

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKILLI GİYSİ DİZAYNI
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Ozan KAYACAN

**Şubat, 2008
İZMİR**

AKILLI GİYSİ DİZAYNI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Doktora Tezi
Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı**

Ozan KAYACAN

**Şubat, 2008
İZMİR**

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

OZAN KAYACAN, tarafından DOÇ.DR. ENDER YAZGAN BULGUN yönetiminde hazırlanan “AKILLI GİYSİ DİZAYNI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

.....
Doç.Dr. Ender Yazgan BULGUN
Yönetici

.....
Yrd.Doç.Dr. Özge ŞAHİN
II. Danışman

.....
Prof.Dr. GÜNGÖR BAŞER
Tez İzleme Komitesi Üyesi

.....
Yrd.Doç.Dr. Ahmet ÖZKURT
Tez İzleme Komitesi Üyesi

.....
Doç.Dr. Hale KARAKAŞ
Jüri Üyesi

.....
Doç.Dr. Sevil YEŞİLPINAR
Jüri Üyesi

.....
Prof.Dr. Gülseren KURUMER
Jüri Üyesi

.....
Prof.Dr. Cahit HELVACI
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Sadece doktora çalışmam sürecinde değil akademik yaşantımın başlangıcından bu güne dek bilgi birikimi, deneyim ve desteğini benden esirgemeyen değerli danışmanım Sn. Doç.Dr. Ender Yazgan BULGUN'a şükranlarımı sunuyorum.

Elektronik gibi eğitim alanımın dışında olan bir konuda çalışabilmem için her türlü desteğini gördüğüm tez danışmanım Sn. Yrd.Doç.Dr. Özge ŞAHİN'e değerli önerileri ve anlayışı için çok teşekkür ediyorum.

Bilgi ve destekleriyle beni yönlendiren ve bu tezin oluşumunda büyük katkıları olan tez izleme komitesi üyeleri Sn. Prof.Dr. Güngör BAŞER ve Sn. Yrd.Doç.Dr. Ahmet ÖZKURT'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalarında kullandığım materyallerin temini konusunda Beksa AŞ ve Sümer Konfeksiyon Tekstil AŞ; giysi üretimi konusunda da Roteks Tekstil İhr.San.Tic.AŞ firmalarının yetkililerine teşekkür borçluyum.

Çalışmamın en önemli parçalarından biri olan elektronik altyapı hazırlığı konusundaki bilgilerini benimle paylaşan sevgili Gürcan KAHRAMAN'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Akademisyen olmamda çok büyük etkisi olan, hayatta örnek aldığım insanların en başında gelen sevgili babam Cemal KAYACAN'ın bugün yanımda olmasını çok isterdim, ancak ne yazık ki mümkün olamadı. Kendisini en derin hasret ve rahmetle anıyorum.

Son olarak bütün eğitim hayatım boyunca her koşulda bana verdikleri maddi ve manevi desteğin yanı sıra gösterdikleri sonsuz sevgi ve sabır için tüm aileme, özellikle de sevgili eşim Dr. Özlem KAYACAN'a şükranlarımı sunuyorum.

Ozan KAYACAN

Şubat 2008

AKILLI GIYSİ DİZAYNI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

ÖZ

Son yıllarda önemi ve kullanım alanı giderek yaygınlaşan “Akıllı Sistemler ve Malzemeler” tekstil sektöründe de artan bir uygulama alanı bulmaktadır. Dış ortam şartlarına fiziksel ve kimyasal olarak reaksiyon veren malzemelerin yanı sıra elektronik ve tekstil materyallerinin entegrasyonunu amaçlayan akıllı/interaktif tekstil yapıları geliştirilmektedir. Geleceğin giysileri olarak nitelendirilen bu akıllı sistemler korunma, yönlendirme, iletişim vb. birçok fonksiyonu içermektedir. Aktif ısıtıcı giysilerin, gelecekte en geniş kullanım potansiyeline sahip akıllı giysi örneklerinden biri olacağı tahminlenmektedir. Özellikle dış ortam şartlarında görev yapan personelin kullanımına yönelik olan sıcaklık kontrollü bir akıllı giysi tarafından kullanıcıya sağlanan termal destek, giysi içerisine yerleştirilen ısı kaynaklarından sağlanmaktadır. Bu tür bir giysi konseptine örnek olabilecek nitelikteki “sıcaklık kontrollü giysi tasarımı”nda bir yandan kullanıcının temel gereksinimlerini karşılayabilecek bir giysi tasarımı gerçekleştirilirken diğer yandan da hedeflenen fonksiyonların yerine getirilmesi amacıyla en uygun elektronik altyapının hazırlanması gerekmektedir. Taşınabilir bir yapının tasarlanması sebebiyle kullanım anındaki dayanıklılığı, kullanım süresinin yeterli olması, taşınabilir güç kaynağı seçiminin uygun yapılması gibi konular öne çıkmaktadır.

Bu çalışmada öncelikle elektronik fonksiyonlara sahip akıllı/interaktif konfeksiyon ürünlerindeki gelişmeler incelenmiştir. Konu ile ilgili Türkiye’deki ilk çalışmalardan birinin gerçekleştirilmesi amaçlanmış ve çelik esaslı iletken iplikler kullanılarak ısıtıcı paneller üretilmiştir. Kumaş esaslı olan bu panellerden sıcaklık eldesi için taşınabilir güç kaynakları kullanılmıştır. Bu panelleri besleyecek uygun özelliklere sahip elektronik devre altyapısının yanı sıra tüm bu altyapının yerleştirileceği bir akıllı giysi tasarlanmış ve üretilmiştir. Isıtıcı giysi prototipinin çalışma performansı kullanım alanına yönelik olarak soğuk iklim şartları simüle edilerek test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı giysiler, elektro-tekstiller, tekstil esaslı iletken yapılar, çelik iplikler, ısıtma

AN INVESTIGATION ABOUT SMART GARMENT DESIGN

ABSTRACT

“Smart Systems and Materials” are getting more and more attention in recent years and have a great potential in the field of textiles. The smart/interactive textile structures that integrate electronics and textile materials and the materials that react to the external stimuli physically and chemically have been developed. These products, which are called 'the garments of the future', involve different functions such as protection, actuation, communication etc. The garments, which can heat the body, will possibly be one of the most widely used products for future use in daily life. These products are developed especially for the use of the people who work outside during their day. The thermal heating occurs in the thermal panels that are placed inside the garment. The procedures used to design this kind of garments can be grouped into two major topics. The first is to fulfill the needs of the comfort properties as it is an ordinary textile product while the second is to meet the functional requirements as a warming system. Heating amount, durability, sufficient working time and determining the optimum power source are among the major parameters in point of designing of a portable structure.

In this study, developments about smart/interactive garments having electronic functions were investigated. Steel based conductive yarns were used to produce heating panels within the study being one of the first about interactive electronic garment design in Turkey. Portable power supplies were applied to fabric based panels to obtain heating function. Beside an electronic circuit, a functional garment containing all system was designed and produced. Performance of the heating garment prototype was evaluated on a thermal mannequin by testing under the cold weather environments.

Key Words: Smart garments, electro-textiles, textile based conductive materials, steel yarns, heating

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	v
BÖLÜM BİR – GİRİŞ	1
1.1 Genel Bilgiler.....	4
1.1.1 Akıllı Giysi – Akıllı Tekstil Kavramı	4
1.1.2 Pasif Akıllı Malzemeler.....	5
1.1.3 Aktif Akıllı Malzemeler.....	7
1.1.3.1 Faz Değiştiren Materyaller (Phase Change Materials-PCM).....	7
1.1.3.2 Biçimsel Hafızalı Materyaller (Shape Memory Materials-SMM).....	8
1.1.3.3 Kromik Materyaller(Chromic Materials)–Bukalemunsu Materyaller	9
1.1.3.4 Isıya Duyarlı Tekstil Malzemeleri.....	11
1.1.3.5 Elektronik / İletken Tekstiller	11
1.1.4 Çok Akıllı Malzemeler.....	12
1.1.5 Nano Teknoloji.....	13
1.1.5.1 Tekstilde Nano-Teknoloji.....	17
1.1.6 Elektronik ve Tekstil Malzemelerinin Entegrasyonu.....	19
1.1.7 Tekstil Malzemelerine Elektrik İletim Özelliğinin Kazandırılması	21
1.1.7.1 Lif ve İplik Yapılarına Elektrik İletim Özelliğinin Kazandırılması....	23
1.1.7.2 Kumaş Yapılarına Elektrik İletim Özelliğinin Kazandırılması.....	25
1.1.8 Akıllı İnteraktif Tekstil Malzemelerinin Kullanım Alanları.....	28
1.1.8.1 Askeri Alanda Kullanılan Akıllı-İnteraktif Tekstil Malzemeleri.....	28
1.1.8.1.1 Miğferler.....	32
1.1.8.1.2 Askeri Alanda Kullanılan Tekstil Esaslı İnteraktif Sağlık Ürünleri..	33
1.1.8.1.3 Tekstil Esaslı Mekanizmalar Yardımıyla Ağır Materyallerin Kaldırılması.....	34

1.1.8.1.4 İnteraktif Kamufraj Teknolojisi.....	36
1.1.8.1.5 İnteraktif Elektronik Sistemli Üniformalar.....	37
1.1.8.1.6 Tekstil Esaslı Klavyeler.....	38
1.1.8.1.7 Askeri Barnaklar/Siperler/Tenteler.....	39
1.1.8.2 Tıp Alanında Kullanılan Akıllı-İnteraktif Tekstil Malzemeleri.....	39
1.1.8.2.1 Akıllı Gömlek (SmartShirt®).....	41
1.1.8.2.2 Yaşam Gömleği (Life –Shirt®)	45
1.1.8.2.3 Mamagoose® Bebek Pijamaları.....	47
1.1.8.2.4 Akıllı Çoraplar.....	48
1.1.8.2.5 Akıllı Büstiyer.....	49
1.1.8.2.6 Tıp Alanında Geliştirilen Diğer İnteraktif Ürünler.....	50
1.1.9 Sıcak ve Soğuk Ortam Şartlarının İnsanların Termal Dengesine ve Performansına Etkisi.....	51
1.1.10 Vücut Sıcaklığının Ölçülmesinde Kullanılan Standartlar.....	56
1.2 Çalışmanın Amacı.....	58
BÖLÜM İKİ – ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	61
BÖLÜM ÜÇ – MATERYAL METOD.....	77
3.1 Materyal.....	77
3.1.1 Isıtıcı Giysi Prototipi Sistem Bileşenleri.....	77
3.1.1.1 Isıtıcı Paneller.....	77
3.1.1.2 Isıtıcı Giysi Prototipi Elektronik Devre Tasarımı.....	81
3.1.1.3 Kullanılan Devre Bileşenleri.....	85
3.1.1.3.1 PIC 16F877 Mikro-denetleyici.....	85
3.1.1.3.2 “Pic Basic Pro” Yazılımı.....	88
3.1.1.3.3 Dijital Gösterge Paneli (LCD) ve Tuş Takımı Devresi.....	89
3.1.1.4 Sıcaklık Sensörleri.....	90
3.1.1.5 Güç Kaynağı.....	91
3.1.2 Ölçüm Sistemi.....	93
3.2. Metod.....	94

BÖLÜM DÖRT – ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	98
4.1 Isıtıcı Giysi Yapısı	98
4.2 Sistemin Çalışma Performansının Denenmesi.....	101
4.3 Ni-MH Pil Uygulamaları.....	114
4.3.1 0°C Ortam Şartlarında Isıtıcı Giysi Prototipi Üzerinde Yapılan Ölçüm Sonuçları.....	114
4.3.2 5°C Ortam Şartlarında Isıtıcı Giysi Prototipi Üzerinde Yapılan Ölçüm Sonuçları.....	137
4.4 Li-Ion Pil Uygulamaları.....	162
4.4.1 0°C Ortam Şartlarında Isıtıcı Giysi Prototipi Üzerinde Yapılan Ölçüm Sonuçları.....	162
4.4.2 5°C Ortam Şartlarında Isıtıcı Giysi Prototipi Üzerinde Yapılan Ölçüm Sonuçları.....	172
4.5 Ni-MH Pil Uygulamalarına İlişkin Karşılaştırmalar.....	181
4.5.1 0°C Ortam Sıcaklığında Isıtıcı Giysi Prototipi Üzerinde Yapılan Denemelerin Karşılaştırmaları.....	181
4.5.2 5°C Ortam Sıcaklığında Isıtıcı Giysi Prototipi Üzerinde Yapılan Denemelerin Karşılaştırmaları.....	188
4.6 Li-Ion Pil Uygulamalarına İlişkin Karşılaştırmalar.....	195
4.6.1 0°C Ortam Sıcaklığında Isıtıcı Giysi Prototipi Üzerinde Yapılan Denemelerin Karşılaştırmaları.....	195
4.6.2 5°C Ortam Sıcaklığında Isıtıcı Giysi Prototipi Üzerinde Yapılan Denemelerin Karşılaştırmaları.....	198
BÖLÜM BEŞ – SONUÇLAR.....	204
KAYNAKLAR	212

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Lif ve tekstil materyallerinin tarihi, hayvan derilerinin yerine ilk kumaşların kullanıldığı zamanlardan başlayarak binlerce yıl eskiye dayanmaktadır. İlk çağlardan bu yana örtünme ihtiyacının karşılanması hedefiyle doğal giyim ürünlerinden günümüz bilgi çağında artık iklimsel korumanın yanı sıra başka özellikler de beklenmektedir. 50 yıl gibi bilim-teknoloji tarihi içerisinde kısa sayılabilecek bir zaman dilimi içerisinde lif ve tekstil endüstrisinde çok önemli gelişmeler kaydedilmiştir.

Günümüzde teknoloji giderek hızlanmakta ve sonuç olarak geliştirilen sistemler ve bunların bileşenleri giderek küçülmektedir. Hiç şüphesiz ki, tüm bu teknolojik gelişimin hızı giderek daha da artacaktır. Giderek minyatürleşen materyaller benzerlerinden farklılaşmakta ve bazı çok özel karakteristikleri bünyesinde toplamaktadır. Artık duyarlılık, kullanışlı olma, bilgi toplayabilme ve karar verebilme gibi özellikler tek bir üründe toplanabilmektedir.

Çevremizdeki pek çok ürün gün geçtikçe daha akıllı hale gelmektedir. Oysaki geçmişte belirli bir fonksiyonu yerine getirebilmek için sayısız bileşene ihtiyaç duyulmaktaydı. Ancak, artık aynı fonksiyonun gerçekleştirilebilmesi için çok daha az ayrıntı gerekmektedir. “Minyatürleşme” terimi sadece boyutsal bir küçülme değil, aynı zamanda bileşen sayısı ve kompleksliğinde de bir sadeleşme anlamına gelmektedir.

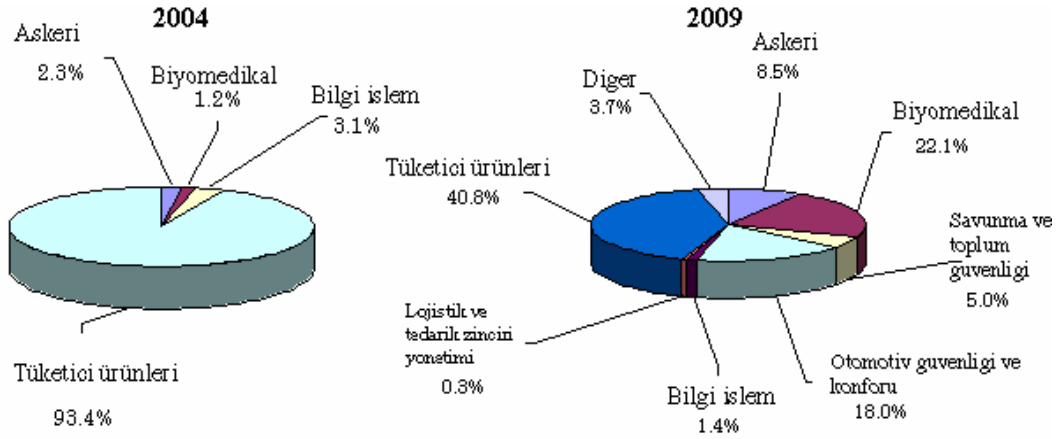
Gelişen teknoloji ile birlikte, belirli boyutta “akıllı” özelliğe sahip elektronik gereçler, yukarıda da belirtilen minyatürleşme konsepti içerisinde günlük hayatımızda daha fazla paya sahip olmaktadır. Özellikle kişiye özel tüketim maddeleri dikkate alındığında kişisel bilgisayarlar, dijital kameralar ve mobil telefonlar gibi elektronik ürünler harcamalar açısından öncelikli tercih edilen sektörler haline dönüşmüşler ve son yıllarda tekstil ürünlerinden daha fazla ticaret hacmine sahip olmuşlardır

Özellikle 1990'lı yıllardan itibaren kişisel harcamalarda tekstil ürünlerinin payı Avrupa'da %7.1'den %5.1'e ABD'de ise %5.8'den %4.4'e düşmüştür (Albaum, 2003). Bu düşüş trendi günümüzde de devam etmektedir. Moda değişiklikleri, çeşitli kampanyalar, fiyatlardaki indirimler gibi önerilen çözümler bile bu eğilimi tersine çevirememektedir. Bu sebeple yeni nesil tekstil ürünlerinin modern tüketiciler için bir şekilde cazip hale getirilmesinin bir yolu bulunmalıdır.

İşte bu noktada tekstil ürünlerinin giyinme/örtünme/hoş görünme dışında bazı ihtiyaçları karşılama durumu ortaya çıkmaktadır. Modanın ana amacı bireysel veya grupsal farklılıklar yaratmanın ötesine geçmelidir. Bu doğrultuda bazı ilave fonksiyonların eklendiği “akıllı – interaktif tekstillere olan ihtiyaç” doğmaktadır (Cognis, 2005).

Bugün “taşınabilir olma”, bir çok gereç ve uygulama için temel özelliktir ve sağlık, iletişim, güvenlik, eğlence, spor vs. gibi bir çok sektörde uygulama alanı bulmaktadır. Taşınabilir sistemlerin en kompleks örneklerinden olan “İnteraktif Tekstil Uygulamaları”nın gelecekte çok amaçlı sistemler olarak gelişmeye açık olduğu da net bir gerçektir. Giyilebilen interaktif-akıllı tekstil uygulamalarının temel hedefi, günlük giysilerimizin bir parçası haline gelmektir. İşte akıllı sistem dizaynında tekstil malzemelerinin kullanımının başladığı nokta da burasıdır. Konfeksiyon ürünleri, konforlu, kişisel, vücuda yakın, her zaman ve her yerde kullanılan ürünlerdir. Dolayısıyla bu tür ürünlerin kullanımı bir mecburiyet biçiminde değil, insanın doğası gereği gerçekleşmektedir. Sonuç olarak insan-makine etkileşimi için en uygun ortamlardan bir tanesi, konfeksiyon ürünlerinin farklı fonksiyonlara sahip olacak şekilde değişik bileşenler ile donatılması ve akıllı-interaktif hale getirilmesidir. Tüm bu gelişmeler, geleneksel tekstil ve konfeksiyon teknolojisi ile, malzeme bilimleri, yapısal mekanizmalar, sensör ve aktivatör teknolojisi, ileri işlemci teknolojisi, iletişim, yapay zeka, biyoloji, kimya alanlarının başarılı evliliklerinin bir sonucudur. Bu doğrultuda ortaya çıkan ürünler, iş dünyası, sağlık, iletişim, güvenlik sektörlerinde uygulama alanı bulabileceklerini ispatlamış ve oluşturulan prototipler başarıya ulaşmıştır. İlk ticari ürünler piyasaya sunulmaya başlanmıştır.

Tüm bu gelişmelerin bir sonucu olarak çok yeni bir alan olmasına rağmen dünyada akıllı tekstil ürünlerine olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Şekil 1.1'de çeşitli alanlarda kullanılan interaktif tekstil ürünlerinin satış dağılım tahminleri grafiksel olarak sunulmuştur.



Şekil 1.1 İnteraktif tekstil ürünlerinin satış miktarları. (Business Communication Company, 2004).

Grafiksel gösterimden de anlaşılacağı gibi teknolojik gelişmelere paralel olarak ürün çeşitliliğinde önemli bir artış gözlenmektedir.

Bir başka piyasa araştırmasına göre 2005 yılı itibarıyla 304 milyon dolarlık ticaret hacmine sahip olan akıllı giysiler/interaktif tekstiller alanı yıllık %28'lik bir büyüme potansiyel ile 2008 yılında 642,1 milyon dolarlık bir seviyeye yükselmeyi hedeflemektedir (Vdc-Corp. 2006). Sektör henüz doğuş aşamasında olmasına rağmen askeri, medikal, spor alanlarındaki uygulama imkânları ile çok yüksek bir gelişme potansiyeline sahiptir.

1.1 Genel Bilgiler

1.1.1 Akıllı Giysi – Akıllı Tekstil Kavramı

Tekstil makinelerinde işlenebilen ve kullanım amacına göre gerekli özellikleri taşıyan malzemeler tekstil malzemelerinin esasını oluşturmaktadır. Hiyerarşik olarak sınıflandırıldığında temel hammadde olan liflere belirli bir düzen içerisinde büküm verilmesi ile iplikler, ipliklerin örme, dokuma teknolojileri vasıtasıyla bir yüzey oluşturması sonucunda da kumaşlar meydana gelmektedir.

Adeta ikinci bir cilt gibi vücudumuzun dış yüzeyini kaplayan kumaşların son yılların popüler deyimleriyle “akıllı” hale gelmesinin anlamı nedir? Ana Britannica ansiklopedisine göre akıllı kavramı, çevresel değişikliklere karşı kendi bünyesinde veya bizzat o çevrede değişiklik yaparak efektif bir şekilde adapte olma yeteneğidir. Ancak bir yapının akıllı olarak nitelendirilebilmesi için ortaya koyulan net bir kural yoktur. Buna ilave olarak farklı sistemlerin otomasyon dereceleri ve akıllı olabilme seviyeleri de göz önüne alındığında farklı tanımlamalarla karşılaşılmaktadır.

Akıllı malzeme kavramı, ilk olarak 1989 yılında Japonya’da tanımlanmıştır. İlk ‘akıllı’ tekstil yapısı olarak 1979 yılındaki biçimsel hafızalı ipek ipliği kabul edilmektedir (Hongu ve Philips, 1990). Ancak Vigo ve arkadaşları, 1929 yılında Marsh ve arkadaşları tarafından tasarlanan ıslak ve kuru şartlarda selülozik kumaşların kıvrım kazanma yeteneklerini akıllı malzemelerin ilk örneği olarak kabul etmektedir (Vigo, 1997).

Ne tip tekstil malzemeleri akıllıdır? Bu tekstil kategorisini daha uygun bir şekilde tartışabilmek için akıllı malzeme kavramının tanımlanması gerekmektedir: Mekanik, kimyasal, elektriksel, manyetik veya diğer bir fiziksel kaynak tarafından üretilen uyarımlar veya ortam şartlarını algılayabilen ve reaksiyon veren malzemeler ‘akıllı malzemeler’ olarak tanımlanmaktadır.

Akıllı yapılar için literatürde ayrıca şu tanımlara rastlanmıştır.

- Kontrol etmemize gerek olmaksızın etkilere tepki veren yapılar,
- İçinde bulunduğu çevreye duyarlı olan yapılar,
- İçeriden veya dışarıdan gelen etkilere tepki veren giysiler
- Bazı olaylar karşısında otomatik olarak aktif reaksiyon gösteren yapılar

Sonuç olarak akıllı/zeki yapılar, tanımlanmış bazı çevresel etmenler karşısında belirgin bazı özelliklerini değiştirme yeteneğine sahip yani reaksiyon veren yapılar olarak tanımlanabilir.

Son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmeler, zaten hayatımızın bir parçası haline gelen ileri teknoloji ürünlerini veya uygulamalarını artık “giysilerimizin” bir parçası haline getirmiştir. İlk çağlardan bu yana örtünme ihtiyacının karşılanması hedefiyle doğan tekstil endüstrisi, günümüz bilgi çağında fonksiyonel, akıllı giysilerin-tekstil esaslı yapıların üretimini de gerçekleştirmiştir.

Akıllı tekstiler, gösterdikleri reaksiyonlara göre Zhang ve Tao tarafından 3 ana gruba ayrılmışlardır: Pasif akıllılar, Aktif akıllılar, Çok akıllılar (Zhang ve Tao, 2001),

- *Pasif Akıllılar:* Sadece ortam şartlarını ve uyarımlarını algılayabilirler
- *Aktif Akıllılar:* Ortam şartlarını ve uyarımlarını algılayıp tepki verebilmektedirler.
- *Çok Akıllılar:* Ortam şartlarını ve uyarımlarını algılayıp tepki verirler ve kendilerini yeni durumlara adapte edebilirler.

1.1.2 Pasif Akıllı Malzemeler

Akıllı malzemelerde 3 bileşen bulunabilmektedir. Sensörler, aktivatörler ve kontrol birimleri. Sensörler, sinyalleri algılayan bir sinir ağı gibi çalışmaktadırlar. Bu sebeple pasif akıllı tekstil yapılarında sensörlerin bulunma zorunluluğu vardır. Bazı materyaller sadece sensörler gibi davranış göstermektedirler. Optik lif yerleştirilmiş kumaşlar ile iletken kumaşlar pasif akıllı tekstil yapılarına örnek olarak gösterilebilir.

Tablo 1.1 Akıllı Tekstillerdeki Sensörlerin Potansiyel Kullanım Alanları (Zhang ve Tao, 2001)

Malzeme	Biçim	Algılanan sinyal	Uygulama
Optik lif	Safir, kuartz, plastik	Zorlanma, gerilim, basınç, yer değiştirme, ivme, kimyasal konsantrasyon, elektrik akımı, manyetik alan	Kumaş esaslı klavyeler, medikal giysiler, paraşütler, üniformalar
İletken lifler/iplikler	Organze, paslanmaz çelik, metal kaplı iplikler, polimer lifler	Basınç, gerilim, optik, manyetizma, elektrik akım, sıcaklık, kimyasal konsantrasyon,	Kumaş esaslı klavyeler, büstiyerler, battaniler, giysiler
İletken polimer kaplama		Basınç, elektrik akım, sıcaklık, kimyasal konsantrasyon, gerilim	Eldivenler, giysiler
Piezo-elektrik materyaller	Film, lif	Basınç, sıcaklık, akustik	Kompozitler, giysiler
Biçimsel hafızalı materyaller	Lamine filmler, kaplamalı kumaşlar, lif	Sıcaklık, manyetizma, kimyasal konsantrasyon	Giysiler
Bukalemunsu yapılar	Kaplamalı kumaşlar, lif	Sıcaklık, ışık/radyasyon, kimyasal konsantrasyon	Giysiler, eldivenler, başlıklar, tenteler
Faz değiştiren materyaller	Kaplamalı kumaşlar, lif	Sıcaklık	Kayak kıyafetleri, botlar, eldivenler, yorgan, battaniye, iç giyim
Diğerleri		Zorlanma, gerilim, sıcaklık, basınç, optik, yerdeğiştirme, ivme, manyetik alan/akım, kimyasal konsantrasyon,	Giysiler, ayakkabılar

Optik lif sensörler, kimyasal-biyolojik silahlar, normalin üzerindeki ortam sıcaklıkları ve toksik maddeler gibi çeşitli tehditlerin belirlenmesinde kullanılabilir. Poliüretan diasetilen kopolimeri sıcaklık algılama uygulamaları için termokromatik materyal olarak kullanılmaktadır. Polianilin ise kimyasal algılama uygulamalarında foto-kimyasal polimer olarak seçilmiştir. Optik liflerin koruyucu bir tabaka yardımıyla kaplanması sonucunda bu hassas malzemeler yerine kullanımı gündeme gelmiştir. Bu sayede algılayıcı sistem yapıları tekstil malzemeleri içine yerleştirilebilmektedir.

Örneğin pH algılayıcı sensörler geliştirilmiş ve askeri kıyafetlerin içine yerleştirilmiştir. Sinir gazları, elektromanyetik enerji, biyolojik-kimyasal maddelerin algılanmasının yanı sıra bu sensörler kullanıcıyı maruz kalınan maddeler konusunda uyarmaktadır.

1.1.3 Aktif Akıllı Malzemeler

Aktif akıllı malzemeler, pasif akıllı yapılardan bir adım önde olarak sensör yapılarının yanı sıra aktivatör adı verilen yapıları da içermektedirler. Aktivatörler, direkt olarak veya merkezi bir kontrol birimi tarafından algılanan sinyaller uyarınca görev yapan ve belirli mekanizmaları harekete geçirici etki yapan sistemler olarak tanımlanabilmektedirler. Aktif akıllı tekstil yapılarına; biçimsel hafızaya sahip, bukalemunsu, su itici, buhar geçirgen, ısı depolayan ve ısı düzenleyen, buhar absorbe eden, ısı üreten kumaşlar veya elektrik ısıtmalı giysiler örnek olarak verilebilir.

Bu açıdan bakıldığında bu yapılar şu gruplar içinde sınıflandırılabilir;

- Faz Değiştiren Materyaller (Phase Change Materials-PCM)
- Biçimsel Hafızalı Materyaller (Shape Memory Materials-SMM)
- Kromik Materyaller (Chromic Materials)
- Elektronik / İletken Tekstiller
- Diğer Akıllı Kumaşlar

1.1.3.1 Faz Değiştiren Materyaller (Phase Change Materials-PCM)

Bir malzemenin ısınma ve soğuma davranışı incelendiğinde sıcaklık artışı ile birlikte malzemenin ısı absorbe ettiği, aksi durumda ise absorbe ettiği ısıyı dış ortama verdiği görülür. Faz değiştiren materyallerin (PCM) erime ile donma/kristalleşme sırasında sıcaklıkları sabittir. Bu prensipten hareketle bir PCM, diğer malzemelere nazaran daha fazla ısı absorbe eder. Tekstil malzemelerine entegre edilen PCM'ler sadece birkaç mikrometrelik küreler (mikro-kapsüller) içine yerleştirilmişlerdir, PCM mikrokapsüller olarak adlandırılırlar. PCM'ler ısı düzenleme amaçlı olarak kullanılırlar. Öncelikle giysi içerisine yerleştirilen PCM'ler vücuttan yayılan veya

emilen ısı enerjisini aktif bir şekilde dengeleyerek dış ortam ile insan vücudu arasında yalıtkan bir tabaka oluştururlar (Nostebo, 2003).

1.1.3.2 Biçimsel Hafızalı Materyaller (Shape Memory Materials-SMM)

Biçimsel hafızalı malzemeler, belirli fiziksel parametre aralıklarında o an buldukları şekilden önceden belirlenmiş formlara dönüşebilen, etki ortadan kalktığı da eski haline dönebilen malzemeler olarak tanımlanabilir.

Buradaki etken faktör genellikle ısı enerjisidir. Bu malzemeler, iki veya daha fazla ısı kademesinde stabil bir yapıda bulunmaktadır. Bu ısı kademeleri arasında iken durağan olan malzemeler değişim sıcaklığına ulaştıklarında biçimsel bir farklılaşma gösterirler. Poliüretan, polyester-eter, polinorbonilen, poliisopren, stiren-bütadien kopolimeri gibi biçimsel hafızalı polimerler sert ve yumuşak segmentlere sahiptir (Zhang ve Tao, 2001).

Bu tür malzemeler, aşırı sıcak veya soğuk ortam şartları karşısında yalıtım ve koruma özelliğinin artırılması amacıyla kullanılmaktadır. Konfeksiyon ürünlerindeki SMM'lerin aktive olabilecekleri sıcaklık, insan vücudunun sıcaklığına yakındır. Örneğin SMM'ler aktive edildiğinde giysi katmanları içerisinde birbirine yakın olan tabakaların aralarındaki boşluklar artar. Böylece dış ortam ile vücut arasında sıcaklık kaybını önleme amacıyla bir bariyer tabaka oluşturulması amaçlanır.

Hem PCM, hem de SMM'ler kişinin fiziksel aktivitesi ve içinde bulunduğu ortam şartlarına (sıcaklık, nem vb.) bağlı olarak tepki vermektedirler (Nostebo, 2003). Biçimsel hafızalı alaşım kablolar ve biçimsel hafızalı polimer filmler konfeksiyon sektöründe de uygulama alanı bulmaktadırlar. Örneğin İngiliz Savunma Konfeksiyon & Tekstil Ajansı'ndaki araştırmacılar kullanıcıyı sığağa veya soğuğa karşı koruyan bu tür malzemeleri içeren giysilerin geliştirilmesi üzerinde çalışmaktadırlar. Günlük giysilerdeki soğuktan korunma, sabit bir giysi değerinin içerdiği yalıtım katmanları ile sağlanmaktadır. Sonuç olarak kullanıcı hava şartlarından korunmak amacıyla

uygun giysiyi seçme amacımdadır. Buna zıt olarak değişken bir yalıtım değerine sahip kıyafetler çok yönlülükleri ile öne çıkmaktadır.

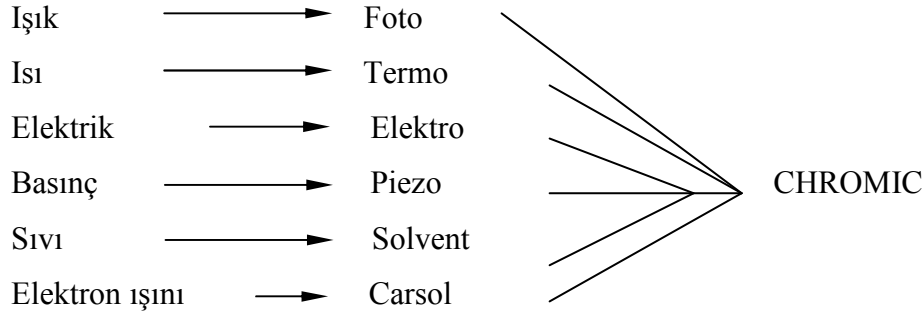
Diğer bir olası uygulama alanı da kızgın yağ gibi sıcak akışkanlardan korunmadır. Sıcak akışkana maruz kalma anında temas noktalarında etki bir yalıtım tabakasının oluşması şeklinde bir reaksiyon gerçekleşebilir.

Çok tabakalı kumaş sistemlerinde biçimsel hafızalı alaşım kullanımı her bir tabaka arasındaki yoğunluğun değiştirilmesinde kullanılabilir. Isı yükseldiğinde ısıya karşı korunma amacıyla ek bir hava yalıtım tabakası oluşur. Biçimsel hafızalı polimer tabakası bir çok döngüyü oluşturabilecek kapasitede olmalıdır. En önemlisi de dış bir müdahaleye ihtiyaç duymadan reaksiyona girebilmelidir.

Diğer bir ilginç uygulama alanı da su geçirmeyen-buhar geçiren tekstillerdir. Biçimsel hafızalı tekstiller açısından da değerlendirilebilecek bu mekanizmada, normal sıcaklık değerlerinde su geçirmeyen yapıda olan kumaş yüzeyi belirli sıcaklık değerlerinin üzerine çıkıldığında mikro gözenek yapısı kazanarak buhar moleküllerinin geçişine izin veren bir yapıya dönüşmektedir. Diaplex ve Sympatex Stomatex gibi ürünler bu tür reaksiyonlara sahiptir. Bu tür kumaşlar NBC (nükleer-biyolojik-kimyasal) koruyuculu giysilerde kullanılmaktadır.

1.1.3.3 Kromik Materyaller (Chromic Materials) – Bukalemunsu Materyaller

Kromik malzemeler, aynı zamanda bukalemunsu liflerdir; yani çeşitli çevresel şartlar doğrultusunda renk değiştirebilme yeteneğine sahiplerdir. Bu grupta değerlendirilen akıllı yapıların reaksiyona başlangıç etkilerine göre aldıkları isimler şu şekilde sıralanabilir.



Aktif akıllı tekstil yapılarının bir diğer örneği olan bukalemunsu tekstiller, belirli sıcaklık, ışık, ultraviyole ışın vb etkiler sonucunda fiziksel ve kimyasal reaksiyonlar sonucu renk değiştirme kabiliyetine sahip olan tekstil yapılarıdır. Bu reaksiyonların alınabilmesi için, tekstil malzemelerinin üretimi sırasında örneğin ısıya duyarlı bazı özel boyar maddeleri içeren mikro kapsüllerin kumaş yüzeyine applike edilmesi gerekmektedir (Nostebo, 2003).

Toray Ind. tarafından geliştirilen bir çalışmada çevre ısısına bağlı olarak reaksiyon veren boyar maddeler 4 temel ve 64 kombine edilmiş renk 5°C üzerindeki farklı sıcaklıklarda renk değiştirebilmektedir. -40°C +80°C aralığında çalışabilmektedir (Nanto 1989).

Koji, 1991 yılında endotermik bir kumaşın patentini alarak bu alandaki bir diğer ürünü geliştirmiştir. Kumaş, spesifik bir ısı aralığında termal renk değişimi, değişen renk durumlarında yakın infrared ışınlarını absorbe etme, ısı absorbe etme ve sıcaklık hissi sağlama gibi özelliklere sahiptir. Örneğin 15°C'nin altında yeşil renk alan kumaş 15°C'nin üzerinde renksiz hale dönüşmektedir (Koji, 1991).

Sıcaklıktan farklı olarak ışığa duyarlı bukalemunsu kumaşlara bir örnek de Kanebo firmasının geliştirdiği bir kumaştır. 350-400 nm dalga boyundaki optik ultraviyole ışınlar maruz kaldıktan sonra beyaz renkten maviye dönüşme özelliğine sahiptir. Bu tür uygulamalarda genellikle spiropiran tipi foto-kromik materyaller kullanılırken Kanebo firması daha stabil bir bileşik olan spiro-oxazine'i kullanmıştır (Hongu ve Philips 1990).

Benzer şekilde elektrik alan içerisinde, manyetik ortamlarda, çeşitli kimyasal maddelere maruz kalma durumlarında renk değiştirme özelliğine sahip olan kumaşlar-tekstil esaslı malzemelerle ilgili bir çok çalışma günümüzde devam etmektedir. Kumaşların çeşitli fiziksel etkiler sonucu renk değiştirmesi; kamuflaj kumaşlardan yer ve duvar kaplamalarına, kayak kıyafetlerinden gece kıyafetlerine, askeri tentelerden bayan giysilerine dek çok değişik uygulamalarda kullanılabilir.

1.1.3.4 Isıya Duyarlı Tekstil Malzemeleri

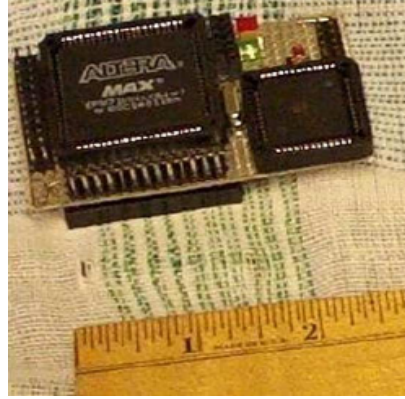
Isı depolayan ve ısı düzenleyici tekstiller, ortam sıcaklığındaki değişimler uyarınca düşük erime noktasına sahip maddelerin faz değişimleri ile ısıyı absorbe eden, ısıyı yayan ve ısıyı açığa çıkaran tekstil malzemeleri olarak tanımlanabilir. Özellikle uzay ortamındaki aşırı sıcaklık dalgalanmalarından astronotların ve uzay araçlarının etkilenmesini önlemek amacıyla tekstil malzemelerinin geliştirilmesi konusunda NASA tarafından araştırmalar yapılmaktadır.

Isıyı absorbe eden kumaşlarla ilgili çalışmalar, diğer yeni nesil malzemelere oranla daha eskidir. Örneğin Vigo ve Frost 1980'lerin ortasında faz değiştiren malzemeleri kullanarak liflerin termal özelliklerini modifiye etmişler ve ısı depolama-ısı yayma özelliklerinden hareketle kumaşları termal olarak aktif hale getirmişlerdir (Vigo ve Frost 1985).

1.1.3.5 Elektronik / İletken Tekstiller

Elektronik sistemler, bilgi ve verilerin işlendiği sistemlerdir. Eğer tekstil malzemeleri verileri kaydedebilme, analiz etme, depolayabilme, iletebilme veya görüntüleyebilme yeteneğine sahip olabilseydi, akıllı-yüksek teknolojili konfeksiyon ürünleri açısından yeni bir çağ başlayabilirdi. Bu açıdan bakıldığında günümüz teknolojisinin ihtiyaç duyduğu gelişmeler, 'elektronik bileşenlerin minyatürleşmesi', 'tekstil malzemeleri ile entegrasyonu' ve 'elektronik fonksiyonlara sahip tekstil malzemelerinin üretilmesi'dir. Tekstil polimerleri, yalıtkan özelliğe sahiptir. Tekstil

yapılarının iletken hale getirilmesi ancak polimer yapının modifikasyonu ve/veya iletken materyal ilavesi ile gerçekleştirilebilmektedir. Tekstil malzemelerine iletkenlik özelliğinin kazandırılması ile ilgili detaylı bilgiler Bölüm 1.1.7’de verilmiştir. Şekil 1.2’de bir kumaş yapısı üzerine monte edilmiş mikro-elektronik yapılar görülmektedir.



Şekil 1.2 Kumaş yapısı üzerine monte edilmiş mikro-elektronik yapılar.

1.1.4 Çok Akıllı Malzemeler

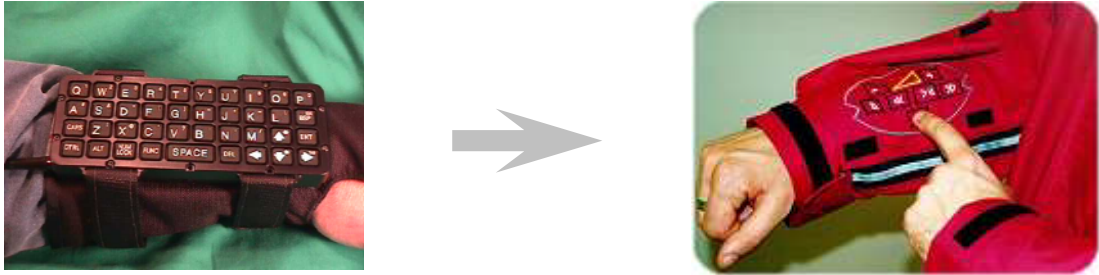
Tekstil endüstrisinin geleceği olarak değerlendirilen çok akıllı tekstil yapıları çevresel ortam şartlarını algılayabilen, içinde bulunduğu duruma göre reaksiyon gösteren ve kendini bu duruma adapte edebilen yapılardır. Akıllı tekstillerin en üst seviyesidir. Geleneksel tekstil-konfeksiyon ürünleri ile malzeme bilimi, yapısal mekanik, sensör-algılayıcı teknolojisi, iletişim, yapay zeka, biyoloji vs. gibi bilim dallarının biraraya gelmeleri ile doğmuştur.

Günümüzde en sık karşılaşılan akıllı giysiler, ceplerine mobil aygıtlar (MP3 çalar, radyo, telefon vb.) yerleştirilmiş konfeksiyon ürünleridir. İşte giyilebilen bilgisayarlar ile akıllı tekstil yapılar/giysiler’ in birlikte veya farklı anlamlarda kullanılması da burada ortaya çıkmaktadır. Giyilebilen bilgisayar kavramı, belirli bir işlevi yerine getirebilmek için üretilmiş elektronik sistemlerin konfeksiyon ürünleri üzerine monte edilerek taşınabilir hale getirilmesidir. Şekil 1.3’te giyilebilen bir bilgisayar örneği sunulmaktadır.



Şekil 1.3 Giyilebilen bilgisayar örneği.
(Rantanen, 2001).

Akıllı tekstil yapıları ise elektronik, mekanik, manyetik, termal, kimyasal vb. bir çok bileşenin tek bir sistem oluşturabilmek amacıyla tekstil yapıları ile entegre olmuş bir biçimde bir ürün üzerinde oluşturulmalarıdır.



Şekil 1.4 Rijid bir elektronik sistemin tekstil esaslı bir yapıya dönüştürülmesi. (Lukowicz, Tröster 2000).

Özellikle şu ana dek üretilen giyilebilen bilgisayarların oldukça hacimli parçalardan oluştuğu görülmektedir. Tekstil malzemeleri ise bu sistemler içerisinde kablo, konektör, minyatür elektronik gereçler vb.için bir taşıyıcı platform görevi yapmaktadır. Giyim konforu, hafiflik, esneklik, yıkanabilirlik gibi tekstil malzemelerinin doğasından kaynaklanan avantajlar ile elektronik sistemlerin fonksiyonlarının verimli bir şekilde aynı sistem içerisinde bir araya getirilmesi bu alandaki çalışmaların ana hedefidir.

1.1.5 Nano-Teknoloji

Yunanca'da cüce anlamına gelen "nano", günümüzde kelime anlamı ile herhangi bir fiziksel büyüklüğün bir milyarda biri anlamına gelmektedir. Nano-yapılar uzunluk olarak bakıldığında yaklaşık 10-100 atomluk sistemlere (10^{-9} metre) karşılık

gelmektedirler. Nano-teknoloji bu anlamda, "çok küçük maddelerin teknolojisi" anlamındadır. Nano-teknoloji nanometre ölçekli yapıların analizi, imalatı ve nano hassasiyette cihazların geliştirilmesi olarak özetlenebilir. Nano-teknoloji kavramı bilim adamlarının doğayı izlemesi sonucu oluşmuştur. Bu konuda ilk fikri ünlü fizikçi Richard Feynman 1959 yılında ortaya atmıştır. Özellikle 90'lı yılların başlarına kadar oldukça yavaş ilerleyen nano-teknoloji araştırmaları teknolojinin ve buna paralel olarak kullanılan cihazların gelişmesi ile hız kazanmıştır. Özellikle son yıllarda gelişmiş ülkelerin Ar-Ge harcamalarında nano-teknoloji daha fazla pay almaktadır. Materyal bilimi artık nano-teknoloji olmadan düşünülemez hale gelmiştir. Günümüzde nano-teknoloji 4 ana alandan oluşmaktadır. Bunlar nano-elektrik, nano-materyaller, moleküler nano-teknoloji ve nano boyutlu çözünürlüğe sahip mikroskobik yapılardır.

Nano-ölçek seviyesinde malzemelerin özellikleri makroskopik ölçekten tamamen farklı olup nano-ölçeğe yaklaştıkça birçok özel ve yararlı olay ve yeni özellikler ortaya çıkmakta, normal sistemlere kıyasla farklı özellikler gözlemlenmektedir.

Örneğin normalde kırılğan bir malzeme olan seramik, tanecik büyüklüğü nanometre düzeyine indirildiğinde kolaylıkla deforme olup şekillendirilebilmektedir. 1 nanometre büyüklüğündeki altın tanesi, kırmızı renk göstermektedir. İlaveten, nano büyüklükteki tozlarla takviyelendirilen kompozit malzemeler çok daha yüksek performans değerlerine ulaşmaktadır. Nanobilim ve nanoteknoloji olarak nitelendirilen bu farklılıklar yaklaşık 10 seneden beri dünya ülkelerinin sivil-askeri bilim ve teknoloji stratejilerini belirler hale gelmiştir.

Örneğin, iletim özellikleri (momentum, enerji ve kütle) artık sürekli olarak değil ancak kesikli olarak tarif edilmektedir. Benzer olarak, optik, elektronik, manyetik ve kimyasal davranışlar klasik değil kuantum olarak tanımlanmaktadır. Böylece maddeyi nanometre seviyesinde işleyerek ve ortaya çıkan değişik özellikleri kullanarak, yeni teknolojik nano-ölçekte aygıtlar ve malzemeler yapmak mümkün olmuştur. Örneğin, tarama tünelleme ve atomik kuvvet mikroskoplarını kullanarak yüzey üzerinde atomları iterek birbirlerinden ayırmak ve istenilen şekilde dizmek

mümkündür. Bütün bu gelişmeler, 19. yüzyılda dünyayı yeniden şekillendiren sanayi devrimine eşdeğer bir bilimsel ve teknolojik devrimi başlatmıştır. Bu şekilde atom ve moleküller ile oynayarak tek molekülden oluşan transistör ve elektronik aygıtlar gerçekleştirilmiştir ve dünyada birçok grubun aktif çalışmaları ile geliştirilmektedir. Bütün bu çalışmalar ve gelişmeler elektronik, kimya, fizik, malzeme bilimi, uzay ve hatta sağlık bilimlerini bir ortak arakesitte buluşturmuştur.

Önümüzdeki birkaç on yıl içerisinde nano-teknoloji sayesinde süper-bilgisayarlara mikroskop altında bakılabilecek, insan vücudunun içinde hastalıklı dokuyu bulup iyileştiren, ameliyat yapan nano-robotlar bulunabilecek, insan beyninin kapasitesi ek nano-hafızalarla güçlendirilebilecek, kirliliği önleyen nano-parçacıklar sayesinde fabrikalar çevreyi çok daha az kirletecektir. Yalıtım, nakil ve aydınlatma alanlarında ciddi enerji kazanımı sağlayacak olan nano-teknoloji güvenlik alanında ise biyolojik ve kimyasal etkenlere karşı ön uyarı amaçlı kullanılabilir. Gündelik hayatımızda kullandığımız pek çok ürün şimdiden nano-teknoloji temelli üretilmektedir ve güneş yağı da bunlardan biridir.

Ulusal güvenliği ilgilendiren konularda nano-malzeme bilimi, yeni savunma sistemlerinin geliştirilmesinde, haberalma/gizlilik konularına yönelik çok küçük boyutlarda aygıtların yapılmasında kullanılacaktır. Birim ağırlık başına şu andakinden 50 kat daha hafif ve çok daha dayanıklı malzemeler üretilebilecek ve bunların sonucu olarak insanın günlük yaşamında kullandığı tekstil ürünleri gibi ürünler değişebileceği gibi, uzay araştırmalarında ve havacılıkta yeni roket ve uçak tasarımlarının ortaya çıkması mümkün olacaktır. Görüldüğü gibi nano-teknoloji, her geçen yıl daha fazla uygulama sahası bulmakta ve dünya çapında ilgi görmektedir. Nano-bilime bu nedenle yatay bilim denmektedir, çünkü tüm teknoloji sektörlerinde fiilen uygulanabilmektedir.

Nano-bilim ve nano-teknolojinin odak noktaları, düşük boyutlarda baskın hale geçen boyut, sınır ve kuvantum etkileri gibi temel fizik araştırması içeren konuların yanında, atomik boyutlarda görüntüleme deneysel yöntemlerin geliştirilmesi, Angström altı (10^{-10} metreden küçük) boyutlarda ölçüm yapabilme teknikleri, düşük

boyutlarda eş tip malzeme üretebilme, malzeme yapısını atomik boyutlarda kontrol edebilme, kızılaltı ve morötesi radyasyonlara tepkisi kontrol edilebilir malzeme ve özel amaca yönelik aygıt geliştirme yöntemleridir. Bilgisayar çağının başları olan 1950'lerden bu yana ortalama yaklaşık her 18 ayda bir bilgisayar performansının iki katına çıktığı ve büyüklüğünün yarıya indiği bilinmektedir (Moore kuralı). Bu kural 2020'li yıllara kadar geçerliliğini koruyacak; bu yıllarda, üretilen bilgisayarlar moleküler boyutlara kadar gelip dayanacaktır. Şu anda 40 milyon transistörlü bir işlemci, 2015 yılında 5 milyar transistörden oluşacaktır. Bu şekilde bilgi işleme hızı oldukça artarken enerji kullanımı çok aza indirilebilecektir.

Analistler nano-teknoloji ürünlere ait pazarın şu anda 2.5 milyar euro olduğunu tahmin etmekte ve 2010 yılında pazarın büyüklüğünün yüz milyarın üzerine çıkacağı öngörüsünü dile getirmektedirler. Avrupa, Amerika ve Japonya ile kıyaslandığında nano-teknoloji konusunda basılı yayınlar anlamında önde görülmektedir. Patent başvurularına bakıldığında Avrupa'nın payının % 36, Amerika'nın ise % 42 olduğu görülmektedir. 2004 yılında yapılan bir Pazar araştırmasına göre yıllar bazında nano-teknoloji ürünlerinin artış miktarları Tablo 1.2' de gösterilmektedir.

Tablo 1.2 Nano-teknoloji pazarında yaşanan artış oranları (Business Communications Company, 2004)

Teknoloji	2002	2003	2008	Yıllık Ortalama Artış (%) 2003-2008
Nano-malzeme	6,825.6	7,366.6	21,424.8	23.8
Nano-araç	168.0	181.0	1,241.0	47.0
Nano-aygıt	0	0	6,030.0	NA
Toplam	6,993.6	7,547.6	28,695.8	30.6

Nano boyutta üretim yapmak için araştırma ve fabrikasyon alanında yeni disiplinler arası bir yaklaşım gerekmektedir. Kavramsal anlamda bu üretim 2 şekilde yapılabilmektedir: ilki mikro sistemlerden başlayıp bunları küçülterek ilerlemek (yukarıdan-aşağıya) ve ikinci olarak moleküler düzeyden yapıtaşlarına ulaşmak (aşağıdan yukarıya) şeklindedir. İlk yöntem montajla ilişkilendirilebilirken; ikinci teknik, senteze dayanmaktadır.

1.1.5.1 Tekstilde Nano-Teknoloji

Nano-teknoloji yeni bir teknoloji devrimi olarak algılanmakta ve bu teknolojinin 2025 yılına kadar gelişme sürecini tamamlayıp hayatın her alanına gireceği tahmin edilmektedir. Önümüzdeki 10 yıl içinde 3 trilyon dolar pazar payına sahip olacağı düşünülen nano-teknoloji, bir çok ülke tarafından kritik ve öncelikli alan olarak desteklenmektedir.

Tekstilde nano-teknoloji uygulamaları, nano-tekstiller olarak adlandırılmaktadır. Nano-tekstil tanımı, nano-teknoloji uygulamaları sonucu elde edilen tüm tekstil yüzeylerini ifade etmektedir. Doğal ve sentetik bütün tekstil ürünlerinin yapıtaşları moleküllerdir. Bu moleküller lif oluşturacak şekilde dizilirler, lifler de iplik eldesi için kullanılır. Bir kumaşın kullanım performansını geliştirmenin kalıcı yolu kumaşı meydana getiren liflerin, moleküler düzeyde takviyelendirilmesiyle mümkündür.

Tekstilde kullanılan malzemelere nanometre boyutlarında farklı özellikler kazandırılması, çok önemli gelişmelere yol açacaktır. Nano-teknolojinin tekstil endüstrisindeki günümüzdeki uygulamaları lif, iplik, kumaş, dokusuz yüzey, boyama ve kaplama gibi terbiye işlemleri, elektronik tekstiller, elyaf modifikasyonu ve katma değerli ürünlerdir. Düşük kimyasal kullanımı; düşük enerji maliyetleri; tutum, mukavemet, hava geçirgenliği, ıslanma gibi fiziksel ve mekanik özellik kaybının az olması nano-teknolojinin tekstil ve giysi uygulamalarında kullanılmasının sebebidir

Tekstil ürünleri, onlara değişik özellikler kazandıran nano-teknoloji sayesinde çok fonksiyonlu hale gelmektedir. Bu alanda gelişmelerin öncüsü askeri giysiler olacaktır. Yeni üniformaların sahip olması arzu edilen özellikleri arasında kamuflajı desteklemek üzere renk değiştirme, faz değiştiren malzemeler ile kırık durumunda destek vazifesi göreceğ biçimde sıkılaşıma ve hatta yapay kas geliştirme ve enerji depolayabilme gibi özellikler yer almaktadır. Nano-sensör iştirilmiş kumaşlar, askerin vücut sinyallerini tıp merkezine iletecek, kumaştaki entegre iletişim ve dolaşım ekipmanları ile yaralı askerin sağlık bilgileri ve konumunu merkeze bildirerek müdahale hızını arttıracaktır. Nano-teknoloji ile üretilmiş üniformalar

günümüzde kullanılanlardan yüzde 80 daha hafif olacak, ortamdaki biyolojik ve kimyasal tehlike durumuna moleküler düzeyde adapte olarak geçirgenliğini kaybedecek şekilde tasarlanmaktadır. Aynı şekilde tıp alanında anti-mikrobiyal kaplamalı kıyafetler vücudun dermatolojik konforunun teminini mümkün kılar. İlaveten tıbbi yaraların hızlı tedavisi, kontrollü ilaç alımı veya yaralı bölgenin rahat nefes alabilirliğinin sağlanması gibi konularda nano-teknolojiden faydalanılması amaçlanmaktadır.

Lifte Nanoteknoloji: Nanoteknolojinin tekstil endüstrisindeki uygulamalarından bir tanesi; PP (Polipropilen), PA (Poliamid), PES (Polyester) gibi geleneksel liflerin nano boyutta üretilmesidir. Nefes alabilen lamineler ve geniş gözenekli yapı sağlanarak üretilen yüksek emiciliğe sahip lifler gibi elyafın son kullanım alanlarını genişletmek amacıyla, lifin elektriksel, ısıl, mekanik ve kimyasal özellikleri nanoteknoloji sayesinde geliştirilir. Tıbbi tekstillerde yüksek spesifik yüzey alımı gereklidir. Polimer nano-lifler, nano-boyuttaki çapları ve uzun lif boyları sayesinde tıbbi tekstillerin vazgeçilmez malzemelerdir. Çok duvarlı karbon nanotüpler kullanılarak, iplik prosesinde büküm esnasında belirgin mukavemete sahip çok katlı iplik oluşturulabilir. Elektrospinning tekniğiyle üretilen polimer nanolifleri içeren yeni nonwovenlar, fonksiyonel son kullanım ürünlerine olanak sağlamaktadır. Örneğin yüksek çevre standartlarını karşılayan yüksek performanslı filtreler üretilmektedir. Nano-tüp içerikli kompozit malzemeler, iplik eğirme işlemini ve son ürünü geliştirir.

Dokuma ve örme kumaşlarda nano-teknoloji: Omuz ve by-pass ameliyatlarında yararlanılan dokuma ve örme damar dokuları gibi tıbbi tekstil araçlarında nano-teknoloji kullanılabilir. Yara iyileştirici tekstil yüzeyleri kronik yaralar, savaş yaralanmaları, trafik kazalarında oluşan yaralar gibi durumlarda en gerekli tedavi ürünleridir. Kendiliğinden aydınlatma özelliğine sahip bir masa örtüsü, farklı mekanların yaratılmasında kullanılabilir, rengarenk ve devamlı renk değiştiren kostümler, özellikle moda endüstrisinde yeni ufuklar açabilecektir.

Boyama işleminde nanoteknoloji: Nano-teknoloji boyama işleminde de önemli bir uygulama alanına sahiptir. Nano parçacıklar çok küçük boyutlarda ve yüksek

yüzey alanına sahip olduklarından dolayı nanokil olarak tanımlanan malzemeler anyonik, katyonik ve nötr boyalar için emici madde olarak kullanılmaktadır. Boya emilimini geliştirmek için emici madde, polimere fiziksel olarak eklenir. Nakilden yapılmış emici maddenin boya emme yeteneğinden dolayı kompozitten yapılmış olan tekstil yüzeyleri çok iyi bir boyanabilme, renk haslığı, boyamada daha az maliyet ve atık su arıtılmasında daha az problem gibi özelliklere sahiptir. Ayrıca nanokil'ler, tekstil malzemelerinin dayanım modülü, UV geçirgenliğini ve alev iticiliğini geliştirici fonksiyonlara sahiptir.

Terbiye işleminde nanoteknoloji:Nano parçacıklarının tekstil yüzeylerine uygulamanın en yaygın yolu kaplama yöntemidir. Tekstil yüzeyini modifiye eden nano parçacıklar, yüzey aktif madde, bileşen ve taşıyıcı ortam kaplamanın yapıtaşlarıdır. Kumaş yüzeyi kaplamada kullanılan spreyleme, transfer baskı, yıkama, çalkalama, emdirme gibi tekniklerin yanında nano-teknoloji yardımıyla da tekstil yüzeylerine su-leke iticilik, kırışma dayanımı, antibakteriyel, antistatik, alev iticilik, UV koruyuculuk, renk değiştirebilme, ısı yalıtıcılık gibi özellikler kazandırılır.

Görüldüğü gibi tekstildeki nano-teknoloji uygulamaları gelecekte tekstil malzemelerinin kalite performansının artırılmasına, yeni özelliklerin geliştirilmesine ve üretim teknikleri ile gelişmiş akıllı ve yetenekli tekstiller ile eşi benzeri görülmemiş işlevler sonucunda yeni kullanım alanlarının oluşturulmasına olanak tanıyacaktır. Nano-teknoloji tekstil alanında gelecekte muhakkak büyük bir yer tutacaktır. Nano-teknoloji için tahmin edilen hedef 10 yıl içerisinde yüz milyonlarca dolar değerinde yeni materyal üretilerek tekstil ticaretine yön vermesi olacaktır.

1.1.6 Elektronik ve Tekstil Malzemelerinin Entegrasyonu

Günümüzde gelişen teknolojiye paralel olarak konfeksiyon ürünlerine iyi görünme, iklim koşullarından koruma gibi geleneksel kullanım amaçlarından farklı bazı yeni fonksiyonlar, yeni anlamlar yüklenmektedir.

21. yüzyılın ileri elektronik ve bilişim teknolojileri günlük hayatımızdaki bir çok malzeme gibi tekstil esaslı malzemeleri de fonksiyonel bir şekilde değişik uygulama alanlarında uygulama potansiyeline sahiptir. Bu doğrultuda konfeksiyon ürünlerine yönelik olarak devrim niteliğinde olan bir gelişme tekstil esaslı malzemeler yardımıyla sinyal transferinin mümkün kılınmasıdır. Eğer konfeksiyon ürünleri ile veri kaydetme, analiz etme, depolama, gönderme veya gösterebilme özelliklerine sahip olabilirse akıllı-ileri teknoloji ürünü konfeksiyon mamülleri için yeni bir boyuta ulaşılmış olacaktır.

Malzeme özellikleri açısından incelendiğinde tekstil ve elektronik materyallerinin bir arada kullanılması – entegrasyonu ilk aşamada pek pratik gözükmemektedir. Tekstil malzemeleri yumuşak ve esnek yapılar olup el ve göz gibi duyu organları ile değerlendirmeye uygundur. Kullanım alanlarına yönelik olarak özellikle aşınmaya ve yıkamaya karşı dayanıklı olması gibi özellikleri sebebiyle elektronik malzemelerden kesin bir şekilde farklılaşmaktadır.

Tekstil malzemelerinden farklı olarak genellikle sert aksamlarla korunan küçük ve rijid yapılar olan elektronik malzemeler kesin ve hassas üretim prosesleri sonucunda elde edilen iyi tanımlanmış net özellikleri ile karakterize edilmektedir. Tablo 1.3'te tekstil ve elektronik malzemelerin karşılaştırılmalı özellikleri verilmiştir.

Tablo 1.3 Tekstil ve elektronik malzemelerin karşılaştırılmalı özellikleri (Kirstein, Bonan, Tröster, 2002)

Elektronik Malzemeler	Tekstil Malzemeler
Rijid	Esnek yapılar
Sert yüzeyler	Yumuşak yüzeyler
Küçük yapılar	Sağlam yapılar
Hassas	Yıkabilir
Sert aksamlarla korunmaktadır	Deneysel ürün geliştirme
Kesin ve net üretilirler	Sınırsız üretim prosesleri
İyi tanımlanmış özellikler	Kullanım amacı doğrultusunda kalite özellikleri belirlenebilir

Fiziksel özelliklerin farklılığından kaynaklanan üretim ve işleme problemleri olsa da zaman içinde geliştirilen çeşitli prototip ürünler ve malzeme teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte önemli yol kat edilmiştir.

İletken tekstillerin elektrik özellikleri veya tekstil ve elektroniğin nasıl bağdaştırılacağına ait sofistike teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu açıdan tekstil ve elektronik malzemelerini birbirine entegre edilmesindeki ilk düşünce kumaşlar aracılığı ile elektrik akımının iletilebilmesidir. Ancak bu işlevin tam olarak başarılmasının ardından ürün oluşumu ile ilgili adımlar atılabilecektir. Bu amaçla ilk aşamada kumaşlar dokunurken bakır esaslı lif inceliğinde iletken teller veya iplik boyutlarındaki kablolar kullanılmış, ancak daha sonra teknolojik gelişmelere bağlı olarak çeşitli yöntemlerle tekstillere elektrik iletim özelliği kazandırılmıştır.

1.1.7 Tekstil Malzemelerine Elektrik İletim Özelliğinin Kazandırılması

Doğal kaynaklı tekstil malzemeleri yapıları gereği yalıtkan özelliktedir, yani elektriği iletmemektedir. Diğer taraftan tekstil endüstrisinde kullanılan sentetik lifler polimerlerden yapılmaktadır. Polimerlerin organik kombinasyonları elektrik akımının iletilebilmesi için gerekli olan serbest elektronları sağlayamamaktadır. Sentetik tekstil liflerinin üretiminde kullanılan polimerlerin tipik özgül dirençleri 10^{10} Ω m seviyesinden daha yüksektir. Bu durum ise elektriği çok iyi yalıtan bir malzemenin özelliklerine uyum sağlamaktadır. Sonuç olarak, elektrik izolasyonu dışında herhangi bir elektriksel uygulama için bu tür malzemelerin kullanılma ihtimali yoktur. Elektriği iyi ileten tekstil malzemelerine ihtiyaç duyulması nedeniyle malzeme geliştirme amaçlı bir çok araştırma bulunmaktadır. Bu noktadan hareketle iletken metalik lifler ile tipik yalıtkan tekstil liflerini karıştırmak suretiyle yapılmış çalışmalar vardır. Benzer şekilde bakır, gümüş, paslanmaz çelik lifler de kullanılmıştır. Ancak hem ince metalik liflerin üretimi hem de onların işlenmesi bazı zorluklar yaratmaktadır. Tipik sentetik liflerden daha sert oldukları ve iplik üretim aşamalarında sorun yarattıkları için geleneksel iplik eğirme makinaları bu tür malzemeleri işleyememektedirler. Üretilen malzemeler ise çok az esnektir ve ağırlıkları fazladır. Bu metotların dışında belirli elektrik özellik kazandırmak amacıyla alışılmış tekstil liflerinin modifikasyonunu hedefleyen çalışmalar da bulunmaktadır (Vassiliadis, Provatidis, Prekas, Ranguss, 2004).

Bu doğrultuda özellikle son yıllarda kimya ve malzeme bilimlerinde yaşanan gelişmeler sonucunda bir yanda var olan malzemelere iletkenlik özelliği kazandırılırken bir yandan da elektrik iletkenlik özelliğine sahip yeni yapılar geliştirilmiştir. Elektriksel özelliklere sahip tekstil ürünleri elektro manyetik alanlardan korunma, statik elektriğin boşaltılması, ısıtma amaçlı kullanım gibi farklı alanlarında uygulama alanlarında kullanılmaktadır. Bu ürünlerde kullanım alanına göre belirli büyüklükte bir kumaş yüzeyinin iletken olması gerekir. Oysa ki, veri iletimi ayrı iletim hatları gerektirir. Veri iletimi için yüksek iletkenlik gerekmektedir. Tamamen iletken materyallerden oluşan devamlı lifler (iletken polimerler veya metalik lifler) bu amaç için en uygun olanlarıdır. Ancak bu filamentlerin tekstil üretim proseslerinde işlenmeleri çok zordur. Özellikle iletken polimer lifler kolay kırılmaktadır ve maliyet açısından oldukça pahalı bir üretim tekniğine sahiptirler. İnce metal filamentler de tekstil uygulamalarında kullanılmaktadır. Tablo 1.4.'te iletken tekstillerin oluşumunda kullanılan olası malzemelerin bir özeti verilmektedir.

Tablo1.4 İletken tekstillerin oluşumunda kullanılan olası malzemeler (Kirstein ve ark., 2002)

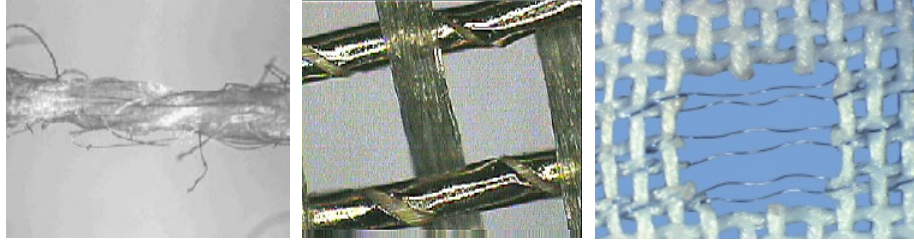
<u>Lifler</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Filamentler / Metal veya iletken polimerlerden yapılmış lifler - Metal veya karbon dolgulu lifler - Metal veya iletken polimer kaplı lifler
<u>İplikler</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Eğrilmiş iplik - Filament iplik - Katlı iplik - Kaplamalı iplik
<u>Kumaşlar</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Dokuma kumaş - Örme kumaş - Örgü şeritler ve kord'lar - Nakış şeklinde işlenen desenler veya jakarlı dokumalar

Elektrik devrelerinde iletken tekstillerin kullanımı ilk kez MIT (Massachusetts Institute of Technology) Medya Laboratuvarları'nda bir araştırma projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. E-Broidery (E-Nakış) başlıklı bu projede iletken hatlar nakış şeklinde işlenmiş metal lifler veya ince bir bakır tel etrafına yerleştirilmiş ipek ipliklerin dokunması ile oluşturulmuştur (Post, Orth, Russo, Gershenfeld, 2000).

Bilindiği gibi klasik anlamdaki kablolarda iletken yapı dış ortamdan yalıtılmakta bunun içinde özellikle kabloların dış katmanlarına yalıtkan özellikte plastik vb koruyucu tabakalar yerleştirilmektedir. Benzer şekilde iletken liflerin ortamdan yalıtılmadığı durumlarda ana problem kısa devre ve korozyona karşı koruma gereksinimidir. Bu konu ile ilgili yeni bir yaklaşım ise bir kaplama tabakası ile yalıtılmış metal liflerin kullanılmasıdır. Bir kumaş içinde dokunduğunda bu tür materyaller tek tek yönlendirilebilen kablolardan oluşan bir ağ yapısı oluşturabilmektedir. Öte yandan yalıtılmış lif/iplikler yalıtım tabakası zarar görmeksizin yıkama ve kıvrılma gibi tipik tekstil işlemlerine dayanabilmektedir.

1.1.7.1 Lif ve İplik Yapılarına Elektrik İletim Özelliğinin Kazandırılması

Yeni tip iletken lifler, tekstil ürünlerindeki statik yükü azalttığı gibi ısıtıcı tekstil materyallerinin konstrüksiyonlarında da kullanılmaktadır. Bu alanda üretilen ürünler incelendiğinde iletken tellerin-liflerin iplik üzerine yerleşiminin gevşek yapılı veya iplik üzerine büküm verilerek kullanıldığı görülür. Şekil 1.5'te iletken tellerin iplik ve kumaş yapıları içerisine yerleştirilme biçimleri verilmiştir.



Şekil 1.5 İletken özelliklere sahip lif ve ipliklerin tekstil yapıları içerisine yerleşimi (Toone, Chen, 2001).

İletken ipliklerde kullanılan lifler metalik esaslı olabileceği gibi iletken yapı kazandırılması amacıyla modifiye edilmiş sentetik esaslı lifler de olabilmektedir.

Paslanmaz Çelik: Her türlü iplik ile karışım yapılabilmekte ve uygulama alanına yönelik olarak iplik, kumaş ve non-woven ürünler üretilebilmektedir. Özellikle statik elektriklenmenin önlenmesi, ısıtma, akıllı tekstil uygulamaları, sinyal transferi,

elektromanyetik koruma, elektrik iletkenliği gibi özellikleri sayesinde giderek artan bir uygulama potansiyeline sahiptir.

Gümüş Kaplama: PA6, PA6.6 gibi bir tekstil lifinin yüzeyine kalıcı olarak gümüş kaplanması işlemi sonucunda oluşturulan ürünler, gümüş kaplama işlemine örnek olarak gösterilebilmektedir. Kaplama işlemi sonucunda ürün tekstil özelliklerini ve dokunsal özelliklerini korumaktadır. Özellikle antimikrobiyal karakteristikleri sayesinde medikal uygulamalar için son derece uygundur. Stapel liflerin 2.0, 3.8 veya 5.5 dtex'lik alternatifleri mevcuttur. Ürün aynı zamanda filament olarak da üretilmektedir. Elektriksel iletkenlik özelliğin lif çapına bağlı olarak değişmektedir.

Bakır Kaplama: Bakır kaplama işlemi uygulanmış ipliklerin dış katmanında iletken özelliğe sahip bakır sülfür tabakası bulunmaktadır. Asıl lif içeriğini akrilik veya naylon lifleri oluşturmaktadır. Metal kaplama veya karbon bileşikleri gibi asıl lif içeriğinden tamamen farklı bir yapı yerine lif ile kimyasal bağ yapmış olan 'bakır sülfür' kullanılmaktadır. Bu şekildeki bir yapı, özellikle fiziksel aşınmalara karşı yüksek bir dayanım sağlamaktadır. Sahip olduğu bakır bileşeni sebebiyle elektriksel özelliklerinin yanı sıra özellikle hijyenik veya medikal uygulamalarda anti mikrobiyal ajan olarak da kullanılabilir.

Karbon/Grafit Lifleri: Yüksek teknoloji ürünü olan karbon veya grafit lifleri piroliz (yanma) ve ısıl işleme tabi tutulan sentetik liflerin karbon ve grafit elyafına dönüştürülmesi suretiyle veya zift kullanımını esas alarak üretilmiştir. Elektriksel iletkenlik açısından önemli avantajlara sahip olan karbon lifleri grafit halinde, çok yüksek ısıl iletkenliğe sahiptir. Bakıra göre dörtte bir ağırlıkta olan Grafit/Karbon elyafının termal iletkenliği bakırın üç, dört katıdır. Bu özellik yeni uygulama alanlarını da beraberinde getirmektedir. Karbon lifi, demet, şerit ve kumaş halinde üretilmektedir.

Inox Kablolar: Polivinil alkol lifleri, ince inox kablolar ile karışım halinde kullanılmaktadır. PVA ipliği işlenebilirlik açısından Inox malzemenin üzerine

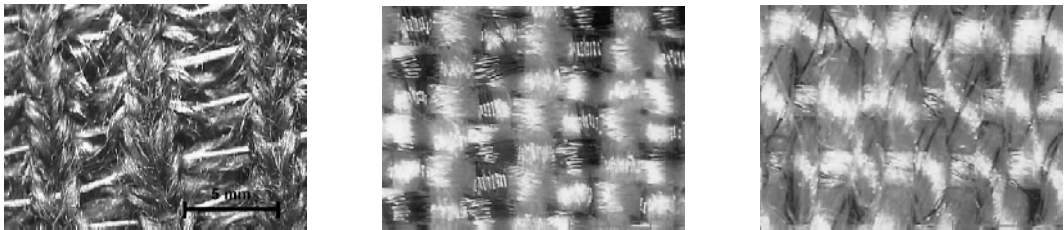
sarılmaktadır. Bitim işlemleri sırasında kimyasal işlemler ile çözünen PVA iplik ortamdan uzaklaşmakta ve geriye % 100 Inox bir yapı kalmaktadır.

Karbon Bi-komponent: İki polimeri birlikte kullanarak yapılan bikomponent iplikler, her iki polimerin üstün özelliklerini istekler doğrultusunda tasarlanan şekilde kullanmayı sağlamaktadır. Karbon liflerinin elektrik iletkenlik özelliklerinden yararlanmak ve avantajı geleneksel tekstil lifleri ile entegre etmek amacıyla karbon lifi içeren bi komponent yapıda (çift bileşenli) iplikler de elektrik iletimi amacıyla kullanılmaktadır.

1.1.7.2 Kumaş Yapılarına Elektrik İletim Özelliğinin Kazandırılması

Tekstil kumaşlarının iletkenliğini geliştirme konusunda yapılmış ilk yaklaşım metalik tellerin ve ince metalik bantların kullanılmasıdır. Metalik teller kumaş yapısı içerisine bir ağ gibi örülürler ve kumaşa gerekli elektriksel iletim özelliğini kazandırır. Kumaşın elektrik iletkenliği, tel çapı ile kumaş yapısı içindeki tel yoğunluğu sayesinde kontrol edilir. Bu metod esas olarak son derece sınırlı esnekliği, artan ağırlığı ve son ürünün formu ile ilgili problemler tarafından karakterize edilen kumaşların üretimiyle sonuçlanmaktadır. İstenilen şekilleri oluşturmak için iletken kumaşlar belirli biçimlerde kesilmek zorunda kalırsa örülen tellerin devamlılığı kesileceği için iletkenlik sabit kalmaz. Bununla birlikte bu yöntem, sonuçta elektromanyetik koruma gibi özel uygulamalar için uygun kumaşların oluşturulması imkanını sunmaktadır (Yajima, Yamada, Tanaka, 2002, Vassiliadis ve ark. 2004).

İletken iplikler/metalik iplikler entegre edilmiş tekstil esaslı kumaş yapılarının bazı örnek görüntüleri Şekil 1.6’da verilmiştir.



Şekil 1.6 Elektrik iletim özelliği kazandırılmış bazı tekstil yapıları.

Tekstil malzemelerinin yalıtkan halden iletken hale dönüştürülmeleri için çeşitli metotlar geliştirilmiştir. Bazı çalışmalar doğrudan kumaş konstrüksiyonuna müdahale edilmeksizin, liflere herhangi bir ön modifikasyon yapılmaksızın elektriği ileten kumaş üretilmesi yönündedir. Bunların en ilginçleri şu şekilde sıralanabilir (Vassiliadis ve ark., 2004).

Kumaşlara antistatik madde emdirilmesi: Üretim işleminin sonuna doğru kumaşlara antistatik malzemeler (çoğunlukla karbon dolgulu reçineler) emdirilir. Sonuçta elektriği ileten malzemeler elde edilir, ancak elektriksel özellikler kararlı değildir ve iletkenlik yeterince yüksek değildir.

Kumaşların ve dokusuz yüzeylerin iletken malzemelerle kaplanması: Denemeler polimer ve çoğunlukla da polypirrol (PPy) kullanılarak yapılmıştır. Bu metot tatmin edici sonuçlar vermekle birlikte bazı dezavantajları da ortaya çıkarmaktadır. Örneğin kaplama, kumaşın yapısını etkilemekte, iplikler ve lifler birbirine bağlanmaktadır. Kumaşın kullanım esnasında maruz kaldığı deformasyonlar, yapının baştaki geometrisine zarar vermektedir. Lif ve iplikler arasındaki hareket, kaplama malzemesinin sürekliliğini kopararak elektriksel direncin artmasına veya elektrik akım yolunun kesilmesine yol açabilir. Bazı araştırmacılar çalışmalarında elektrik ileten polimerleri kullanarak iletken lif üretimi üzerinde durmuşlardır. Polyanilin, polyamid-11, polivinil alkol gibi polimerler ilginç elektriksel özelliklere sahiptir ve tekstil liflerinin üretiminde kullanılabilir. Ancak bu tür liflerin esnekliğinin sınırlı olması uygulama alanlarını azaltmaktadır. Ara çözüm olarak iki yapı malzemesinin özelliklerini birleştirmek için iletken polimerler ile yaygın tekstil liflerinden yapılmış harmanların kullanılması önerilmektedir. Literatürde geçen bazı çalışmalar şu şekilde özetlenebilir (Vassiliadis ve ark. 2004);

Elektroiletken bileşiklerin tozuyla doldurulmuş polimerler: Liflerin içerisine karbon ve metal tozu gibi dolgu maddeleri % 25 veya daha fazla oranda dolgu malzemesi olarak kullanıldığında bazı olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Toyo, 1993, Vassiliadis ve ark., 2004). Ancak ne yazık ki bu denli büyük partiküllerin

kullanılması liflerin bazı mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemekte ve alışılmış tekstil uygulamalarında kullanımlarını sınırlayabilmektedir.

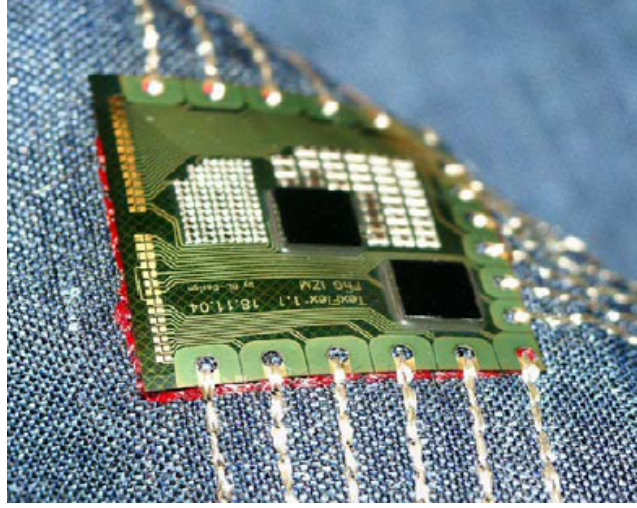
Vakumla metal serme: Bu metot, alüminyum gibi metal partiküllerinin fiziksel işlemler ile liflere koyulmasını hedefler. Partiküller lifin gövdesine kuvvetli bir şekilde bağlanmamıştır. Düşük adhezyon, zayıf sonuçlar doğurur. Bu metot yalnızca çok ince bir metal tabakası istendiğinde uygulanır. Daha fazla elektrik iletkenliği gibi daha iyi elektriksel özellikler, kolayca elde edilemeyen daha kalın metal kaplamalar gerektirir.

Galvanik kaplama: Lifler galvanik bir işleme tabi tutulur ve metal bir film ile kaplanır. Teorik olarak kontrol edilebilir sonuçlar vermesine rağmen bu metodun zaten elektrik iletken liflere ihtiyaç duyması asıl dezavantajdır. Böylece esas uygulaması, karbon ve grafit lifleri ile sınırlıdır.

Kimyasal kaplama: İyi elektriksel özelliklerin elde edilebilmesi için en uygun metotlardan biridir. Bu işlem, liflerin metal tuzlarını aldığı, daha sonra da indirgenmesiyle metal tozlarının liflerin üzerinde kaldığı bir banyo içerisinde liflerin işlenmesini esas alır. Kimyasal kaplamadan sonra lifler gerekli elektriksel özelliğe ve homojen bir metal dağılımına sahip olduğu için bir adım sonra galvanik işleme tabi tutulabilir (Bertuleit 1990, Vassiliadis ve ark. 2004). İleriki aşamalarda geleneksel tekstil lifleri gibi işlenebilirler. Teknik olarak karmaşıklık, bu metodun esas dezavantajıdır. Maliyetlerin yüksekliği de diğer bir olumsuzluktur.

Tekstil malzemelerinin içine iletken yapıların yerleşimi ve bu doğrultuda gerçekleştirilen yeni yaklaşımlar konfeksiyon ürünleri vasıtasıyla veri iletiminin gerçekleştirilmesi konusunda yeni perspektifleri ortaya koymuştur. İlk aşamada bu tür iletken kumaşların elektrik özellikleri araştırılmıştır. Tekstil iletim hatlarının teorik model gelişimi, tekstil kablolarının performans tahminlenmesini ve sinyal hatlarının konfigürasyonunun optimize edilmesini sağlamıştır. Bu sonuçlarla sensörlerin ve bilgi-işlem birimlerinin tekstil kablolarına entegrasyonu mümkün hale gelmiştir. Diğer aşama, elektrik devrelerinin tekstil yapıları üzerine yerleştirilerek

kumaş üzerine elektronik bileşenlerin eklenmesi üzerine olmuştur. Sonuç olarak tamamen giyilebilen ve belirli bir amaca yönelik tekstil esaslı elektronik yapılar için her iki malzeme grubunun entegrasyonu esastır. Bu açıdan tekstil esaslı iletim hatlarının kullanımı büyük avantajlar sağlamıştır. Şekil 1.7’de tekstil ve elektronik yapıların entegrasyonuna örnek bir yapı görülmektedir.



