa çıkardığı görülmektedir.



Şekil 5.23: 23 ve 24 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

Çizelge 5.17: 23 ve 24 numaralı numunelerin sıcaklıklarının karşılaştırılması.

Kumaş No:	23		24	
	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)
1	0,004	24,2	0,001	24
2	0,008	24,5	0,006	23,9
3	0,01	24,7	0,01	24
4	0,015	24,5	0,014	24,9
5	0,018	24,8	0,018	24,8
6	0,02	25,1	0,021	25,1
7	0,024	25,5	0,025	26,1
8	0,026	25,6	0,03	27,1
9	0,03	26,4	0,034	27,5
10	0,035	28,8	0,037	28,2
11	0,04	27,9	0,04	30,4
12	0,042	30,3	0,045	32,1
13	0,046	31,1	0,05	34,1
14	0,05	30,4	0,056	36,3
15	0,055	32,4	0,06	40,8
16	0,06	32,7	0,065	39,4
17	0,065	34,7	0,07	40,6
18	0,07	36,5	0,08	43,7
19	0,075	38,2	0,09	46,8
20	0,08	40,8	0,1	50,7
21	0,09	42	0,1	60,7
22	0,095	45,1	0,11	66,6
23	0,1	48,7	0,12	60,9
24	0,11	52	0,13	75,5
25	0,12	57	0,14	78,2
26	0,13	63,4	0,15	75,6
27			0,16	80,2
28			0,17	85,3
29			0,09	86,3

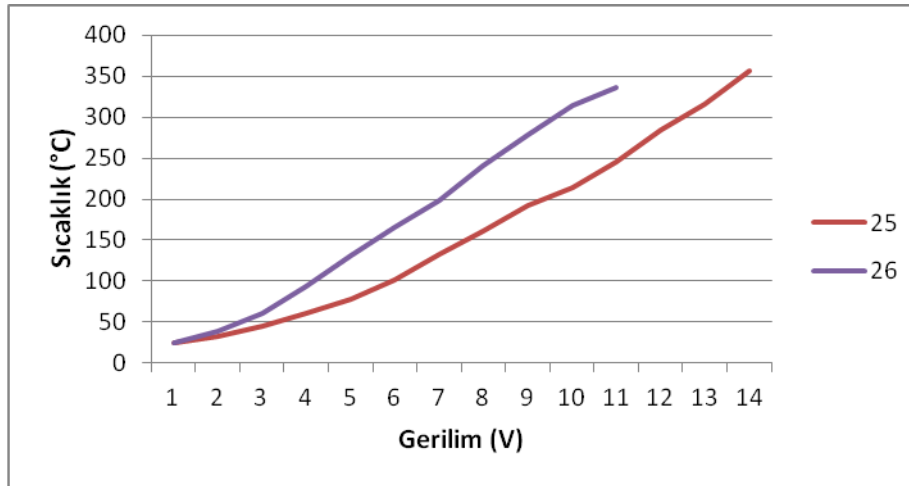
25 ve 26 numaralı numuneler 235 tex inox iplikle saten örgü tipinde dokunmuştur. Bu numunelerden değişen gerilim ve akım değerlerine göre elde edilen maksimum sıcaklıklar Çizelge 5.18’de verilmiştir.

Şekil 5.24’den görüldüğü gibi 25 numaralı numunede 14V’a kadar çıkılabilirken, 26 numaralı numunede kumaş 11V’a kadar dayanabilmiştir. Artan gerilim ve akım değerleriyle birlikte pamuk/akrilik (50/50) karışımı iplikle üretilmiş 26 numaralı

numunenin sıcaklığının 25 numaralı numuneye daha fazla olduğu açık bir biçimde görülmektedir.

Çizelge 5.18: 25 ve 26 numaralı numunelerin sıcaklıklarının karşılaştırılması.

Kumaş No:	25		26	
	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)
1	0,21	25,2	0,24	24,5
2	0,42	32,4	0,48	39,3
3	0,62	44,7	0,7	61,1
4	0,82	60,1	0,92	93,9
5	1,01	78,7	1,12	130,5
6	1,19	101,2	1,32	165,3
7	1,37	132,1	1,52	199,2
8	1,54	161	1,69	241,4
9	1,72	192,4	1,88	278,2
10	1,88	213,6	2,04	314,8
11	2,04	245,8	2,21	335,9
12	2,19	283,8		
13	2,35	315,9		
14	2,51	356,4		



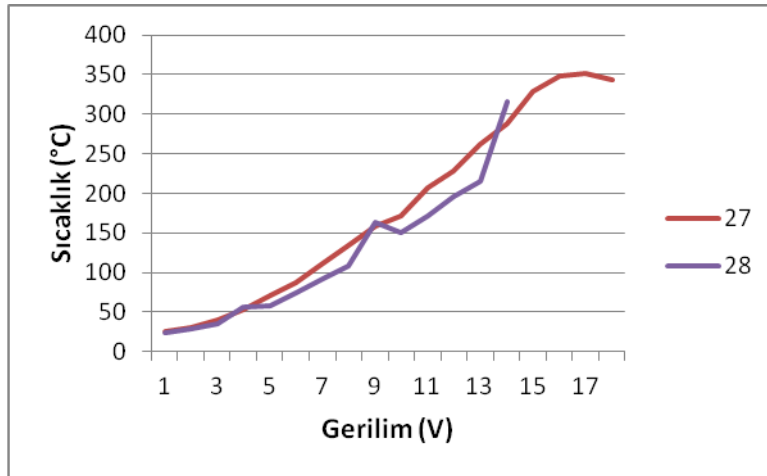
Şekil 5.24: 25 ve 26 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

27 ve 28 numaralı numuneler ise 110 tex inox iplikle saten örgü tipinde dokunmuştur. Bu numunelerin gerilim ve akım değerlerine bağlı olarak elde edilen maksimum sıcaklık değerleri Çizelge 5.19’da verilmiştir.

Çizelge 5.19: 27 ve 28 numaralı numunelerin sıcaklıklarının karşılaştırılması.

Kumaş No:	27		28	
	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)
1	0,12	25,7	0,12	24,7
2	0,24	30,3	0,24	29,5
3	0,35	40,2	0,35	36,1
4	0,46	53,2	0,47	56,5
5	0,58	71,7	0,57	58,4
6	0,68	87,5	0,68	74,4
7	0,79	111,8	0,79	92
8	0,89	134,1	0,88	108,9
9	0,99	158,2	0,99	163,3
10	1,08	172,3	1,09	150,6
11	1,18	207	1,19	171,9
12	1,27	227,7	1,28	195,5
13	1,37	262,9	1,37	215,4
14	1,45	288,8	1,46	316,1
15	1,54	329,6		
16	1,62	349		
17	1,7	351,6		
18	1,79	342,7		

27 numaralı numunede 18V'luk gerilim değerine çıkılırken, 28 numaralı numunede 14V'a kadar çıkılabilmektedir. 27 numaralı numunenin maksimum sıcaklıkları Şekil 5.25'de görüldüğü gibi 28 numaralı numuneden fazla elde edilmiştir. 28 numaralı numunenin sadece 14V'da elde edilen sıcaklık değeri 27 numaralıya göre çok fazla çıkmıştır. Bunun nedeni ise numunenin aşırı gerilimden yanmasından dolayı sıcaklığın ani artışıdır.



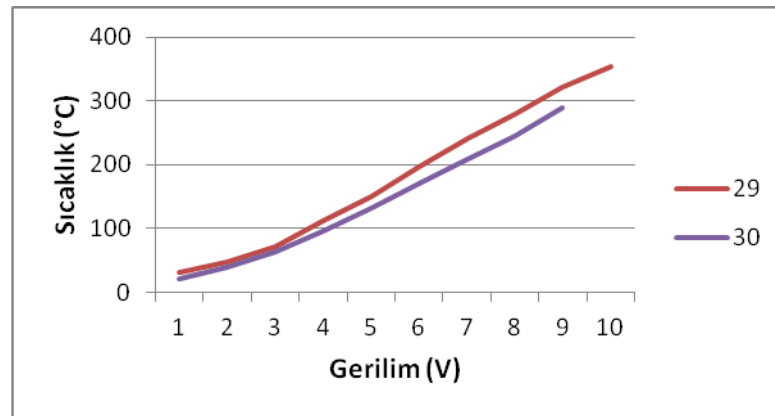
Şekil 5.25: 27 ve 28 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

Son 2 numune olan 29 ve 30 numaralı numuneler 505 tex inox iplik ile üretilmiştir. Bu numunelerin artan gerilim ve akım değerlerine bağlı olarak değişen maksimum sıcaklıkları Çizelge 5.20’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.20 : 29 ve 30 numaralı numunelerin sıcaklıklarının karşılaştırılması.

Kumaş No:	29		30	
	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)
1	0,53	31,2	0,57	21,2
2	1,02	46,8	1,11	38,7
3	1,46	71,3	1,63	63,9
4	1,9	110,8	2,13	95,3
5	2,35	150,2	2,66	132,8
6	2,8	195,8	3,1	170,1
7	3,2	241,6	3,57	208,5
8	3,59	278,5	4,07	245,2
9	4	320,7	4,55	289,4
10	4,37	354,6		

Şekil 5.26’den de görüldüğü gibi 29 ve 30 numaralı ipliklerin maksimum sıcaklıkları incelendiğinde %100 pamuklu iplikten üretilmiş olan 29 numaralı numunenin maksimum sıcaklıklarının 30 numaralı numuneye göre daha fazla olduğu açık bir şekilde görülmektedir. 29 numaralı numune 10V’luk gerilime kadar zarar görmeden dayanırken, 30 numaralı numune 9V’luk gerilim sonucunda zarar görmüş ve ölçümler bu değerlere kadar yapılabilmektedir.



Şekil 5.26: 29 ve 30 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

Ana iplik tipine göre yapılan 15 değerlendirmeye bakıldığında karşılaştırmaların çoğunda %100 pamuk iplik kullanılan numunelerde biraz daha yüksek sıcaklıklara çıkıldığı görülmektedir. Bu durum kullanılan ipliklerin hammaddelerin termal

iletkenlik değerleriyle açıklanabilir. Pamuk ısıyı genellikle iyi iletir. Termal iletkenlik değeri 0,461 W/mK ile en yüksek olan konvensiyonel lifdir. Akrilik ise ısıyı kolay iletmez, termal iletkenliği 0,2 W/mK'dir. Bazı liflerin termal iletkenlik değeri Çizelge 5.21'de verilmiştir.

Çizelge 5.21: Liflerin termal iletkenlik değerleri [60].

Lif Tipi	Termal İletkenlik (W/mK)
Viskon	0,289
Yün	0,193
Akrilik	0,2
Pamuk	0,461
Polyester	0,141
Polipropilen	0,117

Elektronik tekstil uygulamalarının vücut ile temas halinde olduğunu düşünürsek yüksek sıcaklıklara çıkılması, e-tekstil uygulamalarında kullanılan kumaşlar için istenilen bir özellik olmadığı açıkça ortadadır.

Bu bilgilere göre, yapılan çalışmada ana iplik cinsine göre %50 pamuk %50 akrilik karışımli iplikle dokunmuş numunelerin %100 pamuklu iplikle dokunan numunelere göre aynı gerilim altında daha düşük sıcaklıklara ulaşmasından ötürü e-tekstil uygulamalarına daha uygun olduğu görülmüştür.

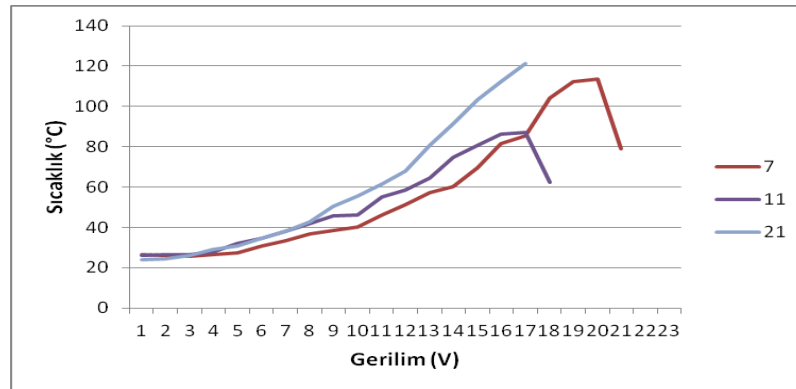
5.3.2 Örgü tipine göre değerlendirme

Pamuk temel ipliği ve 30 denye gümüş iletken iplikle dokunmuş 7 numaralı bezayağı, 11 numaralı dimi ve 21 numaralı saten örgü numunelerinden elde edilen maksimum sıcaklık değerleri Çizelge 5.22'de verilmiştir.

Şekil 5.27'de görüldüğü gibi 7 numaralı bezayağı kumaşta kumaş zarar görmeden 21V'a kadar çıkabilirken, 11 numaralı dimi kumaş 18V'a, 21 numaralı saten kumaş ise 17V'a kadar çıkabilmiştir. Sıcaklıklar da incelendiğinde 21 numaralı saten kumaşın aynı gerilim seviyelerinde daha yüksek sıcaklıklara ulaştığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.22: 7, 11 ve 21 numaralı numunelerin sıcaklıklarının karşılaştırılması.

Kumaş No:	7		11		21		
	Gerilim (V)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)
1		0,005	26,7	0,02	26,2	0,01	24
2		0,01	26,2	0,04	26,5	0,02	24,2
3		0,02	25,6	0,06	26,6	0,04	25,9
4		0,03	26,5	0,08	27,9	0,05	29
5		0,04	27,4	0,1	32	0,06	30,8
6		0,04	30,9	0,12	34,4	0,08	34,6
7		0,05	33,3	0,14	38	0,09	38,2
8		0,06	36,7	0,16	41,8	0,11	42,9
9		0,07	38,6	0,19	45,6	0,12	50,5
10		0,08	40,2	0,23	46,2	0,14	55,5
11		0,09	46,2	0,25	54,9	0,15	61,5
12		0,09	51,1	0,28	58,5	0,17	67,7
13		0,11	57,3	0,31	64,7	0,2	80,8
14		0,12	60,3	0,35	74,7	0,22	91,2
15		0,13	69,8	0,38	80,6	0,25	103,5
16		0,15	81,7	0,42	86,4	0,28	112,5
17		0,18	85,5	0,46	87	0,31	121,3
18		0,2	104,1	0,49	62,4		
19		0,23	112,4				
20		0,26	113,8				
21		0,32	79,2				

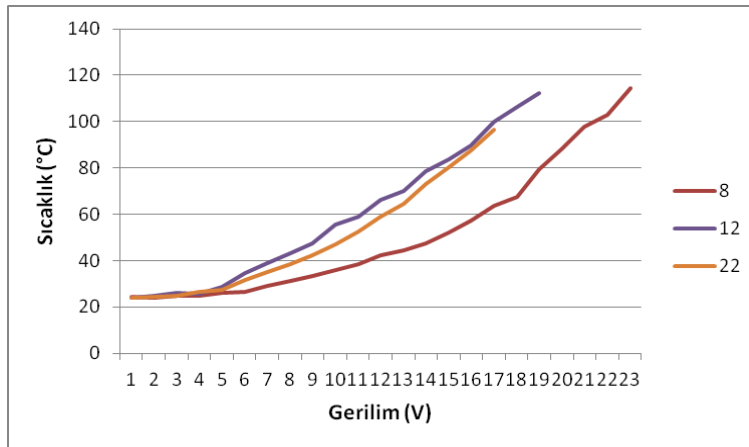


Şekil 5.27: 7,11 ve 21 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

Pamuk/Akrilik (50/50) temel ipliği ve 30 denye gümüş iletken iplikle dokunmuş 8 numaralı bezayağı, 12 numaralı dimi ve 22 numaralı saten kumaş numunelerinin gerilim, akım ve maksimum sıcaklık değerleri Çizelge 5.23’de verilmiştir.

Çizelge 5.23: 8, 12 ve 22 numaralı numunelerin sıcaklıklarının karşılaştırılması.

Kumaş No:	8		12		22	
Gerilim (V)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)
1	0,005	24,4	0,01	23,9	0,01	23,9
2	0,01	24,1	0,02	24,8	0,02	24,4
3	0,02	24,8	0,03	26,1	0,04	25
4	0,03	24,6	0,04	25,5	0,05	26,5
5	0,03	25,9	0,05	28,6	0,07	27,2
6	0,04	26,6	0,07	34,8	0,08	31,7
7	0,05	29,2	0,08	38,9	0,09	35
8	0,06	31,2	0,1	43,2	0,11	38,3
9	0,07	33,3	0,11	47,5	0,13	42,4
10	0,07	36	0,13	55,5	0,14	47,1
11	0,08	38,5	0,15	59,1	0,16	52,4
12	0,09	42,4	0,16	66,2	0,18	59,1
13	0,1	44,6	0,18	69,9	0,21	64,6
14	0,11	47,4	0,21	78,5	0,23	72,9
15	0,12	52,3	0,23	83,7	0,26	80,4
16	0,13	57,2	0,26	89,7	0,28	87,7
17	0,15	63,6	0,28	99,9	0,31	96,3
18	0,18	67,5	0,32	106,3		
19	0,21	79,6	0,14	112,1		
20	0,24	88,4				
21	0,28	97,9				
22	0,31	103				
23	0,34	114,5				



Şekil 5.28: 8,12 ve 22 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

8,12 ve 22 numaralı numunelerin Şekil 5.28'deki değerleri incelendiğinde, 8

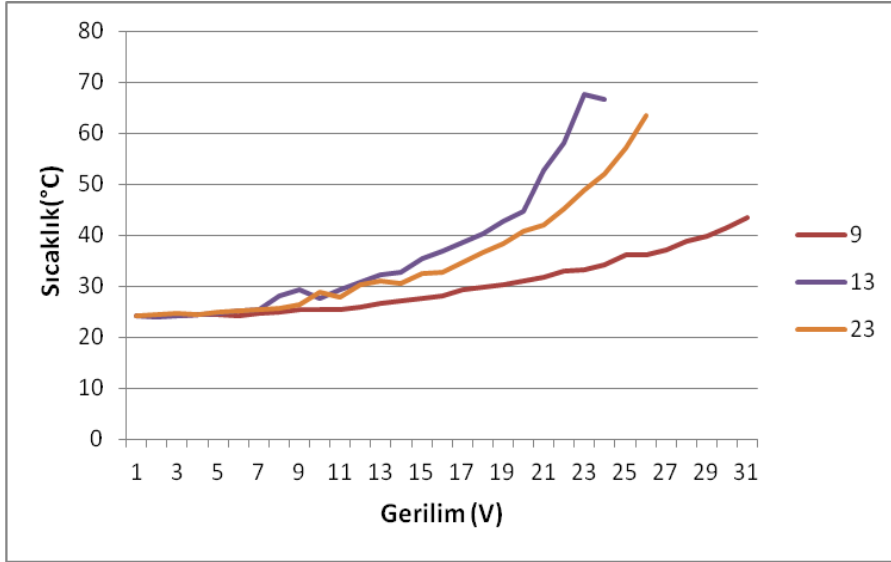
numaralı bezayağı kumaşın 23V'a, 12 numaralı dimi kumaşın 19V'a, 22 numaralı saten kumaşın ise 17V'a kadar çıktığı görülmektedir. Aynı voltaj değerlerindeki sıcaklıklara bakıldığında ise en yüksek sıcaklığın 12 numaralı numunede olduğu sonrasında 22 numaralı numunenin geldiği, en düşük sıcaklığın ise 8 numaralı numunede olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.24: 9, 13 ve 23 numaralı numunelerin gerilim, akım ve sıcaklık değerleri.

Kumaş No:	9		13		23	
	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)
1	0,002	24,2	0,004	24,1	0,004	24,2
2	0,004	24,2	0,008	23,9	0,008	24,5
3	0,006	24,2	0,01	24,1	0,01	24,7
4	0,008	24,4	0,015	24,3	0,015	24,5
5	0,009	24,4	0,02	24,6	0,018	24,8
6	0,01	24,2	0,022	25,2	0,02	25,1
7	0,012	24,6	0,026	25,5	0,024	25,5
8	0,014	25	0,03	28	0,026	25,6
9	0,016	25,5	0,035	29,3	0,03	26,4
10	0,017	25,5	0,04	27,5	0,035	28,8
11	0,018	25,5	0,045	29,3	0,04	27,9
12	0,019	25,9	0,05	30,8	0,042	30,3
13	0,02	26,5	0,055	32,1	0,046	31,1
14	0,022	27	0,06	32,8	0,05	30,4
15	0,024	27,6	0,065	35,3	0,055	32,4
16	0,026	28,1	0,07	36,8	0,06	32,7
17	0,028	29,2	0,075	38,5	0,065	34,7
18	0,03	29,7	0,08	40,2	0,07	36,5
19	0,032	30,2	0,09	42,8	0,075	38,2
20	0,034	31,1	0,095	44,6	0,08	40,8
21	0,036	31,8	0,1	52,6	0,09	42
22	0,038	32,9	0,11	58,1	0,095	45,1
23	0,039	33,2	0,115	67,7	0,1	48,7
24	0,04	34,2	0,06	66,7	0,11	52
25	0,042	36,1			0,12	57
26	0,044	36,1			0,13	63,4
27	0,046	37,1				
28	0,05	38,9				
29	0,053	39,9				
30	0,056	41,6				
31	0,06	43,5				

Pamuk ana ipliği ve 70 denye gümüş iletken ipliği ile dokunmuş 9 numaralı bezayağı, 13 numaralı dimi ve 23 numaralı saten kumaş numunelerinin artan gerilim ve akım değerlerine bağlı olarak ulaştığı maksimum sıcaklık değerleri Çizelge 5.24'de verilmiştir.

Şekil 5.2 incelendiğinde 9 numaralı bezayağında maksimum 31V'a çıkılırken, 13 numaralı dimi kumaşta 24V'a, 23 numaralı saten kumaşta ise 26V'a kadar çıkılabildiği görülmektedir. Bu numunelerin aynı gerilim değerlerindeki maksimum sıcaklık değerlerine bakıldığında ise, genel olarak en yüksek sıcaklığın 13 numarada, sonrasında 23 numaralı numunede, en düşük sıcaklığın ise 9 numaralı numuneden elde edildiği görülmektedir.



