Original Article

Received/Accepted Dates

07.10.2025/09.11.2025

DOI:10.52096/jsrbs.11.24.15

Journal of Social Research and Behavioral Sciences

Sosyal Araştırmalar ve Davranış Bilimleri Dergisi

ISSN:2149-178X

Volume: 11 Issue: 24 Year: 2025

Pamuklu ve Termal Yansıtıcı Kumaşlarda Isı Yayılımının Dikiş Desenine Göre Karşılaştırılması[1]

Doç. Dr. Selda GÜZEL

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, selda.guzel@hotmail.com

Erhan ATABEK

Zeytinburnu Trisad Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, erhanatabek@gmail.com

Özet

İnsanlar var olduğu günden beri vücutlarını doğanın dış etmenlerine karşı koruma ve hayatta kalma gibi temel güdülerini, hayvan derileri ve bazı bitkileri kullanarak gidermeye çalışmışlardır. İnsanların bu korunma güdüleri, giyim ihtiyacının temelini oluşturmuştur. Günümüzde, giyinme ihtiyacını karşılamak için gelişen teknoloji, yeni malzeme ve üretim yöntemleriyle, insan vücudunun ısısını korumanın oldukça zor olduğu hava koşullarında bile koruyabilen nitelikte, özel kumaşlar ile giysiler üretilmektedir. Araştırmada uzun süre soğuk hava şartları karşısında termal konforu sağlayabilmek, vücut ısısını artırarak dış ortama karşı dengelemek ve bu sayede vücut ısısını koruyabilmek amacıyla pamuklu ve termal yansıtıcı kumaşın elektriksel ısıtıcı sistem ile birlikte kullanımı durumunda, ısı yayılımının dikiş desenine göre karşılaştırılması üzerine bir çalışma yapılmıştır. Deneysel yöntemin kullanıldığı araştırmada, metalik iletken iplik ve portatif güç kaynağı ile aktif olarak ısı üretilerek, dikiş desenlerine göre oluşan sıcaklık derecesinin, pamuklu ve termal yansıtıcı kumaş yüzeyindeki dağılımı ölçülmüştür. Araştırma sonuçları daha sonra yapılacak çalışmalar ile geliştirilerek dış giyim ürünlerinde kullanılabilir hale getirilebilir ve böylece soğuk hava koşullarında iletken iplik ve termal yansıtıcı kumaşla birlikte kullanılabilen ısıtıcı sistem sayesinde oluşan ısı ile vücut ısısı kaybının en aza indirgenmesi sağlanabilir.

Anahtar Sözcükler: Dikiş Deseni, Elektriksel Isınma, Dış Giyim, Termal Konfor, Yansıtıcı Kumaşlar

Comparison of Heat Dissipation In Cotton and Thermal Reflective Fabrics According To Sewing Pattern

Abstract

Since the day they existed, people have have tried to satisfy their basic instincts, such as protecting their bodies against external factors of nature and surviving, by using animal skins and some plants. These protection instincts of people formed the basis of the need for clothing. Nowadays, with the developing technology, new materials and production methods to meet the need for dressing, clothes are produced with special fabrics that can maintain the temperature of

[1] Bu çalışma 2024 yılında tamamlanan " Pamuklu ve Termal Yansıtıcı Kumaşlarda Isı Yayılımının Dikiş Desenine Göre Karşılaştırılması" başlıklı yüksek lisans tezi esas alınarak hazırlanmıştır. (Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Moda Tasarımı Anabilim Dalı)

the human body even in weather conditions where it is very difficult to maintain it. In the research, a study was conducted to compare the heat dissipation according to the sewing pattern when cotton and thermal reflective fabric are used with an electrical heating system in order to preserve body temperature.and balance it against the external environment, and thus to protect body temperature. In the research using the experimental method, heat was actively produced with metallic conductive thread and portable power supply, and the distribution of the temperature generated according to the sewing patterns on the cotton and thermal reflective fabric surface was measured. The research results can be improved with further studies and made available in outerwear products, and thus, body heat loss can be minimized thanks to the heating system that can be used with conductive yarn and thermal reflective fabric in cold weather conditions.

Key Words: Sewing Pattern, Electrical Heating, Outerwear, Thermal Comfort, Reflective Fabrics

GİRİŞ

İnsanlar ilk kıyafetlerini oluşturmak için lifler, yapraklar ve hayvan derisi gibi malzemeleri kullanmışlardır. Giyimin birincil ve ortaya çıkış amacı insan bedenini doğal koşullar ortamında korumaktır. Bu doğrultuda en önemli faktörlerden birisi soğuk hava koşulları olmaktadır. Vücudun soğuktan korunmasını sağlayan en önemli giyim ürünleri ise dış giyim ürünleri olarak adlandırılan grupta yer almaktadır. Dış giyim ürün ve üretimlerinde kullanılan malzeme türlerinin belirlenmesinde etki eden faktörler arasında iklimsel özellik taşıyan hava sıcaklığı, hava basıncı ve rüzgâr hızı gibi faktörler yer almaktadır. Hava şartlarına karşı koruma sağlayabilecek bir giysinin vücudun termal dengesi için gerekli ısıyı da karşılaması gerekmektedir. Vücut ve çevre arasındaki etkileşimin kontrol edilmesinde termo-fizyolojik özelliklerin dikkate alınarak giysi içerisinde rahat bir mikro iklim sağlanması önemlidir. Termo-fizyolojik konforu etkileyen çevresel parametreler ise hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgâr ve radyan sıcaklıktır. Çünkü bunlar vücut ve çevre arasındaki ısı transferini doğrudan etkileyen faktörlerdir (Rees, 1971). Bu çevresel faktörlerin biri veya birkaçı değiştiğinde, giysi içindeki mikro iklim de değişim gösterecektir.

İnsan vücudunda bulunan en büyük organ olan cilt, termoregülasyon da dâhil olmak üzere birçok önemli işlevi yerine getirmektedir. Kutanöz mekanoreseptörler aracılığıyla çeşitli dokunsal uyaranları algılama ve çevreyi tanıma gibi işlevlerinin yanında bir diğer işlevi ise termoregülasyondur (Schmidt, et al., 2020: 1). Termal konforu "termal ortamdan zihin olarak memnun olma durumu" şeklinde tanımlayan ANSI/ASHRAE 55-74 (Wang, et al., 2010: 388) ve ISO 7730:2005 standartlarına göre en geniş manada termal çevre koşullarını ele alan, bina sakinleri için kabul edilebilir termal konfor elde etmek amacıyla iç ortam koşullarının aralıklarını belirleyen bir Amerikan Ulusal Standardıdır. Bu standart ilk kez 1966'da yayınlanmıştır ve 2004'ten beri her üç ila altı yılda bir güncellenmektedir. Standardın en son versiyonu 2020 yılında yayınlanmıştır.

İnsan vücudu (cilt sıcaklığı 34°C ile) siyah cisim spektrumu ile yaklaşık 9 µm merkezli kızılötesi (IR) radyasyon yayar. Isıl konforu etkileyen fiziksel faktörler havanın nemi, düşey sıcaklık farkı gibi faktörlere göre değişmektedir. Bu yüzden ortamın termal durumunu tanımlayan çeşitli parametreleri termal duyumla ilişkilendirmek mümkündür. Ancak duyum hassasiyeti tam olarak doğru ölçümlenemez. Termal hassasiyet ile ilgili yapılan bir çalışmada katılımcıların cevaplarının oldukça farklı olduğu ve termal hassasiyetin sübjektif bir yönünün de olduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışmalarda insan cildinin ortalama sıcaklığı ile termal konfor hissi arasında doğrusal bir ilişki olduğu ifade edilmiştir (Zhai, 2017: 4). Wang ve diğerlerinin (2013) çalışmasına göre bu doğrusal fonksiyon şu şekilde tanımlanır; TSV=0,6108× T_{cilt} -20,155, burada TSV termal konforun duyusunu yansıtan indekstir ve T_{cilt} [°C] cildin ortalama sıcaklığıdır. T_{cilt} değerinin 33 derece olduğu bir durumda, cildin ortalama sıcaklığıyla ilgili duyum TSV=0 değeri, yani nötr termal konfor hissi olarak hesaplanmaktadır. Goldman'a (Aktaran Williams, 2009) göre insan cildinde hassas reseptörler ile vücudun ısı kaybını azaltmak için kendi dahili mekanizması vardır. Kan akışı ve cilt, dolayısıyla cilt yüzeyindeki ısı kaybı, vücuttaki kan damarlarında meydana gelen daralma ile azalır. Bu şekilde vücutta damarların büzülmesi ve damarların daralması süreci fazladan bir giysi katmanı giymeye eşdeğerdir. Termal rahatlık hissi ise aynı zamanda hava hareketi, nem ve dokunma duyularını içeren çeşitli termal olmayan faktörlerle de ilişkilidir. Ayrıca insan vücudundaki hareket kolaylığı da konforu etkiler (Tabor, et al., 2020: 4).