Şekil 1.7 Tekstil ve elektronik entegrasyonuna örnek bir yapı (Linz, Kallmayer, Aschenbrenner, Reichl, 2005).

1.1.8 Akıllı İnteraktif Tekstil Malzemelerinin Kullanım Alanları

1.1.8.1 Askeri Alanda Kullanılan Akıllı-İnteraktif Tekstil Malzemeleri

Askeri alanda kullanılan malzemelerin tarihi binlerce yıl öncesine uzanmasına rağmen, bu alandaki devrim niteliğindeki gelişmeler özellikle 19. yüzyılın ikinci yarısı ile 20 yüzyılda gözlenmektedir. İki dünya savaşının gerçekleştiği 20. yüzyıl, teknolojik araştırmaların ve geliştirilen ilk örneklerin askeri alanda yoğunlaşmasına yol açmıştır. Teknolojik gelişmelere tekstil bilimi açısından bakıldığında, örneğin cam lifi esaslı yapılar, şarapnel ve kurşuna dayanıklı vücut zırhları, kimyasal maddelere karşı koruyucu kumaşlar, lif takviyeli kompozit yapılar gibi son 50 yılda tekstil endüstrisinde yapılan yeniliklerin çoğu askeri uygulamalar ile başlamıştır. Teknolojik gelişmelerin neden özellikle askeri uygulamalar ve yan ürünlerde odaklandığı sorusunun cevabı, özellikle gelişmiş devletlerin silahlanmaya ve askeri

alana ayırdıkları bütçeler incelendiğinde daha net ortaya çıkmaktadır. Günlük yaşamımızda kullandığımız bir çok teknolojinin temelleri de askeri alanda yapılan bu Ar-Ge çalışmalarına dayanmaktadır.

Silahlı kuvvetler, zaten var olan mobil komuta kontrol merkezleri için en gelişmiş teknolojileri kullanmaktadır. Ancak savaşlardaki en önemli unsur hiç şüphesiz insanlardır. Bu noktadaki asıl sorun bireysel olarak her askerden gerekli mobil bilgileri sağlayabilmektir. Akıllı tekstillerden üretilen, elektronik entegrasyona sahip üniformalar ve askeri malzemeler; sahip oldukları özellikler ve bazı yan ekipmanlar aracılığı ile bireysel veri transferini sağlamada önemli rol oynamaktadır. Böylece, silahları ateşleyen, tankları ve uçakları kullanan, savaş alanında çarpışan insanların silah güçlerinin yanında, onları tüm dış etkenlerden koruyacak ve onlar hakkında sürekli bilgi akışı sağlayacak akıllı giysiler üzerinde çalışmalara başlanmıştır.

Geleceğin askerlerinin ihtiyaçları göz önüne alınarak her biri ayrı birer ekipman olan askeri malzemelerin bazıları giysilerin birer parçası haline getirilmiştir. Global konum belirleyiciler, kimyasal dedektörler, askerin fizyolojik ve medikal durumunu algılayan sensörler, askerlerin miğferlerine entegre edilen ekranlar, kulaklık ve mikrofonlar, yerel networkler, uygun olmayan ortam şartlarında kişiyi dış etkilerden koruyan üniformalar, en iyi kamuflajı sağlayan özel kumaşlar, oldukça ağır yüklerin taşınmasına olanak sağlayan taşıyıcı mekanizmalar, bu tip sistemlerin sadece bir kaçıdır. Geleceğin savaşçıları için geliştirilen elektronik entegrasyona sahip akıllı- interaktif tekstil sistemleri, bulunulan ortam şartlarının hissedilmesi ve kendisini ona göre adapte edebilmesi özellikleri sayesinde savaşçının görevini yerine getirmesini kolaylaştırmakta ve performans kapasitesinin artmasını sağlamaktadır. Akıllı teknolojiler aynı zamanda, askerlerin yapmaları gereken işleri daha az ekipman ve daha az yük ile yerine getirmelerini amaçlamaktadır.

21. yüzyıl askeri giysi konsepti'nde, askeri giysilerden istenen en önemli özellikler şu şekilde sıralanabilir:

- Giysinin içinde iletişim donanımının olması,
- Giyenin fiziksel durumunun takip edilmesi,
- Askerin sürekli yerini bildirmesi,
- Çevresel ortam şartları algılanarak ve buna göre kamuflaj düzeninin sağlanması,
- Ateşli silahlara, radyasyona, nükleer, kimyasal ve biyolojik maddelere karşı koruma sağlanabilmesi

Ayrıca tüm bu özelliklerinin yanı sıra, askerin manevra kabiliyetini kısıtlamayacak tarzda hafif olan giysiler tasarlanmaktadır. Günümüzde telsiz taşıyan askerlerin en önemli sorunu, telsizin üzerlerinde yarattığı ağırlıktır. Bu ağırlığın en önemli sebebi de, telsiz içindeki pillerdir. Enerji kaynaklarının ağırlığın azaltılması ve tekstil esaslı üniformalara entegre edilmesi çalışmaları da bu araştırmaların diğer bir konu başlığını oluşturmaktadır. Askeri tekstil malzemelerine bilgisayar mikroçiplerinin entegrasyonu ve bunların bir ağa bağlanması sonucu askerler ile birebir bağlantı kurulması sağlanmıştır. Bunun yanında da, GPS (Küresel Konumlama Sistemi-Global Positioning System) adı verilen bir sistemle de, her bir askerin nerede olduğu uydu yardımı ile anlaşılabilir. Aynı zamanda bazı tekstil malzemeleri de, vücut ısısı düştüğü zaman, vücuda ısı takviyesi yaparak vücut ısısının belli bir sınırın altına düşmesini ve donmayı engellemektedir. Üniformalarda bulunan ve çeşitli elektronik bileşeni birbirine bağlayan veri ve güç kabloları ile antenlerin de tekstil esaslı malzemelere dönüştürülerek giysiye entegre edilmesi kullanıcının maruz kaldığı ağırlıkta azalmaya ve elektronik altyapıda sadeleşmeye sebep olacaktır (Biberdorff, 2002).

Nanoteknoloji, yeni jenerasyon askeri üniformaların ve ekipmanların gelişiminde anahtar bir rol oynamaktadır. Nanoteknolojinin sağladığı avantajlar ile kimyasal maddelere ve mikroorganizmalara karşı koruma özelliğine sahip giysilerin gelişiminde yeni bir döneme girilmiştir. Yeni üniformalar nefes alabilmekte ve standart üniformalara göre %20'lere varan ağırlık tasarrufuna yol açmaktadır (Veltmann, 2004). Geleceğin askeri personelinde temel olarak taşıdığı giysi ve diğer ekipmanları Şekil 1.8'de görüldüğü gibi sınıflandırabilmek mümkündür



Şekil 1.8 Geleceğin askeri üniforma teknolojisi. (Andrews, 2001).

Gelişmiş batı ülkelerinde devlet veya özel sektöre ait bir çok enstitü, kuruluş veya ordu Ar-Ge merkezleri askeri ürünler konusunda günümüzün çok ilerisindeki malzemeleri geliştirmek üzere çalışmalarına devam etmektedir. Du Pont, Massachusetts Institute of Technology (MIT), Institute for Soldier Nanotechnology (ISN), US Army Soldier Systems Center, US Army Research Laboratory bu merkezlere örnek olarak sayılabilir.

Bu alanda çalışan kurumlar, malzeme bilimindeki gelişmelerden faydalanarak günümüz ekipmanlarının geliştirilmesi konusunda hizmet veren merkezlerden farklı olarak ortaya koyduğu yeni fikir ve prototiplerle teknolojiyi yönlendiren bir misyonu da üstlenmektedir. Askerleri yararlandıklarında tedavi edecek veya nükleer-kimyasal ve biyolojik (NBC) silahlara karşı koruyacak giysiler geliştirmek üzerinde son yıllarda önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Farklı iplik kesitleri (oval, kare veya üçgen) kullanılarak, giysiyi giyeni dış ortam sıcaklığındaki değişimlere karşı, genişleyip daralarak, ısıtan veya soğutan kıyafetler üzerinde araştırmalar da yapılmaktadır. Özel boyanmış iletken lifler kullanılarak, elektrik sinyaliyle renk yansıma kalitesinde değişim elde edilmekte ve giysi rengi değiştirilebilmektedir. Bu tip bir özellik değişken bitki örtüsünde savaşan askerlerin arazide kamuflejlarına çok uygundur. Askerler için düşünülen bu tip koruyucu akıllı giysiler, aynı zamanda polis ve itfaiyeciler için de kıyafetlerin kullanım alanlarına göre uyarlanabilmektedir. Bir su kütesinin içine daldırıldığında suyun kullanılabilir durumda olup olmadığını

analiz edebilen akıllı eldivenler, ortopedik yaralanmalarda sertleşme özelliği kazanarak destek birimi haline dönüşebilen kumaşlardan yapılmış üniformalar, yaralanmalarda ilkyardım malzemesi olarak kullanılabilen özel liflerden üretilmiş antimikrobiyal özellikteki kumaşlar da diğer ilginç ürünler arasında sayılabilir (Darpa, 2003, Wakefield, 2002,

1.1.8.1.1 Miğferler Günümüzün modern miğfer sistemlerinde; miğfer üzerine monte edilmiş GPS sistemi, kablosuz mikrofon ve hoparlör bağlantısına sahip ses iletişim sistemi ile bilgisayar bağlantılı kablosuz veri iletim sistemi yardımıyla birbirleriyle ve bağlı oldukları merkez sürekli iletişim halinde olabilmektedirler.

Göz hizasına indirilip kaldırılabilen ekran ile gece görüş ve termal tarayıcıları kullanarak çevrelerini izleyebilmektedirler. Monitör vazifesini gören bu göstergeler aynı zamanda operasyon bölgesindeki dost ve düşman personelin tanımlanmasına da yardımcı olmaktadır. Tüm bu bilgiler savaş bölgesindeki personelin hareket tarzını kolaylaştırmakta ve karar verme süresini azaltarak görevin yerine getirilmesini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca miğferlere yerleştirilen kablolar yardımıyla üniformanın farklı bölgelerine yerleştirilmiş olan veya askerin komuta ettiği diğer bir ekipmanın çalıştırılması da sağlanabilmektedir (Akhtar, 2003). Farklı fonksiyonlara sahip sistemler, miğferleri üzerindeki farklı katmanlara yerleştirilmektedir. Şekil 1.9'da farklı tipteki askeri miğferlerin değişik katmanları gösterilmiştir.



Şekil 1.9 Askeri miğferlerin değişik katmanları. (Stewardson, 2001).

Askeri personelin buldukları ortam ve görev alanlarına göre değişik fonksiyonlara sahip miğferler bulunmaktadır. Modüler/Bütünleşik İletişim Miğferleri (MIM) balistik koruma, darbe dayanımı ve işitme konularında koruyucu özelliklere sahiptir. Bunların, gece görüş sistemi, iletişim altyapısı ve nükleer-biyolojik-kimyasal (NBC) koruma sistemleri ile bütünleşik bir yapısı bulunmaktadır. Kullanıcıya içinde bulunduğu ortam ile ilgili olarak görsel ve işitsel olarak maksimum çevresel algılama yeteneği kazandırmaktadır. Kapalı ve açık devre iletişim yeteneğinin sağlanması, işitme organları ile ilgili koruma, tekli veya çoklu mikrofon/kulaklık desteğinin sağlanması, telsiz entegrasyonunun gerçekleştirilmesi de miğferin diğer özellikleri arasında sıralanabilir. Miğfer tek bir başlık olarak kullanılabilmesi gibi tüm bu sistemlerin tek tek veya bütünleşik olarak entegre edilmesi şeklinde de kullanılabilir. Tekstil esaslı dolgu materyalleri ile kullanıcının konforu açısından gerekli destek sağlanmaktadır (Sbcom, 2003).

Diğer bir miğfer çeşidi ise muharebe ortamında çeşitli ulaşım araçlarını kullanan personel için geliştirilen miğferlerdir. Muharebe Aracı Miğferleri (MAM) araç içerisinde kapalı ortamda kullanılması sebebiyle açık arazide kullanılan miğferlere oranla daha standart bir işitsel korumaya sahiptir ve günümüz standart piyade miğferleri ile benzer özellikler göstermektedir. Araç içi telsizler ve manuel telsizler ile entegre olabilen iletişim sistemi bulunmaktadır (Sbcom, 2003).

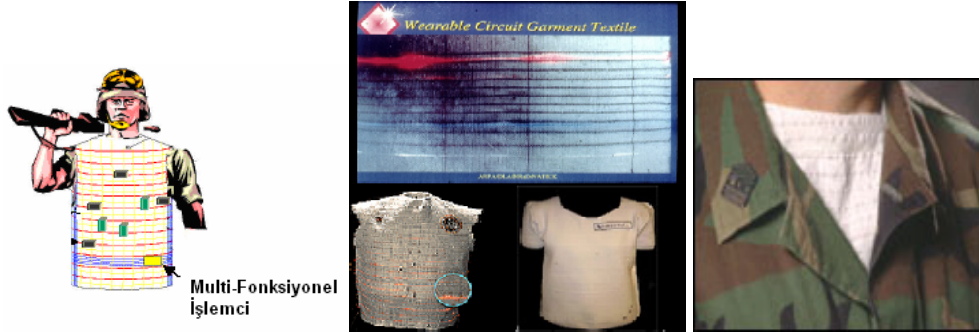


Şekil 1.10 Gelişmiş Askeri Miğferler. (Sbcom, 2003).

1.1.8.1.2 Askeri Alanda Kullanılan Tekstil Esaslı İnteraktif Sağlık Ürünleri

Bu alanda kullanılan ürünler özellikle savaş alanında veya operasyon bölgesinde bulunan personelin sağlık durumunun takibi amacıyla vücut parametrelerinin izlenmesi konusunda uzmanlaşmıştır. Güvenlik görevlileri, askeri personel, astronotlar gibi grevin devamlılığının esas olduğu meslek gruplarında medikal takip

işlemi daha da önem kazanmaktadır. Takip edilen metabolizma parametreleri arasında kalp atış sayısı (nabız), vücut sıcaklığı, solunum sayısı vb sayılabilir. Bu alanda oluşturulan önemli ürünlerden biri de yapısında elektronik sistemler ve bunları destekleyen optik-iletken lifler bulunan akıllı gömlek (Smart Shirt) adı verilen interaktif bir t-shirt'tür (Satava, 2001). Smart Shirt ile ilgili teknik bilgiler Bölüm 1.1.8.2.1.' de verilmiştir.



Şekil 1.11 Akıllı Gömlek - Smart-Shirt. (Satava, 2001, Park, 2002).

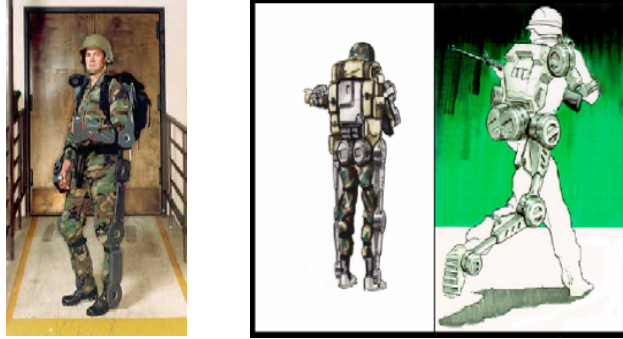
Öte yandan bilim adamları savaş-çatışma ortamları ile terör eylemlerine karşı korunma konularında gelişen malzeme bilimi ile birlikte nano-teknolojik çalışmaları yoğunlaştırmışlardır. Özellikle 11 Eylül saldırılarından sonra bu çalışmalar kimyasal-biyolojik-radyoaktif-patlayıcı belirleme ve koruma konularında odaklanmaktadır. Çeşitli amaçlara yönelik geliştirilen sensörler içeren aktif giysiler ile insan sağlığını tehdit eden materyallere karşı bir çeşit erken uyarı sistemi konusundaki araştırmalar da sürdürülmektedir (Malsch, 2002).

1.1.8.1.3 Tekstil Esaslı Mekanizmalar Yardımıyla Ağır Materyallerin Kaldırılması

Günümüzde Afganistan'da görev yapan barış gücü askerleri yaklaşık 47 kg yük taşımaktadırlar. Bu ağırlığa soğuk iklim gereçleri, nükleer-biyolojik-kimyasal savaş ekipmanları dahildir. Her ne kadar gelişen teknolojik imkanlar yardımıyla miğferlere, sırt çantalarına, kol-bel bölgelerine yerleştirilen birçok malzeme kullanıcı ile uyumlu hale getirilse de bunların her biri askerin taşıdığı yükü bir ölçüde arttırmaktadır. İşte tekstil esaslı hafif materyallerden geliştirilen teknolojik ürünlere yönelen ilginin esas nedenlerinden biri de sonuçta sağlanan bu ağırlık tasarrufudur. Hedeflenen nihai sonuç ise tarihteki Roma Lejyonerlerinin taşıdığı yük olan 20 kg'dır. Beden dışına

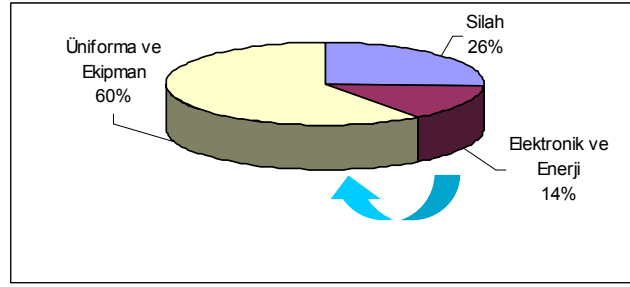
yerleştirilen robotik bir giysi bu amaca hizmet edebilecektir. Bu tür sistemler savaş ortamındaki askerlere büyük avantaj sağlayacak ve zorlu şartlara karşı güç ve dayanım oluşturacaktır. Şu an için bacak bölgesinden güç sağlayan bir dış sistem üzerinde çalışılmakta ve tüm bedeni kavrayacak ünite ile ilgili araştırmalara devam edilmektedir. Geliştirilecek sistem ile bir askerin yaklaşık 180 kg taşıma kapasitesine ulaştırılması hedeflenmektedir. Böylece daha fazla mühimmat, kurşun geçirmez giysi, daha kapsamlı iletişim sistemleri ve gıda taşınabilecektir. Uygun güç kaynakları ile robotik sistemin en az 4 saat aktif olması amaçlanmaktadır (Lemley, 2002).

Bu tür sistemler savaş ortamındaki farklı bir çok görevde de kullanılabilir. Sıradan kişilerden çok daha hızlı koşabilme, yüksek bariyerlerin üzerinden atlama, kurtarma operasyonlarında ağır yıkıntıların kolayca kaldırılması, bu tür kullanımlar arasında sayılabilir. Şekil 1.12’de bu tür amaçlar için geliştirilerek insanın vücut hareketlerini simüle eden ve prototip aşamasında olan bir sistem görülmektedir.



Şekil 1.12 Robotik giysi. (Lemley, 2002, Satava, 2001).

Şekil 1.13’te elektronik sistemlerin üniformalara ve diğer tekstil esaslı malzemelere entegre edilmesi sonucu kazanılan ağırlık tasarrufu sembolize edilmektedir.



Şekil 1.13 Tekstil-elektronik entegrasyonu sonucunda askeri personelin taşıdığı ağırlıktaki azalma (Brower, 2001).

Askeri alanda araştırmalar yapan Askeri Nanoteknoloji Enstitüsü (The Institute for Soldier Nanotechnologies) malzeme araştırmalarına yeni bir boyut kazandırarak yapay kas uygulamalarının askeri alanda kullanımı araştırmalarına başlamıştır. “Polypyrrole” adı verilen bir polimeri esas alan yapay kas, elektrik enerjisi ile aktif hale getirilmektedir. Bir akım uygulandığında akordeon biçimli polimer molekülleri doğal insan kası gibi gerilmektedir. Akım durdurulduğunda polimer eski haline dönmektedir. Askeri üniformaya entegre edildiğinde yürüme hareketleri ile elde ettiği enerjiyi bünyesinde depolamakta ve gerekli durumlarda örneğin çok yükseğe sıçrama veya diğer kuvvet uygulamalarında kullanabilmektedir. İnteraktif yapı, mermileri durdurabilmekte veya en azından yavaşlatabilmektedir. Benzer şekilde ferromanyetik esaslı bazı sıvıların da elektromanyetik alan içerisinde yoğunluk gibi bazı özellikleri değişebilmekte fonksiyonel uygulamalarda kullanılabilir (Leo, 2002).

1.1.8.1.4 İnteraktif Kamuflaj Teknolojisi Bilim adamları, çevresel etkilere bağlı olarak renk değiştirme yeteneğine sahip olan bukalemunsu askeri üniforma üretiminde kullanılacak teknolojik gelişmeleri hayvanlar üzerinde yaptıkları araştırmalar ışığında sürdürmektedirler. Araştırmacılar, özellikle termokromatik boyar maddelerle işlem görmüş ürünlerin fiziksel özellikleri üzerinde çalışmalarını devam ettirmektedir. Örneğin ortam sıcaklığının termokromatik boyar maddeleri aktif hale getirerek renk değiştirme özellikleri giysilere uyarlanmış ve renk değiştiren bukalemunsu askeri üniformalar üretilmesi konusunda önemli gelişmeler elde edilmiştir (Bill, 2002).



Şekil 1.14 Bukalemunsu Askeri Üniformalar.

(Bill, 2002).

1.1.8.1.5 İnteraktif Elektronik Sistemli Üniformalar Ev veya işyerlerimizde günlük hayatımızın vazgeçilmez bir parçası haline gelen elektronik gereçlerin kablo aksamlarının tekstil esaslı malzemelere dönüştürülmesi ve böylelikle askeri alanda kullanılmakta olan araç gereçlerin üniformalara entegrasyonunun daha verimli bir hale getirilmesi ile ilgili çalışmalar ilk ürünlerini vermeye başlamıştır. Normal şartlarda sert, ağır ve plastik kaplı olan kablolar ve bağlantı sistemleri, ince, esnek ve katlanabilir tekstil esaslı düzlemsel yapılar haline dönüştürülmeye başlanmıştır (Biberdorf, 2002).

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda tekstil esaslı malzemeler aracılığıyla güç ve veri iletiminin gerçekleştirilebileceği kanıtlanmıştır. Bir sonraki aşama, askeri alanda kullanılacak ve bir noktadan başka bir noktaya iletilecek verilerin nasıl elde edileceğidir. Bu amaçla kullanılacak sensörlerin nasıl ve nereye yerleştirileceği oldukça önemli bir sorundur. Sensörler malzemenin üstüne yerleştirilebileceği gibi içine de gömülebilir veya kumaş yapısının kendisi bizzat sensör işlevinde olabilir. Elektronik altyapı ile sensörlerin bütünleşik bir yapı haline getirilmesi de ayrı bir tasarım konusudur. Konuya insan-makina etkileşimi açısından bakıldığında ise güvenlik, konfor, performans ve sağlamlık gibi kriterlerin göz önüne alınmasını gerektiren durumlar ortaya çıkmaktadır. Şekil 1.15'te tekstil esaslı bir USB kablosu ve kablo gömülü çeşitli askeri yelek örnekleri görülmektedir.



Şekil 1.15 Tekstil esaslı bir USB kablosu ve kablo gömülü çeşitli askeri yelek örnekleri.
(Biberdorf, 2002)

Tekstil esaslı/giyilebilen kablolar konusundaki başarı; esnek, tekstil esaslı telsiz antenleri gibi farklı uygulama alanlarının da önünü açmıştır.

1.1.8.1.6 Tekstil Esaslı Klavyeler Askeri bir üniformanın kol bölgesine monte edilen bir klavye, oldukça hacimli kontrol ünitelerinin ortadan kaldırılması için bir çözüm olarak ortaya koyulabilir. Bu çalışmayı ağırlık tasarrufu ile ilgili bir uygulama olarak da nitelemek mümkündür. Basınca duyarlı olan dokunmatik özellikteki kumaş dokulu klavyeler giysinin herhangi bir bölgesine monte edilebileceği gibi katlanabilir özellikte olması sebebiyle cepte de taşınabilmektedir. Şekil 1.16'da bu tür bir klavye uygulamasının temsili resmi görülmektedir.



Şekil 1.16 Kol bölgesine monte edilen klavye (Biberdorf, 2002).

Oluşan sinyalin klavyeden elektronik birime iletimi için tekstil esaslı bir elektronik devre ve yeterli seviyede iletkenliğin sağlanması gerekmektedir. Konu ile oluşturulan ön prototiplerde bazı temel komutların iletimi için 3 yada 4 düğmeye sahip klavyeler oluşturulmuştur. Gelişmiş örneklerde klavye fonksiyonların ve kontrol mekanizmalarının arttırılması hedeflenmektedir (Anonim, 2002).

1.1.8.1.7 Askeri Barınaklar/Siperler/Tenteler Askeri amaçlı kullanılan kumaş dokulu bazı özel siperler/barınaklar çevresel etkilerle renk değiştirme, biçim değiştirme, yeteneğine sahip olabilmektedir. Hava şartları ve balistik etkiler sonucunda oluşan bir elektrik yükü sonucunda rijid forma dönüşebilmektedir. Ayrıca sıcaklık sensörlerine ve elektro-manyetik dedektörlere karşı koruma sağlayabilmektedir. Güneş panelleri içeren kumaş esaslı askeri tentelerdeki teknolojik gelişmeler sonucunda savaş ortamında bilgisayar, telsiz gibi araçlar için gerekli olan enerjiyi güneş ışığından faydalanarak üretilebilecektir.

1.1.8.2 Tıp Alanında Kullanılan Akıllı-Interaktif Tekstil Malzemeleri

Sağlık sektörü, modern iletişim ve veri görüntüleme-izleme sistemlerinde yaşanan gelişmeler ile yeni nesil malzemelerin tekstil ürünlerine entegrasyonunun kullanıldığı önemli alanlardan biridir. Son yıllarda toplumun sağlık alanındaki gelişmelere karşı gösterdiği ilgi ve hassasiyet, sağlık sektöründeki yeni ürünlerin kısa sürede kabul görmesine ve kullanımının kısa sürede yaygınlaşmasına yol açmaktadır.

Telekomünikasyon, bilişim teknolojileri ve bilgisayar destekli medikal sensör uygulamaları, bu alanda geliştirilen sistemler için temel araçları oluşturmaktadır. Özellikle veri izleme ve kablosuz veri transferi gibi uygulamalar sağlık personelinin teşhis, takip ve müdahale imkanlarını arttırmaktadır. Özellikle kronik hastalıklara sahip bireyler gibi sürekli bir izlem ihtiyacı içindeki kişiler açısından sağlık desteğine kolay ulaşım ve acil durumların anlık tespiti için bu teknolojilerin önemi büyüktür.

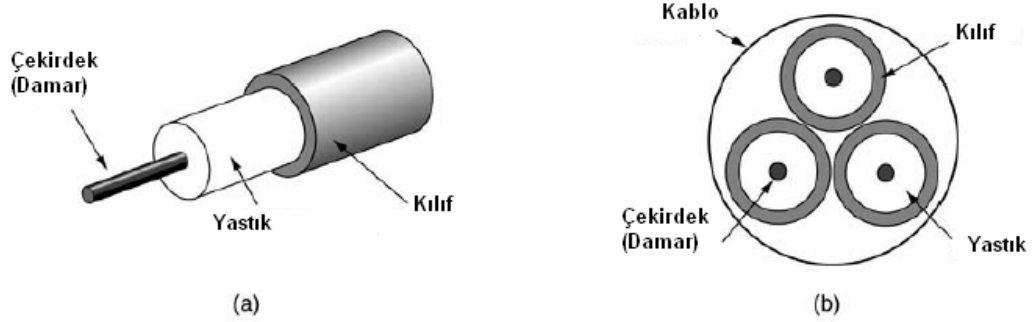
Tüm bu açılardan bakıldığında medikal fonksiyonların yerine getirebilmesi için akıllı giysi teknolojilerinin adeta bir bilgisayar gibi optik ve iletken lifler içermesi gerekmektedir. Çünkü tıbbi uygulamadaki en önemli ve hassas uygulama takip edilen parametrelerin kesintisiz ve sağlıklı bir şekilde bir noktadan diğer bir noktaya iletilmesi esasına dayanır. Bu sebeple özellikle optik lifler bu başlık altında en çok kullanılan malzemeler olarak karşımıza çıkar.

Optik iletim sistemleri üç temel birimden oluşur: ışık kaynağı, iletim ortamı (çok ince cam lifler) ve algılayıcı. Optik lifin bir tarafına ışık kaynağını, diğer tarafına da algılayıcıyı yerleştirerek tek yönlü bir iletim ortamı oluşturulur. Optik ortamda, bakır tellerde görülen karışma problemi yoktur. Farklı veriler, bir optik lif üzerinde, eş zamanlı olarak, pek çok dalga boyu üzerinden aktarılabilmesi için optik liflerin veri taşıma kapasitesi çok büyüktür.

Veri genelde elektrik sinyali üzerinden aktarıldığı için optik liflerin kullanıldığı ortamlarda, önce elektrik sinyalinin ışığa dönüştürülmesi, aktarılması ve sonra da verinin optik sinyalden elektrik sinyaline dönüştürülmesi gerekir. Işık kaynağı olarak LED (Light Emitting Diode) ya da lazer kullanılır. Işığın varlığı bir değerini, olmaması ise sıfır değerini ifade eder. Optik lifler üzerinde sinyal, güçlendirmeye gerek duymadan kilometrelerce gidebilir. Ayrıca verinin bozulma olasılığı da çok düşüktür. Buna karşın optik liflerin çekilmesi, lifte kırık oluştuğunda yerinin bulunması ve tamir edilmesi güçtür (Oktağ, 2006).

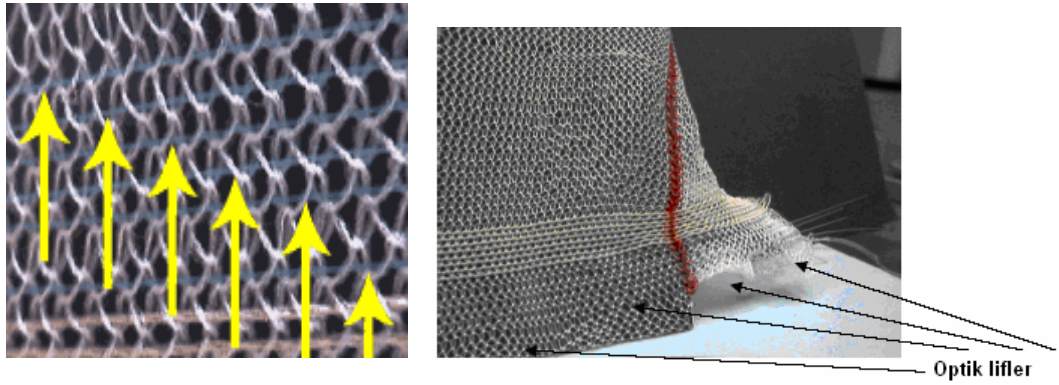
Optik lifleri tek-modlu ve çok-modlu olmak üzere iki grupta toplayabiliriz. Çok-modlu liflerde ışın lif içinde birkaç farklı yol kullanabilir. Tek-modlu liflerde, lifler

çok dardır ve ışının takip edebileceği tek bir yol vardır. Şekil 1.17’de tek-modlu ve çok-modlu optik liflerin yapıları şematize edilmiştir.



Şekil 1.17 Bir optik lifin yapısı (Tanenbaum, 2002).

Bir optik lifin bir kumaş konstrüksiyonu içerisindeki yerleşimine ilişkin görüntü Şekil 1.18’de verilmiştir.



Şekil 1.18 Optik lif içeren bir kumaş konstrüksiyonu.

Bu tür ileri teknoloji ürünü sistemlerin giysi yapısı üzerine yerleştirilmesi sonucunda nabız, EKG, nefes alım sayısı, vücut ısısı gibi bir çok hayati parametrenin takibi mümkün hale gelmiştir.

1.1.8.2.1. Akıllı Gömlek (SmartShirt®) Akıllı tekstil ürünleri konusunda dünyanın önde gelen araştırma merkezlerinden biri olan Georgia Teknik Üniversitesi’nde (Georgia Tech) özellikle savaş ortamlarındaki kullanım amacıyla bir “Giyilebilir Anakart (Wearable Motherboard)” geliştirilmiştir (Park, 2002). Ürün, Şekil 1.19’da verilmektedir.



Şekil 1.19 Georgia Tech Giyilebilen Anakart –GTWM (Park, 2003).

Projenin başlangıcı Ekim 1996'ya dayanmaktadır. Amerikan Deniz Kuvvetleri'nin sponsorluğundaki araştırma faaliyetleri, Georgia Tech üniversitesinin liderliğinde Georgia Tech Research Corp. isimli bir Ar&Ge şirketi tarafından Atlanta'da gerçekleştirilmiştir. Şu an için GTWM isimli prototipin ticari olarak üretimi ve piyasaya sürülmesi "SmartShirt (Akıllı Gömlek)" adıyla Sensatex firması tarafından yapılmaktadır (Park, 2003).

SmartShirt 'ün kullanıldığı bazı araştırma alanları ile ticari uygulamalar şu şekilde sıralayabilmek mümkündür.

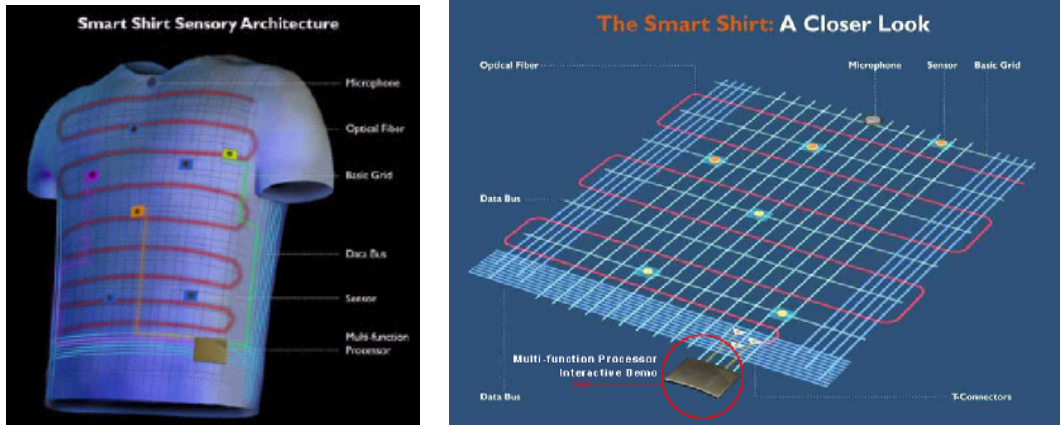
- Sağlıklı bir yaşamın devamlılığının sağlanması
- Bireysel sporcular / Takım sporları
- Ev ortamındaki sürekli takip
- Uzaktan hasta takibi
- Yenidoğan/Prematüre bebek takibi
- Uyku araştırmaları
- Zihinsel engelli hastaların izlenmesi
- Güvenlik görevlilerinin korunması
- Savaş ortamındaki askeri uygulamalar

SmartShirt Sistemi; tekstil mühendisliği, giyilebilen bilişim teknolojileri ve kablosuz veri transferi uygulamalarını bir araya getirerek, sayısal vücut parametrelerinin güvenilir bir şekilde toplanması, iletimi ve analizini amaçlamıştır.

Kısaca ‐Düşünebilen Akıllı Gömlek‐ olarak tanımlanabilen SmartShirt nabız sayısı, solunum sayısı, EKG, vucut sıcaklığı, kalori yakımı gibi bireysel vucut parametrelerinin ölçüm ve takibine olanak tanımakta, aynı zamanda takip ettiği biometrik değerleri bir kol saati, PDA (dijital asistan-databank) gibi bir araca yönlendirilebilmekte veya sesli olarak uyarabilmektedir. Bio-metrik veriler ayrıca Bluetooth teknolojisi yardımıyla kablosuz olarak bir bilgisayara aktarılabilmekte ve internet aracılığıyla izlenebilmektedir (Sensatex, 2004)

"SmartShirt," temel olarak optik ve iletken lifleri bünyesinde barındıran ve bir bilgisayar benzeri işlem gören bir t-shirt'tür. Kumaşa yerleştirilen elektro-optik lifler biomedikal bilgilerin toplanması amacıyla kullanılmaktadır. Kumaş yapısı içerisinde herhangi bir kesinti yoktur. Veri iletiminin esasını bu kesintisiz altyapı sağlamaktadır. T-shirt dikişsiz tek parça bir kumaştan oluşmaktadır. Sensörler giysiden ayrılabilir ve herhangi bir bölgeye yerleştirilebilir. Böylece farklı vucut yapılarına uyum sağlanabilir. Ayrıca, kullanılan sensör tipleri kullanıcının ihtiyaçları doğrultusunda çeşitlendirilebilir. Bu sayede ürün her kullanıcı için özelleştirilebilir. Örneğin bir itfaiyeci için giysiye oksijen veya zararlı gaz seviyesini takip eden sensörler yerleştirilebilir. Diğer sensörler solunum sayısını, vucut sıcaklığını izleyebilir veya bir mikrofon aracılığıyla ses verileri kaydedilebilir[1]. Toplanan bilgiler bir vericiye yönlendirilir. Böylece bu veriler bir hafıza kartına kaydedilebilmesinin yanında Bluetooth, RF(Radio Frekansı), WLAN (Kablosuz Yerel Ağ) veya cep telefonu gibi uygulamalar sayesinde tıbbi destek, yönlendirme ve takip vb amaçlarla gönderilebilmektedir (Tollen, 2002).

SmartShirt plastik optik lif ve çeşitli sensörler ile bağlantı elemanları kullanmakta ve sıra dışı herhangi bir sinyal veya semptom algıladığında gerekli uyarıları vermektedir. Esnek bir veri yolu verileri sensörlerden vericilere iletmekte ve daha sonra da kişisel takip için gerekli izleme elemanlarına göndermektedir. Kullanım kolaylığı açısından hafif, konforlu ve yıkanabilir özelliktedir. SmartShirt®-Akıllı Gömlek'in detaylı yapısı Şekil 1.20'de görülmektedir.



Şekil 1.20 SmartShirt® - Akıllı Gömlek Sistem konfigürasyonu (Sensatex, 2004).

Sistem, özellikle yeni doğan-prematüre bebeklerin tıbbi takibi ile kronik hastalar, yaşlılar ve bebek bekleyen bayanların izlenmesi için oldukça verimli bir çalışma ortamı sağlamaktadır. Benzer şekilde giysi içerisine yerleştirilen sensor teknolojileri atletler, astronotlar, polis memurları, itfaiyeciler ve benzer şekilde tehlikeli ortamlarda bulunan görevlilerin ihtiyaçlarına cevap verebilecek şekilde adapte edilebilmektedir (Park, 2002, Darpa, 2003).

SmartShirt®'ün izlem kapasitesini destekleyen nitelikteki bazı kablosuz teknolojiler tamamen güvenilir değildir. SmartShirt®, Bluetooth and WLAN teknolojilerini kullanmaktadır. Her iki teknoloji de henüz gelişim aşamasındadır ve vücut parametreleri gibi hayati bazı sinyallerin iletiminin güvenilir ve sağlıklı bir şekilde kesintisiz gerçekleştirilebilmesi için henüz zamana ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca şu aşamada bu ürün sadece veri takibi ve sınır değerler aşıldığı anda alarm verme yeteneği üzerine kurulmuştur. Henüz tehlikeli sağlık şartlarına yönelik olarak bir tepki veya önlem yaratamamaktadır. Bu sebeple örneğin cerrahi müdahale sonrası oluşan komplikasyonlara maruz kalan ve tıbbi yardımdan uzak olan hastalara yardım edebilecek özellikte değildir. Bu alandaki gelecekteki araştırmalar özellikle bu ve benzeri konuların çözülmesine yardımcı olacaktır (Sensatex, 2004).

1.1.8.2.2. Yaşam Gömleği (Life-Shirt®) ABD merkezli medikal bilişim ve gözlem cihazları üreten bir firma olan VivoMetrics'in geliştirdiği Life-Shirt® (Yaşam Gömleği), interaktif uygulamalara sahip bir başka ürün olarak piyasadaki yerini almıştır. 30'dan fazla fizyolojik parametre ürüne gömülü algılayıcılar ve bir dijital kumanda paneli aracılığıyla izlenmekte ve kaydedilmektedir (Şekil 1.21). Toplanan veriler bir hafıza kartı yardımıyla bilgisayara aktarılabilmekte ve tıbbi yardım, analiz ve destek amacıyla internet kanalıyla gerekli yerlere ulaştırılabilmektedir (Vivometrics, 2004).



Şekil 1.21 Life Shirt (Vivometrics, 2004).

Life-Shirt sistemi, 12 adet patentli giyilebilir sensor tasarımı ve tescilli bilgisayar altyapısı ile şu an dünya çapında 100'den fazla hastanede kullanılan bir ürün olarak tanımlanmaktadır.  r n, Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi FDA tarafından onaylanan ve piletismografi adı verilen 'kesintisiz solunum takip teknolojisi'ni esas alan bir sisteme sahiptir. Bu teknik, özellikle farklı tipteki uyku apnelerinin ayırt edilmesinde kullanılmaktadır. Sinüsoidal olarak yerleştirilen ve göğüs kafesini çevreleyen kablolardan sürekli düşük voltajlı elektrik akımı geçirilerek solunum düzeni izlenmektedir. Ürünün tasarımı sayesinde vücuttan alınan dalgalar, girişime veya bozunuma uğramamakta ve bireyin solunumuna ait çok daha kesin ve güvenilir ölümler elde edilebilmektedir.

 r n; dış giysi, veri kaydedici ve analiz-raporlama yazılımı olarak temelde  c ana bölümden oluşmaktadır. Sistem, günlük yaşantıyı aksatmadan sürekli olarak 30'dan fazla metabolik parametreyi ölçebilme kapasitesindedir. Veriler işlendikten sonra elektronik bir günlüğe aktarılmaktadır. Sonuçlar yüksek  z n rl kteki dalga boyu

grafikleri veya açıklamalar biçiminde alınabileceği gibi kısa özetler biçiminde de hazırlanabilmektedir (Vivometrics, 2004).

Bünyesine gömülü sensörler taşıyan dış giysi, hafif, makinada yıkanabilen, konforlu ve kullanımı kolay bir yapıya sahiptir. Solunum fonksiyonların ölçümü için algılayıcılar kullanıcının göğüs ve karın bölgesine yerleştirilmiştir. Tek kanallı bir EKG nabız sayısını ölçerken iki eksenli bir hız ölçer de hastanın aktivite seviyesini ve genel durum takibini yapmaktadır. Opsiyonel çevresel sistemler de kan basıncı ölçümü, kan oksijen seviyesi tesbiti gibi ölçümlerle sisteme gerekli desteği vermektedir. Sisteme entegre edilmiş olan PDA (dijital asistan-datbank) elde edilen verileri sürekli olarak çözümleyerek tüm fizyolojik verileri bir hafıza kartında depolar. Ayrıca zamansal semptomların takibi, genel ruh hali, aktivite raporu gibi değerlendirmeler yapılabilir. Toplanan verilerin ışığında ölçülebilen objektif fizyolojik parametreler ile bireyin subjektif durumu arasında bir korelasyon kurulması mümkün olabilmektedir.

Ürünün farklı bir kullanım alanı da spor sektörüdür. Atletler açısından antrenman verimini yükseltmek amacıyla fizyolojik veri takibi amacıyla da kullanım mümkün olabilmektedir. Ayrıca ürün üzerine yerleştirilebilecek bir mikrofon aracılığıyla örneğin itfaiyecilerin yangın bölgelerindeki takibi yapılabilir veya bazı özel sensörler yardımıyla dumana maruz kalmaları-duman yutmaları da izlenebilir (Şekil 1.22).



Şekil 1.22 İtfaiyecilerin kullanımı için önerilen prototip.

Tüm bu giyilebilen teknoloji gün geçtikçe gelişip günlük hayattaki yerini alma yolunda ilerlerken ABD merkezli Indy otomobil yarışları bir başka kullanım alanını ortaya koymuştur. Motor sporları alanındaki ilk uygulama bu organizasyonda ortaya çıkmış ve yarış boyunca pilotun vücudundaki değişimlerin takibi yapılmıştır.

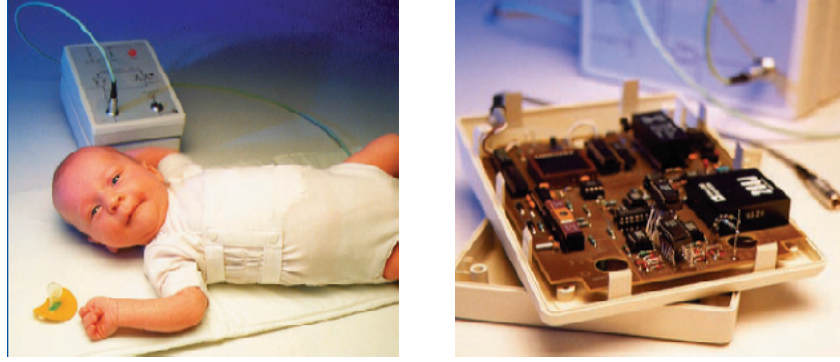
1.1.8.2.3 “Mamagoose” Bebek Pijamaları Tıp literatüründe “Sudden Infant Death Syndrome (SIDS)” olarak tanımlanan ani bebek ölümlerinin önlenmesi konusunda Belçika merkezli Verhaerth Design and Development firması ile Brüksel Üniversitesi’nin ortak çalışmaları sonucunda yukarıda açıklanan ürünlere benzer elektronik fonksiyonlara sahip ancak farklı bir kullanım alanına yönelik yeni bir ürün geliştirilmiştir. Yeni doğan bebeklerin uyku sırasında vücut fonksiyonlarını gözlemlemeye yarayan bu ürün bir bebek pijaması olarak tanımlanmaktadır. Şekil 1.23’te bu bebek pijamaları verilmiştir. Bu yeni interaktif pijamalara “anne uyaran” anlamındaki “Mamagoose” adı verilmiştir. Üründe kullanılan teknolojilerde, uzay çalışmalarında kullanılan iki uygulamadan esinlenilmiştir: Analog biomekanik kaydedici ile piletismograf solunum takip giysisi.

“Mamagoose” bebek pijamaları göğüs ve karın bölgelerine yerleştirilmiş 5 adet özel algılayıcıya sahiptir. Bunlardan 3 adedi bebeğin kalp atışını izlerken 2 adedi solunumu takip etmektedir. Bu ikili ölçüm sistemi ile elde edilen verilerin ölçüm hassasiyetinin artırılması hedeflenmiştir. Özel sensörler giysi içerisine yerleştirilmiştir ve vücut ile doğrudan teması bulunmamaktadır. Böylece bebeğe herhangi bir rahatsızlık hissi yaratmamaktadır.

İki ana bölümden oluşan özel giysinin ilk katmanı bebeğin teni ile temas eden ve makinada yıkanabilen kısımdır. İkinci tabaka ise sensörlerin bulunduğu kısımdır. Bu katman elektronik parçalar demonte edildikten sonra elde yıkanabilmektedir. 3 farklı beden ölçüsünde alerjik olmayan malzemelerden üretilen pijamalar özellikle kullanım anında sensörleri koruyabilecek biçimde tasarlanmıştır. Bir alarm ünitesine sahip olan kontrol birimine bağlanan pijama sürekli olarak 5 algılayıcıdan gelen verileri gözlemlemekte ve kaydetmektedir. Beklenmeyen sıra dışı bir durum ile

karşılaştığında alarm verecek şekilde önceden ayarlanan sistem sürekli bir kontrol mekanizmasına sahiptir.

Mamagoose pijama prototipleri birçok hastanede farklı ortam koşullarında test edilmiştir. Deneme kullanımlarında farklı ağırlık ve büyüklükteki bebeklerin sakin, sinirli, huzursuz gibi değişik ruh hallerindeki gözlemleri ile uyku halindeki ölçümleri yapılmıştır. Şu aşamada ürünün denemeleri ve test kullanımları devam etmekte olup geleceğe yönelik olumlu gelişmelere devam edilmektedir (ESA, 2001).



Şekil 1.23 Mamagoose Bebek Pijamaları.

1.1.8.2.4 Akıllı Çoraplar Her yıl 50.000'den fazla Amerikalı, diyabete bağlı uzuv kayıpları yaşamaktadır. Bu vakaların bir çoğunun ortaya çıkmasının temel sebebi kan dolaşımında yaşanan problemlerdir. Bu tür sorunların üstesinden gelebilmek amacıyla içeriğindeki algılayıcılar yardımıyla bir süreliğine ayağını dinlendirmesi gerektiği konusunda kullanıcı diyabet hastasını uyaran akıllı çoraplar ile ilgili araştırmalar devam etmektedir.

Araştırmacılar diyabet kaynaklı uzuv kayıplarının yaklaşık üçte ikisinin bu tür basit bir uyarı sistemi aracılığıyla önlenebileceğini vurgulamaktadır. “Akıllı çoraplar”, medikal teknolojilerin en hızlı gelişen alanlarından biri olan ev uygulamaları konsepti içinde değerlendirilmektedir. Özellikle sağlığına giderek daha fazla önem veren ve bu uğurda maddi harcamalardan kaçmayan bireyler açısından

bakıldığında bu ürün, yüksek teknoloji ürünlerinin günlük hayatın bir parçası olma yolundaki önemli örneklerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Voss, 2001).

1.1.8.2.5 Akıllı Büstiyer Avustralya merkezli Wollongong Üniversitesi'ndeki araştırmacılar göğüs kafesi ve kalp bölgesindeki hareketlere bağlı olarak özelliklerini değiştirebilme yeteneğine sahip bir büstiyer geliştirmişlerdir.



Şekil 1.24 Akıllı büstiyer.

Yeni geliştirilen akıllı kumaşlardan üretilen büstiyer, sporculara ve akciğer-göğüs bölgesindeki hastalıklar konusunda hastalara yardımcı olmak amacıyla geliştirilmiştir. Göğüs hareketlerine göre askılarını kendi ayarlama yeteneğine sahip olan ürün göğüs ağrılarının önlenmesi konusundaki çalışmalarda kullanılmaktadır. Göğüs bölgesinden şikayetleri olan hastalarda bel, boyun ve omuz ağrılarının önlenmesinde uygulanmaktadır.

Kumaş esaslı sensörler ürünün askılarına ve karın bölgesine yerleştirilmiştir. Göğüs hareketlerini izleyen sistem, topladığı verileri kablosuz aygıtlar ile bir bilgisayara göndermektedir. Uygulama aşamasında kaydedilen veriler bir mikroçipe depolanmaktadır. Bu veriler daha sonra polimer kumaşa iletilmekte ve kumaşın fiziksel olarak uzama-kısalma hareketlerini gerçekleştirmesine yol açmaktadır. Akıllı büstiyer, Wollongong Üniversitesi Akıllı Polimer Araştırma Enstitüsü (IPRI) araştırmacılarının Biomekanik Araştırma Laboratuvarı ile ortaklaşa yürüttüğü akıllı tekstiller projesinin ürüne dönüştürülmüş ilk örneklerinden biridir (Anonim, 2000).

1.1.8.2.6 Tıp Alanında Geliştirilen Diğer İnteraktif Ürünler Akıllı-İnteraktif medikal giysiler ve tekstil esaslı sistemlerinin, kronik hastalıklara (kardiyovasküler problemler, diyabet, solunum, nörolojik yetersizlikler vb) sahip kişiler ile özel ihtiyaçlara sahip yaşlıların sağlık sorunlarına çözüm üretmek ve günlük hayatlarını kolaylaştırabilmek için yeterli potansiyele sahip olduklarına inanılmaktadır. Akıllı sensör sistemleri ile bu konuya getirilen yeni yaklaşımlar mali açıdan tasarruf sağladıkları gibi aynı zamanda ölçümlerin hassasiyetini arttırmış, analiz ve yorum kabiliyetini geliştirmiş ve en önemlisi hasta-kullanıcı ile sağlık hizmeti sunan merkezin arasındaki iletişim gücünü de tamamen değiştirmiştir. Biomedikal giysiler ve fonksiyonel tekstiller özellikle koruyucu-önleyici tıp uygulamaları açısından önemli bir konuma sahiptir. Sağlıklı beslenme, sağlıklı yaşam ve spor giderek bir yaşam biçimi haline almaktadır. Medikal giysiler, özellikle dikişsiz ve kablosuz uygulamalar sonucunda kullanımı zor, rijid, hacimli sistemlerden günlük hayata uygun kullanımı kolay ürünler haline dönüşmüştür (Lymberis, Olsson 2002).

Algılama, işleme ve iletişim yeteneğine sahip, biomekanik değişkenleri gözleyen ve fizyolojik sinyalleri kaydeden geleceğin e-Tekstil uygulamaları, özellikle elektrik iletken yeni liflerin gelişimini esas almaktadır.

Giysiye entegre edilen interaktif sistem düşüncesinin hayata geçirilmesi bir çok faktörün dikkate alınmasını gerektirmektedir. Ürün ile veri takip merkezi arasındaki iletişim her türlü ortam şartında kesintisiz olarak çalışmalıdır. Optimum güç tüketimi üzerinde gerekli çalışmalar gerçekleştirilmelidir. Tüm bireylerin karakteristik vücut fonksiyonlarının bulunduğu dikkate alınmalıdır. Bazı kişilerin normal ortam şartındaki solunum ve nabız sayıları bazıları için sıra dışı değerler olabilir. Bu sebeple tüm insanlar için belirleyici genel standartlar belirlemek uygun olmayabilir. Bunun yerine her bireyin vücut fonksiyonları yeterince uzun sürelerde takip edilip kaydedildikten sonra karşılaştırma işlemleri herkes için kendi verileri esas alınarak yapılmalıdır. Bu tür bir kıyaslama, sistemin doğru karar vermesi açısından daha sağlıklı olacaktır.

Sonuçta sadece giysi üretimi (beden, sensör pozisyonları vb.) açısından değil sistemin tüm işleyişi bakımından gerekli tüm kriterlerin dikkate alınması gerekmektedir. Örneğin sistemin sürekli olarak tüm verileri iletmesi gerekmeyebilir. Veriler bir hafıza kartına depolandıktan sonra belirli periyotlarla bilgisayara aktarılabilir. Kablosuz iletişim sınırlandırılması kimi durumlarda sağlık açısından da gerekli olabilir. “Kablosuz” teknolojilerin temeli elektromanyetik dalgalardır. Bu dalgalara sürekli maruz kalma durumunun sağlık üzerindeki olumlu-olumsuz etkisi ise henüz net bir şekilde ortaya konmuş değildir. Diğer bir önemli faktör de bakım-onarım maliyetidir. Ürün üzerinde bir çok kablo, bağlantı vs vardır. Bunların zarar görmesi, bağlantıların kopması durumunda sistemin kısa süre içinde tekrar çalışır hale gelmesi istenmektedir. Bu tür sorunlar kablosuz sensör bağlantıları ile çözülebilir. Bir sensör kırıldığında veya arızalandığında yerine yenisi dikilerek sorun çözülebilir (Lymberis, Olsson 2002).

Bu alandaki araştırma sonuçlarının sağlık desteğine ihtiyaç duyan bireyler açısından günlük hayatın kalitesinin artırılmasında çok önemli bir rolü olacağı kesindir. Henüz daha yeni doğuş aşamasında olan akıllı ve fonksiyonel tekstil teknolojilerinin yakın gelecekte sağlık sektöründe geniş bir kullanım alanına sahip olacağına yönelik bir potansiyelin varlığı konusunda net bir görüş birliği vardır.

1.1.9 Sıcak ve Soğuk Ortam Şartlarının İnsanların Termal Dengesine ve Performansına Etkisi

Vücut sıcaklığının dengede tutulabilmesi amacıyla vücuttan dış ortama veya dış ortamdan vücuda doğru bir ısı akışı gerçekleşmektedir. İnsanlar ve diğer tüm memeli hayvanlar, hem soğuk kış günlerinde hem de sıcak yaz günlerinde vücut sıcaklıklarını sabit tutabilmek için metabolizmalarında aktif bir ısı dengeleme sistemine sahiptirler. Buna ilave olarak aynı zamanda geleneksel bazı yöntemler ve teknolojiler yardımıyla da aşırı sıcaklık ve nem değişimlerinden korunmaktadırlar.

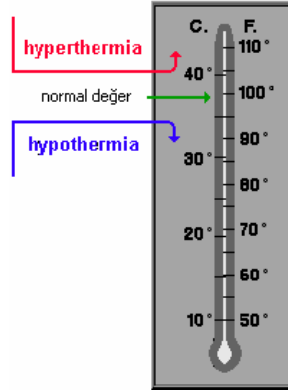
İnsanlar sürekli olarak değişen bu iç ve dış iklim şartları altında zaman zaman kendilerini rahatsız hissederler. Genel olarak kendisini o an yapmakta olduğu

işlerden alıkoyacak nitelikte herhangi bir sıkıntı, rahatsızlık duymayan bir insanın “konforlu” bir ortam içinde bulunduğu söylenebilir. Bu nedenle yapay iklimlendirmenin olmadığı yerlerde insanlar, kendilerini rahat hissedecekleri konforu, üzerlerine giydikleri giysiler ile sağlamaya çalışmaktadırlar.

İnsanlar aynı zamanda yedikleri besinlerin yanması sonucunda meydana gelen enerjinin bir kısmını ısı enerjisi şeklinde çevreye vermek zorunda kalırlar. Sağlıklı bir insanın normal uğraşı şartlarında, yaklaşık 37°C sabit beden sıcaklığı bulunmaktadır. Bu nedenle ihtiyacından fazla üretilen ısı enerjisinin kolaylıkla dışarı çıkmasına da izin verebilecek şekilde giyinerek vücut sıcaklığının dengelenmesi sağlanmalıdır. Yazın söz konusu ısının kolay çıkışı için hafif ve bol giysilerin, kışın da vücuttan hızlı ısı kaybını azaltan kalın giysilerin tercih edilmeleri, bu sebepten kaynaklanmaktadır (Oğulata, 1995).

Çok soğuk iklim şartlarında insan vücut sıcaklığının normal değerler altına düşmesi sebebiyle hayati tehlike oluşturabilecek hipotermi (hypothermia) durumunun olduğu görülür. Hipotermi, vücut sıcaklığının 34.4°C'nin altına düştüğü durumlarda oluşmaya başlar, 29.4°C'nin altına inildiğinde de vücudun soğuması hızlanır. Çünkü bu seviyeden itibaren hipotalamus'taki vücut ısı dengeleme sistemi çökmektedir. Vücut ısısındaki bu hızlı düşüş ölümle sonuçlanabilir. Ancak literatürde vücut sıcaklığının 14-15°C'ye düşmesinin ardından tekrar hayata dönen vakalara nadir de olsa rastlamak mümkündür.

Aşırı sıcak iklim koşulları ve kontrol altına alınamayan enfeksiyonlar ise bu durumun tam tersine vücut sıcaklığının yükselmesine neden olur. Bu duruma hipertermi (hyperthermia) adı verilmektedir. Hayati tehlike oluşturabilecek hipertermi oluşumu, vücut sıcaklığının 40.6-41.7°C 'ye yükselmesi ile başlar. Bu derece yüksek sıcaklık değerleri ile birkaç günlük yaşam dahi iç organlarda geri dönüşü olmayan hasarlara ve sonuç olarak da ölümlere yol açabilmektedir (Lee, Choi, 2004). Şekil 1.25'te hipertermi ve hipotermi durumlarının olduğu sıcaklık bölgeleri gösterilmektedir.



Şekil 1.25 Hipertermi ve hipotermi durumlarının oluştuğu sıcaklık değerleri.

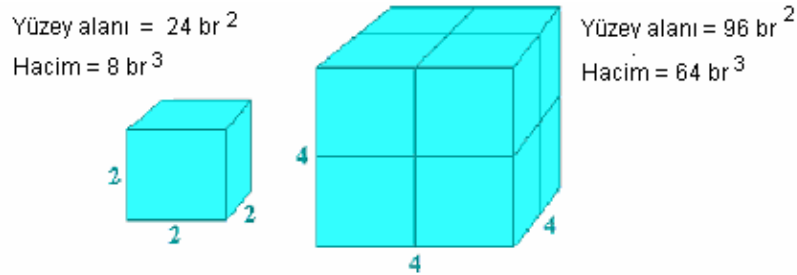
İnsan vücudunun biyolojik yapısı incelenecek olursa, ısı kaybının önlenmesi ve termal dengenin oluşturulabilmesi amacıyla bir çok metabolik faaliyetin yürütüldüğü görülür. Yani insan vücudunda üretilen ısının korunması amacıyla, dış ortam ile vücut arasındaki ısı farkı azaltılmaktadır. Örneğin deri yüzeyinin sıcaklığı düşürülmektedir. Kan dolaşımı deriye yakın bölgelerden uzaklaştırılarak metabolizmanın daha iç bölgelerindeki hayati organlara odaklanır. Deri yüzeyindeki kan dolaşımı azaldığı için sıcaklığı da düşer. Ayrıca soğuk ortam şartlarında, normal iklim koşullarına oranla parmaklardaki kan dolaşımı, %1 seviyelerine iner. Metabolizmanın diğer bir tepkisi de ısı üretiminin arttırılmaya çalışılmasıdır. Örneğin istem dışı bir tepki olan “titreme” bu tür bir durumdur. Öte yandan başta karaciğer olmak üzere hayati iç organların faaliyetinin hızlanması, ısı üretimi arttırmaya yönelik olarak gerçekleşmektedir. Bilinçli olarak yapılan kas hareketleri de (kol-bacak egzersizleri vs.) metabolik hızı arttırıcı yöndedir. Bu tür aktiviteler durağan (dinlenme) haline oranla metabolizma hızını 10 kat ve daha da üzerine çıkarabilmektedir.

İnsanların soğuk ortam şartlarına karşı gerçekleştirdiği yukarıda bahsedilen metabolik faaliyetler dışında gösterdiği reaksiyonların çoğu davranışsaldır. Kalın giysiler giyme, hava ile direkt temas eden el-yüz gibi bölgeleri örtme, kapalı bir ortamda bulunma isteği veya ek bir ısıtma mekanizmasına ihtiyaç duyma gibi durumlar bu davranışlara örnek olabilir.

İnsanların giyinme davranışlarının en temel fonksiyonlarından biri, termal denge ve termal konfor ihtiyaçlarını sağlayan en uygun termal çevre koşullarını yerine getirmektir. Böylece giysilerimiz çok farklı iklim koşullarında çevresel etmenlere karşı “termal kontrol” işleminin yerine getirilmesinde metabolizmamıza yardımcı olur. Yapılan teorik ve deneysel çalışmalar sonucunda, stabil (kararlı-durağan) ortam şartlarında giysilerin termal denge ve konfor üzerindeki etkisi açıkça ortaya koyulmuştur. Bu durum konfeksiyon endüstrisinin yanı sıra ısıtma ve havalandırma sanayileri tarafından da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Öte yandan insan vücudu son derece nadir olarak stabil (kararlı) ortam şartlarına maruz kalmaktadır. Sürekli olarak değişen fiziksel aktiviteler ve içinde bulunduğumuz değişken ortam şartları sürekli bir ısı geçişine sebep olmaktadır.

İnsanların vücut şekilleri de içinde buldukları ortam ile ısı alışverişlerinde ve termal dengenin sağlanması için gerekli metabolik mekanizmaların çalışmalarında etkili olan diğer bir noktadır.

Bergman kuralına göre, büyük cüsseli canlılar, vücut ısılarını dış ortama yayabilmek için vücut kütleleri ile karşılaştırıldığında oransal olarak daha küçük yüzey alanına sahiptirler. Bu durum şematik olarak Şekil 1.26’da gösterilmiştir (O’Neill, 2006).

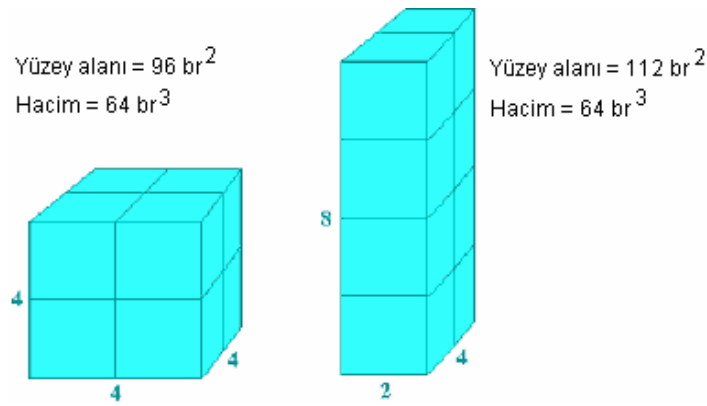


Şekil 1.26 Bergman kuralı'nın şematik gösterimi.

Görüldüğü üzere hacmin 8 kat artmasına rağmen yüzey alanı sadece 4 kat artmıştır. Bu kural benzer şekilde insanlar için de geçerli olmaktadır. 100 kişi üzerinde yapılan bir araştırmada vücut kütlesi ile bölgenin yıllık ortalama sıcaklığı arasında negatif bir korelasyon bulunmuştur. Diğer bir deyişle, hava sıcaklığının yüksek

olduğu bölgelerde insanlar düşük vücut kütlelerine sahiptir, aynı şekilde sıcaklık düştükçe kütleleri de artar.

Allen kuralına göre ise, kollar ve bacaklar gibi uzuvların, canlıların dış ortama yaydıkları ısı miktarı üzerinde etkisi vardır. Zayıf bedene ve uzun kol ve bacaklara sahip kişilerin vücut yüzey alanı daha büyüktür. Daha büyük yüzey alanı da vücuttan dış ortama doğru kaybedilen ısı enerjisinin büyük olmasına yol açar. Bu durum da şematik olarak Şekil 1.27’de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere hacim aynı kalmasına rağmen yüzey alanı, 1.16 kat artmıştır (O’Neill, 2006).



Şekil 1.28 Allen kuralı'nın şematik gösterimi.

Sıcak bölgelerde yaşayan insanlar için optimal vücut şeklini ortaya koyan bu durum soğuk ortamlarda yaşayan insanlar için bir dezavantajdır. Soğuk bölgeler için toplu bir vücut yapısı ve kısa uzuvlar, vücut kütlelerine oranla daha az yüzey alanı oluşturduğu için vücut sıcaklığının korunması amacıyla daha verimlidir.

Sonuç olarak sürekli olarak değişen fiziksel aktiviteler ve içinde bulunduğumuz değişken ortam şartları sürekli bir ısı geçişine sebep olmaktadır. İnsanların giyinme davranışlarının en temel fonksiyonlarından biri, termal denge ve termal konfor ihtiyaçlarını sağlayan en uygun termal çevre koşullarını yerine getirmektir. Böylece giysilerimiz çok farklı iklim koşullarında çevresel etmenlere karşı “termal kontrol” işleminin yerine getirilmesinde metabolizmamıza yardımcı olur. Yapılan teorik ve deneysel çalışmalar sonucunda, durağan ortam şartlarında giysilerin termal denge ve konfor üzerindeki etkisi açıkça ortaya koyulmuştur.

1.1.10 Vücut Sıcaklığının Ölçülmesinde Kullanılan Standartlar

Çevresel şartlara bağlı olarak farklı bölgesel sıcaklık değerlerine sahip olabilen insan metabolizmasının sıcaklık değerlerinin saptanması tekniklerinde bir standardizasyon çalışmasının gerekliliği oluşmuştur. Sıra dışı ortam şartlarındaki çalışmalarda ve/veya insan vücut sıcaklık değerlerinin tespit edilmesinin gerekli olduğu araştırmalarda bireylerin fizyolojik zorlanmalarının ölçülmesi de bir başka gerekliliktir. Bu doğrultuda geliştirilen standartlar bir yandan tıbbi araştırmalarda kullanılırken, bir yandan da işçi sağlığı, performans ölçümü, verimlilik analizleri vb ergonomik çalışmalarda esas alınacak sıcaklık değerlerinin saptanmasında kullanılmaktadır.

Uluslararası Standardizasyon Kurumu-ISO tarafından 1992 yılında oluşturulan ISO-9886, TSE tarafından TS EN ISO 9886 olarak ülkemize adapte edilmiş ve “Ergonomi-Isıl Zorlanmanın Fizyolojik Ölçmelerle Değerlendirilmesi” şeklinde isimlendirilmiştir. Bu standart vücut sıcaklığının yanı sıra, deri yüzeyi sıcaklığı, nabız sayısı ve vücut kütle kaybı gibi parametrelerin ölçümü ve değerlendirilmesi ile ilgili bilgileri içermektedir. Bu parametrelerden çalışma konumuz ile ilgili olan vücut sıcaklığı (core temperature), insan bedeninin iç sıcaklığını bir başka deyişle iç organların sıcaklığını belirtmektedir. Deri yüzeyi sıcaklığı ise vücudun çeşitli bölgelerinden elde edilen ten yüzeyinin sıcaklık ortalamasıdır.

Vücut sıcaklığı; yemek borusu, rektal bölge, ağız içi, gastro-intestinal bölge, orta kulak, dış kulak, idrar sıcaklıkları vs ölçülerek belirlenmektedir. Standart uyarınca deri yüzeyi sıcaklığı ise, bölgesel (lokal) ve ortalama deri sıcaklığı olarak belirlenebilmektedir. Ortalama deri sıcaklığı, ISO 4 nokta, ISO 8 nokta, ISO 16 nokta metodları ile ölçülmektedir. Standardın içerdiği fizyolojik ölçümlerin tamamı Tablo 1.5’te görülmektedir.

Tablo 1.5 ISO 9886 standardının içerdiği fizyolojik ölçümler

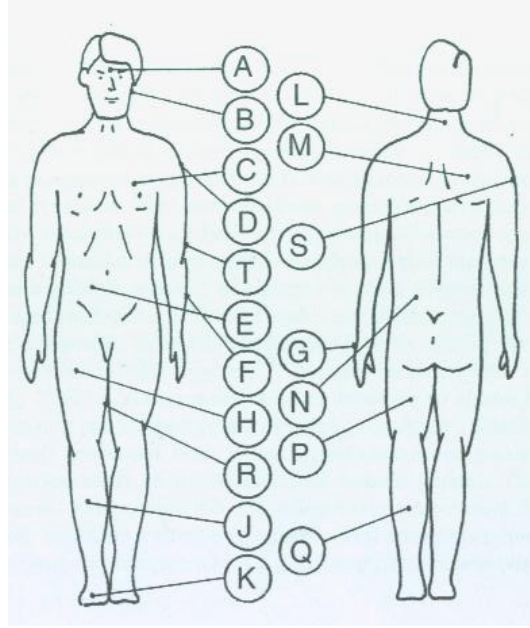
Fizyolojik Parametre	Gerekli Ölçümler
İç Vücut Sıcaklığı	Yemek borusu sıcaklığı Rektal sıcaklık Gastro-intestinal bölge (mide-bağırsak) sıcaklığı Ağız içi sıcaklığı Orta kulak sıcaklığı İşitme kanalı sıcaklığı İdrar sıcaklığı
Deri Yüzeyi Sıcaklığı	Bölgesel deri yüzeyi sıcaklığı Ortalama deri yüzeyi sıcaklığı ISO 4 nokta metodu ISO 8 nokta metodu ISO 16 nokta metodu
Nabız Sayısı	Bu parametre termal stres sonucunda oluşan nabız değişikliklerinin tanımlanması amacıyla kullanılmaktadır.
Vücut Kütle Kaybı	Terleme veya nefes almaya bağlı Vücut girdileri (gıda ve içecek) Vücut çıktıları (İdrar ve dışkı)

Literatürde yer alan ve Bölüm 2’de özetlenmiş olan ısıtıcı giysi konusundaki çalışmalarda bu standarda benzer yaklaşımlar yapılmış ve özellikle üst beden bölgesinde ön ve arka olmak üzere her iki tarafta çeşitli bölgelere sıcaklık sensörleri yerleştirilerek ölçümler yapılmıştır. Sensörlerin yerleştirildiği bölgeler,

- Ön bedende; kalp bölgesi, karaciğer bölgesi, her iki el bileği ve sol pazu bölgesi
- Arka bedende; ense bölgesi, sağ kürek kemiği, sol böbrek ve sağ pazu bölgesidir.

Deri yüzey sıcaklığı ölçümünde insan vücudundaki tüm bölgelerin eşit sıcaklık değerine sahip olmaması sebebiyle ortalama değerler dikkate alındığı görülmektedir. Ortalama değerlerin hesaplanmasında kullanılan 4-8-16 nokta metodları, ölçüm

yapılan vücut alanının büyüklüğü uyarınca tercih edilmektedir. Metabolizmanın farklı ortam şartlarına verdiği tepkilerin çeşitlilik göstermesi sebebiyle ortalama olarak bulunan değerlerin gerçek değerden sapma göstermemesi amacıyla bu noktaların vücudun değişik bölgelerinden seçilmesi gerekmektedir. Literatürde vücut sıcaklığının tespiti için kullanılan ölçüm noktaları Şekil 1.29’da gösterilmiştir.



Şekil 1.29 Deri yüzeyi sıcaklığının tespitinde kullanılacak ölçüm noktaları (Parsons, 2002).

1.2 Çalışmanın Amacı

Vücut fonksiyonlarının belirli ısı aralıklarında en verimli düzeyde olması nedeniyle ısı düzenlemesi çok önemlidir. Isı yalıtımı sağlayan giysi kavramından 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 yaratılması hedeflenmiştir. Giysinin gerekli termal yalıtkanlığı her bir katmanın ısı yalıtım özellikleri ile elde edilir. Termal iletkenlik, birim zamanda birim alandan geçen ısı miktarı olarak tanımlanabilir. Tekstil lifleri, termal olarak en yalıtkan yapı olarak bilinen havaya oranla çok daha iletken özellik gösterir. Kumaş yapısı içerisinde bulunan hava katmanı bu açıdan giysilere termal yalıtkanlık özelliği sağlamaktadır.

Tekstil yapılarının katmanlar halinde bir araya getirilmesi şeklinde hazırlanan yapılar pasif yapılar olarak adlandırılmaktadır. Bu tür yapılara alternatif olarak geliştirilebilecek diğer bir düşünce de aktif korunma sağlayan giysi yapılarının tasarlanmasıdır. Aktif giysi yapılarının en önemlilerinden biri metabolizma veya ortam şartlarındaki değişimlere reaksiyon veren ısıtıcı giysilerdir. Uygun termal yalıtım gücünün yanı sıra giysi içerisine yerleştirilen kaynaklardan da aktif ısıtma sağlanmaktadır.

Son zamanlarda dış ortam şartlarına fiziksel ve kimyasal olarak reaksiyon veren malzemelerin yanı sıra elektronik ve tekstil materyallerinin entegrasyonunu amaçlayan akıllı/interaktif tekstil yapıları geliştirilmiştir. Geleceğin giysileri olarak nitelendirilen bu akıllı sistemler korunma, yönlendirme, iletişim vb. birçok fonksiyonu içermektedir. Aktif/akıllı giysi yapılarının en geniş kullanım alanına sahip olan örneklerinden biri de ısıtıcı giysilerdir.

Sıra dışı ortam şartları, dış ortamlarda ve özellikle çeşitli sanayi dallarında çalışan kişiler için sıklıkla karşılaşılan bir durumdur. Dünyamızdaki çevresel ortam şartları, -50°C ile $+50^{\circ}\text{C}$ arasındaki sıcaklık değerlerine sahiptir. İnsanın termal dengesinin $+28^{\circ}\text{C}$ olduğu kabul edilirse, vücut ısısı ile ortam ısısı arasındaki fark yukarıda sözü edilen skalanın soğuk bölgesinde 80°C , sıcak bölgesinde ise 20°C olmaktadır. Sıcaklığın dengelenmesi, insan performansının optimize edilmesi ve fizyolojik fonksiyonların iyileştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Vücut ısısındaki $1-2^{\circ}\text{C}$ 'lik değişimler insan performansı açısından yararlı olabilir. Örneğin ısınmış bir kas, daha yoğun güç gerektiren çalışmalar için uygundur. Benzer şekilde vücudun hafif serinletilmesi, performans açısından dayanıklılık sınırlarının arttırılmasına yardımcı olur. Ancak bundan daha yüksek miktarlardaki sıcaklık sapmaları performans ve fonksiyonlarda kayıplara sebep olmaktadır.

Bu çalışmada, sıcaklık kontrollü akıllı bir giyside kullanılmak üzere bir güç kaynağından sağlanan akım ile sıcaklık üreten ısıtıcı paneller ve bu panelleri besleyecek elektronik devre altyapısı tasarlanmıştır. Ayrıca tüm bu altyapının yerleştirileceği bir giysinin tasarımı da gerçekleştirilmiştir.

Geliştirilen sıcaklık kontrollü akıllı giysinin özellikle dış ortam şartlarında görev yapan askerler, doğa sporcuları, güvenlik görevlileri, kırsal bölge çalışanları gibi personelin kullanımına yönelik olması hedeflenmiştir. Araştırma kapsamında geliştirilen giysi içerisine ısı üretimi amaçlı paneller yerleştirilmiştir. Bu paneller aracılığıyla kullanıcıya termal destek sağlanmaktadır. Taşınabilir bir yapının tasarlanması sebebiyle ısıtıcı sistemin kullanım anındaki dayanıklılığı, kullanım süresinin yeterli olması, güç kaynağı seçiminin uygun yapılması gibi konular bu çalışma kapsamında incelenmiştir.

BÖLÜM İKİ

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Günümüzde birçok bilim adamı, enstitü, üniversite ve araştırma merkezi, akıllı tekstiller ve interaktif konfeksiyon ürünleri üzerinde yoğun çalışmalarına devam etmektedir. Başta Carnegie Melon, Georgia-Tech, Tampere ve MIT olmak üzere dünya çapında bir çok üniversite geleneksel tekstil-konfeksiyon teknolojileri ile malzeme bilimleri, yapısal mekanizmalar, sensör ve aktivatör teknolojisi, ileri işlemci teknolojisi, iletişim, yapay zeka, biyoloji, kimya alanlarının ortak çalışmaları ile yeni nesil ürünlerin geliştirilmesi ile ilgili faaliyetlerini sürdürmektedir. Her yıl düzenlenen Uluslararası Giyilebilir Bilgisayarlar Kongresi (International Symposium of Wearable Computers_ISWC) konu ile ilgili bilimsel çalışmaların sunulduğu başlıca organizasyonlardan biridir. Ayrıca özellikle ticari firmalar tarafından geliştirilen prototiplerin ve piyasaya sunulacak yeni gelişmelerin tanıtıldığı “Avantex Fuarı” giderek daha fazla ilgi çekmektedir. Multi-disipliner bir alan olması sebebiyle konu ile ilgili bilimsel çalışmaların yayınlandığı farklı bilim dallarına yönelik birçok bilimsel dergi de bulunmaktadır.

Akıllı tekstillerin gelecekteki öneminin şimdiden çok açık ve net bir şekilde tahmin edilmesi sebebiyle araştırmalarda özellikle uygulama çalışmalarına ağırlık verildiği ve yayınlanan bilimsel çalışmalarda yeni geliştirilen malzemelerin deneysel değerlendirmelerinin yapıldığı görülmüştür. Literatürde aktif ısıtıcı tekstil ürünleri ve tekstil esaslı iletken yapıların konu alındığı bilimsel çalışmalar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Aktif ısıtma tekniğine sahip konfeksiyon ürünleri alanında Aerostich, Eclipse, Gerbing's ve Widder firmaları öne çıkmaktadır. Özellikle motosiklet kıyafetleri alanındaki uygulamaların geçmişi 1971 yılına dek gitmektedir. Güç kaynağı olarak motosikletin elektrik sistemini kullanan bu giysilere örnek olarak yelek, mont, eldiven, kask ve hatta ısıtıcı çizme gibi örnekler verilebilir.

Gerbing's firmasına ait kıyafetler özellikle motosiklet kullanıcılarına yönelik olarak tasarlanmıştır. Geliştirilen bağlantı elemanları aracılığıyla motosikletin motoru tarafından üretilen elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Isıtma fonksiyonunun oluşturulması için tek bir kablo yerine ısıtıcı pedler kullanılmaktadır. Her bir ped içine çok yüksek miktarlarda kablo yerleştirilmektedir. Bu pedler aracılığıyla vücut üzerinde sıcak veya soğuk bölgeler oluşturmak yerine daha geniş bölgelerin ısıtılması hedeflenmektedir ve pedler direkt olarak astar içine dikilmektedir. Böylece pedlerin vücuda mümkün olduğunca yakın olması amaçlanmaktadır (Gerbing, 2006).

North Face firmasının Met 5 isimli ürününde bulunan ısıtma fonksiyonu mont yapısına entegre edilen bir ek katmanda oluşmaktadır. Isıtma panelleri montun göğüs bölgesine yerleştirilmiştir ve toplam 2 ısıtıcı bölge bulunmaktadır. Elektriksel ısıtma fonksiyonunu sağlayan sistemin devreye girmesi için kullanıcının kolaylıkla ulaşabileceği bir aç-kapa mekanizması bulunmaktadır. Ceketin 3 farklı çalışma modu bulunmaktadır. Montun yapısal özellikleri kuru temizleme yapılmasına, pil değişiminin kolaylıkla gerçekleştirilmesine olanak sağlar (Northface, 2006).

WarmX firmasının geliştirdiği aynı isimli yeni nesil ısıtıcı ürün, soğuk ortam şartlarında kullanılmak üzere üretilmiş olan bir iç giysidir. Böbrek bölgesine yerleştirilmiş 2 ısıtıcı yapı ve bir güç kaynağından oluşmaktadır. Ürünün bel bölgesine yerleştirilen ısıtıcı yapıların üretiminde gümüş kaplı polyamid iplik kullanılmıştır. Ürünün iç giysi olarak üretilmesi sebebiyle ısı kaynağında üretilen sıcaklık direkt olarak deri yüzeyine temas etmektedir. Düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 çalışma modu bulunmaktadır. Seçilen çalışma kapasitesine göre taşınabilir güç kaynağının kullanım süresi de değişmektedir (Müler, 2006).

Scott (1988), elektriksel ısıtma teknolojilerine sahip giysi konseptini konu almıştır. Elektriksel ısıtıcı giysilerin temel kullanım alanı olarak özellikle askeri uygulamalar ve dış ortamdaki çalışma koşulları örnek gösterilmiştir. Isıtma sistemi olarak esnek kabloların, kauçuk esaslı iletken şeritlerin, metalize tekstil kumaşlarının, iletken polimerlerin ve peltier etkisine sahip yapıların kullanıldığı belirtilmiştir. Kimi ticari olarak kullanılan kimi de henüz deneysel aşamada olan tüm

bu sistemler ile oluşturulan ısıtıcı yapıların giysi üzerine entegre edilebilme özellikleri, güç tüketimleri, dayanımları, maliyet ve kullanım kolaylıkları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş, avantaj ve dezavantajları ortaya konmuştur.

Haisman (1988), soğuk ortam şartlarına maruz kalmanın bireylerin fiziksel performanslarını olumsuz etkilediğini ve soğuk kaynaklı yaralanma durumlarına da sebep olabileceğini belirtmiştir. Özellikle askeri uygulamalar açısından soğuk ortamlarda bulunan kişiler için geliştirilen elektrikli ısıtma tekniklerinin bu problemlerin ortadan kaldırılmasında olumlu etkisinin olduğu vurgulanmıştır. Elektrikli ısıtmanın fizyolojik etkilerinin araştırılması amacıyla gerçekleştirilen soğuk oda denemeleri ve alan uygulamaları incelenmiştir. Denemeler, tüm vücudu kaplayan giysi, bölgesel ayak ısıtması ve bölgesel el ısıtması başlıklarında gerçekleştirilmiştir. Isıtıcı sistemlerin değerlendirmeleri fizyolojik açıdan yapılmış, elde edilen ısıtma değerleri karşılaştırılmıştır. Sübjektif değerlendirmelerin yapılması amacıyla uygulanan değerlendirme anketinde kullanıcılar ısıtma sistemlerinin avantajlarının yanı sıra hareket sınırlaması, kullanım zorluğu ve sistemin sağlık sorunları ile ilgili problemler dile getirilmiştir.