Şekil 5.29: 9,13 ve 23 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

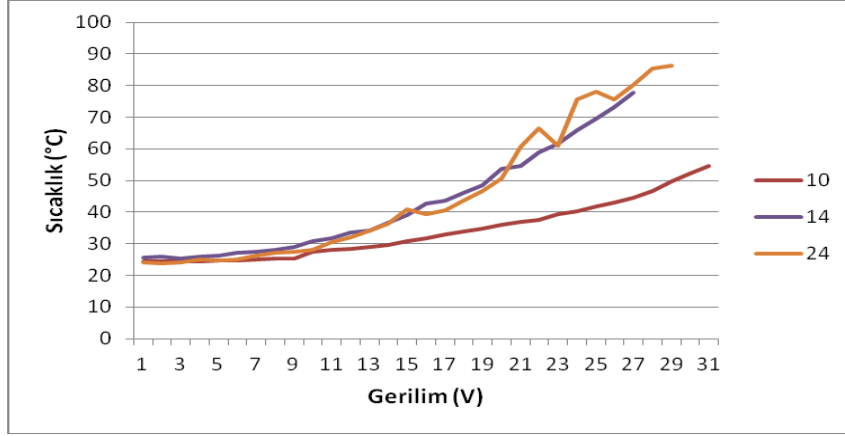
Pamuk/akrilik (50/50) karışımı ana iplik ve 70 denye gümüş iplikle dokunmuş 10 numaralı bezayağı numune, 14 numaralı dimi numune ve 24 numaralı saten numunenin gerilim, akım ve bu değerlere bağlı olarak açığa çıkan maksimum sıcaklık değerleri Çizelge 5.25'de verilmiştir.

Şekil 5.30 incelendiğinde 10 numaralı bezayağı numunesi maksimum 31V'a kadar dayanabilirken, 14 numaralı dimi numunesi 26V'a, 24 numaralı saten numunesinin ise 29V'a kadar çıkabildiği görülmektedir.

Çizelge 5.25: 10,14 ve 24 numaralı numunelerin gerilim, akım ve sıcaklık değerleri.

Kumaş No:	10		14		24	
	Gerilim (V)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)
1	0,001	24,3	0,001	25,7	0,001	24
2	0,003	24,4	0,008	25,9	0,006	23,9
3	0,006	24,4	0,01	25,3	0,01	24
4	0,008	24,5	0,015	25,9	0,014	24,9
5	0,01	24,6	0,02	26,2	0,018	24,8
6	0,012	24,7	0,024	27,3	0,021	25,1
7	0,014	24,9	0,03	27,4	0,025	26,1
8	0,016	25,3	0,035	28,2	0,03	27,1
9	0,018	25,4	0,04	29	0,034	27,5
10	0,019	27,5	0,046	30,9	0,037	28,2
11	0,02	28,2	0,05	31,7	0,04	30,4
12	0,022	28,4	0,055	33,6	0,045	32,1
13	0,024	28,9	0,06	34,2	0,05	34,1
14	0,026	29,7	0,064	36,6	0,056	36,3
15	0,028	30,7	0,07	39	0,06	40,8
16	0,03	31,7	0,075	42,8	0,065	39,4
17	0,032	32,9	0,08	43,5	0,07	40,6
18	0,034	34	0,09	46,1	0,08	43,7
19	0,036	34,7	0,095	48,4	0,09	46,8
20	0,038	36	0,1	53,8	0,1	50,7
21	0,04	37	0,11	54,7	0,1	60,7
22	0,042	37,6	0,12	59	0,11	66,6
23	0,044	39,3	0,125	61,5	0,12	60,9
24	0,048	40,2	0,13	65,9	0,13	75,5
25	0,05	41,7	0,14	69,4	0,14	78,2
26	0,052	43,1	0,15	73,3	0,15	75,6
27	0,054	44,5			0,16	80,2
28	0,056	46,7			0,17	85,3
29	0,06	49,8			0,09	86,3
30	0,065	52,3				
31	0,07	54,6				

Aynı gerilim değerlerindeki maksimum sıcaklıkları incelendiğinde en düşük sıcaklık 10 numaralı numune elde edilirken, 14 ve 24 numaralı numunelerin sıcaklıklarının birbirine çok yakın olduğu gözlemlenmiştir.



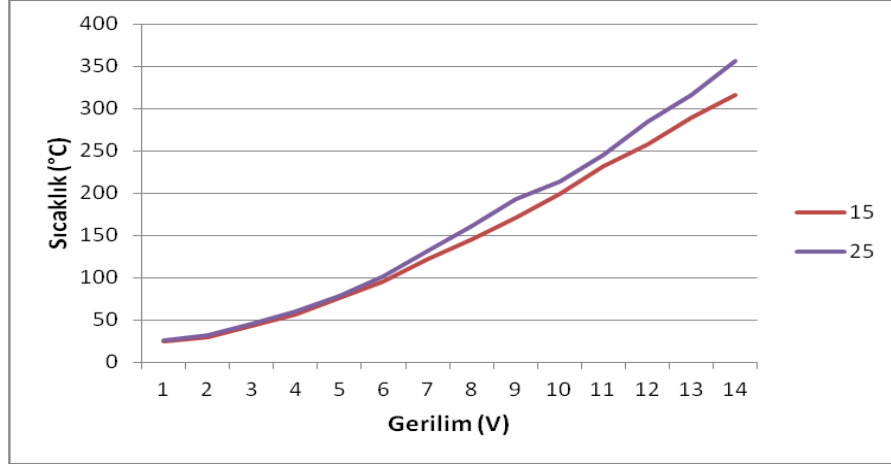
Şekil 5.30: 10,14 ve 24 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

Pamuk ana ipliği ve 235 tex inox iplik ile dokunmuş 15 numaralı dimi kumaş ve 25 numaralı saten kumaşın gerilim, akım ve maksimum sıcaklık değerleri Çizelge 5.26’da gösterilmektedir.

Çizelge 5.26: 15 ve 25 numaralı kumaşların gerilim, akım ve sıcaklık değerleri.

Kumaş No:	15		25	
	Gerilim (V)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)
1	0,21	24,2	0,21	25,2
2	0,41	28,9	0,42	32,4
3	0,62	42,3	0,62	44,7
4	0,81	55,8	0,82	60,1
5	1,01	76	1,01	78,7
6	1,21	94,8	1,19	101,2
7	1,4	122,2	1,37	132,1
8	1,57	145,8	1,54	161
9	1,75	170,5	1,72	192,4
10	1,92	198,4	1,88	213,6
11	2,1	231,9	2,04	245,8
12	2,25	256,9	2,19	283,8
13	2,41	289,7	2,35	315,9
14	2,57	316,2	2,51	356,4

Şekil 5.31’de görüldüğü gibi 15 numaralı dimi kumaş numunesi ile 25 numaralı saten kumaş numunesinin ikisi de maksimum 14V’a kadar dayanabilmiştir. Aynı gerilimlerdeki sıcaklıkları incelendiğin 25 numaralı kumaşın aynı gerilimde daha yüksek sıcaklıklara çıktığı görülmektedir.



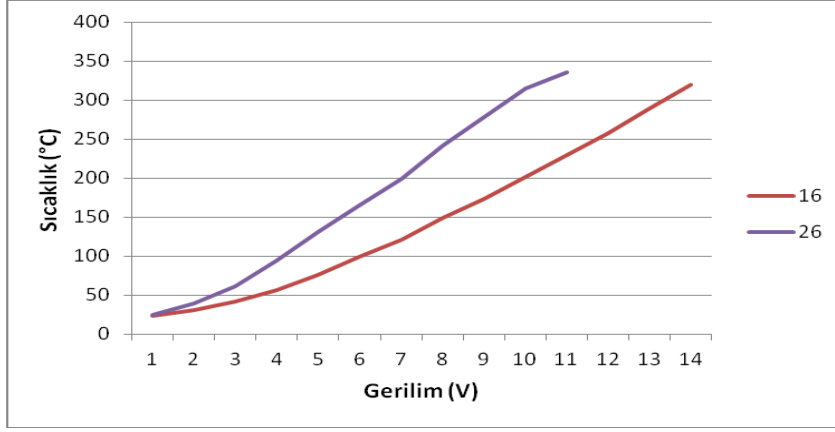
Şekil 5.31: 15 ve 25 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

Pamuk/akrilik (50/50) ana ipliği ve inox 235 tex iletken ipliği ile dokunmuş 16 numaralı dimi kumaş ile 26 numaralı saten kumaşın gerilim, akım ve bu değerlere bağlı olarak değişen maksimum sıcaklıkları Çizelge 5.27’de verilmiştir.

Çizelge 5.27: 16 ve 26 numaralı numunelerin gerilim, akım ve sıcaklık değerleri.

Kumaş No:	16		26	
	Gerilim (V)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)
1	0,21	23,3	0,24	24,5
2	0,42	30,1	0,48	39,3
3	0,63	41,5	0,7	61,1
4	0,83	56	0,92	93,9
5	1,03	75,7	1,12	130,5
6	1,22	98,6	1,32	165,3
7	1,4	120,6	1,52	199,2
8	1,58	149,1	1,69	241,4
9	1,75	173,4	1,88	278,2
10	1,91	201	2,04	314,8
11	2,08	229,1	2,21	335,9
12	2,25	258		
13	2,41	289,2		
14	2,56	319,4		

16 numaralı dimi kumaş numunesi maksimum 14V’a kadar dayanırken, 26 numaralı saten kumaş numunesi 11V’a kadar dayanmıştır. Bu numunelerin aynı gerilimdeki maksimum sıcaklıkları karşılaştırıldığında 26 numaralı numunenin daha yüksek sıcaklıklara çıktığı Şekil 5.32’de görülmektedir.



Şekil 5.32: 16 ve 26 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

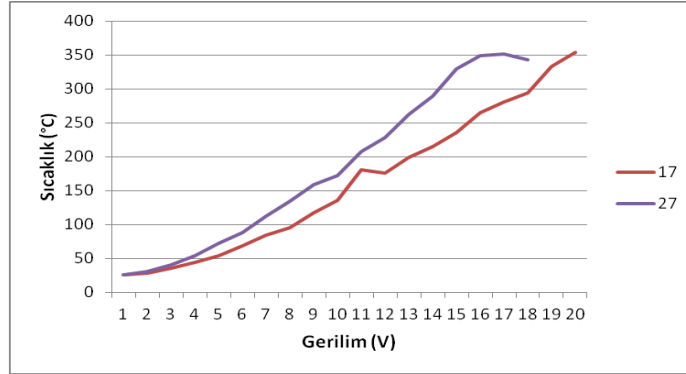
Pamuk temel ipliği ve 110 tex inox iletken ipliği ile dokunmuş olan 17 numaralı dimi kumaş numunesi ve 27 numaralı saten kumaş numunesinin artan gerilim, akım ve maksimum sıcaklık değerleri Çizelge 5.28’de verilmiştir.

Çizelge 5.28: 17 ve 27 numaralı numunelerin gerilim, akım ve sıcaklık değerleri.

Kumaş No:	17		27	
	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)
1	0,11	25,4	0,12	25,7
2	0,23	28,7	0,24	30,3
3	0,35	35,4	0,35	40,2
4	0,46	44,5	0,46	53,2
5	0,58	53,8	0,58	71,7
6	0,69	68,8	0,68	87,5
7	0,81	83,9	0,79	111,8
8	0,92	95	0,89	134,1
9	1,03	116,7	0,99	158,2
10	1,14	135,3	1,08	172,3
11	1,23	180,6	1,18	207
12	1,33	175,9	1,27	227,7
13	1,42	199,1	1,37	262,9
14	1,52	214,6	1,45	288,8
15	1,63	235	1,54	329,6
16	1,73	264,4	1,62	349
17	1,83	280,5	1,7	351,6
18	1,93	294,2	1,79	342,7
19	1,97	332,5		
20	2,01	353,9		

17 ve 27 numaralı numuneler incelendiğinde, 17 numaralı dimi kumaş numunesinin 20V’a kadar dayandığı görülürken, 27 numaralı saten kumaş numunesinin 18V’a

kadar dayandığ gör÷lmektedir. Bu numunelerin aynı gerilim değerlerinde ulaştıkları maksimum sıcaklıklar Şekil 5.33’de incelendiğinde 27 numaralı saten kumaşın aynı gerilim değerinde çok daha y÷ksek sıcaklıklara çıktığı rahatça g÷r÷lebilmektedir.



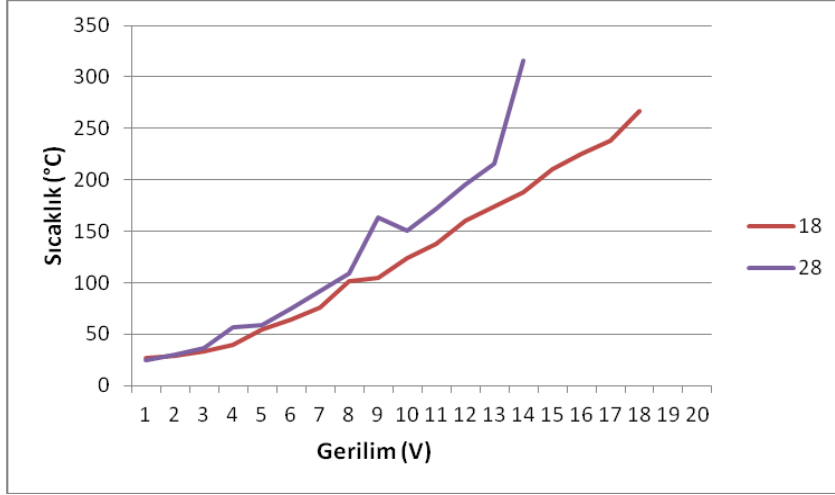
Şekil 5.33: 17 ve 27 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

Pamuk/akrilik (50/50) karışımı ana iplik ve 110 tex inox iplik ile üretilmiş 18 numaralı dimi kumaş ve 28 numaralı saten kumaş örneklerinin gerilim, akım ve maksimum sıcaklık değerleri izelge 5.29’da gösterilmektedir.

Çizelge 5.29: 18 ve 28 numaralı numunelerin gerilim, akım ve sıcaklık değerleri.

Kumaş No:	18		28	
	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)
1	0,11	26,3	0,12	24,7
2	0,22	28,7	0,24	29,5
3	0,33	33,5	0,35	36,1
4	0,43	39,2	0,47	56,5
5	0,53	54,5	0,57	58,4
6	0,64	63,8	0,68	74,4
7	0,73	75,5	0,79	92
8	0,83	101,5	0,88	108,9
9	0,93	104,3	0,99	163,3
10	1,02	123,7	1,09	150,6
11	1,11	138,2	1,19	171,9
12	1,2	159,7	1,28	195,5
13	1,29	174,5	1,37	215,4
14	1,37	187,4	1,46	316,1
15	1,46	210		
16	1,55	225,5		
17	1,63	238,6		
18	1,71	267		

18 ve 28 numaralı numuneler incelendiğinde, 18 numaralı dimi kumaş numunesinin maksimum 18V'a kadar dayanabilirken, 28 numaralı saten kumaş numunesinin 14V'a kadar dayanabildiği görülmektedir. Şekil 5.34'de bu numunelerin aynı gerilimdeki maksimum sıcaklık değerlerine bakıldığında, 28 numaralı saten numunesinin aynı gerilimde daha yüksek sıcaklıklara çıktığı tespit edilmiştir.



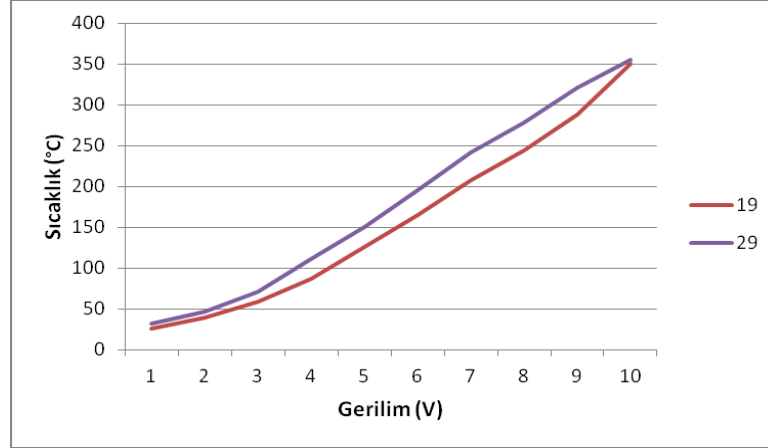
Şekil 5.34: 18 ve 28 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

Pamuk temel ipliği ve 505 tex inox iletken ipliği ile dokunmuş 19 numaralı dimi kumaş numunesi ile 29 numaralı saten kumaş numunesinin artan gerilim, akım ve buna bağlı olarak değişen maksimum sıcaklık değerleri Çizelge 5.30'da gösterilmektedir.

Çizelge 5.30: 19 ve 29 numaralı numunelerin gerilim, akım ve sıcaklık değerleri.

Kumaş No:	19		29	
	Gerilim (V)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)
1	0,44	25,4	0,53	31,2
2	0,93	39	1,02	46,8
3	1,38	58,1	1,46	71,3
4	1,81	86,9	1,9	110,8
5	2,26	125,4	2,35	150,2
6	2,68	165,3	2,8	195,8
7	3,07	207,1	3,2	241,6
8	3,44	244,2	3,59	278,5
9	3,8	287,8	4	320,7
10	4,17	350	4,37	354,6

19 ve 29 numaralı numunelerin ikisinin de maksimum 10V'luk gerilime dayanabildiği görülmektedir. Şekil 5.35'de bu numunelerin aynı gerilimdeki maksimum sıcaklıklarına bakıldığında, 29 numaralı saten kumaş numunesinin 19 numaralı dimi kumaş numunesine göre daha yüksek sıcaklıklara ulaştığı görülmektedir.



Şekil 5.35: 19 ve 29 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

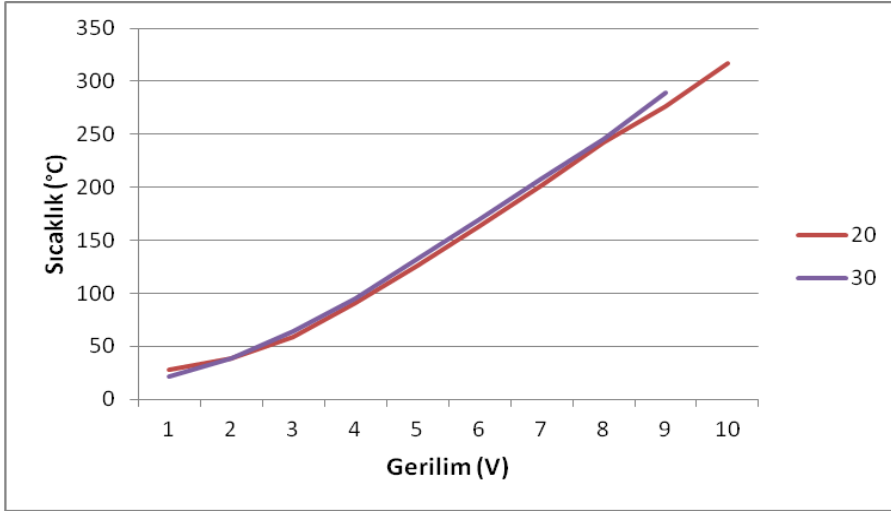
Pamuk/akrilik (50/50) ana ipliği ve 505 tex inox iletken ipliği ile dokunmuş 20 numaralı dimi kumaş numunesi ve 30 numaralı saten kumaş numunesinin artan gerilim ve akım değerlerine göre değişen maksimum sıcaklık değerleri Çizelge 5.31'de verilmiştir.

Çizelge 5.31: 20 ve 30 numaralı numunelerin gerilim, akım ve sıcaklık değerleri.

Kumaş No:	20		30	
	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)
1	0,49	28,1	0,57	21,2
2	0,97	38,8	1,11	38,7
3	1,43	58,5	1,63	63,9
4	1,86	90,5	2,13	95,3
5	2,27	125,6	2,66	132,8
6	2,7	163,5	3,1	170,1
7	3,1	201,3	3,57	208,5
8	3,48	242,7	4,07	245,2
9	3,84	276,1	4,55	289,4
10	4,23	317,3		

20 numaralı numune maksimum 10V'luk gerilime dayanırken, 30 numaralı numune 9V'luk gerilime dayanabilmiştir. Şekil 5.36'da bu numunelerin aynı gerilimde ortaya

çıkardıkları sıcaklıklar incelendiğinde, çok fazla olmasa da 30 numaralı saten kumaş numunesinin 20 numaralı dimi kumaş numunesine göre biraz daha yüksek sıcaklığa çıktığı görülmektedir.



Şekil 5.36: 20 ve 30 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

Numuneleri iletken ipliklerinin zarar görmeden dayanabildikleri maksimum gerilim değerine göre incelersek, bezayağı örgü tipinde dokunmuş olan kumaşların dimi ve satene göre çok daha yüksek gerilimlere kadar çıkabildiği görülmektedir. Dimi ve saten örgü tipini kendi aralarında karşılaştırdığımızda bazı gruplarda ulaştıkları gerilim değeri aynı olmakta veya saten biraz daha fazla gerilime dayanmakta iken çoğunlukla dimi örgü tipinin satene göre biraz daha yüksek değerlere çıkabildiği görülmüştür.

Bu numunelerin aynı gerilim değeri altında ulaştıkları maksimum sıcaklıklara bakıldığında ise yine en uygun örgü tipinin bezayağı olduğu görülmektedir. Bezayağı örgü tipindeki kumaşlar dimi ve satene göre çok daha düşük sıcaklıklarda aynı gerilime dayanabilmiştir. Dimi ile satene baktığımızda ise 10 grubun içinde 2 tanesi hariç diğerlerinde satenin aynı gerilim altında en yüksek sıcaklıklara ulaştığı görülmüştür.