İnsanlar için 0 derecenin altındaki, özellikle de −15 derecenin altındaki ekstrem koşullar tehlike oluşturabilmektedir. Normalde kalın termal katmanlardan oluşan kıyafet tercihi bilinen bir yol olsa da giyen kişinin hareket kabiliyetini azalttığı gibi termal katmanların ağırlığı da konforu olumsuz etkilemektedir (Militký, et al., 2021: 2). İnsan vücudunda metabolizmanın faaliyetleri neticesinde sürekli olarak üretilen termal radyasyonun %50'si kızılötesi radyasyon yoluyla dağılır. Oluşan ısının dışarıya kaçmasını engellemek için termal katmanlar arasına alüminyum folyo eklenerek kullanılabilir. Ancak bu durum bazı katmanların su buharının çıkışını engellemesine ve bu da kıyafette nem birikmesine sebep olabilir. Biriken nem ise vücut ısısının düşmesine ve sonucunda da hipotermiye neden olabilmektedir. Bu dezavantajı tersine çevirmek için delikli alüminyum folyo ya da geçirimli özel bir katmana ihtiyaç duyulmaktadır (Militký, et al., 2021: 2).

Sıcaklıktaki gerçek bir değişikliğin kullanıcı tarafından hassasiyetle fark edilip edilemeyeceği üzerine yapılan bir çalışmada, insanlar ortam soğuk olduğunda eklenen sıcaklığın daha hassas

şekilde farkına varıldığını ve soğuğa karşı dayanımlarının arttığını bildirmişlerdir (Hensel, 1981: 1090). Stuart ve diğerleri (1989) tarafından 12 katılımcı ile yapılan, soğuk koşullarda eldiven kullanımı ile ilgili deneme çalışması sonucunda, eller soğuk ve ıslak olduğunda kuru yün eldivenler diğerlerinden daha kuru olarak değerlendirilmiştir. Çünkü yün, kullanıcının ellerindeki nemi hızla emmiştir. Ayrıca araştırmada derinin, soğuk ve sıcaklık algılama eşiklerinin sadece ekrin ter bezleri tarafından değil, aynı zamanda deride bulunan termoreseptörler tarafından yapıldığı sonucu ortaya çıkarılmıştır.

Dış giyimde kullanılan yalıtım katmanları, hava koşullarına dayanıklı membranlar, yaşanan teknolojik gelişmelerle birlikte ortaya çıkmıştır (örn. faz değiştiren malzemeler, diğer mikrokapsüllenmiş yüzeyler, biyositler, bukalemun pigmentleri, biyosensörler ve hatta entegre devreler) ve her bir polimer katmanının olduğu çok katlı sistemlerin daha da geliştirilmesi dış giyimde kullanılan yüzeylerde yaşanan gelişmelerden sayılmaktadır. Akan ve kendini kapatan nanoteknoloji polimerler, akıllı ve aktif tekstil ürünlerinde kullanılan malzeme teknolojilerine örneklerdendir. Aktif akıllı tekstil ürünlerinin yanında pasif termal konfor sağlayan malzeme teknolojileri de son yıllarda yaygınlık göstermeye başlamıştır. Pasif ısınma yoluyla kişisel konforun arttırılması, iletim ısısının ve havanın kumaşa hapsedilmesi, ısı kaybının en aza indirecek şekilde izolasyonu ve ısının geri kazanımı gibi yöntemler sağlanabilir. İzolasyon sağlamaya yönelik pasif ısıtıcı diye tabir edilen kavram, vücut radyasyonunu etkili bir şekilde bloke ederken, insan vücudunun yaydığı enerjiyi geri göndererek kişisel izolasyon yoluyla insan vücudunun ısınmasına odaklanır. Yeni malzeme teknolojilerinden gümüş nanotel (AgNW) kaplı tekstilin, insan vücudunun sıcak bir yüzeyle simüle edildiği bir çalışmada, pamuklu normal bir kumaşa oranla %21 oranda daha fazla termal izolasyon sağladığı belirtilmektedir (Hsu, et al., 2014: 4).

Pasif termal konfor sağlamaya yönelik başka bir çalışmadan elde edilen verilere göre, elektromanyetik dalgaların belirli bir dalga boyu aralığı için periyodik bir yapı içerisinde yayılamaması durumunda oluşan Fotonik Bant Boşluğu (PBG) fenomeninden yararlanılarak değiştirilebilir ve IR yansımasının elde edilebileceğini göstermektedir. Bu nedenle, bu PBG efektini uyarlayarak insan emisyon ana dalga boyu aralığının içinde veya dışında uygun bir yansımaya sahip olabiliriz. Sonuç olarak bu, ortam sıcaklığına bağlı olarak tekstilin ısınması veya soğuması ile sonuçlanır. Genel olarak, uyarlanabilir IR yansıtma konsepti, dinamik bir pasif sıcaklık düzenleyici tekstil elde etme potansiyeline sahiptir (Abede et al., 2019: 3). Bu çalışma

sonuçlarıyla paralel olarak yeni geliştirilen bir diğer pasif ısıtma sağlama yöntemi ise Columbia markasının "Black Dots" ismini verdiği, dışardan gelen ısıyı da absorbe edebilen bir yüzeye sahip yeni kumaş teknolojisidir. Montun dış yüzeyinde bulunan siyah noktalara sahip katmanı, güneşten gelen ışınları emerek termal konfor sağlamayı hedeflemektedir. Bu teknoloji ile siyah kaplama yansıtıcı kumaşın emisyonunu düşük tutmak için yaydığı radyal ısıyı iç katmanlara ulaştırıp izolasyonu sağlamak hedeflenmiştir.

YÖNTEM

İletken iplik ile pamuklu kumaş ve termal yansıtıcı kumaş malzemelerinin bir arada kullanılmasıyla aktif ısı üretimi ve izolasyon sağlama özelliğinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada nicel araştırma yöntemlerinden deneme modeli kullanılmıştır. Deneme modelleri, neden-sonuç ilişkilerini belirlemek amacıyla, araştırmacı kontrolünde gözlenmek istenen verilerin üretildiği bir araştırma modelidir (Karasar, 2012: 87). Araştırmanın evrenini iletken iplikler, kumaşlar ve güç kaynakları oluşturmaktadır. Örneklemini ise iplikler içerisinde %99 gümüş eğirme iletken iplik, lityum iyon güç kaynağı, termal yansıtıcı kumaş ve pamuklu kumaş oluşturmaktadır. Örneklem belirlemede olasılıklı olmayan örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde araştırmacı ilk olarak evrendeki çeşitlilik içerisinden araştırma varyasyonlarını ilgilendiren bir tanesini, daha sonra da çeşitliliği en iyi temsil ettiğini düşündüğü örneklemi belirler (Baltacı, 2018: 245). Deney uygulamasında kullanılan araçlar ve malzemeler olasılıklı olmayan örnekleme çeşitlerinden yargısal örnekleme ile belirlenmiştir. Uzun süreli ısıtma elemanı olarak kullanıma uygun ipliklerin seçilmesi amacıyla yapılan önceki çalışmalar incelenmiş ve esnek özelliğe sahip, teknik olarak dikilmeye daha uygun, düşük dirençli, elektriksel iletkenlik sağlayan gümüş eğirme iletken iplik kullanılmıştır. Kumaş seçiminde yine literatür taraması ve kumaş incelemeleri sonucunda taşıdığı özellikler ve dış giyim ürünlerinde kullanılabilirliği açısından alüminyum transfer folyo baskılı kumaş uygulama kapsamında kullanılmış, alüminyum transfer folyo baskılı kumaş ile karşılaştırma yapabilmek amacıyla pamuklu kumaş türü olan Amerikan bezi tercih edilmiştir.