Wiezlak ve Zielinski (1993), iletken esaslı tekstil liflerini kullanarak ısıtıcı tekstil yapıları geliştirmiştir. Beden/ısıtıcı giysi/ortam şeklinde modelledikleri sistemi bedenin yapısı ve fizyolojisini, malzeme özellikleri ve giysi yapısını, dış ortamın iklim koşullarını dikkate alarak geliştirmişlerdir. Giysi prototipi, ısıtıcı sistemin yapısını ve aktif giysi tasarımı ile ilgili yapılan kabullerin doğruluğunu sınamak amacıyla laboratuvar ortamında deneysel çalışmalar yapmışlardır. Deneyler -20°C ortam sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen model ile deneysel çalışmalar karşılaştırmalı olarak gerçekleştirilmiş ve olumlu olarak değerlendirilmiştir. Isıtıcı yapı tasarımında nitril-statik lifleri kullanılmıştır.

Wilson (1994), elektrik iletken ipliklerin antistatik amaçlarla kullanımın giderek yaygınlaştığını ve geleneksel kimyasal antistatik malzemelere bir alternatif olarak gelişmekte olduğunu belirtmektedir. Bu malzemelerin en büyük avantajının kimyasal malzemelerin aksine yıkama işlemleri ile uzaklaştırılmaması olduğu vurgulanmıştır.

Öte yandan en büyük farklılık ise kimyasal malzemelerle elde edilen antistatik özelliğin homojenitesinin tam anlamıyla sağlanamamasıdır. Bu durum heterojen kumaşların elektrostatik özellikleri ile ilgili bazı hatalara yol açmaktadır. Kumaş yapısı içerisine yerleştirilen iletken ipliklerin iletkenlik özelliklerinin ölçülmesi, kumaşın iletkenliğini tam olarak yansıtmamaktadır. Yalıtkan haldeki kumaş, iletken iplik içeren yapının antistatik özelliğini ortaya koymaktadır. Wilson, bezayağı kumaş yapısı içerisine atkı ve çözgü doğrultusunda grid yerleşim şeklinde yerleştirilmiş 3 çeşit iletken ipliğin sağladığı elektrostatik özellikleri deneysel olarak bulmuş ve karşılaştırmıştır. Akım uygulanan kumaşlar arasından yük boşalım davranışı açısından en iyi sonucu yüzeyinde iletken malzeme bulunan iplik içeren kumaş yapısı göstermiştir. İletken iplikler arasında çekirdek (özlü) iplik yapısındaki iletken iplikleri içeren kumaşlar ise en düşük sonuçları göstermiştir.

Hahn ve Reichl (1999), giyilebilen bilgisayar teknolojilerinin enerji gereksinimlerini araştırmışlar ve yeni pil teknolojileri için araştırma başlıklarını tanımlamışlardır. Özellikle taşınabilir cihazlar ve mikro-elektronik yapılar açısından gelişmekte olan güç kaynağı teknolojilerini incelemişlerdir. Pil teknolojileri açısından sadece boyutsal bir küçülmenin değil aynı zamanda fiziksel, kimyasal ve kullanım verimliliği konularında gelişmelere duyulan ihtiyaçları ortaya koymuşlardır. Bu ihtiyaçları; şarj edilebilir pillerin şarj/deşarj döngüsünün optimize edilmesi, ürün-pil entegrasyonu sebebiyle biçimsel dönüşümün gerçekleşmesi, üretim maliyetlerinin azaltılması olarak tanımlamışlardır.

Martin, Jovanov ve Raskovic (2000), taşınabilir elektronik sistemlerin giysi üzerine montajı ile bazı medikal parametrelerin izlenmesini amaçladıkları araştırmada, EEG ve ECG gibi kardiyovasküler sisteme ait verileri, ele alınan ana vücut parametreleri olarak belirlemişlerdir. Kronik hastalar ve sporcular gibi kimseler için tıbbi izleme yapılması hedeflenmiştir. Geliştirilen prototip ile yüksek performanslı, düşük enerji sarfiyatlı bir işlemci ve çevresel birimler tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem üzerindeki kullanıcı etkisinin sınırlandırılmış olduğu bildirilmiştir. Bu açıdan medikal amaçlı uygulamaların diğer sektörlerden farklı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca ölçülen ve depolanan verilerin önemi sebebiyle sinyalleri

işleyen birime diğer alanlardaki çalışmalardan daha fazla önem verilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Warren, Siewiorek ve Martin (2000), giyilebilen bir sistem tasarımında ve kullanımında sistem performansı ve pil ömrü arasındaki ilişkinin önemini vurgulamışlardır. Giyilebilen bilgisayarların pil ömrünün hesaplanmasında kullanılan işlemci saat frekansı tekniğinin yanıltıcı olabileceğini belirterek yeni bir ölçüm tekniği geliştirmişlerdir. Bu teknik uyarınca sistemin ortalama güç hesabının yapılması gerektiği bunun için de aktif kullanım modu, pasif güç modu ve bunların yüzdesel dağılımlarının bilinmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Kukkonen ve arkadaşları, (2001), kutup ortamları için geliştirilen tam fonksiyonel bir giysi tasarımı üzerine çalışmışlar ve araştırma sonuçlarını çeşitli makaleler ile bilim dünyasına sunmuşlardır. Projenin temel amacı kutup ortamındaki bir kar motosikleti kullanıcısının kazalardan korunması ve olası kaza durumunda da hayatta kalmasının sağlanması olarak açıklamışlardır. Sistemi oluşturan elektronik bileşenler giysi üzerine küçük birimler halinde dağıtılmıştır. Aktif giysi sistemi üzerinde iletişim amaçlı telefon, yön bulma amaçlı GPS, ısıtma amaçlı karbon esaslı termal pedler gibi bileşenler ile sistemin genelinde kullanılan sensörler, güç kaynakları, kullanıcı arayüzü ve bağlantı elemanları bulunmaktadır. Sistem konfigürasyonu -5°C ile -20°C arasındaki sıcaklık değerlerinde tam güç ve yarım güç modu olmak üzere iki farklı düzende çalıştırılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Rantanen ve arkadaşları (2001), elektrikli ısıtıcı özelliğinde 2 farklı yapıda ürettikleri giysi prototipini konu alan araştırmalarında ilk olarak 12 adet iletken dokunmuş karbon kumaş paneli, 9 adet ısı sensörünü, 3 adet nem sensörünü, güç kontrol elemanlarını, ölçüm elemanlarını, voltaj düzenleyicilerini ve pilleri bir araya getirmişlerdir. Ölçüm, ısıtma, güç kaynağı ve kullanıcı arayüzü olarak 4 alt sisteme ayrılmıştır. Ölçüm ve ısıtma sistemleri iki ayrı mikro kontrolör ile denetlenmiştir. Tüm bu yapılar bir gömlek üzerine yerleştirilmiştir. Bileşenlerin bir araya getirilmesi sonucu oluşan yapının çok hantal olduğu sonucuna varılmış ve ikinci bir prototip

geliştirilmiştir. Giysi farklı bileşenlerin farklı katmanlara yerleştirildiği bir platforma dönüştürülmüştür. Sensörler ve ölçüm elemanları bir katmana (gömlek) yerleştirilirken ısıtma elemanları, voltaj düzenleyiciler ile güç kontrol elemanları için ayrı bir katman(ceket) kullanılmıştır. Bileşen olarak aynı olan iki sistem yapısal açıdan farklılık göstermektedir. Prototip-I gerçek kutup ortamlarında test edilirken Prototip-II kapalı ortamlarda denenmiştir. Kullanıcının günlük kıyafeti ile ısıtıcı sistemi çalıştırılmadan ve ısıtıcı sistemi çalıştırılarak sistemi test etmeleri sağlanmıştır. Kişisel sıcaklık algılama değerleri ile giyim konforu ile ilgili düşünceleri toplanarak değerlendirilmiştir. Isıtıcı sistemin çalışması ile vücudun kutupsal kış koşullarındaki ısı kaybının önüne geçildiği ve vücut sıcaklığının stabil kaldığı bulunmuştur. Konfor açısından ise denekler elektrikli ısınma sistemini olumlu karşılamışlar, sistemin yarattığı sıcaklığın hangi bölgelerde ne tip hissedildiğine ilişkin değerlendirme yapmışlardır.

Lodha, Kilbey, Ramamurthy ve Gregory (2001), farklı üretim aşamalarının farklı sıralarda uygulanması sonucunda üretilen polianilin esaslı filmlerin yapı ve özellik ilişkilerini araştırmışlardır. Sertleştirme ve katkılama proseslerinin yüzey yapısına olan etkisi AFM mikroskopisi ile izlenmiş, kimyasal yapıdaki değişim ise FTIR analizi ile incelenmiştir. Film tabakaların elektriksel iletkenliğinin önemli ölçüde işlem basamaklarının sırasına bağlı olduğu belirlenmiştir. Katkılı polianilin filmler sertleştirildiğinde iletkenlik gözlenmemiş ancak katkılama işlemi tekrarlandığında yaklaşık % 6'lık bir iletkenlik kazancı sağlanmıştır. Aynı işlem sırası bu kez önce sertleştirme sonra katkılama şeklinde uygulandığında ise iletkenlik değerinin sadece katkılamaya oranla yaklaşık %12'lik bir artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Meoli, (2002), interaktif elektronik tekstillerin potansiyel uygulama alanlarını ve pazarlama aktiviteleri açısından interaktif teknolojileri incelemiştir. Dokunma ve ses ile aktive olan kablosuz iletişim teknolojilerinin interaktif elektronik tekstil ürünlerinde kullanımı konusunda araştırmalar yapıldığını belirtmiştir. Bu derece özel uygulamaların dahi mümkün olduğu bu araştırma alanında uygun fiyatlı ürünlerin kitlesel üretim imkanlarının değerlendirilmesi için uzmanların görüşlerini almıştır. Geleceğe yönelik fırsatlar, uygulama alanları ve pazar analizleri açısından bir anket

uygulanmış ve sağlık, güvenlik, iletişim ve eğlence amaçlı uygulamaların geleceğe yönelik temel gelişim alanları olduğu vurgulanmıştır.

Wörle ve Krüger (2002), tekstillere koruyucu özellik ve elektriksel iletkenlik kazandırılması konularında ayrıntılı bilgi vermektedir. Özellikle ince metalik liflerin kullanımının uygun olduğunu, ayrıca bu malzemeler ile yün, PES, aramid veya akrilik lifleri ile karışımlarının da olumlu sonuçlar verdiğini, özellikle maliyet açısından avantaj sağladığını vurgulamışlardır. İletken ipliklerin kullanım alanlarının sadece akım iletimi veya veri transferi olmadığını belirtmişlerdir. Elektronik endüstrisinde statik elektrik yüklenmelerinden korunma; kıvılcım ve patlama oluşmasının önlenmesi; radyo vericileri, radar, kaynak tesisleri ve indüktif fırınların yanında elektromanyetik dalgalara maruz kalan kişilerin korunması gibi uygulama alanlarının da bulunduğunu belirtmişlerdir.

Marculescu ve Khosla (2002), akıllı interaktif elektrotekstil yapıların giyilebilme özelliklerinin yanı sıra özellikle hesaplama ve kablosuz iletişim kurabilme yeteneklerini araştırmışlardır. Sensörler ve veri işleme amaçlı elektronik yapıların kumaşlara yerleştirilebileceğini ve bu yapılar aracılığıyla hassas bilgi elde etmenin, hayati verilerin görüntülenmesinin ve daha ileri analizlerin yapılabilmesi amacıyla kablosuz olarak iletilmesinin mümkün olduğunu açıklamışlardır. Elektrotekstil yapıların modellenmesi ve optimizasyonu konularında geliştirdikleri model ile veri toplama amaçlı sensörlerin tekstil yapısı içerisine yerleşimlerini araştırmışlardır. Sensörler ve mikroelektronik yapıların yerleşim mimarisi, bu yapıların aralarındaki iletişim hiyerarşisi ve hata modellemeleri üzerine yaptıkları çalışmalarını aktarmışlardır.

Jiang, Tessier, Dao ve Zhang, (2002), polianilin kaplı polyester kumaşların biyostabilitesini araştırmışlardır. Numuneler steril sodyum klorid çözeltisi içinde 37°C'de 1-2 hafta bekletilmiş ve her periyot sonundaki elektriksel yüzey direncindeki değişimler gözlenmiştir. Tekrar katkılama işlemi uygulanmış ve daha sonra ölçümler yinelenmiştir. Yüzey morfolojisindeki değişimlerin gözlenmesi için SEM görüntüleri alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda bekletme işlemlerinin

ilerlemesi ile polipirol kaplı kumaşların elektriksel yüzey dirençlerinin arttığı görülmüştür. Bu artış nonlineerdir ve zaman ile hızlanmaktadır. Bir çok numunenin yüzey direnci 1 haftalık uygulama periyodunun ardından 10^3 - $10^4\Omega$ mertebesine ulaşmıştır. Bu seviye de kısa süreli elektriksel uyarım uygulamaları açısından uygun bulunmuştur.

Cadogan ve Lauren (2002), elektrotekstil malzemelerin ve geniş alanlı esnek yapıların bir devre oluşturması konusundaki dizayn ve malzeme çalışmalarını tartışmışlar ve gerçekleştirilen uygulamaları ortaya koymuşlardır. Elektrotekstil ürünlerin tanıtıldığı araştırmada astronot kıyafetlerinde kullanılan bazı tekstil esaslı “switch” yapılar (elektronik esaslı aç-kapa anahtar mekanizmalar), askeri giysilerde kullanılabilen ve kullanıcının bazı metabolik sinyallerini takip edebilen sensörler içeren özel üniformalar, benzer sistemlerin dizaynında kullanılacak iletken lifler, yine uzay çalışmalarında kullanılacak bazı kumaş esaslı paneller tanıtılmıştır.

Ruckman, Hayes ve Cho (2002), vücut fonksiyonlarının belirli ısı aralıklarında en verimli düzeyde olması sebebiyle ısı düzenlemesinin önemine dikkat çekmişlerdir. Özellikle çeşitli spor dallarındaki sporcular için vücut ve kas sıcaklığındaki 1-2°C lik değişikliklerin bile performanslarına etki ettiğini vurgulamışlardır. Aktif ısıtma-soğutma sistemine sahip bir giysi geliştirmişlerdir. Isıtma-soğutma etkisi yaratan sıvı kimyasal maddeler dolu olan pedler giysi üzerinde yerleştirilmiştir. Atletizm konusunda çalışmalar yapan sporcular üzerinde deneysel olarak denenen giysinin antrenman öncesi ve sonrasında vücut ve kas ısıtılması-soğutulması ile ilgili sonuçları değerlendirilmiştir. Atletlerin ön baldır bölgesinin aktif soğutma uygulanmış ve uygulanmamış durumdaki sıcaklık değerleri kaydedilmiştir. Giysinin ortalama deri yüzeyi sıcaklığından 4-5°C daha fazla soğutma elde edilmiştir.

Kirstein ve arkadaşları (2002), konfeksiyon ürünleri aracılığıyla bilgi transfer edebilme, veri kaydetme, analiz etme, depolama gibi özellikleri vurgulayarak tekstil ürünlerinin yeni nesil kullanım alanları ile ilgili bilgiler vermişlerdir. Elektronik ve tekstil malzemelerinin fiziksel özelliklerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmişlerdir. İletken tekstil yapılarının üretimi hakkında bilgi vererek atkı ve

çözgü doğrultusunda bakır lifi içeren kumaşların elektriksel parametrelerin ölçüm tekniklerini deneysel olarak incelemişlerdir.

Wagner, Bonderover, Jordan ve Sturm (2002), “elektrotekstil” yapıları (e-tekstil), elektronik komponentleri taşıyan ipliklerden oluşan kumaşlar olarak tanımlamışlardır. Bu alandaki çalışmalarda karşılaşılan temel problemleri bağlantı, malzeme ve üretim ve giyim özellikleri olmak üzere üç ana başlıkta toplamışlardır. Tekstil üretimi açısından bakıldığında farklı kumaş oluşum tekniklerinin elektriksel bağlantıların gerçekleştirilmesi için de çeşitlilik sağladığını vurgulamışlardır. Temel amaç, kalıcı bağlantı elemanlarının oluşturulabilmesidir. Kumaş yapısı içerisine yerleştirilen kalıcı bağlantı elemanlarının artması ile kumaş daha sert bir tutum kazanmaktadır. Araştırmacılar, e-tekstil tasarımında kablo, komponent sayısı ve yerleşiminin oldukça önemli olduğunu belirtmişlerdir. E-tekstillerde kullanılan e-ipliklerin üzerine giyim sırasında eğilme, gerilme, kesme gibi kuvvetler etkimektedir. Uzun süreli eğilme durumlarında özellikle silikon esaslı ince film tabakalarının deforme olduğu vurgulanmaktadır. Benzer şekilde yarı iletken devrelerin gerilmeye maruz kalması da performansı etkilemektedir. Kayma kuvvetleri de elektriksel bağlantıların sabitlik durumunu etkilemektedir.

Gimpel, Möhring, Müller, Neudeck ve Scheibner (2003), mikroelektronik yapıların tekstil yüzeylerine entegrasyonu için değişik çözümleri tartışmışlar ve bakır tellerin kullanımı ile metalik iplik uygulamalarını örnek göstermişlerdir. İlk adım olarak gümüş kaplamalı poliamid iplikler kullanılarak jakarlı dokuma ve nakış gibi geleneksel teknolojiler kullanılarak bir ön yapı oluşturmuşlar, ikinci etapta ise bu ön yapıyı kullanarak galvanik veya elektrokimyasal işlem uygulamışlardır. Bu işlem, yapının elektrik iletkenliğinin değiştirilmesine ve ihtiyaç duyulan sensör özelliklerinin sağlanması için yüzeyin modifiye edilmesine, iletken yapının kapsül içerisine alınarak dış ortamdaki yalıtılmasına olanak sağlamıştır.

Schedukat, Gries, Spanier, Schnakenberg ve Mokwa (2003) iletken ipliklerin farklı malzemelerden üretilebileceğini belirtmişlerdir. Bu tür malzemelerin, bakır ve çelik gibi materyaller, nilinol kaplamalı materyaller, karbon lifleri ve polimer

karışımları/alaşımları olabileceğini vurgulamışlardır. Yalıtkan polimerlerin ise kaplanabileceğini belirtmektedirler. İletken iplik seçimindeki ürüne bağlı kriterlerin, maliyet, iletkenlik, kimyasal direnç (neme-yıkamaya vb.) ve renk olduğunu; uygulanacak işleme bağlı olan kriterlerin ise mekanik özellikler ile temas kabiliyeti olduğunu vurgulamışlardır. Uygulanan araştırma projesinde paslanmaz çelik, multifilament iplik ile bakır mono ve multi filament ipliklerin işlenmesi detaylı olarak açıklanmıştır. Çözümlü örme makinalarında polyester ve iletken ipliklerden kumaş üretilmiş ve üretim sırasında karşılaşılan sorunlar tartışılmıştır. İletken iplikler ile dikim denemeleri yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. Son olarak geleneksel tekstil malzemeleri ile bağlantı çalışmaları (ultrasonik dikim, lehimleme, iletken yapıştırıcı, laser bağlama) ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Seyam A. M. (2003), dokuma kumaş yapılarının günümüzde sayısız uygulama alanı bulunduğunu ve fiziksel özellikleri açısından elektrik iletken olan veya olmayan bileşenleri ile elektronik devreler için çok uygun bir konstrüksiyon olduğunu vurgulamıştır. Tek katlı ve çok katlı dokuma kumaş yapılarında bulunan gözenekli bölgelerin ve boşlukların mikroelektronik yapılar için son derece uygun olduğunu belirtmiştir. Elektronik devreler, rijit devre kartları, bağlantı elemanları, güç kaynakları vb. bileşenlerden oluşmaktadır. Gelişen dokuma teknolojisi ile devre kartlarının esnek ve çok katlı dokuma yapıları ile üretilebilme potansiyelinin bulunduğu vurgulanmıştır. Dokuma devrelerin temel yapıtaşları gerekli görülen noktalarda iletken yapıların dikey kesişmeler yapması ve devrenin çalışma mantığının bu düğüm noktalarını esas alarak gerçekleştirilmesidir. İşte bu çıkış noktasını esas alarak üretilmiş olan tekstil esaslı devrelerin ve bu devreler kullanılarak yapılmış olan yeni nesil ürünlerin tanıtımı yapılmıştır.

Cottet, Gryzb, Kirstein ve Tröster (2003), iletken tekstil malzemelerinin karakterizasyonu ve modellenmesini tartışmışlardır. Çalışmada, tekstil malzemeleri ile kabloların birbirine bağlanmalarına olanak sağlayan bir gereç geliştirilmiştir. Geometrik kumaş yapıları ve üretim toleransları belirtilmiştir. Yapılan yaklaşım ile geleneksel kablolar ve hatta devre kartları, tekstil yapıları (iplikler/kumaşlar) ile değiştirilmiştir. Veri iletim hatları gibi uygulamalarda ayrı iletken şeritlere ihtiyaç

duyulduğu belirtilmektedir. Bu amaca uygun olan metal iplikler yüksek iletkenlik olduğu kadar diğer özellikler açısından da tekstil malzemelerine uyum göstermektedir. Araştırmacılar çalışmalarında, bakır tel ile birlikte eğrilen polyester ipliklerden dokunmuş kumaşlar kullanmışlardır. Bakır teller 40 µm kalınlığındadır ve yalıtkan bir tabaka ile kaplanmıştır. Dokuma yapısı olarak bezayağı seçilmiştir. Polyester ipliklerin farklı inceliklerine ve atkı, çözgü iplikleri olarak (yatay, dikey yönlerde) kullanımına ve bakır tel içeren ipliklerin kullanım sıklığına göre farklı yapılar oluşturulmuştur.

Weber ve arkadaşları (2003), interaktif elektro-tekstil uygulamalarında kullanılmak üzere geliştirilen bağlantı ve paketleme teknikleri ile ilgili bazı örnekleri tanıtmışlardır. Polyester dar dokuma bir kumaşa çözgü iplikleri yerine gümüş kaplı bakır kablolar kullanmışlardır. Laser uygulaması ile kumaş yüzeyinde delikler oluşturulmuş ve bu deliklere ince, esnek baskı devre kartı lehimlenmiştir ve mekanik etkilere karşı bir koruyucu kap içine yerleştirilmiştir. Oluşturulan yapı ise bir mont içine yerleştirilen MP3 çalara entegre edilerek kullanılmıştır. Li-Ion pil ile enerji gereksinimi karşılanan sistemde bir kulaklık, bir mikrofon, veri depolama amacıyla hafıza kartı bulunmaktadır ve tüm bağlantılar tekstil esaslı iletken yapılarla sağlanmıştır.

Jung, Lauterbach, Strasset, ve Weber (2003), elektronik ile tekstil malzemelerinin entegrasyonu için bir bağlantı tekniği olarak insan vücudundan aldığı ısıyı elektriğe çeviren silikon esaslı termoelektrik jeneratörü incelemiştir. Bağlantı, paketleme teknolojisi olarak nitelenen uygulama, polyester dar dokuma bir kumaştaki çözgü (dikey) iplikler yerine gümüş ve bakır kaplı polyester teller kullanarak gerçekleştirilmiştir. Tel ve iplik birleşimi laser uygulama ile yapılmıştır. Ayrıca yeni bir teknoloji olan ve konfeksiyon ürünlerine ait marka, kullanım talimatı, üretim özellikleri gibi çeşitli bilgileri içeren ve ürün üzerine monte edilen özel bir etiket yardımıyla uygulanan RFID (Radio Frequency Identification) tekniği de özet olarak incelenmiştir.

Jung, Lauterbach, Sturm, Stromberg ve Weber (2003), mikroelektronik sistemlerin tekstil yapıları ile entegrasyonunu konu alan çalışmalarında bu tür sistemlerin gelecekteki önemini ve olası kullanım alanlarını araştırmışlardır. Dağınık vibrasyon sensörleri içeren tekstil katkılı beton yapılar, hastaların hayati parametrelerinin takip edebilen akıllı çarşaf, halka açık alanlarda gözetim ve rehberlik amacıyla kullanılabilir basınç sensörleri ve görüntüleme mekanizmaları içeren zemin kaplamaları, kumaş üzerine yerleştirilen mikro-elektronik yapıların kullanım alanlarına örnek olarak verilmiştir. Özellikle zemin kaplamaları ile yapılan çalışmaları tanıtılmış ve çalışma mekanizmaları hakkında bilgi verilmiştir. Geliştirilen halının çözgü ve atkı iplikleri doğrultularında iletken iplikler bulunmaktadır. Bunların kesişim noktalarında ise mikroişlemciler ve sensörler yerleştirilmiştir. Basınç sensörlerinden alınan veriler ile en çok yoğunluğun yaşandığı bölgeler görülmekte veya halıya yerleştirilen LED ışıkları aracılığıyla yönlendirme amaçlı uyarılar zeminde oluşturulabilmektedir.

Hertleer ve arkadaşları (2004), fizyolojik parametrelerin ölçülmesinde kullanılan ve "Intellitex" olarak adlandırılan aktif giysi sistemini araştırmışlardır. Ürün ile ilgili araştırmalar özellikle anestezi altındaki çocuklar üzerinde odaklanmıştır. Giysi üzerinde tekstil esaslı iletken materyallerden yapılmış 2 adet biyosensör bulunmaktadır. Bunların ilki kalp atışı ve ECG verilerini izlerken diğeri solunum takibi için kullanılmaktadır. Geliştirilen prototip, klinik ortamda test edilmiştir. Geleneksel elektrodlar ile tekstil esaslı elektrodlardan elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Kim, Koncar, Devaux, Dufour ve Viallier (2004), eriyikten lif çekim ve kaplama prosesleri sonucunda elde ettikleri iletken lifleri incelemişlerdir. Polipropilen (PP) esaslı iletken lifler elde etmek amacıyla eriyikten lif çekim metodu kullanılmış ve hammadde olarak polianilin (PANI), polipirol (PPy) ve grafit uygulanmıştır. Kaplama işlemi olarak da polianilin kaplamalı PET iplikler incelenmiştir. Eriyikten lif çekimi ile elde edilen yapıların iletkenliği, homojenite problemi ve iletken malzemelerin yapı içinde kümelenmesi sebebiyle tatmin edici bulunmamıştır. Homojenitenin sağlanması amacıyla eriyiğin hazırlanması işleminin geliştirilmesi

gerektiği belirtilmiştir. Polianilin kaplı PET iplikler çok daha iyi elektriksel özellikler göstermiştir. Polianilin konsantrasyonu yükseldikçe ipliklerin dirençlerinde de azalma görülmüştür. kimyasal yapıları sebebiyle polianilin moleküllerinin ipliklere penetrasyonunun daha kolay olduğu ve olumlu sonuçlar elde edildiği vurgulanmıştır. Üretim proseslerinin her bir aşamasının sonuçta elde edilen iletkenlik derecesine etki ettiği ve yapılacak optimizasyon çalışmaları ile daha iyi sonuçlar elde edilebileceği belirtilmiştir.

Vassiliadis ve arkadaşları (2004), elektrik iletken lif ve iplikler hakkında detaylı bilgi vermektedir. Doğal kaynaklı tekstil malzemeleri, elektriği iletmediğini, sentetik tekstil liflerinin üretiminde kullanılan polimerlerin de elektriği çok iyi yalıtan bir malzemenin özelliklerine uyum sağladığını belirtmişlerdir. Elektriği iyi ileten tekstil malzemelerine ihtiyaç duyulması nedeniyle malzeme geliştirme amaçlı bir çok araştırma bulunduğunu belirtmişlerdir. Bu noktadan hareketle gerek lif gerek de iplik formundaki tekstil esaslı yapıları iletkenlik özelliğinin kazandırılması için uygulanan işlemleri açıklamışlardır. Bazı alışmalar doğrudan kumaş konstrüksiyonuna müdahale edilmeksizin, liflere herhangi bir n modifikasyon yapılmaksızın elektriği ileten kumaş üretilmesi yönündedir. Benzer bakış açısı ile iletken metalik lifler ile tipik yalıtkan tekstil liflerini karıştırmak suretiyle yapılmış çalışmalar da bulunmaktadır. Ayrıca bu metotların dışında belirli elektrik özellik kazandırmak amacıyla alışılmış tekstil liflerinin modifikasyonunu hedefleyen çalışmaları da tanıtılmışlar ve tüm metodların uygulanmasıyla ilgili ayrıntılı bilgiler sunmuşlar ve sonuç olarak elde edilen ipliklerin iletkenlik özellikleri ile ilgili karışılaştırılmal veriler sunmuşlardır.

Aniołczyk, Koprowska, Mamrot ve Lichawska (2004), elektrik iletken liflerin özellikle elektromanyetik alanlardan koruma özelliğini araştırmışlardır. Bu malzemelerin hafifliklerinin yanı sıra maliyet açısından da diğer koruyucu yapıları karşı avantajlı olduklarını belirtmişlerdir. Metal tuzları ile işlenmiş poliakrilonitril liflerinin kullanıldığı araştırmada %100 ve karışım halindeki elektrik iletken lifler kullanılarak non-woven yapılar oluşturulmuştur. Farklı gramaj ve kalınlıktaki non-woven yapıların elektromanyetik koruma özelliği deneysel olarak karışılaştırılmıştır.

Deneysel çalışmada elektromanyetik dalgaların bir tedavi aracı olarak kullanıldığı fizyoterapi odaları kullanılmıştır. İstenmeyen elektromanyetik dalgaların bu odaların dışına yayılmasını önlemek amacıyla duvarlara nonwoven yapılar yerleştirilmiştir. En uygun yapı olarak iğne ile keçeleştirilmiş tek tabakalı nonwoven yapı bulunmuştur.

Dhawan, Seyam, Ghosh ve Muth (2004), elektronik yeteneklere sahip olan küçük ama esnek özellikteki yeni nesil tekstil yapıların geliştirilmesi amacıyla kumaş esaslı bir devre tasarımı yapmışlardır. Bu yapı içindeki iletken ipliklerin elektrik sinyallerini bir noktadan bir başka noktaya iletmek amacıyla kullanıldığını belirtmişlerdir. Kumaş yapısının oluşturulmasında jakarlı sistemler daha kompleks devre tasarımlarına olanak sağladıkları için tercih edildiğini vurgulamışlardır. İletken iplik olarak bakır ve çelik esaslı iplik içeren kumaşlar kullanılmıştır. İletken ipliklerin kesişim noktalarındaki birleşimler için 2 tip dirençli kaynak metodu kullanılarak iletilen akım miktarları ve ipliklerin dirençleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Araştırmanın ikinci bölümünde ise tekstil esaslı veri hatlarındaki iletim bütünlüğünde ortaya çıkan sorunlar, sinyal kesişim problemleri konu edilmiştir. Kumaş esaslı devre yapılarının en büyük avantajı esnek bir yapıya sahip olmaları ve geleneksel devre kartlarından farklı olarak geniş yüzeylerdeki tekstil yapılarının devre oluşumunda kullanılabilmesidir. Sinyal dalgalarındaki kesişim problemlerini önlemek amacıyla koaksiyel ve bükümlü bakır iplikler kullanılmış ve geleneksel kaplamalı iletken iplikler bakır kablolar ile karşılaştırıldığında sinyal karışım problemlerinde dikkat çekici iyileştirmeler elde edilmiştir.

Baurley (2004), günlük hayatımızın her alanında geniş kullanım alanı bulan tekstil ürünlerinin mühendislik uygulamaları sonucunda aktif yapılara sahip sistemler haline dönüştürüldüğünü belirtmiştir. Bu amaçla polimer materyallerin özellikle elektro kimyasal reaksiyonlar ile lif ve kumaş formatına dönüştürüldüğünü vurgulamıştır.

Işık, (2005), termoelektrik özelliğe sahip bir ayakkabı tasarımı yapmıştır. Analog bir kontrol sistemi ile sıcaklık kontrolü yapılmaktadır. Termoelektrik modül ayakkabının taban kısmında ısıtma işlevini yerine getirmektedir. Güç kaynağı olarak 3.5V, 5000mAh kapasitesinde bir pil kullanılmıştır. Literatürde optimum ayak

sıcaklığı 29°C olarak belirtilmektedir. Sistemin sıcaklık aralığı +15°C ve +50°C arasındadır. Deneysel çalışmalardaki sıcaklık 29°C'ye ayarlanmıştır. Geliştirilen ayakkabı ısıtma sistemi soğuk ortam şartlarında denenmiş ve her 5 dakikada bir alınan sıcaklık değerlerinin ortalaması hesaplanmıştır. Ayak taban sıcaklığının mümkün olduğunca sabit bir sıcaklık değerinde tutulması hedeflenmiş ve yapılan denemelerle 4 dakika içinde istenilen sıcaklığa ulaşıldığı belirtilmiştir. Tasarlanan ısıtma sisteminin soğuğa bağlı ayak yaralanmalarını önleme amacıyla kullanımı önerilmiştir.

Linz, Kallmayer, Aschenbrenner ve Reichl (2005), elektronik malzemelerin tekstil yapılarına entegrasyonunun yaygın olarak kullanılan nakış teknolojisi yardımıyla nasıl gerçekleştirilebileceğini araştırmışlardır. İletken iplikler kullanılarak esnek elektronik yapıların nakış işlemi ile yerleştirilmesi amacıyla bir çalışma mekanizması geliştirilmiştir. İletken iplikler yardımıyla aynı zamanda sensörler, güç kaynakları, tekstil esaslı tuş takımları vb birimlerin birbiri ile bağlantıları da sağlanmıştır. İletken iplik olarak gümüş kaplı PA iplik kullanılmıştır. Devrenin kumaş üzerine yerleştirilmesi, iletken ipliklerin bir veya çoklu dikiş adımları oluşturulması şeklinde nakış makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Birleşim noktalarında akım iletimi açısından hata oranları ölçülmüş ve dikiş oluşumunda kullanılan delik büyüklükleri karşılaştırılmıştır.

Mauch ve Nusko (2005), Zimmermann firması tarafından geliştirilen yeni nesil iletken iplik üretim teknolojilerini tanıtmıştır. Bu iplik formasyonunun, tekstil esaslı öz, iletken özellikteki iç büküm ile yine tekstil esaslı dış bükümden oluştuğunu belirtmişlerdir. Üretim tekniğinin temeli elektriksel iletim ile tekstilin kullanım kolaylığının kombine edilmesi fikrine dayanmaktadır. Kullanılan hammaddelerin özelliğine göre elektromanyetik koruma amaçlı kullanım, veri iletimi, elektriksel iletim esnek kablo teknolojileri gibi amaçlarla kullanıma uygun olduğu belirtilmektedir. İleri teknoloji ürünü ipliklerin elektrotekstil üretiminin ilk aşaması olduğu vurgulanmaktadır.

Bhat, Seshadri, Nate ve Gore (2006), polipirol emdirilmiş pamuklu kumaşların iletkenlik özelliklerin araştırmışlardır. Pirol'ün polimerizasyonunda oksidan olarak

demir klorid kullanılmıştır. Banyodaki monomer içeriğinin değiştirilmesi ile proses sonucunda elde edilen iletkenlik değerlerinde de değişkenlik görülmüştür. İletkenlik değerleri 10^{-12} mertebesinde 10^1 mertebesine yükselmiştir. Modife edilmiş bu tür bir giysi parçasına sabit bir gerilim uygulandığında yüzeydeki pirol yüzdesine bağlı olarak elde edilen enerji miktarı 1000 W/m^2 'ye dek çıkabilmektedir. Bu tür kumaşların giysilere yerleştirilebileceği ve kullanıcının ısıtılması amacıyla 9 V. luk bir pil kullanımının yeterli olabileceği vurgulanmıştır.

Michalak, Krucińska ve Surma (2006), içeriğinde elektrik iletken hatlar bulunan tekstil esaslı katmanlı yapılar kullanılarak “textronic” olarak adlandırılmış ürünlerin üretim prosedürlerini araştırmışlardır. Bakır kablolar, çelik ve metal kaplı sentetik lifler kullanılarak iğneleme metodu ile üretilen nonwoven yapıları ürünlerin kullanılmasının mümkün olduğunu göstermişlerdir. Deneysel çalışmalarda farklı çaplara sahip bakır kablolar ile çelik ve nitril-statik bantlar farklı gramaj ve kalınlıklarda üretilen PP nonwoven yapıların içerisinde kullanılmıştır. Nonwoven yapıların kalınlık, hava geçirgenlik, birim ağırlık gibi parametrelerinin yanı sıra düzlem boyunca ölçülen direnç değerleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Çelik lifleri içeren konstrüksiyonların en uygun yapı olduğu belirtilerek kalın çap değerlerine sahip bakır kabloların uygun olmadığı vurgulanmıştır.

Möhring, Gimpel, Neudeck, Scheibner ve Zschenderlein (2006), Alman özel tekstiller ve esnek materyaller enstitüsünde (The Institute for Special Textiles and Flexible Materials-TITV) gerçekleştirilen iletken yapılardan üretilmiş fantezi iplikler; örme yapılar; dokuma, örgülü örme ve nakış teknikleri ile oluşturulmuş kumaşlar konularındaki çalışmaları tanıtmışlardır. Geleneksel kablo yapılarının yerine tekstil esaslı dar dokuma iletken yapıların geliştirildiğini ve bu iletken hatların birçok uygulamanın temelini oluşturduğunu belirtmişlerdir. Elektrotekstil uygulamalarda kullanım amacıyla PA ipliklere galvanik modifikasyon işlemi uygulanmış gümüş kaplama yapılmıştır. Bu ipliklerin sinyal alıcı-verici tekstil esaslı anten (RFID) uygulamalarında, veri iletiminde, ışıltama/parlama özelliğine sahip ürünlerde ve anahtarlama işlevlerinde kullanılabileceği belirtmişlerdir. Bu tür sistemlerin yapısal özellikleri ve kullanım alanları ile ilgili bilgi vermişlerdir.

BÖLÜM ÜÇ

MATERYAL METOD

3.1 Materyal

3.1.1 Isıtıcı Giysi Prototipi Sistem Bileşenleri

3.1.1.1 Isıtıcı Paneller

Oluşturulan sistemin temel fonksiyonu, mümkün olan en uygun giysi konstrüksiyonu içerisine optimum elektronik sistem yerleşimi vasıtasıyla kullanıcının ısıtılmasının sağlanmasıdır. Isıtma fonksiyonunu sağlayan temel bileşen ısıtıcı panellerdir. Bu sebeple ısıtıcı panel tasarımı ve üretimi araştırmanın önemli bir ayağını oluşturmaktadır. Yoğun bir enerji tüketimi olan ısıtma fonksiyonu için büyük güç kaynaklarına ihtiyaç duyulması sebebiyle bu çalışmada giysi yüzeyinin tamamen ısıtılması yerine giysinin çeşitli bölgelerine yerleştirilecek ısıtıcı panellerinin kullanımı tercih edilmiştir.

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda ısıtıcı giysilerde geleneksel iletken tellerin yanı sıra gelişen teknoloji ile birlikte öne çıkmaya başlayan iletken ipliklerin kullanılmaya başlandığı görülmüştür.

İletken ipliklerle ilgili olarak yurt içi ve yurtdışı çeşitli firmalardan metalik özellikteki farklı iplik numuneleri tedarik edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda ısıtıcı panel üretiminde kullanılacak malzeme olarak %100 çelik liflerden üretilmiş Bekinox[®] iletken iplikler seçilmiştir. Bu amaçla Belçika merkezli “Bekaert Fibre Technologies” firması yetkilileri ile iletişime geçilmiştir. İpliklerin tedarik işlemleri Türkiye’de ilk kez gerçekleştirilmiş ve bilimsel bir çalışmada ilk kez kullanılmıştır. Bekinox[®] iletken ipliklerin bazı fiziksel özellikleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1 Bekinox® iletken ipliklerin bazı fiziksel özellikleri

Tip	İplik Kalınlığı (tex)	Ort. Kopma Yüğü (N)	% Uzama	Ortalama lineer direnç (Ω/m)	Lineer direnç varyasyonu
VN12/1x275/100Z/316L/HT	250	37	1	30	$\pm \% 7$
VN12/2x275/175S/316L/HT	500	67	1	14	$\pm \% 7$
VN12/3x275/175S/316L/HT	750	114	1	9	$\pm \% 11$
VN12/4x275/100S/316L/HT	1000	163	1	7	$\pm \% 14$
VN12/6x275/100S/316L/HT	1500	146	1	4,6	$\pm \% 9$
VN12/8x275/100S/316L/HT	2000	187	1	3,5	$\pm \% 9$
VN14/1x90/100Z/316L/HT	110	23	1	71	$\pm \% 14$
VN14/2x90/175S/316L/HT	220	35	1	Talebe göre	Talebe göre

İplik tiplerinin kodlanması şu şekilde açıklanabilir:

VN --- / - x --- / ---- / --- / HT
a b c d e f g

a: Lif çapı 12 μm (275 filament için)
14 μm (90 filament için)

b: Kat sayısı: Standart olarak 1 / 2 / 3 / 4 / 6 / 8

c: Filament sayısı: Standart 90 / 275

d: Metredeki büküm: 100 / 175

e: Büküm yönü: tek kat için Z, çok katlılar için S

f: Çelik malzemenin üretim standardı: AISI 316 L

g: Isıtılabilir Tekstiller (Heatable Textiles)

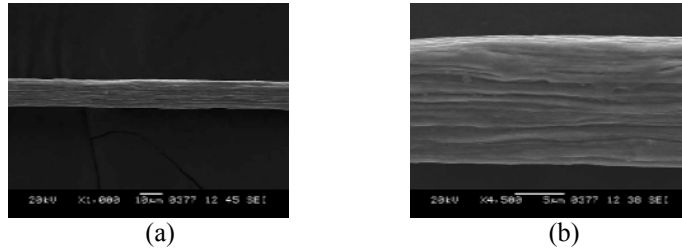
Isıtıcı giysi prototipinde kullanım amacıyla temin edilen numunelere ait iplik bobinleri Şekil 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3.1 Bekinox iletken iplikler.

Ön denemelerde VN12/2x275/175S/316L/HT kodlu iletken iplik ile VN14/1x90/100Z/316L/HT kodlu iletken iplikler kullanılmıştır. Bu iplikler sırasıyla 500 tex ve 110 tex inceliğindedir. Dirençleri ise yine sırasıyla 14 Ω /m ve 71 Ω /m'dir. Bu ipliklerin seçilmesindeki ana kriter ısıtma amaçlı kullanım sebebiyle elektriksel parametrelerin (direnç değeri ve direnç varyasyonu) diğer ipliklere oranla daha uygun olmasıdır. Her iki iplik numunesi kullanılarak yapılan ön denemeler sonucunda elde edilen ısıtma verileri değerlendirildiğinde VN12/2x275/175S/316L/HT kodlu 500 tex inceliğinde, ortalama 14 Ω /m dirençteki ipliklerin ısıtıcı panel üretiminde kullanılmasına karar verilmiştir.

Bekinox[®] liflerinin kesit görünüşleri JEOL-6060 taramalı elektron mikroskopunda (Scanning Electron Microscope-SEM) elde edilmiştir. Şekil 3.2 (a) ve (b) de 1.000 ve 4.500 büyütme oranlarından elde edilen boyuna görünüşler verilmiştir.



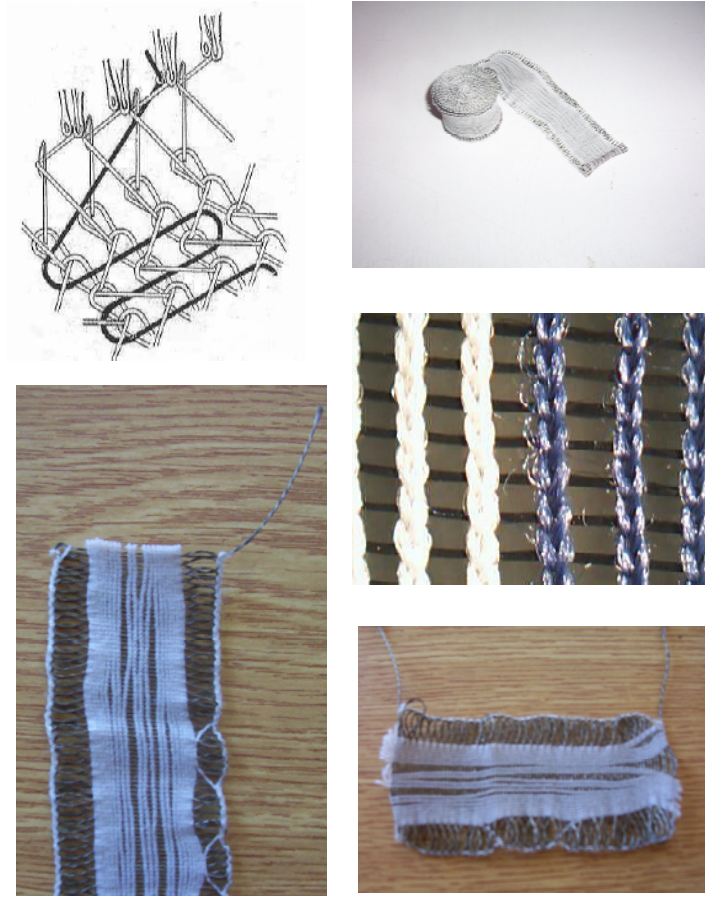
Şekil 3.2 Bekinox iletken iplik boyuna görünüşleri.
(a) 1.000x (b) 4.500x

Tedarik edilen iletken iplikler ile kumaş oluşumu amaçlı ön denemelere Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü dokuma atölyesinde başlanmıştır. Ayrıca sanayi tipi dar enli çözümlü örme makinalarına sahip bir firmada iki tip iletken iplik kullanılarak ısıtıcı panel olarak kullanılabilen yapılar üretilmiştir.

Ön denemeler sonucunda sanayi tipi makinalarda el tezgahlarına oranla çok daha homojen ve düzgün yüzeyler elde edilmesi nedeniyle ısıtıcı panellerin dar enli çözümlü örme makinalarında üretilmesine karar verilmiştir. Bu yapılarda atkı doğrultusunda iletken iplikler kullanılırken çözümlü doğrultusunda ise polyester iplikler kullanılmıştır. Isıtıcı kumaş panelleri için 4 cm genişliğinde dar enli kumaş

yapıları üretilmiştir. Kumaş yapısına cm'de 12 adet iletken iplik yerleşimi yapılmıştır.

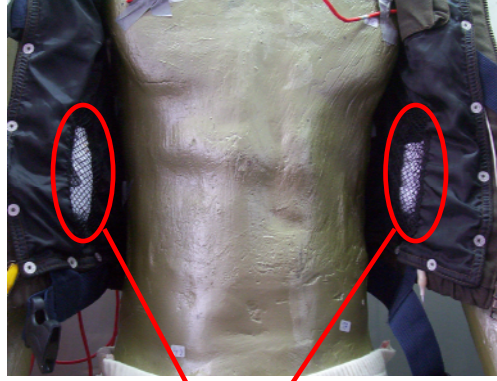
Şekil 3.3'de oluşturulan ısıtıcı panel yapısının üretim prensibi ve çeşitli açılardan yakından görünüşü verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi iletken iplikler birbirine paralel doğrultuda yerleştirilmiştir. Klasik bir rezistans yapısına uygun bir yapının elde edilebilmesi amacıyla panelin bir noktasından giren ipliğin yatırım işlemini tamamladıktan sonra diğer noktadan çıkmasına ve herhangi bir kesintiye uğramamasına özen gösterilmiştir. Bu tip bir yapı elektrik akımı uygulanması için en doğru seçimdir.



Şekil 3.3 Çözümlü örme tekniği ile oluşturulan ısıtıcı panel yapısı.

Elde edilen ısıtma miktarının tatmin edici bir seviyede olmasını kontrol edebilmek amacıyla ısıtıcı paneller ile ön denemeler yapılmıştır. Birim kat uzunluğu 10 cm olarak belirlenmiştir. Tek katlı, iki katlı, üç katlı, dört katlı gibi farklı kat

sayılarındaki ısıtıcı paneller ile yapılan denemeler sonucunda ısıtıcı paneller içerisinde tek kat yerine çok katlı bir yapının kullanılmasına karar verilmiştir. Isıtıcı panellerin giysi yapısı içerisindeki yerleşim örneği Şekil 3.4'te görülmektedir.



Isıtıcı kumaş panelleri

Şekil 3.4 Isıtıcı panellerin giysi yapısı içerisindeki yerleşimi.

3.1.1.2 Isıtıcı Giysi Prototipi Elektronik Devre Tasarımı

Bu çalışma kapsamında, sıcaklık ölçümü ve karşılaştırması yaparak ısıtıcı panelleri çalıştıracak veya devreden çıkartacak bir devre tasarlanmıştır.

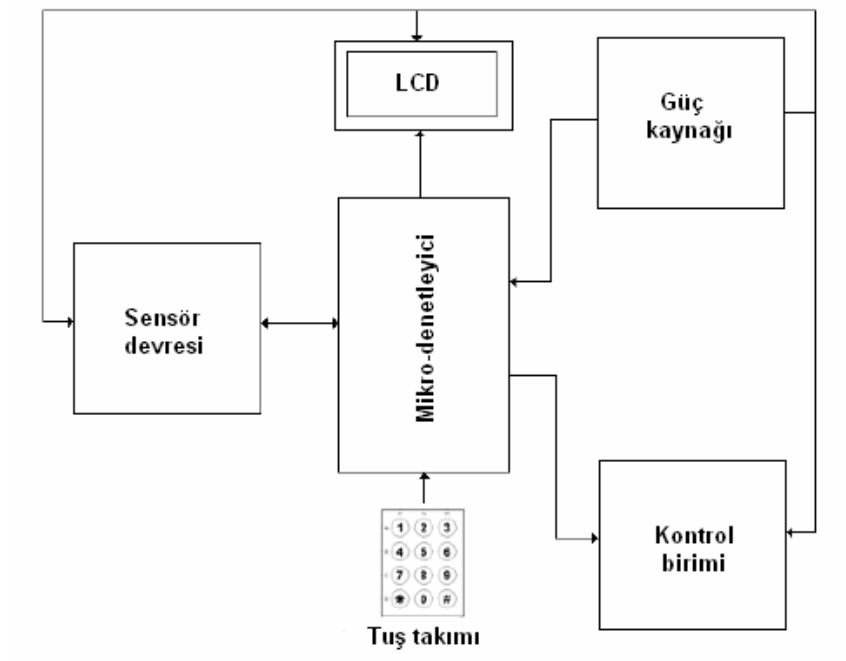
Isıtıcı giysi prototipinin Dokuz Eylül Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde tasarlanan elektronik altyapısı, temel kullanım amacına yönelik olarak 3 ana bölüme ayrılabilir. Bu bölümler ölçüm sistemi, güç kaynağı ve kullanıcı ara yüzüdür. Ölçüm sistemi, devreye entegre edilmiş olan 4 adet sıcaklık sensörünü içermekte ve bu sensörler tarafından algılanan sıcaklık verilerini sisteme aktarmaktadır. Kullanıcı ara yüzü, bir tuş takımı ve bir dijital gösterge panelinden oluşmaktadır. Sıcaklık sensörleri tarafından ölçülen sıcaklık değerlerinin görüntülenmesi ve sistemin çalışma aralıklarının kullanıcı tarafından belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Güç kaynağı ise tüm sistem bileşenleri için gerekli enerjiyi sağlayan pil grubudur.

Devrenin, giysi üzerine yerleştirilmesi gerekeceğinden, küçük, hafif ve düşük maliyetli olması aranan özelliklerdendir. Dolayısıyla taşınabilirlik ve boyut sınırlaması gibi konular dikkate alınarak tüm sistem bileşenlerinin bir giysi üzerine yerleştirilebilecek boyutta olmasına ve devrenin mümkün olduğunca küçük bir alana monte edilmesi hedeflenmiştir. Elektronik altyapının temel çalışma mantığı şu şekildedir;

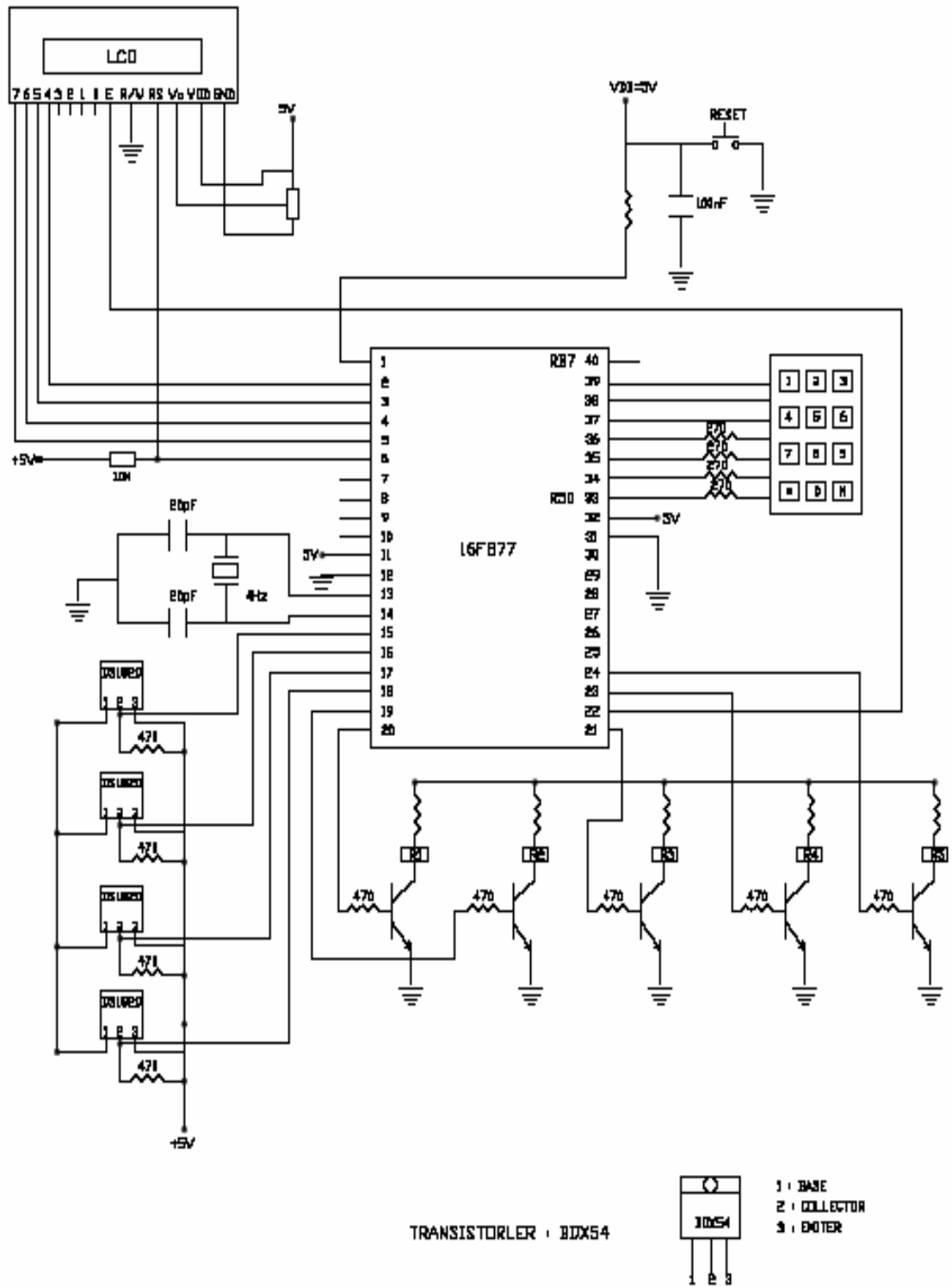
Sistemin çalışması istenen sıcaklık aralığı, tuş takımı aracılığıyla kullanıcı tarafından mikro-denetleyiciye tanımlanmaktadır. Elektronik sensörler tarafından ölçülen sıcaklık değerlerinin ortalaması hesaplanmaktadır. Sensörlerden gelen veriler sayısal hale dönüştürülerek bir mikro-denetleyiciye ulaştırılmaktadır. Bu değer, tanımlanmış olan çalışma aralığının alt sınırına indiğinde ısıtıcı panellere çalışma komutu gitmekte ve pil grubundan sağlanan akım aracılığıyla panellerin ısıtma görevini yerine getirmesi sağlanmaktadır. Isıtma fonksiyonu süresince sensörler tarafından ölçülen sıcaklık değerleri ve bunların ortalaması dijital gösterge üzerinde belirtilmekte ve sistem tarafından takip edilmektedir. Tanımlanan çalışma aralığının üzerine çıkılması halinde ısıtma sistemine durdurma komutu gitmekte ancak sıcaklık takibine devam edilmektedir. Alt sınır değerine ulaşıldığında sistem tekrar aktif hale geçmekte ve ısıtma fonksiyonu yeniden başlamaktadır.

Isıtıcı panellerin devreye alındığı veya devreden çıkarıldığı bu yöntemle, ancak gerekli durumlarda ve uygun süreli kullanım ile enerji kaynağından daha uzun süre yararlanarak uzun süre soğuk ortamlarda bulunmak zorunda olan kişilerin sağlıklı ve verimli bir şekilde çalışmalarını sağlanabilecektir.

Isıtma sistemi ve ölçüm sistemi devreye yerleştirilmiş olan bir mikro-denetleyicinin koordinasyonunda çalışmaktadır. Devre içinde mikro-denetleyici olarak PIC kullanılmıştır. Isıtıcı giysi prototipine ait blok diyagramı Şekil 3.5’de, elektronik devre şeması ise Şekil 3.6’da verilmiştir.

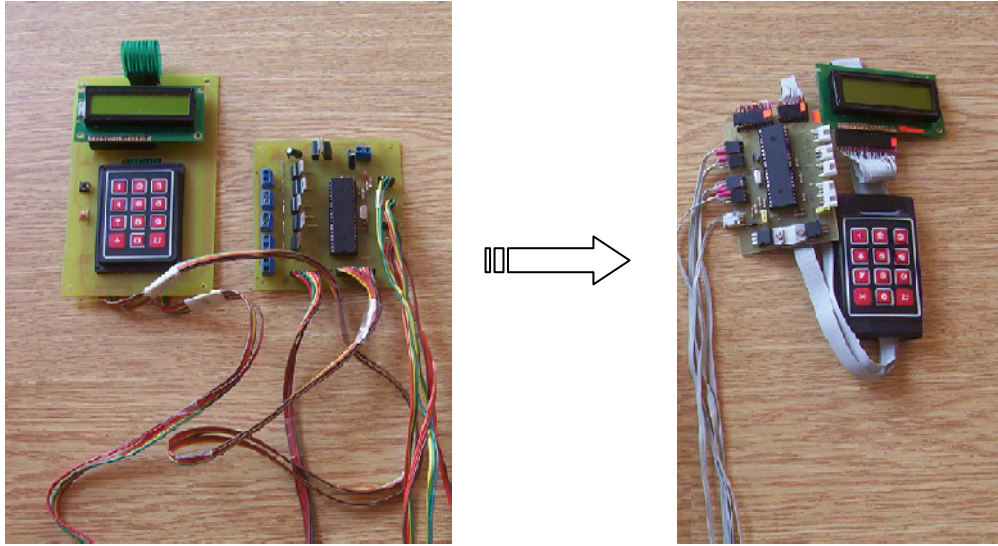


Şekil 3.5 Sıcaklık kontrol devresi blok diyagramı.



Şekil 3.6 Isıtıcı giysi prototipi için tasarlanmış devre şeması.

Isıtıcı giysi prototipine ait elektronik devre tasarımının oluşturulmasının ardından yapılan ön denemeler sonucunda devrenin istenilen biçimde çalıştığı belirlenmiş ve ardından devrenin küçültülerek bir giysi üzerine yerleştirilecek boyuta indirgenmesi ve uygun parçalarının elastik hale getirilmesi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu sayede devrenin gösterge paneli ve çalışma sıcaklık değerlerinin girildiği tuş takımı birbirinden ayrılmıştır. Gösterge paneli, tuş takımı ve işlemci kartı birbirine esnek kablolar ile bağlanmış, boyutları küçültülmüştür. Şekil 3.7’de üretilen devrenin ilk hali ve küçültülmüş biçiminin görüntüleri verilmiştir.



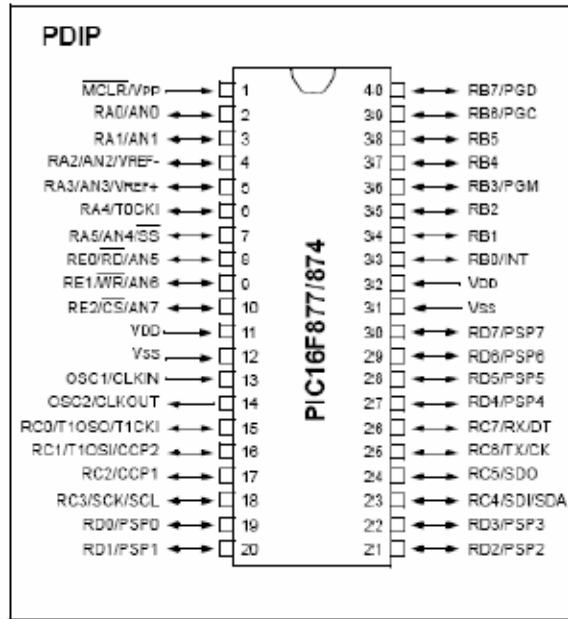
Şekil 3.7 Elektronik devrenin eski ve yeni görüntüleri.

3.1.1.3 Kullanılan Devre Bileşenleri

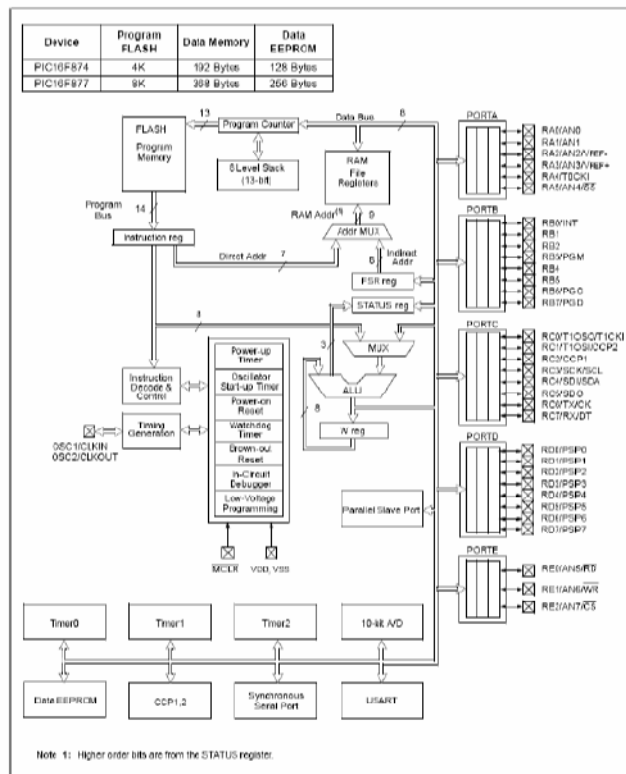
3.1.1.3.1 PIC 16F877 Mikro-denetleyici Elektronik devre içerisinde mikro-denetleyici olarak PIC 16F877 kullanılmıştır. Mikro denetleyicinin uygulayacağı mantıksal döngüler ve genel program mantığını içeren PIC kodları “Pic Basic Pro” programlama dili kullanılarak yazılmıştır. PIC 16F877’nin pin diyagramı ve blok diyagramı Şekil 3.8 ve Şekil 3.9’da görülmektedir. Mikro-denetleyicinin temel özellikleri:

- Yüksek performanslı işlemci birimi (RISC CPU)
- 35 adet tekil kelimeyi içeren komut yükleme kapasitesi,

- Program dışındaki tüm komutlar tekil çevrim, program bölümleri iki çevrimli,
- Çalışma hızı: DC - 20MHz saat girişi,
- DC – 200ns komut çevrimi,
- 8K x 14 kelimeye kadar FLASH programlama hafızası,
- 368 x 8 byte'a kadar veri hafızası (RAM),
- 256 x 8 byte'a kadar elektriksel olarak silinebilir programlanabilir salt-okunur veri hafızası (EEPROM Data Memory),
- PIC16C73B/74B/76/77 ile uyumlu pin çıkışları,
- 14 kaynağa kadar sinyal işleme kapasitesi,
- 8 seviyeli donanım yığıtı,
- Direkt, indirekt ve ilişkili yönlendirme modları,
- Power-on Reset (POR)
- Power-up zamanlayıcısı (PWRT) and Osilatör başlangıç zamanlayıcısı (OST)
- Güvenilir işletim için Gözcü saati (WDT) ile bütünleşik RC osilatörü
- Programlanabilir kod koruyucusu
- Güç tasarrufuna yönelik uyku modu
- Seçilebilir osilatör seçenekleri
- Düşük güç, yüksek hızlı metal oksit-yarı iletken (CMOS) FLASH/EEPROM teknolojisi
- Tam statik tasarım
- İki pin aracılığıyla devre-içi seri programlama (ICSP)
- Tekil 5V devre-içi seri programlama kapasitesi
- İki pin aracılığıyla devre içinde hata ayıklama
- Program hafızasına işlemci okuma/yazma erişimi
- Geniş işletim voltaj aralığı: 2.0V to 5.5V
- Yüksek düğüm/kaynak akımı: 25mA
- Ticari, endüstriyel ve genişletilmiş sıcaklık aralıkları
- Düşük güç tüketimi:
 - 3V, 4MHz 'de 0,6 mA'in altında
 - 3V, 32 KHz'de 20 μ A'in altında
 - 1 μ A 'in altında bekleme akımı



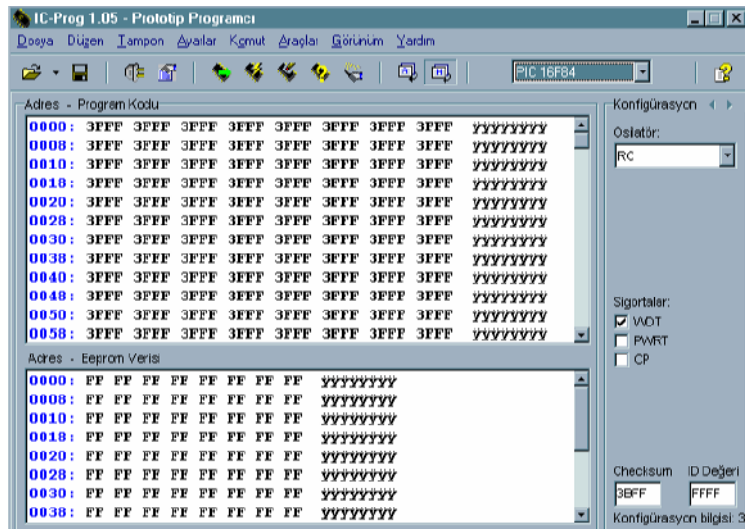
Şekil 3.8 PIC 16F877'nin pin diyagramı.



Şekil 3.9 PIC 16F877'nin blok diyagramı.

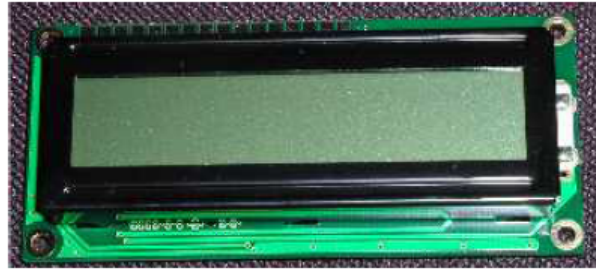
3.1.1.3.2 “Pic Basic Pro” Yazılımı BASIC programlama dili, günümüzde de bir çok programcı tarafından kullanımı en kolay programlama dili olarak nitelendirilmektedir. BASIC programlama dilinin bu yaygın kullanımı mikro-denetleyicilerde de kullanımına olanak tanımıştır. Mikroçip montaj dili MPASM ile karşılaştırıldığında PIC uygulamaları açısından BASIC, daha hızlı ve daha kolay bir kullanım sunmaktadır. Öte yandan uygulama aşaması ve program boyutu dikkate alındığında MPASM bazı küçük avantajlara sahiptir. İşte bu durum BASIC ve montaj kodunun kombine edilmesinin sebebini oluşturmaktadır. PIC gibi modern mikro-denetleyiciler, komutları tek bir çevrimde yerine getirir. Mikro-denetleyici saati 4MHz ise bir montaj komutu $250 \text{ ns} \times 4 = 1 \mu\text{s}$ süre gerektirir. Her bir BASIC komutunun teknik olarak ardışık montaj komutlarının bir araya gelmesiyle oluşması sebebiyle gerçekleştirilmek istenen işlevin kesin oluşma süresi montaj komutlarının sürelerinin toplamına eşittir.

Programcılar, mikro-denetleyiciler için kod yazımı sırasında seri iletişim, LCD gösterge üzerinde görüntüleme, PWM sinyallerinin üretilmesi vb. gibi benzer konularla ilgilenmektedirler. Programlamanın kolaylaştırılması açısından BASIC, kolay çözümleri ve hazır uygulamaları ile çok önemli bir kullanım ortamı oluşturmaktadır. Şekil 3.10’da Pic Basic Pro programı ile kod yazımına ilişkin örnek bir ekran görüntüsü verilmiştir.

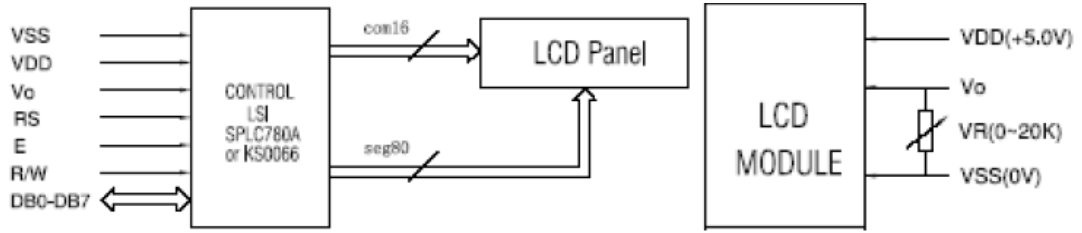


Şekil 3.10 Pic Basic Pro programı ile kod yazımına ilişkin örnek bir ekran görüntüsü.

3.1.1.3.3 Dijital Gösterge Paneli (LCD) ve Tuş Takımı Devresi Dijital Gösterge Paneli (LCD) olarak HY-1602B-203 kullanılmıştır. Gösterge 16x2 karakter kapasitesindedir. 5 V. gerilim altında çalışmaktadır Arka alan parlaklığı için 0-20K ohm potansiyometre kullanılmıştır. Şekil 3.11’de LCD panelin görüntüsü, Şekil 3.12’de ise LCD’nin giriş ve çıkışları gösterilmektedir.



Şekil 3.11 HY-1602B-203 LCD.



Şekil 3.12 LCD’nin giriş ve çıkış bağlantıları.

Çalıştırma pini (Enable pin-E), okuma/yazma seçim pini (Read/write selection pin-R/W), yazıcı seçim pini (Register Selection pin-RS) ve veri yolu (DB0-DB7) PIC16F877’ye bağlanmıştır.

Tuş takımı 4x3’lük karakter setine sahiptir. Tuş takımını okumak amacıyla matris sistemi kullanılır. Kolon 1, 2 ve 3, PIC’in PORTB1, B2 ve B3 pinleri tarafından aktive edilmektedir. A, B, C ve D satırları ise PIC’in PORTB4, B5, B6 ve B7 pinleri tarafından okunmaktadır. Şekil 3.13’de dijital gösterge paneli ve tuş takımı görülmektedir.



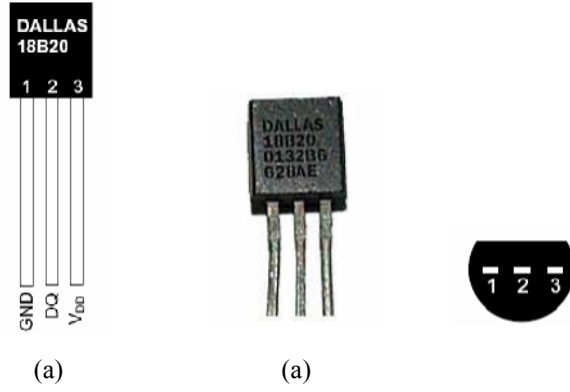
Şekil 3.13 Dijital gösterge paneli ve tuş takımı.

Tuş takımındaki herhangi bir butona basıldığında sisteme aktarılan veri program tarafından algılanır ve önceden belirlenmiş çalışma döngüsü dahilinde bu veriler işleme konur.

3.1.1.4 Sıcaklık Sensörleri

Temel fonksiyonun ısıtma olması ve sabit bir güç kaynağı olmaksızın bu fonksiyonun sağlanması sebebiyle güç kaynağının en uygun sınırlar dahilinde kullanılması gerekmektedir. Sistemin hangi sıcaklık aralıklarında devreye girip çıkacağı çalışma süresinin belirlenmesi için temel kriterdir. Bu sınırların saptanması için ortam sıcaklığının ve/veya kullanıcının vücut sıcaklığının takip edilmesi gerekmektedir. Bu noktadan hareketle literatürde konu ile ilgili çalışmalar incelenmiş ve sıcaklık ölçümü için dijital sıcaklık sensörlerinin kullanıldığı görülmüştür.

Sıcaklık sensörü olarak Dallas/Maxim firması tarafından geliştirilmiş yüksek doğrusalığa sahip, sayısal çıkış üreten bir sıcaklık algılayıcısı olan DS18B20 kullanılmıştır. DS18B20'nin önden görünüşü Şekil 3.14'de verilmektedir.



Şekil 3.14 DS18B20 nin (a) önden (b) alttan görünüşleri.

DS18B20'nin en önemli özelliklerinden biri "one wire" yani tek telli bir mikroişlemci arabirimine sahip olmasıdır. DS18B20 gibi sayısal çıkış veren sıcaklık algılayıcılarının kullanımı ile analog/sayısal dönüştürücü kullanımına gerek kalmamaktadır. DS18B20, -55 ile +125 °C arasını ölçebilir. Sisteme yerleştirilen bu algılayıcıların her biri için tanımlanmış 64-bitlik özel ve tek bir seri numarası bulunmaktadır. Böylece tek bir seri hatta bağlanan onlarca sıcaklık sensöründen istenileni ile haberleşilerek ilgili noktadaki sıcaklık ölçülebilir.

3.1.1.5 Güç Kaynağı

Devreye akım sağlayacak güç kaynağı seçimi için temel kriter "taşınabilir bir sistem" içerisinde yer alacak bir pil kombinasyonunun oluşturulmasıdır. Isıtma fonksiyonu, doğası gereği, enerji tüketimi en yüksek olan işlevlerden biridir. Dolayısıyla sistem tasarımında kumaş esaslı yapılar ve diğer bileşenler dikkate alındığında güç kaynakları, sistemin en ağır bileşeni olarak karşımıza çıkmaktadır.

Literatürdeki benzer ısıtıcı giysi prototipleri ve taşınabilir güç kaynakları konusunda yapılan araştırmalar sonucunda taşınabilirlik kriteri açısından Ni-MH (Nikel-Metal hidrid) ve Li-Ion (Lityum-Ion) tipi pillerden oluşturulan pil gruplarının uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Gerekli enerji beslemesinin sağlanabilmesi amacıyla birden fazla pilden oluşan pil paketleri (gruplarının) kullanılması daha uygundur. Devre tasarımı sırasında belirlenecek enerji miktarını sağlayacak sayıda ve uygun nitelikte şarj edilebilir pil seçiminin yapılması gerekmektedir. Bu amaçla

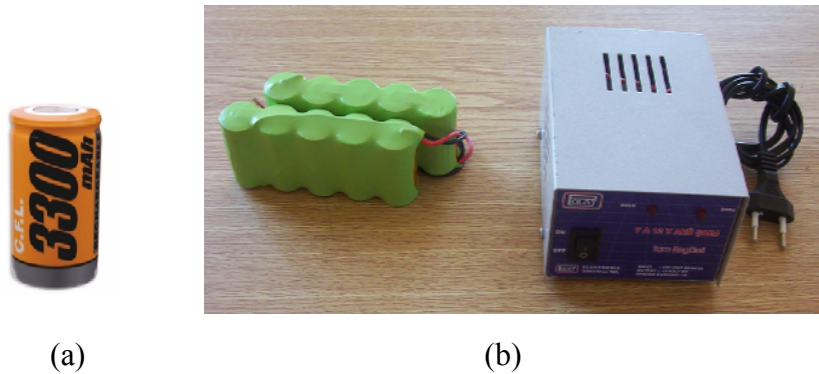
yeterli akımı istenen sürede sağlayabilecek bir pil grubunun belirlenmesi çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Dijital gösterge panelinin 5 V. gerilim altında çalışmasından hareketle sistem denemelerinde ilk olarak 6 V. kapasitesindeki piller kullanılmıştır. Bu gerilim seviyesindeki güç kaynağına ilişkin devre şeması Şekil 3.15’de verilmiştir.



Şekil 3.15 Güç kaynağı devresi.

Isıtıcı panellere akım sağlayan hafif bir pil kombinasyonunun belirlenmesi amacıyla 6V 3000 mAh ve daha sonra da 12V 3300 mAh ‘lik Ni-MH pil grupları ile denemeler yapılmıştır. Bunların sonucunda 6V.’luk pil grubundan elde edilen ısınma süresinin yeterli olmadığı, kısa süreli olduğuna karar verilerek 12V.’luk grubunun öncelikli olarak kullanılmasına karar verilmiştir. Ni-MH pil grubunun belirlenmesinin ardından günümüzde elektronik cihazlarda yaygın olarak kullanılan Li-Ion pillerin kullanımı ile ilgili çalışmalara başlanmıştır. Uygun büyüklük ve kapasitedeki Li-Ion pilin seçimine yönelik araştırmaların sonucunda 7,2 V 3000 mAh kapasitedeki Li-Ion pilin kullanımına karar verilmiştir. Isıtıcı giysi prototipinde kullanılan Ni-MH ve Li-Ion piller ve bu pillere ait şarj cihazları Şekil 3.16 ve Şekil 3.17’de görülmektedir.



Şekil 3.16 (a) Ni-MH pil (b) Ni-Mh pil grubu ve şarj cihazı



Şekil 3.17 Li-Ion pil ve şarj cihazı.

3.1.2 Ölçüm Sistemi

Yapılan ön denemeler DEÜ Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde bulunan termal manken üzerinde gerçekleştirilmiştir. Termal manken yapısı 4 ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler şunlardır:

1. İnsan vücuduna benzer yapıdaki bakır manken
2. Mankenin bulunduğu kabin (Bu kabinin sıcaklığı -10°C ile $+50^{\circ}\text{C}$ arasında ayarlanabilmektedir.)
3. Kontrol paneli
4. Mankenin vücut sıcaklığının ayarlanmasında kullanılan ısıtılabilir sıcak su deposu

Kontrol paneli aracılığıyla mankenin vücut sıcaklığı, mankenin bulunduğu kabinin sıcaklığı ve nemi ayarlanabilmektedir.

Mankenin vücudu insan vücudunun sıcaklığını simüle edecek şekilde ısıtılıp soğutulabilmektedir. Mankenin bağlı bulunduğu bir sıcak su deposu bulunmaktadır. Bu deponun sıcaklığı kontrol panelinden ayarlanarak, mankenin içine sıcak su sirkülasyonu yapılmakta ve manken istenen derece ısıtılabilir. Mankene sıcak su ayak bölgesinden girmekte ve boyun kısmından da su depoya geri dönmektedir.

Mankenin vücut sıcaklıkları sensörler ve okuyucular vasıtası ile ölçülebilmektedir. Sıcaklık sensörleri manken üzerinde istenen bölgeye bantlar vasıtasıyla yapıştırılarak o bölgenin sıcaklığının ölçülmesi sağlanmaktadır. Her bir ölçüm noktası için kontrol paneline bu değerler aktarılmaktadır. Ayrıca elde edilen veriler bilgisayar ortamına da iletilerek kaydedilebilmektedir. Bu veriler istenen zaman aralıklarında kaydedilebilmektedir.

Manken üzerinde bulunan bu sıcaklık sensörleri ile taşıyıcı yapıdaki panellerin ısınma davranışları sistem üzerindeki ekrandan takip edilmektedir.



Şekil 3.18 Termal manken ve ölçüm ekranı.

3.2 Metod

Isıtıcı kumaş panelleri için 10 cm uzunluğundaki dar enli kumaş şeritleri birim kat uzunluğu olarak belirlenmiştir. Ön denemelerde çelik ipliklerden yapılmış 1, 2, 3 ve 4 katlı ısıtıcı panellerden sırasıyla 1, 2, 3 ve 4 adet sisteme entegre edilmiş ve toplamda 16 farklı konfigürasyonun ısınma davranışları gözlenmiştir. Bu amaçla DS 1820 sıcaklık sensörleri bir cırtband – velkro yardımıyla paneller üzerine sabitlenmiştir. Deneylerin süresi 60 dakika ile sınırlandırılmıştır. Bu süre boyunca sensörlerden elde edilen sıcaklık değerleri kaydedilmiştir. Eş zamanlı olarak da güç kaynağından sisteme sağlanan gerilim miktarları ölçülmüştür. Güç kaynağının bu süreden önce tükenmesi durumunda da ölçüm yapılabilen süre boyunca aynı veriler kaydedilmiştir.

Isıtıcı giysi prototipi test aşamasında öncelikle elektronik altyapının çalışma verimliliği test edilmiş ve bu amaçla oda sıcaklığında ön denemeler yapılmıştır. Farklı kat sayılarına sahip farklı adetlerdeki panellerin oda sıcaklığında yapılan ön denemelerinde tatminkâr sonuçların elde edilmesinin ardından ısıtıcı giysi prototipinin asıl kullanım alanı olan soğuk ortamlardaki denemelerinin gerçekleştirilmesi amacıyla termal manken üzerindeki uygulamalara başlanmıştır.

Denemelerin yapılacağı ortam şartları, soğuk ortam şartlarının simüle edilmesi amacıyla 0°C ve 5°C olarak belirlenmiştir. Her bir ortam şartı için 1, 2, 3 ve 4 katlı ısıtıcı paneller giysi üzerine yerleştirilmiş ve her bir kat sayısı için 1, 2, 3 ve 4 adet panel yerleştirilen sistemin ısınma davranışları gözlenmiştir.

Denemeler sırasında termal mankenin içinde bulunduğu ortam sıcaklığı istenen seviyeye düşürülürken eş zamanlı olarak termal mankenin sıcaklığı ise insan teninin konfor anındaki sıcaklık değeri olan 34-35°C seviyesine getirilmiştir. İstenen seviyeye ulaşan sistemde zamana bağlı olarak panellerde oluşan sıcaklık artışı takip edilmiştir.

Panellerin ısınma davranışlarının izlenmesi amacıyla giysiye yerleştirilen dijital sensörlerin deri yüzeyi ile sıkı temas halinde olması sağlanmıştır. Böylece sensörlerin bir başlangıç değeri olarak termal manken deri yüzeyinin sıcaklığı kabul edilmiştir. Kullanılacak dijital sensörlerin 0.1°C hassasiyette olması sistem yapısı için yeterli görülmüştür.

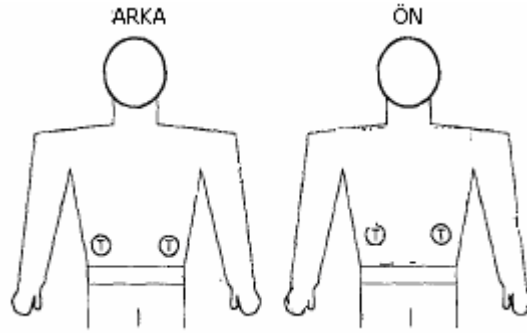
Sistemin genel yapısı uyarınca, sıcaklık sensörlerinden alınan değerler, bir ölçüm ünitesinde değerlendirilebilir ve sistemin aç/kapa (on/off) mekanizmasının çalışması da bu veriler doğrultusunda yapılabilir özelliktedir. Kısaca, ısıtıcı giysi prototipinin devreye gireceği ve devreden çıkacağı sıcaklık seviyeleri sensörlerden gelen veriler esas alınarak belirlenmektedir. Ancak sistemin özellikle de güç kaynağının çalışma sınırlarının tespit edilebilmesi amacıyla deneylerin yapılması sırasında çalışma aralığı oldukça geniş tutulmuş ve deney süresince sistemin sürekli olarak çalışması amaçlanmıştır.