Bu iki kriteri de göz önünde bulundurduğumuzda bezayağı örgü tipinin hem sıcaklık hem de daha yüksek gerilime dayanabilme özelliğinden dolayı 3 örgü tipi içerisinde en uygun olduğu söylenebilmektedir. Bezayağından sonra sırasıyla dimi ve saten gelmektedir.

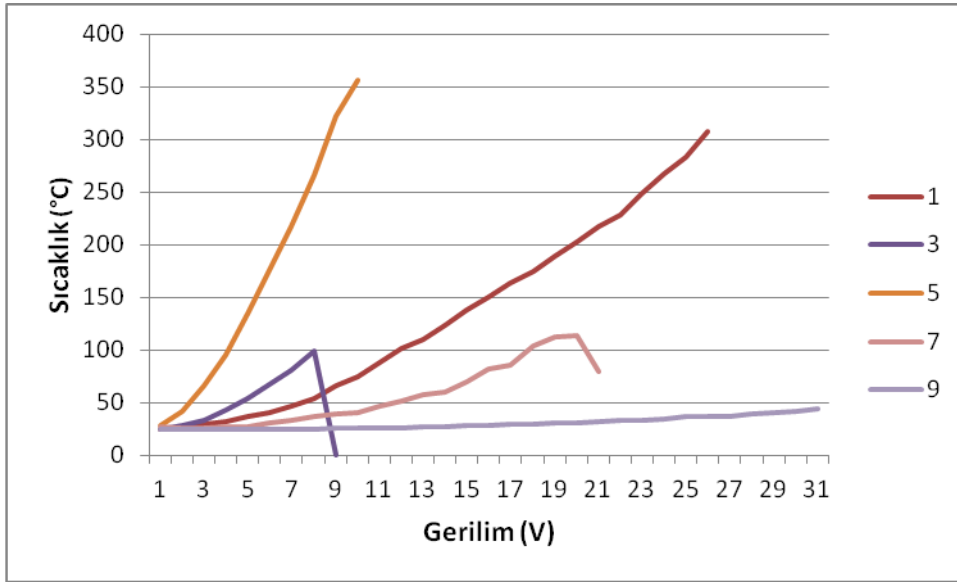
5.3.3 İletken iplik cinsine göre değerlendirme

Bu çalışmada 8 farklı iletken iplik kullanılmıştır. Bu iplikler farklı direnç değerlerine sahip 3 çeşit gümüş ve 5 çeşit çelik ipliklidir. Bu numuneler tek değişkenleri iletken iplik cinsi olacak şekilde 8 ayrı grupta incelenmiştir. Pamuk iplik ile bezayağı örgü tipinde dokunmuş 1, 3, 5, 7 ve 9 numaralı kumaş numunelerinin artan gerilim ve akım değerlerine göre değişen maksimum sıcaklıkları Çizelge 5.32’de verilmiştir.

Çizelge 5.32: 1,3,5,7 ve 9 numaralı numunelerin gerilim, akım ve sıcaklık değerleri.

Kumaş No:	1		3		5		7		9	
	Gerilim (V)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)
1	0,07	24,9	0,12	24,9	0,38	27,6	0,005	26,7	0,002	24,2
2	0,13	25,7	0,23	28,5	0,78	41,1	0,01	26,2	0,004	24,2
3	0,18	29,6	0,32	33,6	1,25	66,4	0,02	25,6	0,006	24,2
4	0,24	31,9	0,43	43,2	1,71	95,3	0,03	26,5	0,008	24,4
5	0,29	36,4	0,52	53,2	2,19	133,7	0,04	27,4	0,009	24,4
6	0,34	40,8	0,62	66,7	2,65	175,5	0,04	30,9	0,01	24,2
7	0,4	46,6	0,74	80,4	3,12	217,3	0,05	33,3	0,012	24,6
8	0,46	54,2	0,86	98,3	3,54	265,8	0,06	36,7	0,014	25
9	0,53	65,9	0,97	koptu	3,91	321,5	0,07	38,6	0,016	25,5
10	0,6	74,6			4,25	356,7	0,08	40,2	0,017	25,5
11	0,67	87,5					0,09	46,2	0,018	25,5
12	0,75	101,6					0,09	51,1	0,019	25,9
13	0,82	109,8					0,11	57,3	0,02	26,5
14	0,89	122,9					0,12	60,3	0,022	27
15	0,96	137,9					0,13	69,8	0,024	27,6
16	1,03	149,7					0,15	81,7	0,026	28,1
17	1,09	163,6					0,18	85,5	0,028	29,2
18	1,12	175					0,2	104,1	0,03	29,7
19	1,21	188,8					0,23	112,4	0,032	30,2
20	1,26	202					0,26	113,8	0,034	31,1
21	1,32	217,6					0,32	79,2	0,036	31,8
22	1,38	227,7							0,038	32,9
23	1,44	249,4							0,039	33,2
24	1,5	267,1							0,04	34,2
25	1,56	282,9							0,042	36,1
26	1,61	307,1							0,044	36,1
27									0,046	37,1
28									0,05	38,9
29									0,053	39,9
30									0,056	41,6
31									0,06	43,5

Şekil 5.37 incelendiğinde en yüksek gerilime 70 denye gümüş iletken iplikle dokunmuş olan 9 numaralı kumaşın dayandığı görülmektedir. 9 numaralı kumaş yapılan deneylerde 31V'a kadar çıkabilmiş, kullanılan DC güç kaynağı daha yüksek değere çıkamadığından deney burada kesilmek zorunda kalmıştır. 9 numaralı kumaştan sonra çelik iplikle dokunmuş 1 numaralı kumaş 26V'a, 30 denye gümüş iplikten üretilmiş 7 numara kumaş 21V'a, çelik iplikten üretilmiş 5 numaralı kumaş 10V'a, gümüş iplikle üretilmiş 3 numaralı kumaş 9V'a kadar zarar görmeden üzerinden akım geçirilebilmiştir.



Şekil 5.37: 1, 3, 5, 7 ve 9 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

Pamuk/akrilik karışımli iplikten üretilmiş 2, 4, 6, 8 ve 10 numaralı bezayağı kumaşların gerilim, akım ve maksimum sıcaklık değerleri Çizelge 5.33'de verilmiştir.

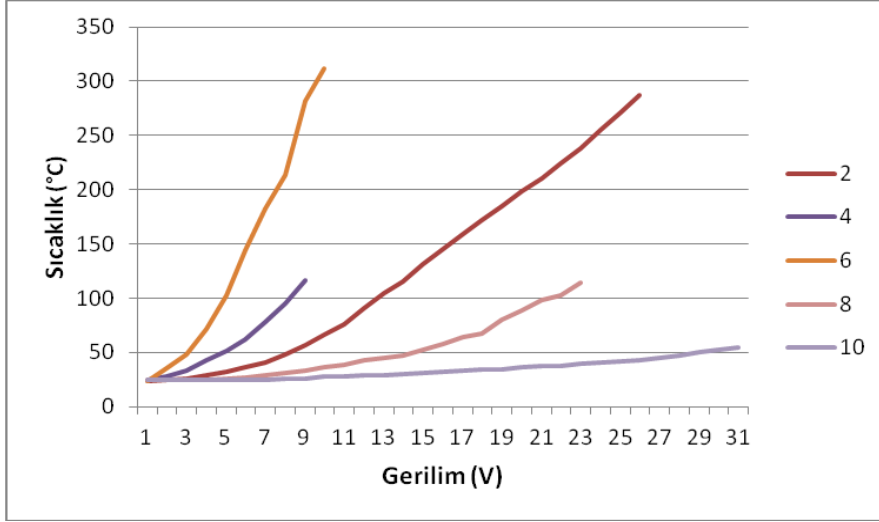
Şekil 5.38 incelendiğinde en yüksek gerilime 70 denye gümüş iletken iplikle dokunmuş olan 10 numaralı kumaşın dayandığı görülmektedir. 10 numaralı kumaş yapılan deneylerde 31V'a kadar çıkabilmiş, kullanılan DC güç kaynağı daha yüksek değere çıkamadığından deney burada kesilmek zorunda kalmıştır.

10 numaralı kumaştan sonra çelik iplikle dokunmuş 2 numaralı kumaş 26V'a, 30 denye gümüş iplikten üretilmiş 8 numara kumaş 23V'a, çelik iplikten üretilmiş 6 numaralı kumaş 10V'a, gümüş iplikle üretilmiş 4 numaralı kumaş 9V'a kadar dayanabilmiş ve zarar görmeden üzerinden akım geçirilebilmiştir. Sıcaklıklar

incelendiğinde ise aynı gerilim değeri altında en yüksek sıcaklığa 6 numaralı kumaşta ulaşılmıştır.

Çizelge 5.33: 2, 4, 6, 8 ve 10 numaralı numunelerin gerilim, akım ve sıcaklık değerleri.

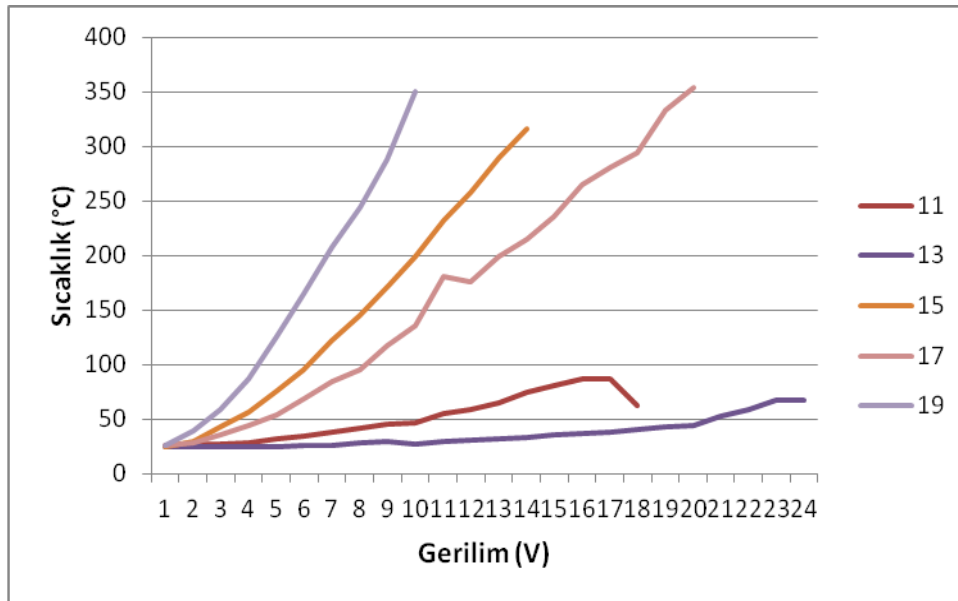
Kumaş No:	2		4		6		8		10	
	Gerilim (V)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)
1	0,06	23,8	0,11	24,9	0,4	23,6	0,005	24,4	0,001	24,3
2	0,12	24,9	0,21	27,9	0,83	35,1	0,01	24,1	0,003	24,4
3	0,17	26,2	0,32	33,1	1,3	48,5	0,02	24,8	0,006	24,4
4	0,23	28,7	0,41	42,6	1,77	71,4	0,03	24,6	0,008	24,5
5	0,29	32,4	0,52	50,8	2,26	102,8	0,03	25,9	0,01	24,6
6	0,35	36	0,61	62	2,7	143,8	0,04	26,6	0,012	24,7
7	0,42	40,6	0,72	78,5	3,09	182,1	0,05	29,2	0,014	24,9
8	0,49	47,6	0,85	94,9	3,5	213,1	0,06	31,2	0,016	25,3
9	0,56	56,4	0,95	116,8	3,9	282,1	0,07	33,3	0,018	25,4
10	0,63	66			4,23	311,4	0,07	36	0,019	27,5
11	0,71	75,7					0,08	38,5	0,02	28,2
12	0,78	91,2					0,09	42,4	0,022	28,4
13	0,85	104,2					0,1	44,6	0,024	28,9
14	0,93	115,2					0,11	47,4	0,026	29,7
15	1	130,9					0,12	52,3	0,028	30,7
16	1,06	145,7					0,13	57,2	0,03	31,7
17	1,13	158,9					0,15	63,6	0,032	32,9
18	1,19	172,4					0,18	67,5	0,034	34
19	1,25	184,6					0,21	79,6	0,036	34,7
20	1,31	198,6					0,24	88,4	0,038	36
21	1,38	210,5					0,28	97,9	0,04	37
22	1,43	224,7					0,31	103	0,042	37,6
23	1,49	238,2					0,34	114,5	0,044	39,3
24	1,55	255,5							0,048	40,2
25	1,61	271,6							0,05	41,7
26	1,67	287,2							0,052	43,1
27									0,054	44,5
28									0,056	46,7
29									0,06	49,8
30									0,065	52,3
31									0,07	54,6



Şekil 5.38: 2, 4, 6, 8 ve 10 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

Pamuk ipliği ile dokunmuş 11, 13, 15, 17 ve 19 numaralı dimi kumaş numunelerinin artan gerilim ve akım değerlerine göre ulaştıkları maksimum sıcaklık değerleri Çizelge 5.34’de verilmiştir.

Şekil 5.39 incelendiğinde en yüksek gerilim değerine 70 denye gümüş ipliği ile dokunmuş 13 numaralı kumaş numunesi ile çıktığı görülmektedir. 13 numaralı numune 24V’a kadar dayanırken, 17 numaralı 110 tex inox iplik ile dokunmuş numune 20V’a kadar, 30 denye gümüş ipliği kullanılan 11 numaralı numune 18V’a, 235 tex inox iplikle üretilmiş 15 numaralı numune 14 V’a, 505 tex inox iplikle dokunmuş 19 numaralı kumaş numunesi 10V’a kadar çıkabilmiştir.



Çizelge 5.34: 11, 13, 15, 17 ve 19 numaralı numunelerin gerilim, akım ve sıcaklık değerleri.

Kumaş No:	11		13		15		17		19	
	Gerilim (V)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)
1	0,02	26,2	0,004	24,1	0,21	24,2	0,11	25,4	0,44	25,4
2	0,04	26,5	0,008	23,9	0,41	28,9	0,23	28,7	0,93	39
3	0,06	26,6	0,01	24,1	0,62	42,3	0,35	35,4	1,38	58,1
4	0,08	27,9	0,015	24,3	0,81	55,8	0,46	44,5	1,81	86,9
5	0,1	32	0,02	24,6	1,01	76	0,58	53,8	2,26	125,4
6	0,12	34,4	0,022	25,2	1,21	94,8	0,69	68,8	2,68	165,3
7	0,14	38	0,026	25,5	1,4	122,2	0,81	83,9	3,07	207,1
8	0,16	41,8	0,03	28	1,57	145,8	0,92	95	3,44	244,2
9	0,19	45,6	0,035	29,3	1,75	170,5	1,03	116,7	3,8	287,8
10	0,23	46,2	0,04	27,5	1,92	198,4	1,14	135,3	4,17	350
11	0,25	54,9	0,045	29,3	2,1	231,9	1,23	180,6		
12	0,28	58,5	0,05	30,8	2,25	256,9	1,33	175,9		
13	0,31	64,7	0,055	32,1	2,41	289,7	1,42	199,1		
14	0,35	74,7	0,06	32,8	2,57	316,2	1,52	214,6		
15	0,38	80,6	0,065	35,3			1,63	235		
16	0,42	86,4	0,07	36,8			1,73	264,4		
17	0,46	87	0,075	38,5			1,83	280,5		
18	0,49	62,4	0,08	40,2			1,93	294,2		
19			0,09	42,8			1,97	332,5		
20			0,095	44,6			2,01	353,9		
21			0,1	52,6						
22			0,11	58,1						
23			0,115	67,7						
24			0,06	66,7						

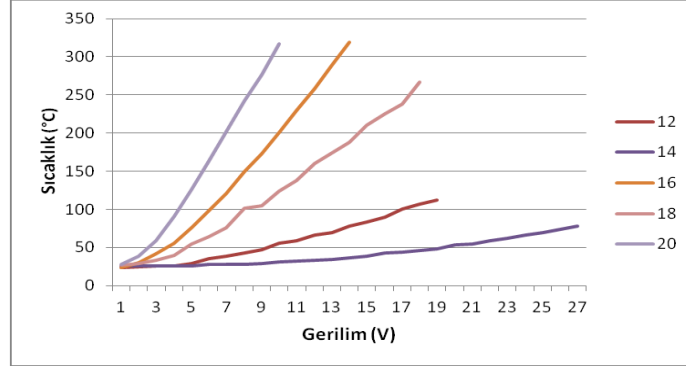
Şekil 5.39: 11, 13, 15, 17 ve 19 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

Pamuk/akrilik karışımı iplikten üretilmiş olan 12, 14, 16, 18 ve 20 numaralı dimi numunelerinin artan gerilim ve akım değerlerine paralel olarak ulaştıkları maksimum sıcaklık değerleri Çizelge 5.35’de verilmiştir.

Çizelge 5.35: 12, 14, 16, 18 ve 20 numaralı numunelerin gerilim, akım ve sıcaklık değerleri.

Kumaş No:	12		14		16		18		20	
	Gerilim (V)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)
1	0,01	23,9	0,001	25,7	0,21	23,3	0,11	26,3	0,49	28,1
2	0,02	24,8	0,008	25,9	0,42	30,1	0,22	28,7	0,97	38,8
3	0,03	26,1	0,01	25,3	0,63	41,5	0,33	33,5	1,43	58,5
4	0,04	25,5	0,015	25,9	0,83	56	0,43	39,2	1,86	90,5
5	0,05	28,6	0,02	26,2	1,03	75,7	0,53	54,5	2,27	125,6
6	0,07	34,8	0,024	27,3	1,22	98,6	0,64	63,8	2,7	163,5
7	0,08	38,9	0,03	27,4	1,4	120,6	0,73	75,5	3,1	201,3
8	0,1	43,2	0,035	28,2	1,58	149,1	0,83	101,5	3,48	242,7
9	0,11	47,5	0,04	29	1,75	173,4	0,93	104,3	3,84	276,1
10	0,13	55,5	0,046	30,9	1,91	201	1,02	123,7	4,23	317,3
11	0,15	59,1	0,05	31,7	2,08	229,1	1,11	138,2		
12	0,16	66,2	0,055	33,6	2,25	258	1,2	159,7		
13	0,18	69,9	0,06	34,2	2,41	289,2	1,29	174,5		
14	0,21	78,5	0,064	36,6	2,56	319,4	1,37	187,4		
15	0,23	83,7	0,07	39			1,46	210		
16	0,26	89,7	0,075	42,8			1,55	225,5		
17	0,28	99,9	0,08	43,5			1,63	238,6		
18	0,32	106,3	0,09	46,1			1,71	267		
19	0,14	112,1	0,095	48,4						
20			0,1	53,8						
21			0,11	54,7						
22			0,12	59						
23			0,125	61,5						
24			0,13	65,9						
25			0,14	69,4						
26			0,15	73,3						
27			0,16	77,8						

Karşılaştırılan numuneler arasında 70 denye gümüş iplikle dokunmuş olan 14 numaralı kumaş numunesinin en yüksek gerilime dayandığı Şekil 5.40'da görülmektedir. Bu ipliği sırasıyla, 30 denye gümüş iplikle üretilmiş 12 numaralı numune, 110 tex inox iplikle dokunmuş 18 numaralı numune, 235 tex inox iplik ile dokunmuş 16 numaralı numune ve son olarak 505 tex inox iplik ile dokunmuş 20 numaralı numune izlemektedir.



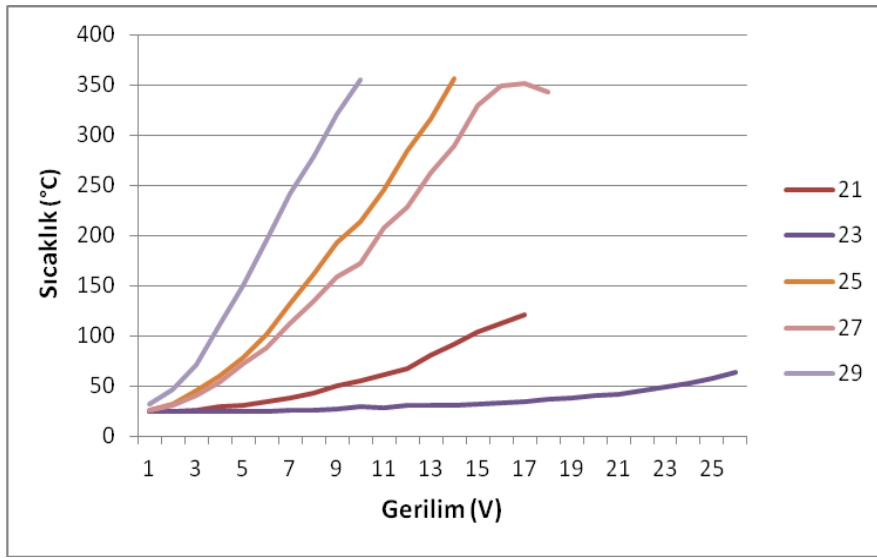
Şekil 5.40: 12, 14, 16, 18 ve 20 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

Çizelge 5.36: 21, 23, 25, 27 ve 29 numaralı numunelerin gerilim, akım ve sıcaklık değerleri.