Çalışmada kullanılan iletken iplik seçiminde konu ile ilgili yapılan araştırmalar incelenerek, ısıtma elemanı tasarımı için önerilen iki iletken iplik markası arasından imkânlar dâhilinde ulaşılabilen, Shieldex 235/34 dtex 2-kat Saf gümüş HC kaplamaya ek koruyucu kaplama olarak +B nitril

kauçuk içeren, %99 nanopartikül boyutunda kaplamalı poliamid 6.6 filament seçilmiştir. Hohenstain biyolojik güvenli /Z-61795, DIN EN ISO 9001:2015, REACH, RoHS sertifikasına sahip, 370µm çapındaki ipliklerin DC doğrusal direnci 600 Ω/m'dir. İpliklerin iletkenliği s/m'dir. Dikiş tekniği, iletken ipliklerin tekstil alt katmanına tasarlanmış şekilde uygulanması için kullanılır.

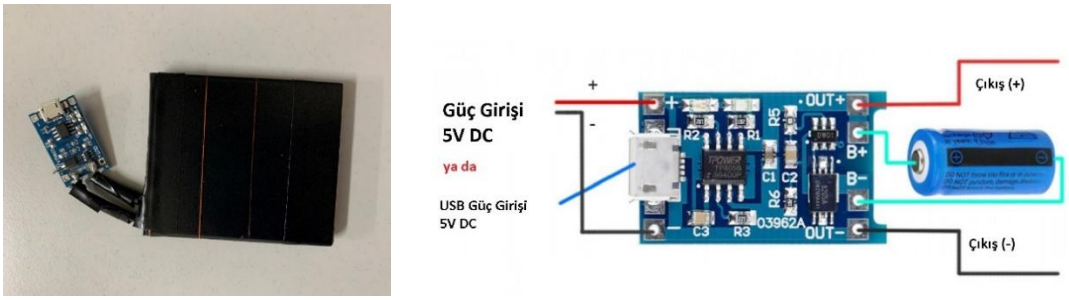


Şekil 1. Shieldex 235/34 dtex 2-kat, %99 Saf gümüş iletken iplik

Seçilen iletken iplik dikildiği kumaşın gerginliği değiştiğinde, bağıl direnç değişimi yüksek olan bir iletken iplik türüdür. Daha önce yapılan bir çalışmada gümüş kaplı poliamid ipliğin elektriksel ısıtıcı eleman olarak teknik özellikleri yönünden incelenmiş ve paslanmaz çelik kaplı ipliklere göre daha elverişli oldukları saptanmıştır (Šahta, et al., 2014: 11). İletken ipliğin dikildiği kumaş gerildiği zaman, desendeki elektrik akımının yapısını değiştirir. Bu yapısal değişiklik direncin değişmesine neden olabilir. Yapılardaki bu değişiklikler hem karmaşıktır hem de tahmin edilmesi zordur. Sensörler gerildiğinde dirençteki değişiklikler kumaşın uzamasıyla doğrusaldır. Başka bir deyişle, birbirleriyle ters orantılı olduğundan direnç ne kadar fazla olursa iletkenlik o kadar az olur.

Çalışmada kullanılan bir diğer malzeme güç kaynağıdır. Güç kaynağı seçiminde yeniden şarj edilebilen güç kaynağı çeşitleri arasında bulunan, lityum iyon ve lityum polimer bataryalar incelenmiştir. Lityum polimer piller, sıvı elektrolit yerine bir polimer elektroliti kullanır. Lityum polimer pillerde güçlü ve sert bir muhafaza gerekli değildir. Lityum polimer pillerde mikro gözenekli elektrolit kullanılır. Pillerin paketlenmesinde bir alüminyum plastik kompozit film bulunmaktadır (Anonim, 2023). Lityum-iyon veya Li-ion pil, enerji depolamak için lityum iyonlarının tersine çevrilebilir indirgemesini kullanan, şarj edilebilir pil türüdür. Taşınabilir tüketici elektroniği ve elektrikli araçlarda en çok kullanılan pil türüdür. Ayrıca şebeke ölçeğinde enerji

depolama, askeri ve havacılık uygulamalarında önemli kullanım alanı bulunmaktadır. Diğer şarjlı pil teknolojileriyle karşılaştırıldığında, Li-ion piller yüksek enerji yoğunluğuna, az kendi kendine boşalmaya sahiptir ve hafıza etkisi yoktur. Kapasite kaybı yaşamamak için bekleme voltajında (3.6 volt) bekletilmelidir. Tepe voltaj değeri 4.2'dir. Yaklaşık 500 döngüden sonra %10 kapasite azalması olur. Lityum polimer pillere göre daha güvenlidir ve bu yönüyle çalışmada kullanılan güç kaynağı olarak Lityum iyon bir batarya güç kaynağı olarak seçilmiştir.



Şekil 2. TP 4056 devre elemanı ve lityum iyon güç kaynağı

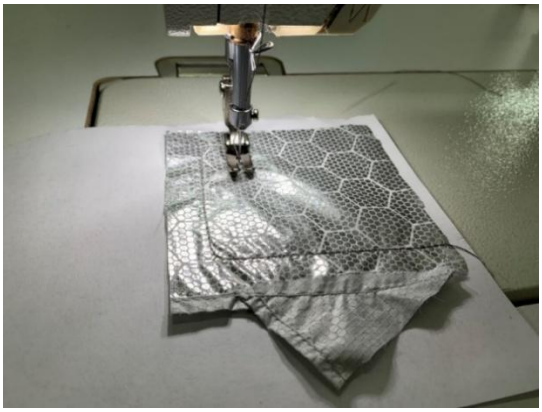
Pasif termal konfor sağlamaya yönelik olarak kullanılabilecek malzemeler içerisinde dış giyim ürünlerinde kullanılabilecek uygunlukta olan ürünler araştırıldığında uzay battaniyesi (aynı zamanda Mylar battaniyesi, acil durum battaniyesi, ilk yardım battaniyesi, güvenlik battaniyesi, termal battaniye, hava battaniyesi, ısı levhası, folyo battaniyesi veya şok battaniyesi olarak da bilinmektedir) karşımıza örnek olarak çıkmaktadır. Ancak ürünün özellikle düşük ağırlıklı, düşük hacimli, ısıyı yansıtan, ince, plastik kaplama bir malzeme olma özellikleri öne çıkarken, nefes alabilirlik düzeyinin oldukça düşük olması nedeniyle nemin dışarıya çıkmasının engellenmesi ve kumaştan ziyade çok ince bir folyo malzeme olmasından dolayı küçük hareketlerde bile hışırtı sesi çıkarması gibi bazı olumsuz özellikleri de olabilmektedir. Buna alternatif olarak daha nefes alabilen Alüminyum Transfer Folyo Baskılı Likralı çözgü örme (85% Polyester + 15% Spandex bileşenlerinden oluşmaktadır), baskı deseninde boşluk kısımlardan nefes alabilirlik sağlanabilmesi, kumaşa baskı olması sayesinde hışırtı sesi olmaması gibi olumlu özellikler taşıması ve malzemenin temin edilebilmesi nedeniyle çalışmada kullanılmak üzere tercih edilmiştir.