Giysi üzerindeki sensör yerleşimlerinde ısıtıcı panellerin yerleşimi esas alınmıştır. Bu yerleşime literatürdeki ısıtıcı giysi konusundaki çalışmalar ve konu ile ilgili standartlar incelenerek karar verilmiştir. Giysi prototipinin ön ve arka olmak üzere her iki tarafında çeşitli bölgelere sıcaklık sensörleri yerleştirilerek ölçümler yapılmıştır. Literatürde sensörlerin yerleştirilebileceği bölgeler olarak ,

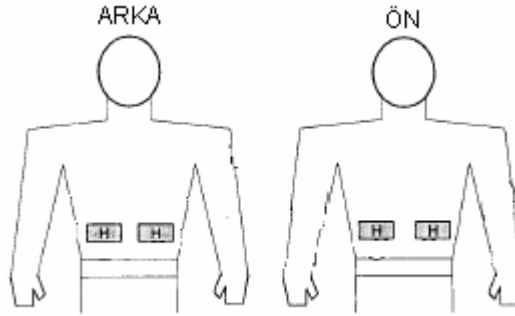
Ön bedende; kalp ve karaciğer bölgeleri, her iki el bileği ve sol pazu bölgesi

Arka bedende; ense bölgesi, sağ kürek kemiği, böbrek ve sağ pazu bölgesi

belirtilmiştir. Ancak giysinin yelek biçiminde geliştirilmesi sebebiyle direkt olarak soğuk ortam şartına maruz kalan pazu ve bilek noktalarından ölçüm yapılmamıştır. Panel yerleşimi yapılan bölgeler olarak ön bölgede karın boşluğunun sağ ve sol tarafı ile arka bölge her iki böbrek bölgesi seçilmiştir. Dolayısıyla ısınma seviyelerinin gözlenmesi amacıyla sensör yerleşimleri de bu bölgelere yapılmıştır. Şekil 3.19’da ve Şekil 3.20’de sıcaklık sensörlerinin yerleşim planı ile ısıtıcı panellerin yerleşimi gösterilmektedir.



Şekil 3.19 Sıcaklık sensörleri yerleşim düzeni.



Şekil 3.20 Isıtıcı panel yerleşim düzeni.

Sıcaklık artışının gözlenmesinin yanı sıra denemeler süresince elektronik devre üzerinden de zamana bağlı olarak gerilim ve akım değerleri takip edilmiştir. Gerilim ölçümü, sistemi besleyen güç kaynağının sağladığı gerilimin kaydedilmesi şeklinde izlenmiştir. Ayrıca ısıtıcı paneller üzerinde de o panelin çektiği akım değerinin tespit edilmesi için akım ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Böylece farklı kat sayılarına sahip panellerin bağlı olduğu elektronik devreye ilişkin olarak da elektriksel parametrelerin izlenmesi amaçlanmıştır. Sisteme verilen akım ve gerilim parametreleri kullanılarak Ohm kanunundaki $Q = VI t$ eşitliğinden hareketle enerji hesaplamaları yapılmıştır. Eşitlikteki V gerilim değerini, I çekilen akım miktarını, t ise zamanı göstermektedir.

Enerji birimi olarak Volt.Amper.sn elde edilmiştir. Buna karşılık gelen değer de joule'dür. Dolayısıyla elde edilen tüm sonuçlar joule birimi ile ifade edilmiştir.

Sistem üzerinde panellere akım sağlayan uygun güç kaynaklarının/pillerin denenmesi kapsamında 12 V 3300mAh kapasitedeki Ni-MH piller ile tüm denemeler detaylı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Özellikle güç kaynaklarının ağırlık probleminin ortadan kaldırılabilmesi amacıyla Ni-MH pil grubu iki parçaya ayrılmış giysi prototipinin arka bedeni üzerindeki ceplere yerleştirilmiş ve böylece ağırlık merkezinin dağıtılarak kullanım kolaylığının artırılması hedeflenmiştir.

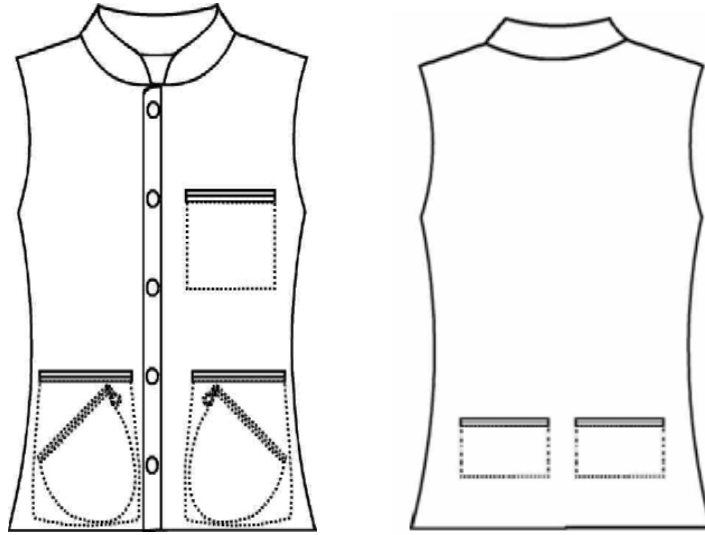
Farklı pil teknolojilerinden yararlanılması ve taşınabilir özellikteki sistem üzerinde güç kaynaklarının mümkün olduğunca az hacimli ve hafif olmasının sağlanması amacıyla büyüklük ve ağırlık açısından daha küçük özellikteki Li-Ion pilin de sistem üzerindeki denemelerinin yapılmasına karar verilmiştir. Bu doğrultuda 7,2 V 3000mAh kapasitedeki Li-Ion pil de aynı deney setinde denenmiştir.

BÖLÜM DÖRT

ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1 Isıtıcı Giysi Yapısı

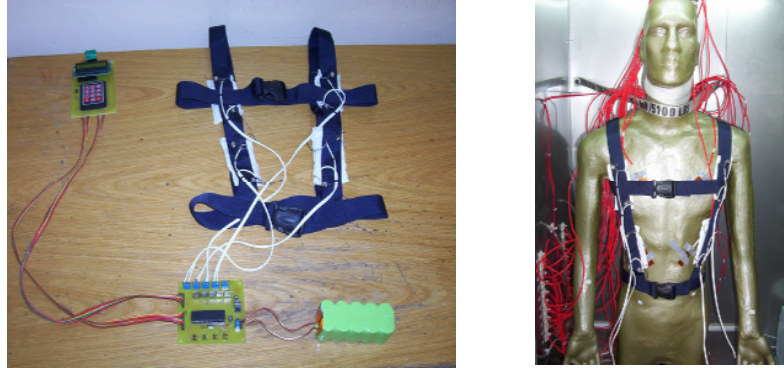
Isıtıcı giysi prototipinin tasarım çalışmalarında giysi yapısı içine monte edilecek elektronik sistemin kullanım anındaki fonksiyonelliğine yönelik yerleşim özellikleri dikkate alınmıştır. Bu doğrultuda üst bedene yönelik olarak hazırlanacak giysinin iç astar ve dış katman olarak 2 katlı yapıya sahip bir yelek biçiminde oluşturulmasına karar verilmiştir. Giysi tasarım aşamalarında Micrograhx Designer programı kullanılarak çizilen taslak model Şekil 4.1’de görülmektedir.



Şekil 4.1 Isıtıcı giysi prototipi model tasarım çalışması.

Yelek yapısı içinde işlemci kartı, güç kaynağı (pil), gösterge paneli ve kullanıcı ara yüzü gibi elektronik altyapı bileşenlerinin giysiye yerleştirilecek ceplere monte edilmesi kullanım kolaylığı açısından uygundur. Genel anlamda giysinin dış görünüşünü korumak, giyim konforu ve kullanılabilirlik özelliklerini sürdürürebilmek amacıyla ısıtıcı panellerin giysinin dış yüzeyi yerine iç bölgelere yani astar ile dış katman arasındaki bölgeye taşıyıcı bir yapı (arayüzey) üzerine yerleştirilmesinin uygun olduğuna karar verilmiştir. Bu amaçla dar dokuma tekstil yüzeylerinden

oluşan taşıyıcı bir yapı oluşturulmuştur. Şekil 4.2’de taşıyıcı yapının devre ile bağlantılı hali ve termal manken üzerindeki yerleşimi görülmektedir.



Şekil 4.2 Taşıyıcı yapı.

Taşıyıcı yapı kullanılmasının temel amacı, elektronik devre ile ısıtıcı paneller arasındaki bağlantıyı sağlayacak olan kablo ve diğer bileşenlerin doğrusal bir hat izlemesi, ısıtıcı panel yerleşiminin giysiden bağımsız olması ve gerektiğinde ayrılabilmesidir. Takılıp çıkartılabilecek özellikte tasarlanabilecek olan bu yapı, giysinin yıkanma ihtiyacı doğduğunda demonte edilebilecek ve daha sonra tekrar yerleştirilebilecektir.

Isıtıcı panellerin, askı yapısı üzerinde genelde cırtband olarak bilinen velkro bandlarla sabitlenmesi uygun olacaktır. Isıtıcı panellere elektrik akımını taşıyan iletken teller, askı yapısı üzerinde ilerleyerek kumaş panellerine bağlanmıştır.

Isıtıcılı giysinin sahip olması gereken bazı kriterler şu şekilde belirlenmiştir.

1. Ürünün genel yapısı önden fermuarlı yelek biçimindedir.
2. Termal mankene giydirebilmek amacıyla omuz dikişleri kolayca ayrılabilir bir yapıya sahiptir.
3. Arka bel bölgesine güç kaynağı yerleşimi için iki adet kapaklı - körüklü cep yerleştirilmiştir.
4. Kontrol paneli yerleşimi için sol iç bölgeye velkro kapaklı - körüklü cep yerleştirilmiştir.
5. Dış katman ve iç astar çıt-çıt ile birbirinden ayrılabilir özelliktedir.

6. Isı iletiminin artırılabilmesi amacıyla ısıtıcı panellerin bulunduğu bölgelere karşılık gelen astar yüzeylerde file şeklinde delikli bir kumaş kullanılmış ve ısı geçirgenliği artırılmıştır. Farklı panel yerleşimlerinin denenebilmesi amacıyla hem ön hem de arka beden üzerinde panellerin yerleştirilebileceği bölümler hazırlanmıştır.
7. Isıtıcı panellerin ve kabloların yerleştirileceği askı yapısı dış katman ile iç katman arasına yerleştirilmiştir.
8. Gerekli hallerde giysi içindeki kablo bağlantılarının sabitlenebilmesi amacıyla askı yapısı üzerine dar dokuma şeritler dikilebilecektir.
9. Isıtıcı panelleri taşıyan askı yapısının ön bağlantıları, ön ortadaki pat bölgesine monte edilebilecektir.

Üretim çalışmaları ile ilgili olarak da denemelerin yapıldığı termal mankenin ölçüleri esas alınarak giysinin kalıpları oluşturulmuştur. Isıtıcı giysi prototipi'nin elektronik altyapısının yerleştirileceği yelek üretimi İzmir'de kurulu olan bir konfeksiyon işletmesinde yapılmıştır. Yelek üretimi sırasında dış katman olarak %100 pamuk, astar olarak de % 100 PES, file kumaş olarak %100 PA kumaş kullanılmıştır.

Şekil 4.3'te üretim sonrasında elde edilen yeleğin önden ve arkadan görünüşü ile Şekil 4.4'te mankene giydirilmiş biçimi verilmiştir.



Şekil 4.3 Üretimi tamamlanan yeleğin önden ve arkadan görünüşü.



Şekil 4.4 Termal manken üzerine giydirilmiş ısıtıcı giysi prototipi.

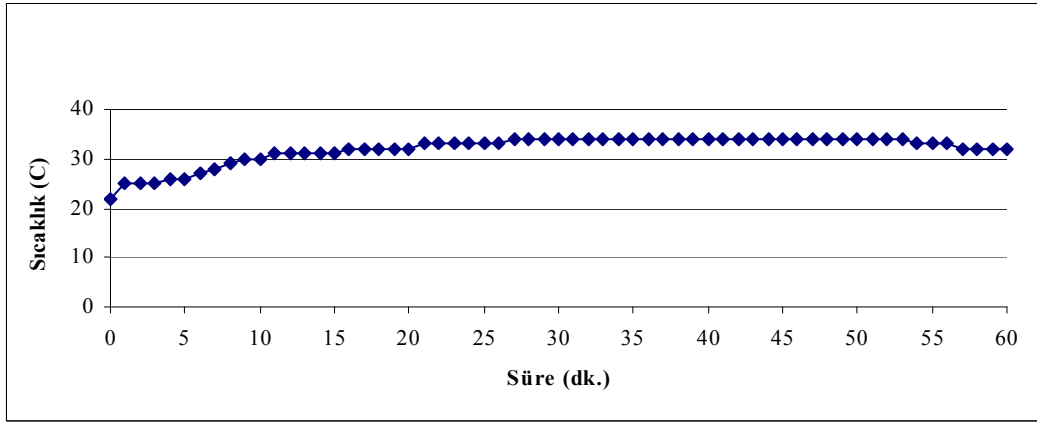
4.2 Sistemin Çalışma Performansının Denenmesi

Isıtıcı giysi prototipinin deneysel olarak değerlendirilmesi aşamasında öncelikle elektronik altyapının çalışma verimliliğinin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla oda sıcaklığında ($22\pm 1^{\circ}\text{C}$) yapılan ön denemelerle sistemin çalışma performansı ile ilgili ilk veriler elde edilmiştir. Oda sıcaklığında yapılan deneysel çalışmalarda 1, 2, 3 ve 4 katlı ısıtıcı paneller kullanılmıştır. Isıtıcı giysi prototipinde 4 farklı ısıtıcı panel kullanılması planlanmış ve bu doğrultuda oda sıcaklığında yapılan ön denemelerde de yine 1, 2, 3 ve 4 adet olmak üzere farklı sayılarda panel uygulanarak her bir konfigürasyon için ısınma miktarları ölçülmüştür. Eş zamanlı olarak güç kaynağına ilişkin gerilim verileri de tespit edilmiştir. Gerilim değerleri sistemin çalışması için alt limit değeri olan 6,5 V seviyesine dek sürdürülmüştür. Kullanılan ısıtıcı panellerin direnç ölçüm sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir.

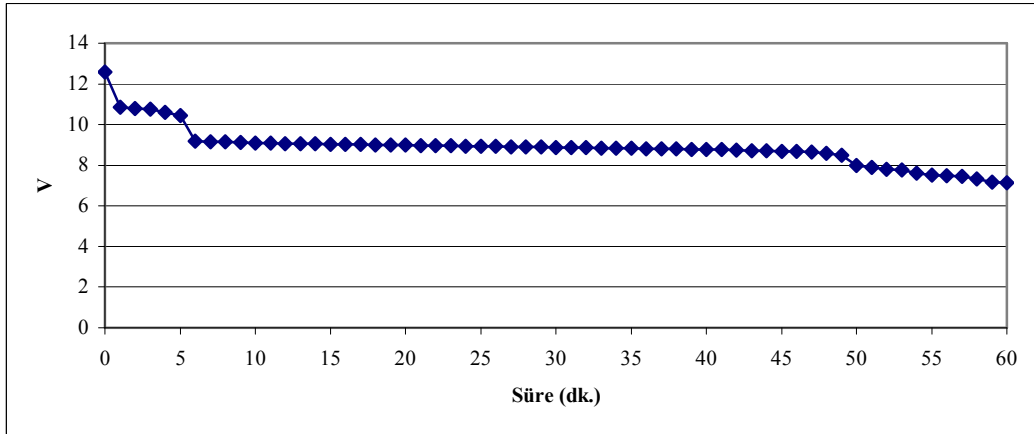
Tablo 4.1 Isıtıcı giysi prototipinde kullanılan panellere ilişkin direnç değerleri (Ω)

	Panel 1	Panel 2	Panel 3	Panel 4
1 Katlı	56	53	55	56
2 Katlı	26	27	25	25
3 Katlı	20	19	20	19
4 Katlı	15	14	14	14

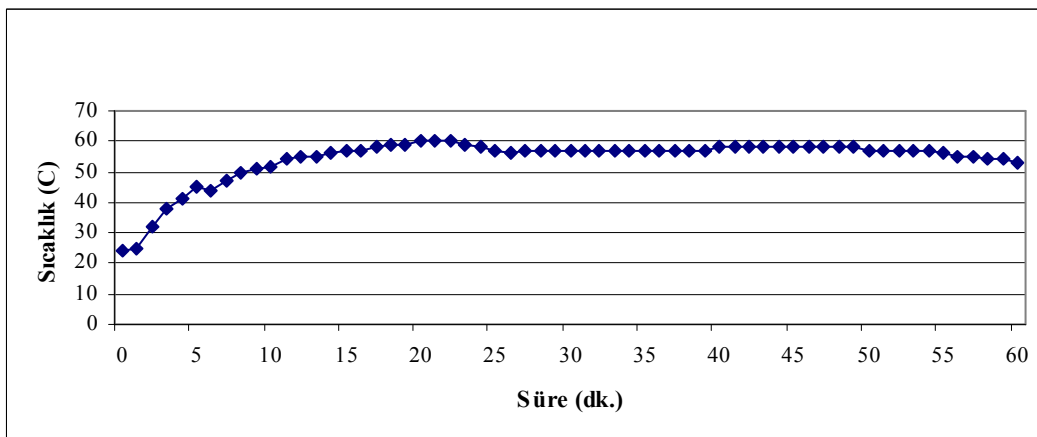
Şekil 4.5 ile Şekil 4.12 arasında değişik kat sayılarına sahip 1 adet panelin oda sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma ve gerilim grafikleri sunulmaktadır.



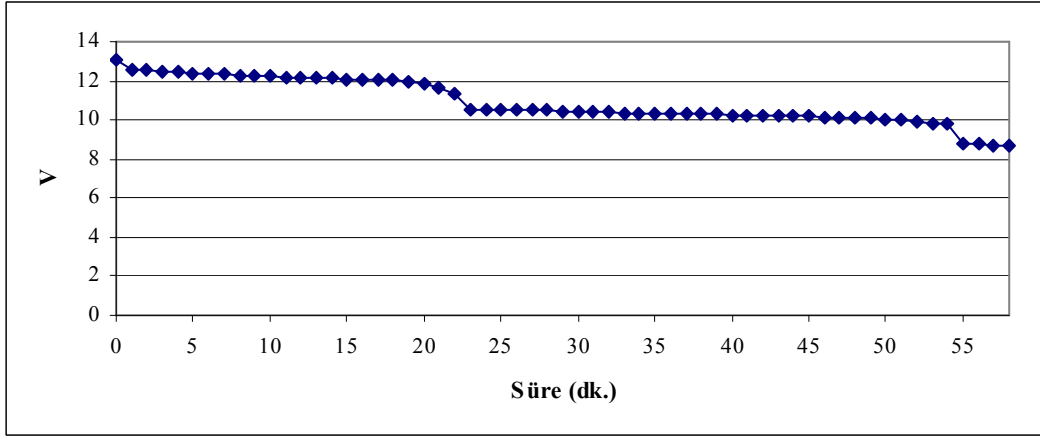
Şekil 4.5 Tek Katlı 1 Adet Panel Isınma Verileri.



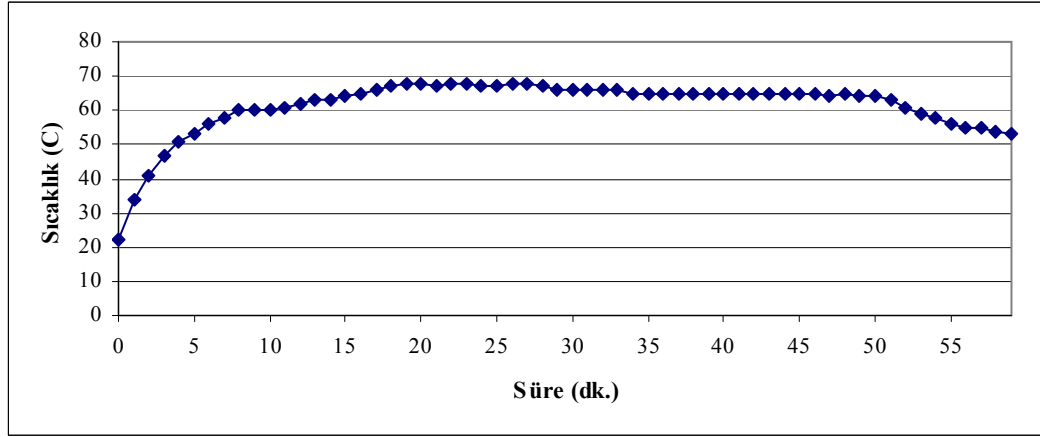
Şekil 4.6 Tek Katlı 1 Adet Panel Gerilim-Zaman Grafiği.



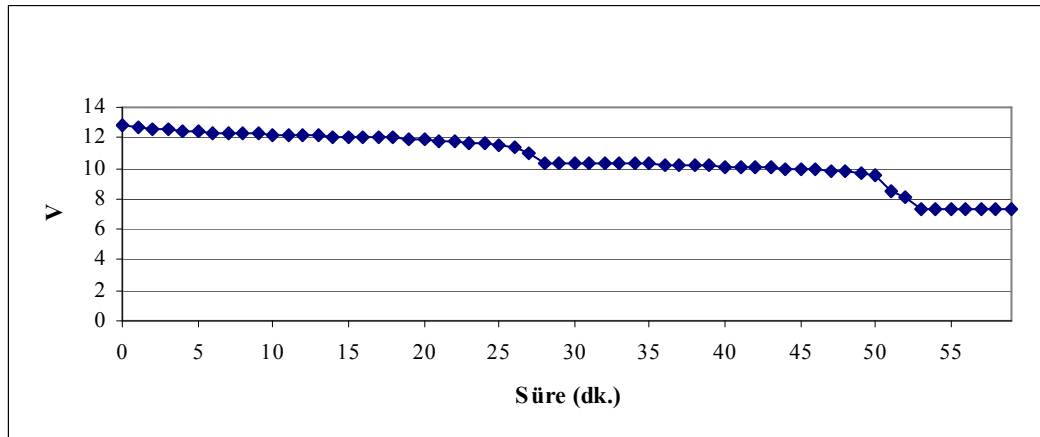
Şekil 4.7 İki Katlı 1 Adet Panel Isınma Verileri.



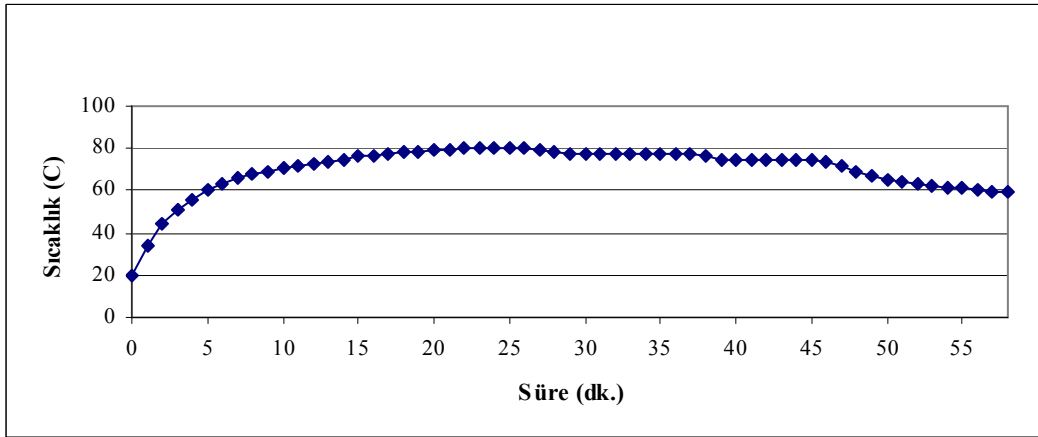
Şekil 4.8 İki Katlı 1 Adet Panel İçin Gerilim-Zaman Grafiği.



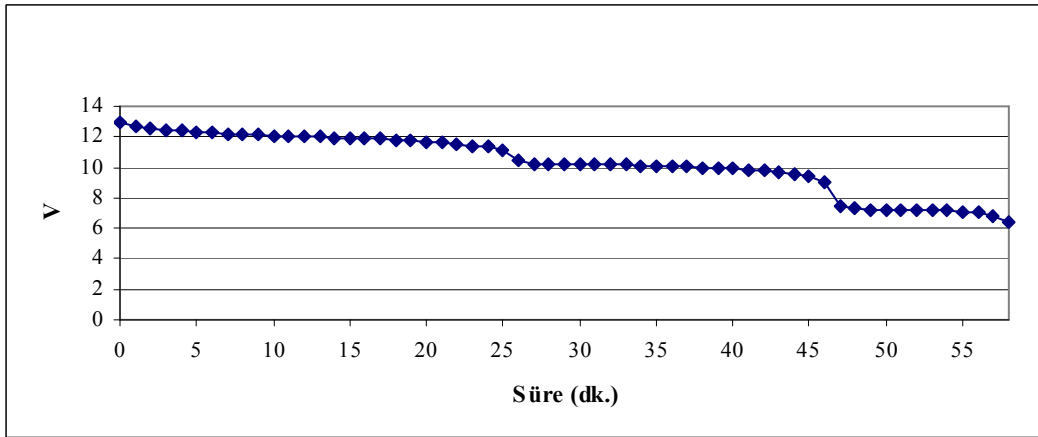
Şekil 4.9 Üç Katlı 1 Adet Panel Isınma Verileri.



Şekil 4.10 Üç Katlı 1 Adet Panel Gerilim-Zaman Grafiği.



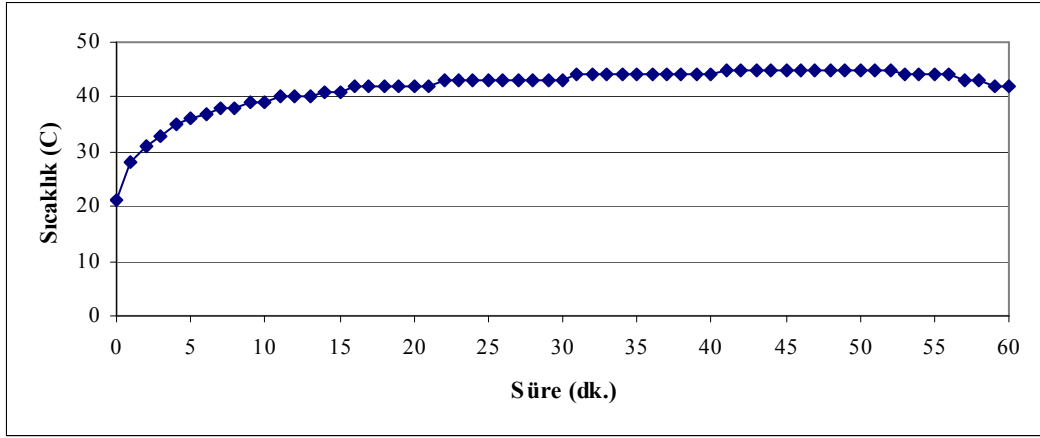
Şekil 4.11 Dört Katlı 1 Adet Panel Isınma Verileri.



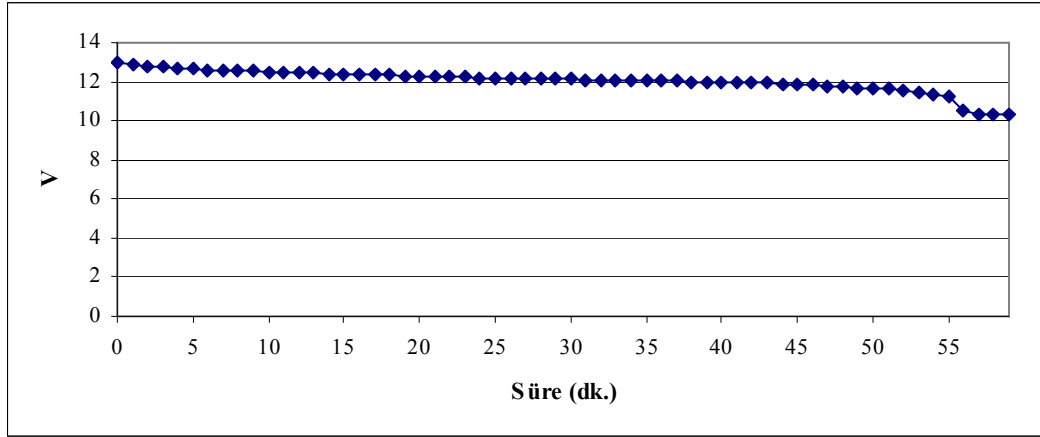
Şekil 4.12 Dört Katlı 1 Adet Panel Gerilim-Zaman Grafiği.

Şekil 4.5 ile Şekil 4.12'de görüldüğü gibi 1 adet panel uygulamalarının tamamında 60 dk. boyunca ölçüm yapılabilmektedir. Tek katlı 1 adet panel uygulamasında yaklaşık 15 °C'lik bir sıcaklık artışı elde edilirken kat sayısı 2'ye çıkarıldığında sıcaklık artışı yaklaşık 40 °C'ye çıkmış, benzer şekilde 3 katlı panel uygulamasında 50°C, dört katlı panel uygulamasında ise 60°C'ye yaklaşan değerlerde sıcaklık artışı sağlanmıştır.

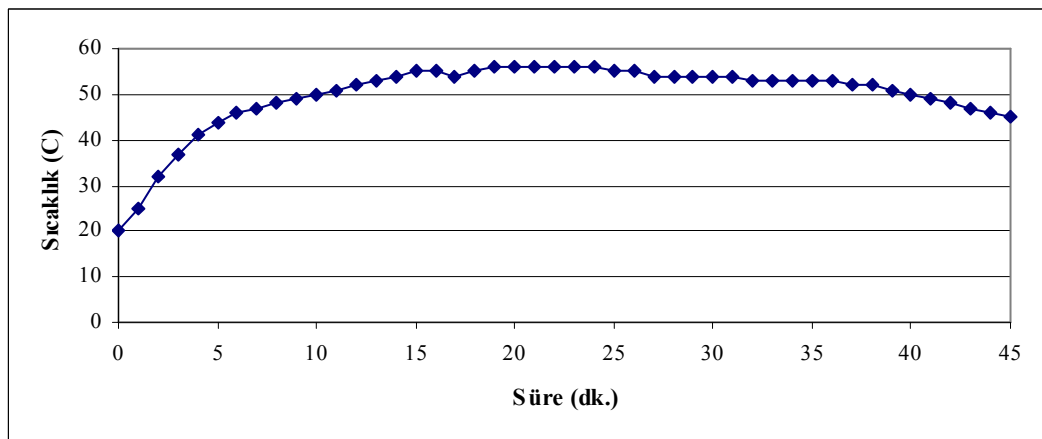
Şekil 4.13 ile Şekil 4.20 arasında değişik kat sayılarına sahip 2 adet panelin oda sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma ve gerilim grafikleri sunulmaktadır.



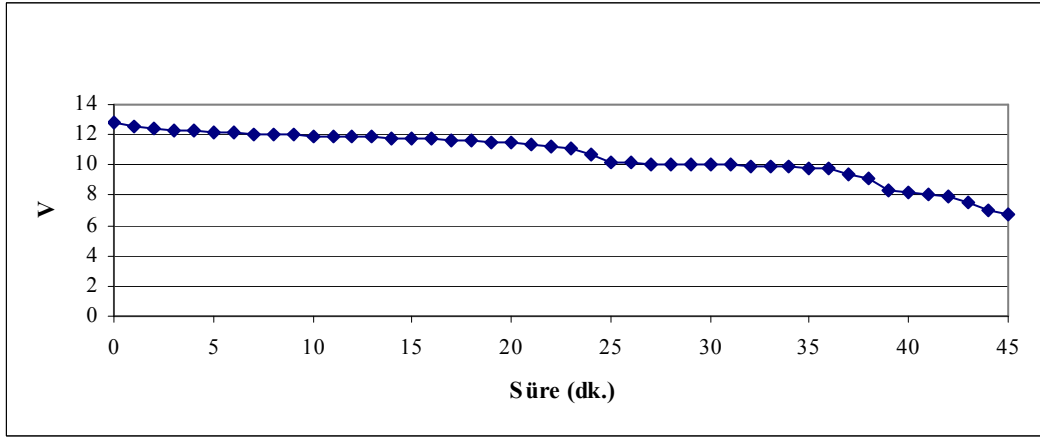
Şekil 4.13 Tek Katlı 2 Adet Panel Isınma Verileri.



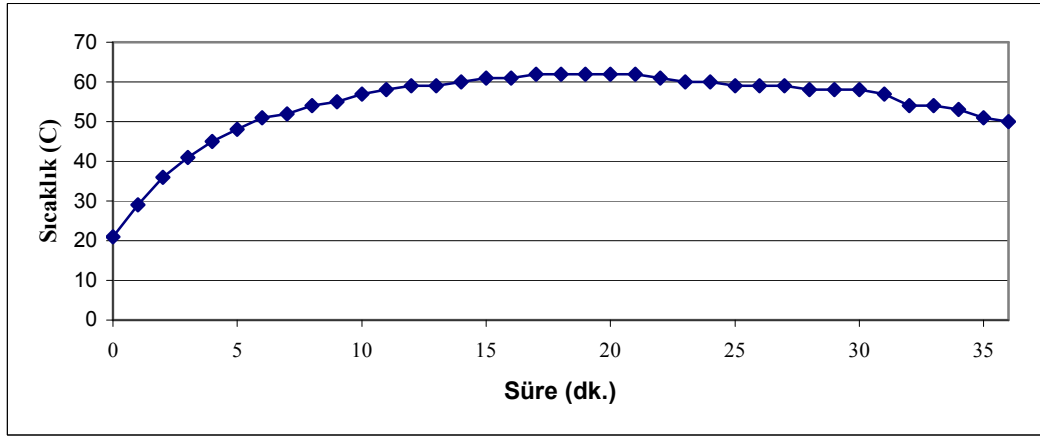
Şekil 4.14 Tek Katlı 2 Adet Panel Gerilim-Zaman Grafiği.



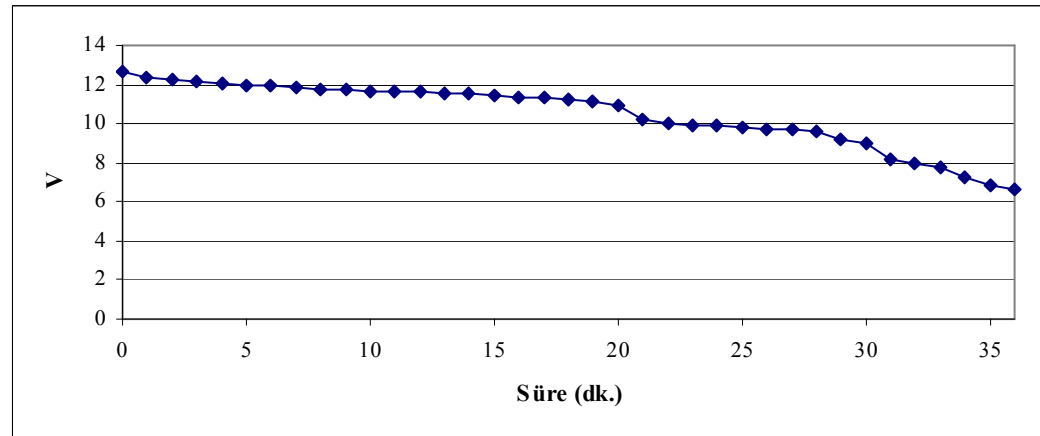
Şekil 4.15 İki Katlı 2 Adet Panel Isınma Verileri.



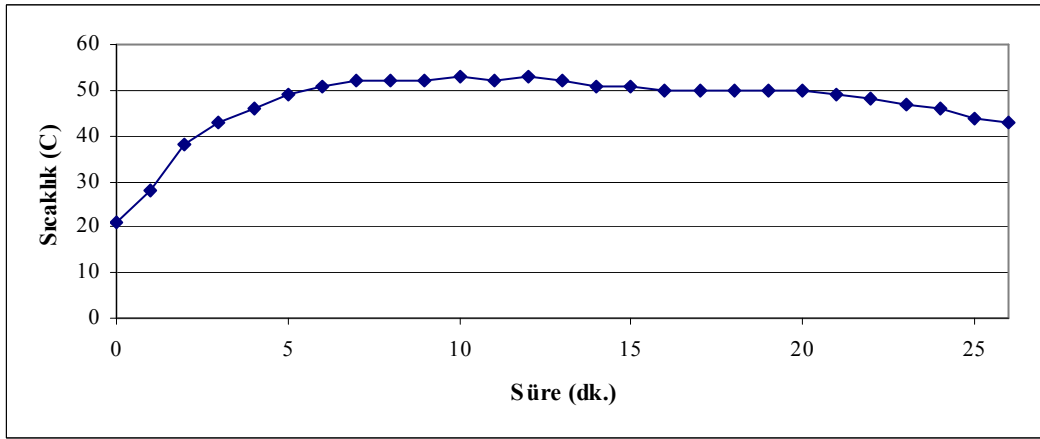
Şekil 4.16 İki Katlı 2 Adet Panel Gerilim-Zaman Grafiği.



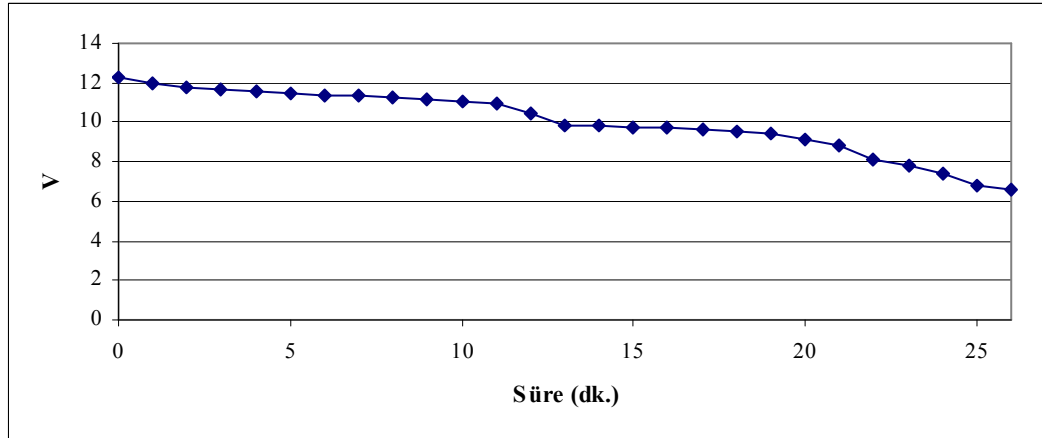
Şekil 4.17 Üç Katlı 2 Adet Panel Isınma Verileri.



Şekil 4.18 Üç Katlı 2 Adet Panel Gerilim-Zaman Grafiği.



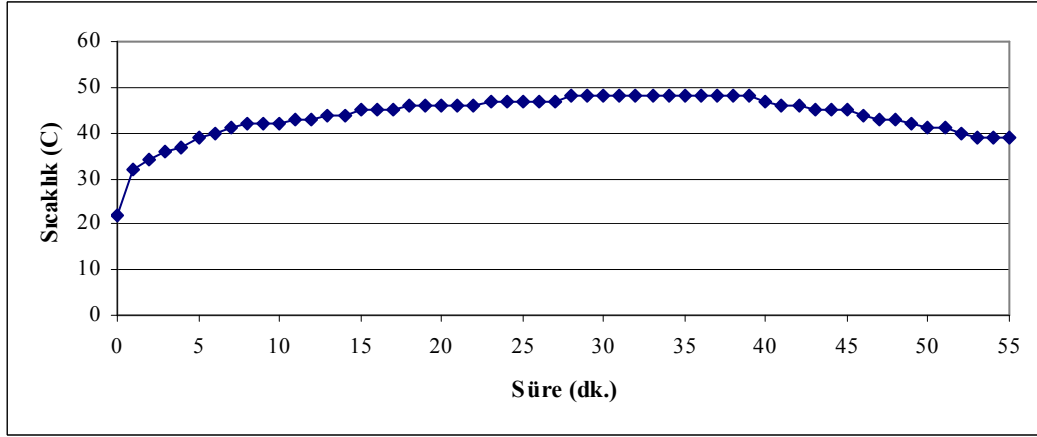
Şekil 4.19 Dört Katlı 2 Adet Panel Isınma Verileri.



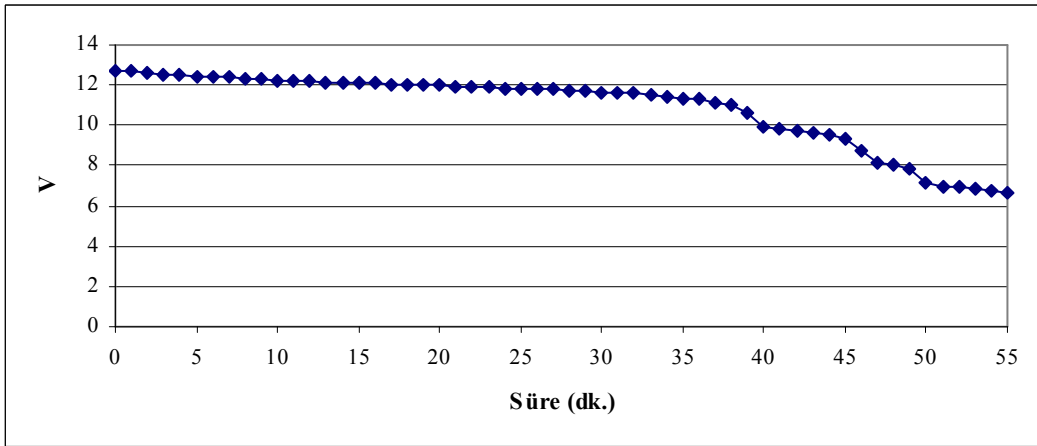
Şekil 4.20 Dört Katlı 2 Adet Panel Gerilim Zaman Grafiği.

2 adet panel uygulamalarına ilişkin Şekil 4.13-Şekil 4.20'de görüldüğü gibi tek katlı 2 adet panel uygulamasında 60 dk. boyunca ölçüm yapılmasına karşın kat sayısı arttırıldığında iki katlı uygulamada 45, üç katlı uygulamada 36, dört katlı uygulamada ise 26 dakika süreyle sistemden veri elde edilmiştir. Tek katlı 2 adet panel uygulamasında yaklaşık 25°C lik bir sıcaklık artışı elde edilmiştir. Tespit edilen sıcaklık artış değerleri iki katlı 2 adet panel için 35°C, 3 katlı 2 adet panel için 40°C, dört katlı 2 adet panel için ise 30°C ye yaklaşan değerlerdedir.

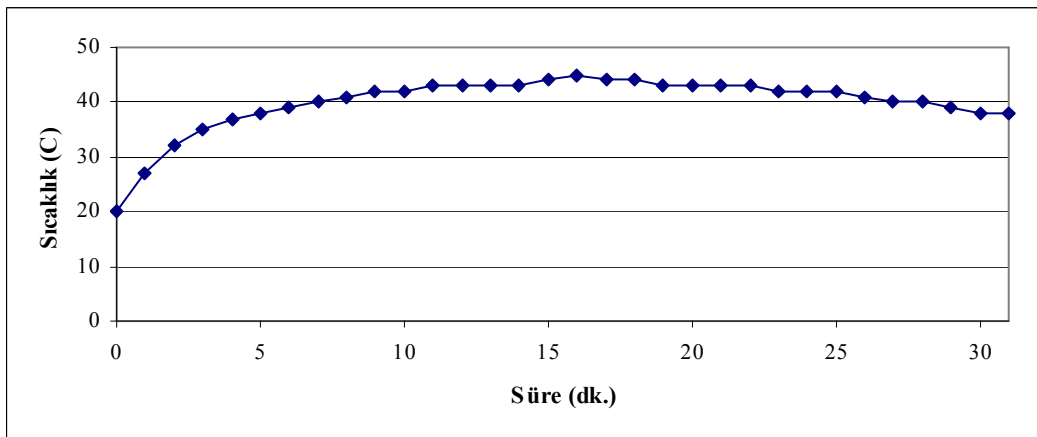
Şekil 4.21 ile Şekil 4.28 arasında değişik kat sayılarına sahip 3 adet panelin oda sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma ve gerilim grafikleri sunulmaktadır.



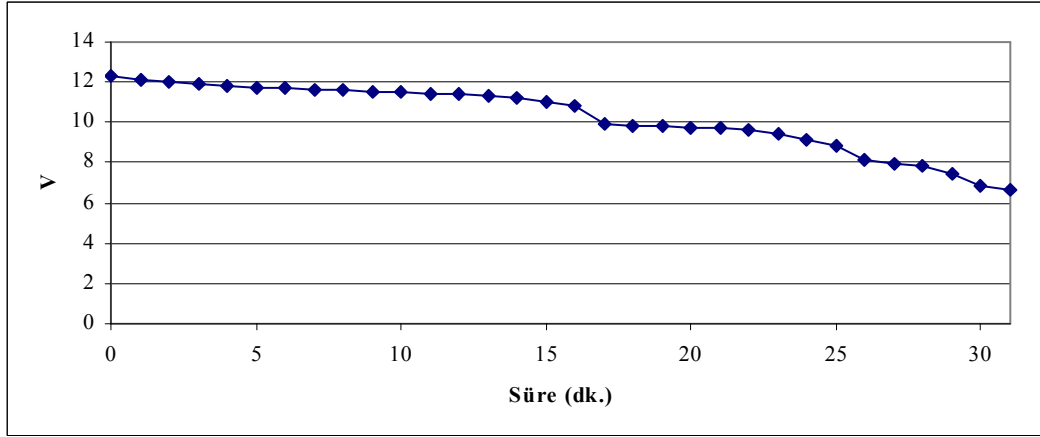
Şekil 4.21 Tek Katlı 3 Adet Panel Isınma Verileri.



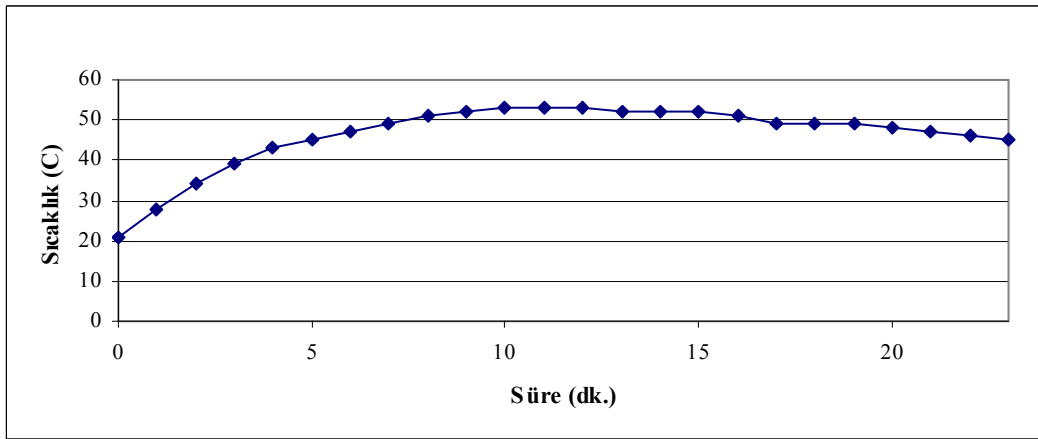
Şekil 4.22 Tek Katlı 3 Adet Panel Gerilim-Zaman Grafiği.



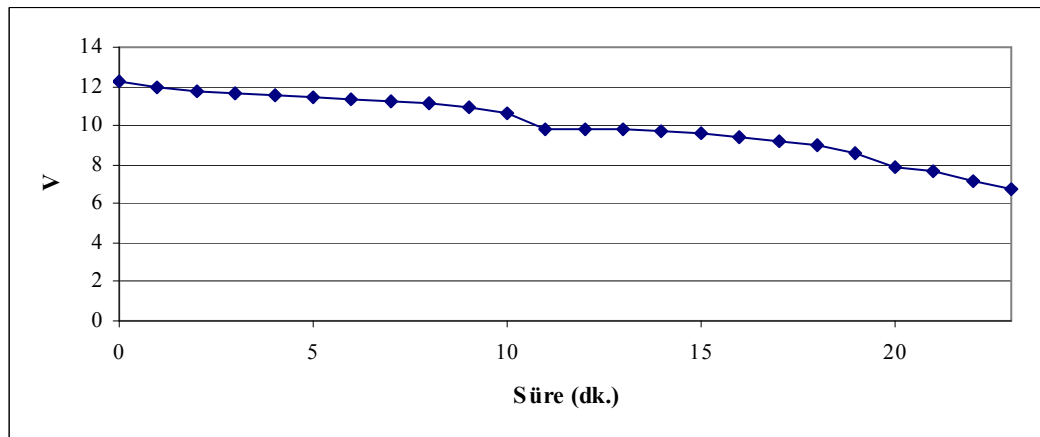
Şekil 4.23 İki Katlı 3 Adet Panel Isınma Verileri.



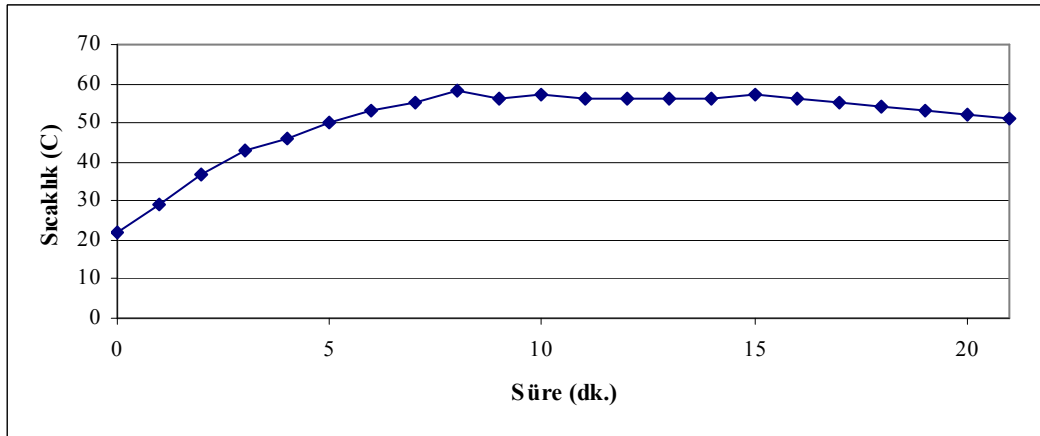
Şekil 4.24 İki Katlı 3 Adet Panel Gerilim-Zaman Grafiği.



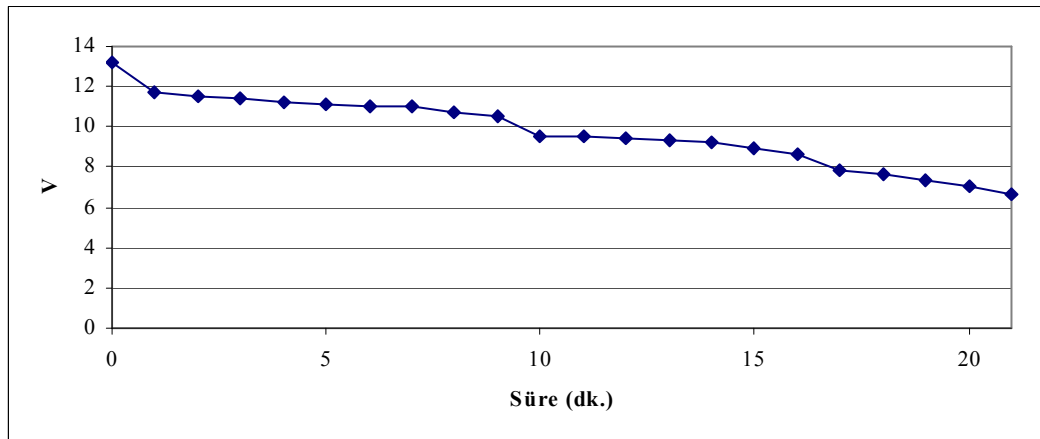
Şekil 4.25 Üç Katlı 3 Adet Panel Isınma Verileri.



Şekil 4.26 Üç Katlı 3 Adet Panel Gerilim-Zaman Grafiği.



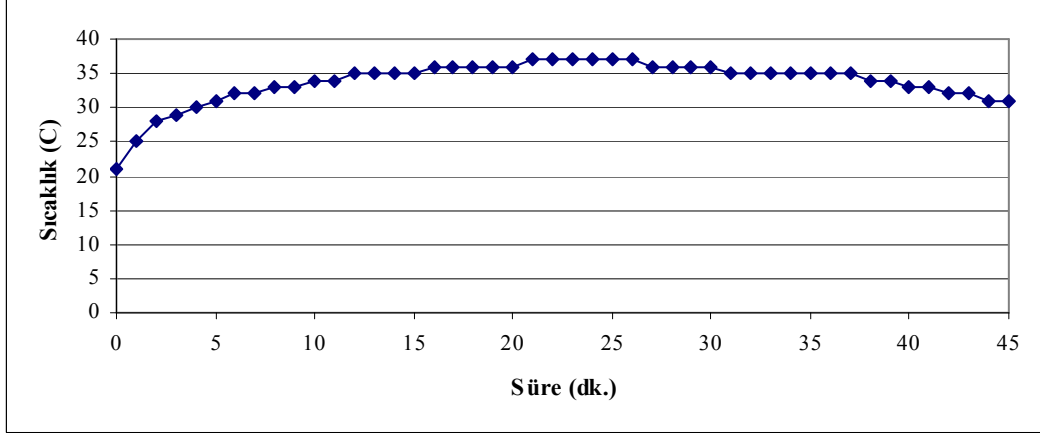
Şekil 4.27 Dört Katlı 3 Adet Panel Isınma Verileri.



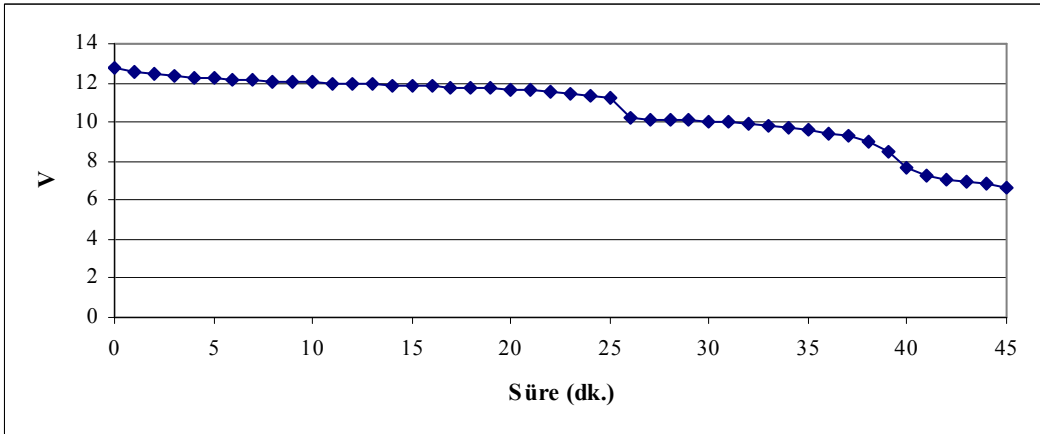
Şekil 4.28 Dört Katlı 3 Adet Panel Gerilim-Zaman Grafiği.

Şekil 4.21 - Şekil 4.28' de görüldüğü gibi 3 adet panel uygulamalarında kat sayısı ile ölçüm süreleri ters orantılı olarak değişmiş ve bir, iki, üç, dört katlı panel kullanımında sırasıyla 55, 31, 23 ve 21 dakikalık uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Tek katlı 3 adet panel uygulamasında yaklaşık 15 °C lik bir sıcaklık artışı elde edilirken kat sayısı 2'ye çıkarıldığında sıcaklık artışı yaklaşık 40 °C ye çıkmış, benzer şekilde 3 katlı panel uygulamasında 50 °C dört katlı panel uygulamasında ise 60 °C ye yaklaşan değerlerde sıcaklık artışı sağlanmıştır.

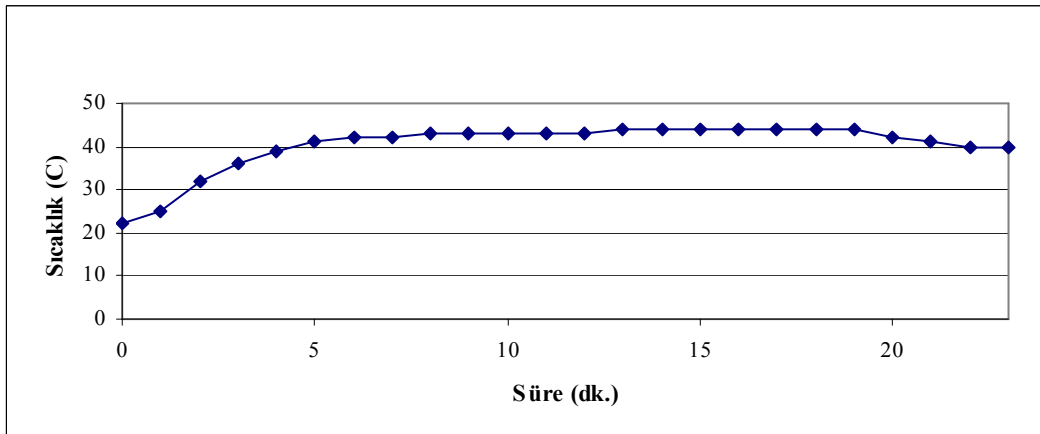
Şekil 4.29 ile Şekil 4.36 arasında değişik kat sayılarına sahip 4 adet panelin oda sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma ve gerilim grafikleri sunulmaktadır.



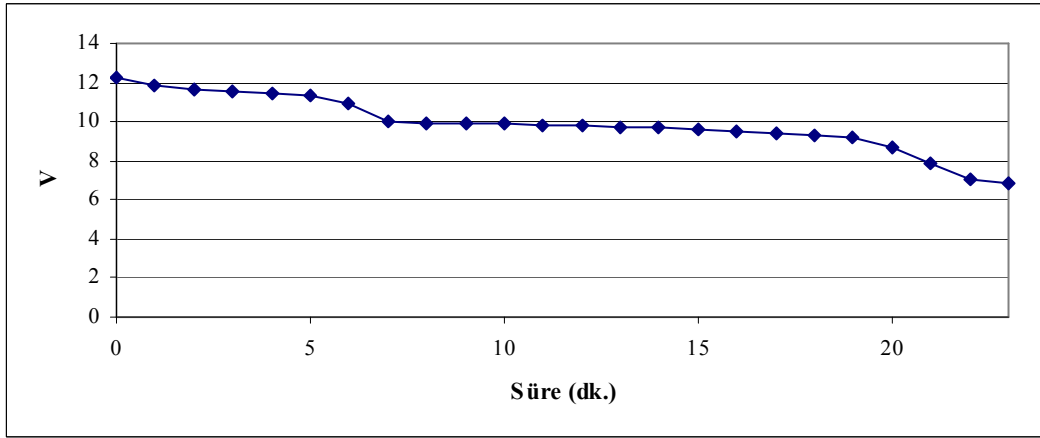
Şekil 4.29 Tek Katlı 4 Adet Panel Isınma Verileri.



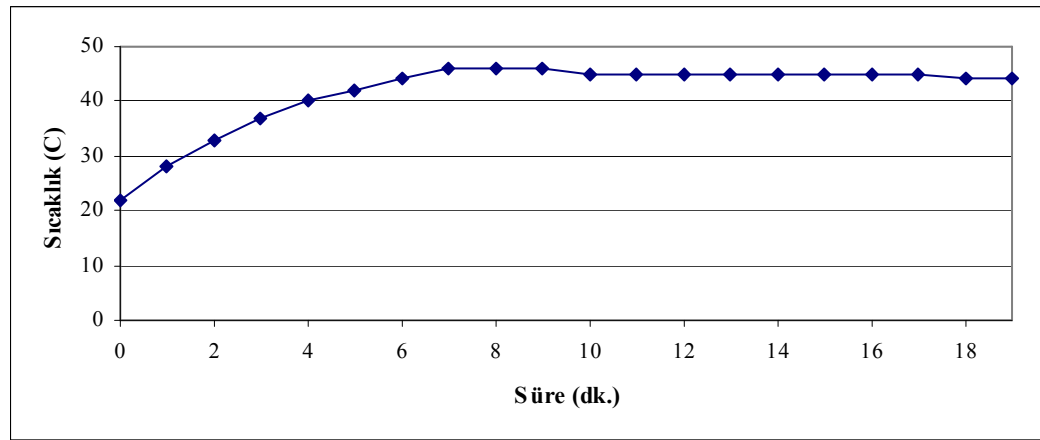
Şekil 4.30 Tek Katlı 4 Adet Panel Gerilim-Zaman Grafiği.



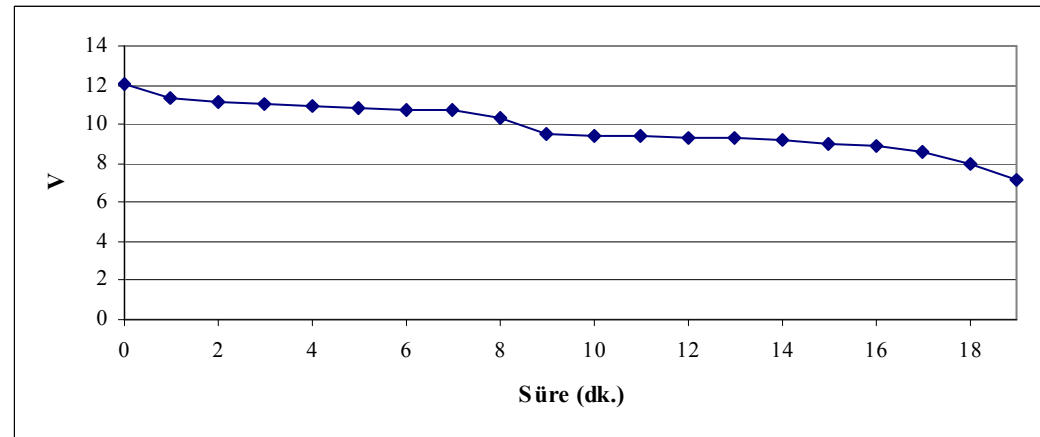
Şekil 4.31 İki Katlı 4 Adet Panel Isınma Verileri.



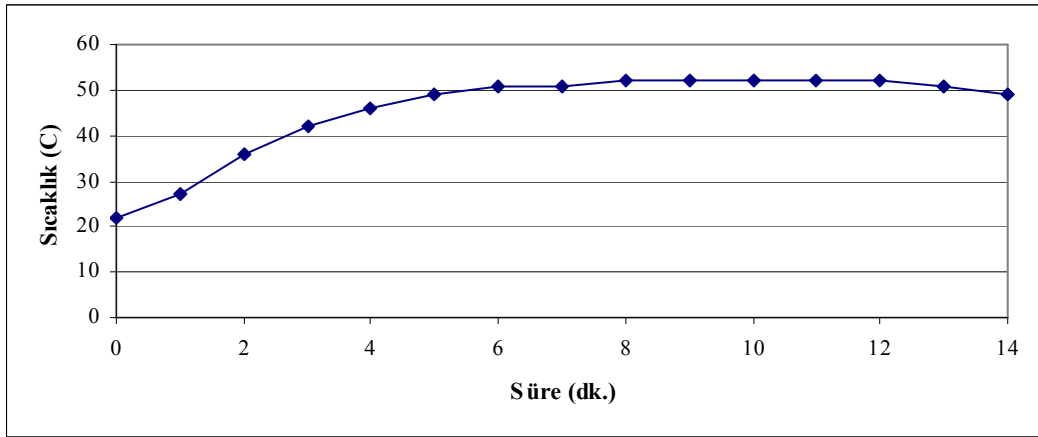
Şekil 4.32 İki Katlı 4 Adet Panel Gerilim-Zaman Grafiği.



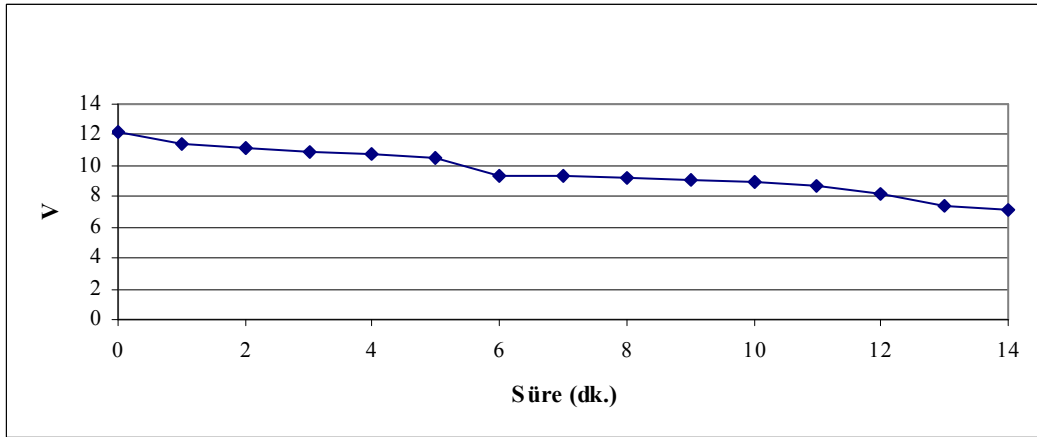
Şekil 4.33 Üç Katlı 4 Adet Panel Isınma Verileri.



Şekil 4.34 Üç Katlı 4 Adet Panel Gerilim-Zaman Grafiği.



Şekil 4.35 Dört Katlı 4 Adet Panel Isınma Verileri.



Şekil 4.36 Dört Katlı 4 Adet Panel Gerilim-Zaman Grafiği.

Şekil 4.29 ile Şekil 4.36'da görüldüğü gibi 4 adet panel uygulamalarında da uygulama süreleri farklı gerçekleşmiştir. Tek katlı 4 adet panel uygulaması 45 dakika sürerken elde edilen sıcaklık artışı yaklaşık 15 °C dir. İki katlı 4 adet panel denemelerinde 23 dakika süreyle ölçüm yapılmış ve elde edilen en yüksek sıcaklık artışı 25 °C olarak tespit edilmiştir. Kat sayısı 3'e çıkarıldığında 19 dk.lık ölçüm süresi gerçekleşmiş ve 28 °C lik sıcaklık artışı ölçülmüştür. Yaklaşık 30 °C lik artışın yaşandığı dört katlı 4 adet panel uygulaması ise 14 dk. sürmüştür.

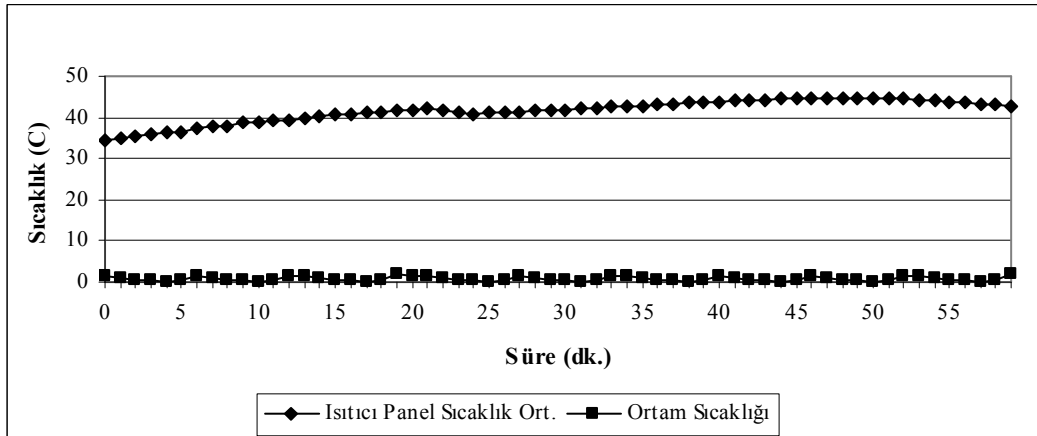
4.3 Ni-MH Pil Uygulamaları

Deneysel çalışmalarda kullanılan pil çeşitlerinden ilki olan Ni-MH tipi pillerle soğuk ortam şartlarının simüle edilebilmesi amacıyla 0°C ve 5°C ortam sıcaklıklarında uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Farklı kat sayısına sahip paneller ısıtıcı giysi prototipine farklı adetlerde entegre edilmiş ve termal manken üzerinde ölçümler yapılmıştır. Sistemin çalışma performansı; ısınma verileri, sistemin akım ve gerilim değerleri, uygulama sırasında panellerin oluşturduğu ısı enerjisi miktarları açısından izlenmiştir.

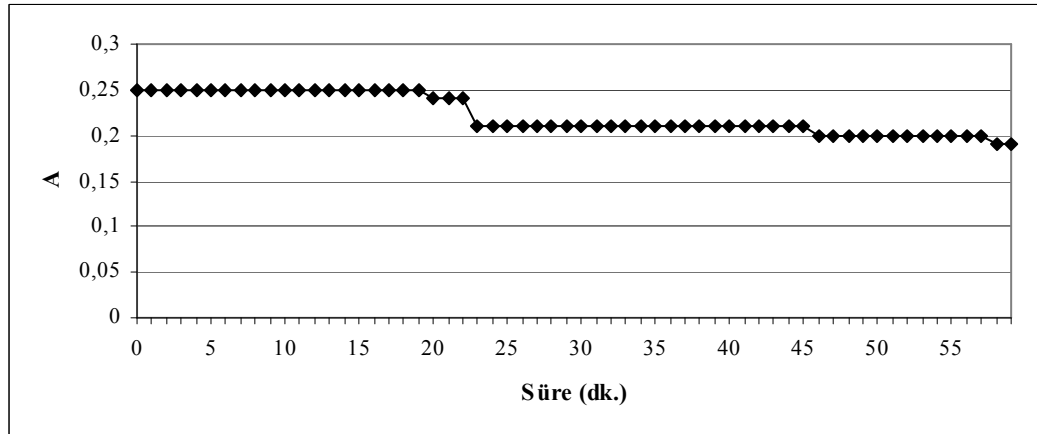
4.3.1 0°C Ortam Şartlarında Isıtıcı Giysi Prototipi Üzerinde Yapılan Ölçüm

Sonuçları

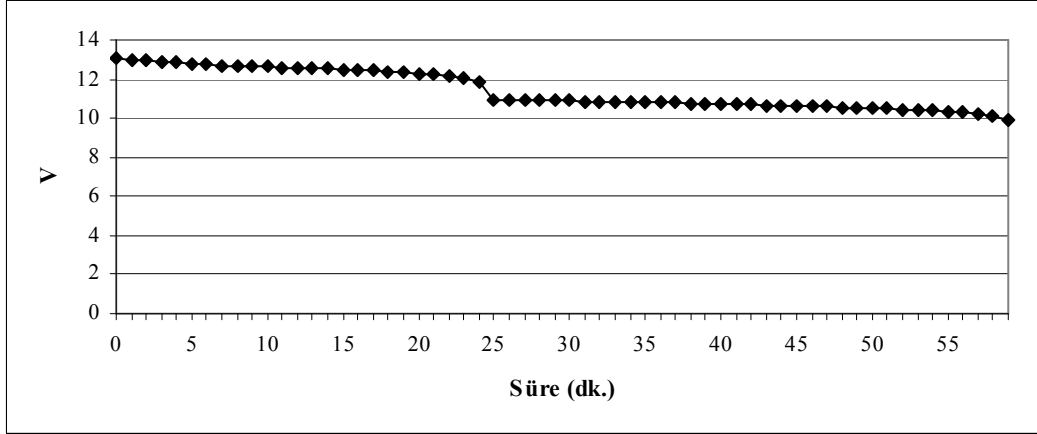
Şekil 4.37 ile Şekil 4.52 arasında bu parametrelerin tek katlı panellerin 0°C ortam sıcaklığındaki uygulama sonuçlarına ait grafikler verilmiştir.



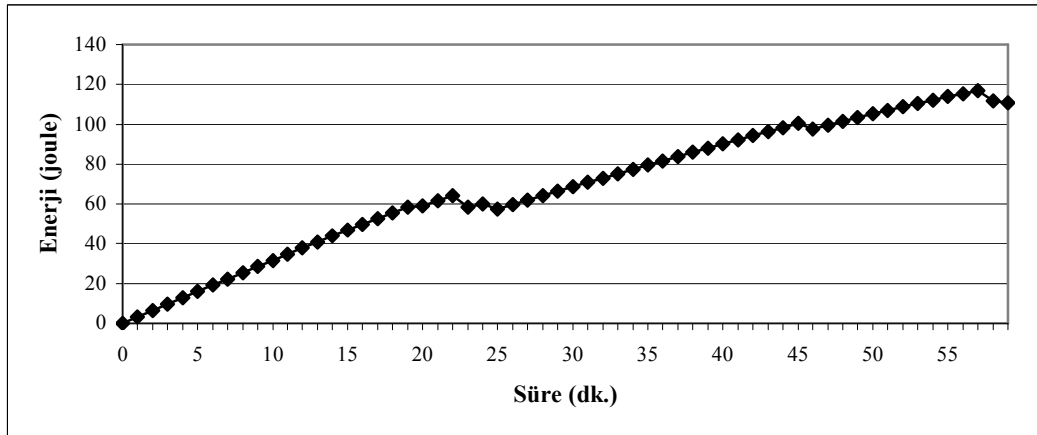
Şekil 4.37 1 Adet Tek Katlı Panel Isınma Grafiği.



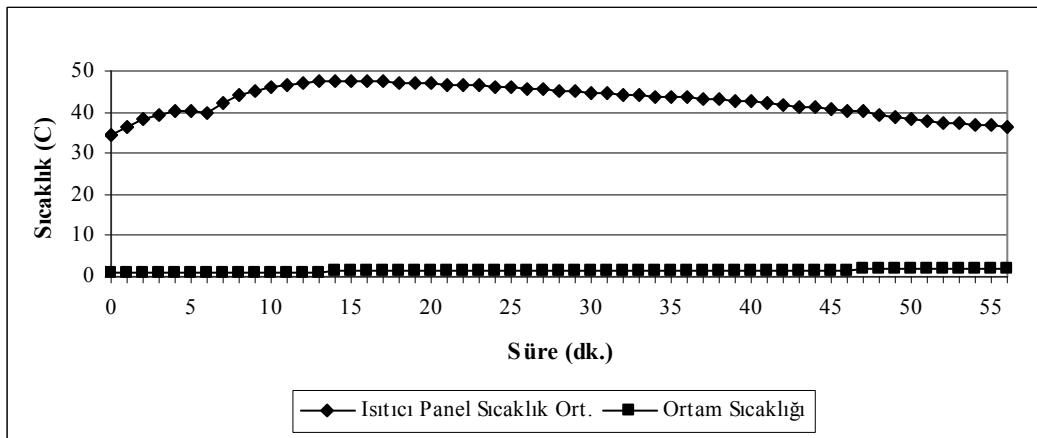
Şekil 4.38 1 Adet Tek Katlı Panel Akım Grafiği.



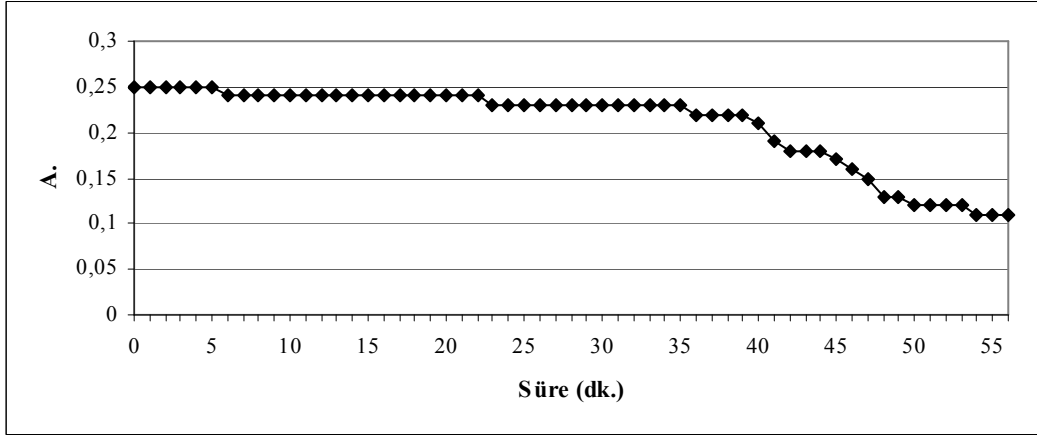
Şekil 4.39 1 Adet Tek Katlı Panel Gerilim Grafiği.



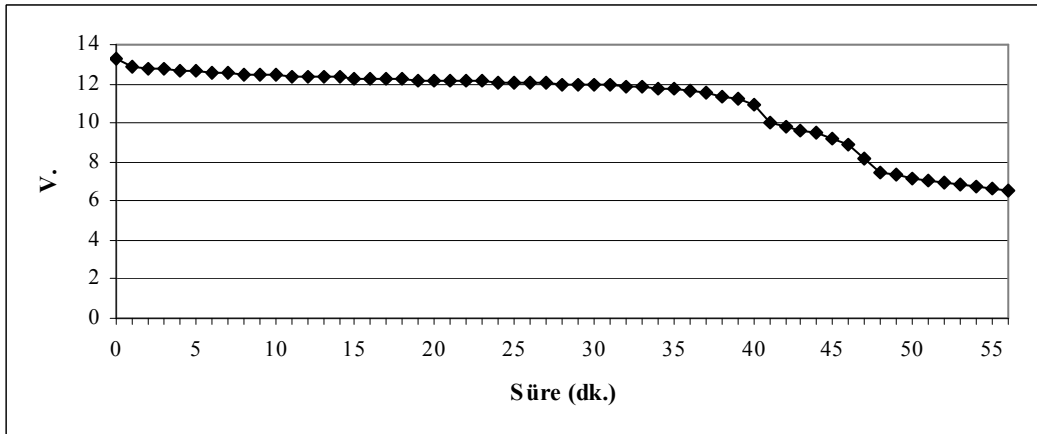
Şekil 4.40 1 Adet Tek Katlı Panel Enerji Grafiği.



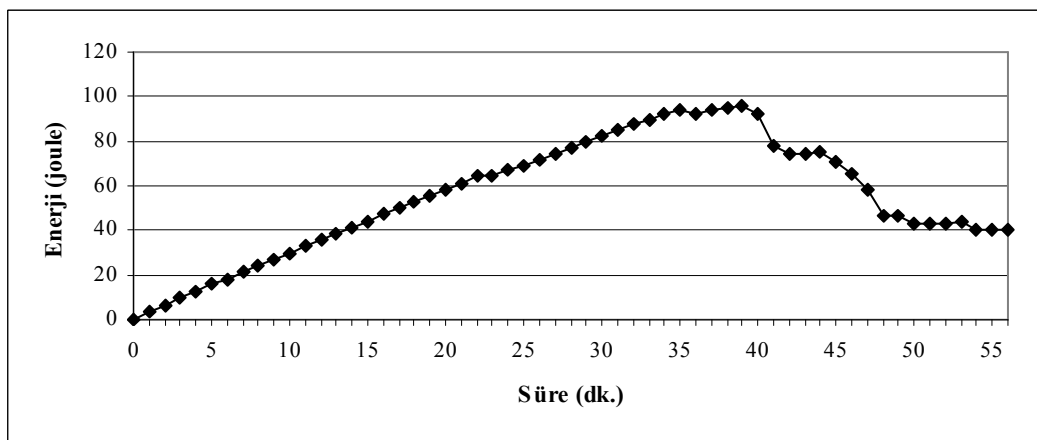
Şekil 4.41 2 Adet Tek Katlı Panel Isınma Grafiği.



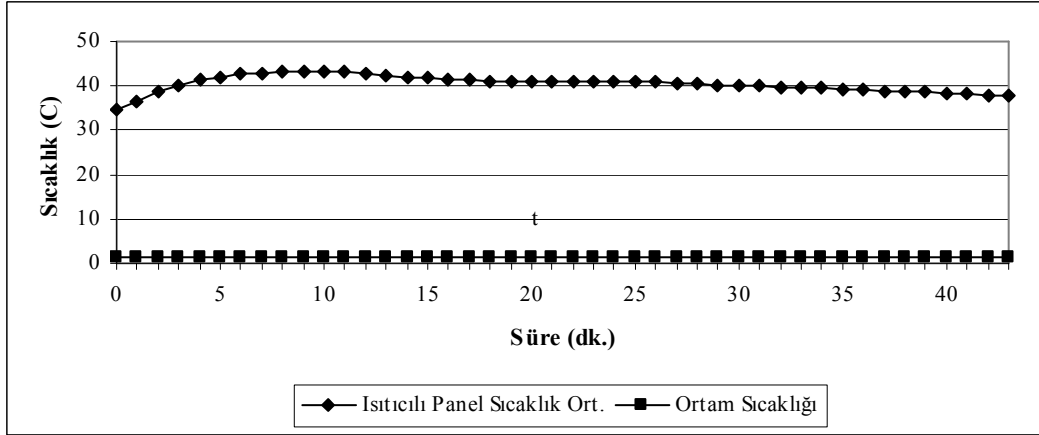
Şekil 4.42 2 Adet Tek Katlı Panel Akım Grafiği.



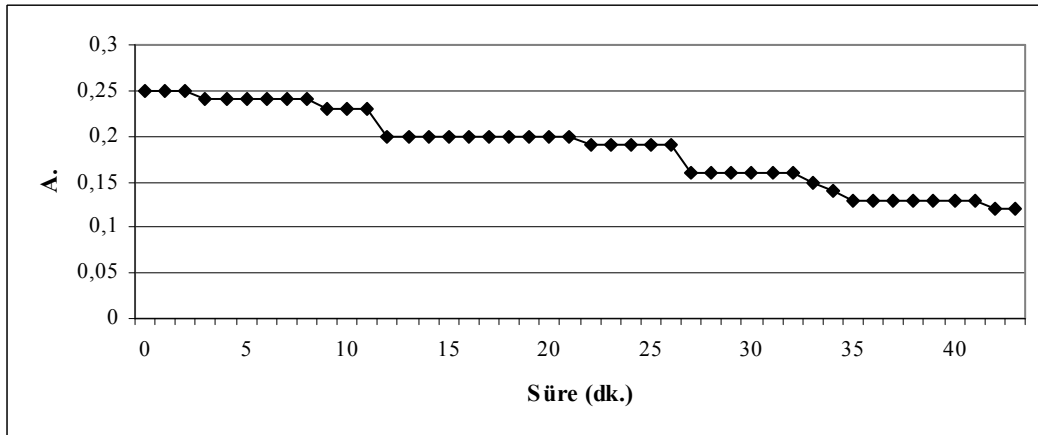
Şekil 4.43 2 Adet Tek Katlı Panel Gerilim Grafiği.



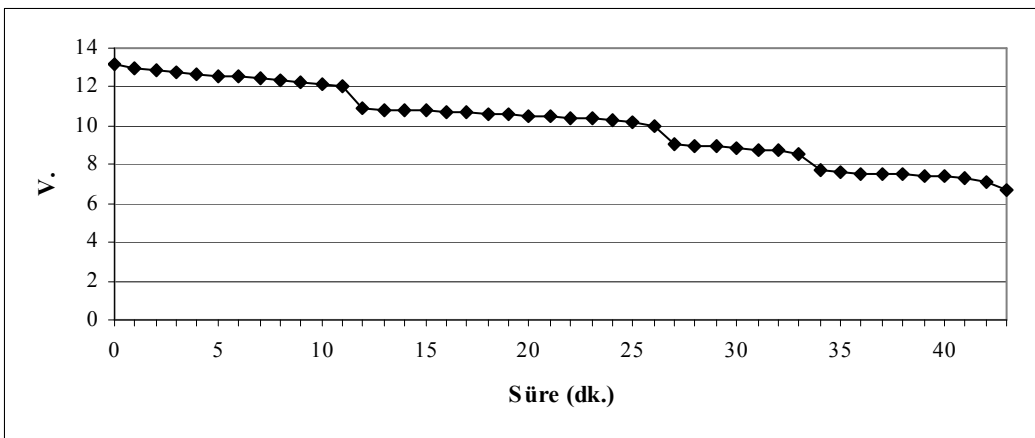
Şekil 4.44 2 Adet Tek Katlı Panel Enerji Grafiği.