Kumaş No:	21		23		25		27		29	
	Gerilim (V)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)
1	0,01	24	0,004	24,2	0,21	25,2	0,12	25,7	0,53	31,2
2	0,02	24,2	0,008	24,5	0,42	32,4	0,24	30,3	1,02	46,8
3	0,04	25,9	0,01	24,7	0,62	44,7	0,35	40,2	1,46	71,3
4	0,05	29	0,015	24,5	0,82	60,1	0,46	53,2	1,9	110,8
5	0,06	30,8	0,018	24,8	1,01	78,7	0,58	71,7	2,35	150,2
6	0,08	34,6	0,02	25,1	1,19	101,2	0,68	87,5	2,8	195,8
7	0,09	38,2	0,024	25,5	1,37	132,1	0,79	111,8	3,2	241,6
8	0,11	42,9	0,026	25,6	1,54	161	0,89	134,1	3,59	278,5
9	0,12	50,5	0,03	26,4	1,72	192,4	0,99	158,2	4	320,7
10	0,14	55,5	0,035	28,8	1,88	213,6	1,08	172,3	4,37	354,6
11	0,15	61,5	0,04	27,9	2,04	245,8	1,18	207		
12	0,17	67,7	0,042	30,3	2,19	283,8	1,27	227,7		
13	0,2	80,8	0,046	31,1	2,35	315,9	1,37	262,9		
14	0,22	91,2	0,05	30,4	2,51	356,4	1,45	288,8		
15	0,25	103,5	0,055	32,4			1,54	329,6		
16	0,28	112,5	0,06	32,7			1,62	349		
17	0,31	121,3	0,065	34,7			1,7	351,6		
18			0,07	36,5			1,79	342,7		
19			0,075	38,2						
20			0,08	40,8						
21			0,09	42						
22			0,095	45,1						
23			0,1	48,7						
24			0,11	52						
25			0,12	57						
26			0,13	63,4						

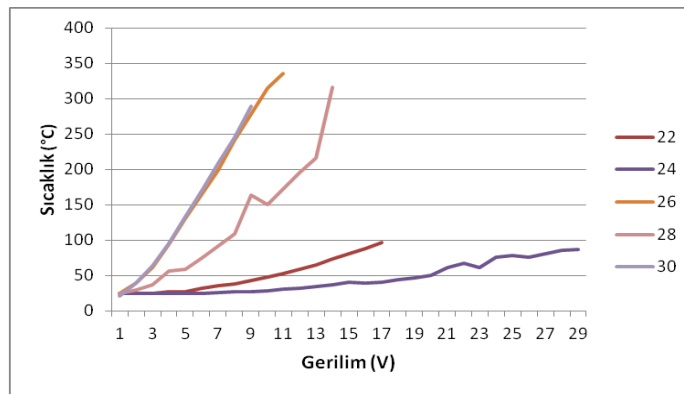
Saten örgü tipinde %100 pamuklu kumaşla dokunmuş 21, 23, 25, 27 ve 29 numaralı numunelerin gerilim, akım ve maksimum sıcaklık değerleri Çizelge 5.36'da gösterilmektedir.

Şekil 5.41'de görüldüğü gibi incelenen bu numuneler arasında en yüksek gerilime dayanan 70 denye gümüş ipliği ile dokunmuş olan 23 numaralı numunedir. Sonrasında sırasıyla 110 tex inox ipliği ile dokunmuş 27 numaralı numune, 30 denye gümüş ipliği ile dokunmuş 21 numaralı numune, 235 tex inox iplik ile üretilmiş 25 numaralı numune ve son olarak 505 tex inox ipliği ile dokunmuş 29 numaralı numune gelmektedir.



Şekil 5.41: 21, 23, 25, 27 ve 29 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

Pamuk/akrilik (50/50) karışımli iplikle saten örgü tipinde dokunan 22, 24, 26, 28 ve 30 numaralı numunelerinin gerilim, akım ve maksimum sıcaklık değerleri Çizelge 5.37'de karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.42: 22, 24, 26, 28 ve 30 numaralı numunelerin sıcaklık-gerilim değişimi.

Şekil 5.42 incelendiğinde 24 numaralı 70 denye gümüş iplikle üretilmiş 29V gerilime dayanırken, 30 denye gümüş iplikle dokunmuş 22 numaralı kumaş 17V, 110 tex inox iplikle dokunmuş 28 numara iplik 14V, 235 tex inox iplikle üretilmiş 26 numara numune 11V, 505 tex inox iplikle dokunmuş 30 numara numune ise 9V'a kadar çıkabilmiştir.

Çizelge 5.37: 22, 24, 26, 28 ve 30 numaralı numunelerinin gerilim, akım ve sıcaklık değerleri.

Kumaş No:	22		24		26		28		30	
	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)	Akım (A)	Maks. Sıcaklık (°C)
1	0,01	23,9	0,001	24	0,24	24,5	0,12	24,7	0,57	21,2
2	0,02	24,4	0,006	23,9	0,48	39,3	0,24	29,5	1,11	38,7
3	0,04	25	0,01	24	0,7	61,1	0,35	36,1	1,63	63,9
4	0,05	26,5	0,014	24,9	0,92	93,9	0,47	56,5	2,13	95,3
5	0,07	27,2	0,018	24,8	1,12	130,5	0,57	58,4	2,66	132,8
6	0,08	31,7	0,021	25,1	1,32	165,3	0,68	74,4	3,1	170,1
7	0,09	35	0,025	26,1	1,52	199,2	0,79	92	3,57	208,5
8	0,11	38,3	0,03	27,1	1,69	241,4	0,88	108,9	4,07	245,2
9	0,13	42,4	0,034	27,5	1,88	278,2	0,99	163,3	4,55	289,4
10	0,14	47,1	0,037	28,2	2,04	314,8	1,09	150,6		
11	0,16	52,4	0,04	30,4	2,21	335,9	1,19	171,9		
12	0,18	59,1	0,045	32,1			1,28	195,5		
13	0,21	64,6	0,05	34,1			1,37	215,4		
14	0,23	72,9	0,056	36,3			1,46	316,1		
15	0,26	80,4	0,06	40,8						
16	0,28	87,7	0,065	39,4						
17	0,31	96,3	0,07	40,6						
18			0,08	43,7						
19			0,09	46,8						
20			0,1	50,7						
21			0,1	60,7						
22			0,11	66,6						
23			0,12	60,9						
24			0,13	75,5						
25			0,14	78,2						
26			0,15	75,6						
27			0,16	80,2						
28			0,17	85,3						
29			0,09	86,3						

Gerilim değerlerine göre bir değerlendirme yapıldığında bütün gruplarda en yüksek gerilim değerine 377 Ω/m 'lik direnç değerine sahip olan 70 denye gümüş iplik ile ulaşılmıştır, en düşük gerilim değerine ise 14 Ω/m 'lik direnç değerine sahip olan 505 tex inox iplik ile ulaşılmıştır. İpliklerin direnç değerleri incelendiğinde lineer dirençleri ile dayanabildikleri maksimum gerilim değerlerinin doğru orantılı bir şekilde gittiği görülmektedir.

Sıcaklık değerlerinde ise en yüksek gerilime ulaşabilen 70 denye gümüş iplik ile dokunmuş olan kumaşın aynı voltaj değeri altında diğer kumaşlara göre daha az sıcaklığa ulaştığı görülmüştür. En düşük gerilime çıkabilen 505 tex inox iplik ile dokunmuş kumaşların ise aynı gerilim değeri altında diğer kumaşlara göre çok daha yüksek sıcaklıklara ulaştığı görülmüştür.

Gerilim ve sıcaklık faktörleri göz önüne alındığında kullanılan bu 8 iletken iplik içerisinde en iyi sonuçların 70 denyelik gümüş iplik ile alındığı gözlemlenmiştir.

5.4 İstatiksel Analiz

Çalışmada elde edilen sonuçların anlamlı olup olmadığını tespit etmek amacı ile hipotez testi yapılmıştır. Bu testlerde mühendislik uygulamalarında kullanılan $\alpha=0.05$ anlamlılık düzeyinde çalışılmıştır.

Kurulan hipotezlerde 1 değişken dışında bütün parametrelerin aynı olduğu kumaşlar ikili gruplar halinde incelenmiş ve bu değişkenlerin değerlerinin farkının anlamlı olup olmadığı t testi ile incelenmiştir. T testinin seçilmesinin nedeni numune sayısının 30'dan az olmasıdır.

Bu kapsamda yapılan istatiksel analizde,

$$H_0 = \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad (5.1)$$

$$H_1 = \mu_1 - \mu_2 > 0 \quad (5.2)$$

Olmak üzere iki adet hipotez kurulmuştur. Bu hipotezlerde μ değerleri karşılaştırılan iki veri grubunun ortalama değerlerini ifade etmektedir.

$$S_p^2 = \frac{(n_1-1) S_1^2 + (n_2-1) S_2^2}{n_1+n_2-2} \quad (5.3)$$

Formül 5.3'de ise S_1 ve S_2 iki veri grubunun standart sapmalarını gösterirken, S_p ise ortalama standart sapmalarını göstermektedir. Bu formül ile birlikte ortalama standart sapma hesaplaması yapılarak, 5.4 numaralı formülde yerine koyularak t değeri hesaplanmaktadır.

$$t = \frac{\mu_1 - \mu_2}{S_p \sqrt{(1/n_1) + (1/n_2)}} \quad (5.4)$$

Elde edilen bu t değeri, t tablosundaki değerle karşılaştırılmakta, elde edilen değer tablodaki değerden büyük çıktığında H_0 hipotezi reddedilmektedir. Yani, iki veri grubu arasındaki farklılığın anlamlı olduğu sonucuna varılmaktadır.

Örgü tipine göre yapılan değerlendirmede, bezayağı ve saten kumaş numunelerinin karşılaştırılmasında yapılan istatistiksel analizlerin hepsi anlamlı çıkarken, dimi ve saten numunelerin karşılaştırılmasında tablolarda da büyük bir farklılık görülmediği gibi istatistiksel analizde de anlamlı sonuçlar elde edilememiştir. iplik cinsine göre yapılan karşılaştırmada ise, yapılan 15 karşılaştırmadan 3 tanesi dışında diğerlerinde H_0 hipotezi kabul edilmiş, yani farklar arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür ki tablolardan da bu sonuç rahatlıkla görülebilmektedir.

Son olarak iletken iplik cinsine göre değerlendirmede ise, sıcaklık ve gerilim değerlerine göre en iyi ve en kötü sonuçlar veren 70 denye gümüş iplikle dokunmuş numuneler ve 505 tex inox iplikle dokunmuş numuneler arasında bir analiz yapıldığında hesaplanan t değerinin tablodaki değerden çok daha yüksek bir değer olduğu görülmüş, H_0 hipotezi reddedilmiş ve farklar arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, iletken iplik özellikleri, temel iplik özellikleri ve doku tipinin, iletken ipliklerle dokunan kumaşlardaki sıcaklık dağılımına etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında 2 farklı temel iplik, 8 farklı iletken iplik ve 3 farklı örgü tipi ile el dokuma tezgahlarında 30 adet kumaş numunesi dokunmuştur. Daha sonra, bu numunelerin birer santimetrelik arayla paralel yerleştirilmiş 2 adet iletken ipliği DC güç kaynağına bağlanmış, 1V'dan başlayarak iletken ipliğin zarar görmeden üzerinden akım geçirebilme kabiliyetini kaybetmeyeceği noktaya kadar gerilim birer birer arttırılmış ve her gerilim değerinde termal kamera yardımıyla kumaştaki sıcaklık dağılımı ve maksimum sıcaklık değeri ölçülmüştür.

Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak incelenmiştir. İstatistiksel analiz sonucunda temel iplik tipinin değişiminin kumaşlardaki sıcaklık dağılımını etkilemediği sonucuna varılmıştır.

Örgü tipine göre yapılan değerlendirmede, bezayağı ve saten kumaşların arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucu elde edilmiştir. Numunelerin aynı gerilim değeri altında ulaştıkları maksimum sıcaklıklara bakıldığında en uygun örgü tipinin bezayağı olduğu görülmektedir. Bezayağı örgü tipindeki kumaşlar dimi ve satene göre çok daha düşük sıcaklıklarda aynı gerilime dayanabilmiştir. Dimi ile saten kumaşların büyük çoğunluğunda saten kumaşların aynı gerilim altında en yüksek sıcaklıklara ulaştığı görülmüştür.

Bezayağı örgü tipinin hem sıcaklık hem de daha yüksek gerilime dayanabilme özelliğinden dolayı 3 örgü tipi içerisinde en uygun örgü tipi olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada farklı direnç değerlerine sahip 8 farklı iletken iplik kullanılmıştır. Gerilim değerlerine göre bir değerlendirme yapıldığında bütün gruplarda en yüksek gerilim değerine 377 Ω/m 'lik direnç değerine sahip olan 70 denye gümüş iplikle çıkılırken, en düşük gerilim değerine ise 14 Ω/m 'lik direnç değerine sahip olan 505

tex inox iplik ile ulaşılmıştır. İpliklerin direnç değerleri incelendiğinde lineer dirençleri ile dayanabildikleri maksimum gerilim değerlerinin doğru orantılı olduğu görülmektedir.

Sıcaklık değerlerinde ise en yüksek gerilime ulaşabilen 70 denye gümüş iplikle dokunmuş olan kumaşın aynı voltaj değeri altında diğer kumaşlara göre daha az sıcaklığa ulaştığı grlmştir. En düşük gerilime çıkabilen 505 tex inox iplikle dokunmuş kumaşların ise aynı gerilim değeri altında diğer kumaşlara göre çok daha yüksek sıcaklıklara ulaştığı grlmştir.

Gerilim ve sıcaklık faktörleri göz önüne alındığında kullanılan bu 8 iletken iplik içerisinde en iyi sonuçların 70 denyelik gümüş iplikle alındığı gözlemlenmiştir.

Kullanılan bu 8 iletken ipliğin, iplik numaralarına baktığımızda ise ipliklerin kalınlığı ile lineer dirençlerinin ters orantılı oldukları görülmektedir. Yani ipliğin kalınlığı arttıķa sahip olduğu lineer direnci azalmaktadır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda daha ince olan ipliklerin daha yüksek lineer dirence sahip olmasından dolayı elektronik tekstil uygulamalarında kullanımının daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

En az atlamaya sahip olan bezayağında en iyi sonuçlar elde edilirken, en çok atlamaya sahip olan satende en kötü sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkılarak elektronik tekstil uygulamalarında kullanılan kumaşlarda en basit örgü olan bezayağı örgü ile dokumanın en uygun olacağı fikrine ulaşılmıştır.

İletken iplik cinsine göre değerlendirmede ise bu ipliklerin direnç değerlerinin en önemli faktörü oluşturduğu görülmektedir. Lineer direnci yüksek olan ipliklerin kullanımının e-tekstil uygulamalarında çok daha iyi sonuçlar verdiği yapılan çalışma sonucunda tespit edilmiştir.

Bu alışma, bundan sonra yapılacak elektronik tekstil uygulamaları için bir temel oluşturmakta ve bu yönüyle literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar göz önüne alınarak, bundan sonra yapılacak çalışmalarda e-tekstil ürününün konstrüksiyonu tasarlanırken temel iplik seçiminde termal iletkenlik değeri düşük ipliklerin, iletken iplik seçiminde lineer direnci yüksek olan ipliklerin, örgü tipi seçiminde ise en az iplik atlamalı, iplikler arasında en fazla bağlantı noktasına sahip olan örgü tipi olan bezayağının seçilmesi önerilmektedir.

Bu çalışmanın ileride farklı örme kumaş yapıları ile de yapılmasının faydalı olacağı

öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Uçar, S. (2006). *Teknik/Akıllı Tekstiller ve Tasarımda Kullanımları* (yüksek lisans tezi), Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- [2] Yalçınkaya, B., Yılmaz, D., (2011). Elektronik Tekstillerin, Tekstil Endüstriindeki Yeri ve Giyilebilir Tekstilde Kullanılan İletken Lifler, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Cilt 5, No:1, 61-71.
- [3] Yalçın, İ., (2008). *Tekstil Malzemelerinin Tarımda Kullanımı* (lisans tezi), İTÜ Tekstil Teknolojileri ve Tasarımı Fakültesi, İstanbul.
- [4] Huang, C., Shen, C., Tang, C., Chang, S., (2008). A wearable yarn-based piezo-resistive sensor, *Sensors and Actuators*, **141**, 396-403.
- [5] Balcı, H. (2006). *Akıllı(Fonksiyonel) Tekstiller, Seçilmiş Kumaşlar Antibakteriyel Apre ve Performans Özellikleri* (yüksek lisans tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [6] Coşkun, E. (2007). *Akıllı Tekstiller ve Genel Özellikleri* (yüksek lisans tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [7] Kaynak, H. K., Babaarslan O., (2009). Mikroliflerin Tekstil Endüstrisindeki Yeri ve Önemi, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Cilt 3, No:3, 70-83.
- [8] Celep, G., Dayık, M., (2009). İçi Bos İplikler ve Üretim Yöntemleri, *Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Cilt 3, No:2, 50-57.
- [9] Url-1 <<http://www.tekstilteknik.com.tr/yazdir.asp?ID=30>>, alındığı tarih 09.10.2011
- [10] Devrent, N., Yılmaz, N. D., (2004). Tekstil Endüstrisinde Kullanılan Antimikrobiyal Lifler, *Nonwoven Technical Textiles Technology Dergisi*, **4**, 48-55.
- [11] Şahin, O., (2011). *Fonksiyonel Bitim İşlemleri* (lisans tezi), Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Denizli.
- [12] Locher, I., Tröster, G., (2008). Enabling Technologies for Electrical Circuits on a Woven Monofilament Hybrid Fabric, *Textile Research Journal*, **78**, 583-594.
- [13] Kayacan, O., Bulgun, E., (2007). Metalik Tekstil Yapılarının Isınma Davranışları, *3. Uluslararası Teknik Tekstiller Kongresi*, İstanbul.
- [14] Kohler, A. R., Hilty, L. M., Bakker, C., (2011). Prospective Impacts of Electronic Textiles on Recycling and Disposal, *Journal of Industrial Ecology*, **15**, 496-511.

- [15] **Dhawan, A., Seyam, A. M., Ghosh, T. K., Muth, J. F.,** (2004). Woven Fabric-Based Electrical Circuits: Part I: Evaluating Interconnect Methods, *Textile Research Journal*, **74**, 913-919.
- [16] **Cherenack, K., Zysset, C., Kinkeldei, T., Münzenrieder, N., Tröster G.,** (2010). Woven Electronic Fibers with Sensing and Display Functions for Smart Textiles, *Advanced Materials*, **22**, 5178-5182.
- [17] **Buechley, L. A.,** (2007). *An Investigation of Computational Textiles with Applications to Education and Design* (doktora tezi), University of Colorado.
- [18] **Suh, M.,** (2010). E-Textiles For Wearability: Review On Electrical And Mechanical Properties, *Textile World*.
- [19] **Bhattacharya, R., Kok, M. M., Zhou, J.,** (2009). Rechargeable electronic textile battery, *Applied Physics Letter*, **95**.
- [20] **Kao, J., Marculescu, R.,** (2005). Energy-Aware Routing for E-Textile Applications, *Design, Automation and Test in Europe Conference and Exhibition*.
- [21] **Quirk, M. M., Martin, T. L., Jones M. T.,** (2009). Inclusion of Fabric Properties in the E-Textile Design Process, *2009 International Symposium on Wearable Computers*.
- [22] **Nakad, Z., Jones, M., Martin, T., Shenoy, R.,** (2007). Using electronic textiles to implement an acoustic beamforming array: A case study, *Pervasive and Mobile Computing*, **3**, 581-606.
- [23] **Engin, M., Demirel, A., Engin, E. Z., Fedakar, M.,** (2005). Recent developments and trends in biomedical sensors, *Measurement*, **37**, 173-188.
- [24] **Bedeloğlu, A., Sünter N., Bozkurt Y.** (2009). Elektriksel Olarak İletken Tekstil Yapıları, Üretim Yöntemleri ve Kullanım Alanları, *Tekstil ve Mühendis*, **79**, 7-17.
- [25] **Lee, H. S., Park, C. B., Noh, K. J., Sunwoo, J., Choi, H., Cho, I.,** (2010). Wearable Personal Network Based on Fabric Serial Bus Using Electrically Conductive Yarn, *ETRI Journal*, **32**, 713-721.
- [26] **Zheng, N., Wu, Z., Lin, M., Yang, L. T., Pan, G.,** (2010). Infrastructure and Reliability Analysis of Electric Networks for E-Textiles, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics- Part C: Applications and Reviews*, **40**, 36-51.
- [27] **Salman, A. O., Bıçak, E., Sezgin, M.,** (t.y.), Wideband Antenna with Conductive Textile Radiators for a Dual-Sensor Subsurface Detection System.
- [28] **Hertleer, C., Tronquo, A., Rogier, H., Langenhove, L. V.,** (2008). The Use of Textile Materials to Design Wearable Microstrip Patch Antennas, *Textile Research Journal*, **78**, 651-658.
- [29] **Yee, J. H.,** (2006). *Design and Development of Electrically Conducting Textile Sensors for Smart Textiles and Apparel* (doktora tezi), The Hong Kong Polytechnic University.