(a) (b) (c)

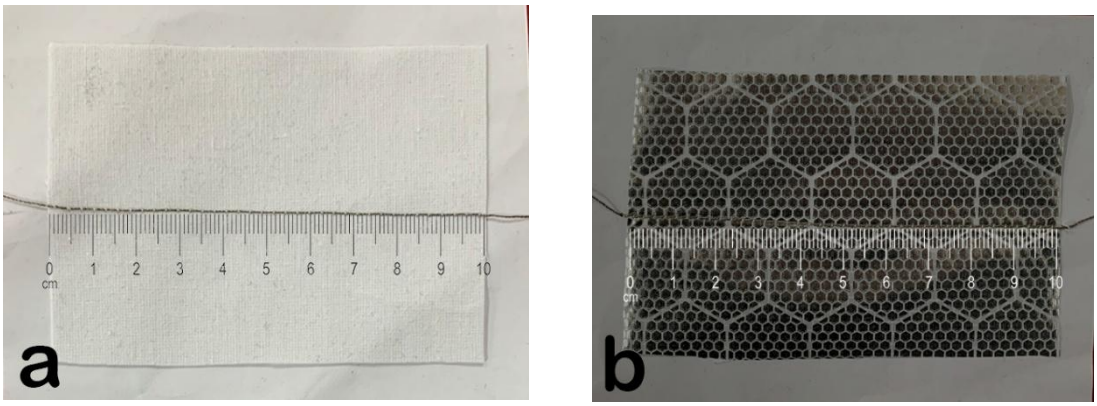
Şekil 3. Alüminyum Folyo Transfer Baskılı Kumaş (a) ve acil durum battaniyesi (b) Pamuklu kumaş örneği (c)

Deneme çalışması iki aşamalı olarak yürütülmüştür. Birinci aşamada kumaş karşılaştırması yapılmıştır. Bu amaçla joule ısıtma sistemine yardımcı olabilecek kumaş test numuneleri hazırlanmıştır.



Şekil 4. Test numune kumaşına iletken iplik dikim işlemi

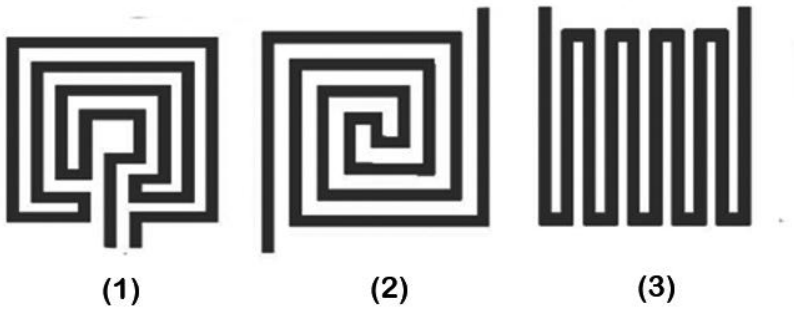
Uygulamada kullanılan iletken iplik miktarı ve kumaş ölçüsü her iki örnek için sabit tutulmuştur. Pamuklu kumaş ve alüminyum folyo transfer baskılı kumaş numunesi 10x10 cm ölçülerde kesilerek hazırlanmıştır. 10 cm uzunluğundaki kumaşa iletken iplik dikiş makinesinde düz dikiş olarak dikilmiştir. Dikiş esnasında kumaşta esneme, kayma vb. gibi herhangi bir durum oluşmaması ve iletken ipliğin daha mukavemetli bir yüzeye sahip olması için kumaşın altına kâğıt yerleştirerek dikme işlemi yapılmıştır.



Şekil 5. Pamuklu kumaş (a) ve Alüminyum baskılı kumaş (b) test numuneleri

Deneme çalışmasının ikinci aşamasını gerçekleştirmek için iletken ipliğin ısıtıcı özelliğini en verimli şekilde kullanabilmek amacıyla homojen bir sıcaklık dağılım sağlamaya yönelik mikro ısıtıcılar ile ilgili çalışmalardan elde edilen simülasyonlar araştırılmıştır. Desen seçimi için literatürde yapılan araştırma sonucunda binaların ısıtma sistemlerinde de kullanılan serpantin deseni seçilmiştir.

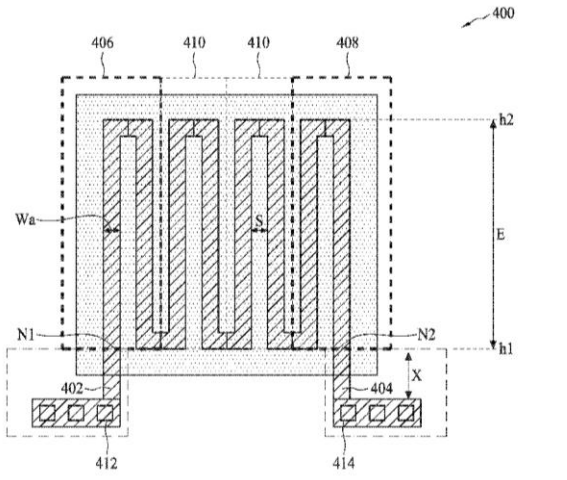
Mikro ısıtıcılar ile ilgili geometrik desenleri inceleyen bir çalışmada (Jeroish et al., 2021: 11), sarmal desenlerin daha iyi termal dağılım özelliklerine sahip olduğu belirtilmiştir (Velmathi, et al., 2010). Farklı mikro ısıtıcı deseninin simüle edildiği bir karşılaştırmada, kıvrımlı serpantin deseni (3) ve spiral kare deseni (2) düşük güç tüketmektedir, ancak spiral kare deseni (2) daha yüksek sıcaklıklarda verimli olmakta iken, düzgün bir termal dağılım için geliştirilmesinin gerektiği belirtilmiştir. Ters C deseni ile spiral kare deseni arasında belirgin bir fark gözlemlenememiştir. Ayrıca bu karşılaştırmada serpantin deseni (3) daha iyi termal dağılıma sahipken, nispeten daha düşük sıcaklık değerlerine ulaşabilmektedir (Lekshmi, et al., 2018; Utomo, et al., 2019).



Şekil 1. Farklı mikro ısıtıcı desenleri üzerine araştırma. Ters C Şekli (1), Spiral kare deseni (2) ve Kıvrımlı Serpantin Deseni (3) (Jeroish et al., 2021: 11)

Burada dış giyimde kullanılacak bir mikro ısıtıcı için çok yüksek sıcaklıklara ulaşmaktan ziyade düşük güç tüketimi ve iyi bir termal dağılım sağlayabilmek göz önüne alınmıştır. Yüksek sıcaklıklara ulaşmak termal konforu sağlamaktan ziyade rahatsız edici ve vücuda zarar verici olabilir, ayrıca terlemeyi artırabileceği için olumsuz etkileri olabilir. Çalışmada amaç çok yüksek bir ısı elde etmekten ziyade optimum sıcaklık dengesini oluşturmaktır ve bu nedenle serpantin deseninin kullanılmasının daha uygun olduğu düşünülmüştür.

Yarı iletken dirençler bütünleşmiş devrelerde yaygın olarak kullanılmakta olan US10162931B2 patent numaralı, Serpantin direnci oluşturma yönteminden ilham alınarak oluşturulan test numunesinde, entegre devre (IC) tipik olarak bir yarı iletken cihaz ve elektrik şemasından oluşmaktadır.



Şekil 2. Serpantin direnci yerleşim planını gösteren bir diyagram. (https://patents.google.com/patent/US10162931B2/en)





Şekil 6. Alüminyum baskılı kumaşa iletken iplikle serpantin deseni dikimi.