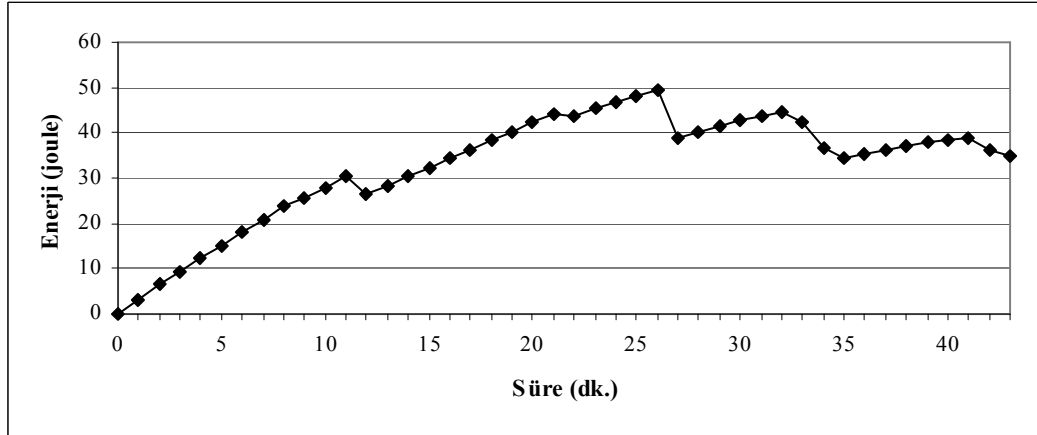
Şekil 4.45 3 Adet Tek Katlı Panel Isınma Grafiği.



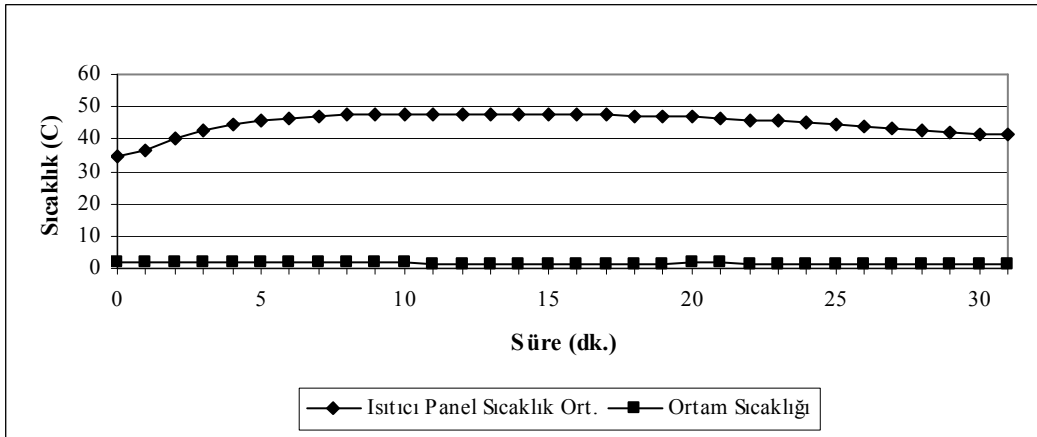
Şekil 4.46 3 Adet Tek Katlı Panel Akım Grafiği.



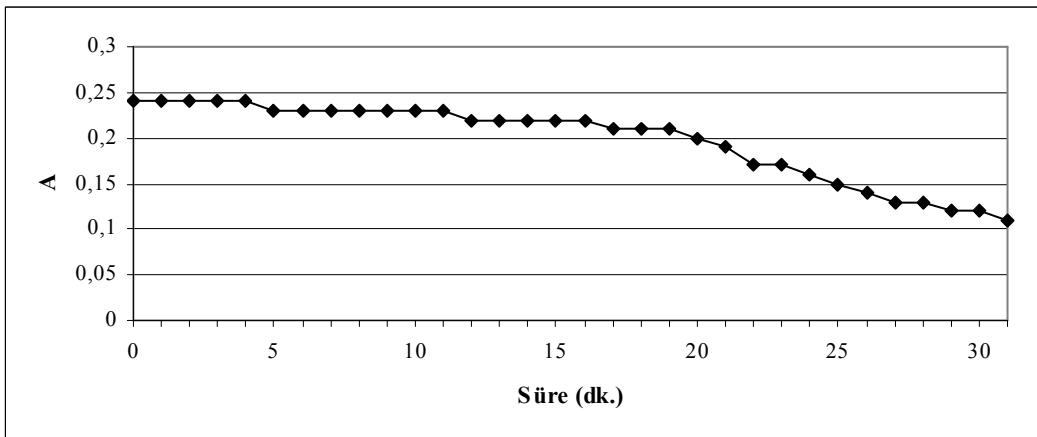
Şekil 4.47 3 Adet Tek Katlı Panel Gerilim Grafiği.



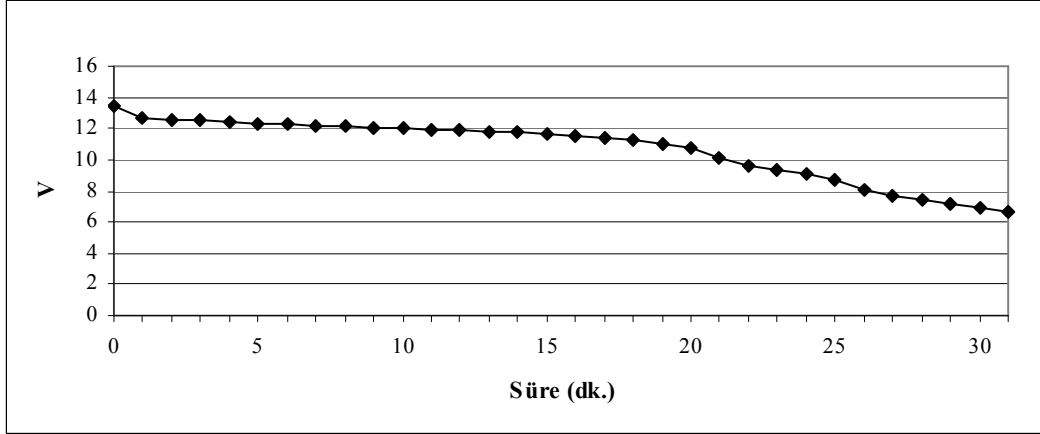
Şekil 4.48 3 Adet Tek Katlı Panel Enerji Grafiği.



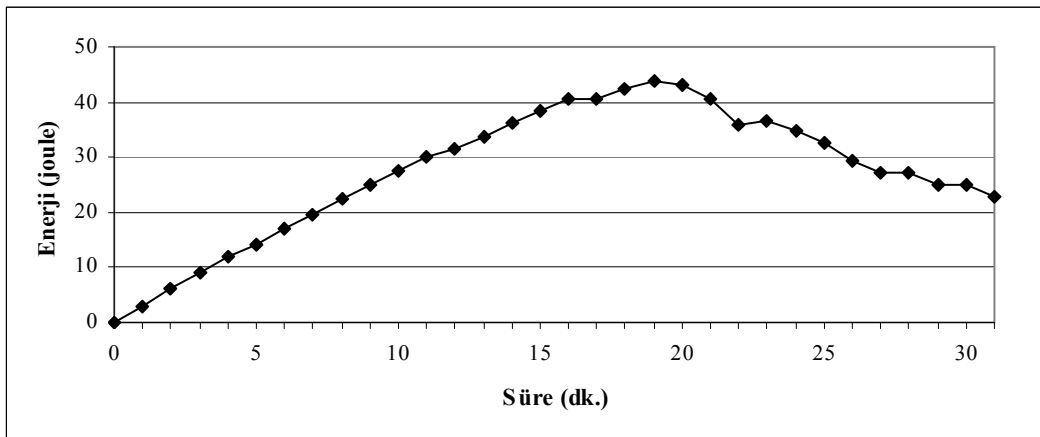
Şekil 4.49 4 Adet Tek Katlı Panel Isınma Grafiği.



Şekil 4.50 4 Adet Tek Katlı Panel Akım Grafiği.



Şekil 4.51 4 Adet Tek Katlı Panel Gerilim Grafiği.

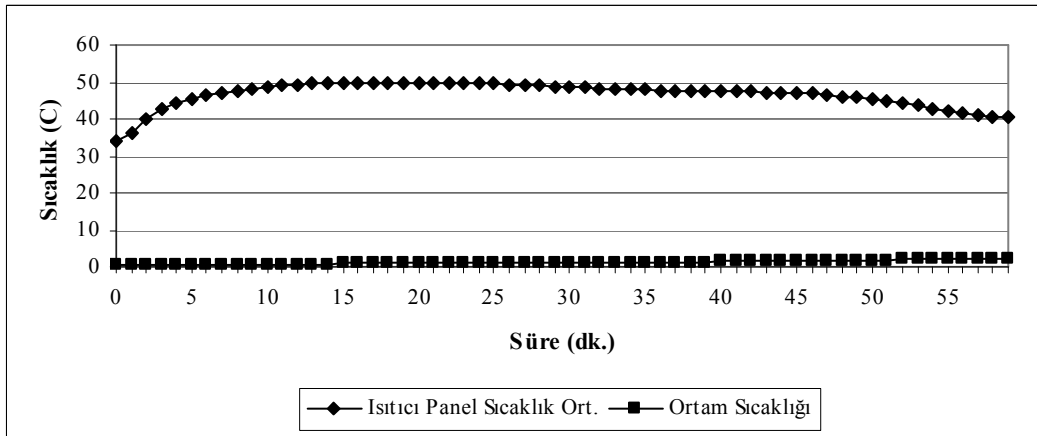


Şekil 4.52 4 Adet Tek Katlı Panel Enerji Grafiği.

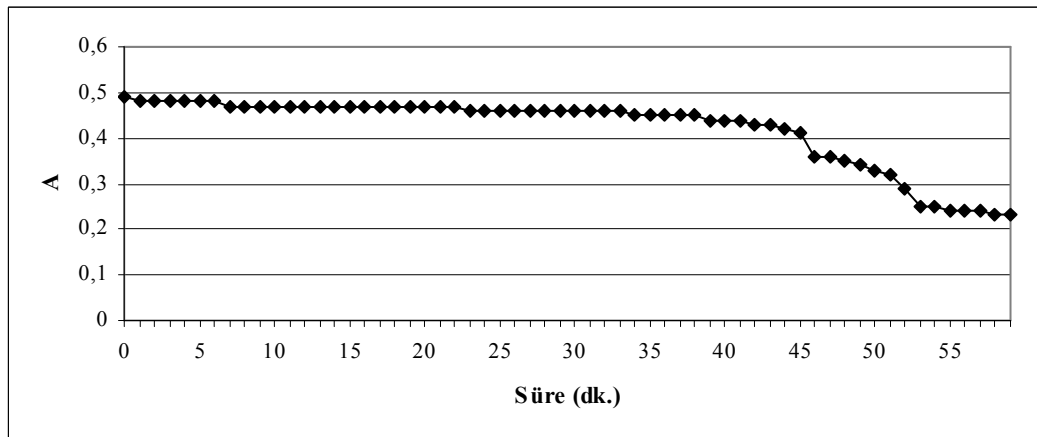
Şekil 4.37 - Şekil 4.52'de görüldüğü gibi tek katlı 1 adet panel uygulamasında 60 dk. boyunca ölçüm yapılabilirken panel sayısı 2'ye çıkarıldığında süre 56 dk.ye, 3 adet panel uygulamasında 43 dk.ya 4 adet panel denemelerinde ise 31 dk.ya inmiştir. Elde edilen sıcaklık artışları da sırasıyla tek katlı 1 adet panel uygulamasında yaklaşık 10°C, 2 adet tek katlı denemelerde 15°C, 3 adet panel uygulamasında 10°C, 4 adet panel kullanımında ise 14°C ye yaklaşan değerlerdedir. Tek katlı panel uygulamalarında sisteme entegre edilen panelin giriş noktasından yapılan ölçümlerde tüm denemeler için panelin çektiği akımın 0,25 A seviyesinden başladığı ve güç kaynağının deneme süresince tükenmesine paralel olarak yaklaşık 0.1 A seviyesine dek azaldığı gözlenmiştir. Öte yandan uygulama sırasında ölçülen elektriksel

parametrelerden hareketle panellerde oluşan ısı enerji coulomb kanununa göre hesaplanmıştır. Elde edilen ısı enerjisinin deney süresince kümülatif olarak arttığı ve güç kaynağının verimli olarak performansını sürdürdüğü son noktaya dek bu artışın sürdüğü görülmüştür. 1, 2, 3 ve 4 adet tek katlı panel uygulamaları için bu değer sırasıyla 120, 100, 50 ve 45 joule olarak hesaplanmıştır.

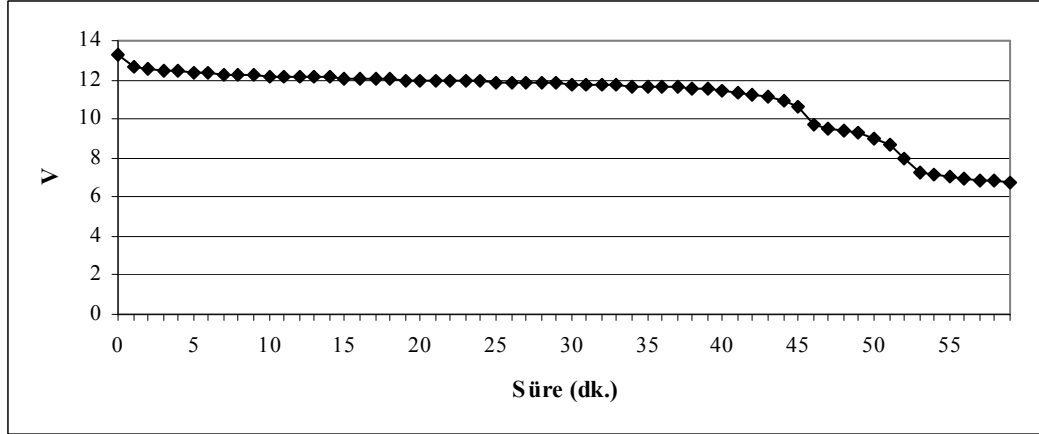
Şekil 4.53 ile Şekil 4.68 arasında 2 katlı panellerin 0°C ortam sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma verileri, sistemin akım ve gerilim grafikleri, uygulama sırasında panellerin oluşturduğu enerji miktarları sunulmuştur.



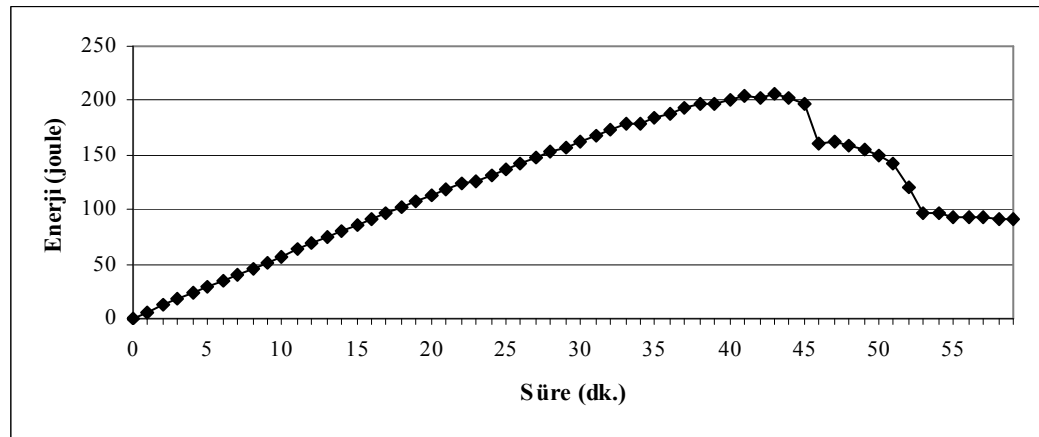
Şekil 4.53 1 Adet 2 Katlı Panel Isınma Grafiği.



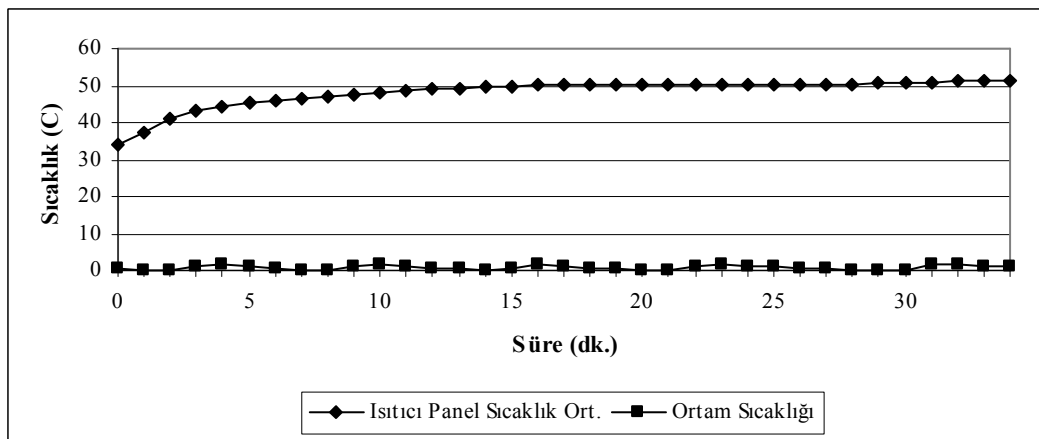
Şekil 4.54 1 Adet 2 Katlı Panel Akım Grafiği.



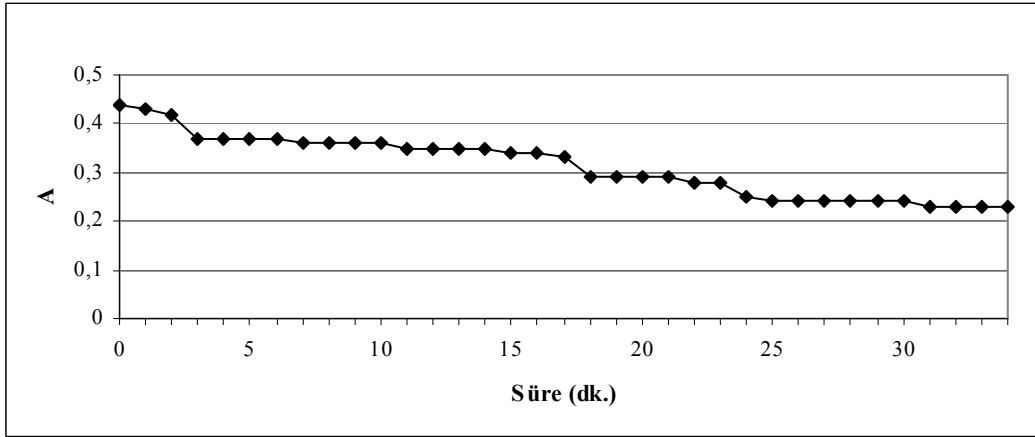
Şekil 4.55 1 Adet 2 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



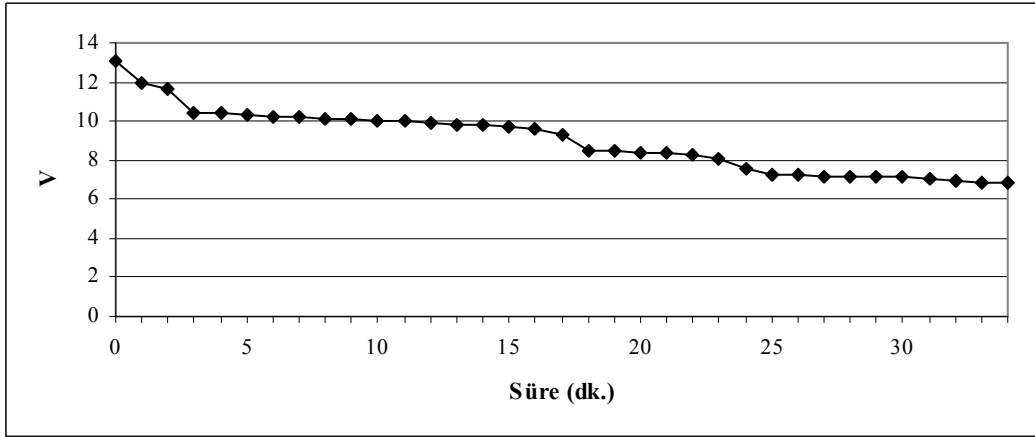
Şekil 4.56 1 Adet 2 Katlı Panel Enerji Grafiği.



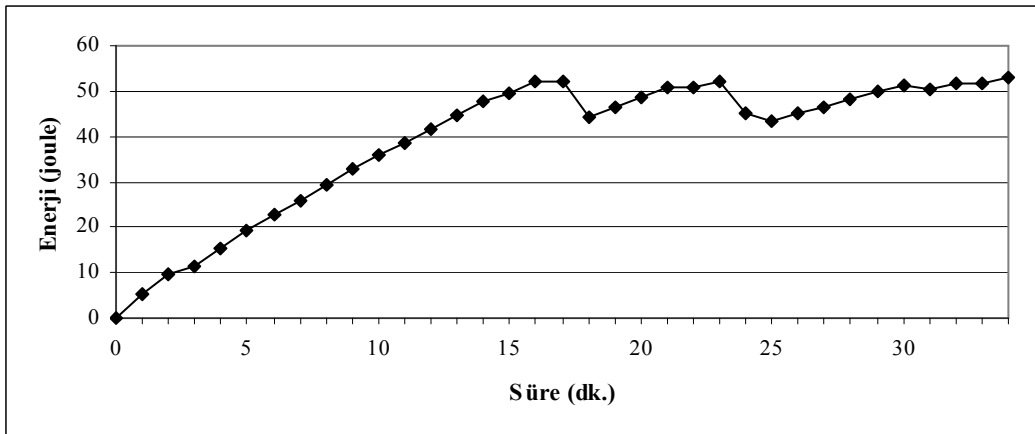
Şekil 4.57 2 Adet 2 Katlı Panel Isınma Grafiği.



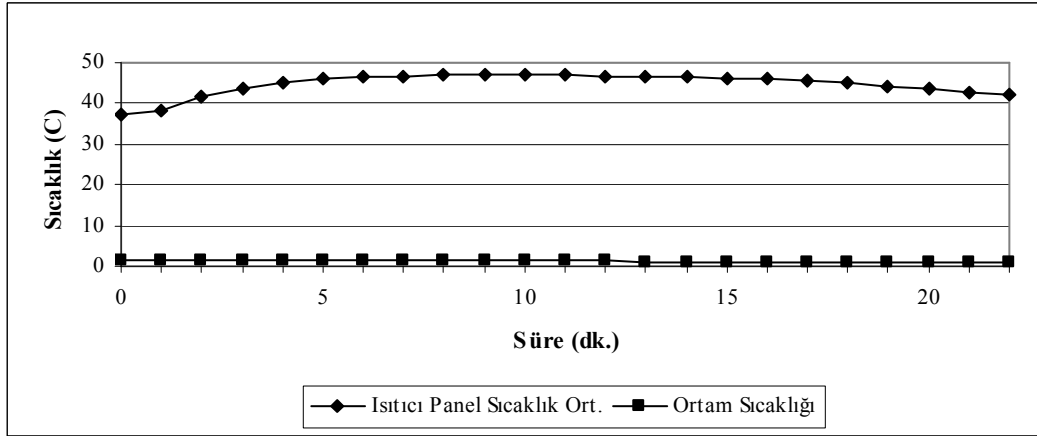
Şekil 4.58 2 Adet 2 Katlı Panel Akım Grafiği.



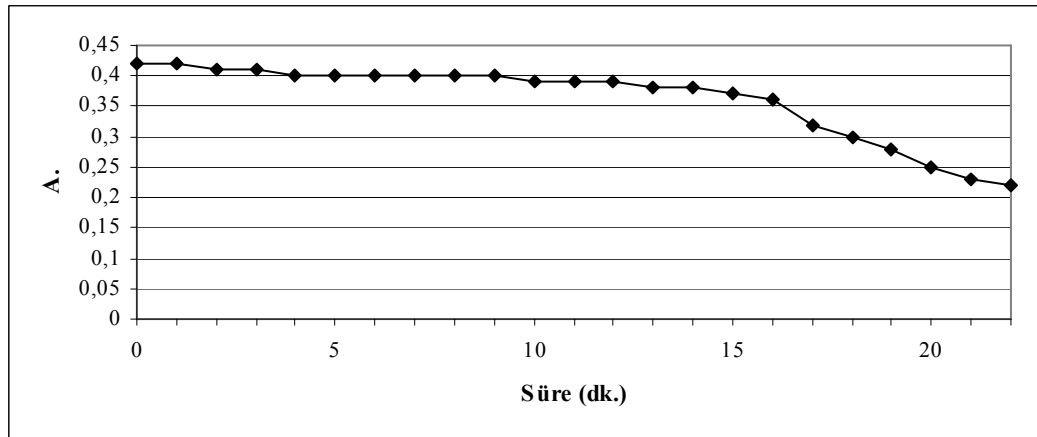
Şekil 4.59 2 Adet 2 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



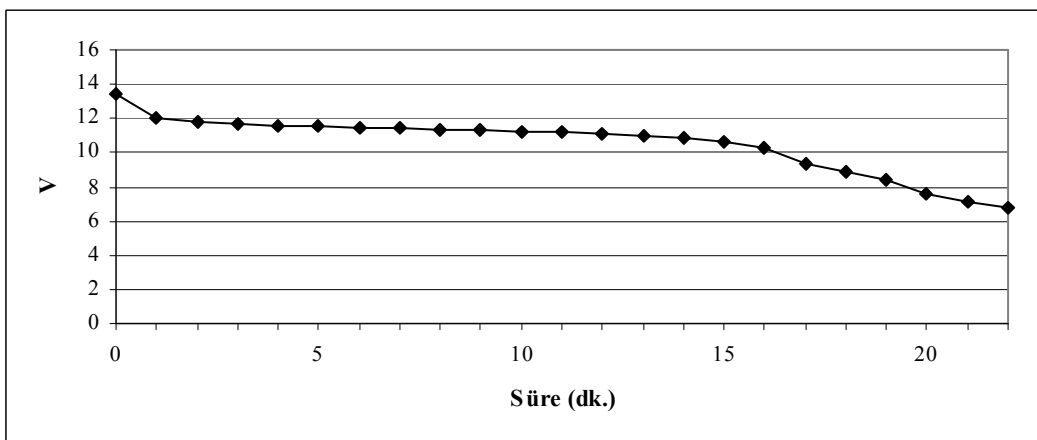
Şekil 4.60 2 Adet 2 Katlı Panel Enerji Grafiği.



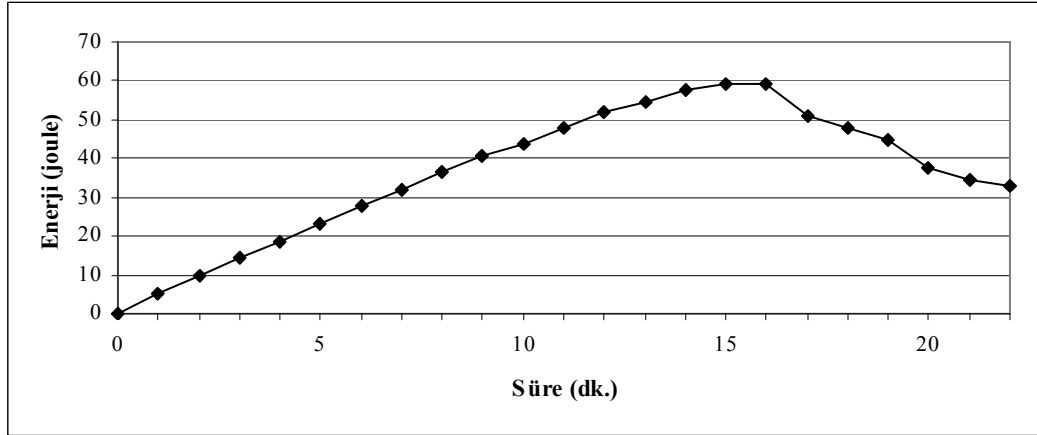
Şekil 4.61 3 Adet 2 Katlı Panel Isınma Grafiği.



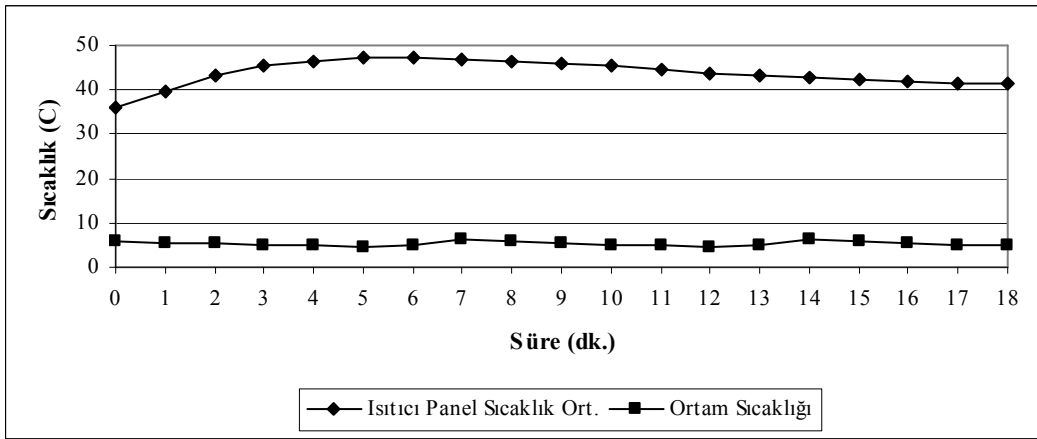
Şekil 4.62 3 Adet 2 Katlı Panel Akım Grafiği.



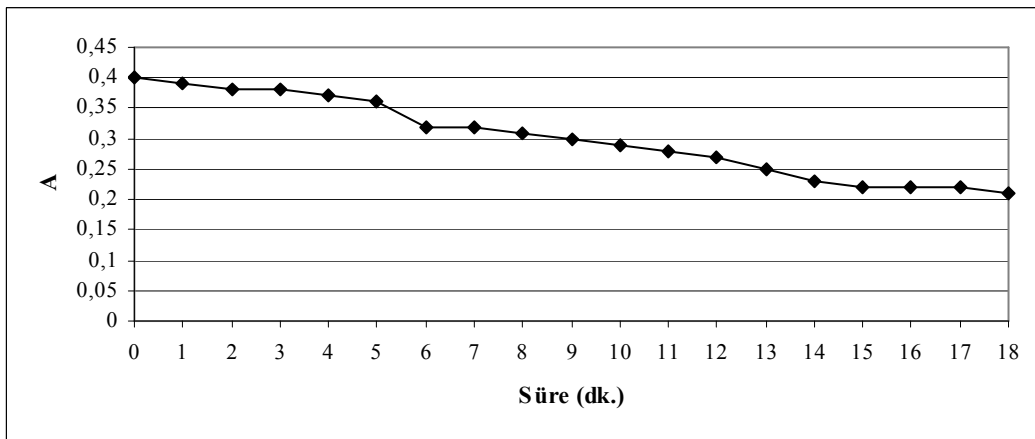
Şekil 4.63 3 Adet 2 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



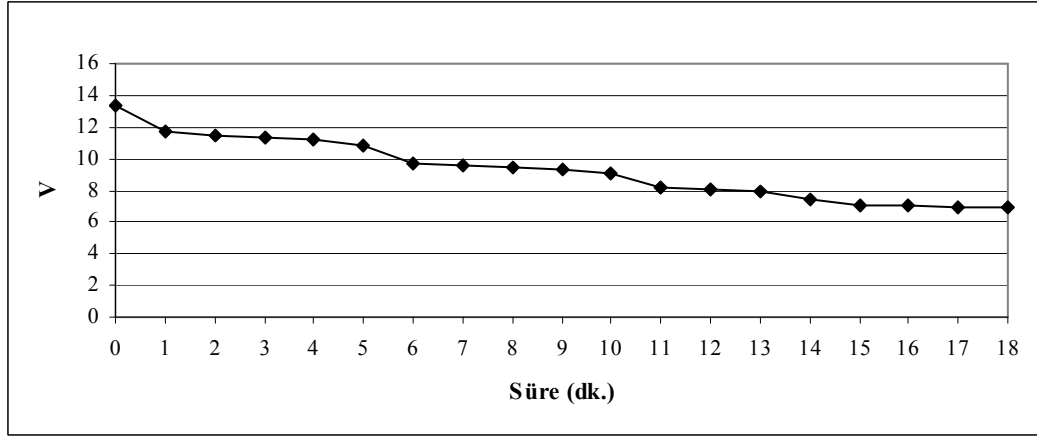
Şekil 4.64 3 Adet 2 Katlı Panel Enerji Grafiği.



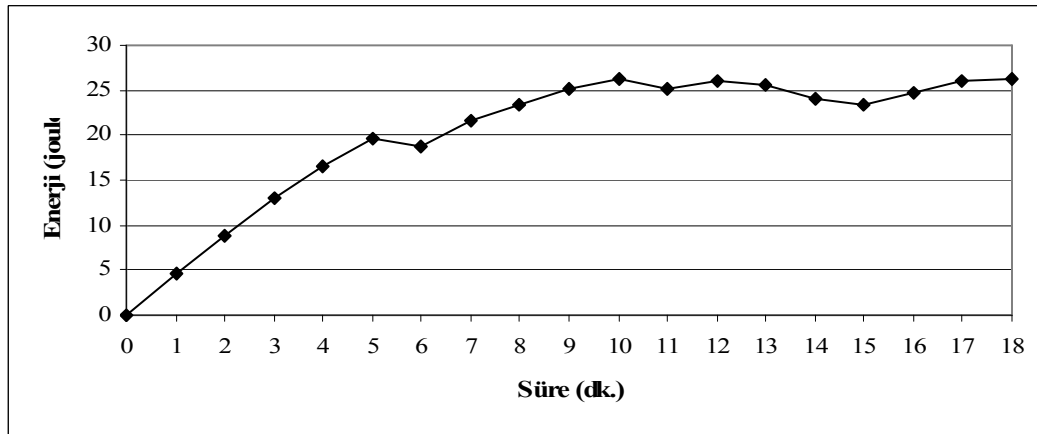
Şekil 4.65 4 Adet 2 Katlı Panel Isınma Grafiği.



Şekil 4.66 4 Adet 2 Katlı Panel Akım Grafiği.



Şekil 4.67 4 Adet 2 Katlı Panel Gerilim Grafiği.

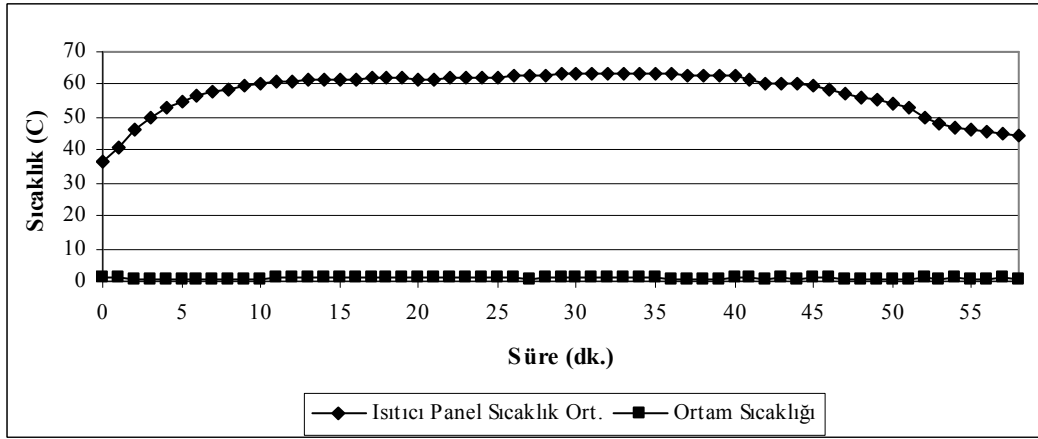


Şekil 4.68 4 Adet 2 Katlı Panel Enerji Grafiği.

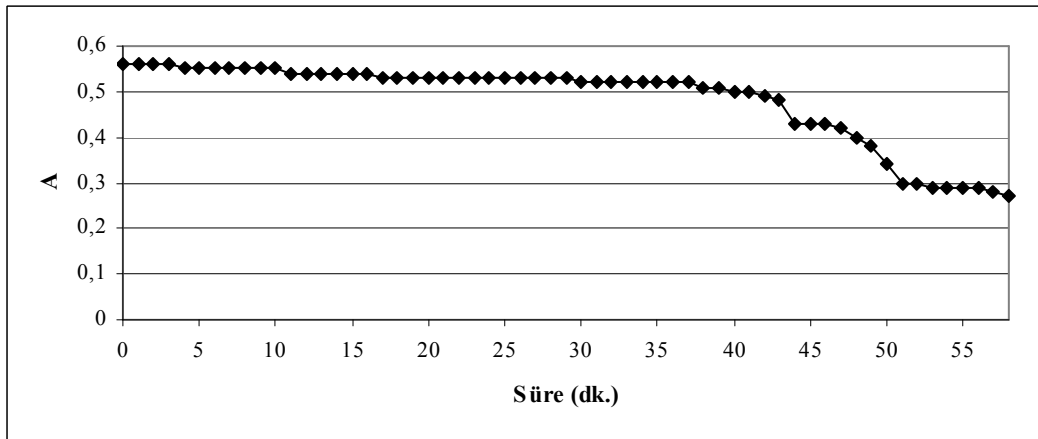
Şekil 4.53 - Şekil 4.68’de görüldüğü gibi iki katlı 1 adet panel uygulamasında 60 dk. boyunca ölçüm yapılabilirken 2 adet panel kullanımında süre 34 dk.ya inmiştir. 3 adet panel denemesinde 22 dk.ya inen uygulama süresi 4 adet panel kullanımında 18 dk. olarak gerçekleşmiştir. Elde edilen sıcaklık artışları da sırasıyla 1 ve 2 adet iki katlı panel uygulamasında yaklaşık 15°C iken 3 ve 4 adet iki katlı panel kullanımında 10°C seviyesinde tespit edilmiştir. İki katlı panel denemelerinde panellerin çektiği akım miktarları 0,4-0,5 A seviyesinden başlamış ve uygulama sonunda 0,2 A seviyesine dek azalmıştır. Diğer taraftan panellerde elde edilen ısı enerjisinin deney süresince kümülatif olarak arttığı ve güç kaynağının verimli olarak performansını sürdürebildiği son noktaya dek bu artışın sürdüğü görülmüştür. 1, 2, 3 ve 4 adet iki

katlı panel uygulamaları için bu değer sırasıyla 200, 50, 60 ve 25 joule olarak tespit edilmiştir.

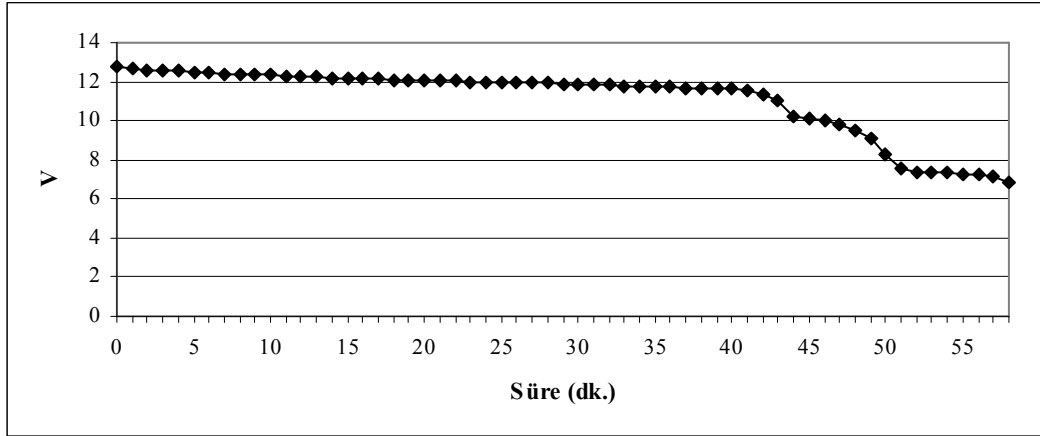
Şekil 4.69 ile Şekil 4.84 arasında 3 katlı panellerin 0°C ortam sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma verileri, sistemin akım ve gerilim grafikleri, uygulama sırasında panellerin oluşturduğu enerji miktarları sunulmuştur



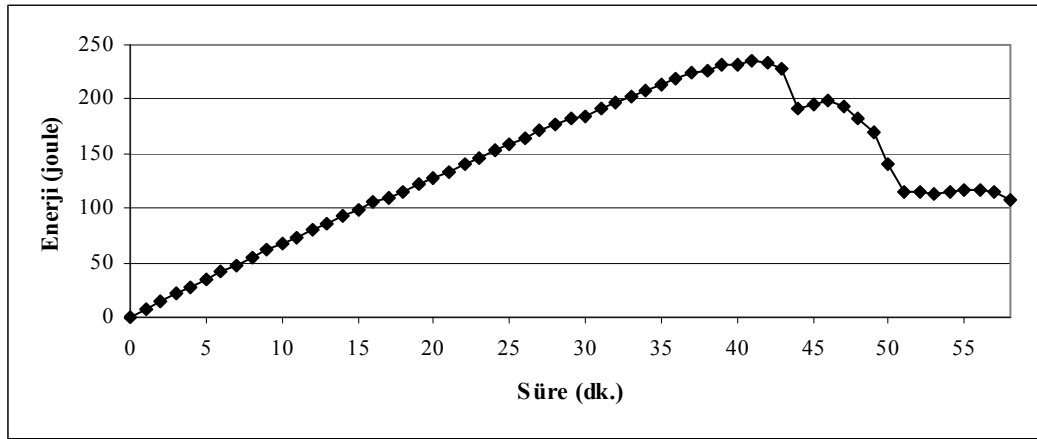
Şekil 4.69 1 Adet 3 Katlı Panel Isınma Grafiği.



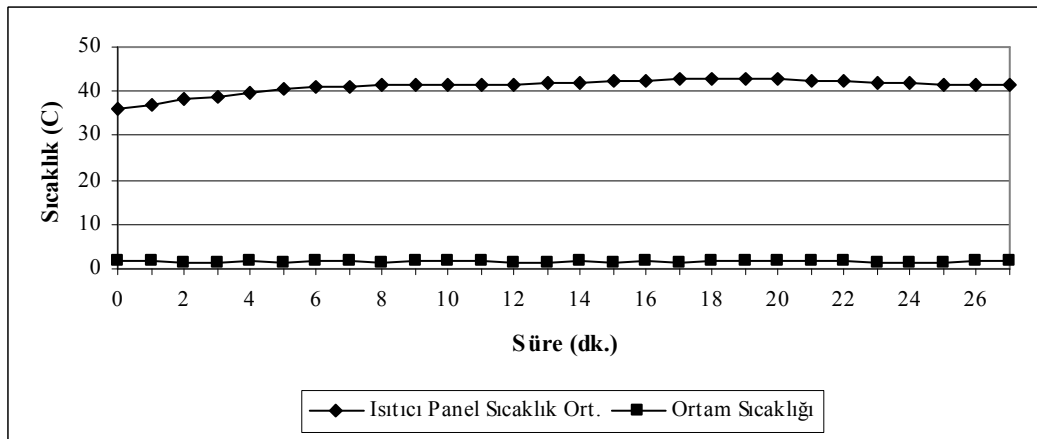
Şekil 4.70 1 Adet 3 Katlı Panel Akım Grafiği.



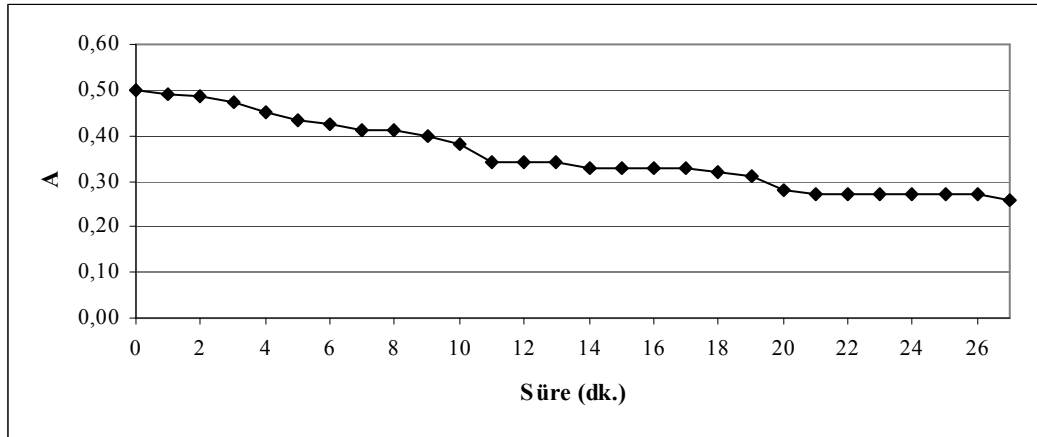
Şekil 4.71 1 Adet 3 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



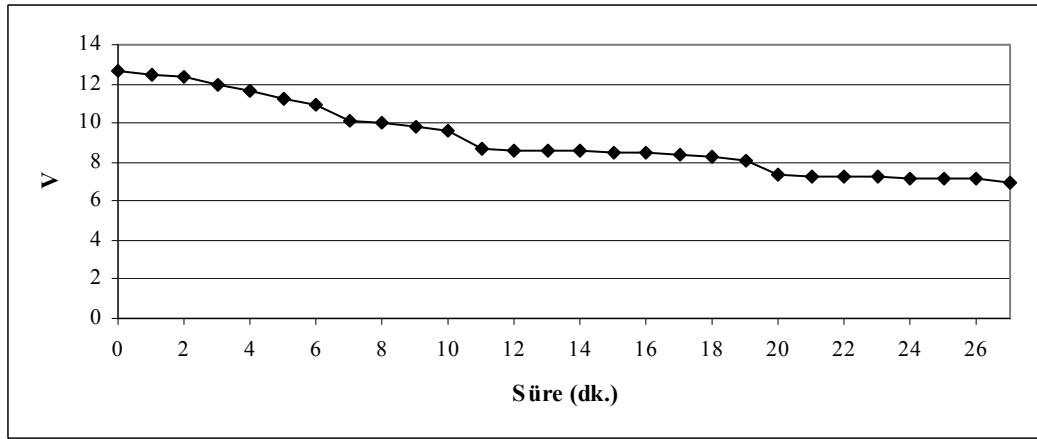
Şekil 4.72 1 Adet 3 Katlı Panel Enerji Grafiği.



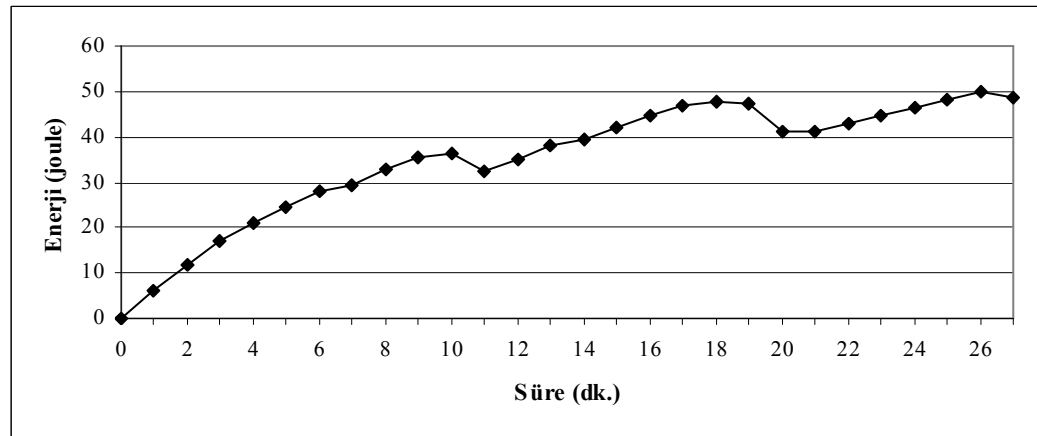
Şekil 4.73 2 Adet 3 Katlı Panel Isınma Grafiği.



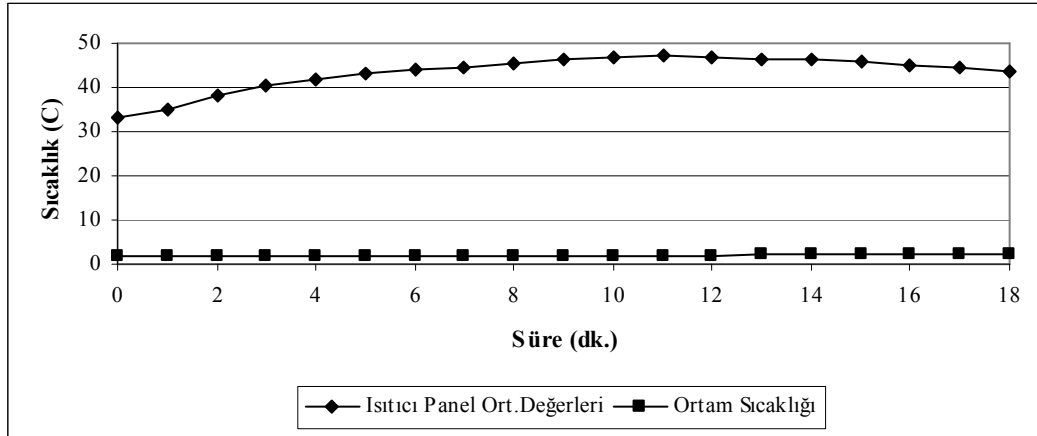
Şekil 4.74 2 Adet 3 Katlı Panel Akım Grafiği.



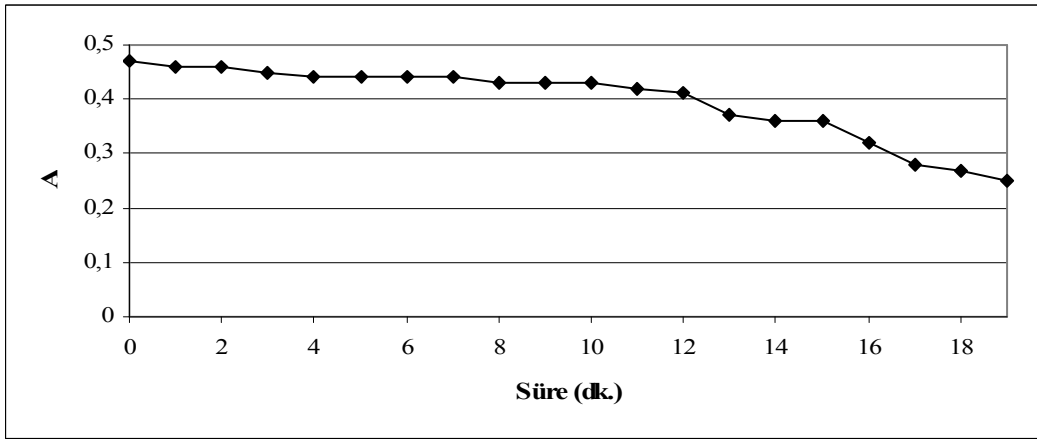
Şekil 4.75 2 Adet 3 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



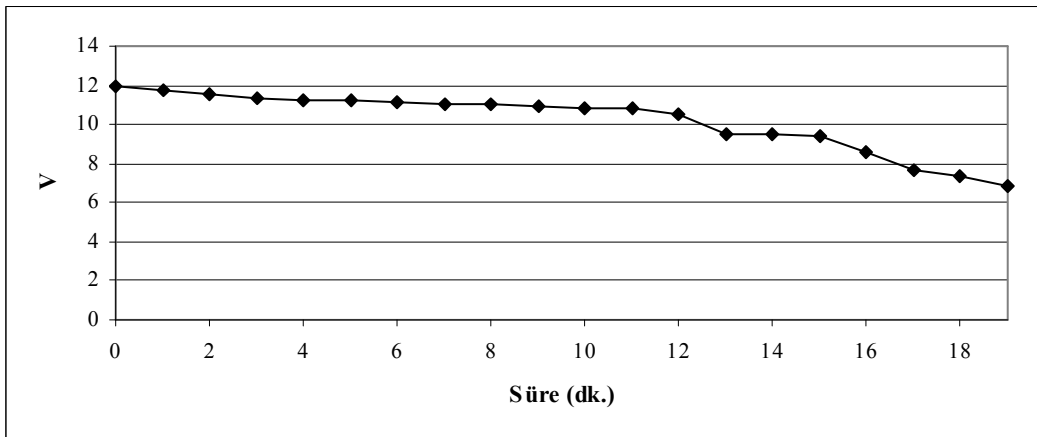
Şekil 4.76 2 Adet 3 Katlı Panel Enerji Grafiği.



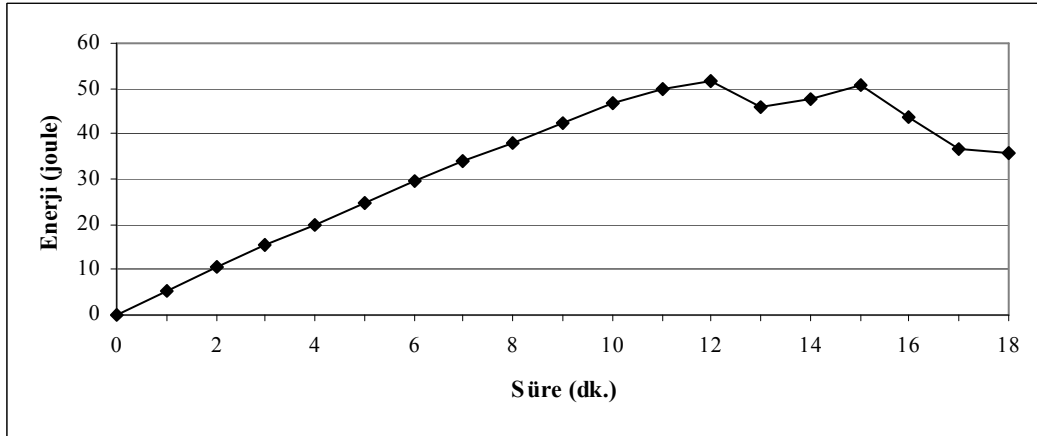
Şekil 4.77 3 Katlı 3 Adet Panel Isınma Grafiği.



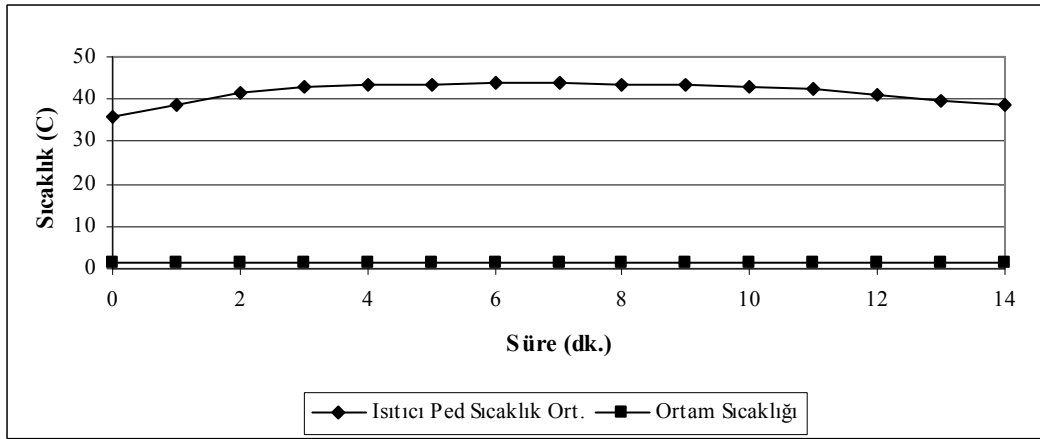
Şekil 4.78 3 Katlı 3 Adet Panel Akım Grafiği.



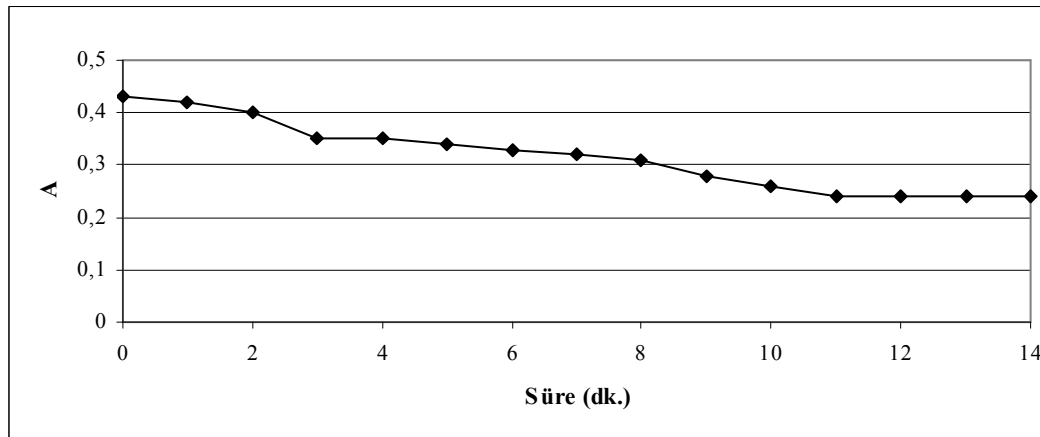
Şekil 4.79 3 Katlı 3 Adet Panel Gerilim Grafiği.



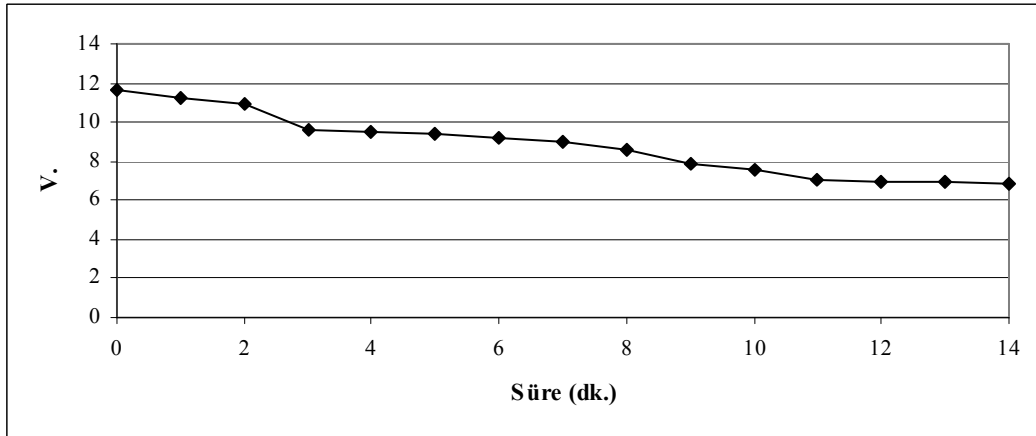
Şekil 4.80 3 Katlı 3 Adet Panel Enerji Grafiği.



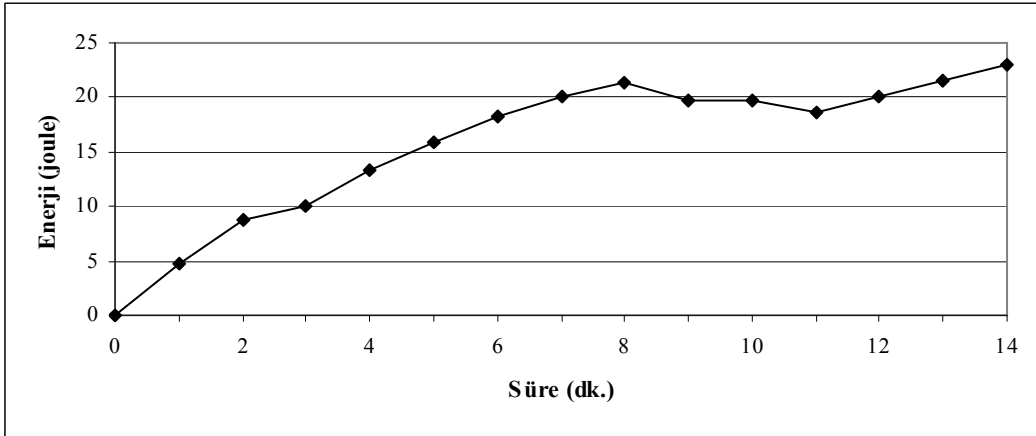
Şekil 4.81 4 Adet 3 Katlı Panel Isınma Grafiği.



Şekil 4.82 4 Adet 3 Katlı Panel Akım Grafiği.



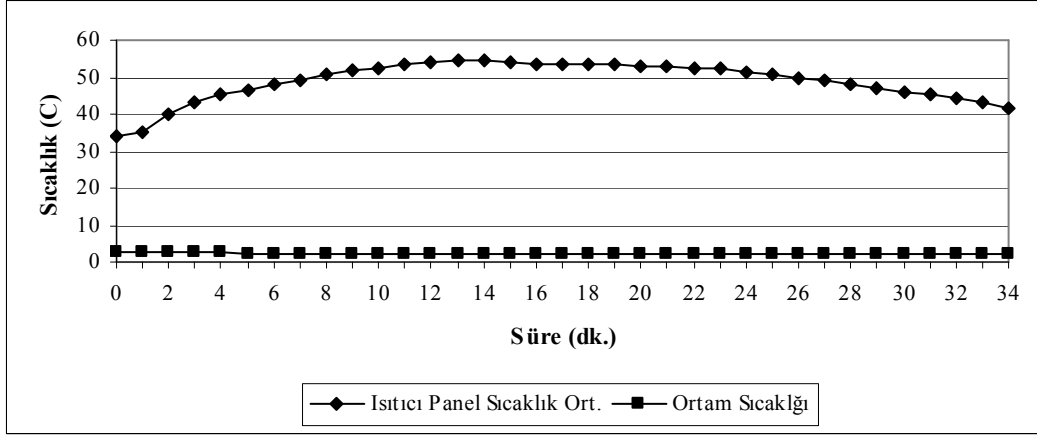
Şekil 4.83 4 Adet 3 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



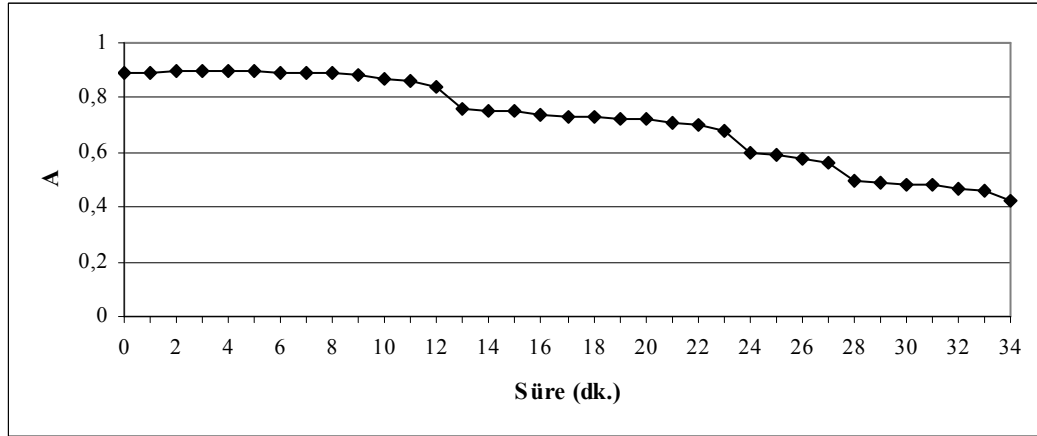
Şekil 4.84 4 Adet 3 Katlı Panel Enerji Grafiği.

Şekil 4.69 - Şekil 4.84'te görüldüğü gibi üç katlı 1 adet panel uygulamasında 60 dk. boyunca ölçüm yapılabildiği görülmüştür. 2 adet panel kullanımında 27 dk. ya inen uygulama süresi, 3 adet panel kullanımında 19 dk., 4 adet panel denemelerinde ise 14 dk. olarak gerçekleşmiştir. Tespit edilen sıcaklık artışları da üç katlı 1 adet panel uygulamasında yaklaşık 25°C , 2 adet üç katlı denemelerde 15°C , 3 adet panel uygulamasında 10°C , 4 adet panel kullanımında ise yaklaşık 15°C dir. Üç katlı panel üzerinden ölçülen akım değerlerinin ise yaklaşık 0,5 A seviyesinden başladığı ve uygulama sonunda yaklaşık 0.3 A seviyesine dek azaldığı gözlenmiştir. Deney sırasında panellerde oluşan ısı enerjisi ise 1, 2, 3 ve 4 adet üç katlı panel uygulamaları için sırasıyla 250, 50, 50 ve 25 joule olarak hesaplanmıştır.

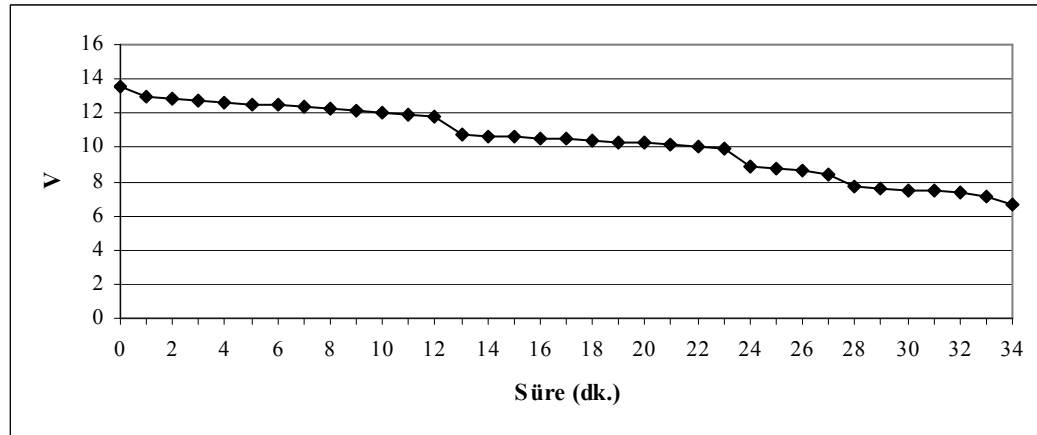
Şekil 4.85 ile Şekil 4.100 arasında 4 katlı panellerin 0°C ortam sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma verileri, sistemin akım ve gerilim grafikleri, uygulama sırasında panellerin oluşturduğu enerji miktarları sunulmuştur.



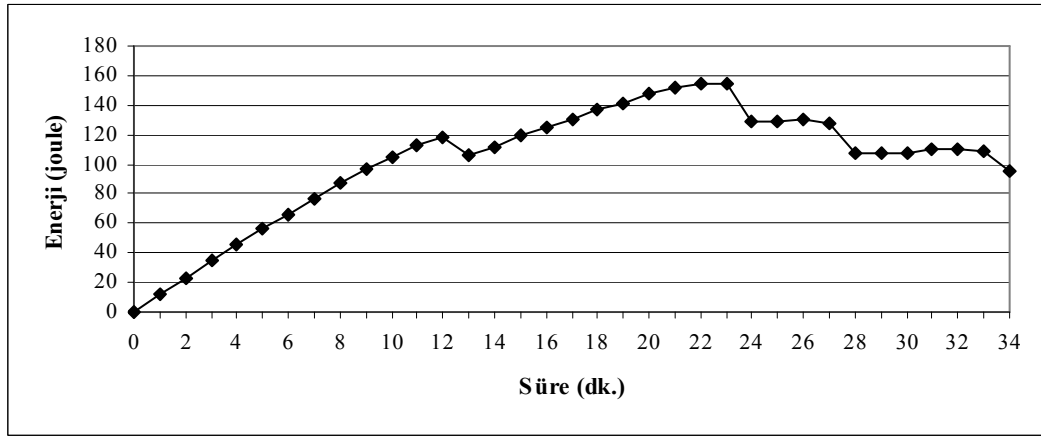
Şekil 4.85 1 Adet 4 Katlı Panel Isınma Grafiği.



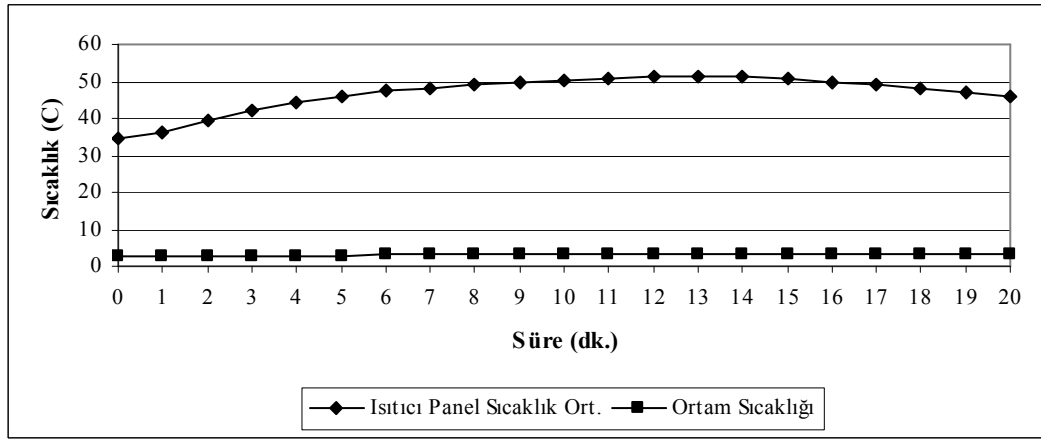
Şekil 4.86 1 Adet 4 Katlı Panel Akım Grafiği.



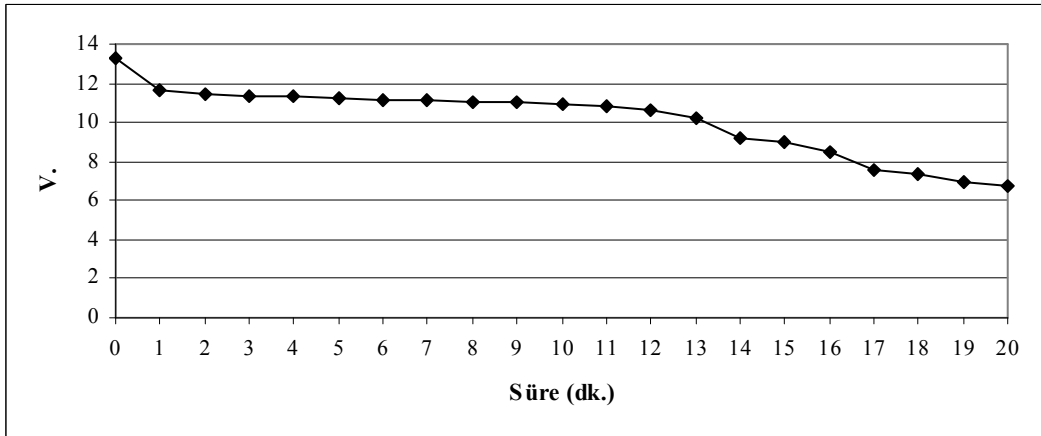
Şekil 4.87 1 Adet 4 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



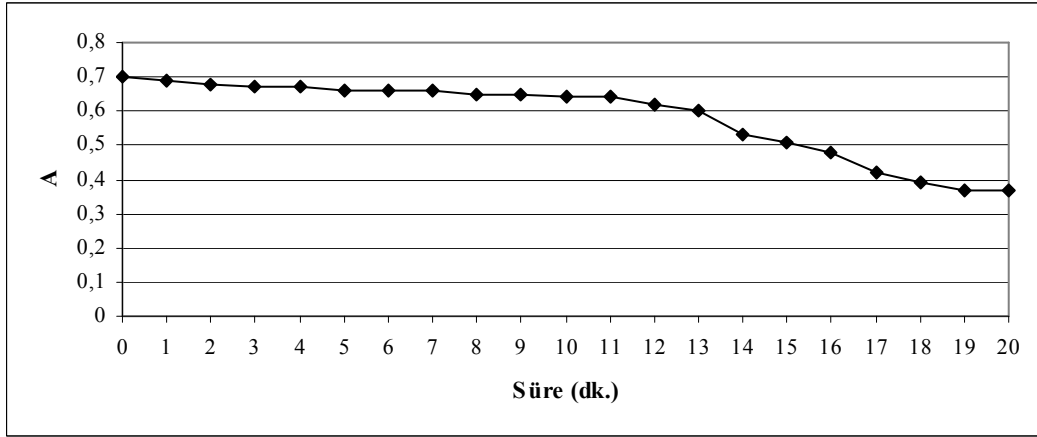
Şekil 4.88 1 Adet 4 Katlı Panel Enerji Grafiği.



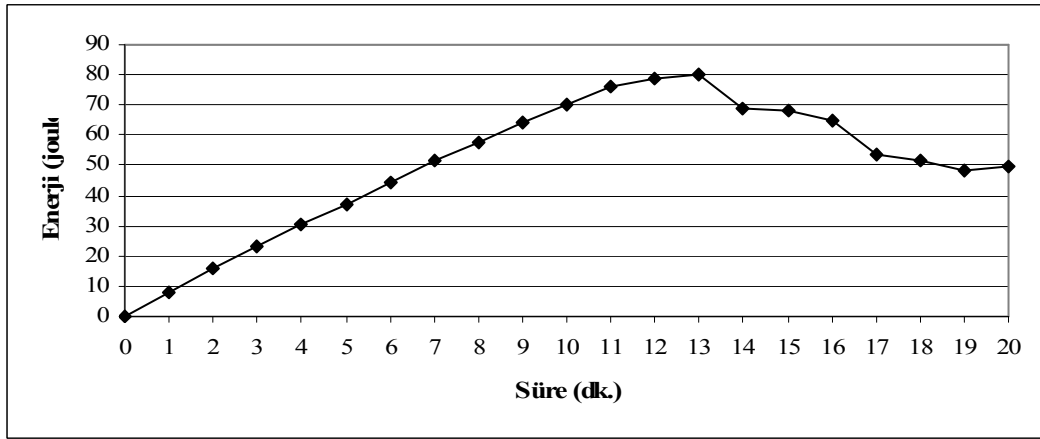
Şekil 4.89 2 Adet 4 Katlı Panel Isınma Grafiği.



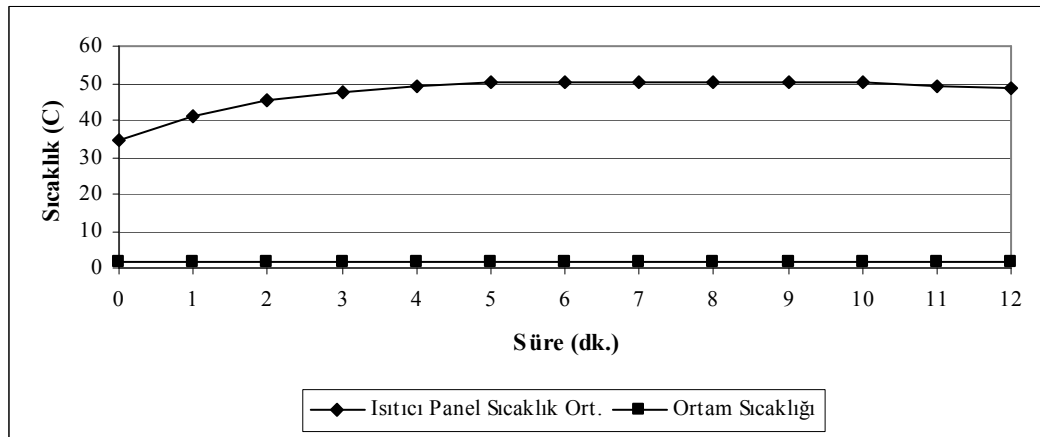
Şekil 4.90 2 Adet 4 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



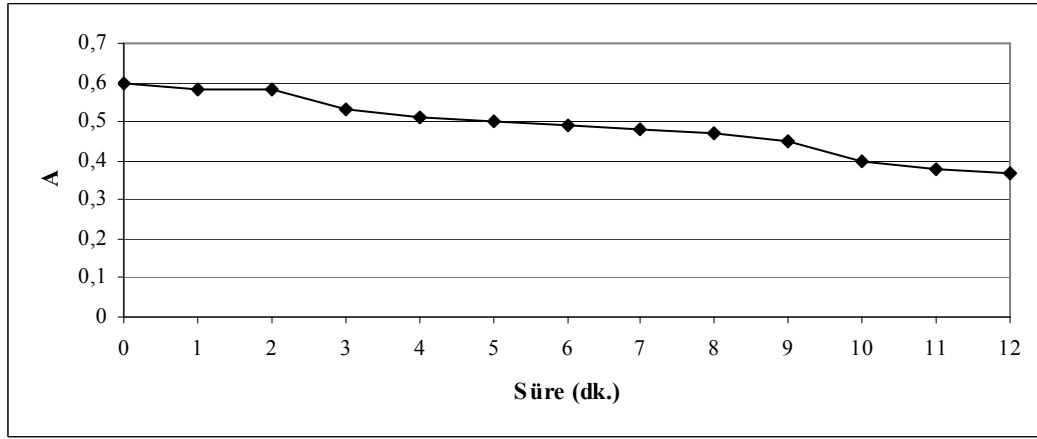
Şekil 4.91 2 Adet 4 Katlı Panel Akım Grafiği.



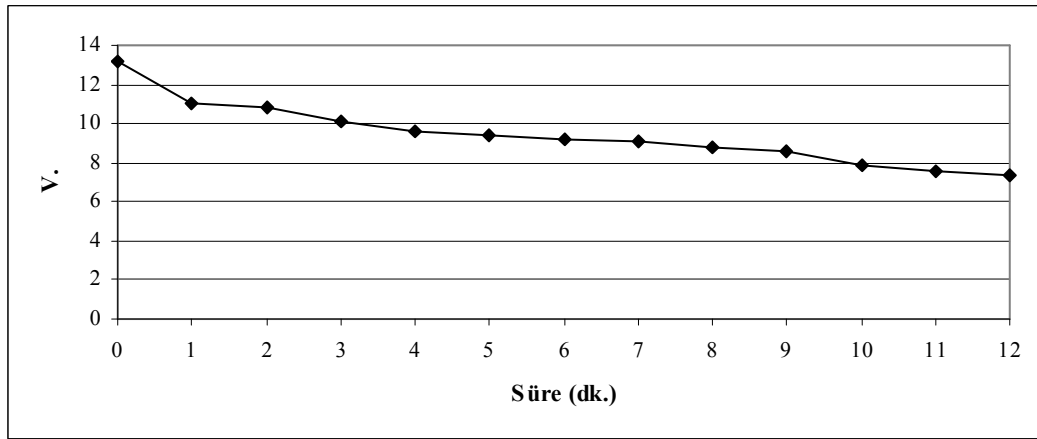
Şekil 4.92 2 Adet 4 Katlı Panel Enerji Grafiği.



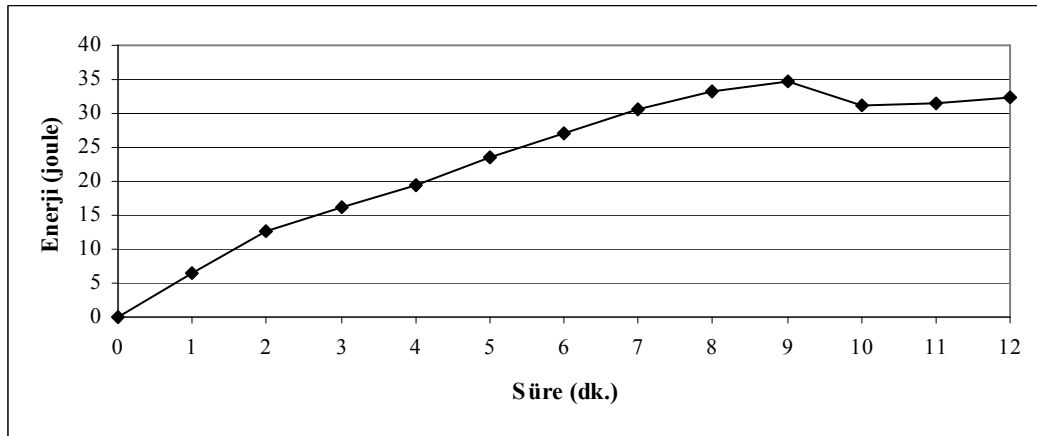
Şekil 4.93 3 Adet 4 Katlı Panel Isınma Grafiği.



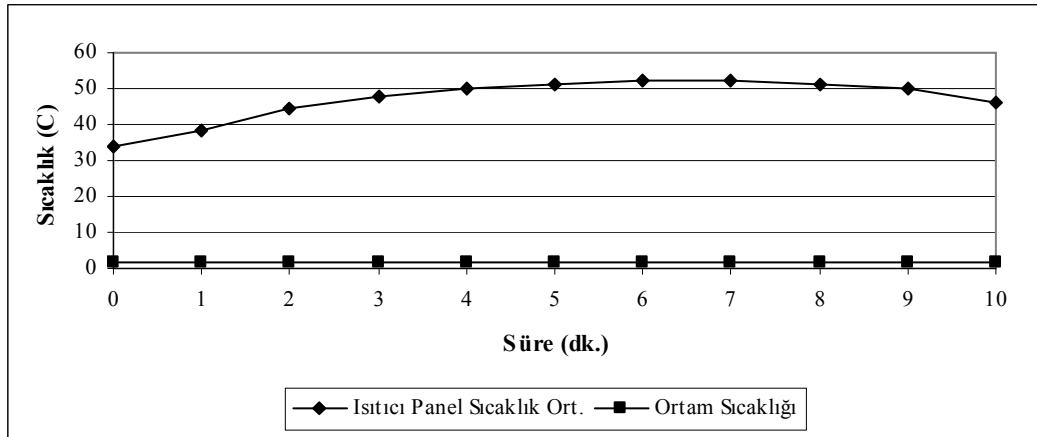
Şekil 4.94 3 Adet 4 Katlı Panel Akım Grafiği.



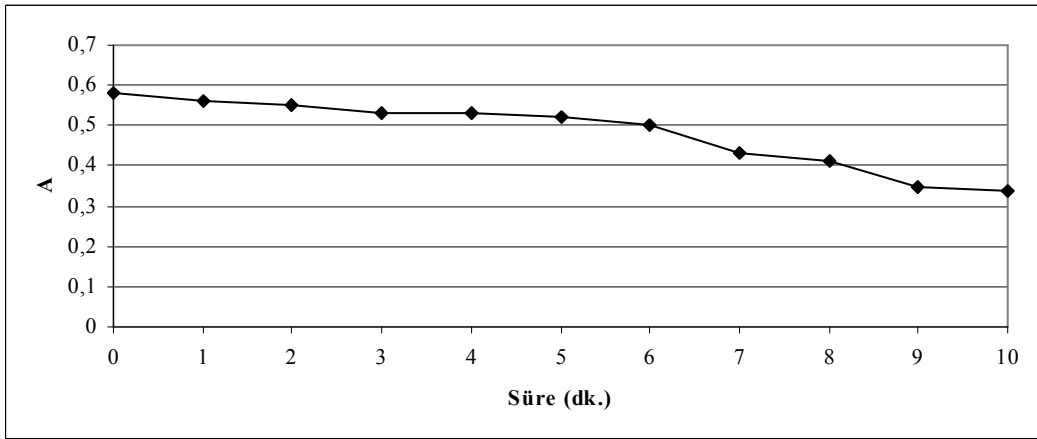
Şekil 4.95 3 Adet 4 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



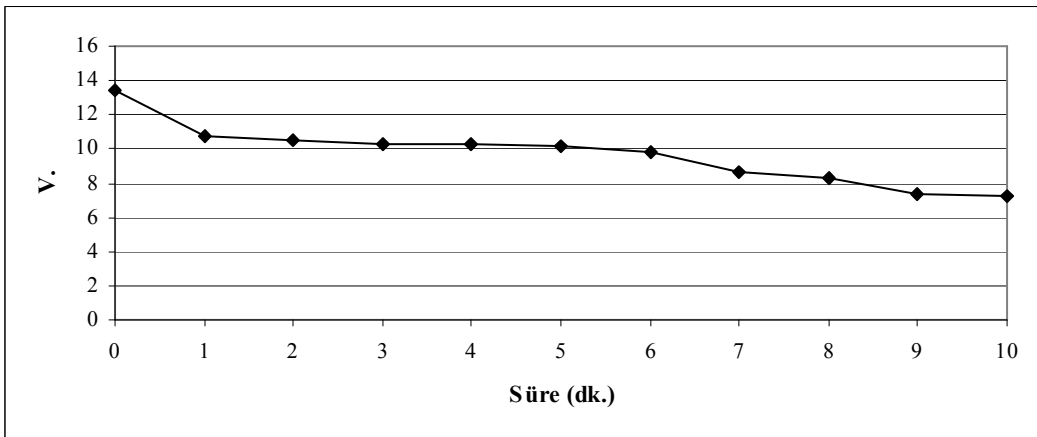
Şekil 4.96 3 Adet 4 Katlı Panel Enerji Grafiği.