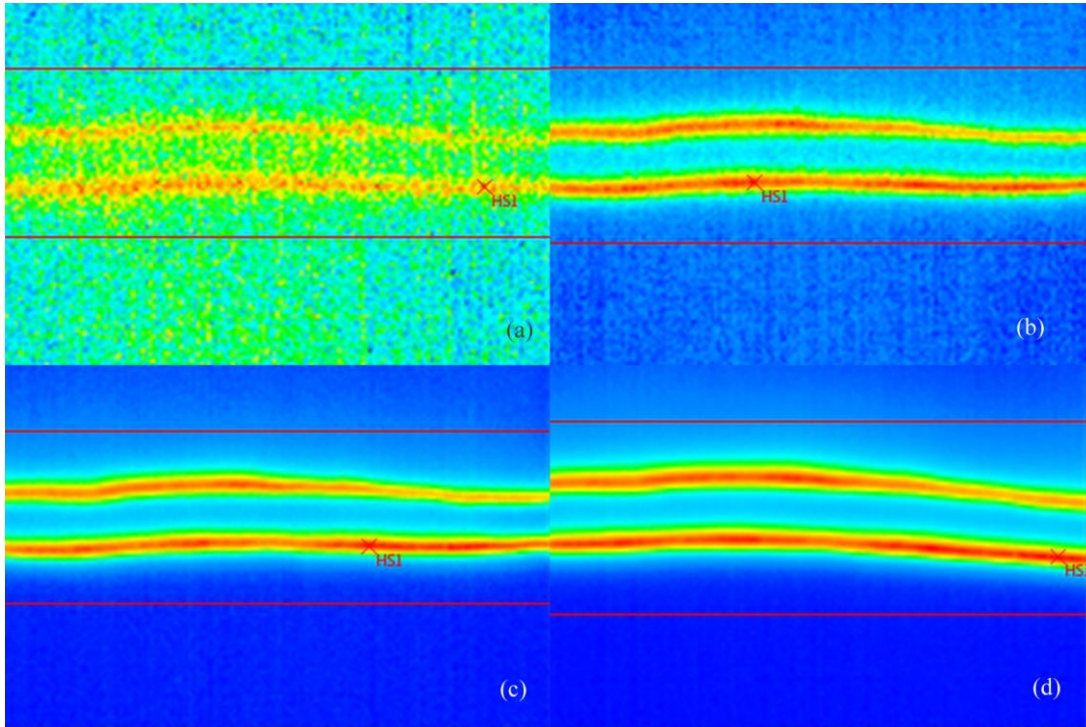
- [30] **Tang, S. L. P.**, (2007). Recent developments in flexible wearable electronics for monitoring applications, *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, **29**, 283-290.
- [31] **Lymberis, A.**, (2010). Advanced Wearable Sensors and Systems Enabling Personal Applications, *LNEE*, **75**, 237-257.
- [32] **Kayacan, O., Bulgun, E. Y.**, (2006). Çelik Kumaş Panellerinin Isınma Davranışları, *Tekstil ve Mühendis*, **65**, 1-6.
- [33] **Kayacan, O., Bulgun, E., Sahin, O.**, (2009). Implementation of Steel-based Fabric Panels in a Heated Garment Design, *Textile Research Journal*, **79**, 1427-1437.
- [34] **Kahraman, G., Şahin, Ö., Kayacan, O., Yazgan, E.** (2008). Akıllı Giysilerde Isıtma Kontrolü, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt 10, Sayı:3, 33-42.
- [35] **Kantor, A.**, (2004). Researches at Virginia university wire up 'Hokie Suit' with electronic sensors, *Roanoke Times*.
- [36] **Chandra, M.**, (2004). *Electronic Textiles for Autonomous Location Awareness* (yüksek lisans tezi), Virginia Polytechnic Institute and State University Computer Engineering, Virginia.
- [37] **Bouwstra, S., Chen, W., Feijs, L., Oetomo, S. B.**, (2009). Smart Jacket Design for Neonatal Monitoring with Wearable Sensors, *6th International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks*.
- [38] **Zhang, Y., Poon, C. C. Y., Chan, C., Tsang, M. W. W., Wu, K.**, (2006). A Health-Shirt using e-Textile Materials for the Continuous and Cuffless Monitoring of Arterial Blood Pressure, *3. IEEE-EMBS International Summer School and Symposium on Medical Devices and Biosensors*, Boston, Amerika.
- [39] **Li, L., Au, W. M., Li, Y., Wan, K. M., Wan, S. H., Wong, K. S.**, (2010). Design of Intelligent Garment with Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation Function Based on the Intarsia Knitting Technique, *Textile Research Journal*, **80**, 279-286.
- [40] **Cheng, S., Kim, K., Vertegaal, R.**, (2011). TagURIt: A Proximity-based Game of Tag Using Lumalive e-Textile Displays, *CHI 2011*, Kanada.
- [41] **Nakad, Z., Jones, M., Martin, T.**, (2003). Communications in Electronic Textile Systems, *Conference on Communications in Computing*.
- [42] **Buechley, L., Eisenberg, M.**, (2009). Fabric PCBs, electronic sequins, and socket buttons: techniques for e-textile craft, *Pers Ubiquit Comput*, **13**, 133-150.
- [43] **Kim, Y., Kim, H., Yoo, H.**, (2010). Electrical Characterization of Screen-Printed Circuits on the Fabric, *IEEE Transactions on advanced Packaging*, **33**, 196-205.
- [44] **Marculescu, D., Marculescu, R., Zamora, N. H., Stanley- Marbell, P., Khosla, P. K., Park, S., Jayaraman, S., Jung, S., Lauterbach, C., Weber, W., Kirstein T., Cottet, D., Grzyb, J., Tröster, G., Jones,**

- M., Martin, T., Nakad, Z.,** (2003). Electronic Textiles: A Platform for Pervasive Computing, *Proceedings of the IEEE*, **91**, 1995-2018.
- [45] **Url-2** <http://web.media.mit.edu/~leah/grad_work/images/press/architeural_design.pdf> , alındığı tarih 07.10.2011.
- [46] **Cho, G., Han, A.,** (2011). Review of performance evaluation on e-textiles and textile-based keypads, *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, **4**, 83-89.
- [47] **Post, E. R., Orth, M.,** (1997). Smart Fabric, or "Wearable Clothing", *1st IEEE International Symposium on Wearable Computers*, Cambridge, Massachusetts, USA.
- [48] **Rofouei, M., Potkonjak, M., Sarrafzadeh, M.,** (2011). Energy Efficient E-Textile Based Portable Keyboard, *IEEE*, 339-344.
- [49] **Ogando, J.,** (2006). Fabrics Get Smart, *EDN*, **51**, 39.
- [50] **Byko, M.,** (2005). From Electric Corsets to Self-Cleaning Pants: The Materials Science and Engineering of Textiles, *Materials World*, 14-18.
- [51] **Martin, T., Jones, M., Edmison, J., Shenoy, R.,** (2003). Towards a Design Framework for Wearable Electronic Textiles, *7th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, White Plains, NY, USA.
- [52] **Meoli, D., May- Plumlee, T.,** (2002). Interactive Electronic Textile Development: A Review of Technologies, *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, **2**, 1-12.
- [53] **Brown, B.,** (1998). Textiles: Revolutionary Fabrics for Fashion and Design, *Reference Reviews*, **12**, 40.
- [54] **Url-3** <<http://www.bilgiustam.com/elektrik-nedir>>, alındığı tarih 05.11.2011.
- [55] **Bedeloğlu, A., Sünter, N., Bozkurt, Y.,** (2010). Elektriksel Olarak İletken Tekstil Yapıları, Üretim Yöntemleri ve Kullanım Alanları, *Tekstil ve Mühendis*, **79**, 7-17.
- [56] **Url-4** <http://www.silisyum.net/htm/yari_iletkenler/>, alındığı tarih 5.11.2011.
- [57] **Şenol, Y., Akkan, T., Bulgun, E. Y., Kayacan, O.,** (2011). Active T-shirt, *International Journal of Clothing Science and Technology*, **23**, 249-257.
- [58] **Url-5** <<http://www.protelturkey.com/urunler/tm/pacific/2305+.pdf>>, alındığı tarih 12.12.2011.
- [59] **Url-6** <http://www.testo.com.tr/online/embedded/Sites/TUR/SharedDocument/Brochures/new/testo_880.pdf>, alındığı tarih 12.12.2011.
- [60] **Güneşoğlu, S.,** (2005), *Sportif Amaçlı Giysilerin Konfor Özelliklerinin Araştırılması* (doktora tezi), Uludağ Üniversitesi, Bursa.

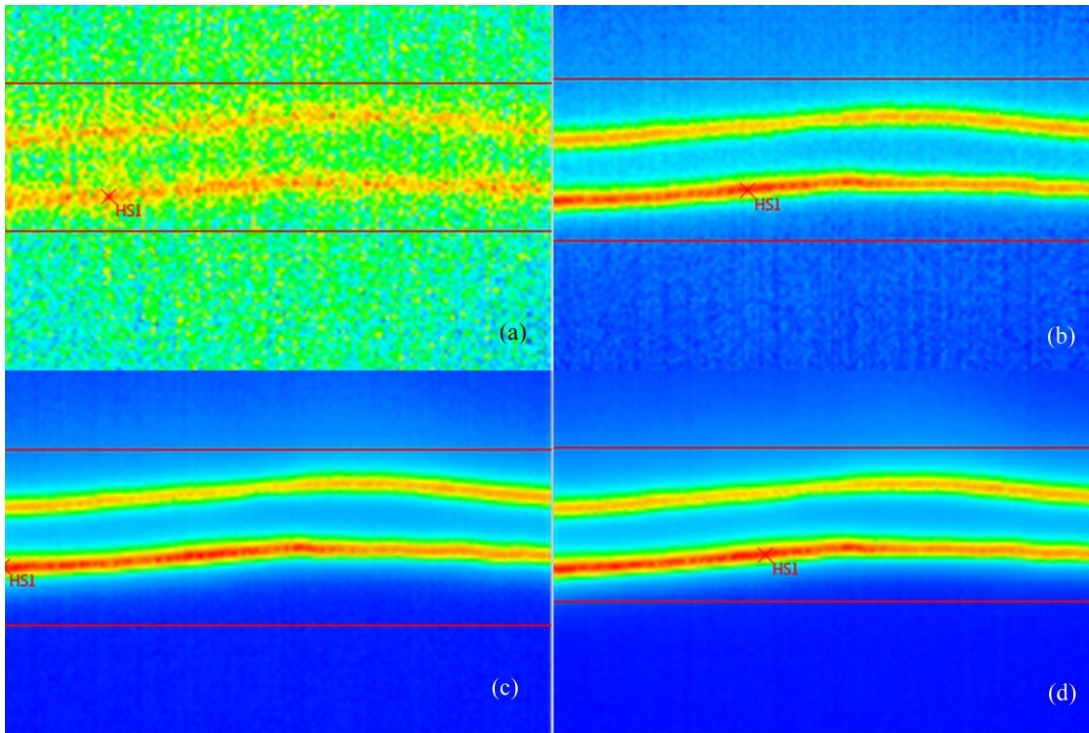
EKLER

EK A.1: Kumaş numunelerinin termal görüntüleri

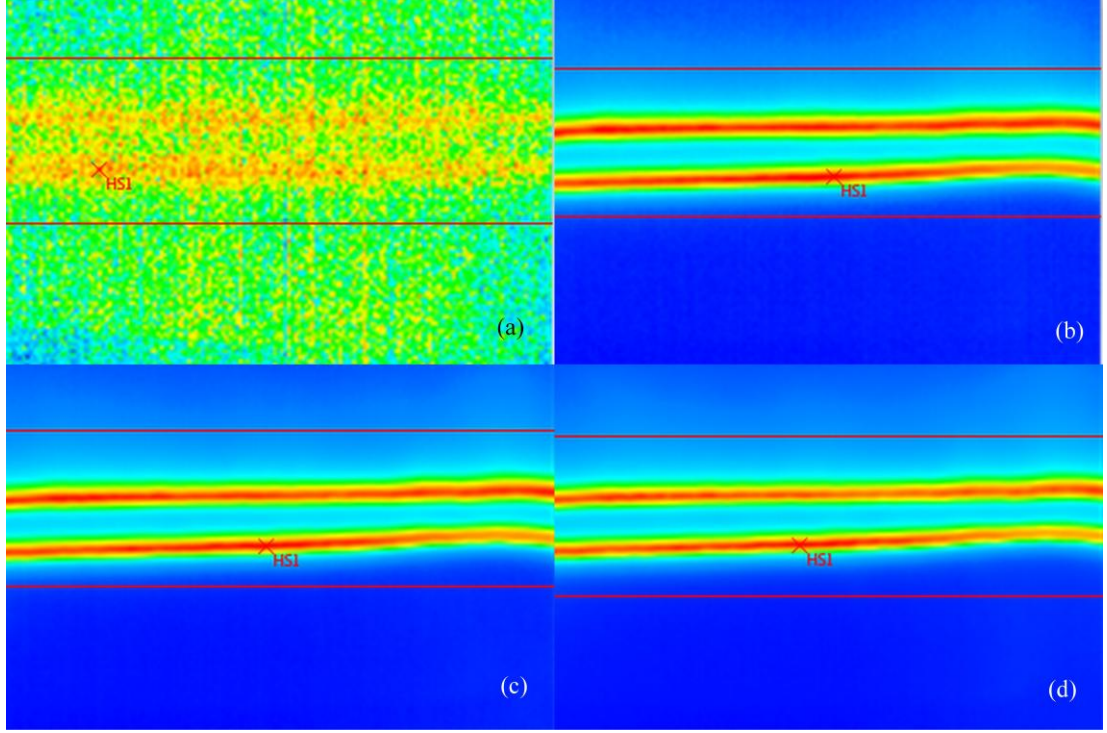
EK A



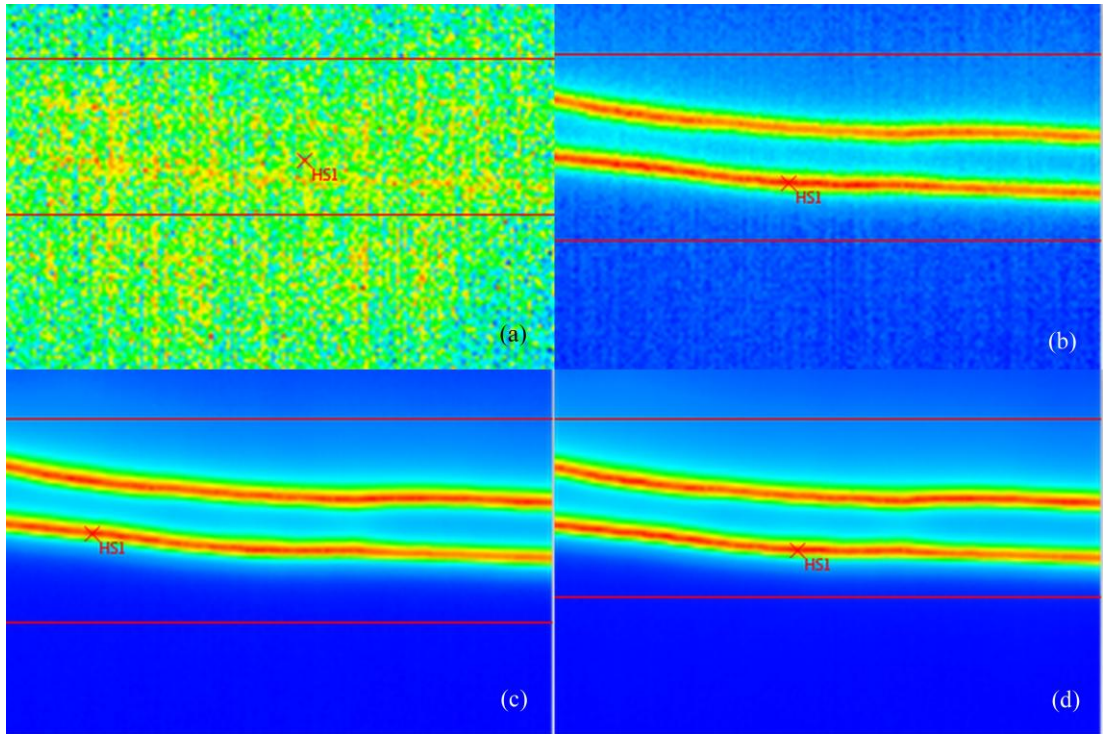
Şekil A.1: 1 numaralı numunenin 1V (a), 9V (b), 17V (c) ve 26V'daki (d) termal görüntüleri.



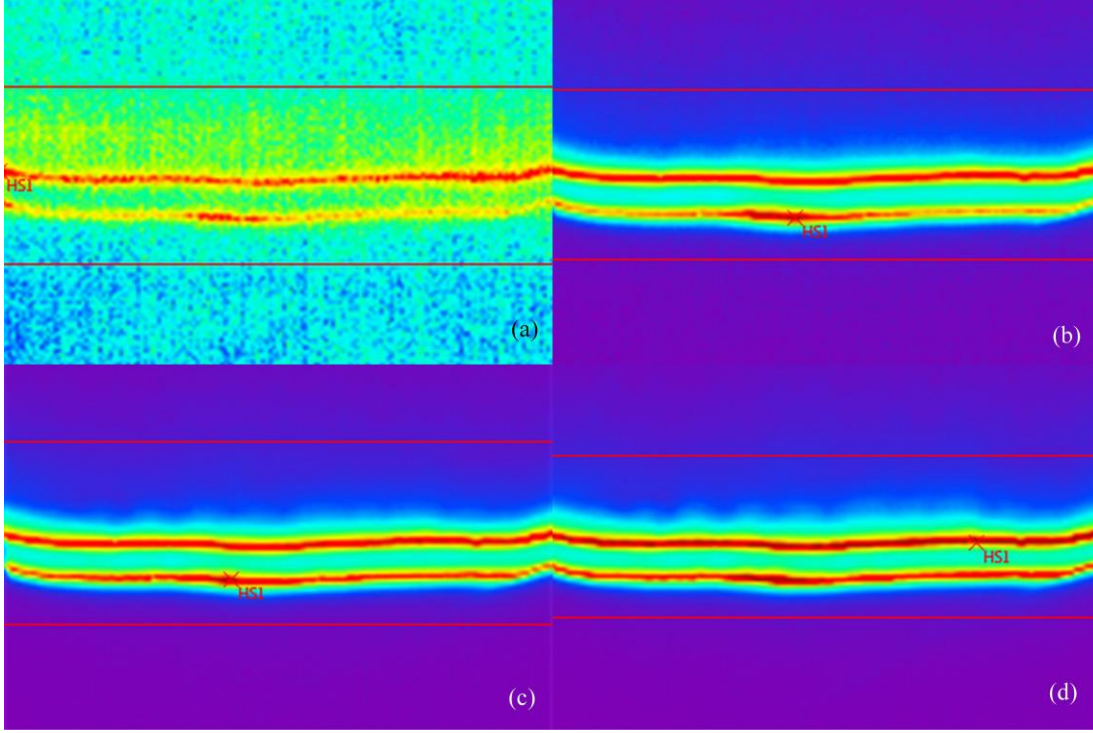
Şekil A.2: 2 numaralı numunenin 1V (a), 9V (b), 17V (c) ve 26V'daki (d) termal görüntüleri.



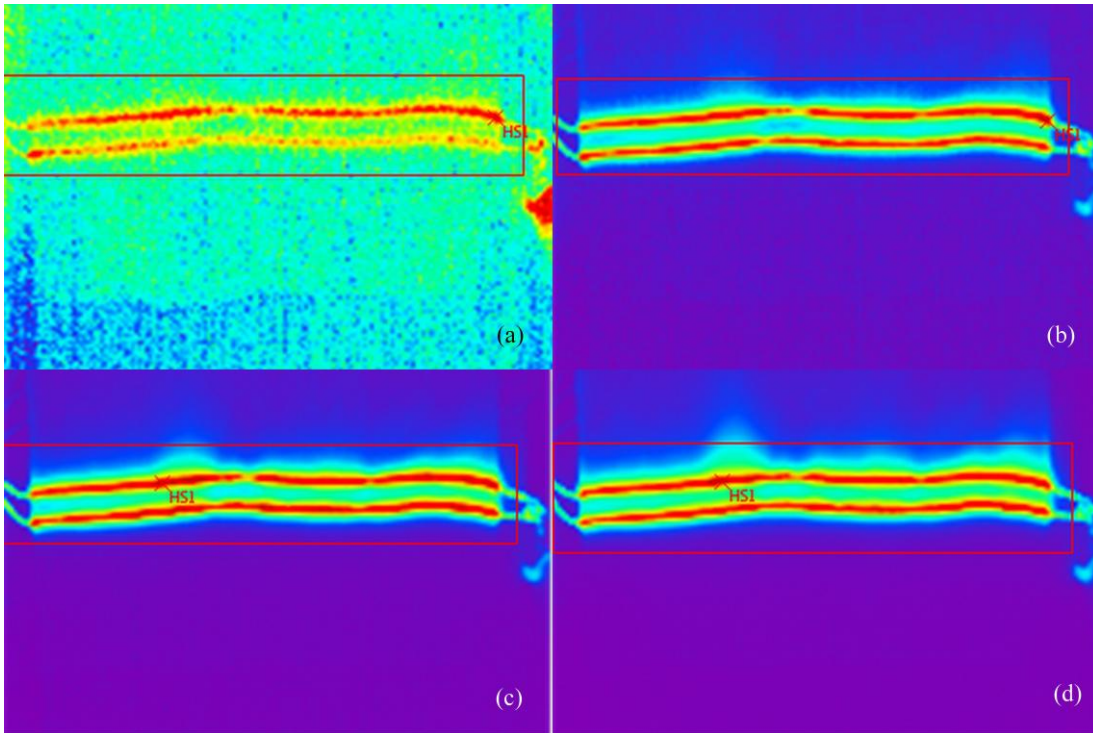
Şekil A.3: 3 numaralı numunenin 1V (a), 3V (b), 6V (c) ve 9V'daki (d) termal görüntüleri.



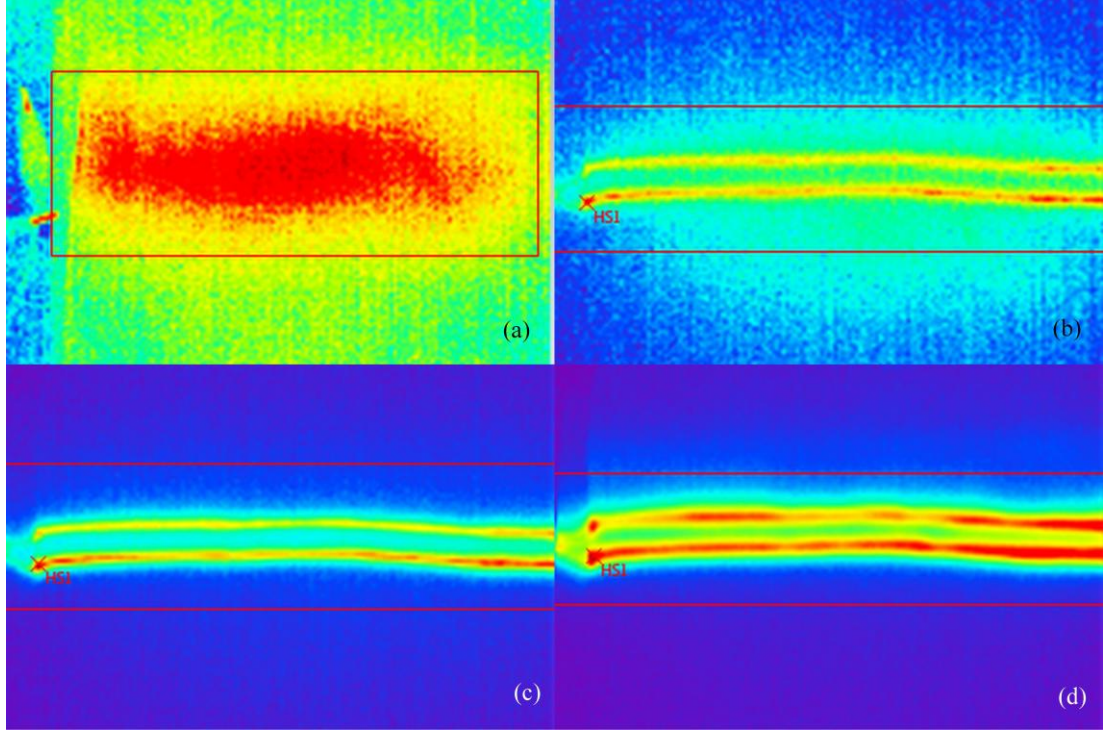
Şekil A.4: 4 numaralı numunenin 1V (a), 3V (b), 6V (c) ve 9V'daki (d) termal görüntüleri.