Çalışmada kullanılan iletken ipliğin güç kaynağına bağlanarak belirli zaman aralıklarında ısınma davranışını ölçümlemek için FLIR Systems AB tarafından üretilen, 464 × 348 termal piksel çözünürlüğe ve 15 °- 45 ° C (59 °-113 ° F) sıcaklık hassasiyetine sahip FLIR T540-EST model numaralı termal kamera kullanılmıştır. Üretici verilerine göre bu kamera ± 0,3 ° C (± 0,5 ° F) sapma değerine ve 7.5-14 µm spektral aralığa sahiptir. Ayrıca 0,01 ile 1,0 arasında değişen malzeme emisyon değeri de hazır ayarlarında mevcuttur.

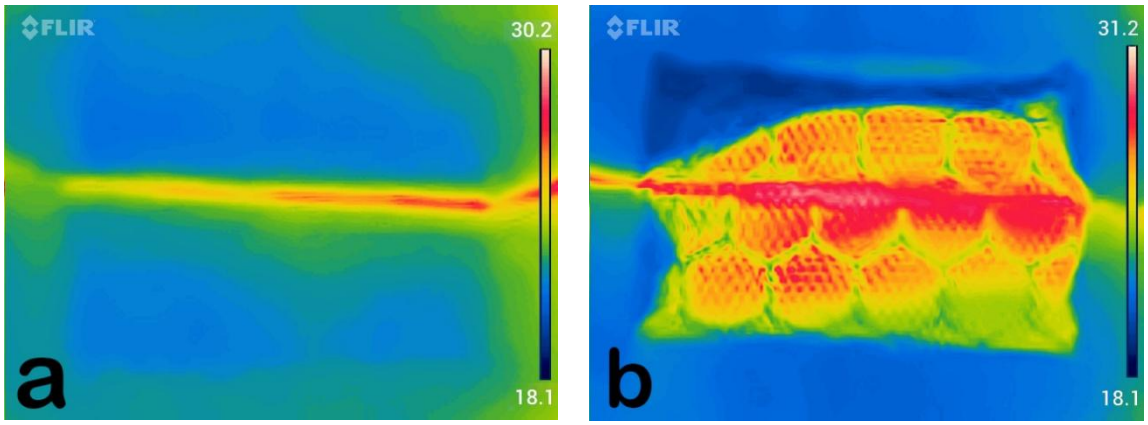
BULGULAR

Çalışmada elde edilen veriler nicel verilerdir ve deneysel yöntem kullanılarak kontrollü ortam koşullarında elde edilmiştir. Araştırmada kullanılmak üzere iletken gümüş ipliklerinin kumaşlar üzerine dikilmesi ile oluşturulan örnekler kullanılmıştır. Birinci aşamada pamuklu kumaş ve termal yansıtıcı kumaş üzerine iletken iplik ile dikiş uygulaması yapılmıştır. İki kumaş arasındaki oluşan sıcaklık farkları ve ısı yayılımları termal kamera ile ölçülerek kaydedilmiştir. İkinci aşamada Serpantin direnci oluşturma yöntemiyle iletken iplik ısınma testi sonuçları ölçümlenmiştir. Bu amaçla oluşturulan desen, güç kaynağına bağlanarak 50 dakikalık süre boyunca 10 dakikalık aralıklarla termal kamera ile görüntülenmiş, ısınma düzeyi ve yüzeydeki sıcaklık dağılımı incelenmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda sıcaklık değerleri ve termal kamera ile yapılan ölçümler sonucunda ısı yayılımını gösteren dağılımlar kayıt altına alınmıştır. Deneysel çalışmada her ısıtma periyodu 10 dakika, soğutma süresi ise 5 dakika olacak şekilde uygulama gerçekleştirilmiştir.

İletken iplikte kullanılan optimum voltaj gücü 4.3V iken çıkış gücü iletken ipliğe bağlıyken 3V'a kadar düşmektedir.

Pamuklu Kumaş ile Alüminyum Folyo Transfer Baskılı Kumaşta Kullanılan İletken İplikte Oluşan Sıcaklık ve Sıcaklığın Yüzey Dağılımları

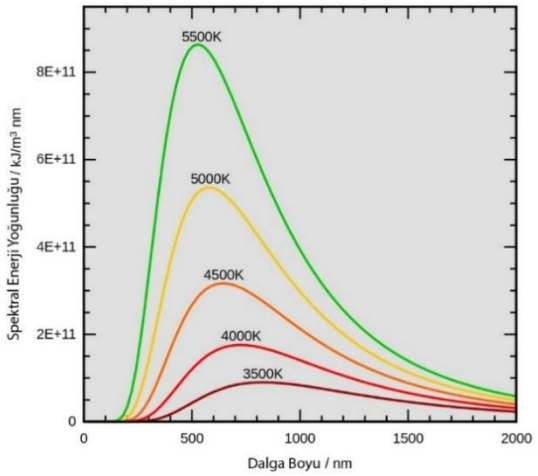
Çalışmanın birinci aşamasında pamuklu kumaş ve alüminyum folyo transfer baskılı kumaş ile iletken iplik kullanımında oluşacak sıcaklık ölçüleri ve ısı dağılımları tespit edilmeye çalışılmıştır. Pamuklu kumaş (a) ve Alüminyum folyo transfer baskılı kumaş (b)'a dikilen iletken iplik üzerine bağlanan güç kaynağı ile 4.3 V ölçüsünde akım verilerek 20 dakika beklenmiş ve ısınma işlemi sağlanmıştır. Kumaşlarda oluşan sıcaklık değerleri ve ısının yüzeyde dağılımını belirlemek amacı ile termal kamera kullanılmıştır. Termal kamera ölçümü ile alınan sıcaklık değerleri ve ısı dağılımını gösteren görüntüler bilgisayar ortamında kayıt altına alınmıştır.



Şekil 7 a-b. Pamuklu kumaş (a) ve Alüminyum transfer baskılı kumaş (b) sıcaklık yayılım görüntüleri

Yapılan ilk sıcaklık ölçüm testlerinde pamuklu kumaşta iletken ipliğin ulaştığı sıcaklık 30,2 °C iken alüminyum transfer baskılı kumaşta 31.2°C olarak ölçümlenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, pamuklu kumaşın termal kamera görüntüsünde termal yayılım spektrumu açısından nötr seviyeye yakın olduğu, Alüminyum folyo baskılı kumaşın termal kamera görüntüsünde ise termal yansımaların olduğu gözlemlenmiştir. Bunu daha net açıklamak gerekirse, Alüminyum folyo baskılı kumaşın IR optik özellikleri, basitleştirilmiş bir modelin eşdeğer normal insidans değeri 30 μm varsayılarak incelenmiştir. İnsan vücudu termal radyasyon spektrumu

yaklaşık 9 µm'dur. Bu yayılım değeri, emisyonu yüksek bir kumaşta çoğunlukla kaybolur. Burada simüle edilen aslında geniş yansıma hissi, yansıma spektrumları insan vücudu radyasyonu ile benzeşik durumdadır, bu da yaklaşık 100 ila 2000 nm arasındaki ~%97 yansımaya karşılık gelmektedir. 2000 nm'de geniş aralık durumunda, yani kütle yükünün düşük olduğu durumlarda bile yansıma hala %50'dir. Yansıma spektrumu ortalama insan tarafından yayılan vücut radyasyonu geri yansıtma oranıdır. Burada simüle edilen yansıma yüzdesel olarak, alüminyum transfer baskılı kumaş için %40,8 iken, pamuklu kumaş için sadece %1,3'tür.