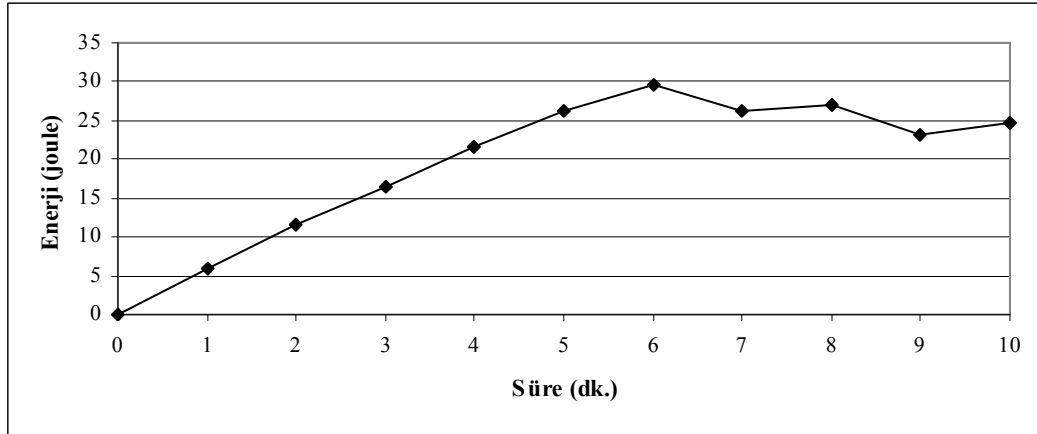
Şekil 4.97 4 Adet 4 Katlı Panel Isınma Grafiği.



Şekil 4.98 4 Adet 4 Katlı Panel Akım Grafiği.



Şekil 4.99 4 Adet 4 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



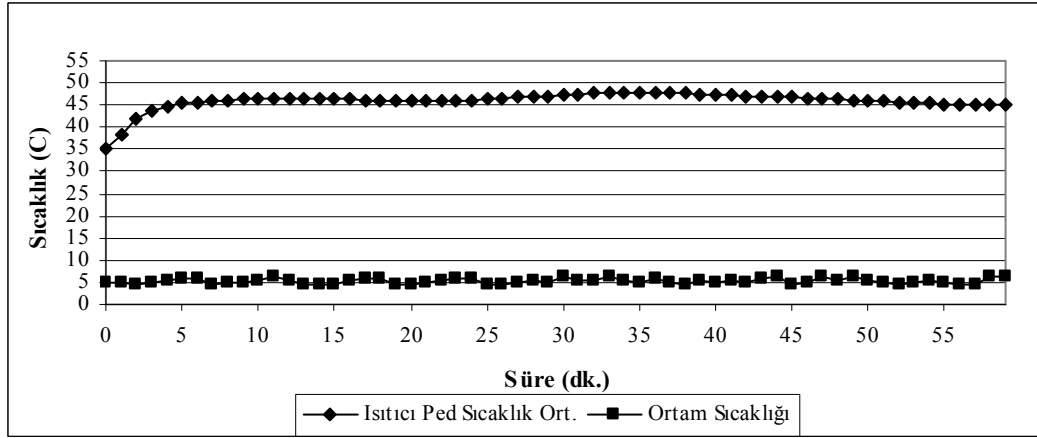
Şekil 4.100 4 Adet 4 Katlı Panel Enerji Grafiği.

Şekil 4.85 - Şekil 4.100'de görüldüğü gibi dört katlı 1 adet panel denemesindeki uygulama süresi 34 dk. olarak gerçekleşmiştir. Panel sayısı 2'ye çıkarıldığında 20 dk. olan uygulama süresi 3 adet panel denemesinde 12 dk.ya, 4 adet panel kullanımında ise 10 dk.ya inmiştir. Uygulamalarda gerçekleşen sıcaklık artışı ise sırasıyla 1, 2, 3 ve 4 adet dört katlı panel uygulamasında yaklaşık 20°C, 17 °C, 16°C ve 18 °C olarak ölçülmüştür. Dört katlı panel uygulamalarında panellerin çektiği akım miktarları 0,9-0,7 A seviyesinden başlamış ve uygulama sonunda yaklaşık 0,4 A seviyesine inmiştir. Panellerde elde edilen ısı enerjisi deney süresince kümülatif olarak artmaktadır. Sırasıyla 1, 2, 3 ve 4 adet dört katlı panel uygulamaları için bu değerler 160, 80, 35 ve 30 joule olarak hesaplanmıştır.

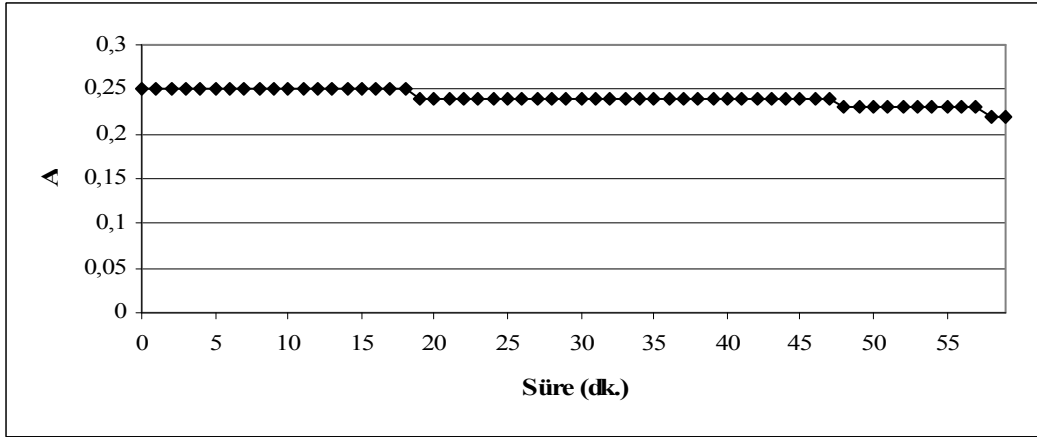
4.3.2 5°C Ortam Şartlarında Isıtıcı Giysi Prototipi Üzerinde Yapılan Ölçüm

Sonuçları

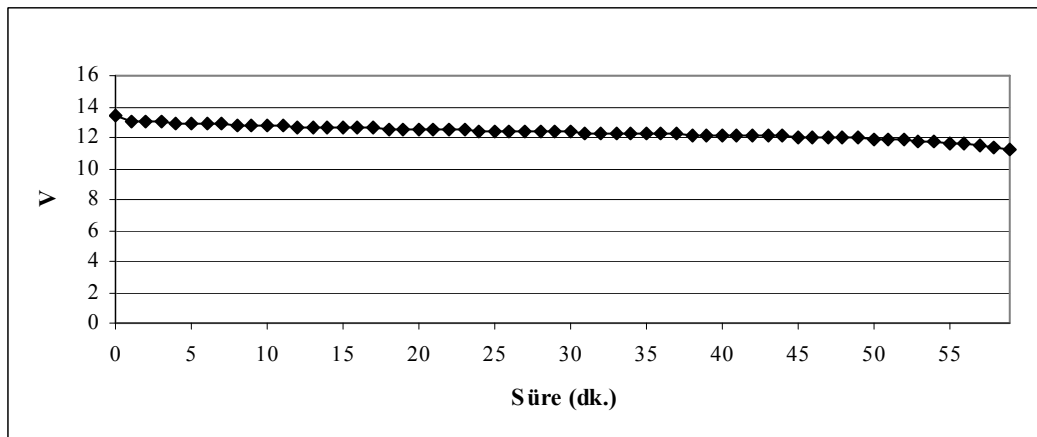
Şekil 4.101 ile Şekil 4.116 arasında tek katlı panellerin 5°C ortam sıcaklığında ki uygulamalarına ait ısınma verileri, sistemin akım ve gerilim grafikleri, uygulama sırasında panellerin oluşturduğu enerji miktarları sunulmuştur.



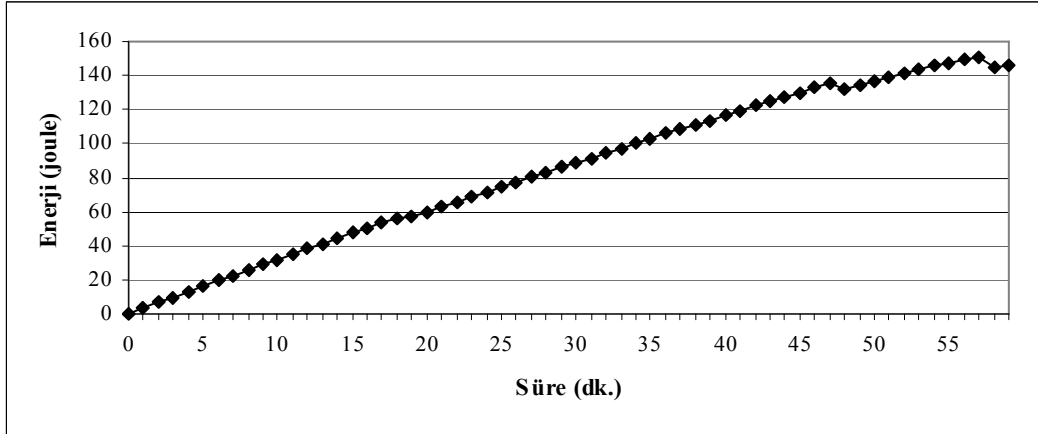
Şekil 4.101 1 Adet Tek Katlı Panel Isınma Grafiği.



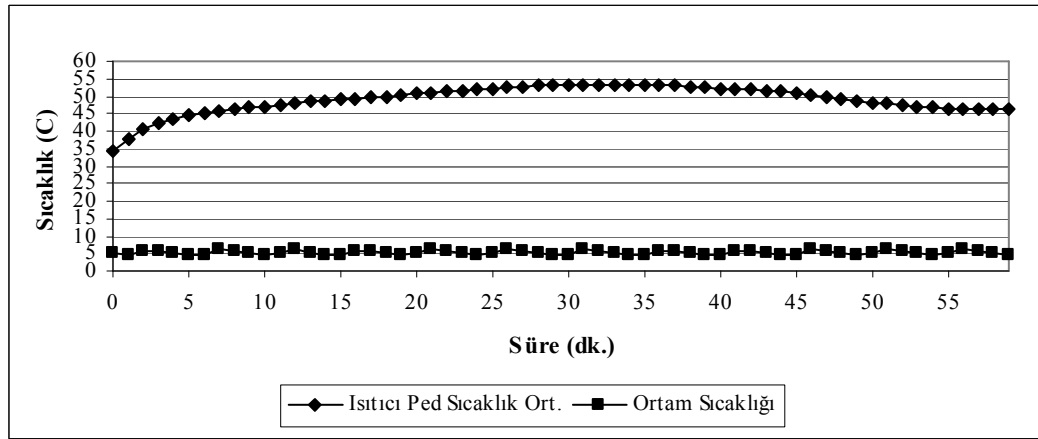
Şekil 4.102 1 Adet Tek Katlı Panel Akım Grafiği.



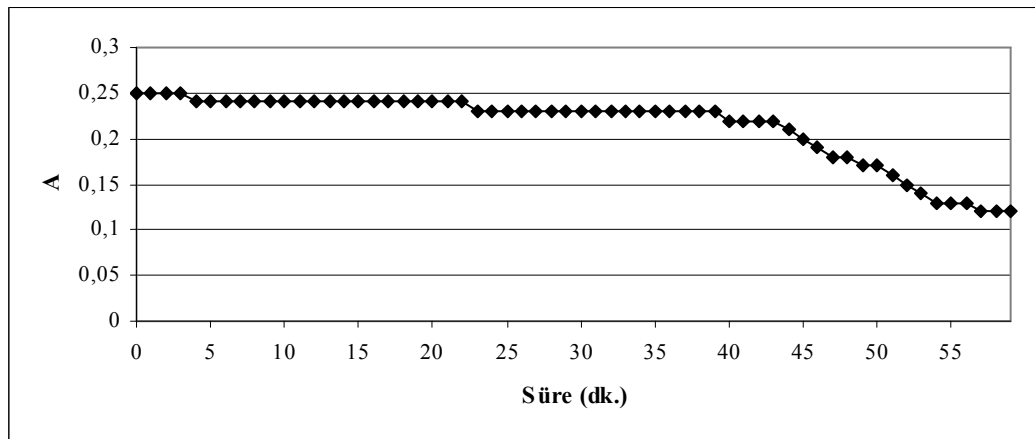
Şekil 4.103 1 Adet Tek Katlı Panel Gerilim Grafiği.



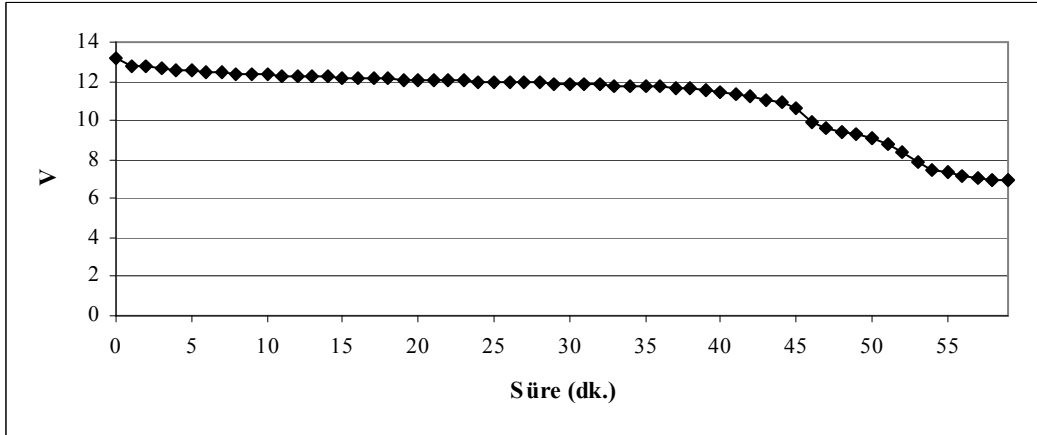
Şekil 4.104 1 Adet Tek Katlı Panel Enerji Grafiği.



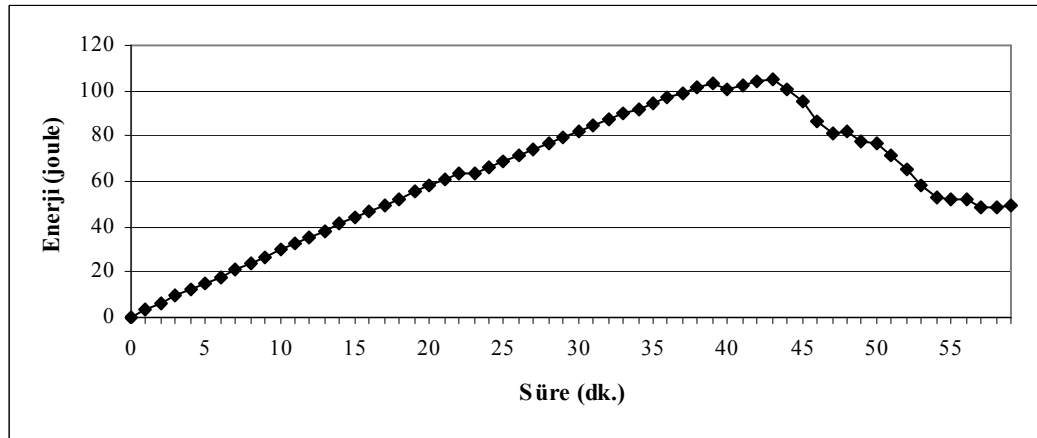
Şekil 4.105 2 Adet Tek Katlı Panel Isınma Grafiği.



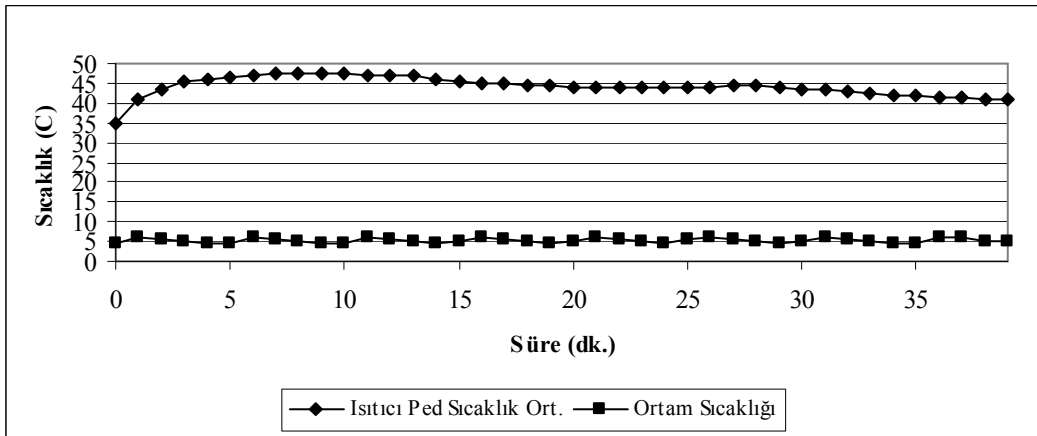
Şekil 4.106 2 Adet Tek Katlı Panel Akım Grafiği.



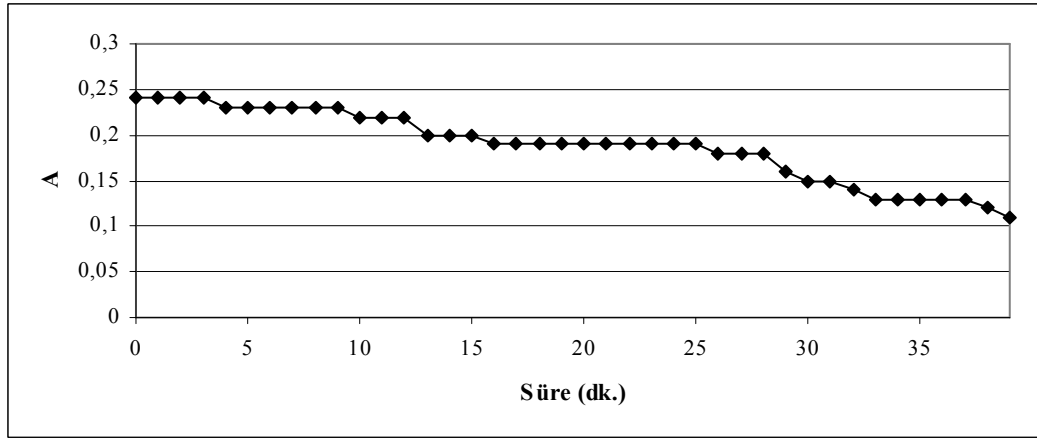
Şekil 4.107 2 Adet Tek Katlı Panel Gerilim Grafiği.



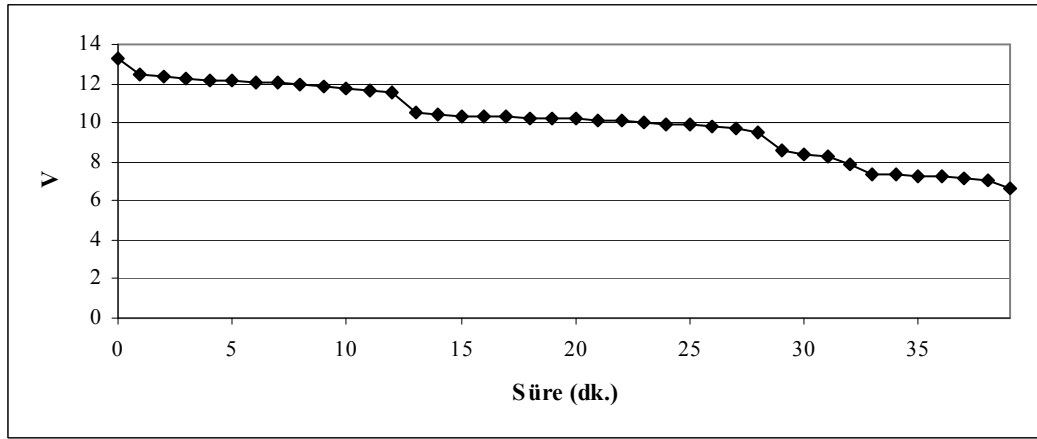
Şekil 4.108 2 Adet Tek Katlı Panel Enerji Grafiği.



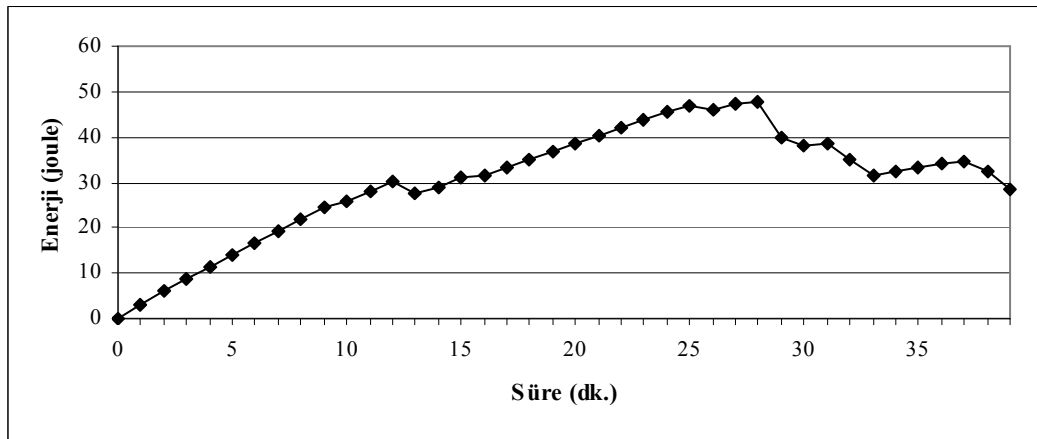
Şekil 4.109 3 Adet Tek Katlı Panel Isınma Grafiği.



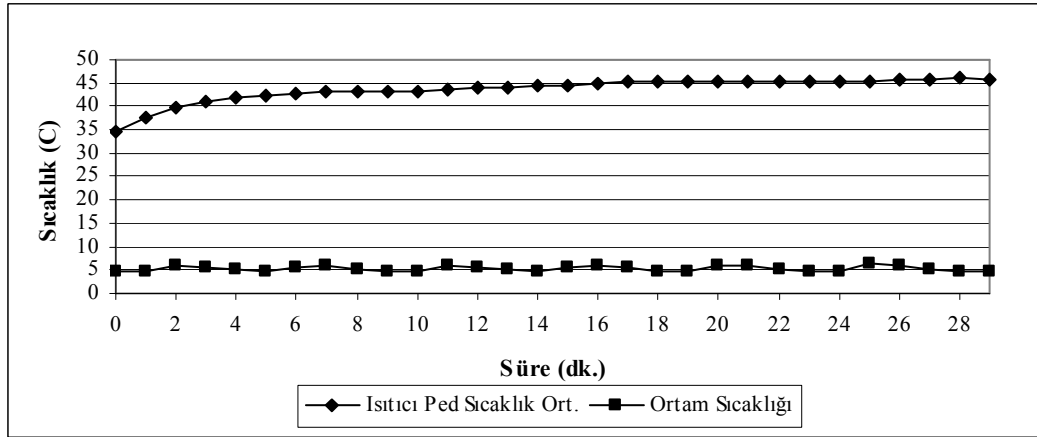
Şekil 4.110 3 Adet Tek Katlı Panel Akım Grafiği.



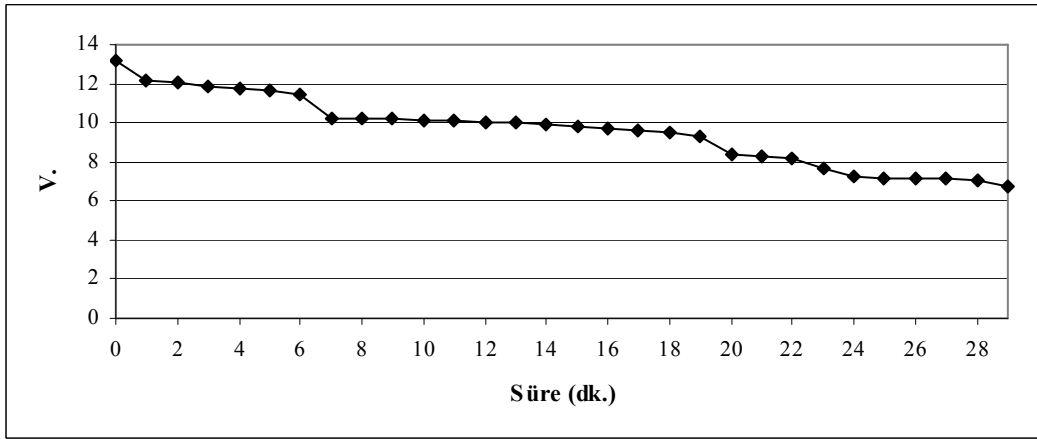
Şekil 4.111 3 Adet Tek Katlı Panel Gerilim Grafiği.



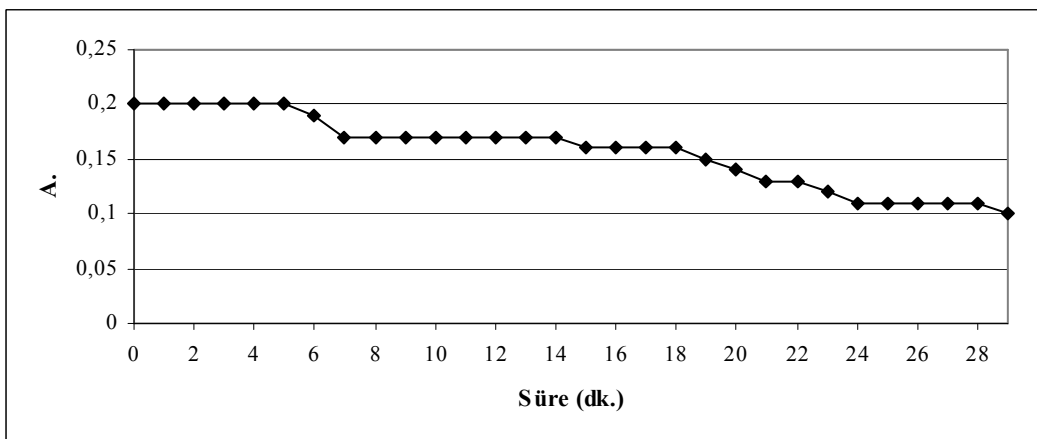
Şekil 4.112 3 Adet Tek Katlı Panel Enerji Grafiği.



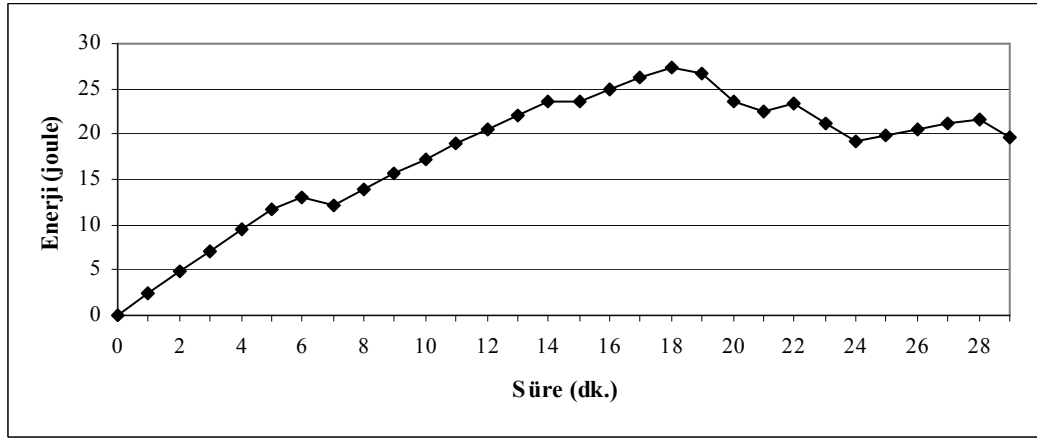
Şekil 4.113 4 Adet Tek Katlı Panel Isınma Grafiği.



Şekil 4.114 4 Adet Tek Katlı Panel Gerilim Grafiği.



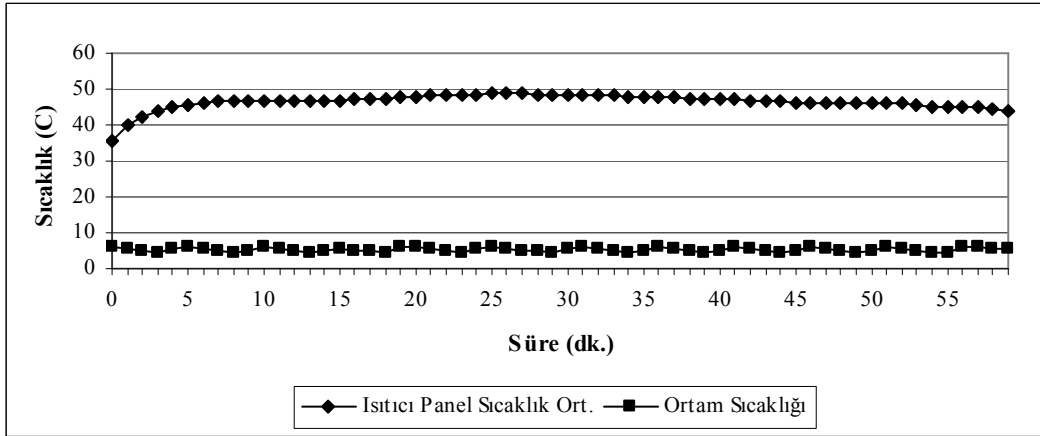
Şekil 4.115 4 Adet Tek Katlı Panel Akım Grafiği.



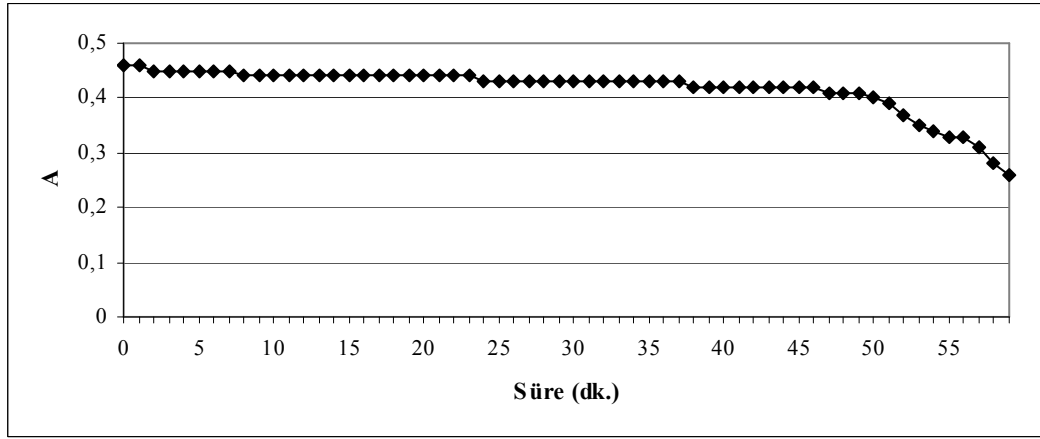
Şekil 4.116 4 Adet Tek Katlı Panel Enerji Grafiği.

Şekil 4.101 - Şekil 4.116'da sunulan 5°C ortam şartı denemelerinde 1 ve 2 adet tek katlı panel uygulamalarının 60 dk. boyunca sürdürüldüğü görülmektedir. Öte yandan 3 adet panel kullanımında 39 dk.ya inen uygulama süresi, 4 adet panel kullanımında 29 dk., olarak gerçekleşmiştir. Ölçülen sıcaklık artışları da 1 adet tek katlı panel uygulamasında yaklaşık 15°C, 2 adet tek katlı denemelerde 20°C dir. 3 adet panel uygulamasında bu değer 15°C ve 4 adet panel kullanımında ise yaklaşık 10°C olarak ölçülmüştür. Tek katlı panel üzerinden ölçülen akım değerlerinin ise yaklaşık 0,25 A seviyesinden başladığı ve uygulama sonunda farklı panel sayılarında yaklaşık 0,2-0,1A seviyesine dek azaldığı gözlenmiştir. 1, 2, 3 ve 4 adet tek katlı panel uygulamaları için panellerde oluşan ısı enerjisi ise sırasıyla 160, 110, 50 ve 30 joule olarak hesaplanmıştır.

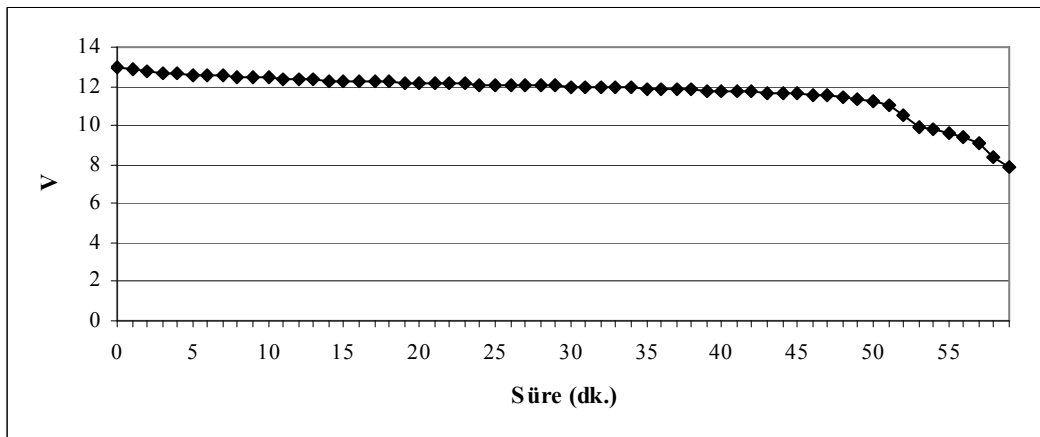
Şekil 4.117 ile Şekil 4.132 arasında 2 katlı panellerin 5°C ortam sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma verileri, sistemin akım ve gerilim grafikleri, uygulama sırasında panellerin oluşturduğu enerji miktarları sunulmuştur.



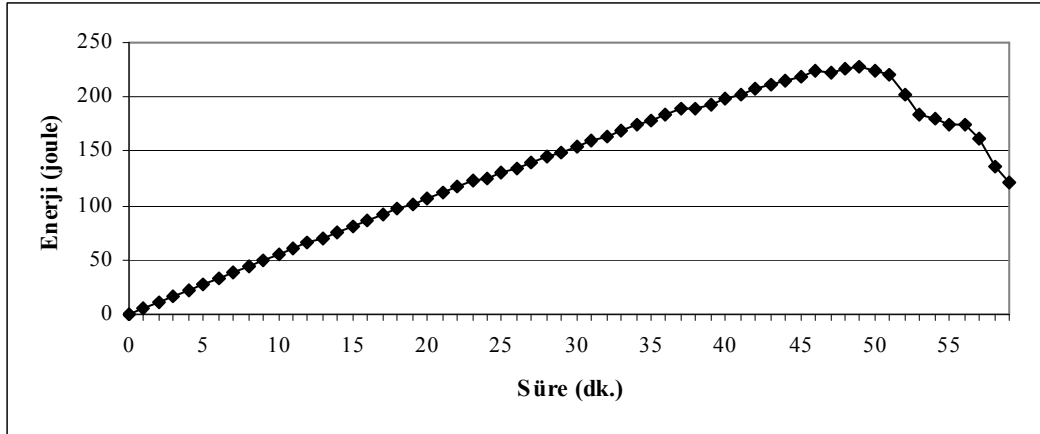
Şekil 4.117 1 Adet 2 Katlı Panel Isınma Grafiği.



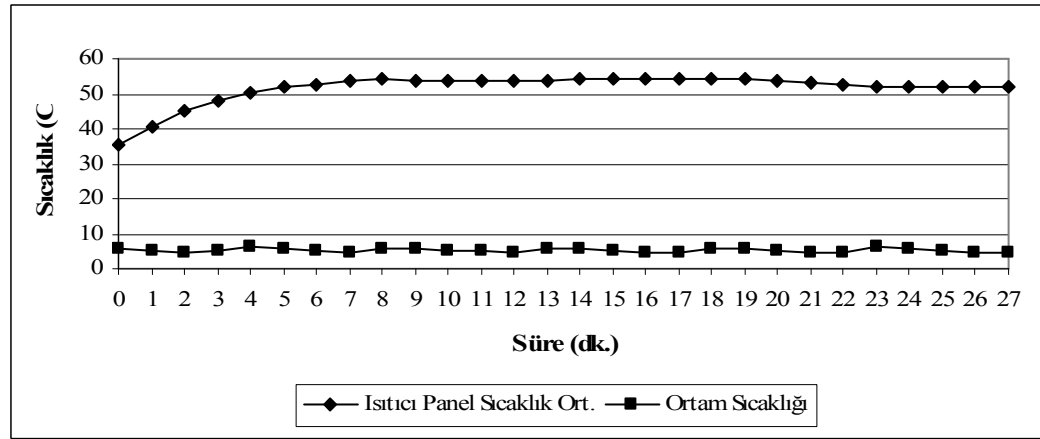
Şekil 4.118 1 Adet 2 Katlı Panel Akım Grafiği.



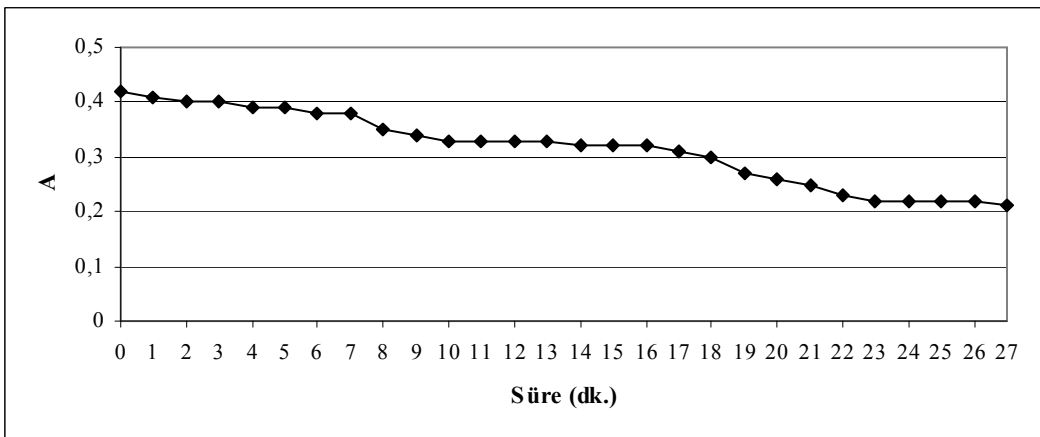
Şekil 4.119 1 Adet 2 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



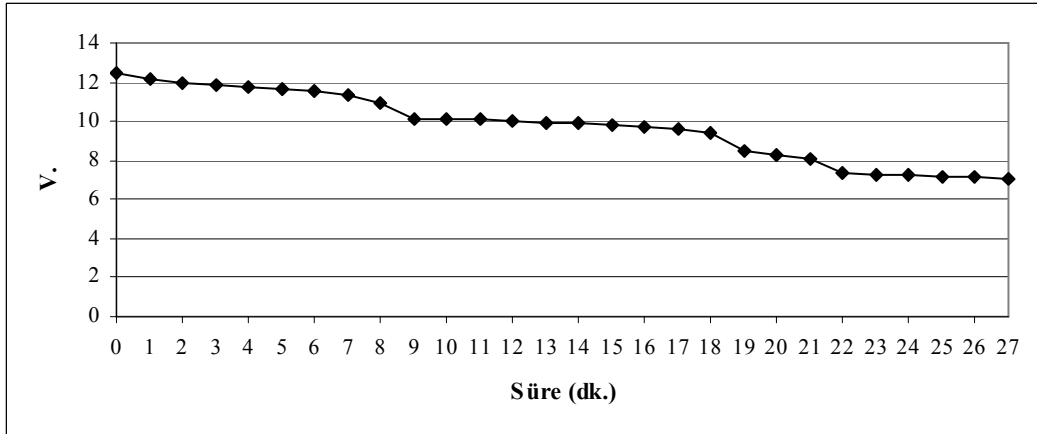
Şekil 4.120 1 Adet 2 Katlı Panel Enerji Grafiği.



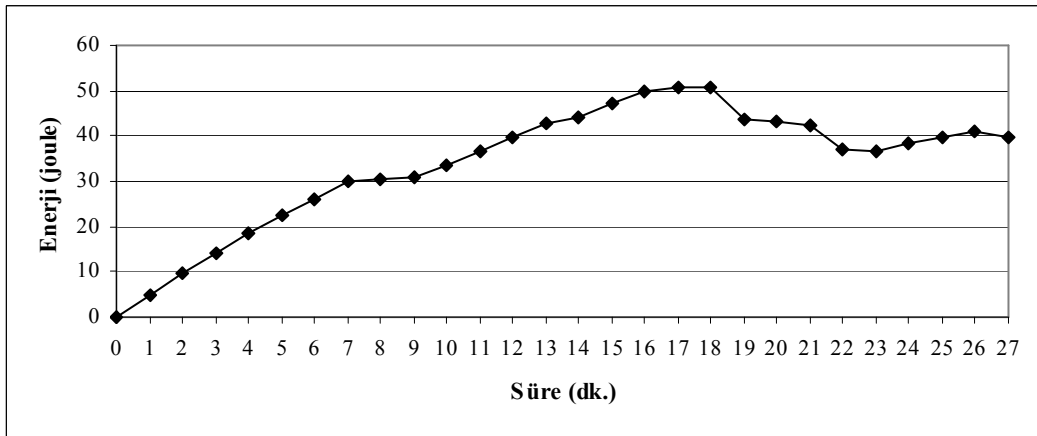
Şekil 4.121 2 Adet 2 Katlı Panel Isınma Grafiği.



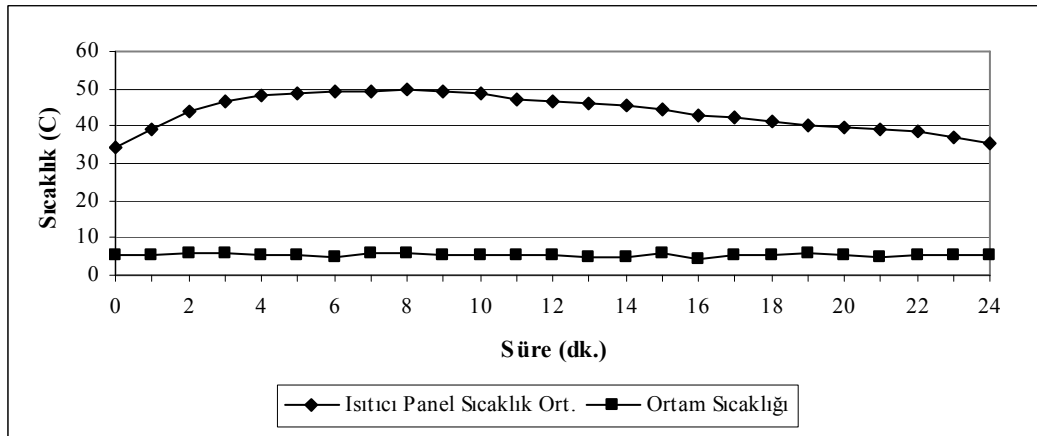
Şekil 4.122 2 Adet 2 Katlı Panel Akım Grafiği.



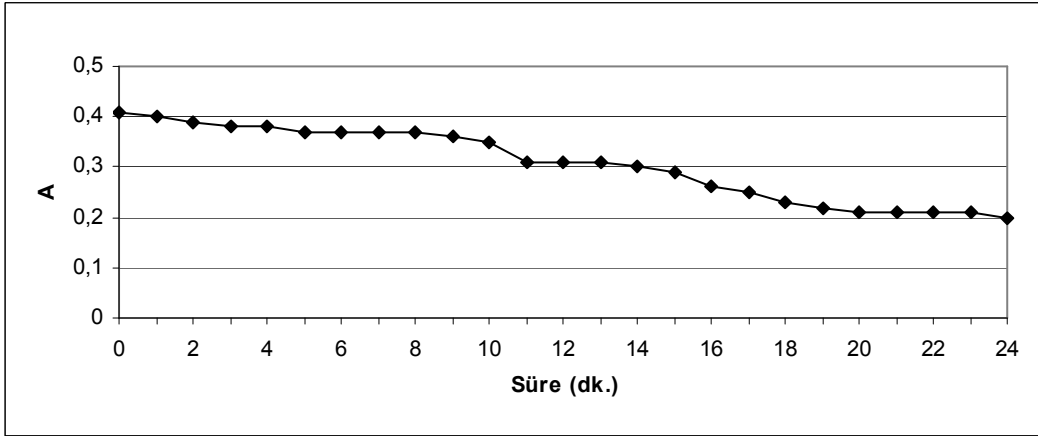
Şekil 4.123 2 Adet 2 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



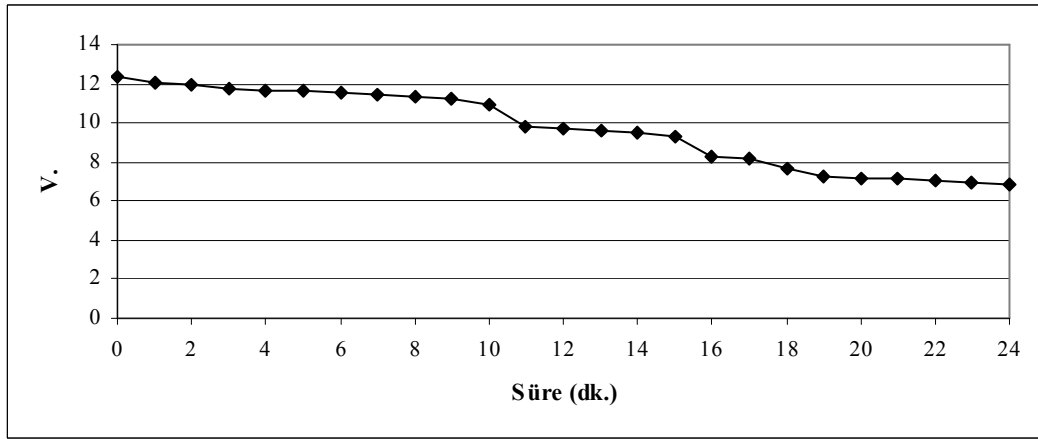
Şekil 4.124 2 Adet 2 Katlı Panel Enerji Grafiği.



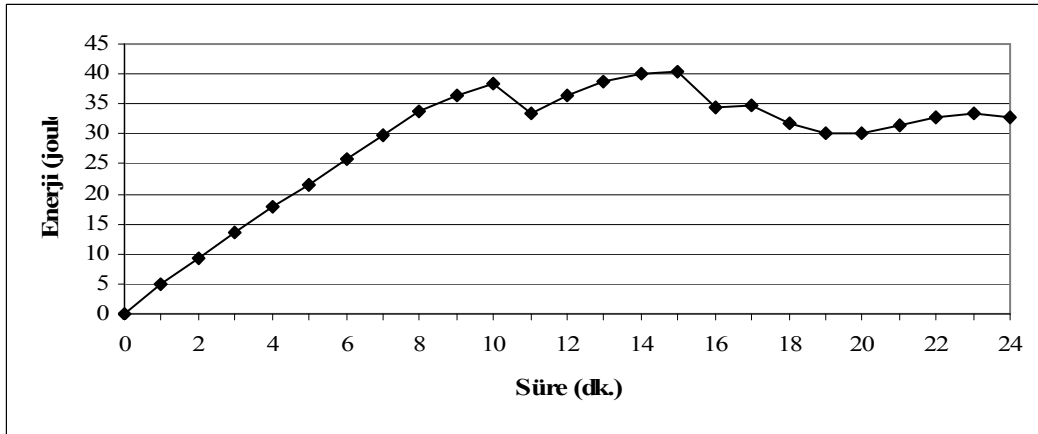
Şekil 4.125 3 Adet 2 Katlı Panel Isınma Grafiği.



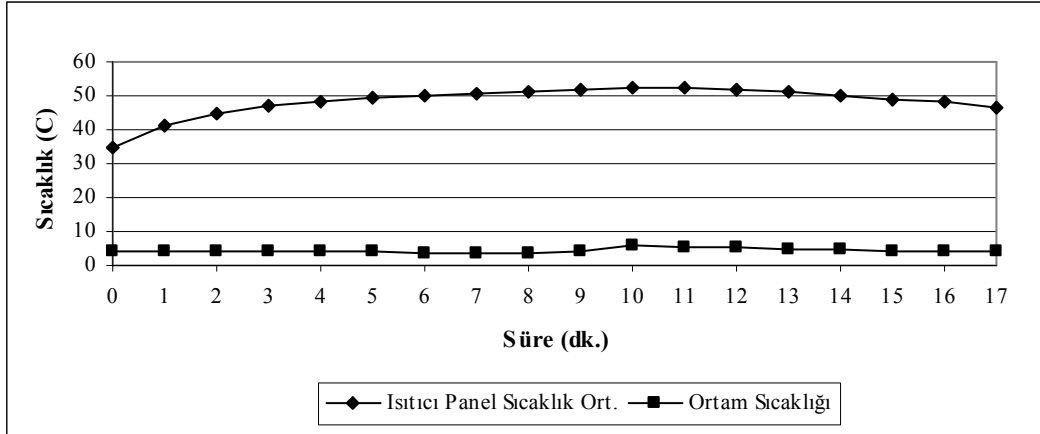
Şekil 4.126 3 Adet 2 Katlı Panel Akım Grafiği.



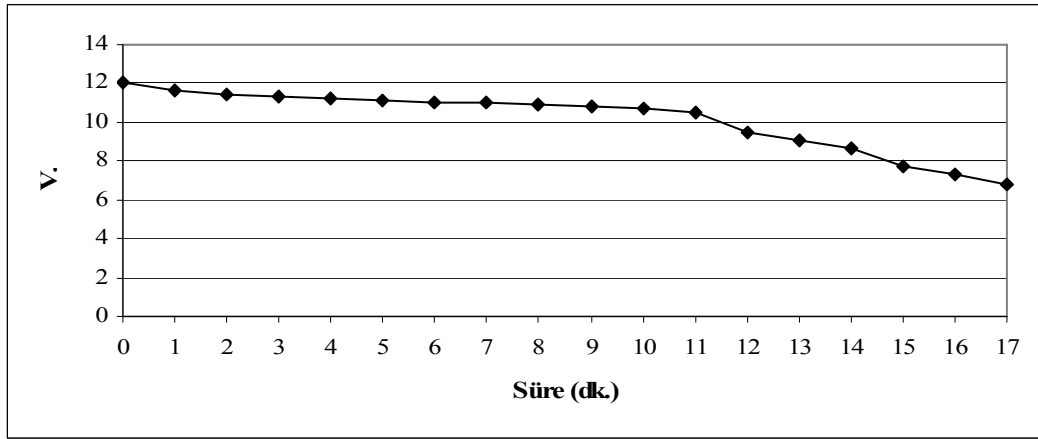
Şekil 4.127 3 Adet 2 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



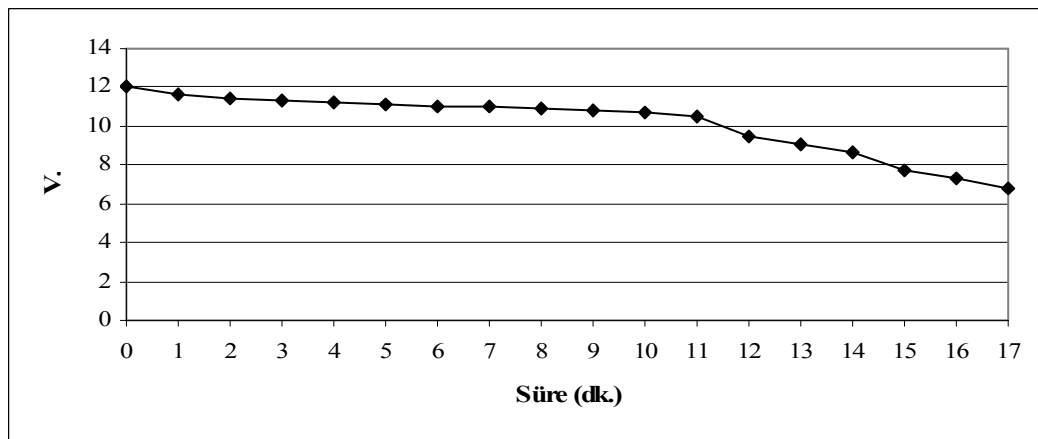
Şekil 4.128 3 Adet 2 Katlı Panel Enerji Grafiği.



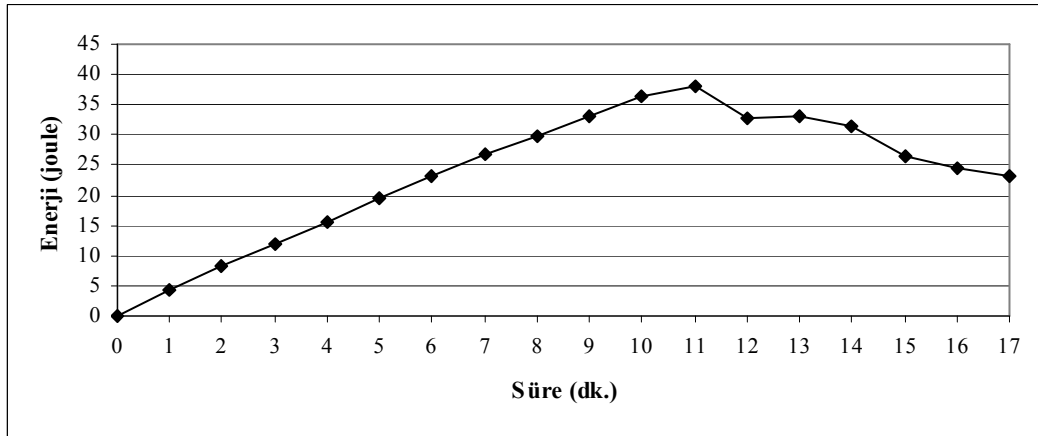
Şekil 4.129 4 Adet 2 Katlı Panel Isınma Grafiği.



Şekil 4.130 4 Adet 2 Katlı Panel Akım Grafiği.



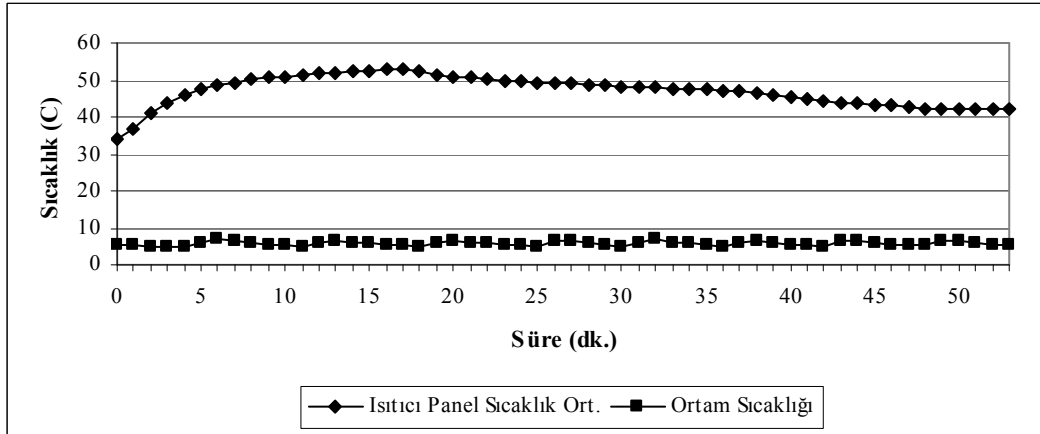
Şekil 4.131 4 Adet 2 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



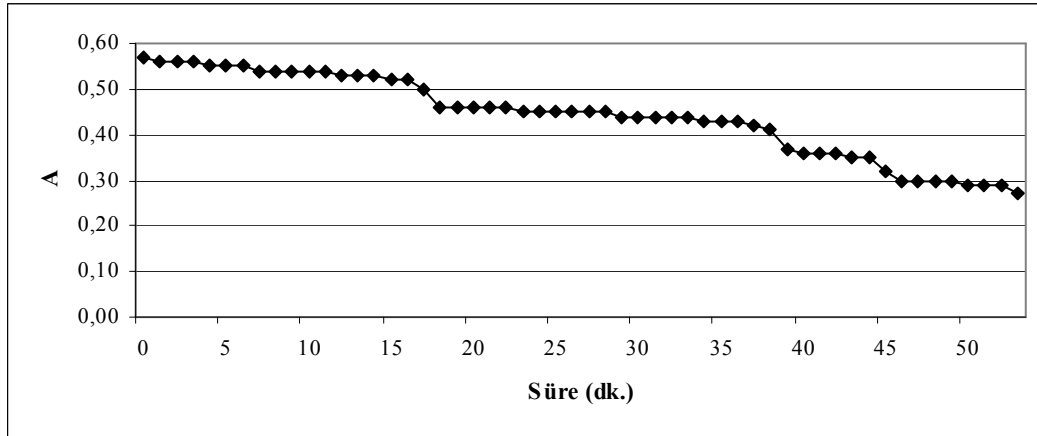
Şekil 4.132 4 Adet 2 Katlı Panel Enerji Grafiği.

Şekil 4.117 – Şekil 4.132’de görüldüğü gibi 1 adet iki katlı panel uygulamasında 60 dk. ölçüm yapılabilirken 2 adet panel kullanımında süre 27 dk.ya inmiştir. 3 adet panel kullanımı 24 dk. boyunca sürdürülürken 4 adet panel kullanımı 17 dk. olarak gerçekleştirilmiştir. İki katlı panel denemelerinde tespit edilen sıcaklık artışları da yaklaşık 15-20 °C aralığındadır. Panellerin çektiği akım miktarları ise yaklaşık olarak 0,4 A seviyesinden başlamış ve uygulama sonunda 0,2 A seviyesine dek azalmıştır. Öte yandan panellerde oluşan ısı enerjisinin deney süresince kümülatif olarak arttığı ve güç kaynağının verimli olarak performansını sürdürebildiği son noktaya dek bu artışın sürdüğü görülmüştür. 1, 2, 3 ve 4 adet iki katlı panel uygulamaları için bu değer sırasıyla yaklaşık 230, 50, 40 ve 35 joule olarak tespit edilmiştir.

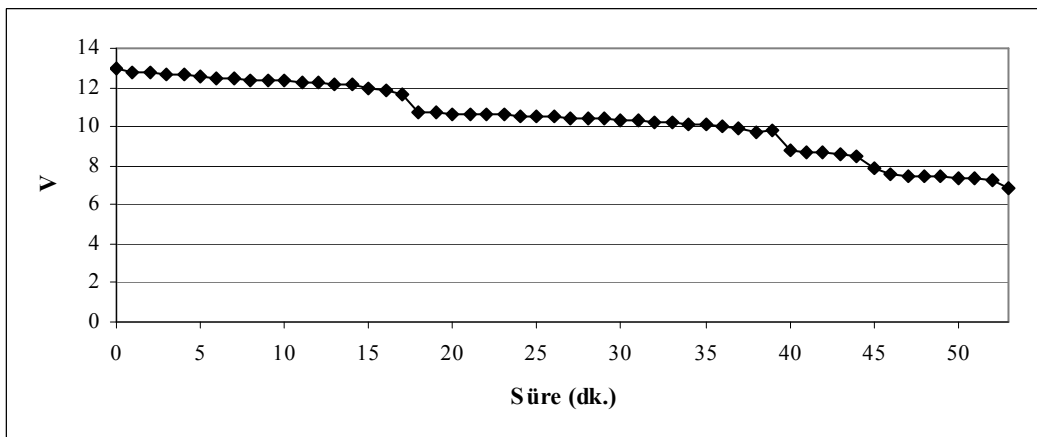
Şekil 4.133 ile Şekil 4.148 arasında 3 katlı panellerin 5°C ortam sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma verileri, sistemin akım ve gerilim grafikleri, uygulama sırasında panellerin oluşturduğu enerji miktarları sunulmuştur.



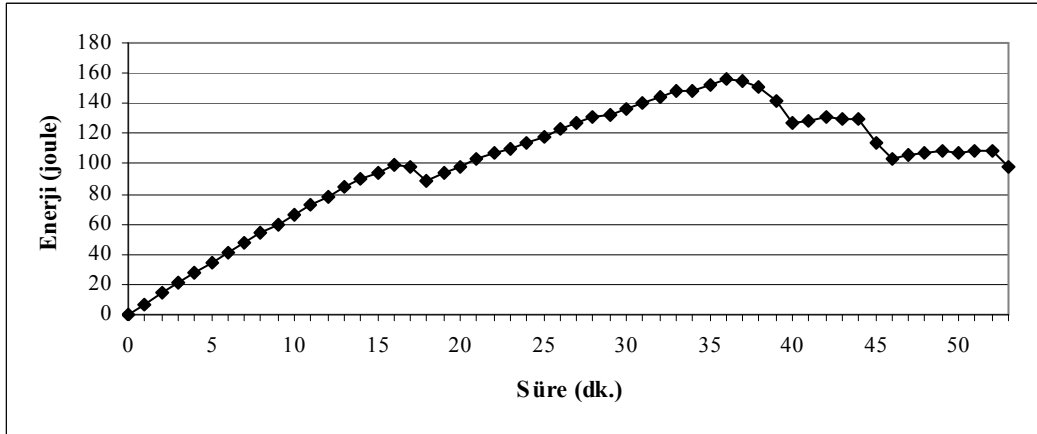
Şekil 4.133 1 Adet 3 Katlı Panel Isınma Grafiği.



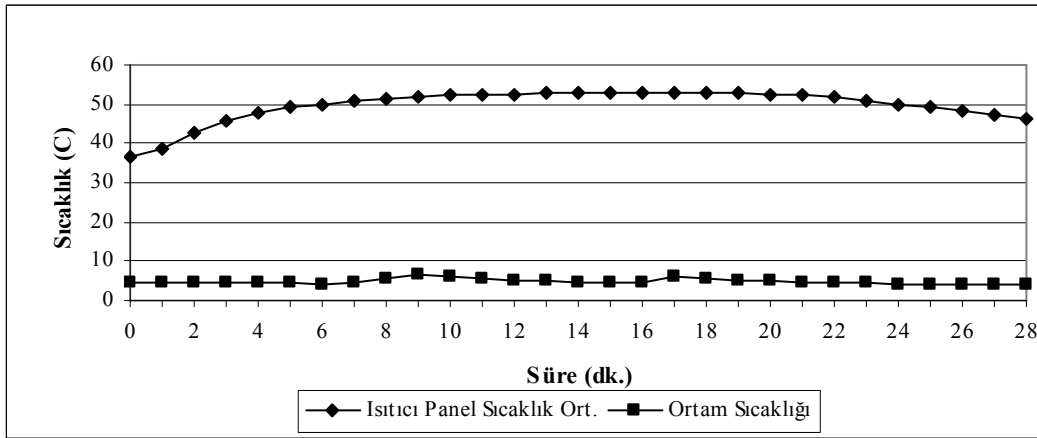
Şekil 4.134 1 Adet 3 Katlı Panel Akım Değerleri.



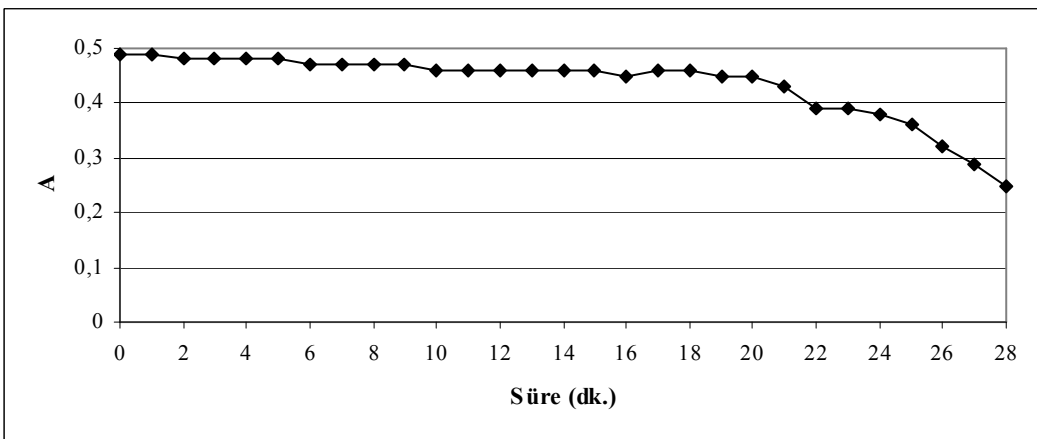
Şekil 4.135 1 Adet 3 Katlı Panel Gerilim Değerleri.



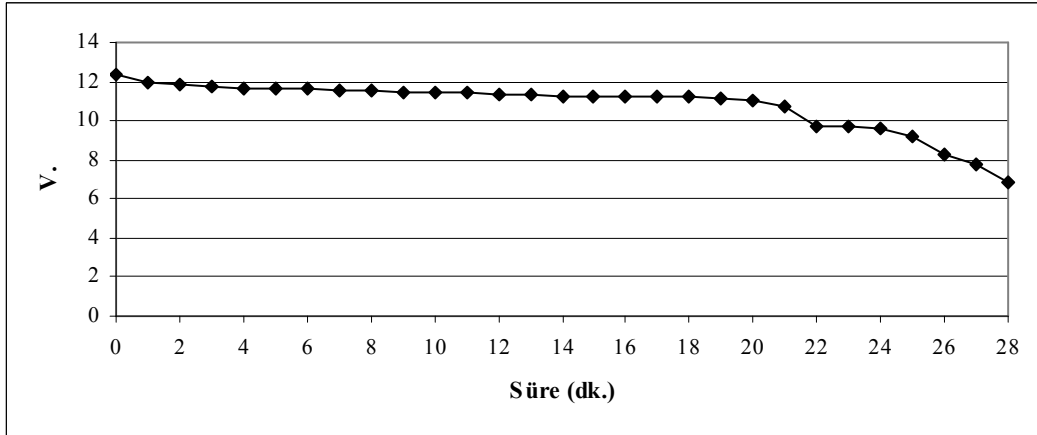
Şekil 4.136 1 Adet 3 Katlı Panel Enerji Değerleri.



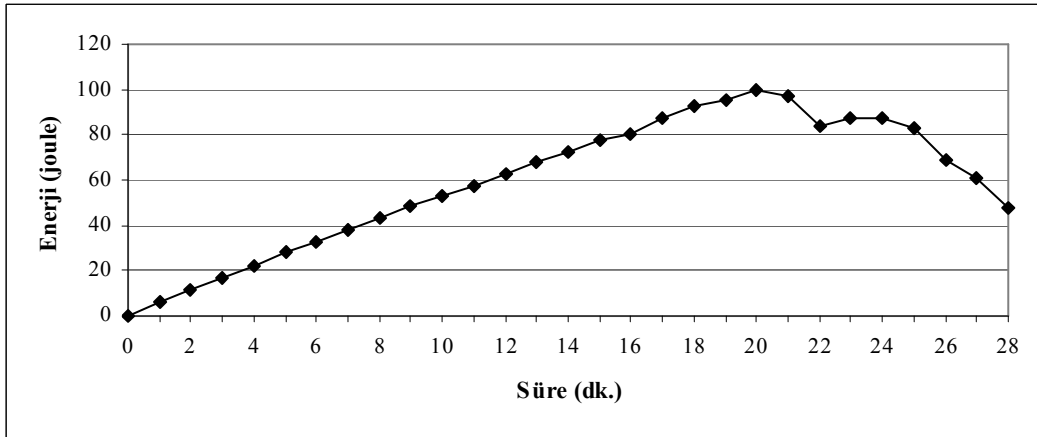
Şekil 4.137 2 Adet 3 Katlı Panel Isınma Grafiği.



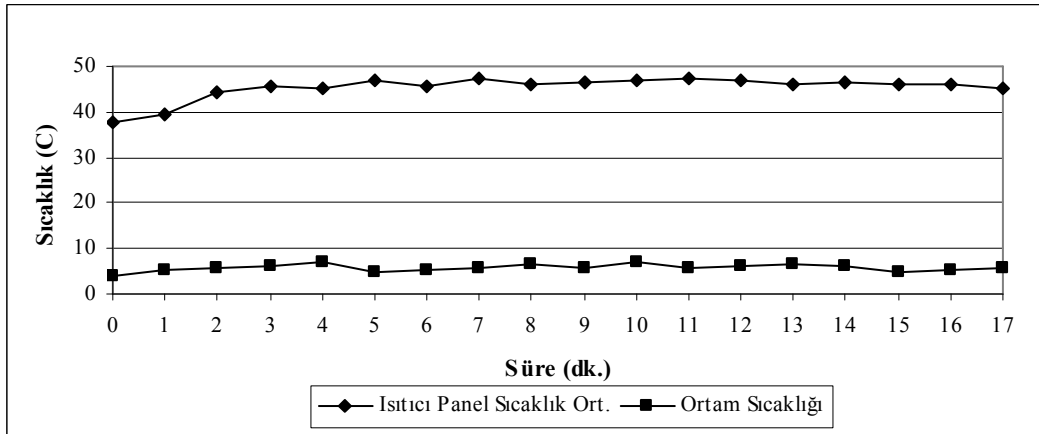
Şekil 4.138 2 Adet 3 Katlı Panel Akım Grafiği.



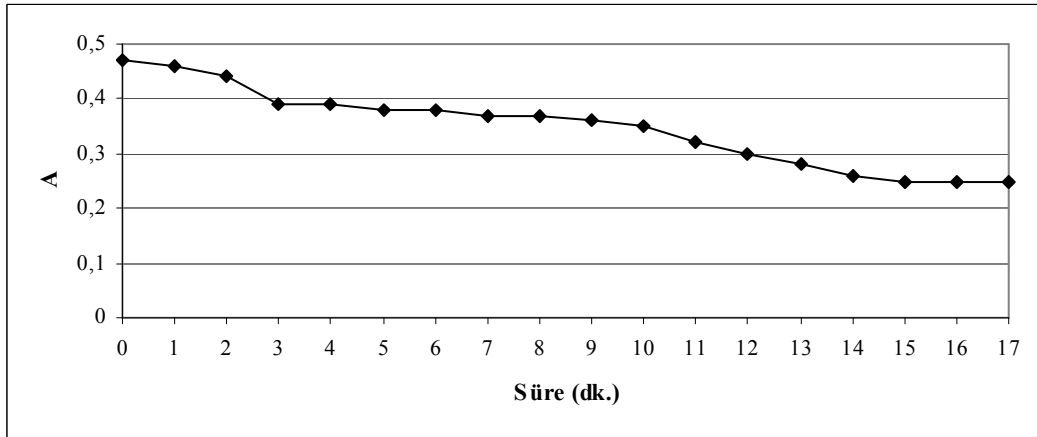
Şekil 4.139 2 Adet 3 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



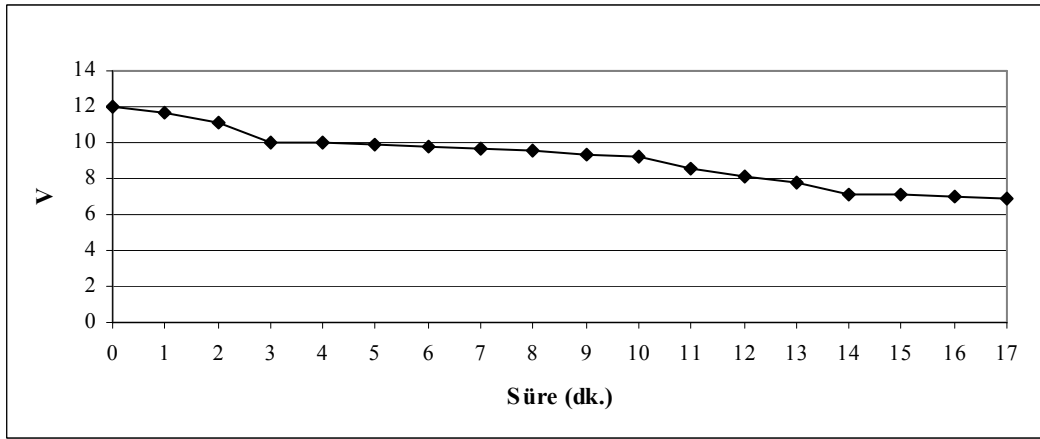
Şekil 4.140 2 Adet 3 Katlı Panel Enerji Grafiği.



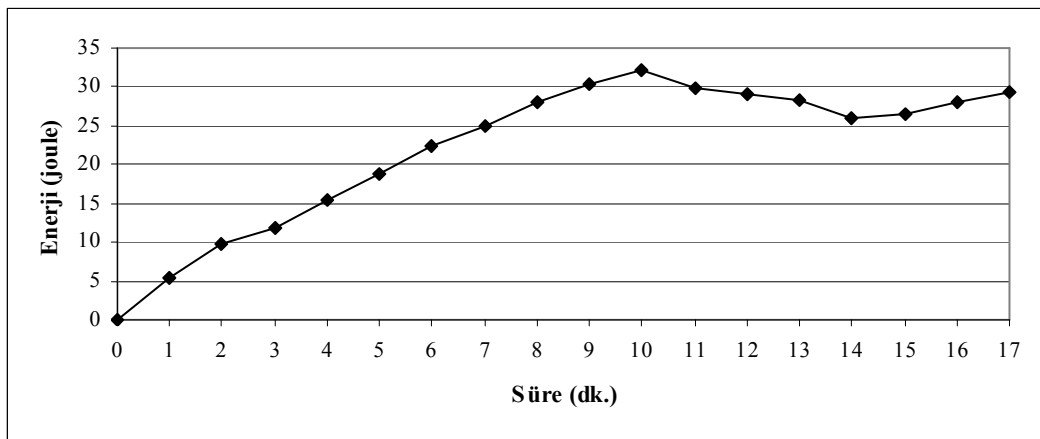
Şekil 4.141 3 Adet 3 Katlı Panel Isınma Grafiği.



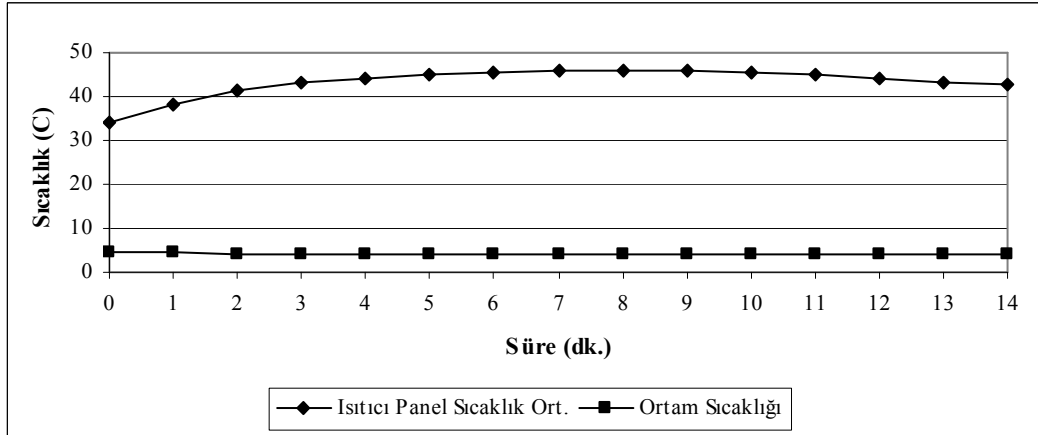
Şekil 4.142 3 Adet 3 Katlı Panel Akım Grafiği.



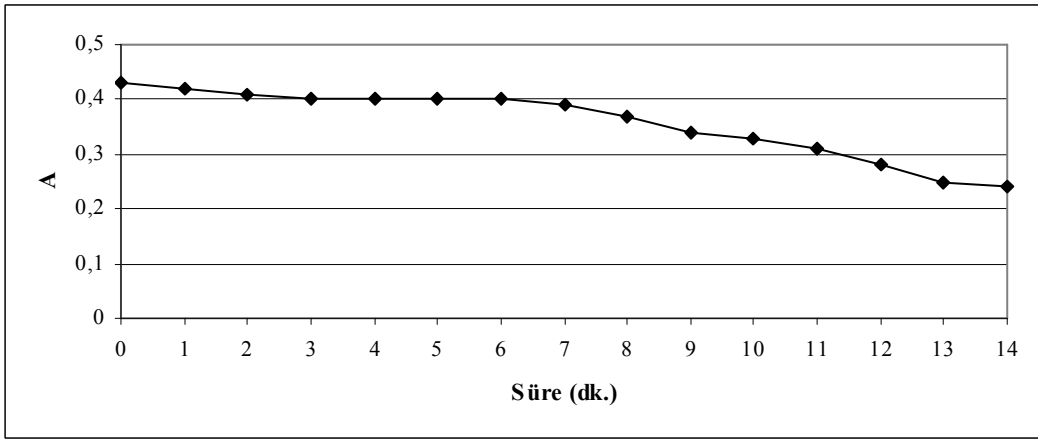
Şekil 4.143 3 Adet 3 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



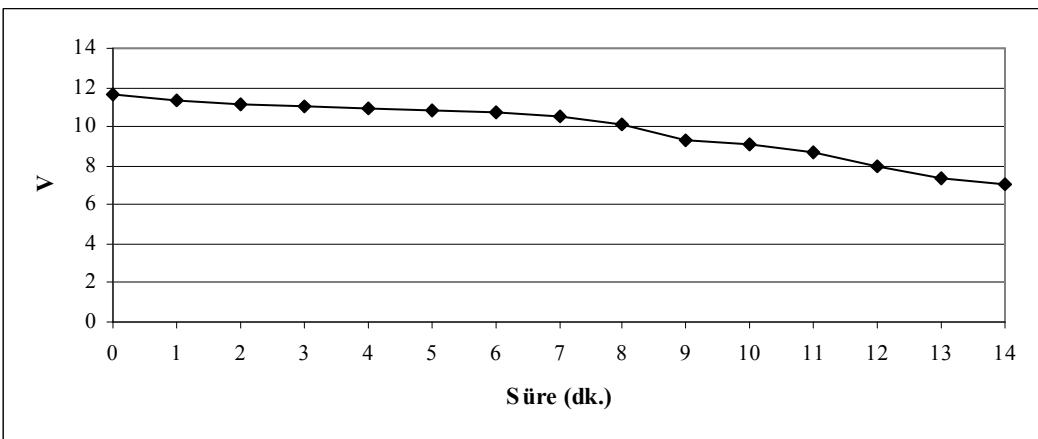
Şekil 4.144 3 Adet 3 Katlı Panel Enerji Grafiği.



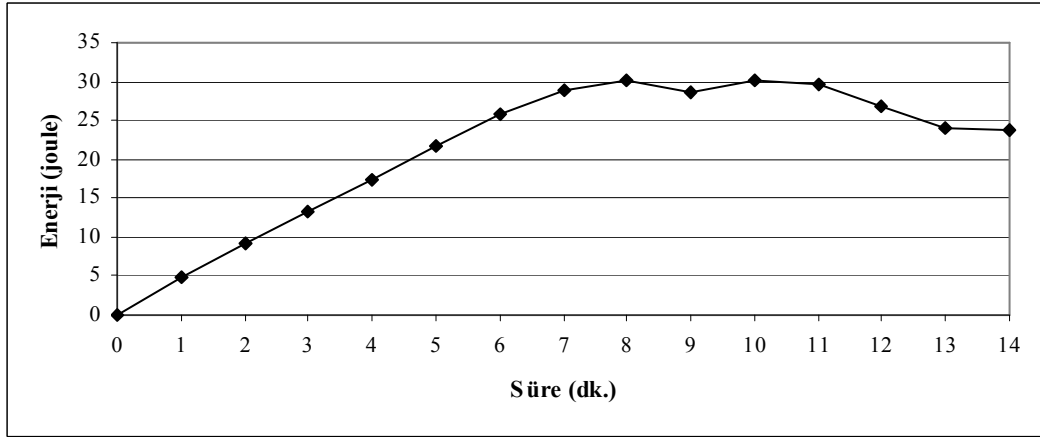
Şekil 4.145 4 Adet 3 Katlı Panel Isınma Grafiği.



Şekil 4.146 4 Adet 3 Katlı Panel Akım Grafiği.



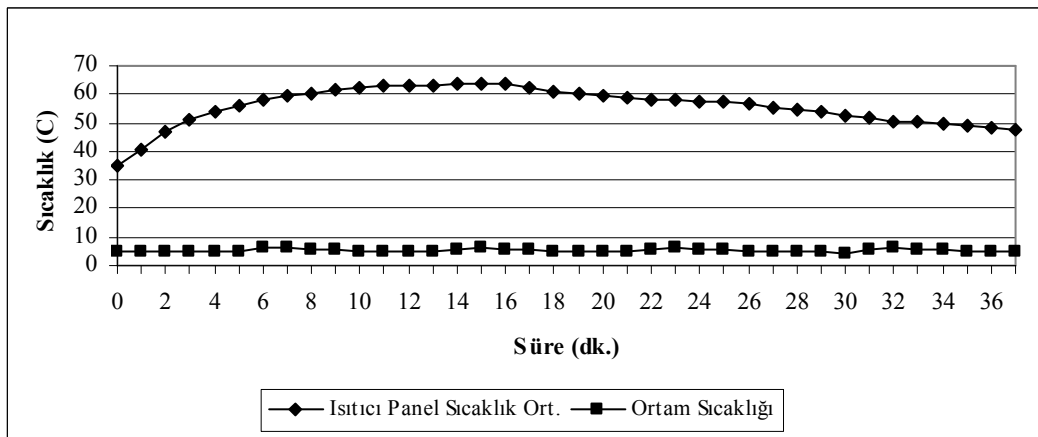
Şekil 4.147 4 Adet 3 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



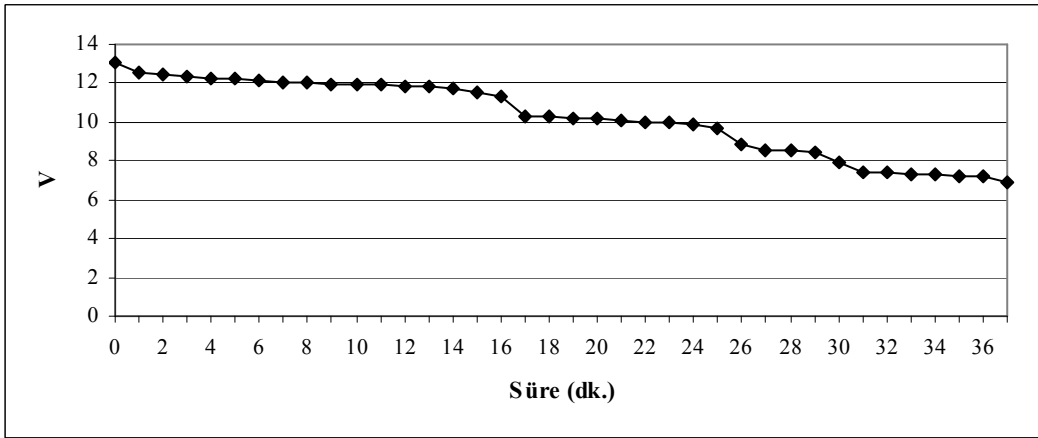
Şekil 4.148 4 Adet 3 Katlı Panel Enerji Grafiği.