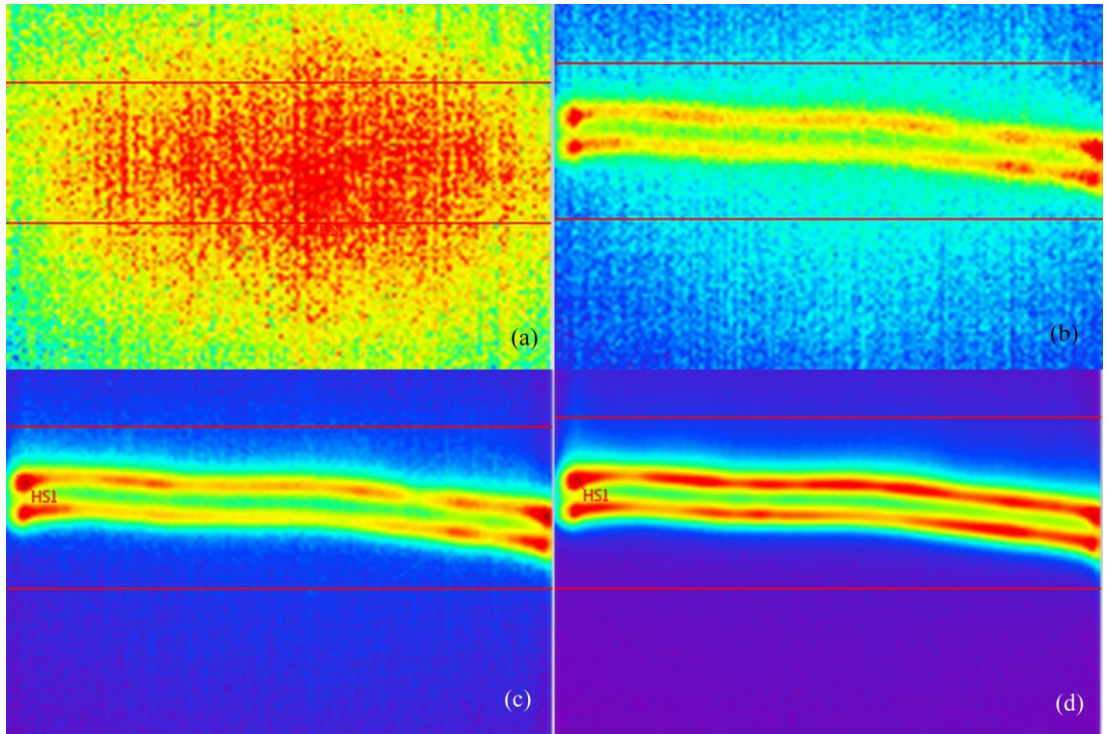
Şekil A.5: 5 numaralı numunenin 1V (a), 4V (b), 7V (c) ve 10V'daki (d) termal görüntüleri.



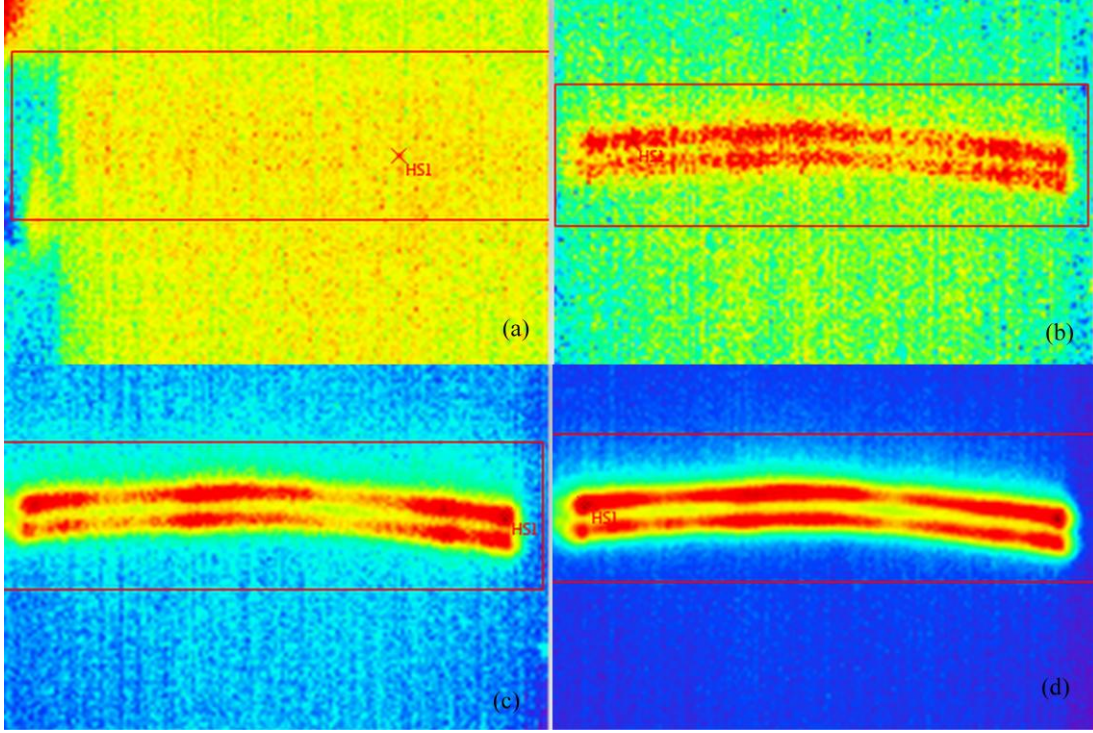
Şekil A.6: 6 numaralı numunenin 1V (a), 4V (b), 7V (c) ve 11V'daki (d) termal görüntüleri.



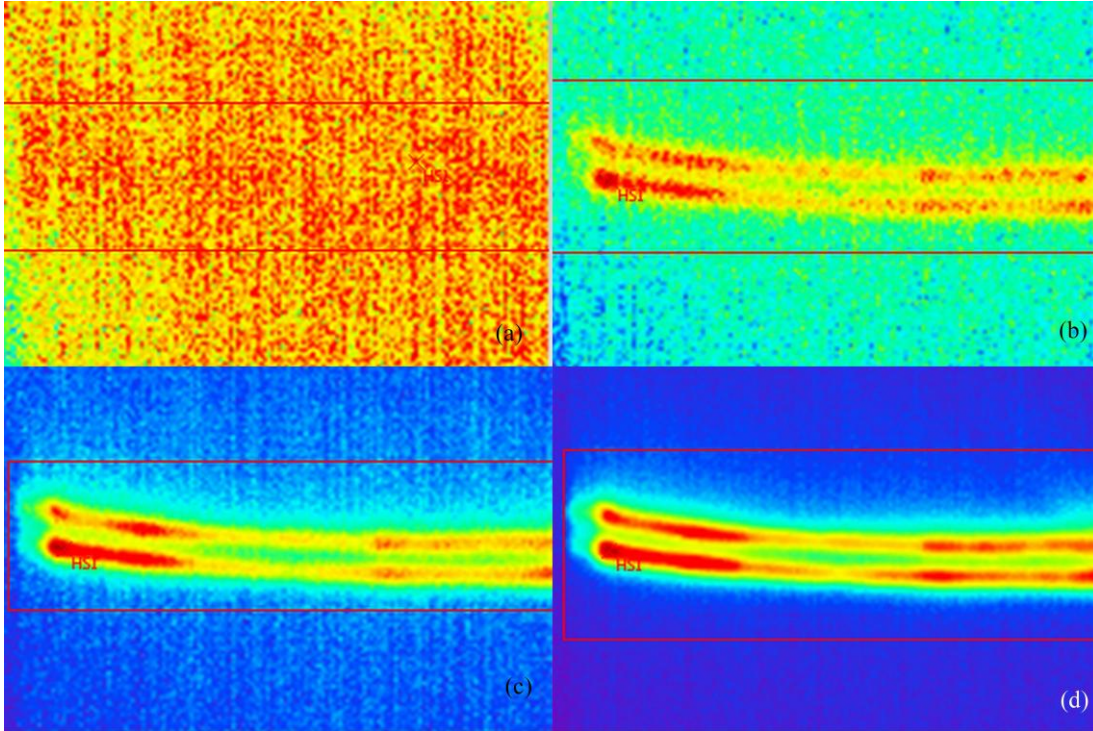
Şekil A.7: 7 numaralı numunenin 1V (a), 7V (b), 14V (c) ve 21V'daki (d) termal görüntüleri.



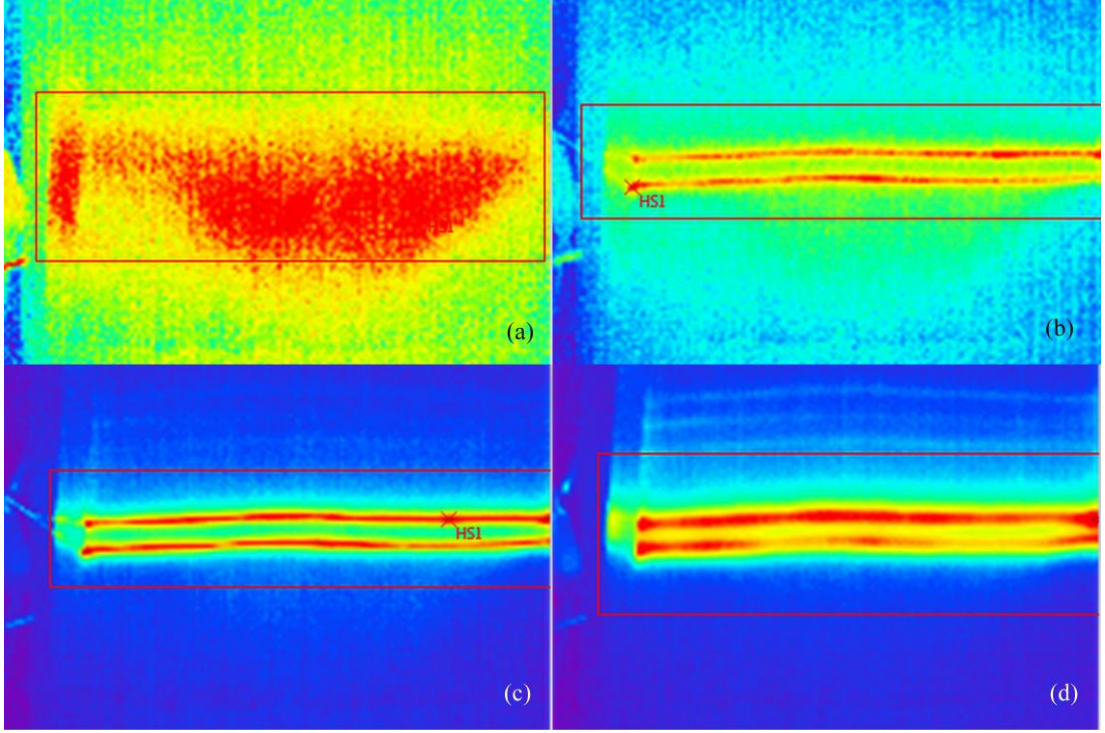
Şekil A.8: 8 numaralı numunenin 1V (a), 8V (b), 15V (c) ve 23V'deki (d) termal görüntüleri.



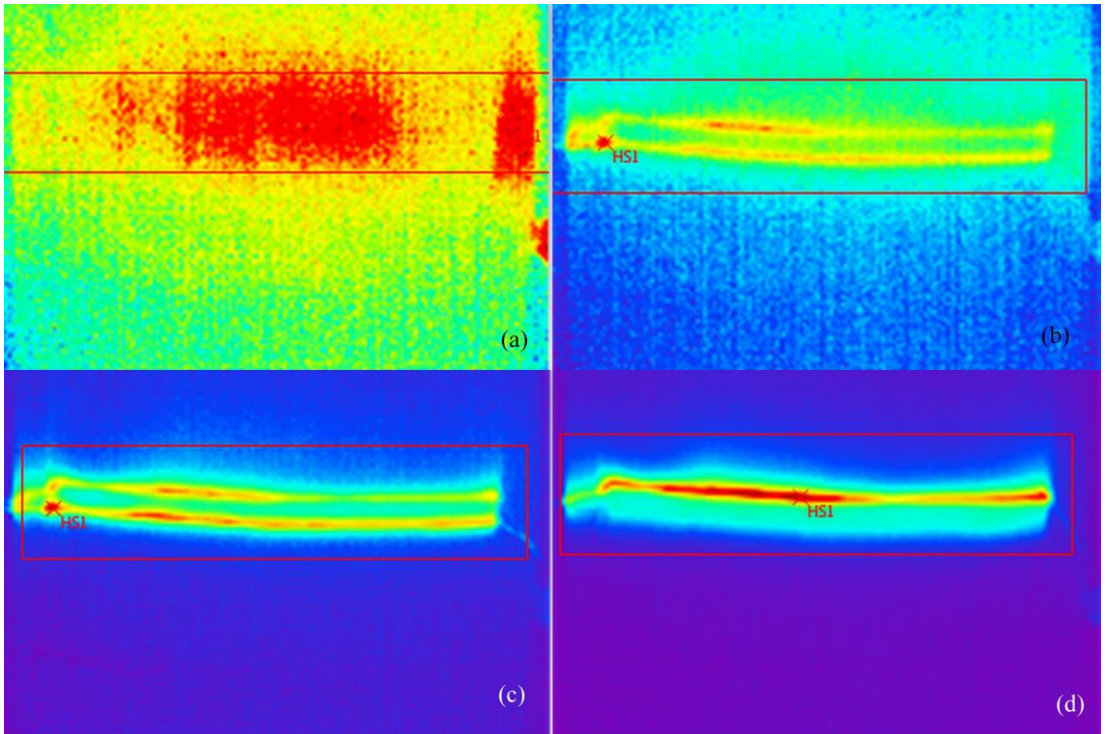
Şekil A.9: 9 numaralı numunenin 1V (a), 10V (b), 20V (c) ve 31V'daki (d) termal görüntüleri.



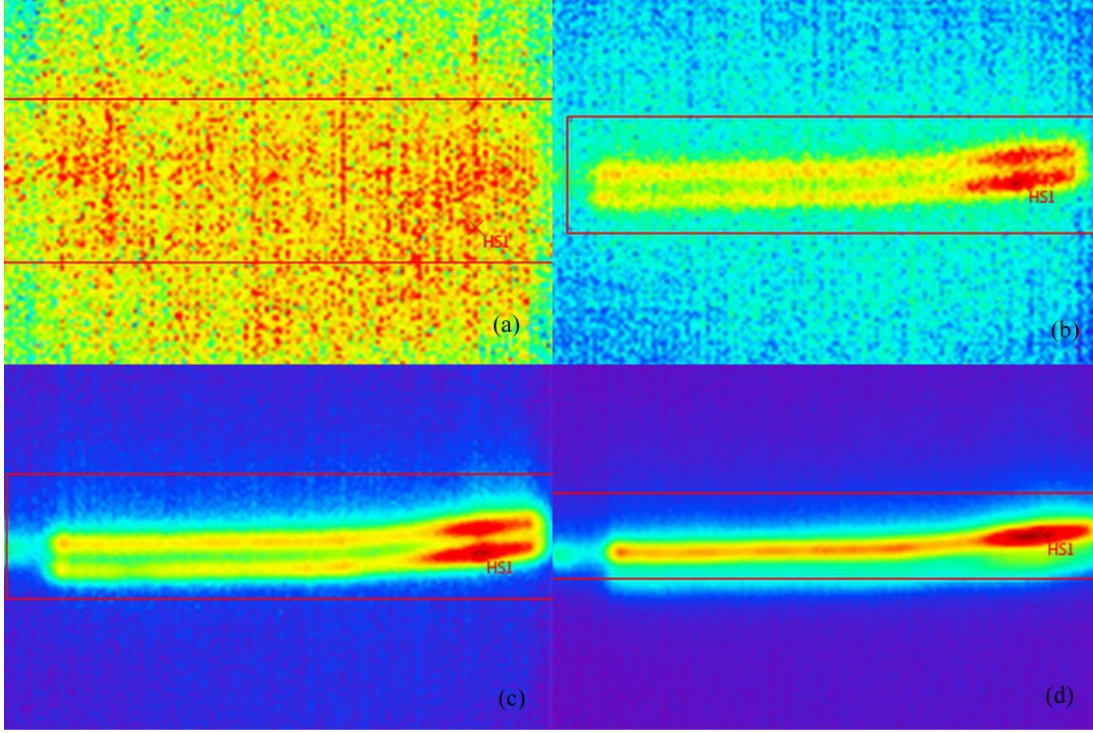
Şekil A.10: 10 numaralı numunenin 1V (a), 10V (b), 20V (c) ve 31V'daki (d) termal görüntüleri.



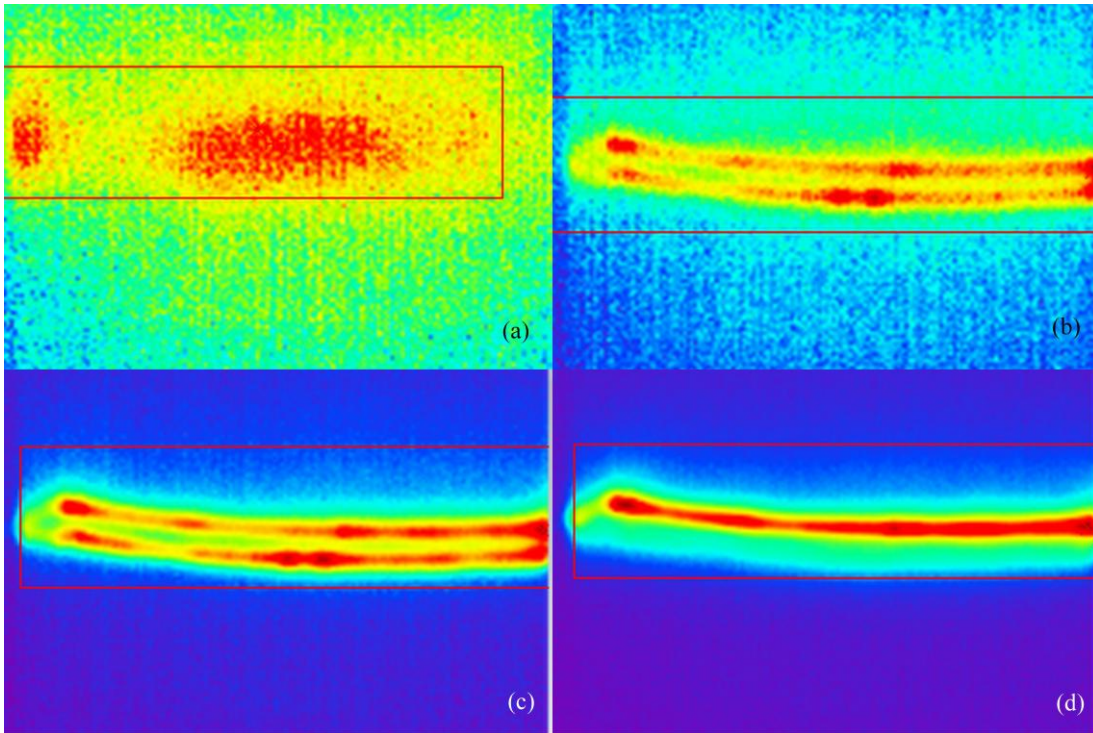
Şekil A.11: 11 numaralı numunenin 1V (a), 6V (b), 12V (c) ve 18V'daki (d) termal görüntüleri.