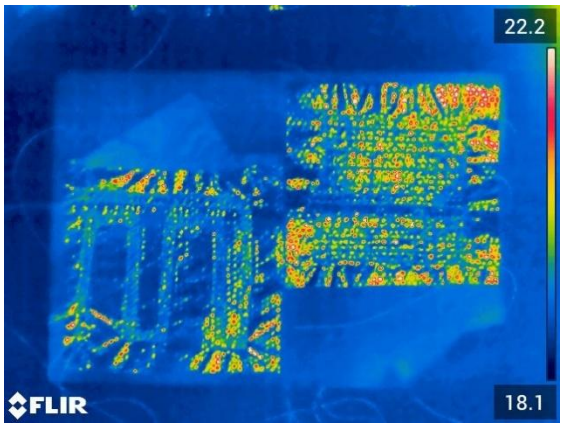
Şekil 3. Metreküp/Kilojul başına düşen Spektral Enerji Yoğunluğu ve Dalga Boyu Grafiği (https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_radiation)

Her iki kumaşın ısı dağılımlarını gösteren termal kamera sonuçları karşılaştırıldığında, pamuklu kumaş üzerine dikilen iletken ipliğin yaydığı ısının daha çok ipliğin yüzey kesitine yakın olduğu, alüminyum folyo baskılı kumaş üzerine dikilen iletken iplikte ise yayılımın daha geniş bir yüzeyde olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

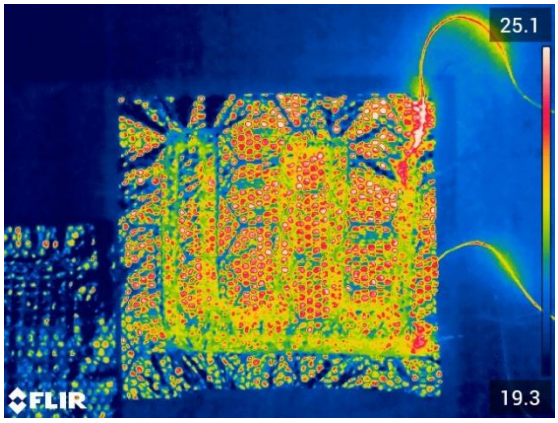
Serpantin Direnci Oluşturma Yöntemiyle İletken İplik Isınma Testi Sonuçları

Serpantin desen ile oluşturulan numune, güç kaynağına bağlanarak 50 dakikalık süre boyunca, 10 dakika aralıklarla termal kamera ile görüntülenmiş, sıcaklık değeri ve yüzeyde oluşan sıcaklık dağılımı incelenmiştir.

Güç kaynağına bağlı iletken ipliğin serpantin direnci oluşturulduktan sonra termal kamera ile 50 dakikalık süreyle sıcaklığı gözlemlenmiş, bu süre zarfında ortam sıcaklığı en düşük değeri 18.1 °C olarak ölçümlenmiştir. Test sürecinin sonucunda ulaşılabilen maksimum sıcaklığın 27,4 °C olduğu ortaya çıkmıştır.



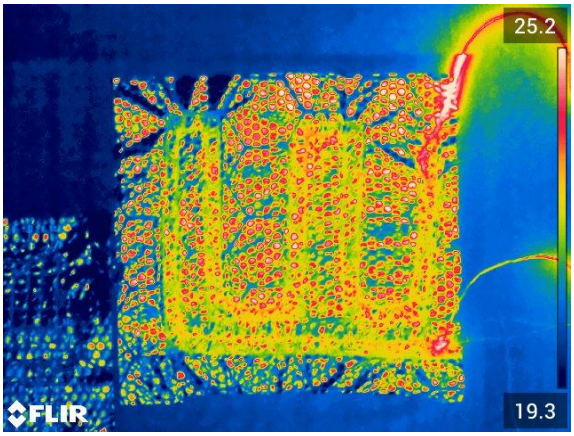
Şekil 8. 0. Dakikada Oluşan Sıcaklık Değeri ve Dağılımı



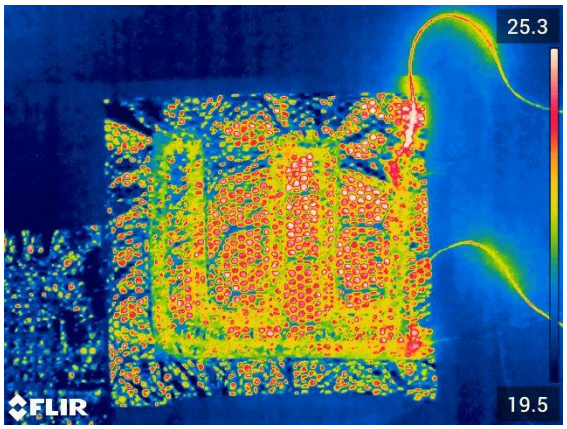
Şekil 9. 10. Dakika Sonunda Oluşan Sıcaklık Değeri ve Dağılımı

İletken ipliğin güç kaynağına bağlı olmadan alınan görüntüsünde iplikte herhangi bir sıcaklık dağılımı gözlemlenmemiştir. Alüminyum folyo baskılı kumaşın yüzeyinde de kaydadeğer bir sıcaklık gözlemlenmemiştir.

İlk 10 dakikada iletken iplikte yayılan elektrik akımı ile meydana gelen sıcaklık değişiminin yaklaşık olarak 22-23 derece civarlarında olduğu ve iletken ipilikte meydana gelen sıcaklık değişimi ile birlikte Alüminyum folyo baskılı kumaşta da iplik deseniyle paralellik gösteren sıcaklık oluşumu gözlemlenmiştir. Burada sıcaklık dağılımının yavaş yavaş yüzeye homojen olarak dağılmaya başladığı ifade edilebilir.

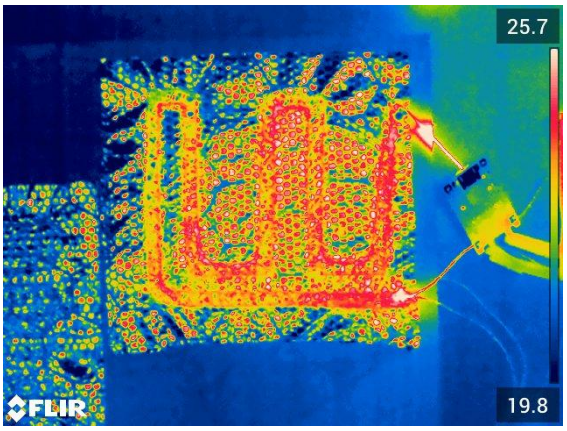


Şekil 10. 20. Dakika Sonunda Oluşan Sıcaklık Değeri ve Dağılımı

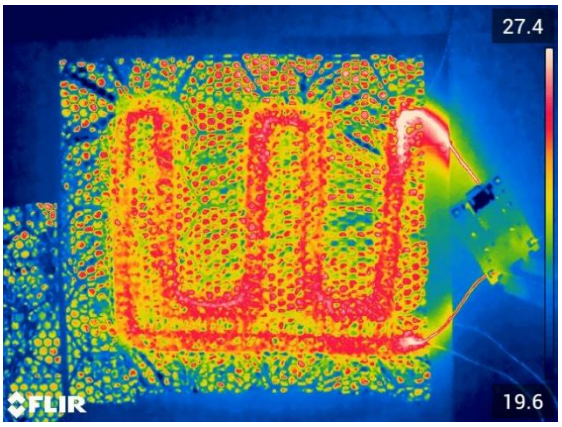


Şekil 11. 30. Dakika Sonunda Oluşan Sıcaklık Değeri ve Dağılımı

20. dakikadan 30. dakika tamamlanıncaya kadarki süreçte iletken ipliğin güç kaynağına en yakın olduğu, yani güç çıkışına bağlandığı bölgede yaklaşık olarak 25.2 lik bir sıcaklık değeri gözlemlenirken iletken ipliğin yavaş yavaş Alümiyum folyo baskılı kumaş ile ayırt etmenin zorlaştığı sonucuna ulaşılmıştır