Şekil 4.133 - Şekil 4.148’de görüldüğü gibi üç katlı 1 adet panel uygulaması 53 dk. sürmüştür. Panel sayısı 2’ye yükseltildiğinde bu değer 28 olarak gerçekleşmiştir. Üç katlı 3 adet panel kullanımında 17 dk. olan uygulama süresi, 4 adet panel denemelerinde 14 dk.’ya inmiştir. Sıcaklık artışları da 1 ve 2 adet üç katlı panel uygulamalarında yaklaşık 20°C’dir. 3 ve 4 adet üç katlı denemelerde ise 10°C’lik bir artış tespit edilmiştir. Üç katlı panellerde ölçülen akım değerleri yaklaşık 0,5 A seviyesinden başlamış ve uygulama sonunda yaklaşık 0,25 A seviyesine dek azalmıştır. 3 katlı panellerde oluşan ısı enerjisi ise 1, 2, 3 ve 4 adet paneller için sırasıyla 160, 100, 35 ve 30 joule olarak gözlenmiştir.

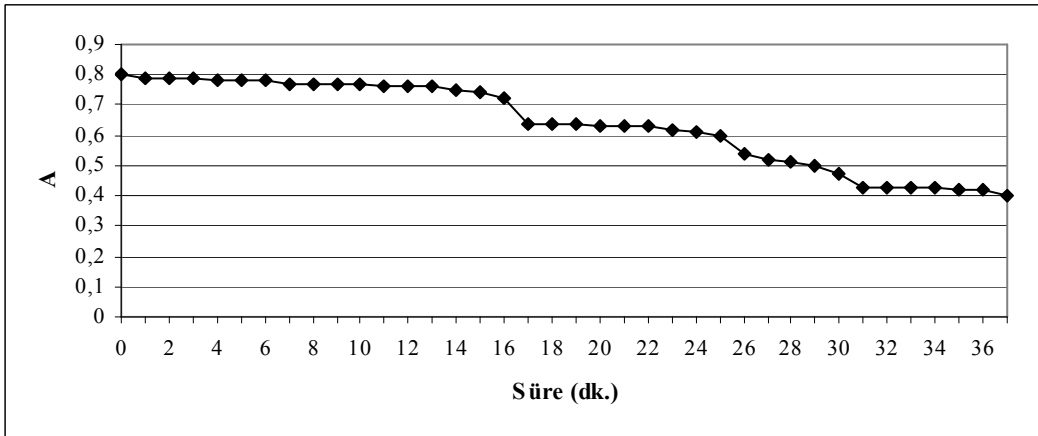
Şekil 4.149 ile Şekil 4.164 arasında 4 katlı panellerin 5°C’deki uygulamalarına ait ısınma verileri, sistemin akım ve gerilim grafikleri, uygulama sırasında panellerin oluşturduğu enerji miktarları sunulmuştur.



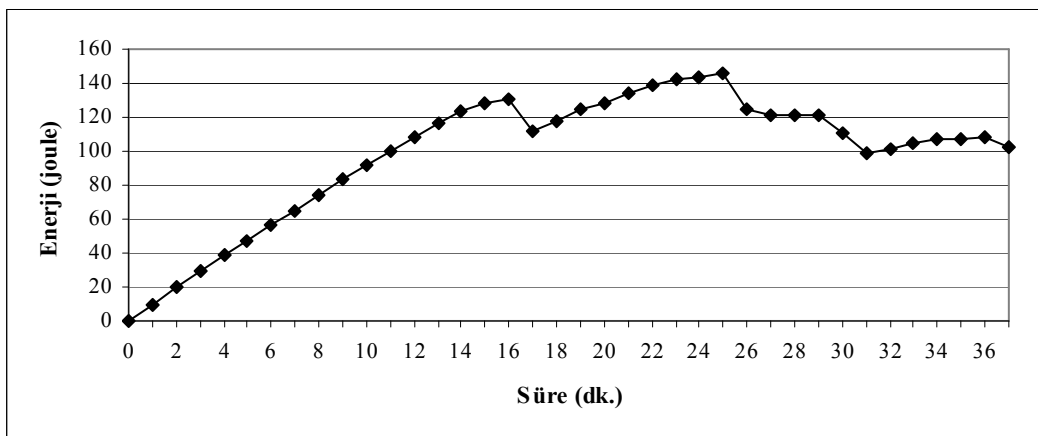
Şekil 4.149 1 Adet 4 Katlı Panel Isınma Grafiği.



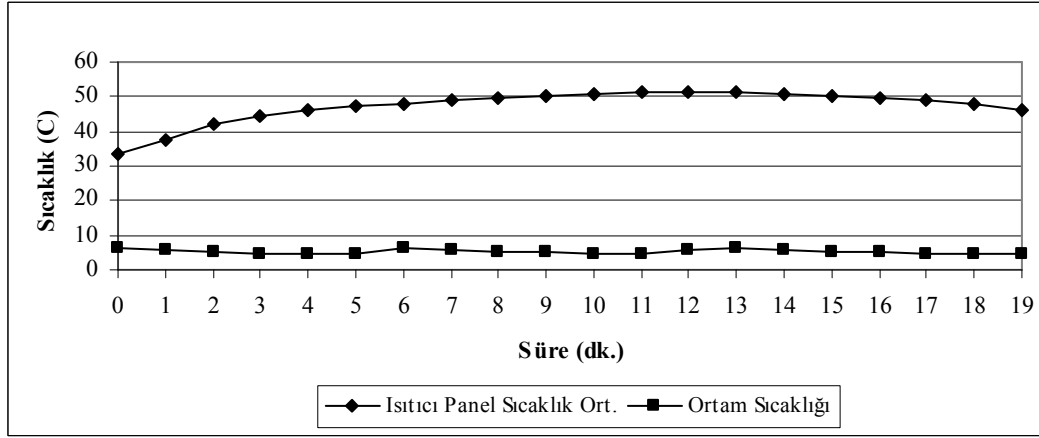
Şekil 4.150 1 Adet 4 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



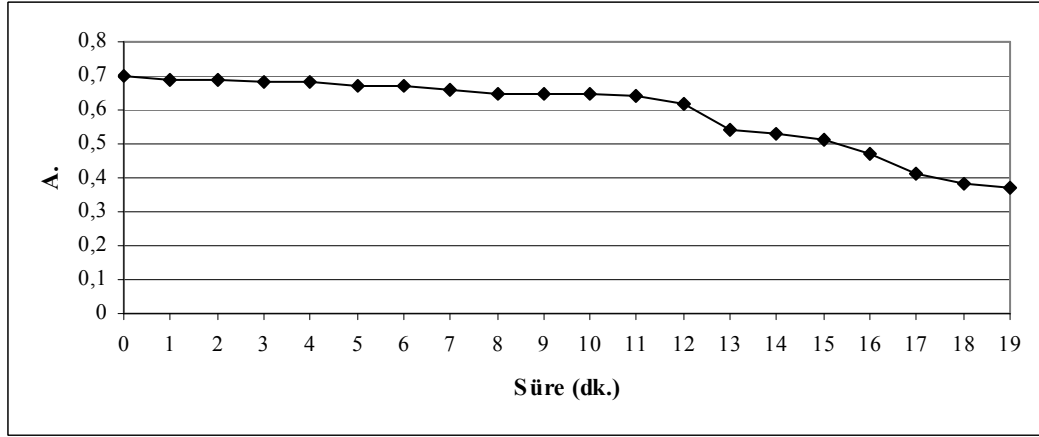
Şekil 4.151 1 Adet 4 Katlı Panel Akım Grafiği.



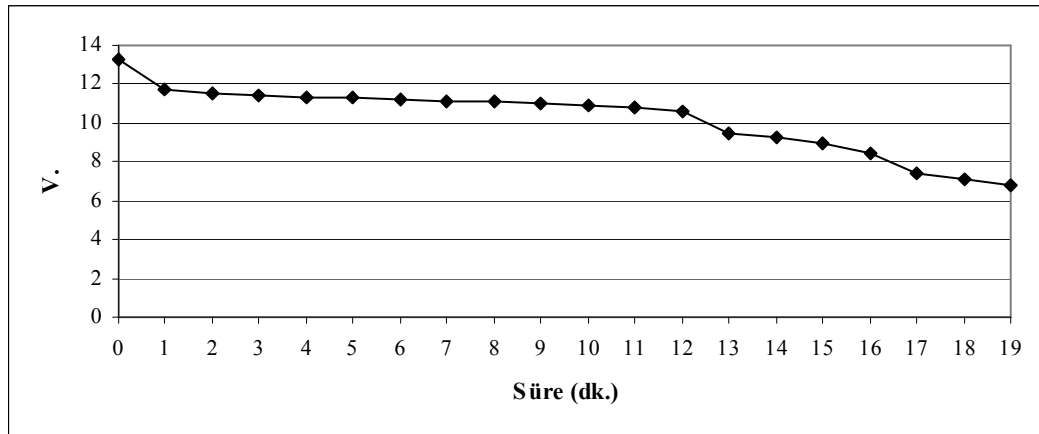
Şekil 4.152 1 Adet 4 Katlı Panel Enerji Grafiği.



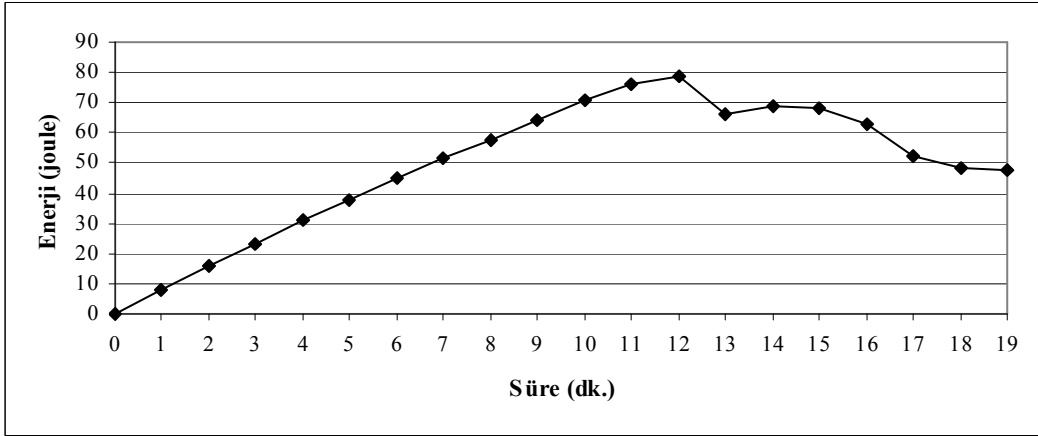
Şekil 4.153 2 Adet 4 Katlı Panel Isınma Grafiği.



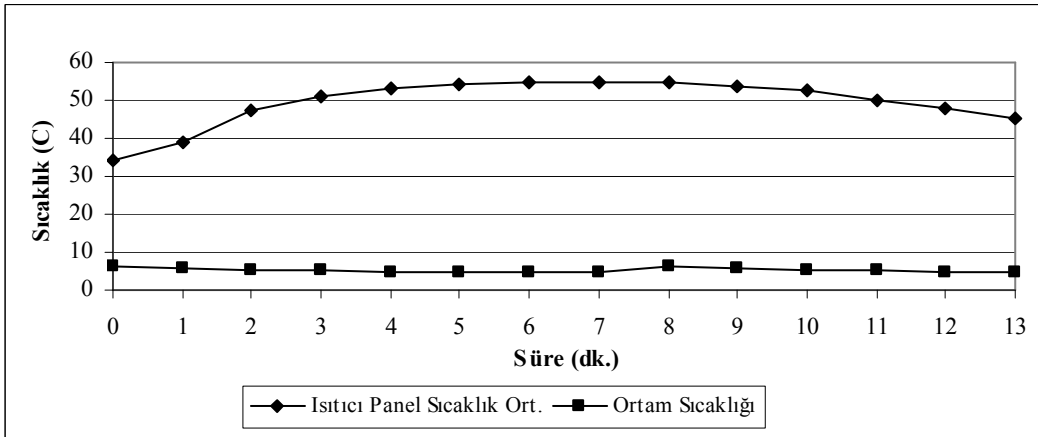
Şekil 4.154 2 Adet 4 Katlı Panel Akım Grafiği.



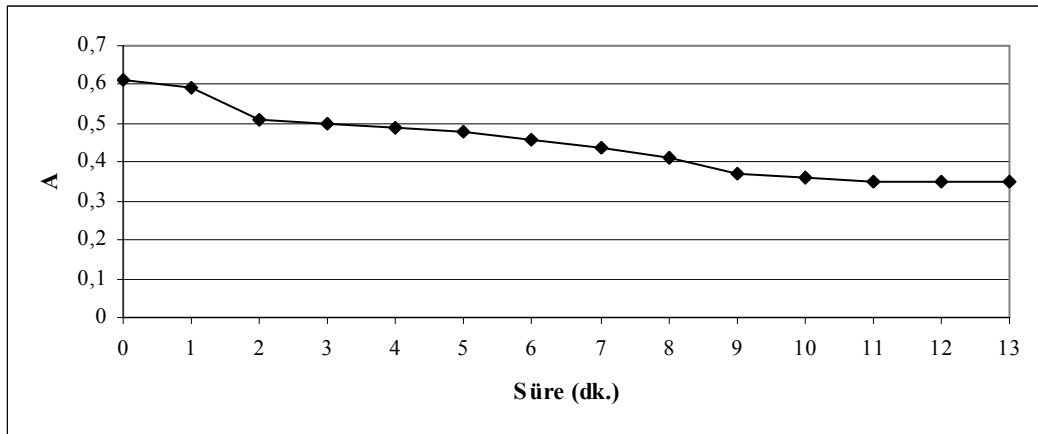
Şekil 4.155 2 Adet 4 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



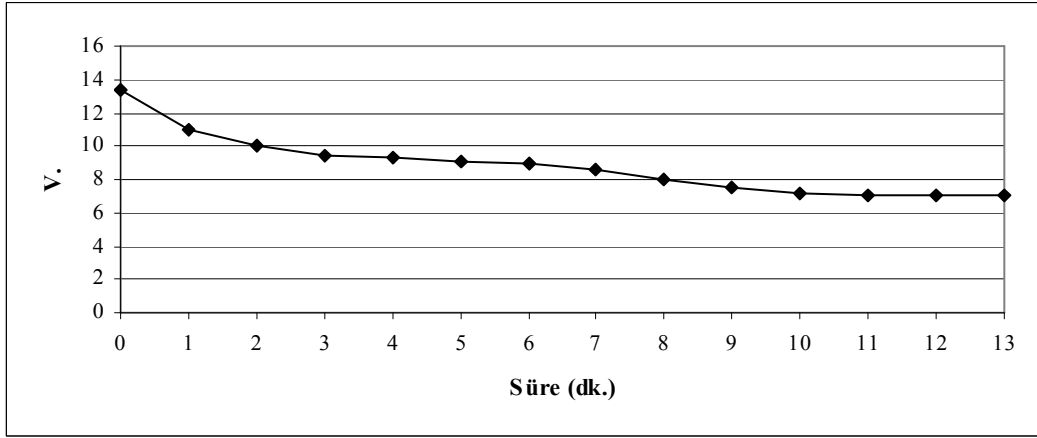
Şekil 4.156 2 Adet 4 Katlı Panel Enerji Grafiği.



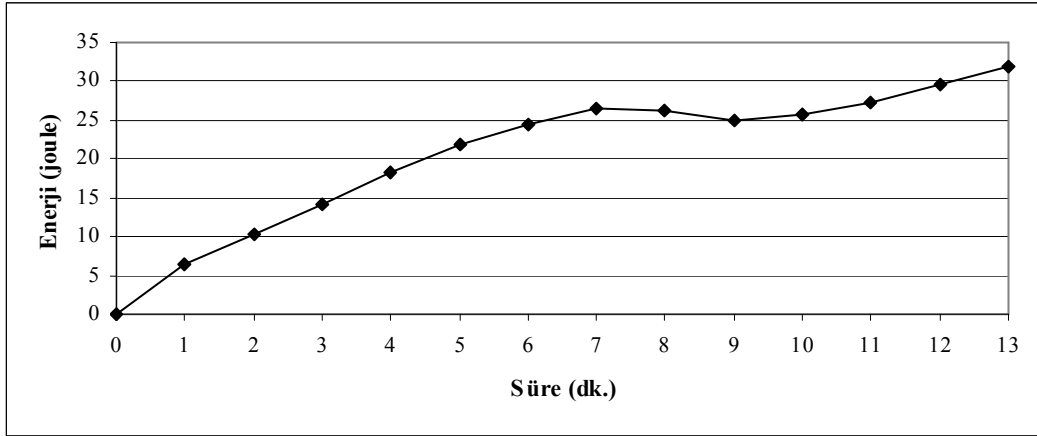
Şekil 4.157 3 Adet 4 Katlı Panel Isınma Grafiği.



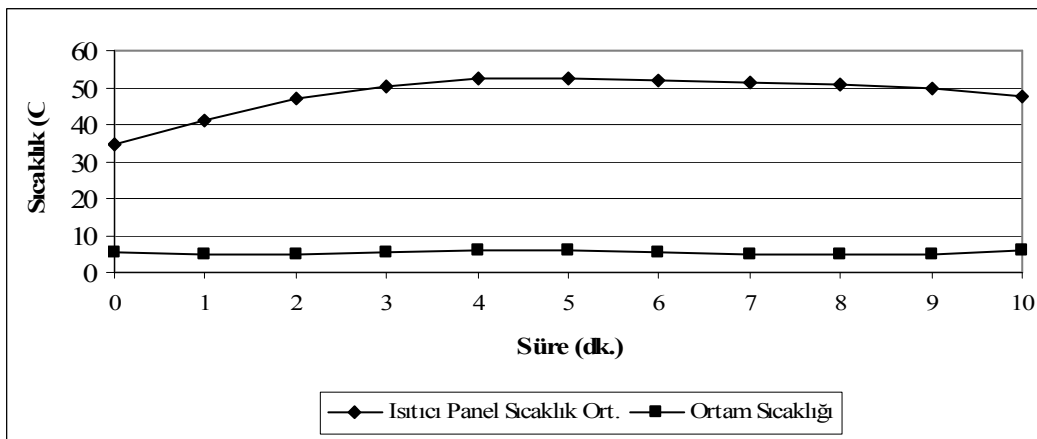
Şekil 4.158 3 Adet 4 Katlı Panel Akım Grafiği.



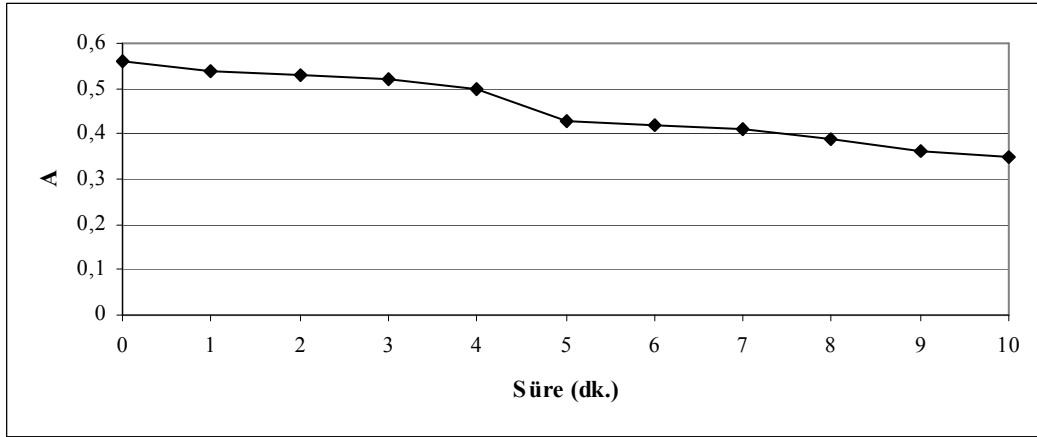
Şekil 4.159 3 Adet 4 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



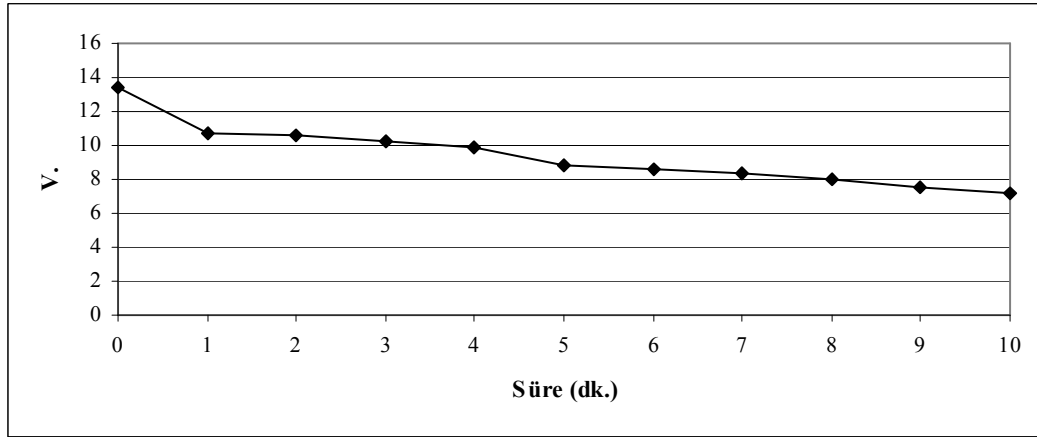
Şekil 4.160 3 Adet 4 Katlı Panel Enerji Grafiği.



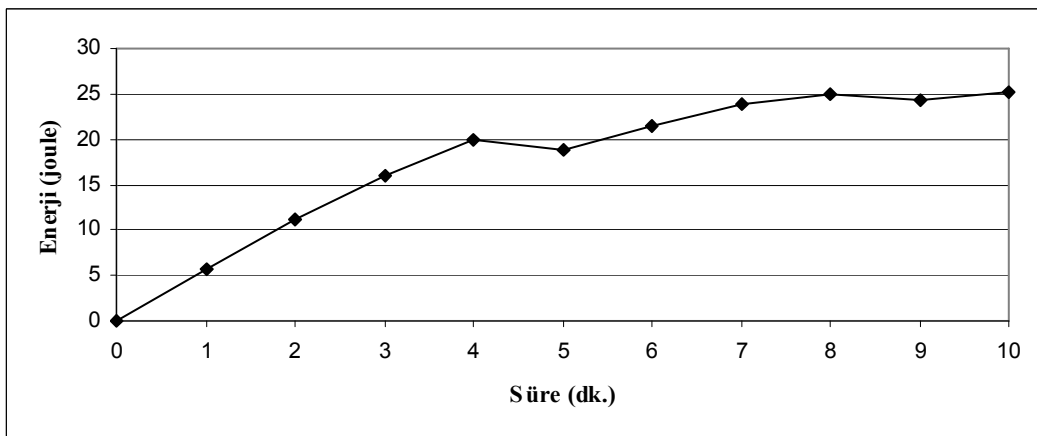
Şekil 4.161 4 Adet 4 Katlı Panel Isınma Grafiği.



Şekil 4.162 4 Adet 4 Katlı Panel Akım Grafiği.



Şekil 4.163 4 Adet 4 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



Şekil 4.164 4 Adet 4 Katlı Panel Enerji Grafiği.

Şekil 4.149 - Şekil 164’de dört katlı panel denemelerine ait veriler görülmektedir. 1 adet panel denemesindeki uygulama süresi 37 dk. olarak gerçekleşmiştir. 2 adet panel denemesinde 19 dk. olan uygulama süresi 3 adet panel kullanımında 13 dk.ya, 4 adet panel uygulamasında ise 10 dk.ya inmiştir. Uygulamalar sırasında gerçekleşen sıcaklık artışı 1, 2, 3 ve 4 adet dört katlı panel denemeleri için sırasıyla yaklaşık 30°C, 15 °C, 20°C ve 20 °C olarak ölçülmüştür. Dört katlı panel kullanımında panellerin çektiği akım miktarları 0,8-0,7 A seviyesinden başlamış ve güç kaynağının performansında denemeler süresince görülen zayıflamaya paralel olarak yaklaşık 0,4 A seviyelerine dek inmiştir. Panellerde elde edilen ısı enerjisi deney süresince kümülatif olarak artmakta ve güç kaynağının verimli olarak performansını sürdürebildiği son noktaya dek bu artış sürmektedir. Sırasıyla 1, 2, 3 ve 4 adet dört katlı panel uygulamaları için bu değerler 140, 80, 35 ve 25 joule olarak hesaplanmıştır.

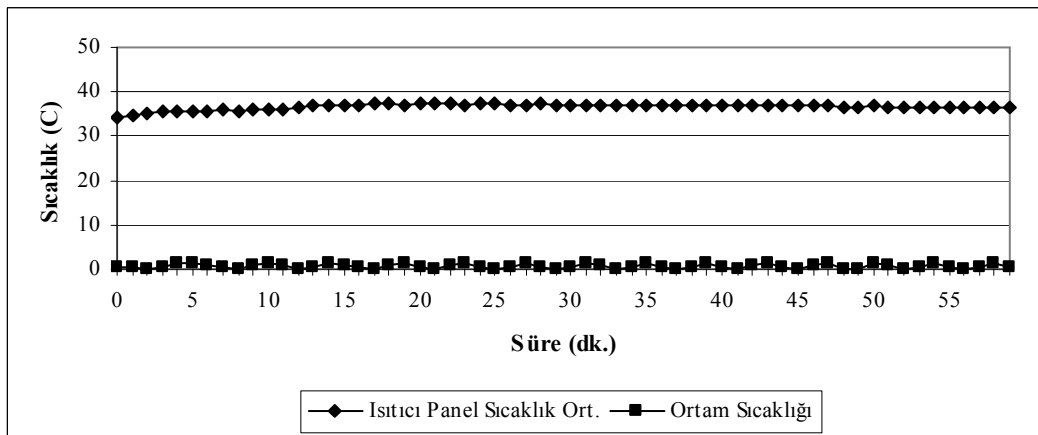
4.4 Li-Ion Pil Uygulamaları

Isıtıcı giysi prototipinde güç kaynağı olarak kullanılan ikinci pil çeşidi Li-Ion pil teknolojisidir. Denemeler 0 ve 5 °C ortam sıcaklıklarında gerçekleştirilmiştir. Farklı kat sayısına sahip paneller ısıtıcı giysi prototipine farklı adetlerde entegre edilmiş ve termal manken üzerinde ölçümler yapılarak ısınma verileri, sistemin akım ve gerilim değerleri, uygulama sırasında panellerin oluşturduğu enerji miktarları ölçülmüştür.

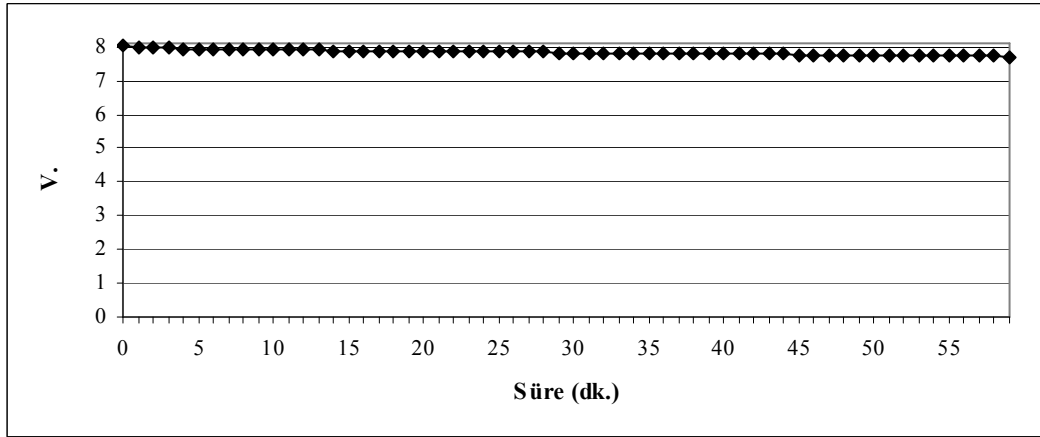
Li-Ion pil ile gerçekleştirilen uygulamalarda pil yapısının teknik özellikleri sebebiyle ani ve yüksek miktarda akım sağlanması mümkün değildir. Bu sebeple panellerde elde edilen ısınma seviyesi de Ni-MH pil uygulamalarına kıyasla daha istikrarlı ancak daha düşüktür. Elde edilen ısınma seviyelerinin değerlendirilmesi sonucunda çok düşük miktarda (1-2°C) ısıtma sağlamaları sebebiyle tek katlı paneller Li-Ion pil uygulamalarında değerlendirme dışı bırakılmıştır. Öte yandan sistemin genel yapısı ve güç kaynağının kapasitesi sebebiyle 4 katlı panel uygulamaları da gerçekleştirilememiştir.

4.4.1 0°C Ortam Şartlarında Isıtıcı Giysi Prototipi Üzerinde Yapılan Ölçüm Sonuçları

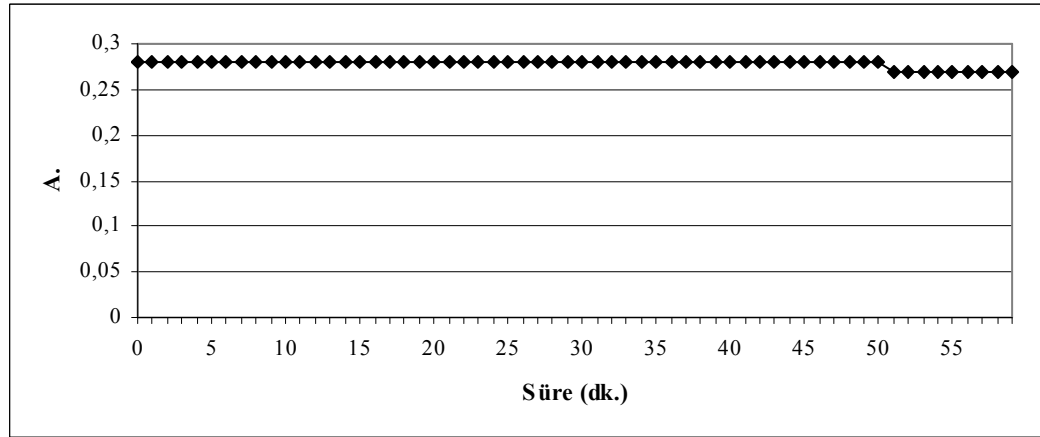
Şekil 4.165 ile Şekil 4.180 arasında 2 katlı panellerin 0°C ortam sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma verileri, sistemin akım ve gerilim grafikleri, uygulama sırasında panellerin oluşturduğu enerji miktarları sunulmuştur.



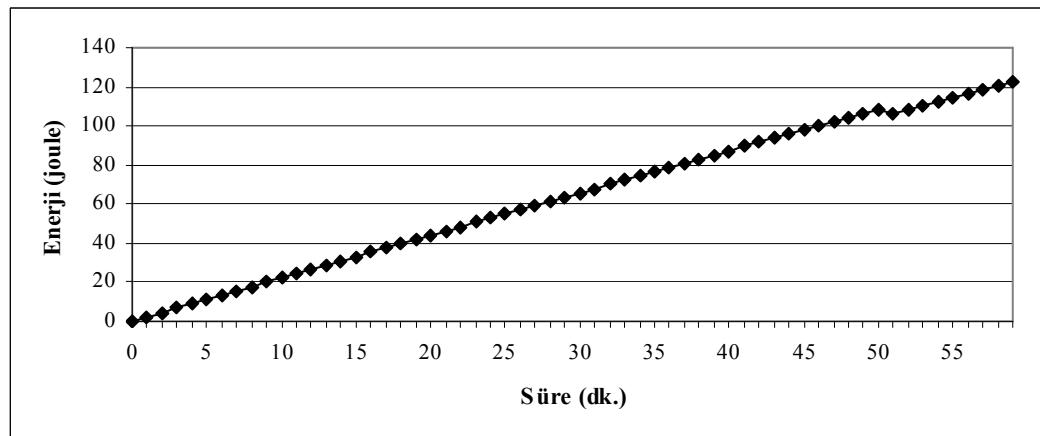
Şekil 4.165 1 Adet 2 Katlı Panel Sıcaklık Grafiği.



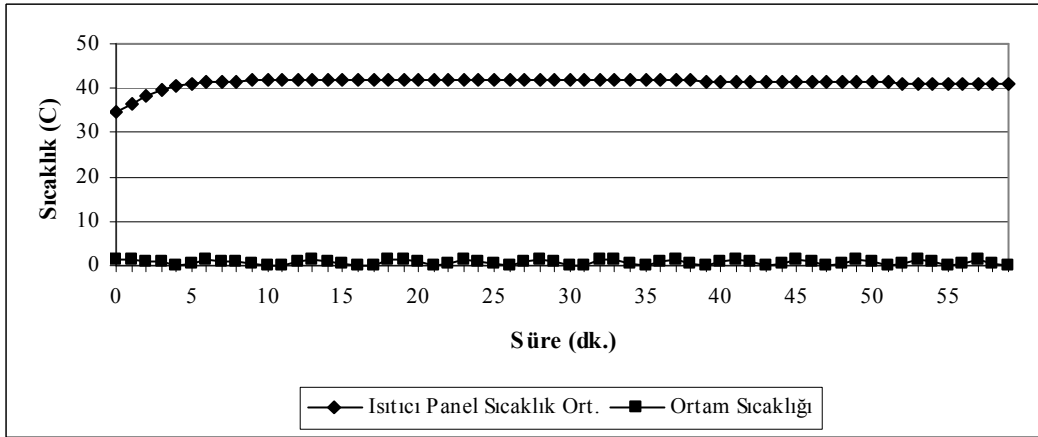
Şekil 4.166 1 Adet 2 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



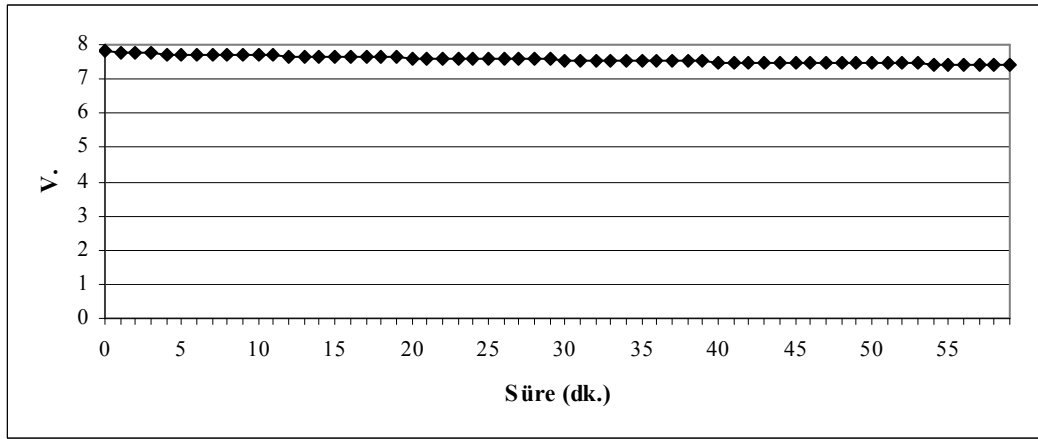
Şekil 4.167 1 Adet 2 Katlı Panel Akım Grafiği.



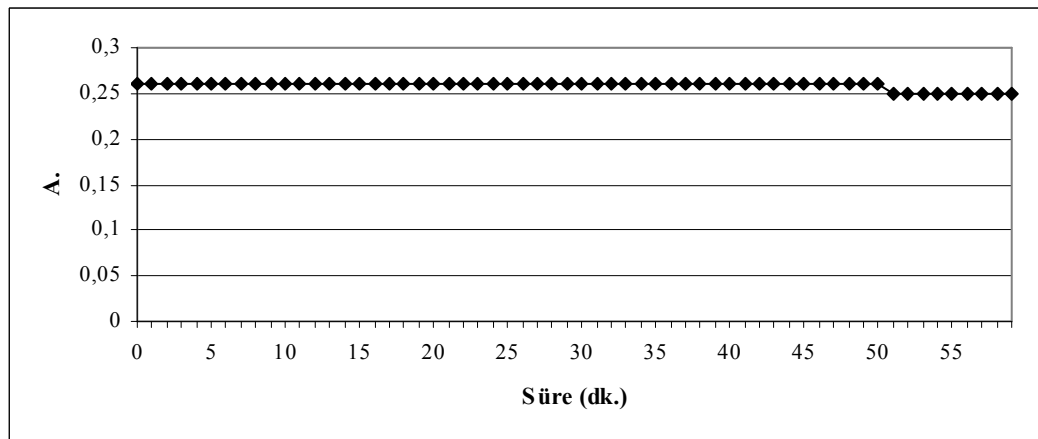
Şekil 4.168 1 Adet 2 Katlı Panel Enerji Grafiği.



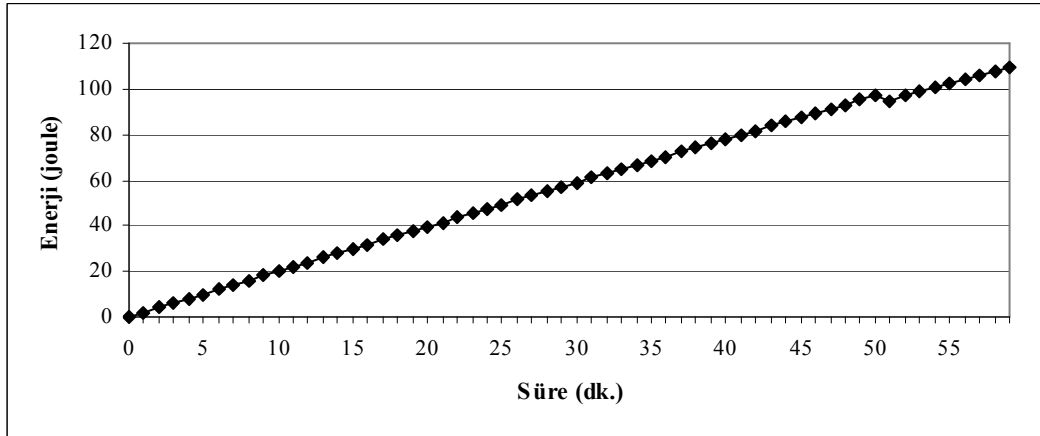
Şekil 4.169 2 Adet 2 Katlı Panel Isınma Grafiği.



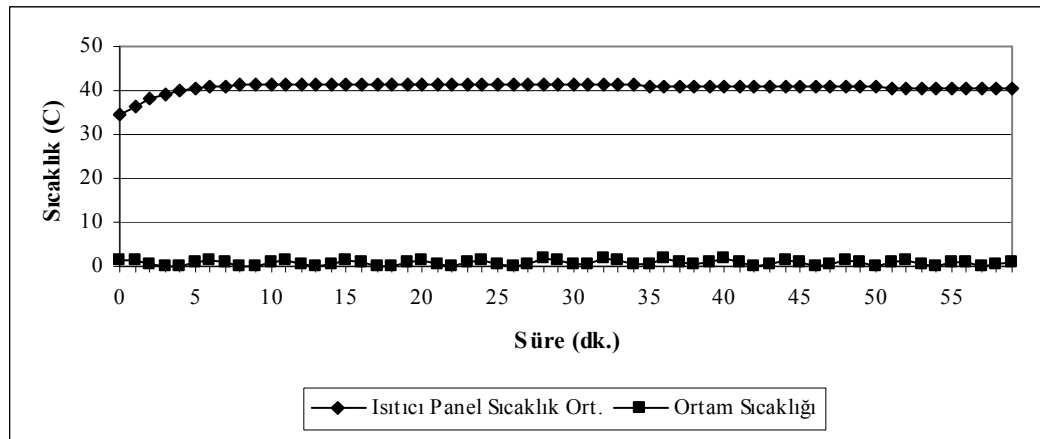
Şekil 4.170 2 Adet 2 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



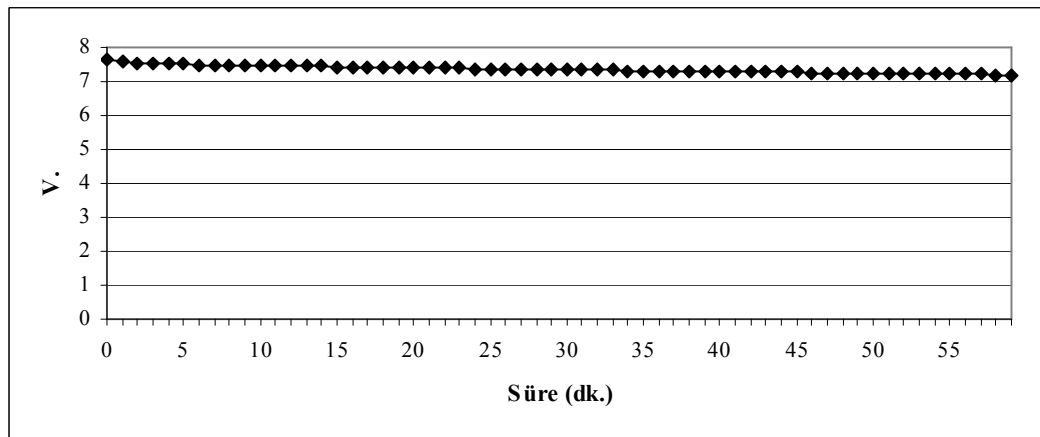
Şekil 4.171 2 Adet 2 Katlı Panel Akım Grafiği.



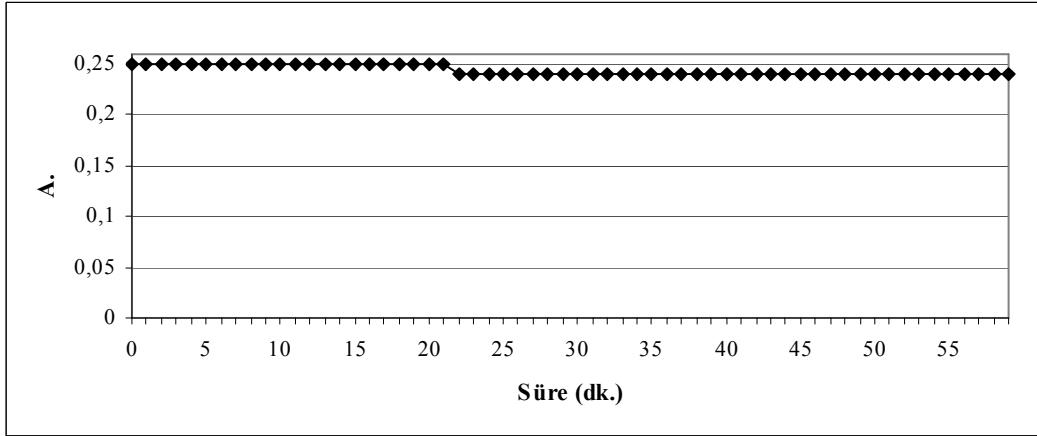
Şekil 4.172 2 Adet 2 Katlı Panel Enerji Grafiği.



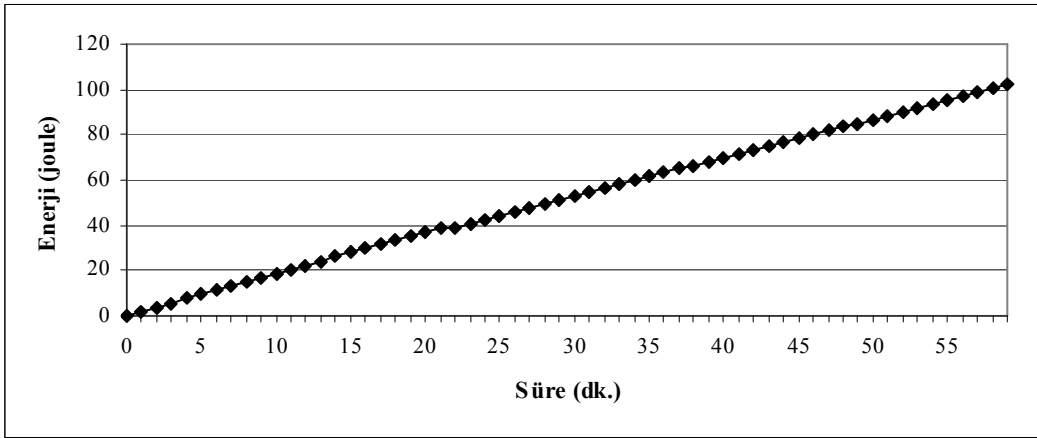
Şekil 4.173 3 Adet 2 Katlı Panel Isınma Grafiği.



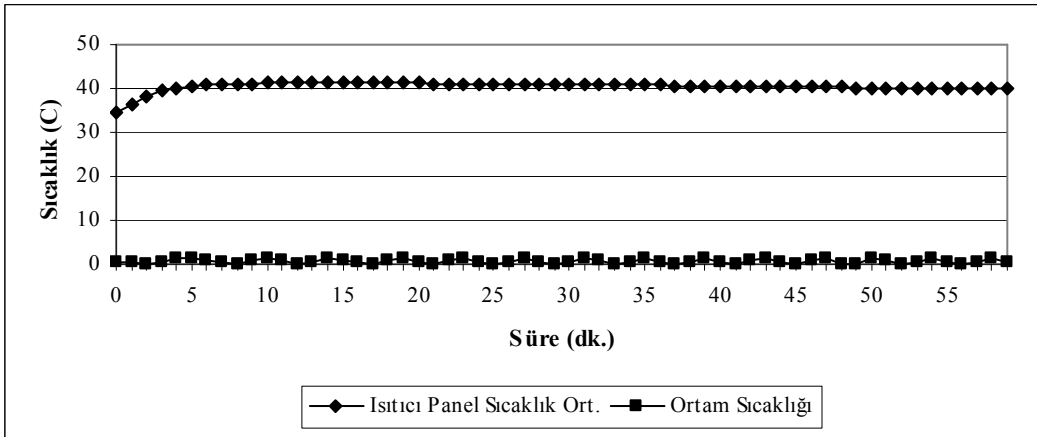
Şekil 1.174 3 Adet 2 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



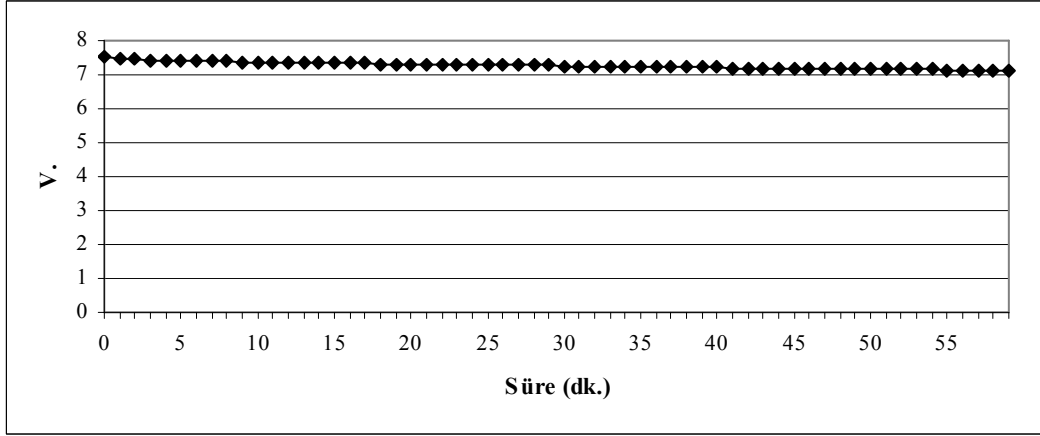
Şekil 4.175 3 Adet 2 Katlı Panel Akım Grafiği.



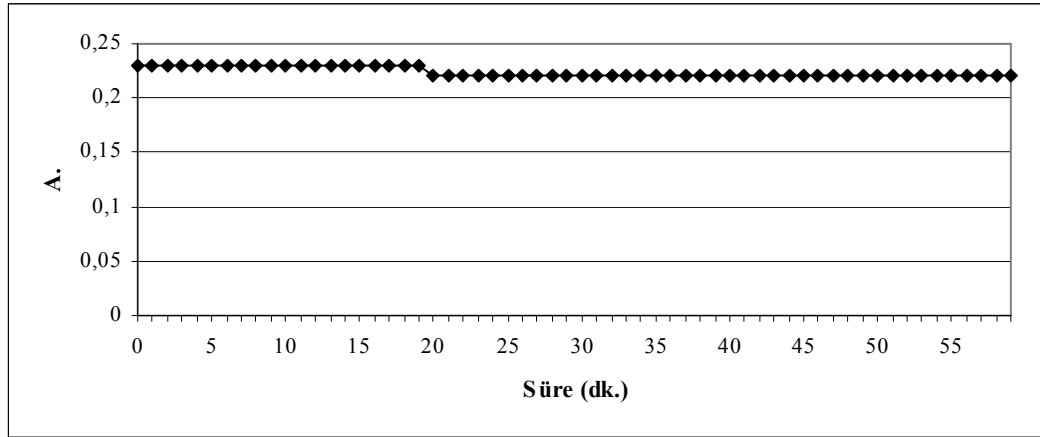
Şekil 4.176 3 Adet 2 Katlı Panel Enerji Grafiği.



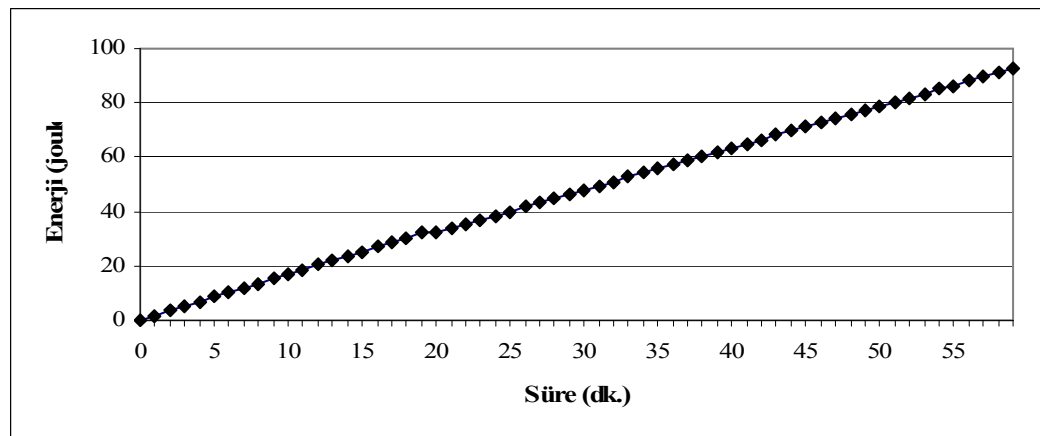
Şekil 4.177 4 Adet 2 Katlı Panel Isınma Grafiği.



Şekil 4.178 4 Adet 2 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



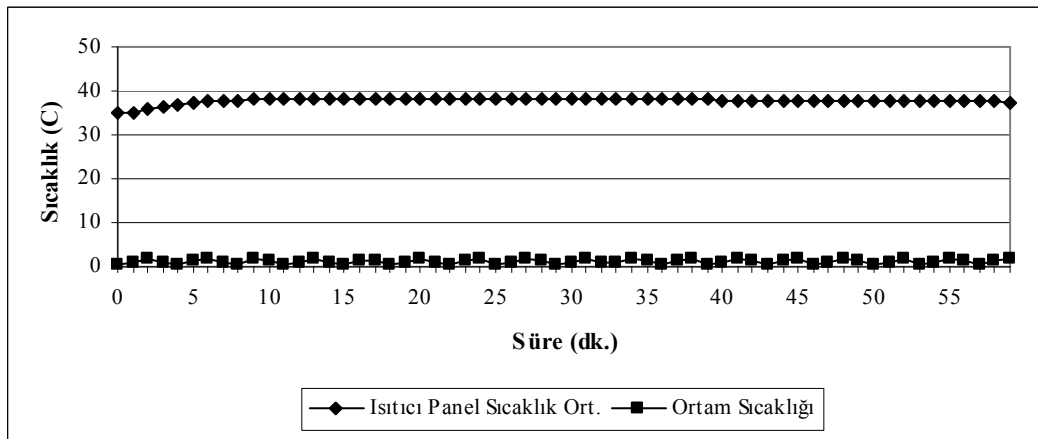
Şekil 4.179 4 Adet 2 Katlı Panel Akım Grafiği.



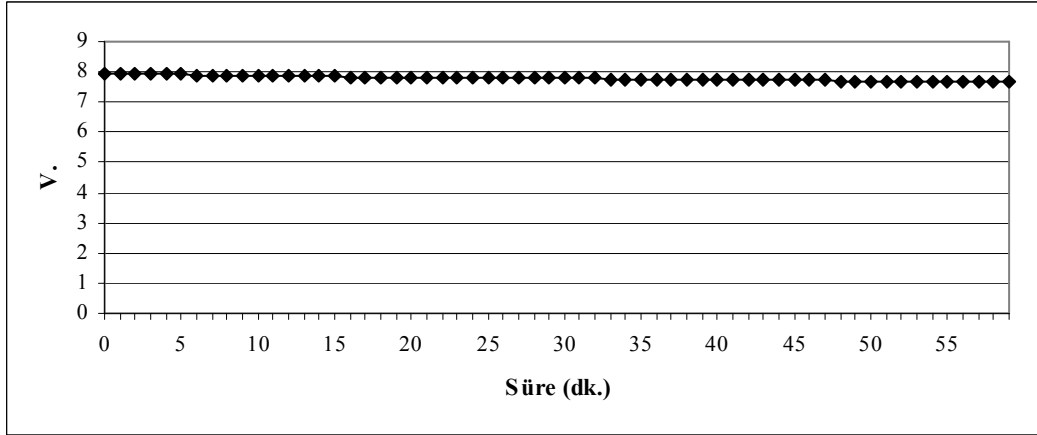
Şekil 4.180 4 Adet 2 Katlı Panel Enerji Grafiği.

Şekil 4.165 - Şekil 4.180’de görüldüğü gibi Li-Ion pil kullanılarak gerçekleştirilen iki katlı 1 adet panel uygulamasının ilk 10 dk.lık periyodunda yaklaşık 4°C’lik bir ısınma elde edilmiş ve bu değer 1 saatlik ölçüm süreci boyunca süreklilik sağlamıştır. İki katlı 2 adet, 3 adet ve 4 adet panel kullanımlarında ise yaklaşık 7°C’lik sıcaklık artışı benzer şekilde 60 dk. boyunca korunmuştur. İki katlı panel denemelerinde panellerin çektiği akım miktarları ölçüm yapılan 60 dk.lık zaman dilimi içinde hemen hemen hiç değişmemiş ve başlangıç değerini korumuştur. Kullanılan panel sayısına göre akım değerleri yaklaşık olarak 0,25 A ~ 0,23 A arasında değişmektedir. Panellerde elde edilen ısı enerjisi açısından da panel sayısı arttıkça enerji miktarlarında az da olsa bir azalma gözlenmiştir. Deney süresince kümülatif olarak artan enerji miktarları 1, 2, 3 ve 4 adet iki katlı panel uygulamaları için sırasıyla 120, 110, 100 ve 90 joule olarak tespit edilmiştir.

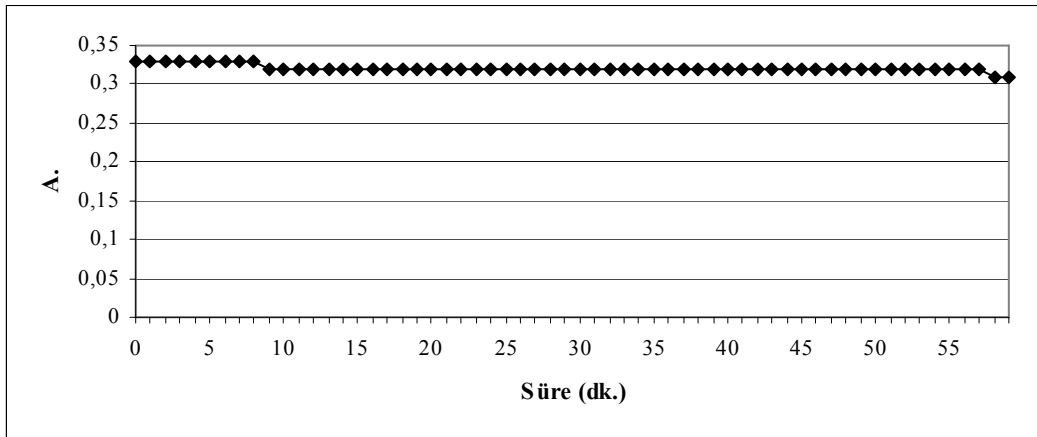
Şekil 4.181 ile Şekil 4.188 arasında 3 katlı panellerin 0°C ortam sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma verileri, sistemin akım ve gerilim grafikleri, uygulama sırasında panellerin oluşturduğu enerji miktarları sunulmuştur.



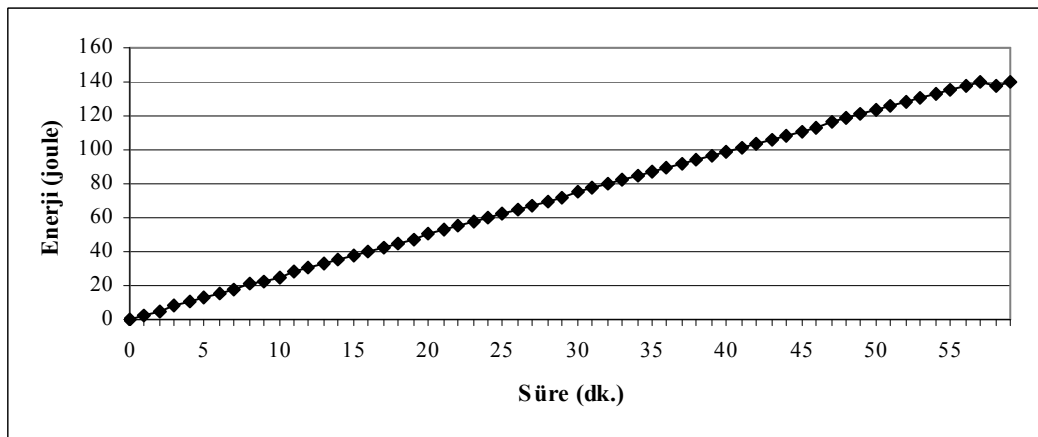
Şekil 4.181 1 Adet 3 Katlı Panel Isınma Grafiği.



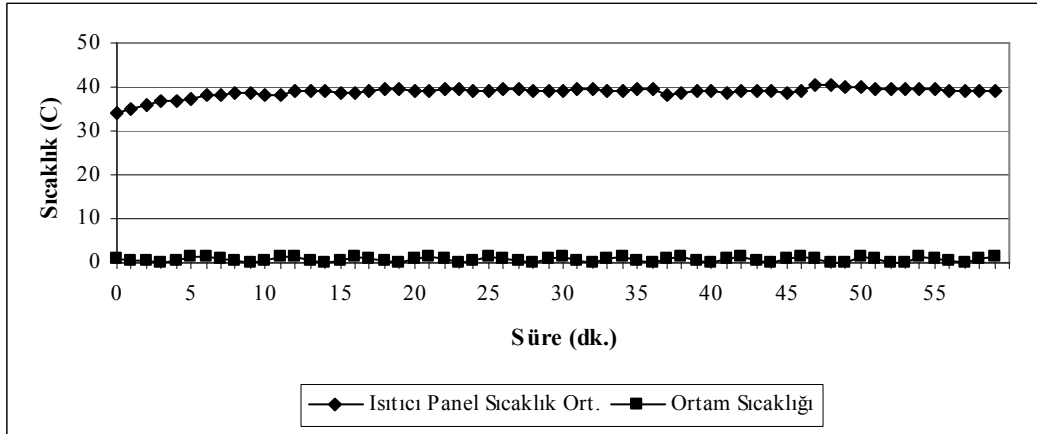
Şekil 4.182 1 Adet 3 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



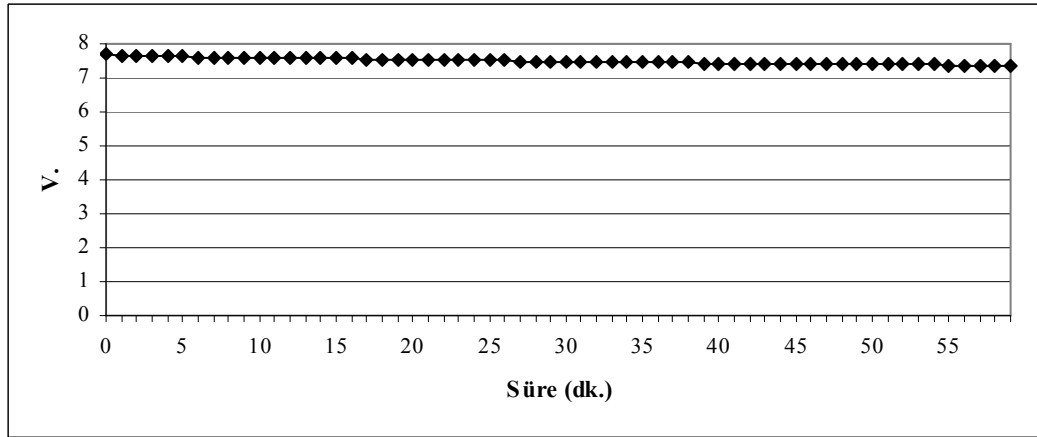
Şekil 4.183 1 Adet 3 Katlı Panel Akım Grafiği.



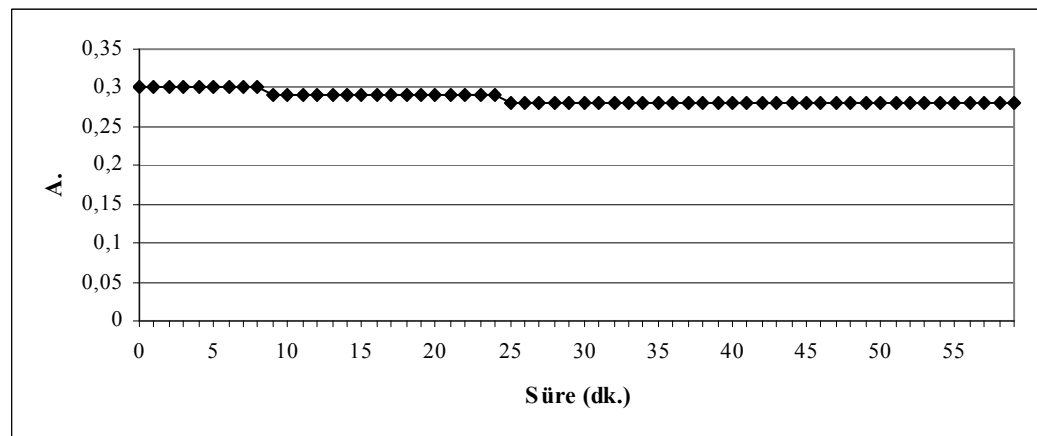
Şekil 4.184 1 Adet 3 Katlı Panel Enerji Grafiği.



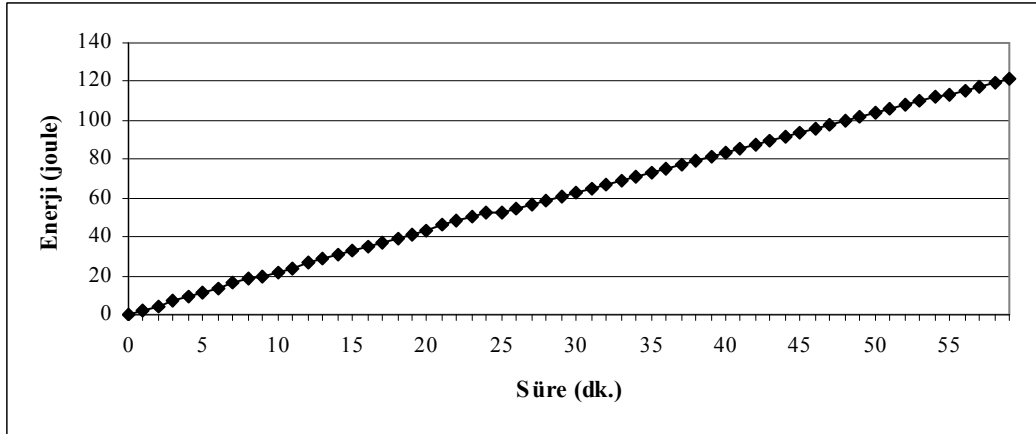
Şekil 4.185 2 Adet 3 Katlı Panel Isınma Grafiği.



Şekil 4.186 2 Adet 3 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



Şekil 4.187 2 Adet 3 Katlı Panel Akım Grafiği.

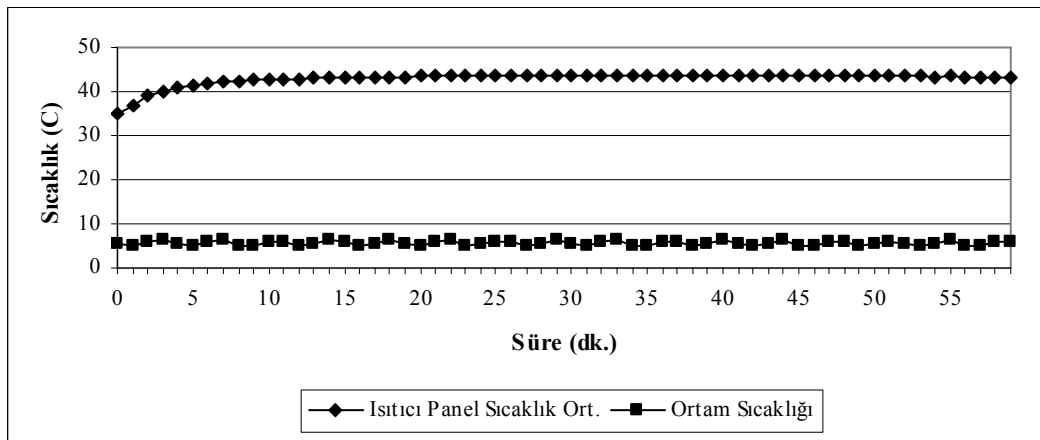


Şekil 4.188 2 Adet 3 Katlı Panel Enerji Grafiği.

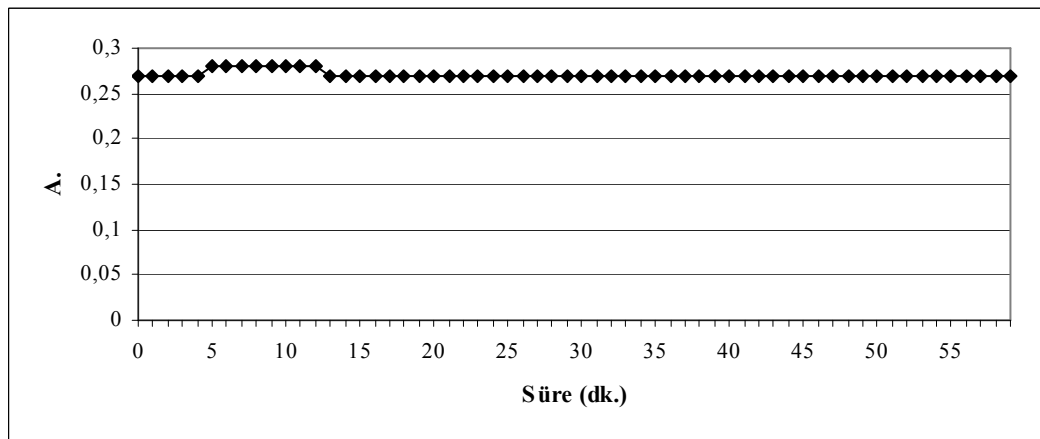
Şekil 4.181 - Şekil 4.188'de Li-Ion pil kullanılarak gerçekleştirilen üç katlı 1 ve 2 adet panel uygulamalarının sonuçları görülmektedir. 1 ve 2 adet panel kullanımında da yaklaşık 4°C'lik bir sıcaklık artışı elde edilmiştir. Sistemin istikrarlı davranışı bu denemelerde de gözlenmiş ve uygulamanın gerçekleştirildiği 60 dk. lık süreç boyunca sıcaklık değerleri korunmuştur. Üç katlı panel denemelerinde panellerin çektiği akım miktarları da ölçüm süresince 0,3 A seviyesinde çok küçük miktarlarda değişim göstermiştir. 1 adet panel kullanımında ortalama 0,31 A, 2 adet panel kullanımında da 0,29 A akım çektiği tespit edilmiştir. Panellerde elde edilen ısı enerjisi açısından uygulama süresince artan enerji miktarları 1 ve 2 adet panel kullanımı için sırasıyla 140 ve 120 joule olarak ölçülmüştür.

4.4.2 5°C Ortam Şartlarında Isıtıcı Giysi Prototipi Üzerinde Yapılan Ölçüm Sonuçları

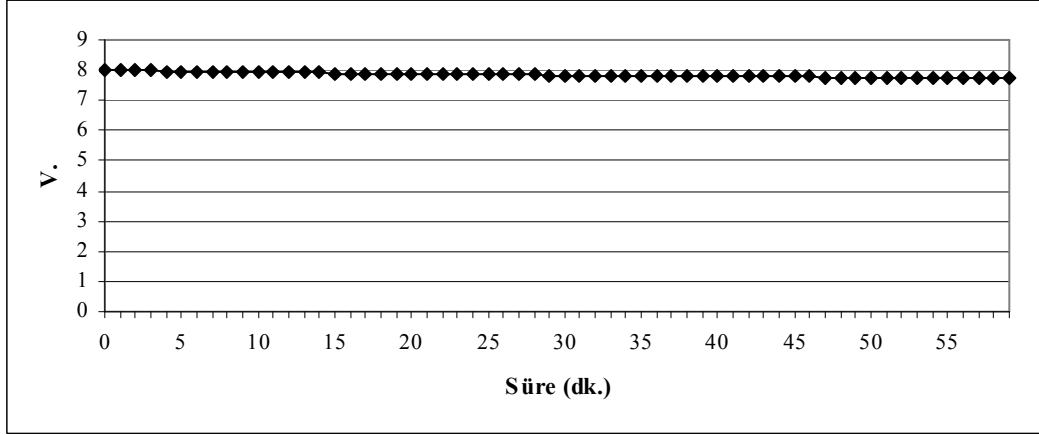
Şekil 4.189 ile Şekil 4.204 arasında 2 katlı panellerin 5°C ortam sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma verileri, sistemin akım ve gerilim grafikleri, uygulama sırasında panellerin oluşturduğu enerji miktarları sunulmuştur.



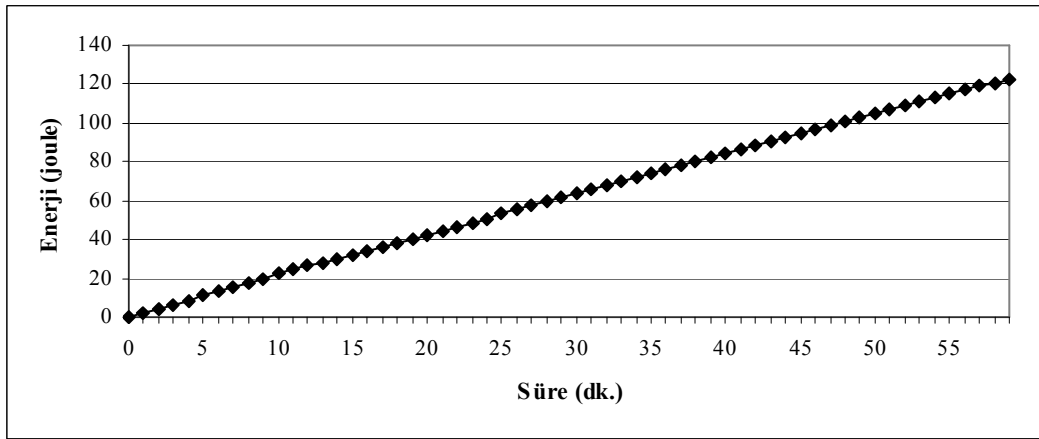
Şekil 4.189 1 Adet 2 Katlı Panel Isınma Grafiği.



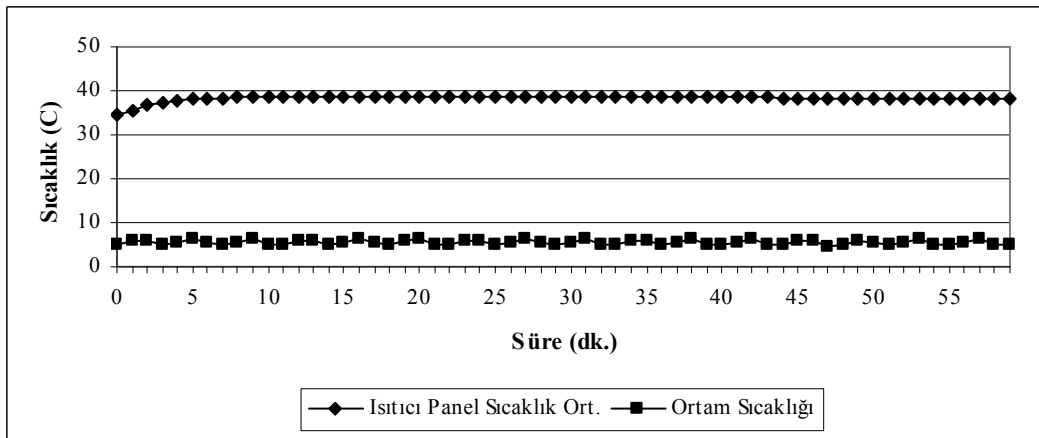
Şekil 4.190 1 Adet 2 Katlı Panel Akım Grafiği.



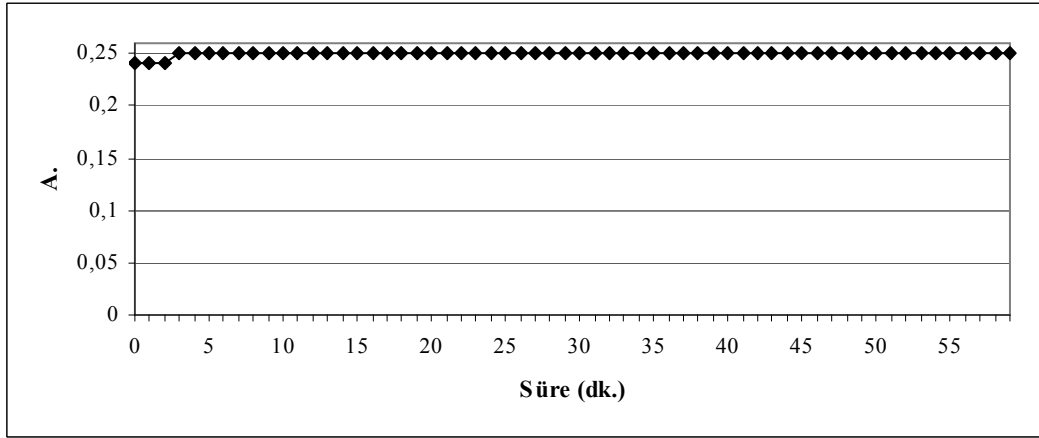
Şekil 4.191 1 Adet 2 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



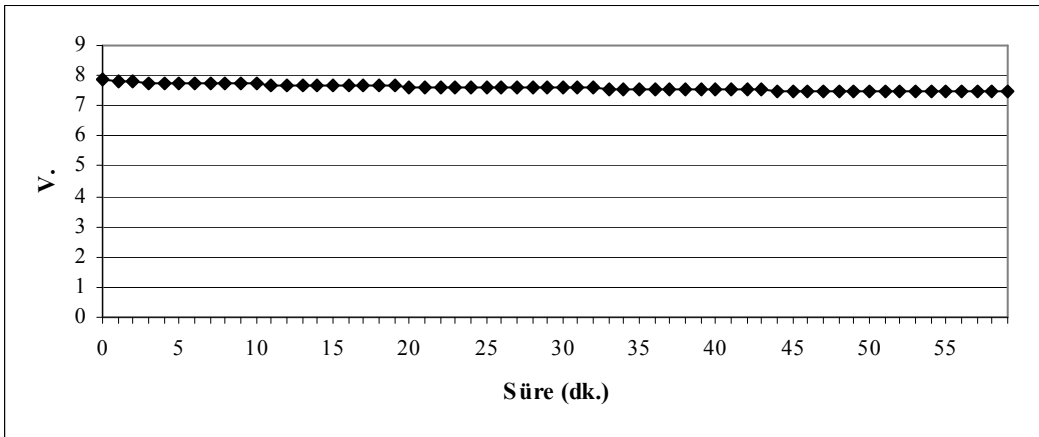
Şekil 4.192 1 Adet 2 Katlı Panel Enerji Grafiği.



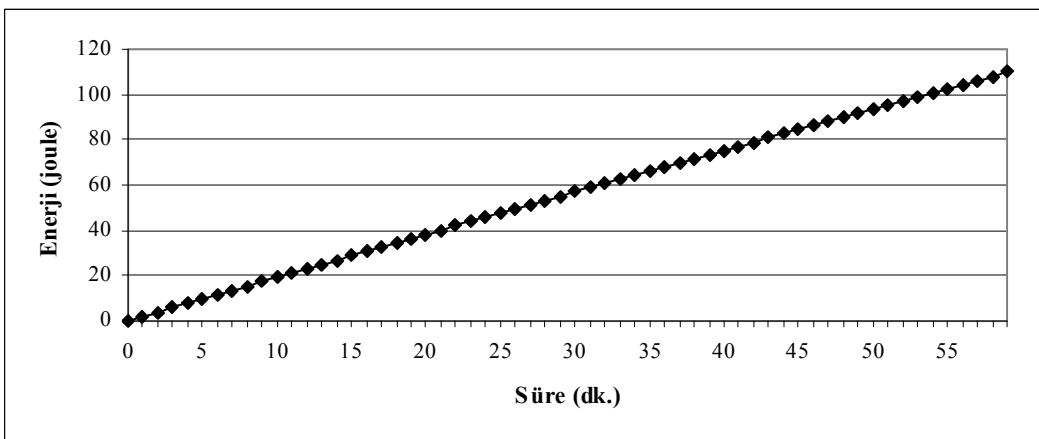
Şekil 4.193 2 Adet 2 Katlı Panel Isınma Grafiği.



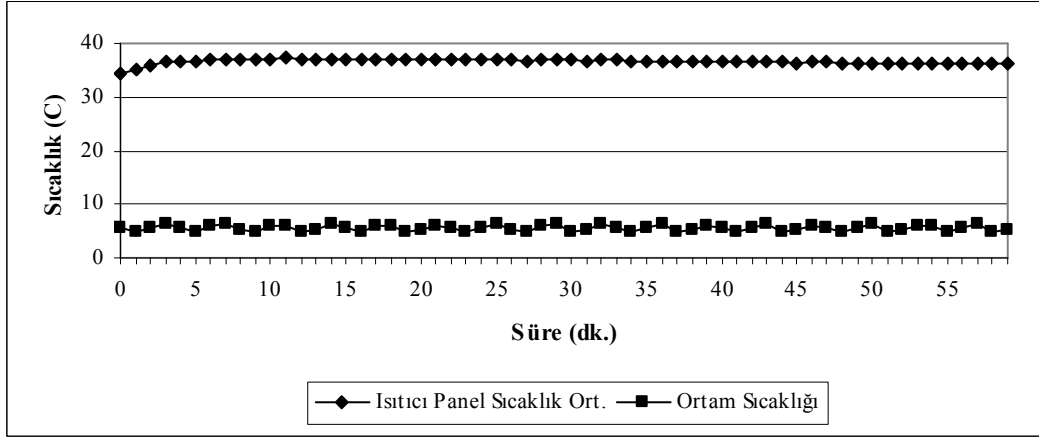
Şekil 4.194 2 Adet 2 Katlı Panel Akım Grafiği.



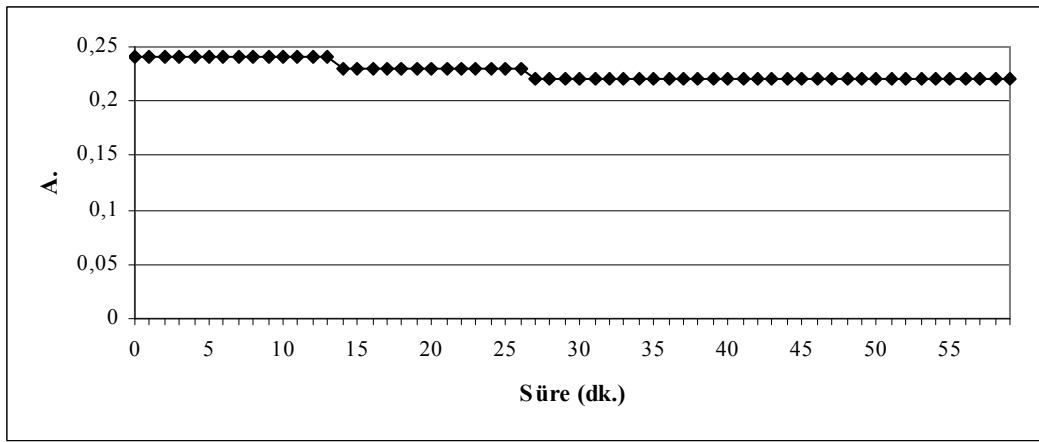
Şekil 4.195 2 Adet 2 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



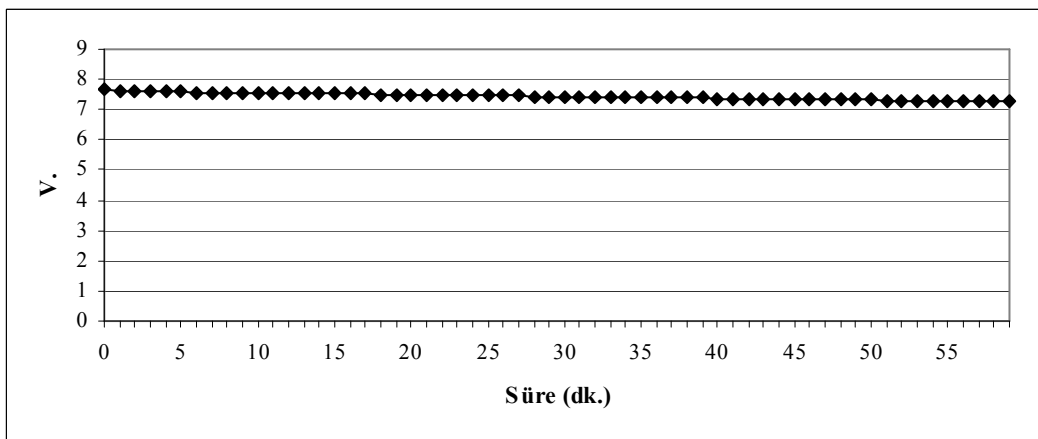
Şekil 4.196 2 Adet 2 Katlı Panel Enerji Grafiği.



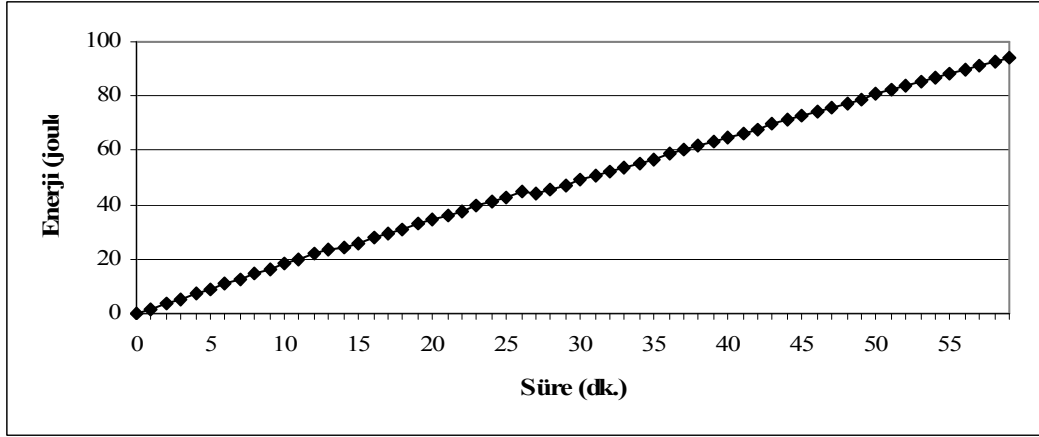
Şekil 4.197 3 Adet 2 Katlı Panel Isınma Grafiği.