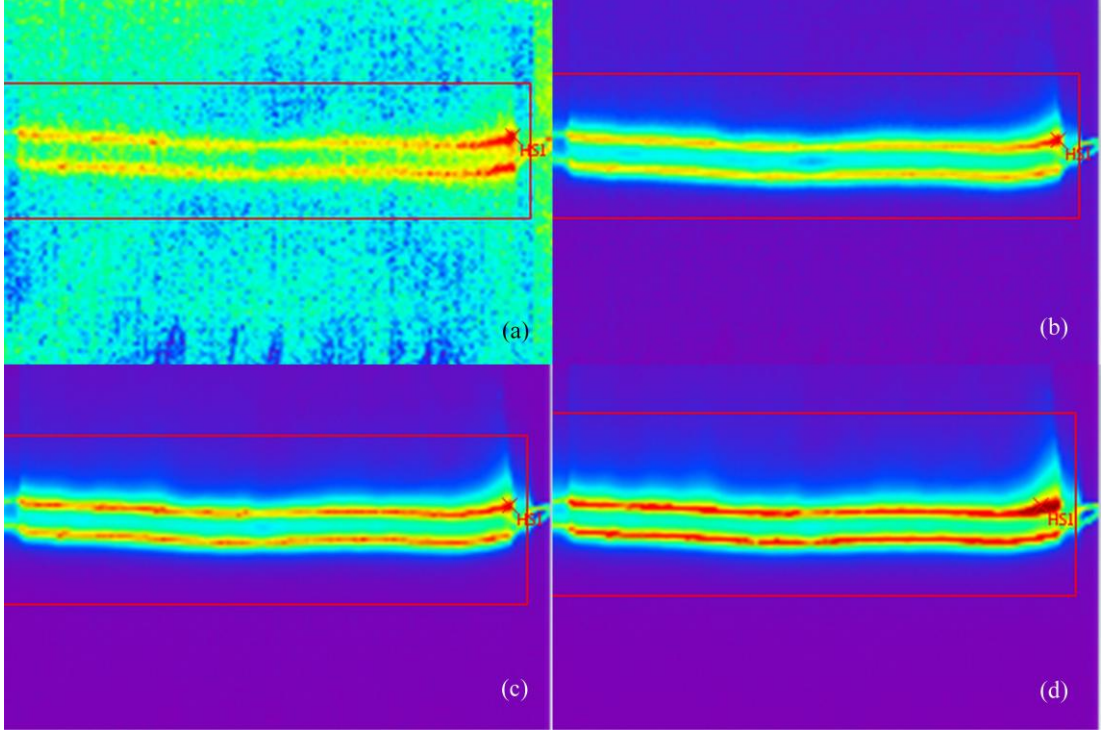
Şekil A.12: 12 numaralı numunenin 1V (a), 6V (b), 12V (c) ve 19V'daki (d) termal görüntüleri.



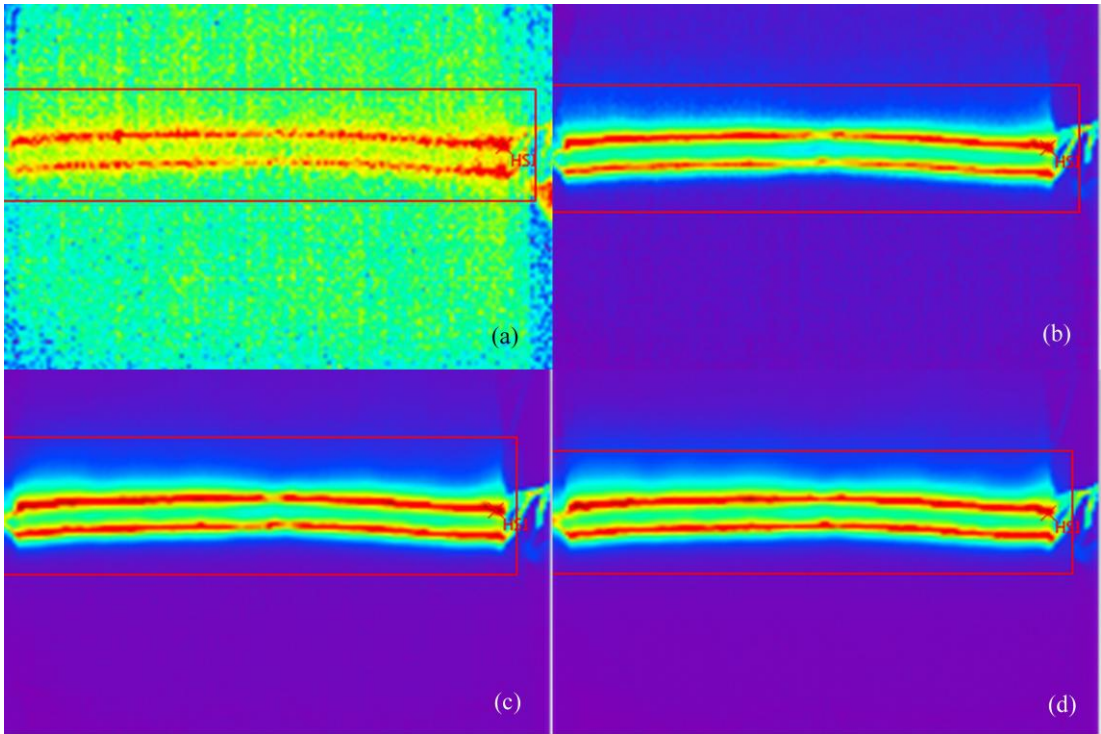
Şekil A.13: 13 numaralı numunenin 1V (a), 8V (b), 15V (c) ve 24V'daki (d) termal görüntüleri.



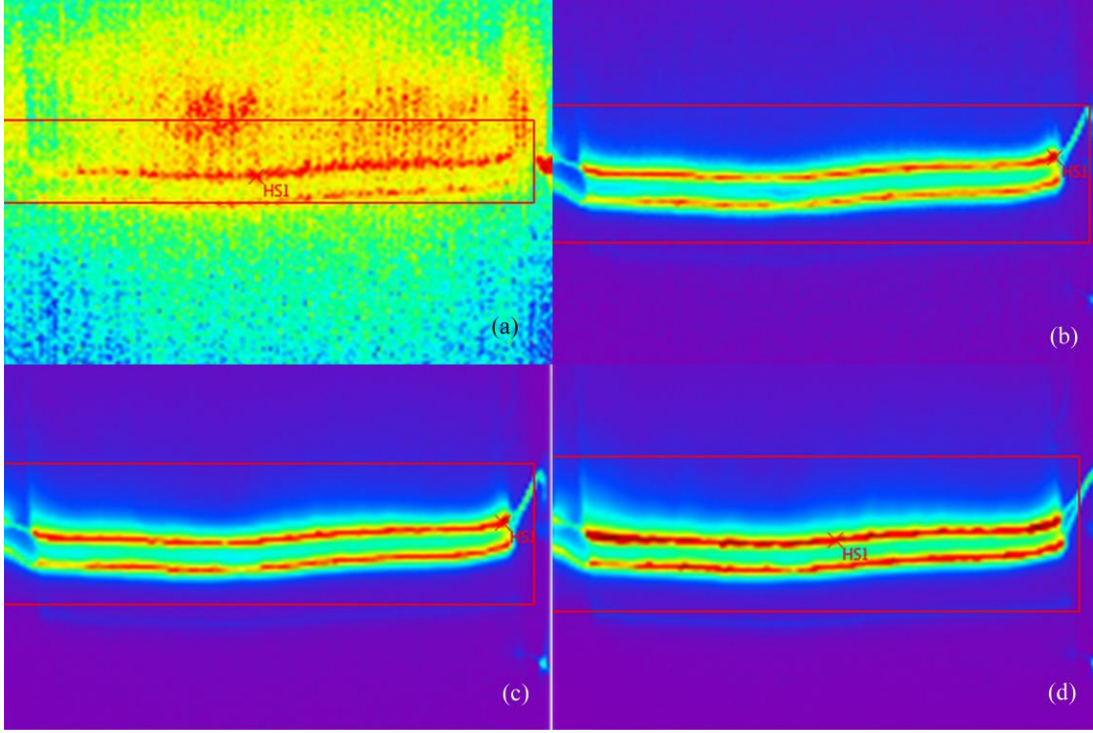
Şekil A.14: 14 numaralı numunenin 1V (a), 10V (b), 20V (c) ve 27V'daki (d) termal görüntüleri.



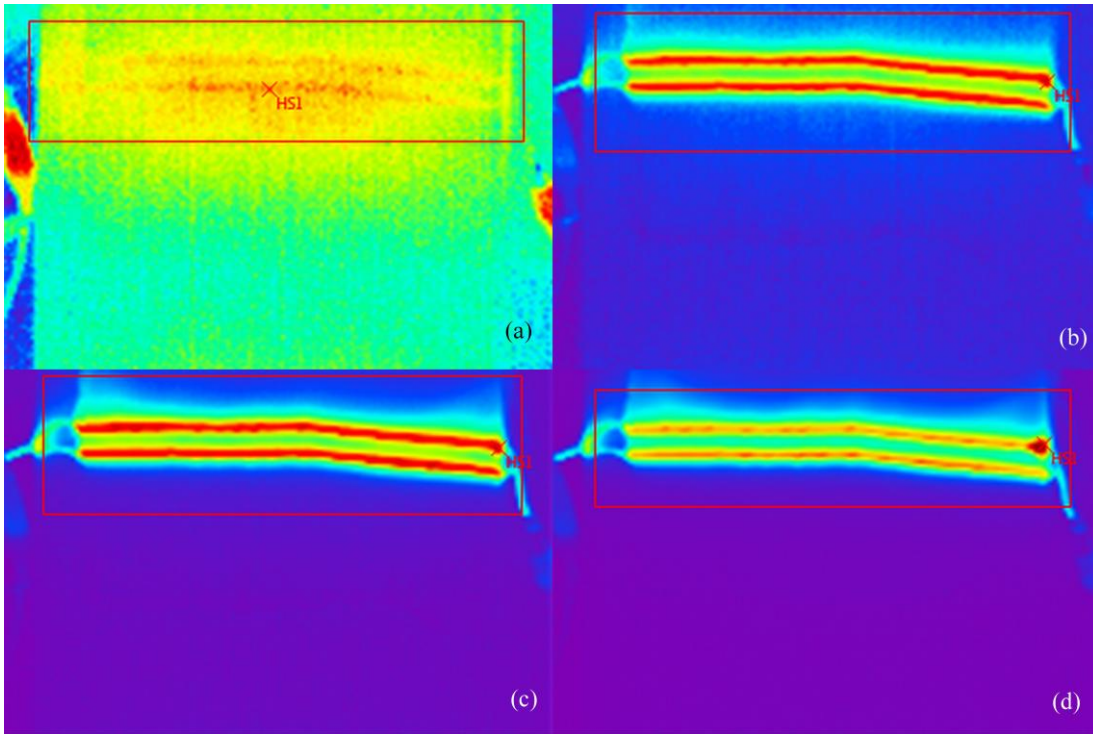
Şekil A.15: 15 numaralı numunenin 1V (a), 5V (b), 10V (c) ve 14V'daki (d) termal görüntüleri.



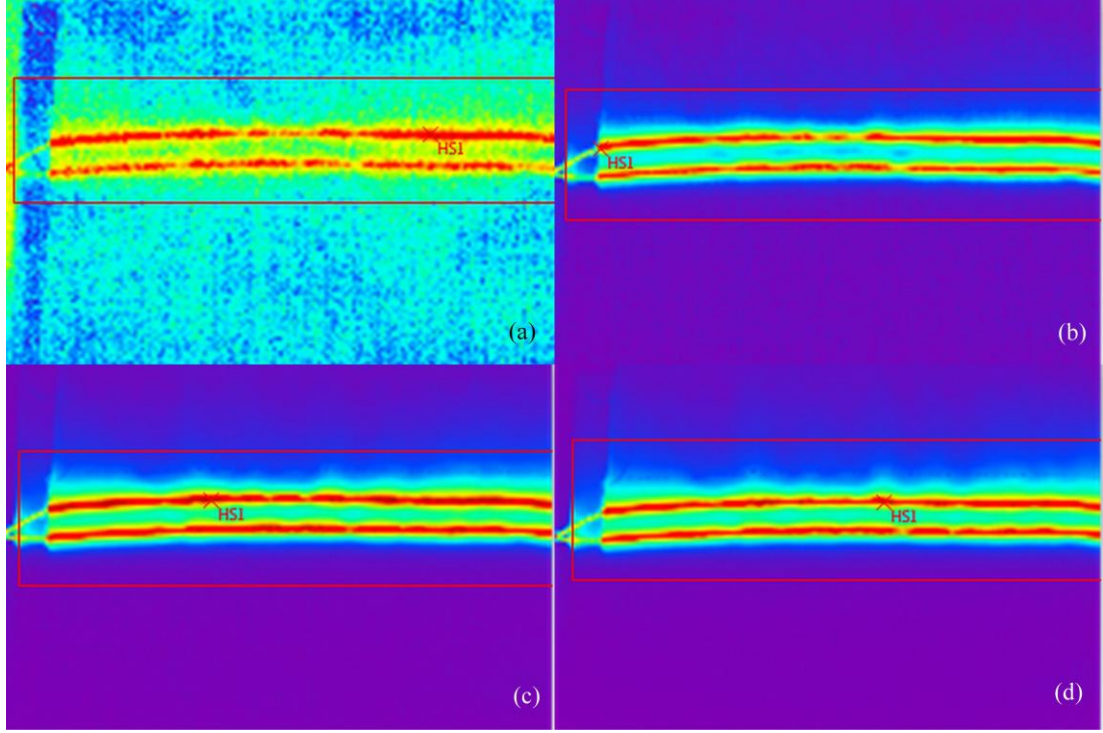
Şekil A.16: 16 numaralı numunenin 1V (a), 5V (b), 10V (c) ve 15V'daki (d) termal görüntüleri.



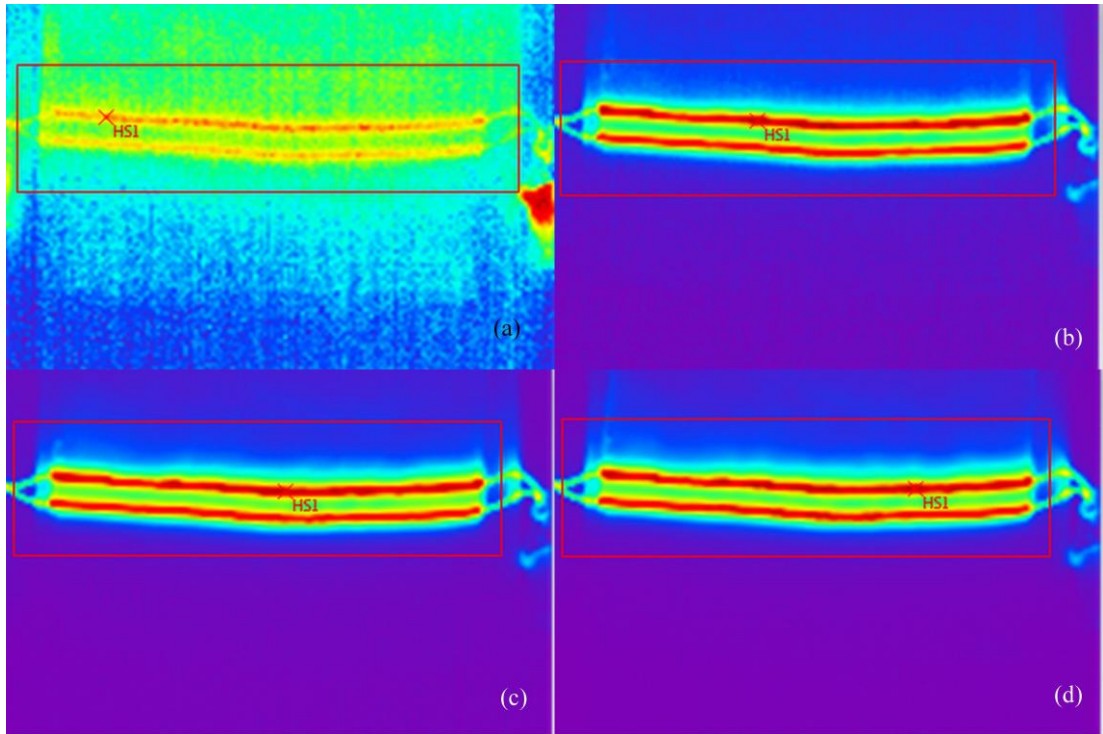
Şekil A.17: 17 numaralı numunenin 1V (a), 7V (b), 13V (c) ve 20V'daki (d) termal görüntüleri.



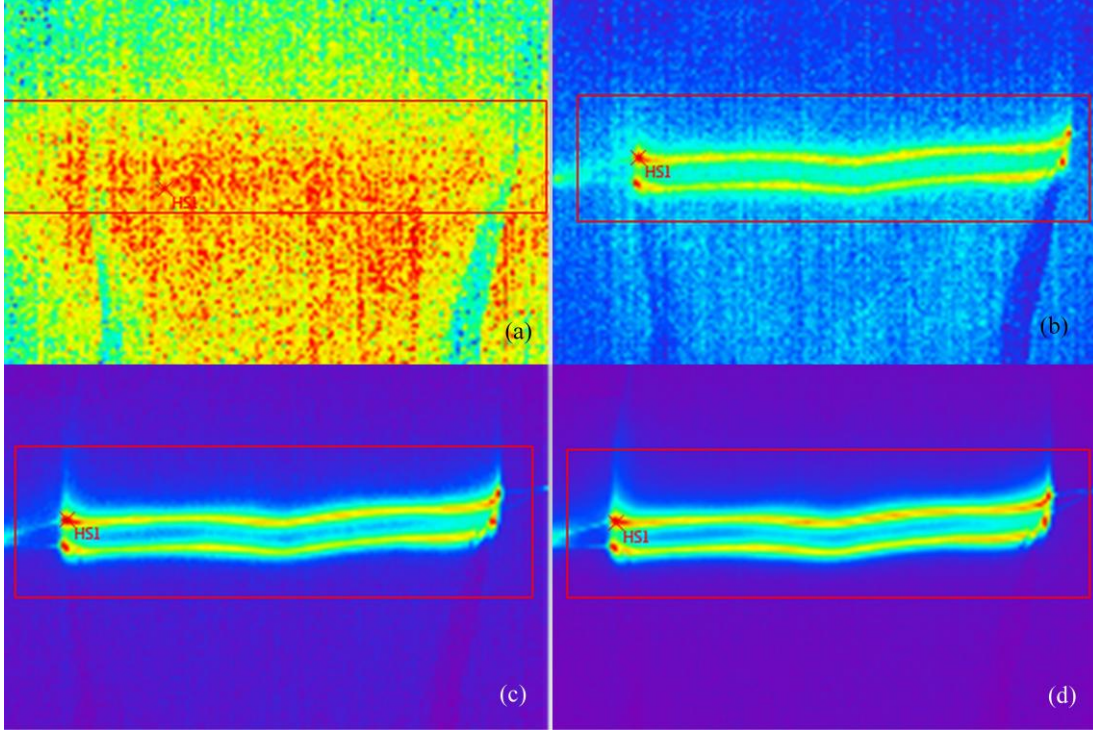
Şekil A.18: 18 numaralı numunenin 1V (a), 6V (b), 12V (c) ve 18V'daki (d) termal görüntüleri.



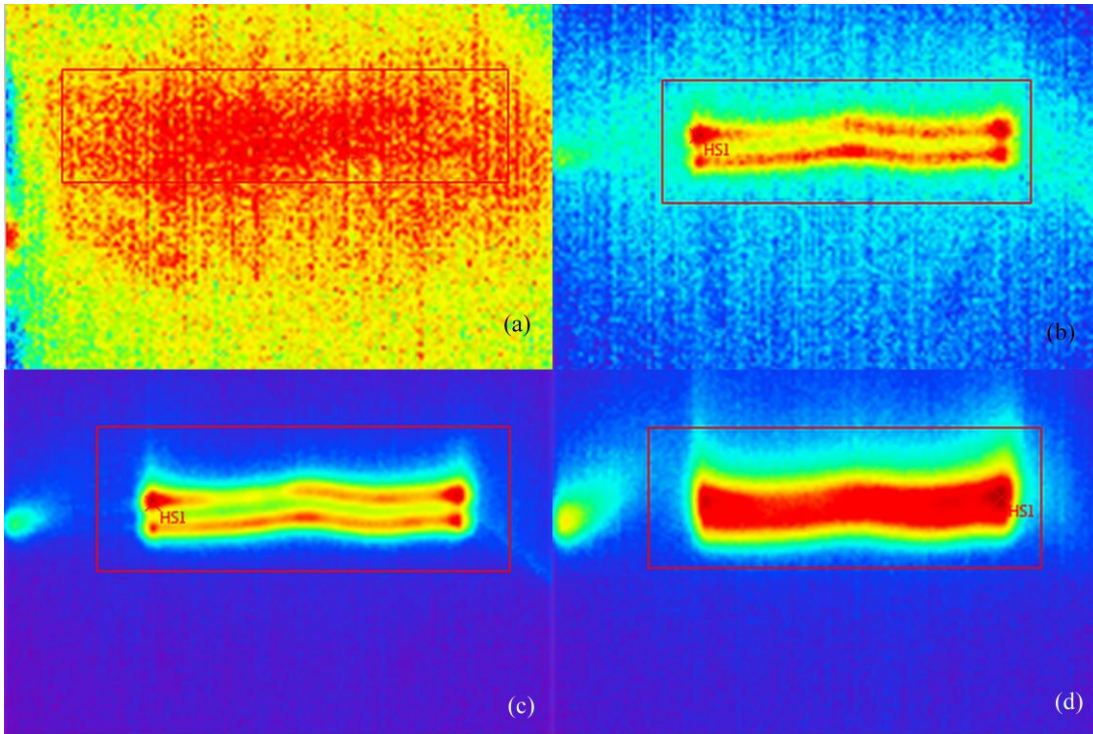
Şekil A.19: 19 numaralı numunenin 1V (a), 4V (b), 7V (c) ve 10V'daki (d) termal görüntüleri.