Şekil 12. 40. Dakika Sonunda Oluşan Sıcaklık Değeri ve Dağılımı



Şekil 13. 50. Dakika Sonunda Oluşan Sıcaklık Değeri ve Dağılımı

40. dakikada iletken iplikte oluşan sıcaklık değerinin yaklaşık olarak 24-25 derece arasında olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. İplikte meydana gelen sıcaklık artık stabil bir değere yaklaştığı için 50. dakikaya geçişte, ilk yarım saatteki sıcaklık değişimlerine kıyasla daha az sıcaklık değişiminin olduğu belirlenmiştir. İplikte gözlemlenen en yüksek sıcaklık değeri 27.4 °C olarak

gözlemlenmiştir. Bu sıcaklığın Alüminyum folyo baskılı kumaş yüzeyinde ilk 40 dakikaya göre daha geniş alanda olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Ayrıca ikinci testte gözlemlenen sonuçların ilk testin sonuçlarını tekrar doğrular nitelikte olduğu kanaatine varılmıştır. Burada 10x10 cm ölçüsündeki alüminyum folyo transfer baskılı kumaşın yüzey yansıtma özelliği ve pamuklu kumaşa göre düşük emisyonlu olması sayesinde sıcaklık yayılımının daha homojenik olduğu ve geniş bir yüzeye yayıldığı gözlemlenmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

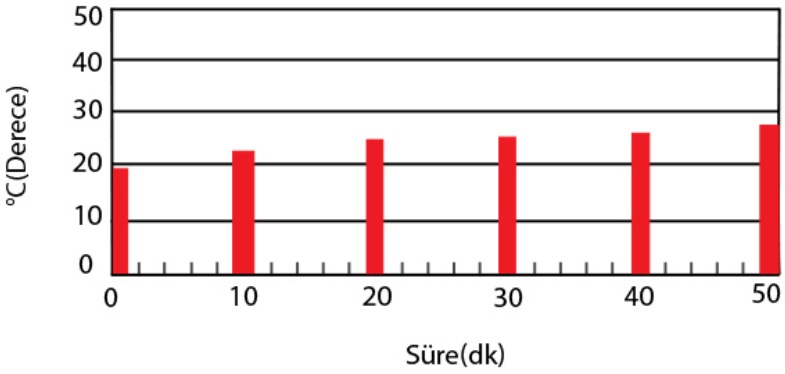
İnsan vücudu sıcak ve soğuğa karşı duyarlıdır. İklim şartları karşısında oluşan hava sıcaklıkları da bu nedenle giyim ürünlerinin belirlenmesinde önem taşımaktadır. Kış aylarında oluşan soğuk hava koşullarına karşı korunmak amacıyla dış giyim ürünleri kullanılmaktadır. Günümüzde gelişen teknoloji ve üretim yöntemleri giyim ürünlerinde kullanılan malzeme ve tekniklerin de gelişerek çeşitlenmesine olanak sağlamıştır. Ancak uzun süreli olumsuz hava koşullarına maruz kalma gibi durumlarda vücut ısısının korunmasını sağlayacak sistemlerin oluşturulması ve geliştirilmesi yönünde çalışmalar devam etmektedir.

Araştırmada soğuk iklim koşullarında yaşayan, arama-kurtarma görevinde çalışan ya da extrem doğa sporları vb. alanlara ilgisi olan bireyler için üretilebilecek dış giyim ürünlerinde kullanılabilecek bir ısıtma sistemi ile sıcaklık oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda iletken iplik ve termal yansıtıcı kumaş üzerinde deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. İletken iplik ve joule ısıtmaya dayanan bir sistem tasarımının daha verimli şekilde nasıl kullanılabileceği, düşük emisyonlu kumaşın iletken iplik ile bir ısıtıcı sistemde kullanılmasının yüksek emisyonlu geleneksel kumaşa göre fark gösterip göstermeyeceği tespit edilmeye çalışılmıştır.

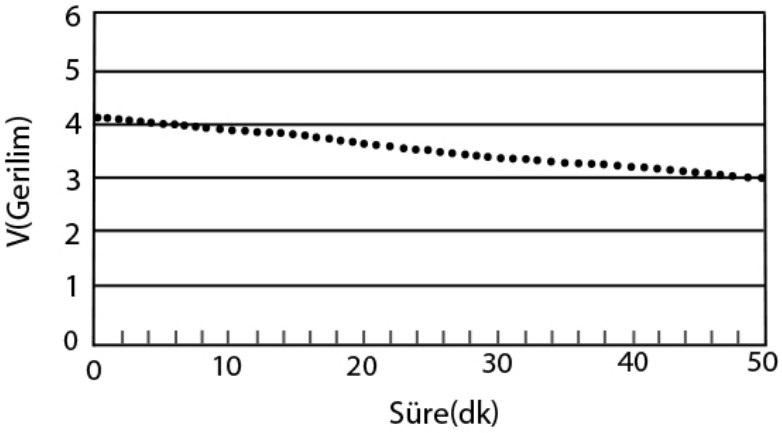
İletken iplikler farklı üretim metotlarıyla pek çok alanda kullanılabilmektedir. Bunlar arasında ilk olarak elektrik akımını iletebilmesi özelliğinin geleneksel bir life kazandırılmış olmasının yanı sıra elektromanyetik kalkanlama, antibakteriyel özellik kazandırma gibi spesifik uygulamaların da kullanımı mevcuttur. Bu çalışmada iletken ipliğin ısıtıcı özellikleri araştırıldığı için öncelikle iletkenliği yüksek olan ve imkânlar dâhilinde temin edilebilen bir iletken iplik tercih edilmiştir. Gerekli literatür taramaları ile iletken iplikler hakkında edinilen bilgiler doğrultusunda iplik

karşılaştırmaları yapılmış ve temin edilebilen Shieldex 235/34 ipliğe karar verilmiştir. İplik, dtex 2-kat Saf gümüş HC kaplamaya ek koruyucu kaplama olarak +B nitril kauçuk içeren, %99 nanopartikül boyutunda kaplamalı poliamid 6.6 filamentten meydana gelmektedir. Ayrıca bu iplik Hohenstain biyolojik güvenli /Z-61795, DIN EN ISO 9001:2015, REACH, RoHS sertifikasına sahiptir. İnsan vücuduna doğrudan temas etmeyecek dış giyim ürününe entegre kullanılacak da olsa biyolojik olarak güvenli olması da Shieldex markasının tercih nedenlerindendir. Yine iletken ipliğin yıkanabilirliğine ilişkin firma yetkilisi ile yapılan görüşmede sadece klorlu su ile yıkamanın gümüş bağlara zarar verebileceği, normal su ile yıkamanın ipliğin gümüş yapısına ve iletkenliğe zarar vermeyeceği bilgisi alınmıştır. İletken ipliğin yıkama sonucunda gümüş kaplamasında oluşabilecek değişimlerle ilgili yapılan bir çalışmada (Stavrakis, et al., 2022), gümüş kaplamanın yıkama testleri incelenmiş ve ipliğin nominal direncinin yükselmesi beklenirken, yıkamada oluşan mikro çatlaklar nedeniyle aktif elektriksel süreksiz malzemeler gibi özellikler göstermeye başladığı tespit edilmiştir. Gümüş kaplı mikro kırıklarla ilgili bulgularla bağlantılı olarak iletken ipliğin metre başına direnç değerlerinin yükseldiği gözlenmiş, sonuçlar yıkanmamış örneklerle karşılaştırıldığında çok belirgin bir fark oluşmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Joule ısıtıcı sistem için dış giyim ürününde rahatlıkla kullanılabilecek, bir akıllı telefon bataryası boyutunda, kompakt bir lityum iyon güç kaynağı test esnasında kullanılmıştır. Ayrıca aşırı bir şarj durumunda pile zarar gelmesini engelleyecek bir devre kartı ile sistem güvenli hale getirilmiştir. Testler kontrollü ortam koşullarında gerçekleştirilmiştir ve ortam sıcaklığı ilk denemede 18.1°C'dir. 10x10 cm pamuklu kumaş ve Alüminyum folyo baskılı kumaş üzerine iletken iplik ile yapılan tek sıra dikiş 30 dakika boyunca güç kaynağına bağlı olarak tutulmuş ve 31°C'ye kadar ulaşılmıştır. Termal kamera görüntüsü ile kumaşlarda oluşan sıcaklık ve sıcaklık dağılımı değerlendirildiğinde alüminyum folyo baskılı kumaşta pamuklu kumaşa göre sıcaklığın yüzeye daha fazla dağılım sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4. İletken iplik sıcaklık- süre grafiği