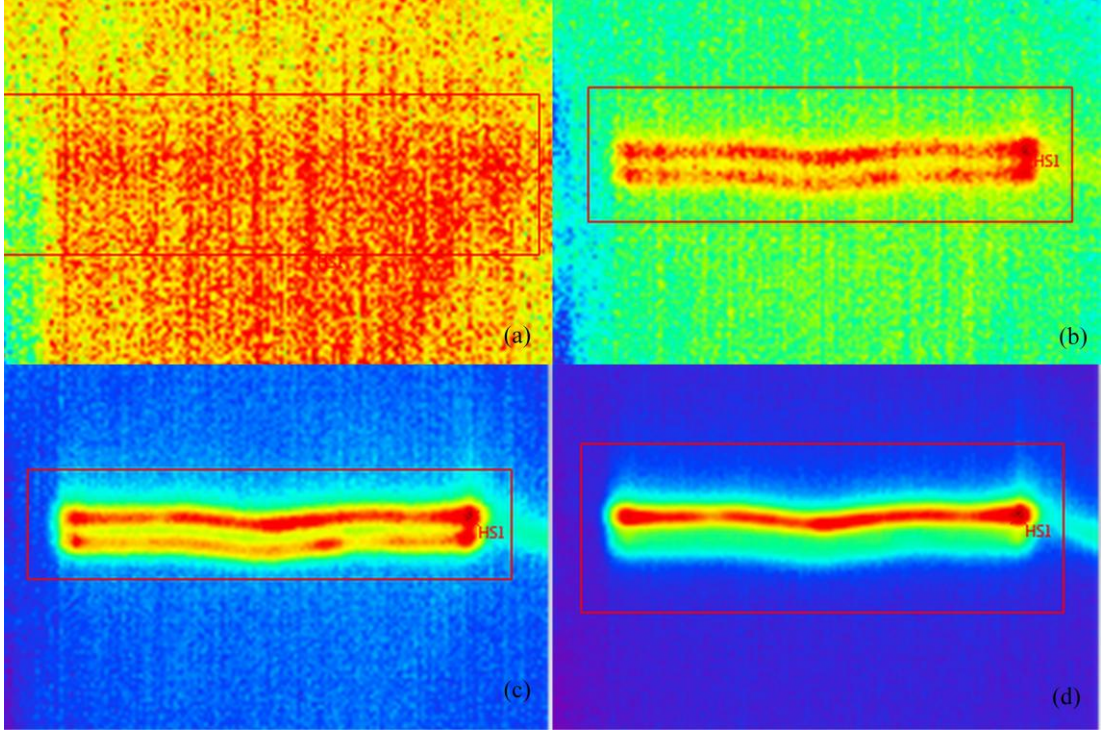
Şekil A.20: 20 numaralı numunenin 1V (a), 4V (b), 7V (c) ve 11V'daki (d) termal görüntüleri.



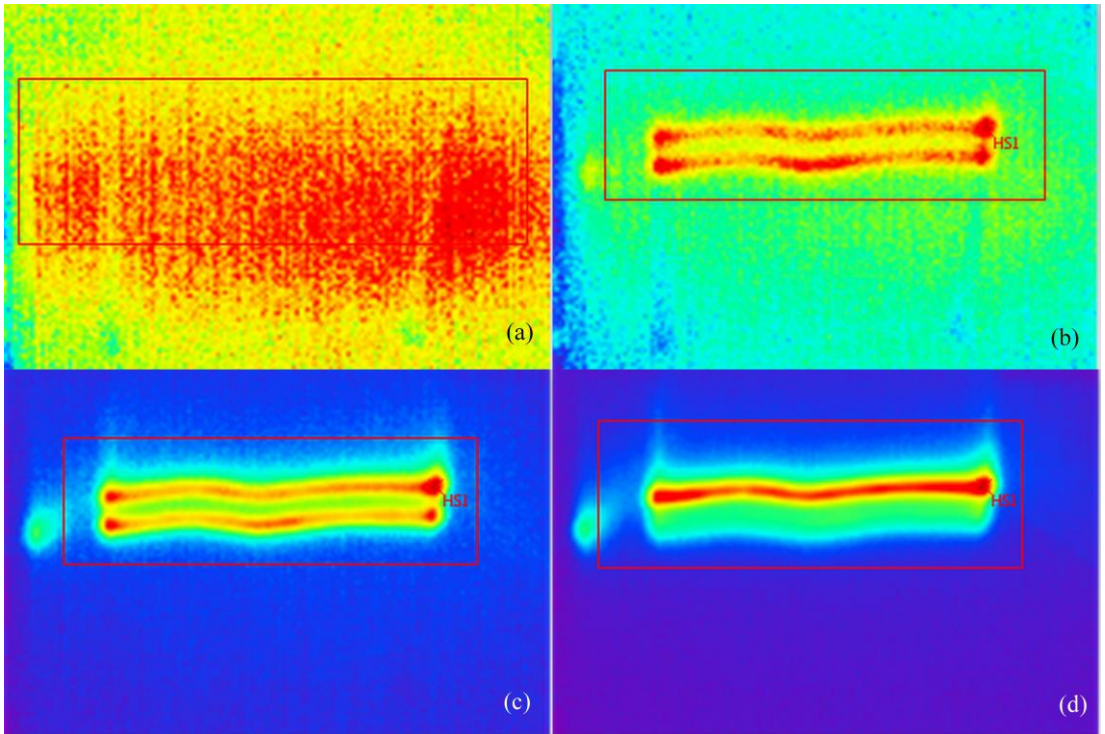
Şekil A.21: 21 numaralı numunenin 1V (a), 6V (b), 12V (c) ve 18V'daki (d) termal görüntüleri.



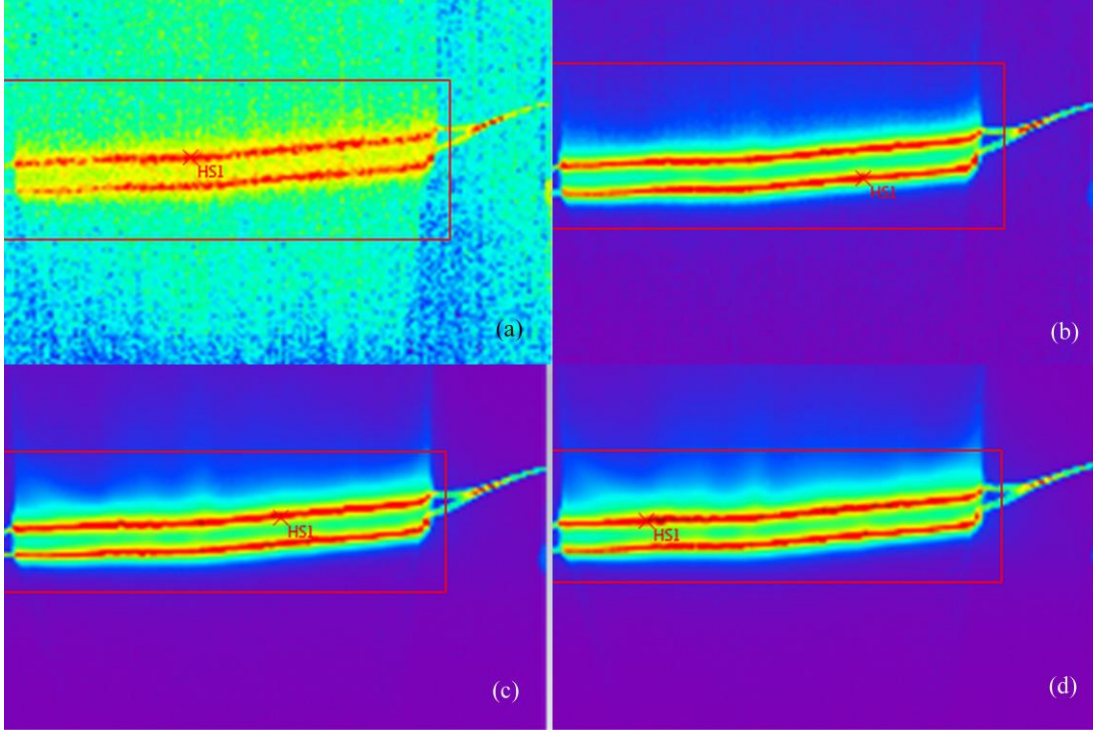
Şekil A.22: 22 numaralı numunenin 1V (a), 6V (b), 12V (c) ve 18V'daki (d) termal görüntüleri.



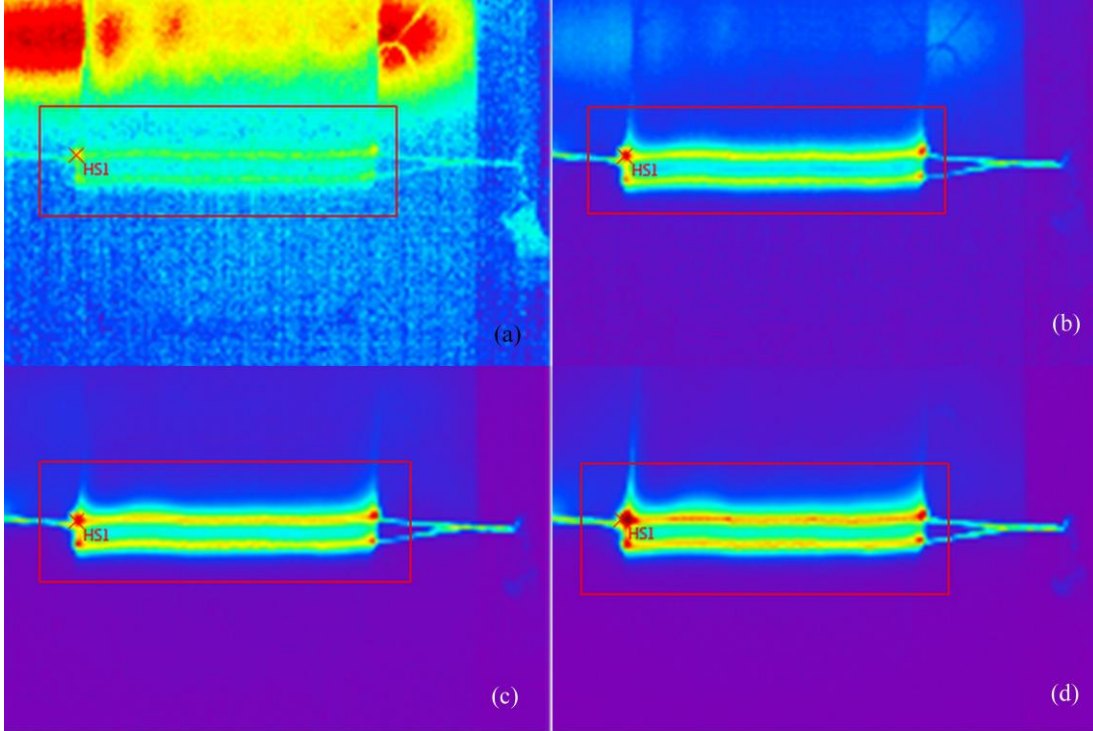
Şekil A.23: 23 numaralı numunenin 1V (a), 9V (b), 18V (c) ve 26V'daki (d) termal görüntüleri.



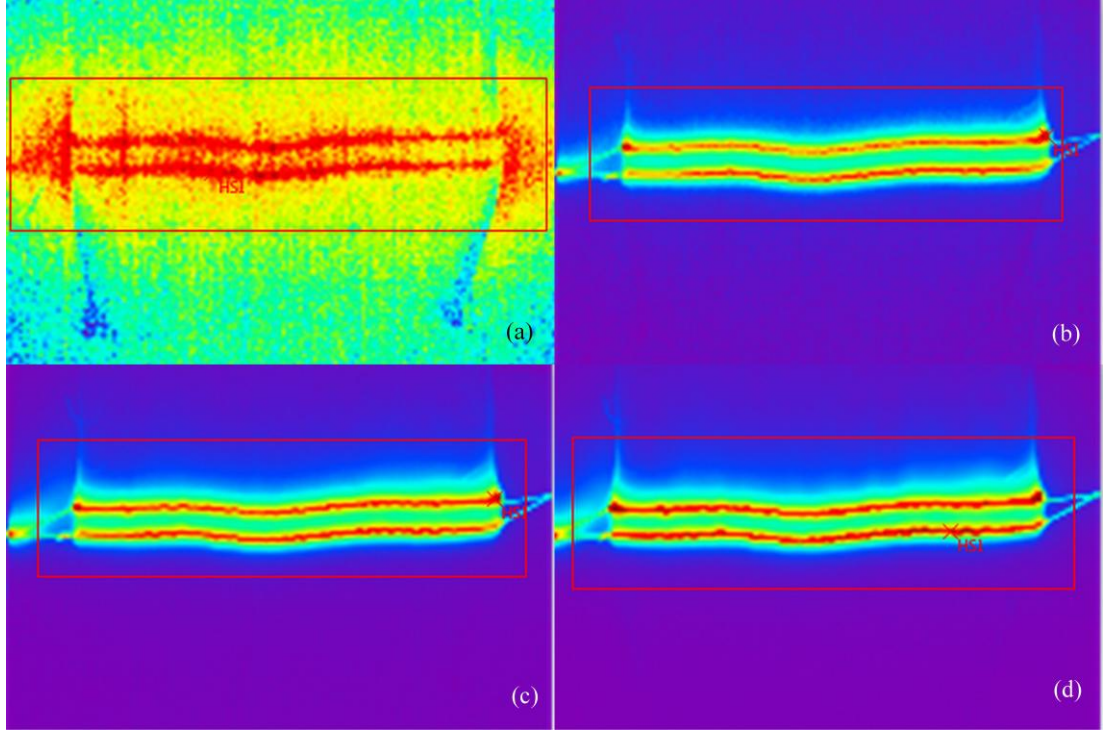
Şekil A.24: 24 numaralı numunenin 1V (a), 10V (b), 20V (c) ve 29V'daki (d) termal görüntüleri.



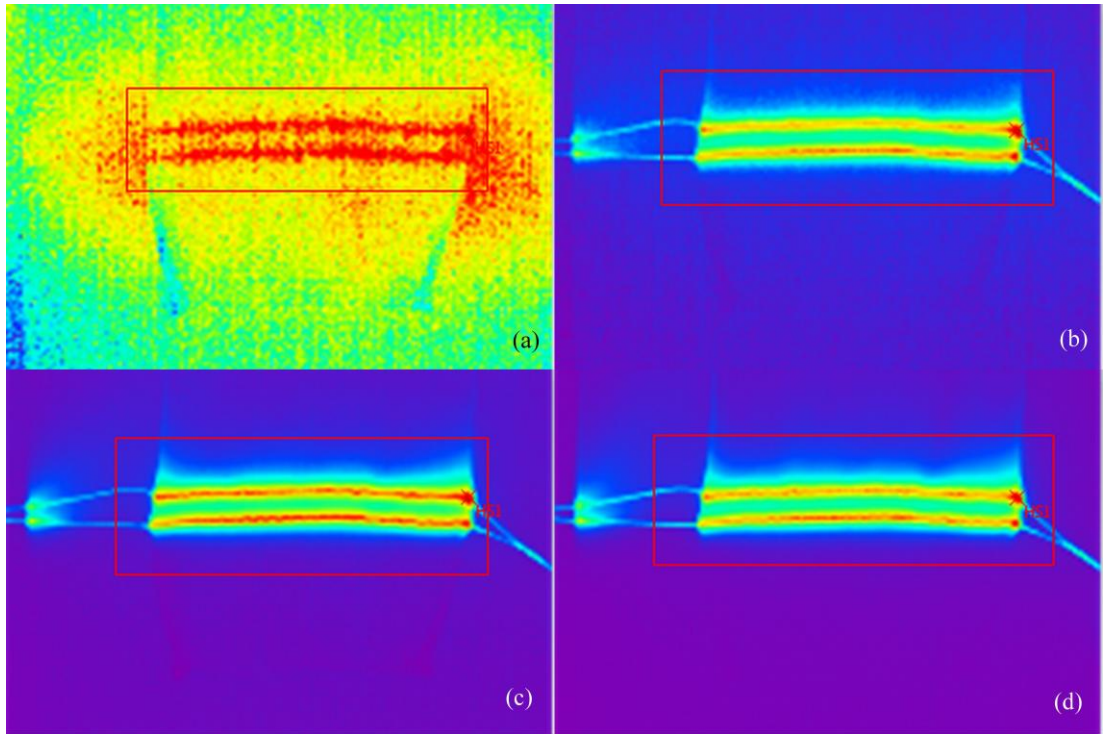
Şekil A.25: 25 numaralı numunenin 1V (a), 5V (b), 10V (c) ve 14V'daki (d) termal görüntüleri.



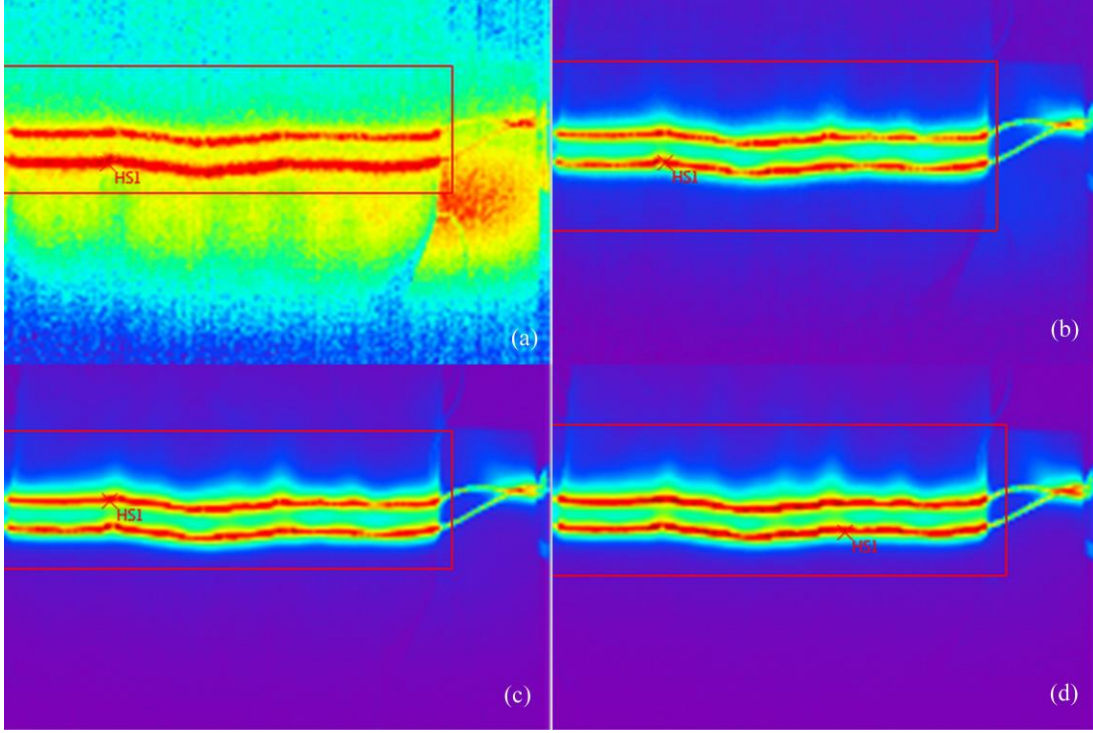
Şekil A.26: 26 numaralı numunenin 1V (a), 4V (b), 7V (c) ve 11V'daki (d) termal görüntüleri.



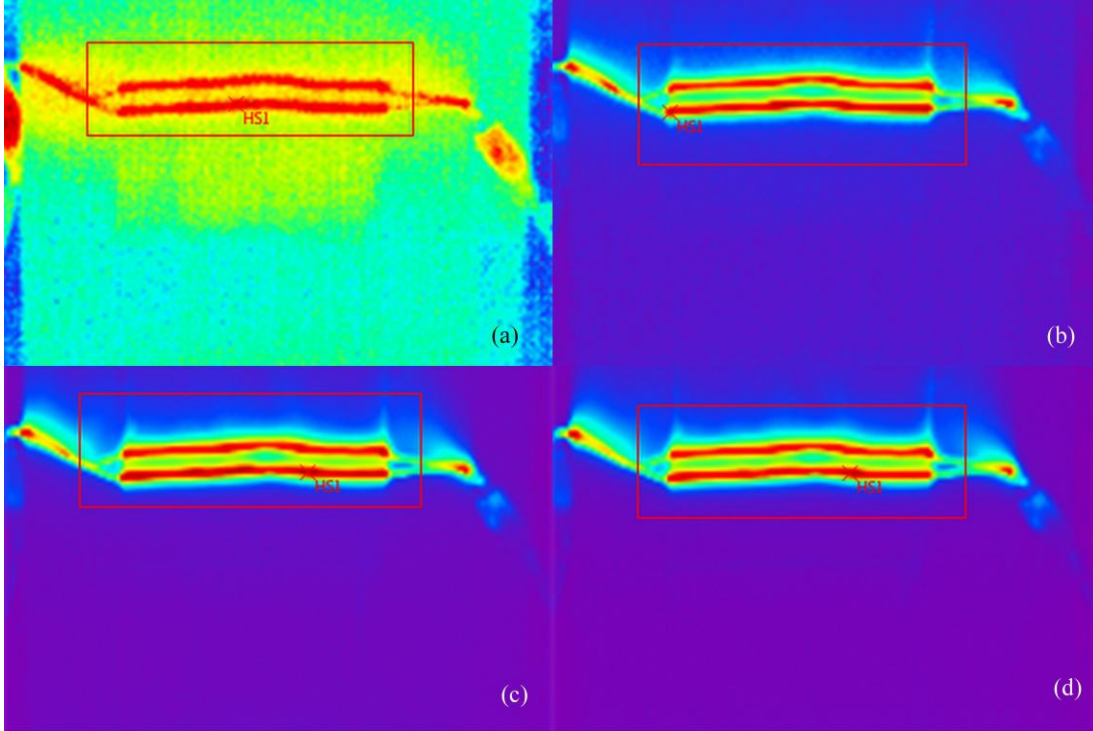
Şekil A.27: 27 numaralı numunenin 1V (a), 6V (b), 12V (c) ve 18V'daki (d) termal görüntüleri.



Şekil A.28: 28 numaralı numunenin 1V (a), 5V (b), 10V (c) ve 14V'daki (d) termal görüntüleri.



Şekil A.29: 29 numaralı numunenin 1V (a), 4V (b), 7V (c) ve 10V'daki (d) termal görüntüleri.



Şekil A.30: 30 numaralı numunenin 1V (a), 4V (b), 7V (c) ve 9V'daki (d) termal görüntüleri.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Hande Sezgin

Doğum Yeri ve Tarihi: Trabzon, 11/08/1986

Adres: Kadıköy, İstanbul.

E-Posta: sezginh@itu.edu.tr

Lisans: İTÜ Tekstil Mühendisliği

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

- Sezgin, H., Bahadır, S., Böke, E., Kalaoğlu, F., (2011). Examination of the Heat Manner of a Conductive Yarn with a Woven Fabric, *1st Smartex Conference*, Mısır.