Şekil 5. İletken iplik gerilim- süre grafiği

Çalışmanın ikinci aşamasında literatürde var olan mikro ısıtıcılar ile ilgili tasarımlar incelenerek karşılaştırılmış, elde edilen veriler sonucunda serpantin direnci oluşturma yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. Alüminyum folyo baskılı kumaş üzerine iletken iplik ile serpantin yöntemi kullanılarak hazırlanan numune üzerinde deneme çalışması yapılmıştır. Deneme sonucunda süreye bağlı olarak iletken iplikte oluşan sıcaklık ve gerilim dağılımları Şekil 4 ve 5'te verilmiştir. 50 dakika boyunca başlangıçta ve her 10 dakikada oluşan sıcaklık termal kamera ile ölçülmüştür. 50 dakikanın sonucunda iletken ipliğin dikildiği alüminyum folyo baskılı kumaş yüzeyinde ulaşılabilen maksimum sıcaklık değeri 27,4 °C olmuştur. Araştırmada özellikle dış giyim ürünlerinde kullanılabilirliği ve soğuk hava koşullarında destekleyici ısıtma özelliği açısından iletken iplik ve alüminyum folyo kaplamalı kumaşın birlikte kullanılarak verilen akım ile sıcaklık oluşturmaya yönelik deneme çalışması yapılmıştır. Araştırma ulaşılabilen mevcut

kaynaklar ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçta iletken iplik ile ısı oluşumu sağlanmış ve alüminyum folyo kaplamalı kumaşın özelliklerinden dolayı da oluşan ısının yayılım gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda;

- Farklı malzemelerin kullanımı ile deneme çalışmaları geliştirilebilir.
- Malzemelerin insan sağlığı üzerinde oluşturabileceği olumlu ve olumsuz özellikler araştırılabilir.
- Dış giyim ürünleri tasarlanarak ısıtıcı sistem tasarımları geliştirilebilir.
- Tıp alanı ile birlikte vücuda uygun ısıtma sisteminin kullanıldığı dış giyim ürünlerinin tasarım ve üretimi gerçekleştirilebilir.
- Isıtma amacı taşıyan iletken malzemeler geliştirilebilir.
- İletken malzemelerin dış giyim ürünlerinde kullanımına yönelik testler yapılabilir.

KAYNAKÇA

ABEBE MULUNEH, G., KHOUSAKOUN, E., DESPREZ, S., RAQUEZ, J. & MAES, B. (2019). *P100_0202_ Temperature-Regulating Textiles Using Switchable Infrared Reflectivity*, Proceedings of the 19th World Textile Conference – Autex, 3, doi: https://doi.org/10.21825/autex.63630

ANONİM, https://aydinlatma.org/lityum-iyon-li-ion-ve-lityum-polimer-lipo-piller-arasindaki-fark-nedir.html, Erişim Tarihi: 22.11.2023

BALTACI, A. (2018). *Nitel Araştırmalarda Örnekleme Yöntemleri ve Örnek Hacmi Sorunsalı Üzerine Kavramsal Bir İnceleme*, Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7(1), 231– 274.

HENSEL, H. (1981). *Thermoreception and Temperature Regulation,* Monographs of the Physiological Society, 38:1- 321. PMID: 6820811.

HSU, P.-C., LU, X., LİU, C., XİE, X., LEE, H. R., WELCH, A. J., CUİ, Y. (2014). *Personal Thermal Management by Metallic Nanowire-Coated Textile*, Nano Letters, 15(1), 365–371. doi:10.1021/nl5036572

JEROİSH, Z.E., BHUVANESHWARİ, K.S., SAMSURİ, F., NARAYANAMURTHY, V. (2022). *Microheater: Material, Design, Fabrication, Temperature Control, and Applications—A Role in COVID-19*, Biomedical Microdevices, 24: 3, 1-49, https://doi.org/10.1007/s10544-021-00595-8

KARASAR, N. (2012). *Bilimsel Araştırma Yöntemi*, Nobel Yayıncılık, Ankara.

LEKSHMİ, M., S., PAMULA, R., KARTİK, A., SUJA, K., J. (2018). *Performance Analysis of Micro Hotplate Based Metal Oxide Nanowire Gas Sensor*, 7th International Symposium on Next Generation Electronics (ISNE), 1–4

MİLİTKÝ, J., KŘEMENÁKOVÁ, D., VENKATARAMAN, M., VEČERNÍK, J., MARTÍNKOVÁ, L., MAREK, J. (2021). *Sandwich Structures Reflecting Thermal Radiation Produced by the Human Body*, *Polymers, 13*(19), 3309. https://doi.org/10.3390/polym13193309

REES, W., H. (1971). Physical Factors Determining the Comfort Performance of Textiles, "Third Shirley International Seminar: Textiles for Comfort," The Cotton Silk and Man-made Fibers Research Association, Manchester, England, June 15-17

ŠAHTA, I., BALTİNA, I., TRUSKOVSKA, N., BLUMS, J. & DEKSNİS, E. (2014) *Selection of Conductive Yarns For Knitting an Electrical Heating Element,* Conference: HPSM/OPTI, Volume: 137

SCHMİDT, D., SCHLEE, G., MİLANİ, T., L., GERMANO, A., M., C. (2020). *Thermal Sensitivity Mapping - Warmth and Cold Detection Thresholds of The Human Torso. Journal of Thermal Biology, 93, 102718.* doi:10.1016/j.jtherbio.2020.102718

STAVRAKİS A., K., SİMİĆ, M., STOJANOVİĆ, G., M. (2022). *A Study of the Performance Degradation of Conductive Threads Based on the Effects of Tensile Forces and Repeated Washing*, *Polymers.* 14(21), 1-16, https://doi.org/10.3390/polym14214581

STUART, I., M., SCHNEİDER, A., M., TURNER, T., R. (1989) *Perception of The Heat of Sorption of Wool,* Textile Research Journal, 59 (6), 324-329.

TABOR, J., CHATTERJEE, K., GHOSH, T., K. (2020). *Smart Textile-Based Personal Thermal Comfort Systems: Current Status and Potential Solutions*, Advanced Material Technologies, 5, 1-40, doi: 10.1002/admt.201901155.

UTOMO, M., S., WHULANZA, Y., KİSWANTO, G. (2019). *Maskless Visible-Light Photolithography of Copper Microheater for Dynamic Microbioreactor*, The 4th Biomedical Engineering's Recent Progress in Biomaterials, Drugs Development, Health, and Medical Devices AIP Conf. Proc., 2193, 050013-1–050013-6; https://doi.org/10.1063/1.5139386

VELMATHİ, G., RAMSHANKER, N. & MOHAN, S. (2010). *Design, Electro-Thermal Simulation and Geometrical Optimization of Double Spiral Shaped Microheater on a Suspended Membrane for Gas Sensing*, IECON 2010 - 36th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, pp. 1258–1262

WANG, F., , GAO, G., KUKLANE, K., HOLMÉR, I. *(2010). A Review of Technology of Personal Heating Garments,* International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE), Vol. 16, No. 3, 387–404

WANG, Z., HE, Y., HOU, J., JİANG, L. (2013). *Human Skin Temperature and Thermal Responses in Asymmetrical Cold Radiation Environments*, Building and Environment, 67, 217-223, https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.05.020

WİLLİAMS, J., T., (Ed.), (2009). Textiles for Cold Weather Apparel. Woodhead Publishing, 1st Edition, eBook ISBN: 9781845697174

ZHAİ, X. (2017). Investigation and Analysis of Human Body Thermal Comfort in Classroom, Materials Science, Energy Technology, and Power Engineering I AIP Conf. Proc., 1839, 020163-1–020163-6; doi: 10.1063/1.4982528

İnternet

https://doi.org/10.3390/polym14214581

https://patents.google.com/patent/US10162931B2/en

https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_radiation