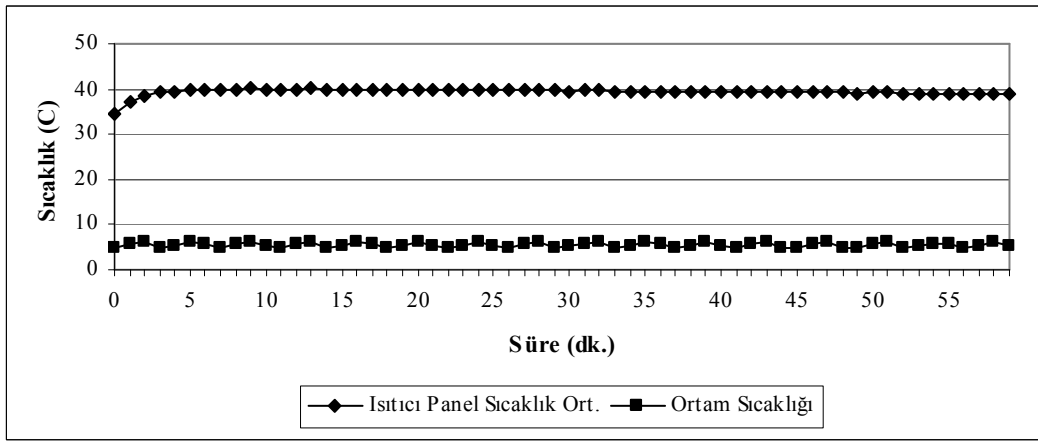
Şekil 4.198 3 Adet 2 Katlı Panel Akım Grafiği.



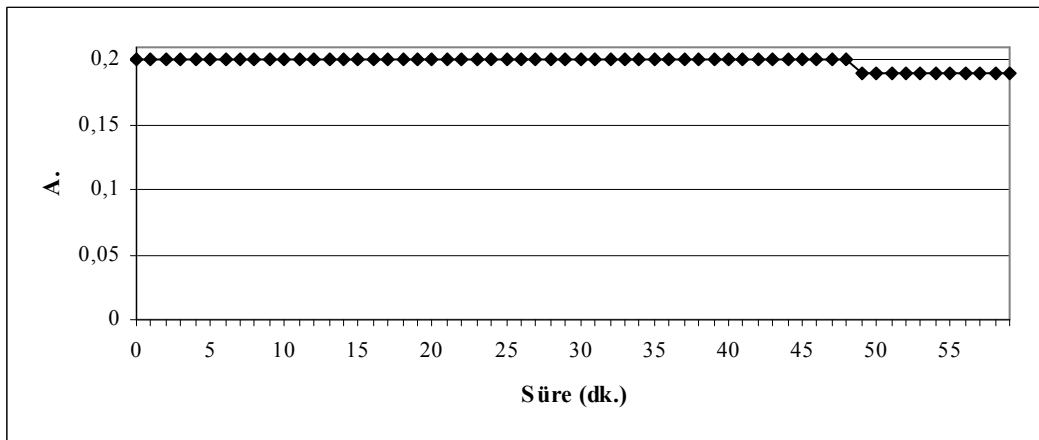
Şekil 4.199 3 Adet 2 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



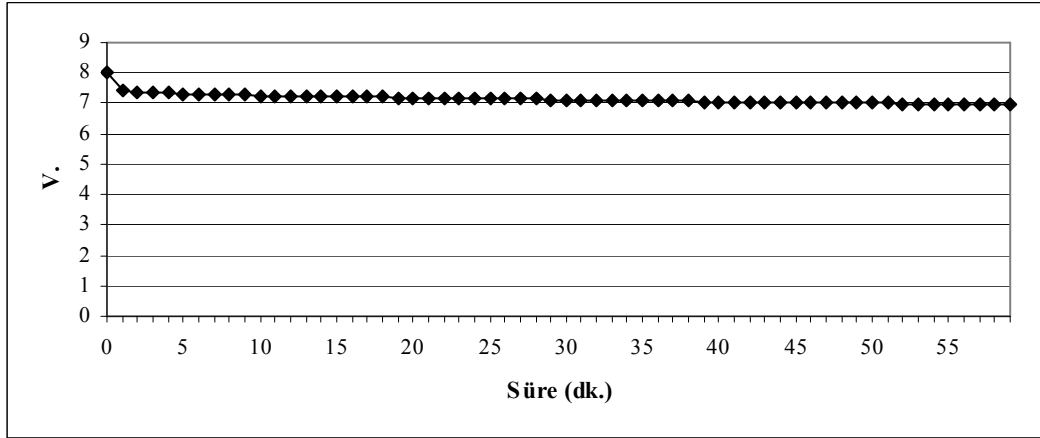
Şekil 4.200 3 Adet 2 Katlı Panel Enerji Grafiği.



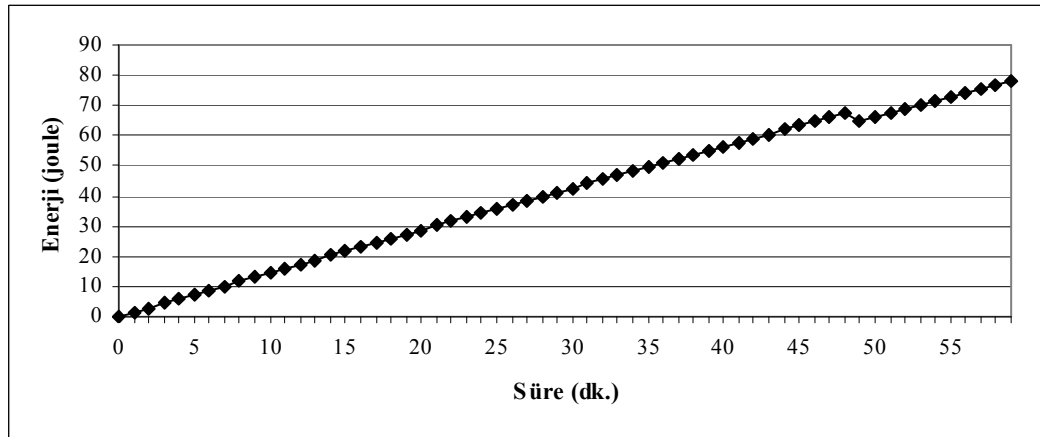
Şekil 4.201 4 Adet 2 Katlı Panel Isınma Grafiği.



Şekil 4.202 4 Adet 2 Katlı Panel Akım Grafiği.



Şekil 4.203 4 Adet 2 Katlı Panel Gerilim Grafiği.

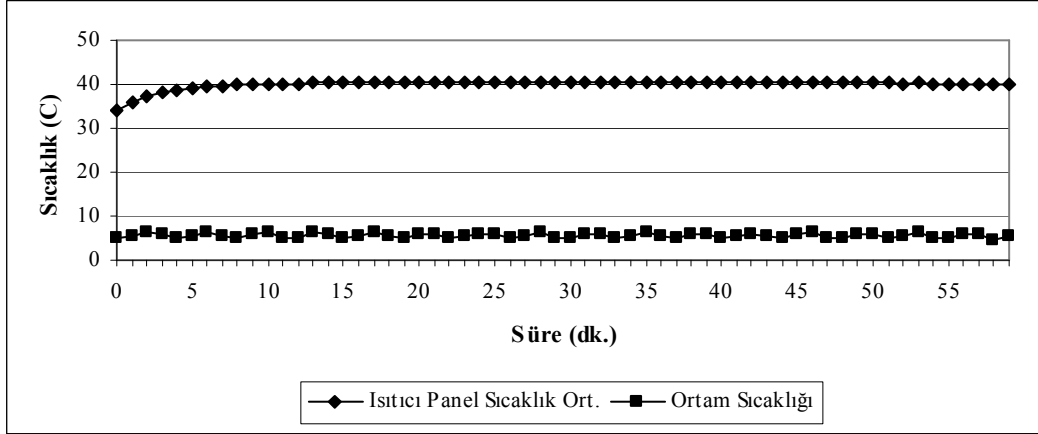


Şekil 4.204 4 Adet 2 Katlı Panel Enerji Grafiği.

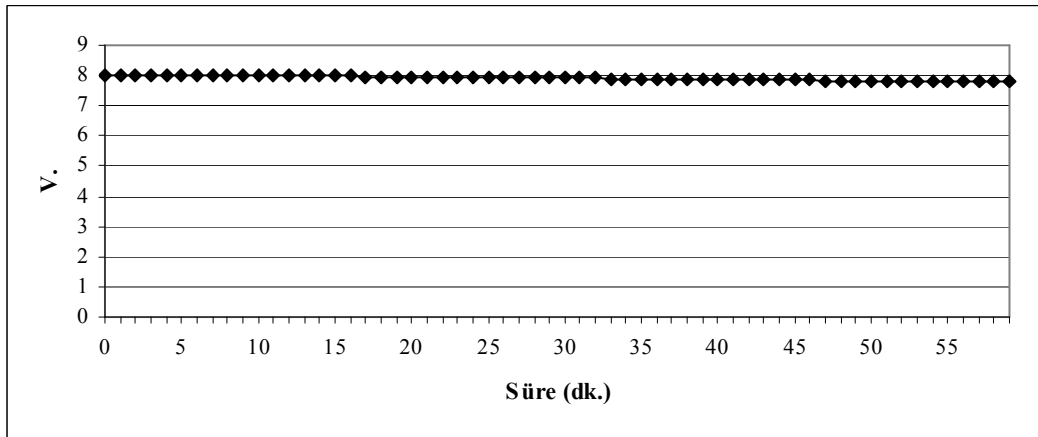
Li-Ion pil kullanılarak gerçekleştirilen iki katlı panel uygulamalarının sonuçları Şekil 4.189 - Şekil 4.204'te görülmektedir. 1 adet panel kullanımında görülen 7°C'lik sıcaklık artışı 2, 3 ve 4 adet panel kullanımlarında yaklaşık 4°C olarak ölçülmüştür. Elde edilen sıcaklık artışları önceki ölçümleri doğrular nitelikte olup uygulamaların gerçekleştirildiği 60 dk. boyunca devamlılık göstermiştir. Panellerin çektiği akım miktarları da benzer şekilde ölçüm yapılan 60 dk.lık zaman dilimi içinde hemen hemen hiç değişmemiş ve başlangıç değerini korumuştur. Panel adetlerine göre akım seviyeleri yaklaşık olarak 0,25 A ~ 0,23 A arasında değişmektedir. Panel sayısı arttıkça panellerde elde edilen ısı enerjisi açısından da az da olsa bir azalma gözlenmiştir. 1, 2,

3 ve 4 adet iki katlı panel uygulamaları için kümülatif olarak artan enerji miktarları 120, 110, 100 ve 80 joule olarak tespit edilmiştir.

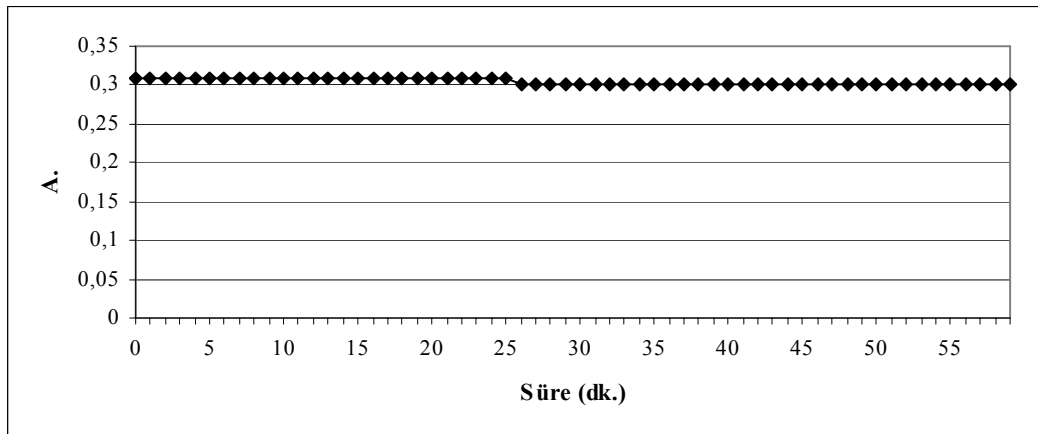
Şekil 4.205 ile Şekil 4.212 arasında 3 katlı panellerin 5°C ortam sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma verileri, sistemin akım ve gerilim grafikleri, uygulama sırasında panellerin oluşturduğu enerji miktarları sunulmuştur.



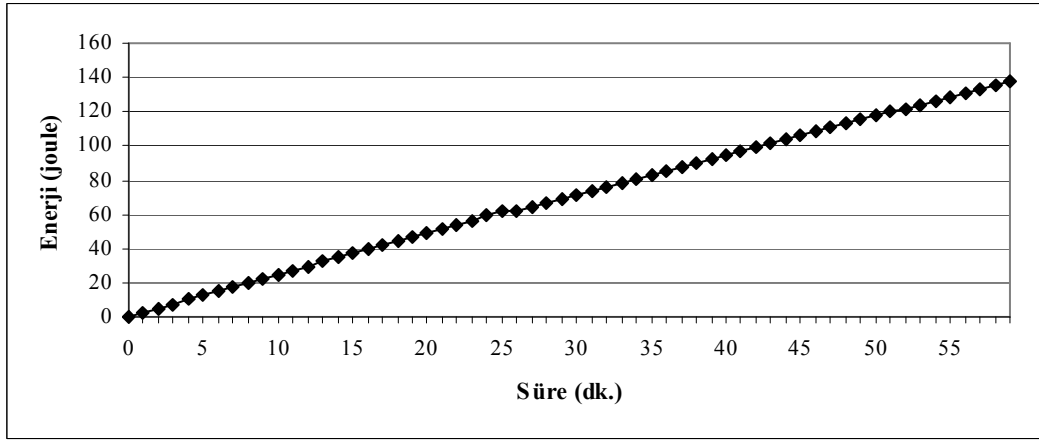
Şekil 4.205 1 Adet 3 Katlı Panel Isınma Grafiği.



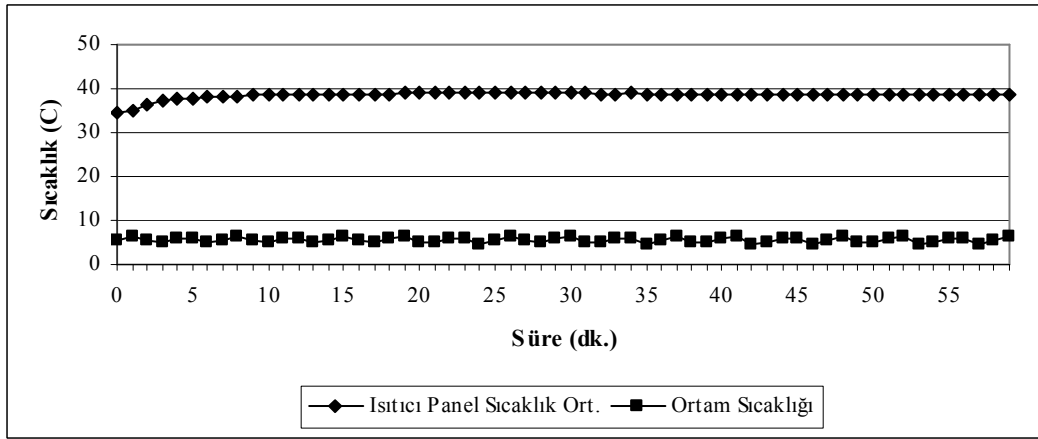
Şekil 4.206 1 Adet 3 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



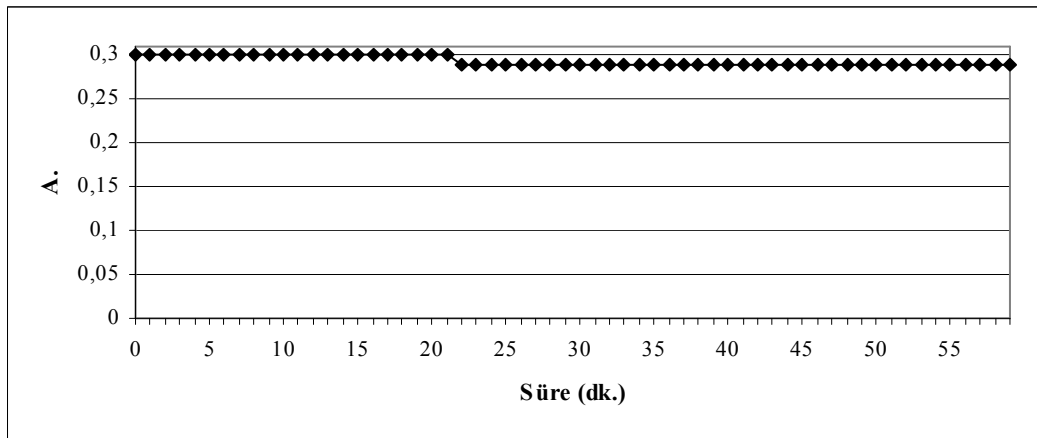
Şekil 4.207 1 Adet 3 Katlı Panel Akım Grafiği.



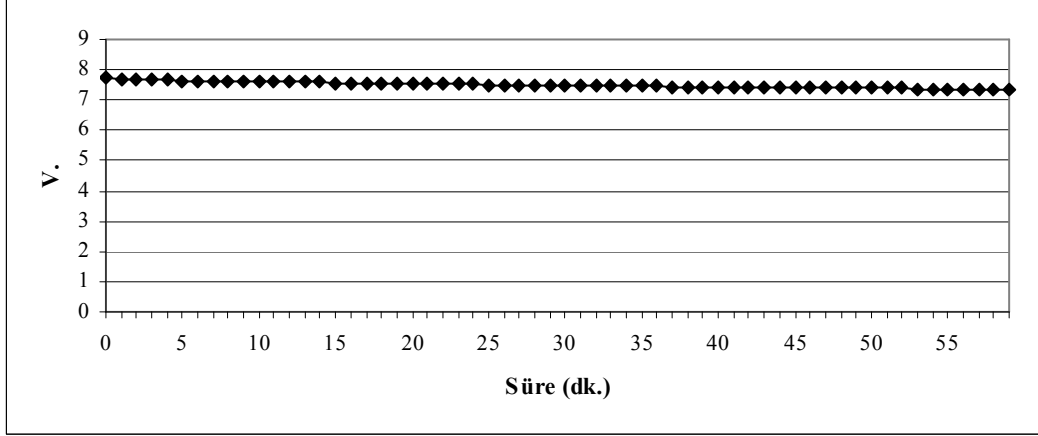
Şekil 4.208 1 Adet 3 Katlı Panel Enerji Grafiği.



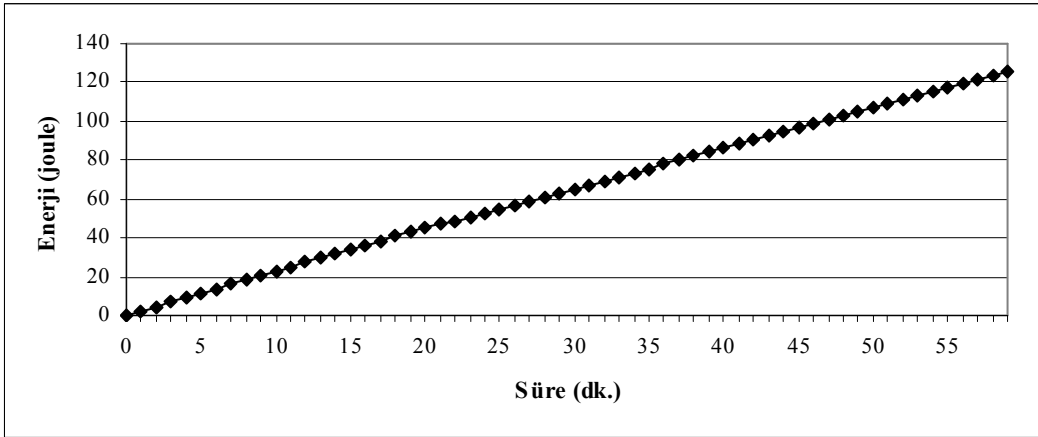
Şekil 4.209 2 Adet 3 Katlı Panel Isınma Grafiği.



Şekil 4.210 2 Adet 3 Katlı Panel Akım Grafiği.



Şekil 4.211 2 Adet 3 Katlı Panel Gerilim Grafiği.



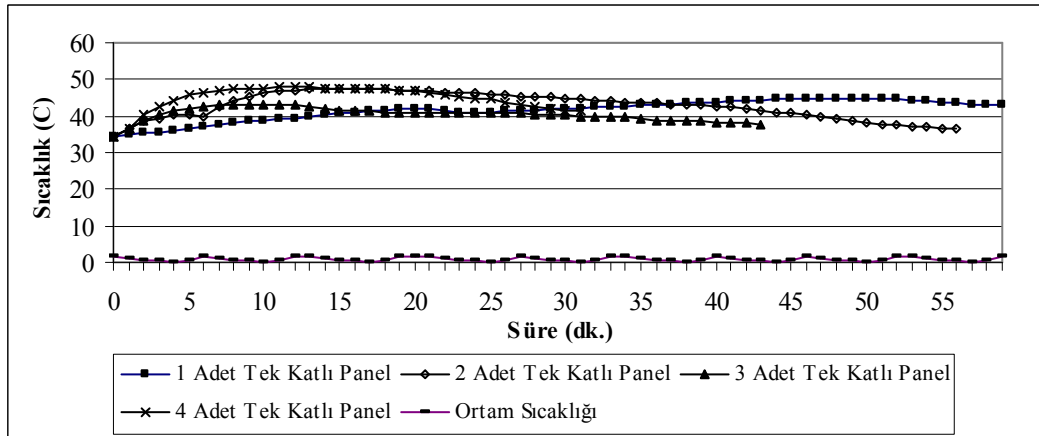
Şekil 4.212 2 Adet 3 Katlı Panel Enerji Grafiği.

Şekil 4.205 - Şekil 4.212'de 1 ve 2 adet üç katlı panel uygulamalarının Li-Ion pil kullanım sonuçları görülmektedir. Yaklaşık 4-5°C'lik bir sıcaklık artışı 1 ve 2 adet panel kullanımlarında elde edilmiştir. Bu sıcaklık artışları 60 dk.lık ölçüm süresi boyunca gözlenmiştir. Panellerin çektiği akım miktarları da ölçüm süresince son derece küçük değişimler göstermiş ve hem 1 hem de 2 adet panel kullanımında 0,3 A seviyesinde gerçekleşmiştir. 1 ve 2 adet panel kullanımlarında sırasıyla 140 ve 120 joule ısı enerjisinin elde edildiği hesaplanmıştır.

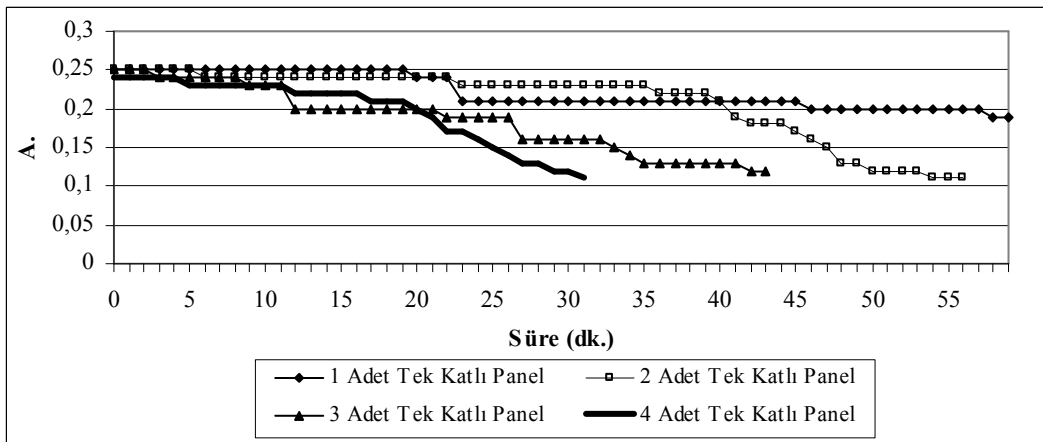
4.5 Ni-MH Pil Uygulamalarına İlişkin Karşılaştırmalar

4.5.1 0°C Ortam Sıcaklığında Isıtıcı Giysi Prototipi Üzerinde Yapılan Denemelerin Karşılaştırmaları

Şekil 4.213 ile Şekil 4.216 arasında 1 katlı panellerin 0°C ortam sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma, akım, gerilim ve üretilen enerji ortalamalarına ilişkin karşılaştırmalar sunulmuştur. Grafiklerde görüldüğü gibi panel sayısına bağlı olarak elde edilen maksimum sıcaklık değerleri 40-50°C aralığında değişmektedir. 1, 2 ve 3 adet tek katlı paneller için 40 dakikanın üzerinde kullanım süreleri gözlenmiştir. Çekilen akım değerleri açısından ise yaklaşık 0,25 A seviyesinde başlayan denemeler tüm panel sayıları için 0,1 A değerine kadar azalma eğilimi göstermiştir. Tek katlı panellerde en uzun süre devam eden çalışma performansını 1 adet panel göstermiştir. En yüksek sıcaklık değeri ise 4 adet tek katlı panel kullanımında elde edilmiştir.

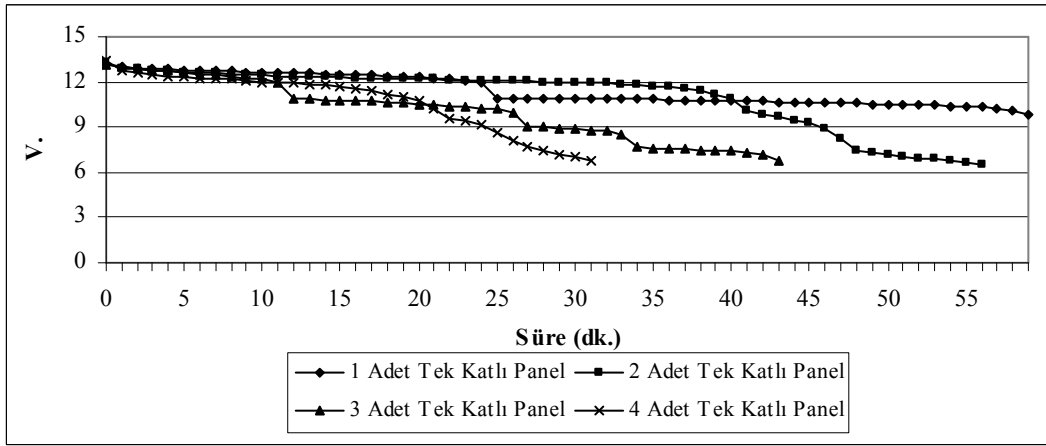


Şekil 4.213 Tek Katlı Panel Isınma Karşılaştırması.

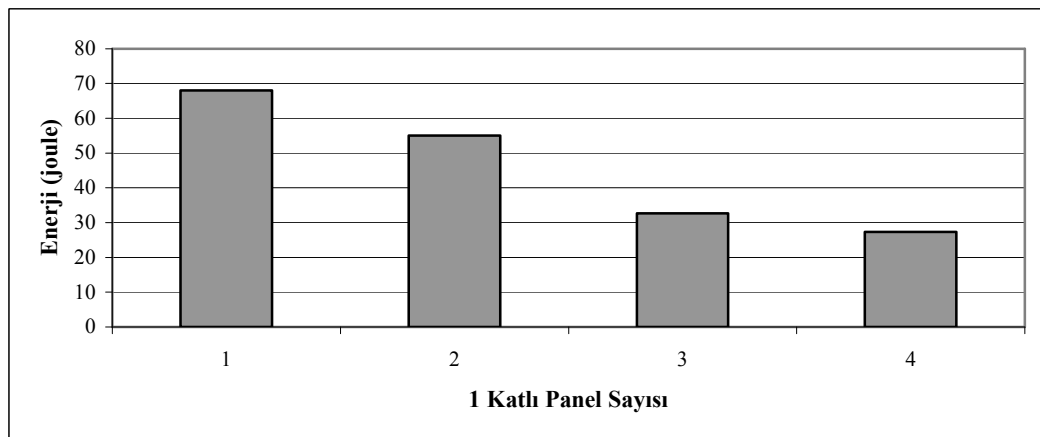


Şekil 4.214 Tek Katlı Panel Akım Değerleri Karşılaştırması.

Tek katlı panellerin gerilim değerleri karşılaştırıldığında ise pil kapasitesine göre ölçümlerin yaklaşık 12 V. değerinden başladığı görülmüştür. Gerilim değerleri yaklaşık 6,5 V. seviyesine inene dek ölçüm işlemi sürdürülmüştür. Deneysel çalışmalar süresince ölçülen akım, gerilim değerleri esas alınarak hesaplanan enerji değerlerinde de kat sayısı ile ters orantılı bir davranış gözlenmiştir. Kat sayısı artışı ile panellerden elde edilen enerjide azalma olmuştur. Enerji eldesinde en yüksek değere 1 adet panel denemelerinde erişildiği görülmüştür.



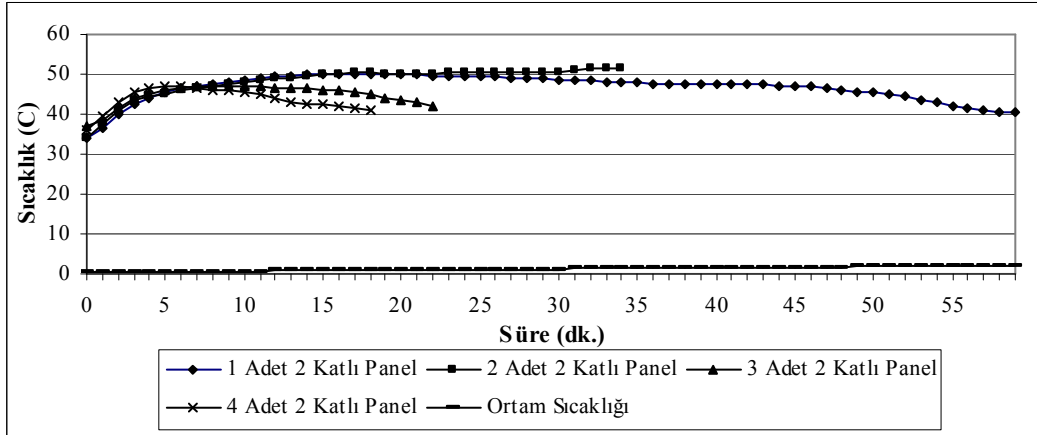
Şekil 4.215 Tek Katlı Panel Gerilim Değerleri Karşılaştırması.



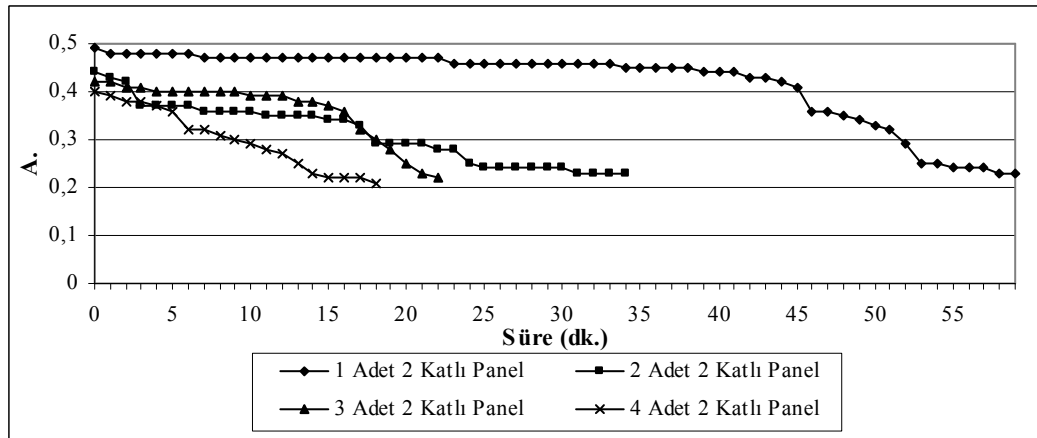
Şekil 4.216 Tek Katlı Panel Enerji Ortalamaları Karşılaştırması.

Şekil 4.217 ile Şekil 4.220 arasında 2 katlı panellerin 0°C ortam sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma, akım, gerilim ve üretilen enerji ortalamalarına ilişkin karşılaştırmalar sunulmuştur. Panel sayısına bağlı olarak elde edilen maksimum sıcaklık değerlerinin yine 40-50°C aralığında değiştiği görülmektedir. 2, 3 ve 4 adet 2

katlı paneller için yaklaşık 20-35 dakikalık ölçüm süreleri gözlenmiştir. Akım değerleri 0,4 – 0,5 A seviyesinden başlamış, farklı panel sayılarında değişik süreler devam etmesine rağmen yaklaşık 0,2 A seviyelerinde sona ermiştir. Süre açısından en istikrarlı davranış 1 adet 2 katlı panel uygulamasında gözlenmiştir. 50°C'nin üzerine çıkan 2 adet 2 katlı panel uygulaması ise en yüksek sıcaklık değerinin kaydedildiği deneme olmuştur.

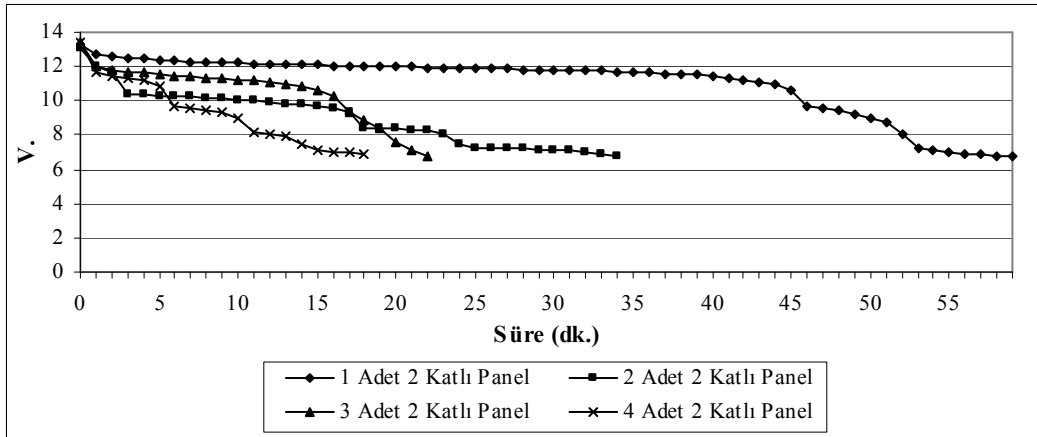


Şekil 4.217 2 Katlı Panel Isınma Karşılaştırması.

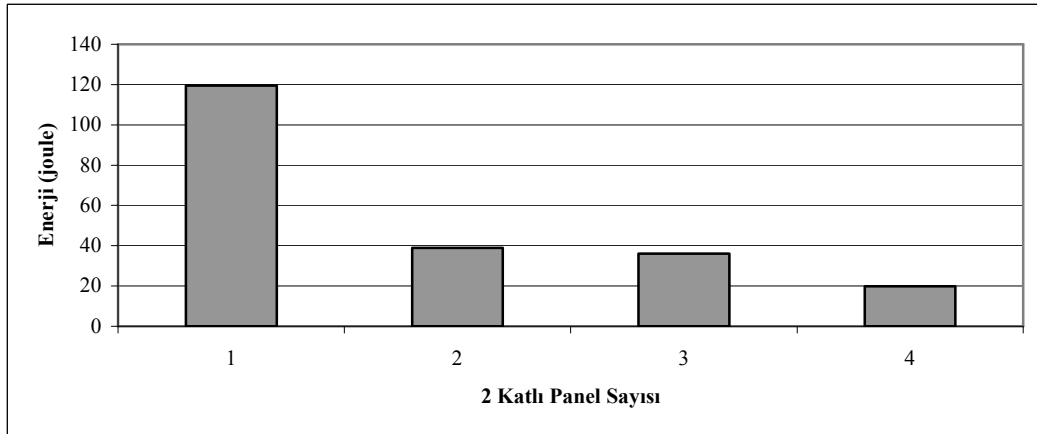


Şekil 4.218 2 Katlı Panel Akım Karşılaştırması.

2 katlı panel kullanımında da yaklaşık 6,5 V. gerilim seviyesine inene dek ölçüm işlemi devam etmiştir. Panellerde oluşan enerji miktarlarında da panel sayısı ile ters orantılı bir davranış gözlenmektedir. Panel sayısının artışı ile panellerden elde edilen enerjide azalma olmuştur. 1 adet 2 katlı panel denemesinde yaklaşık 120 joule enerji oluşurken 2 ve 3 adet panel kullanımında elde edilen enerji değerleri birbirine çok yakın değerdedir ve yaklaşık 40 joule seviyesindedir.



Şekil 4.219 2 Katlı Panel Gerilim Karşılaştırması.

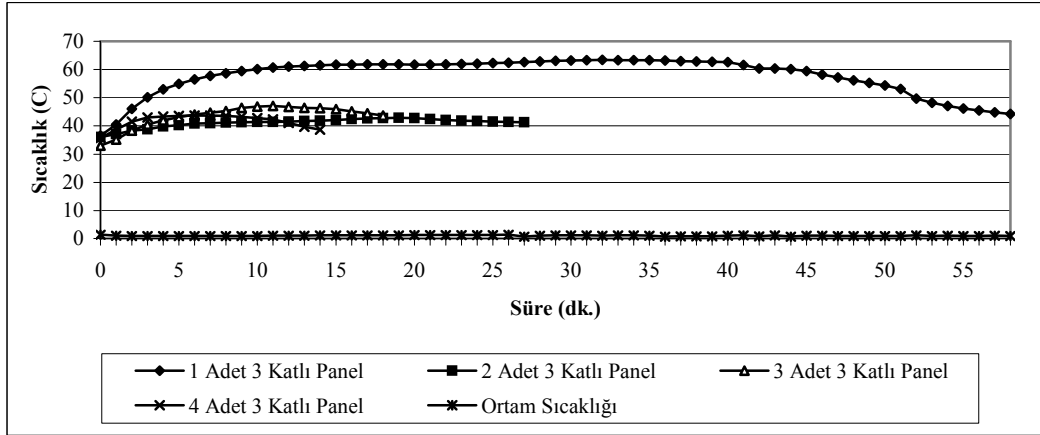


Şekil 4.220 2 Katlı Panel Enerji Ortalamaları Karşılaştırması.

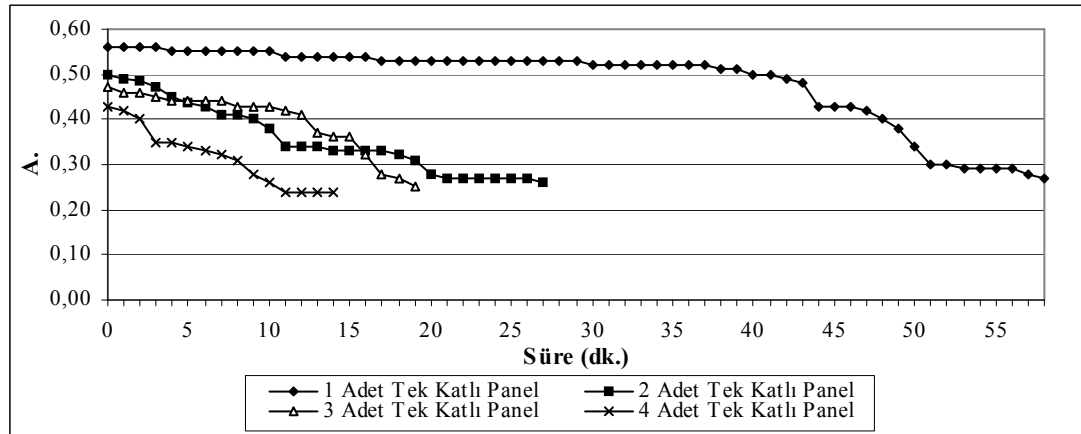
Şekil 4.221 ile Şekil 4.224 arasında 3 katlı panellerin 0°C ortam sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma, akım, gerilim ve üretilen enerji ortalamalarına ilişkin karşılaştırmalar sunulmuştur.

Ölçülen maksimum sıcaklık değerleri yine 40-60°C aralığında değişmektedir. 1 adet 3 katlı panel kullanımı 60 dakika sürmesine karşın 2, 3 ve 4 adet üç katlı paneller için yaklaşık 15-25 dakikalık ölçüm süreleri gerçekleşmiştir. Gerilim değerleri de aynı süreler içerisinde 6,5 V. değerine de azalma eğilimindedir. Akım değerleri bakımından 0,4 – 0,5 A değerleri ile başlayan ölçüm süreci farklı panel sayılarında değişik süreler olmasına rağmen yaklaşık 0,2 A seviyelerinde sona ermiştir. 3 katlı panel uygulamaları içinde 1 adet panel kullanımı en yüksek sıcaklık

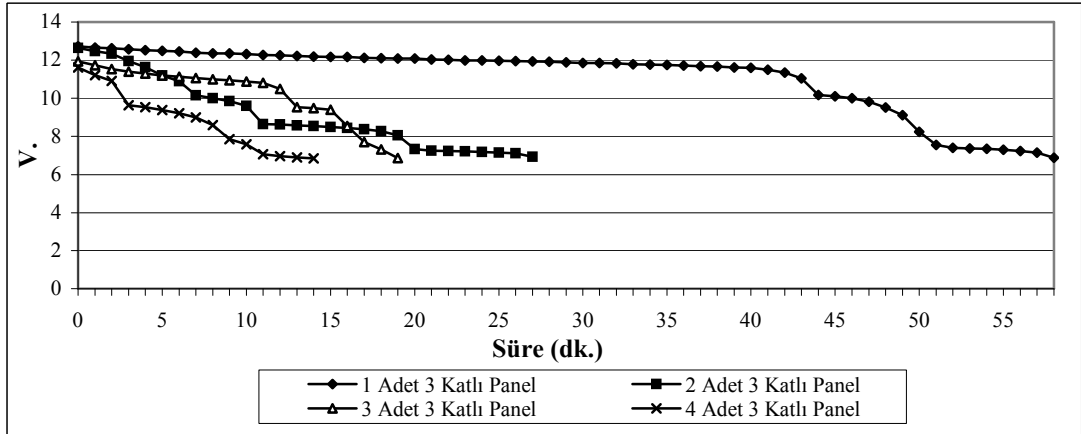
değerinin elde edildiği denemedir. 2, 3 ve 4 adet 3 katlı panel uygulamaları sıcaklık değeri açısından birbirine çok benzer davranış sergilemiştir. Enerji üretimi açısından da 1 adet panel uygulaması en yüksek değerleri sağlamıştır.



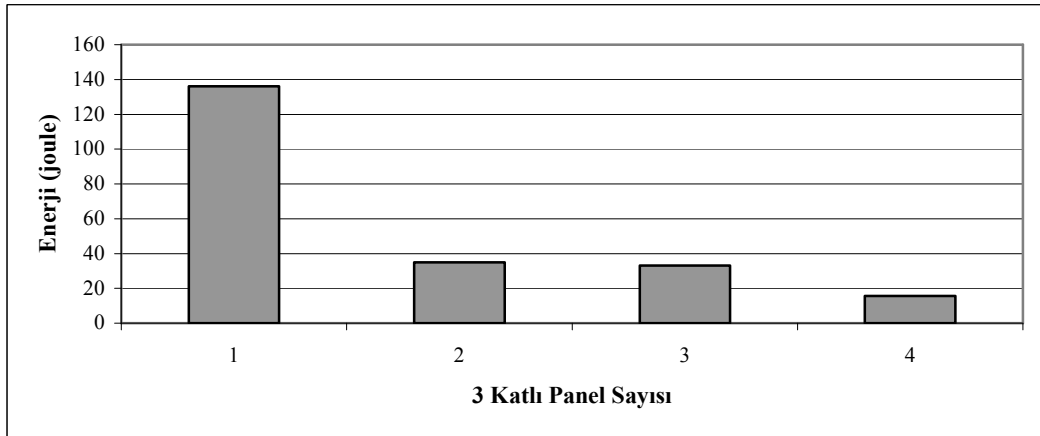
Şekil 4.221 3 Katlı Panel Isınma Karşılaştırması.



Şekil 4.222 3 Katlı Panel Akım Karşılaştırması.



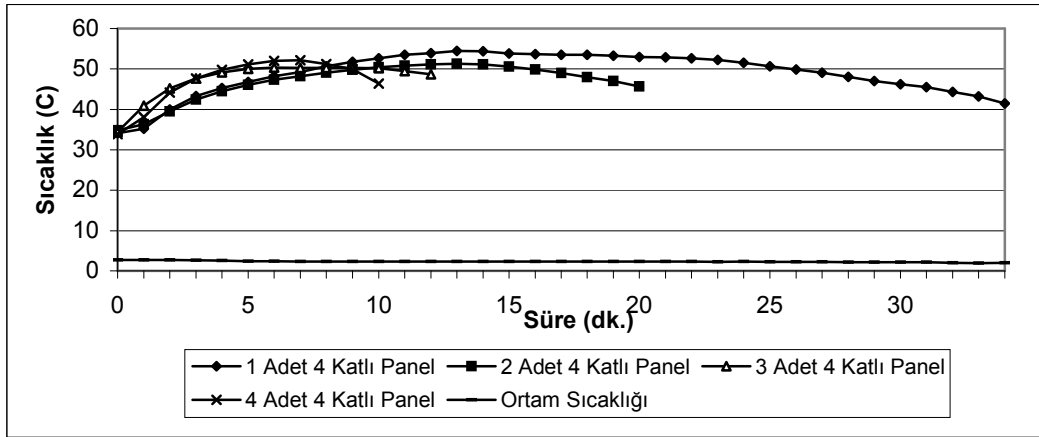
Şekil 4.223 3 Katlı Panel Gerilim Karşılaştırması.



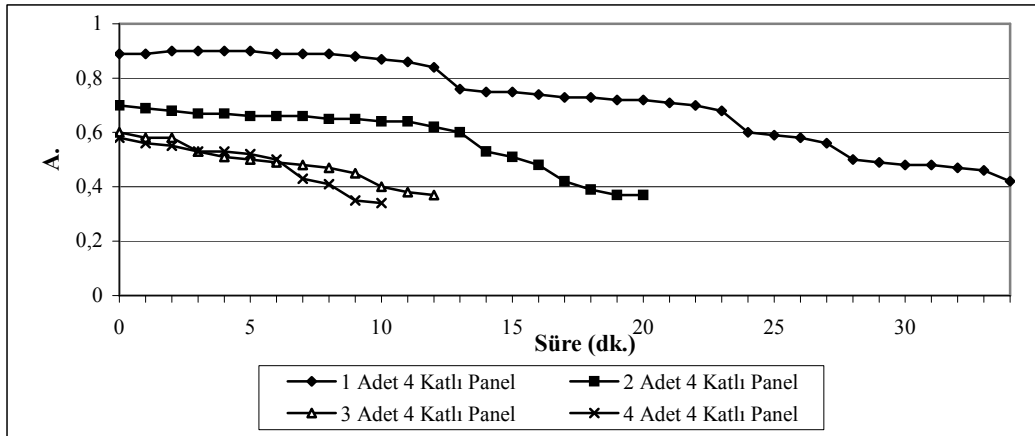
Şekil 4.224 3 Katlı Panel Enerji Ortalamaları Karşılaştırması.

Şekil 4.225 ile Şekil 4.228 arasında 4 katlı panellerin 0°C ortam sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma, akım, gerilim ve üretilen enerji ortalamalarına ilişkin karşılaştırmalar sunulmuştur.

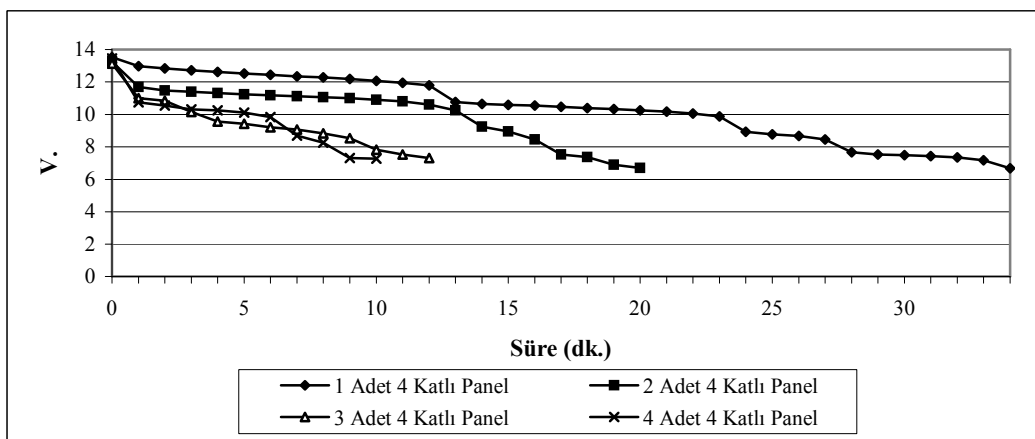
Panel sayısının artışı ile uygulama süresinin azalması 4 katlı panellerde de gözlenmektedir. Ancak diğer kat sayısındaki denemelerden farklı olarak 4 katlı panel uygulamalarında 60 dakikalık ölçüm periyodu hiçbir panel için tamamlanamamıştır. Elde edilen en yüksek sıcaklık değeri tüm kat sayıları için birbirine yakın değerler göstermektedir. Üretilen enerji açısından da panel sayısının artışı ile azalan bir davranış gözlenirse de 3 ve 4 adet 4 katlı panel denemelerinden elde edilen enerji miktarı birbirine oldukça yakındır.



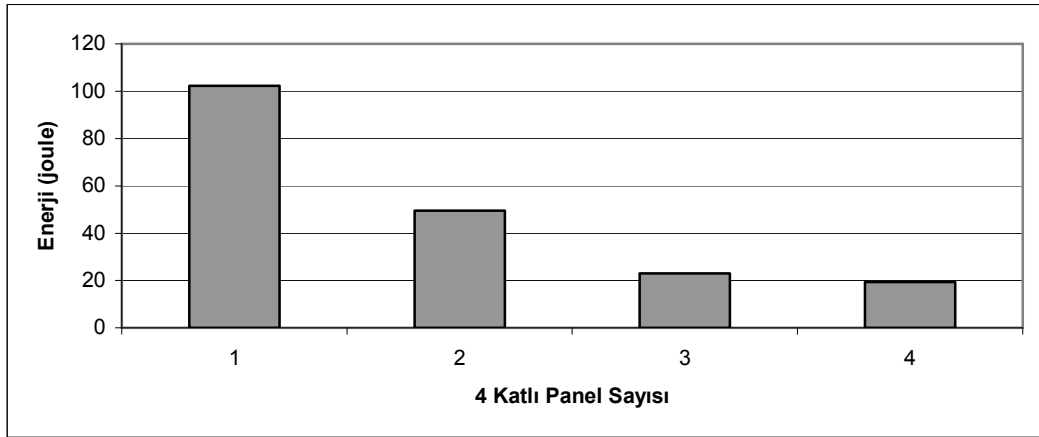
Şekil 4.225 4 Katlı Panel Isınma Karşılaştırması.



Şekil 4.226 4 Katlı Panel Akım Karşılaştırması.



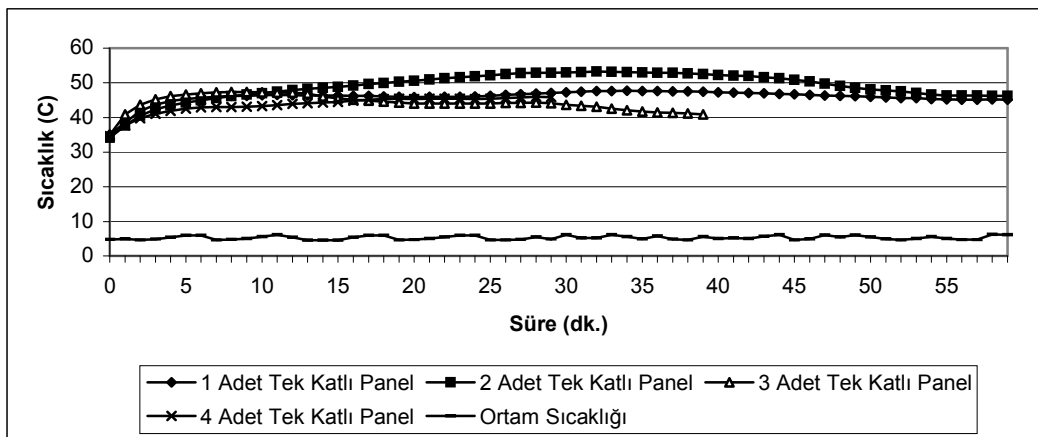
Şekil 4.227 4 Katlı Panel Gerilim Karşılaştırması.



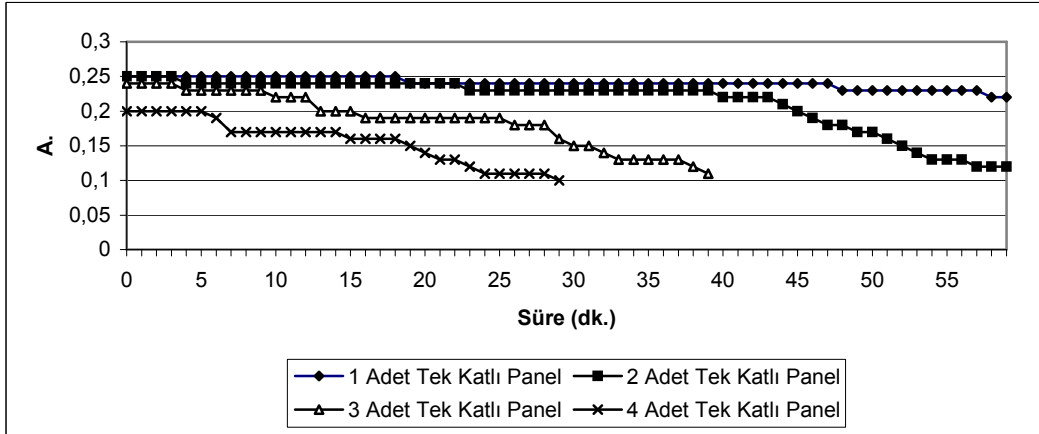
Şekil 4.228 4 Katlı Panel Enerji Karşılaştırması.

4.5.2 5°C Ortam Sıcaklığında Isıtıcı Giysi Prototipi Üzerinde Yapılan Denemelerin Karşılaştırmaları

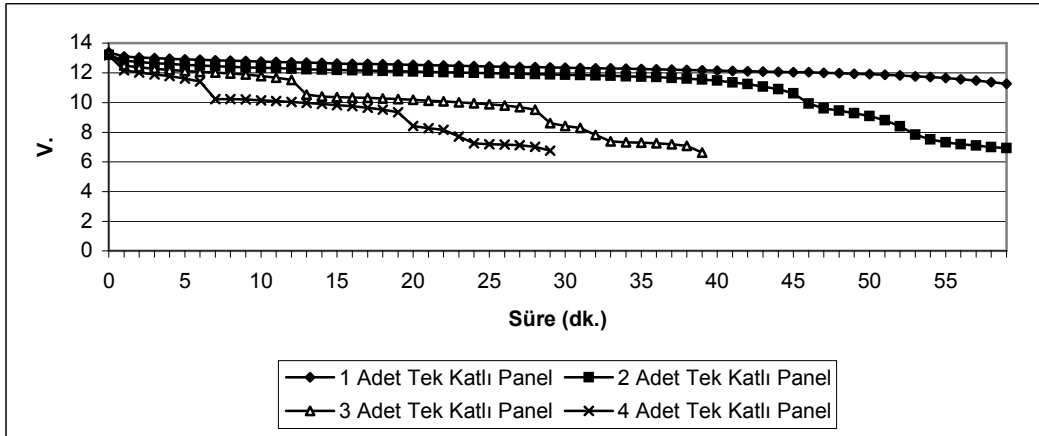
Şekil 4.229 ile Şekil 4.232 arasında 1 katlı panellerin 5°C ortam sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma, akım, gerilim ve üretilen enerji ortalamalarına ilişkin karşılaştırmalar sunulmuştur. Grafiklerde görüldü gibi hem 1 ve hem de 2 adet tek katlı panel kullanımında 60 dakikalık ölçüm süresi tam olarak kullanılmıştır. Ölçülen maksimum sıcaklık değeri yaklaşık 55°C ile 1 adet tek katlı panel kullanımında elde edilmiştir. Çekilen akım değerleri yaklaşık 0,20-0,25 A seviyesinde başlamış ve kullanım süreleri sonunda yaklaşık 0,1 A değerine kadar azalma eğilimi göstermiştir. Yaklaşık 12 V. seviyesinde başlayan gerilim değerleri önceki uygulamalarda olduğu gibi yaklaşık 6.5 V. seviyesine kadar azalmıştır. Panel sayısının artmasına bağlı olarak elde edilen ısı enerjisi miktarında azalma olması durumu burada da gözlenmiştir.



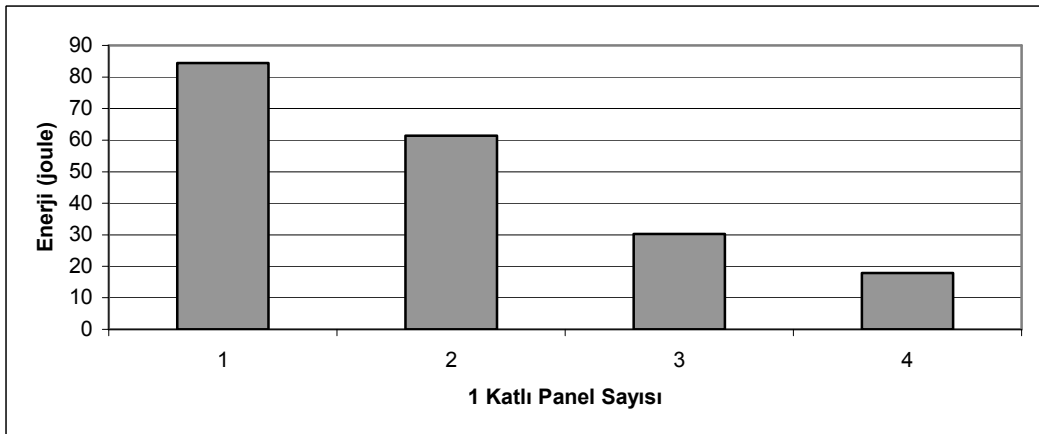
Şekil 4.229 Tek Katlı Panel Isınma Karşılaştırması.



Şekil 4.230 Tek Katlı Panel Akım Karşılaştırması.

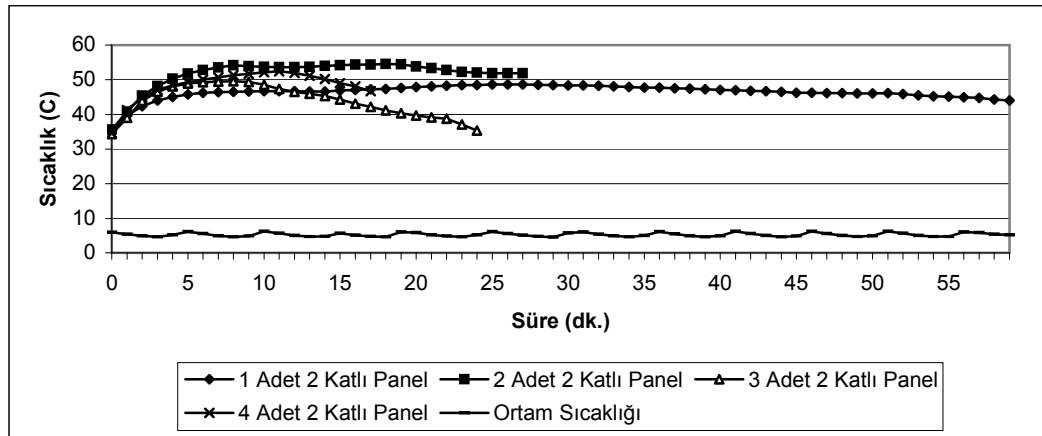


Şekil 4.231 Tek Katlı Panel Gerilim Karşılaştırmaları.

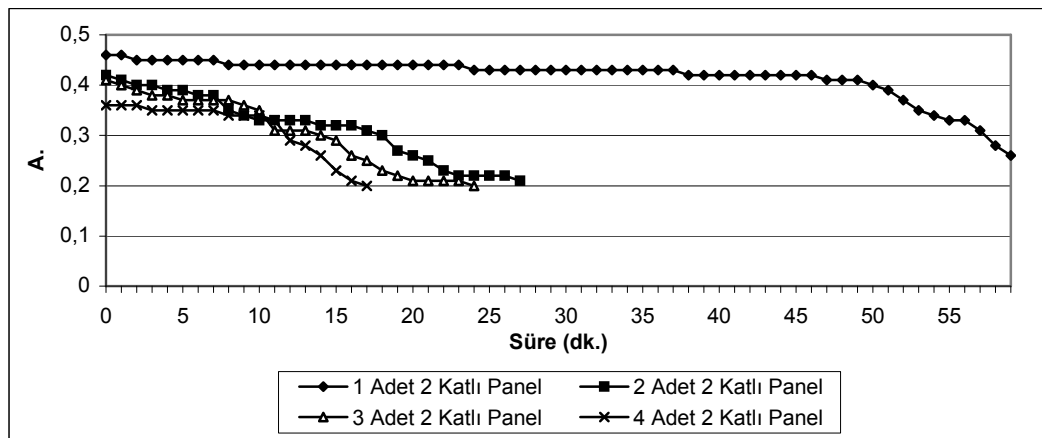


Şekil 4.232 1 Katlı Panel Enerji Karşılaştırması.

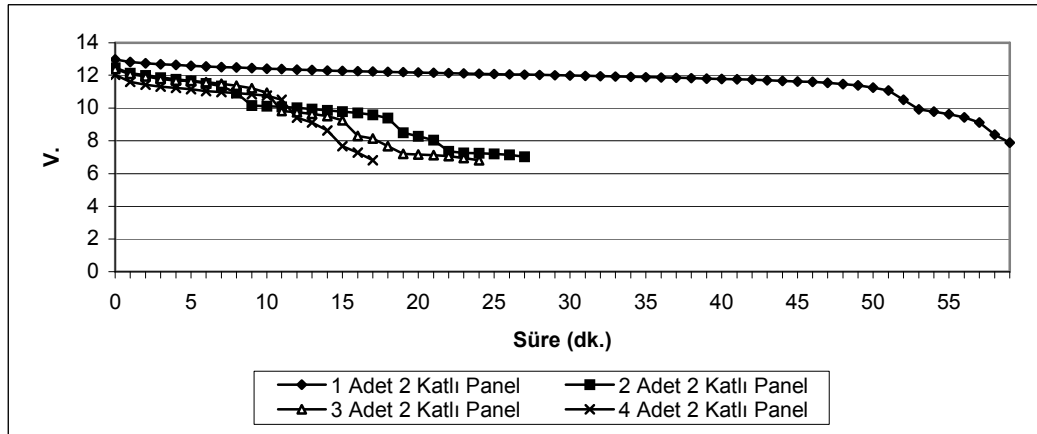
Şekil 4.233 ile Şekil 4.236 arasında 2 katlı panellerin 5°C ortam sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma, akım, gerilim ve üretilen enerji ortalamalarına ilişkin karşılaştırmalar sunulmuştur. Elde edilen en yüksek sıcaklık değeri 2 adet 2 katlı panel uygulamasında gerçekleşmiştir. 2 ve 3 adet 2 katlı panel uygulamaları, süre açısından birbiri ile benzerlik taşır ve yaklaşık 25-27 dakika boyunca ölçüm yapılmıştır. 1 adet panel kullanımı 60 dakika boyunca devam etmiştir. Akım değerleri bakımından 0,35 – 0,45 A aralığında başlayan ölçüm süreci farklı panel sayılarında değişik süreler olmasına rağmen yaklaşık 0,2 A seviyelerine dek devam etmiştir. 2 katlı panel uygulamalarında panellerde oluşan ısı enerjisi miktarlarında da önceki uygulamalara benzer şekilde kat sayısı ile ters orantılı bir davranış gözlenmektedir. 1 adet 2 katlı panel denemesinde yaklaşık 130 joule enerji oluşurken 2, 3 ve 4 katlı panellerde elde edilen enerji değerleri birbirine çok yakın değerler göstermiştir.



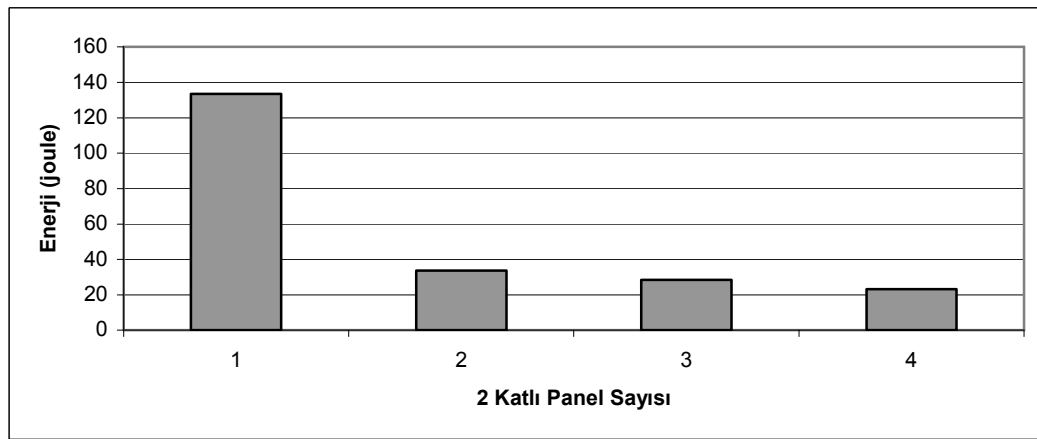
Şekil 4.233 2 Katlı Panel Isınma Karşılaştırması.



Şekil 4.234 2 Katlı Panel Akım Karşılaştırması.

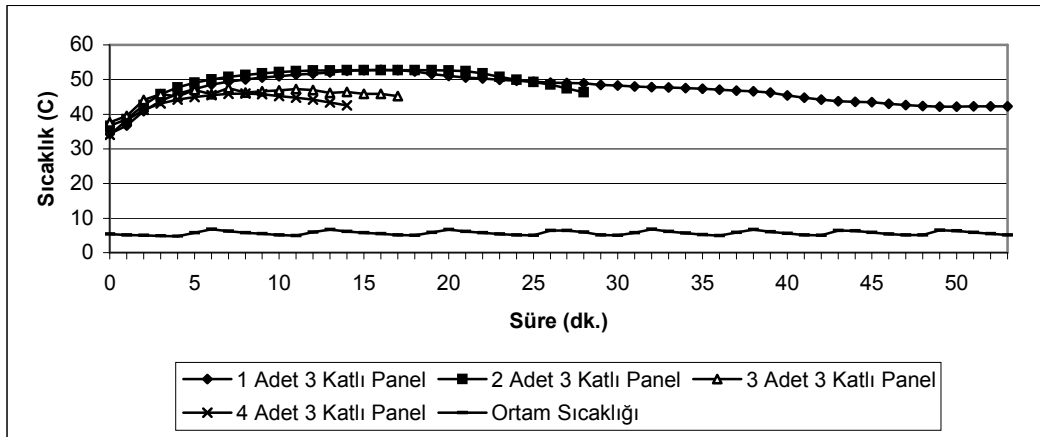


Şekil 4.235 2 Katlı Panel Gerilim Karşılaştırması.

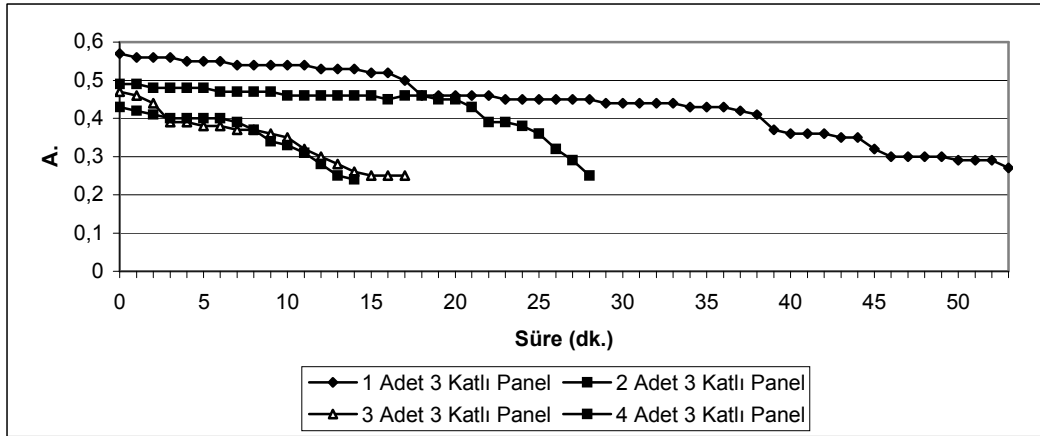


Şekil 4.236 2 Katlı Panel Enerji Karşılaştırması.

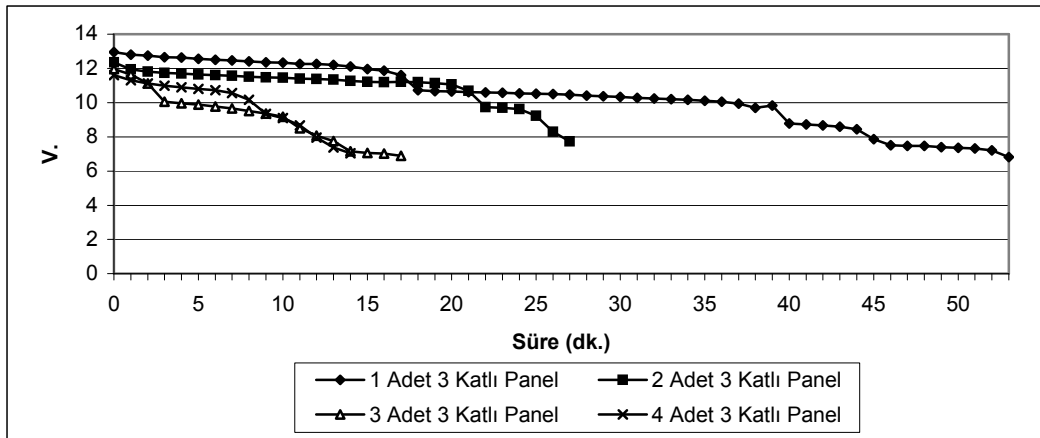
Şekil 4.237 ile Şekil 4.240 arasında 3 katlı panellerin 5°C ortam sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma, akım, gerilim ve üretilen enerji ortalamalarına ilişkin karşılaştırmalar sunulmuştur. Uygulamaların ilk 5 dakikalık periyotunda birbirine çok yakın ısınma davranışı sergileyen paneller bu noktadan itibaren farklılık kazanmış ve en yüksek sıcaklık değerine 2 adet 3 katlı panellerde ulaşılmıştır. Çekilen akım miktarı ortalama olarak 0,5 A başlangıç değerine sahiptir. Denemeler sonunda ise bu değer yaklaşık 0,2 A seviyesindedir. 1, 2 ve 3 adet 3 katlı panel kullanımından elde edilen ısı enerjisi miktarları sırasıyla 100, 60 ve 20 joule seviyesindedir. 4 adet 3 katlı panel ise 3 adet kullanımına benzer şekilde yaklaşık 20 joule enerji oluşturmuştur.



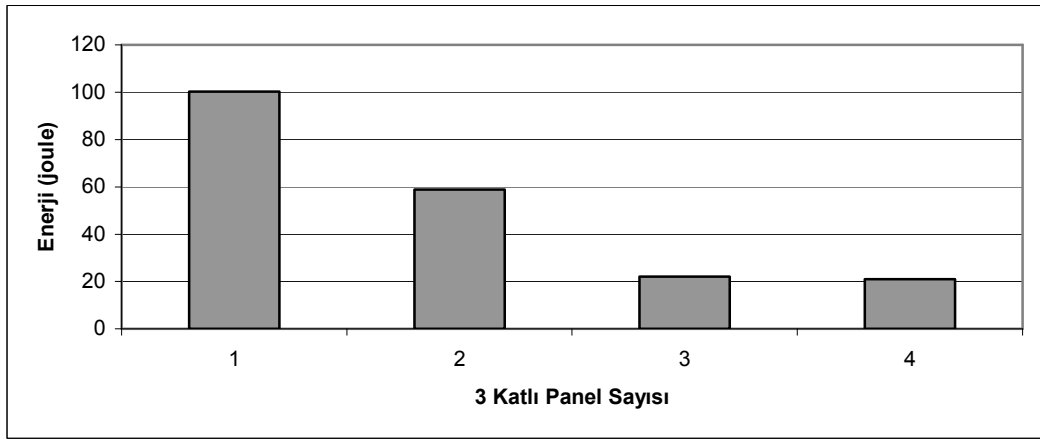
Şekil 4.237 3 Katlı Panel Isınma Karşılaştırması.



Şekil 4.238 3 Katlı Panel Akım Karşılaştırması.

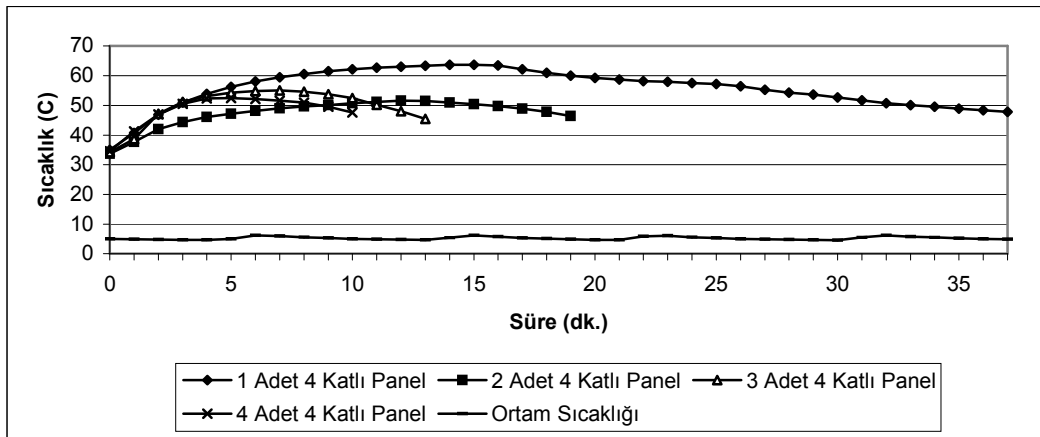


Şekil 4.239 3 Katlı Panel Gerilim Karşılaştırması.

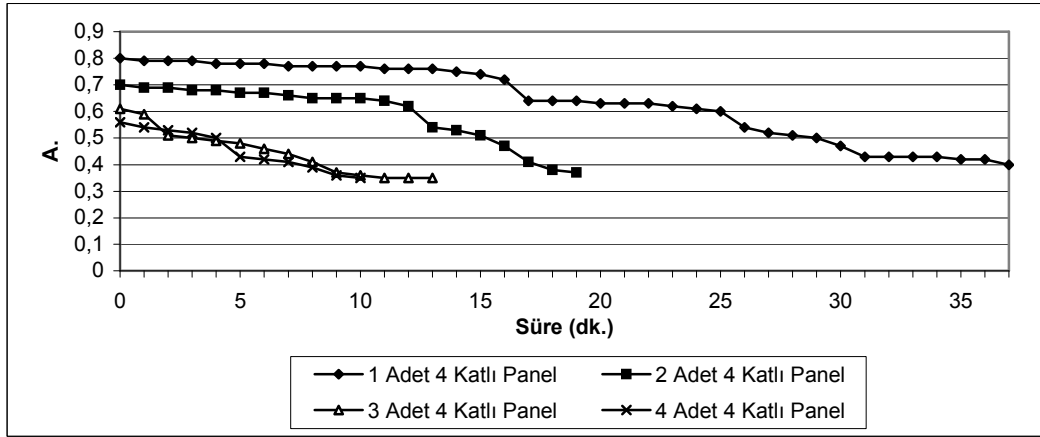


Şekil 4.240 3 Katlı Panel Enerji Karşılaştırması.

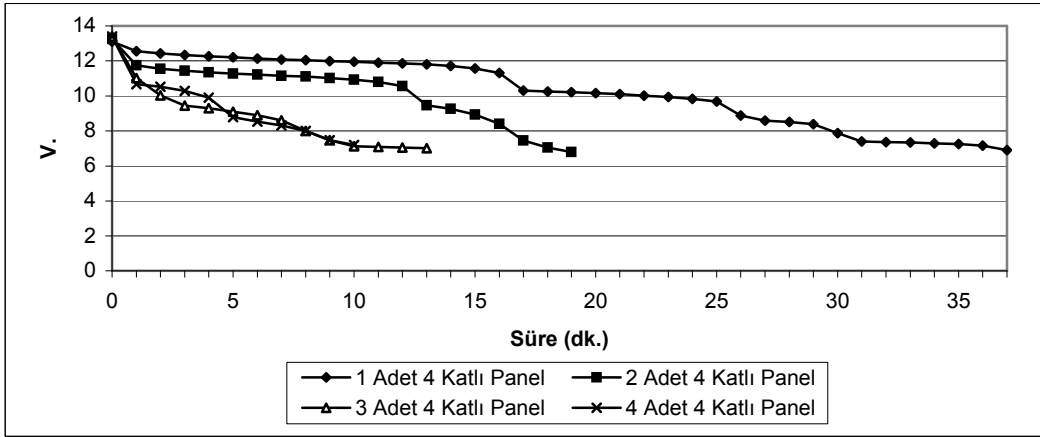
Şekil 4.241 ile Şekil 4.244 arasında 4 katlı panellerin 5°C ortam sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma, akım, gerilim ve üretilen enerji ortalamalarına ilişkin karşılaştırmalar sunulmuştur. Panel sayısının artmasına bağlı olarak uygulama süresinin azalması durumu bu uygulamalarda da gözlenmektedir. 0°C’de gerçekleştirilen denemelere benzer şekilde 5°C’deki 4 katlı panel uygulamalarında da 60 dakikalık ölçüm periyodu tamamlanamamıştır. 1 adet 4 katlı panel kullanımında 60°C’nin üzerine çıktığı görülmüştür. 3 ve 4 adet 4 katlı panel denemelerinden elde edilen enerji miktarı birbirine oldukça yakın seviyededir. Üretilen enerji açısından da panel sayısının artışı ile azalan bir davranış gözlenmektedir.



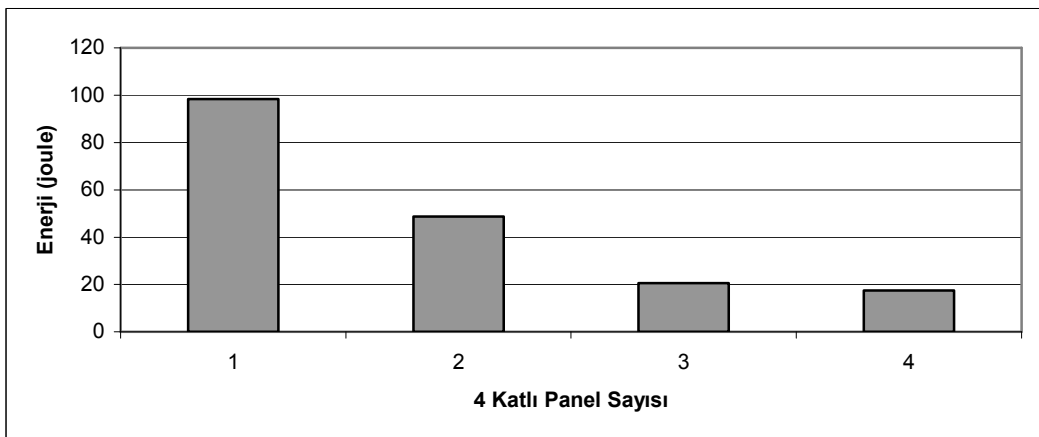
Şekil 4.241 4 Katlı Panel Isınma Karşılaştırması.



Şekil 4.242 4 Katlı Panel Akım Karşılaştırması.



Şekil 4.243 4 Katlı Panel Gerilim Karşılaştırması.

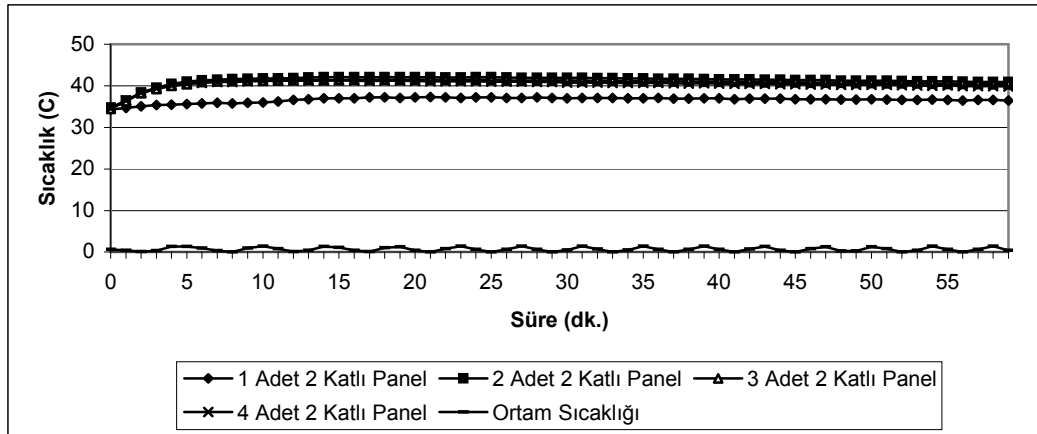


Şekil 4.244 4 Katlı Panel Enerji Karşılaştırması.

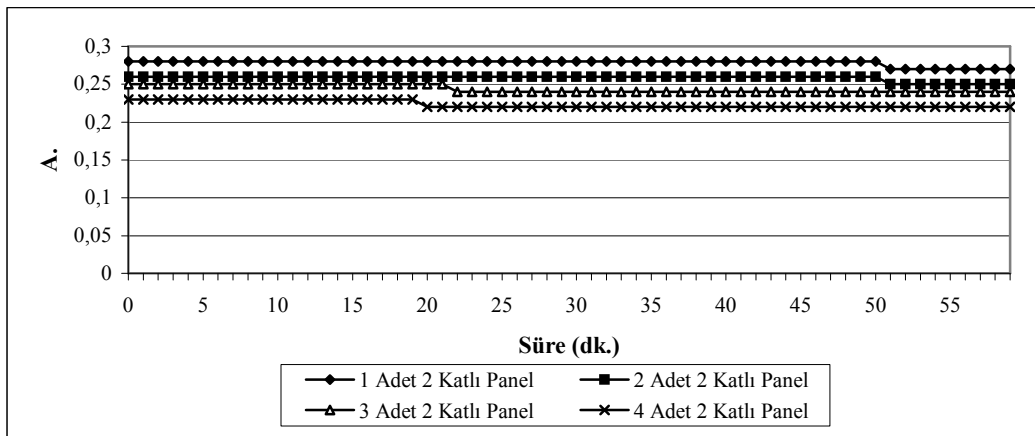
4.6 Li-Ion Pil Uygulamalarına İlişkin Karşılaştırmalar

4.6.1 0°C Ortam Sıcaklığında Isıtıcı Giysi Prototipi Üzerinde Yapılan Denemelerin Karşılaştırmaları

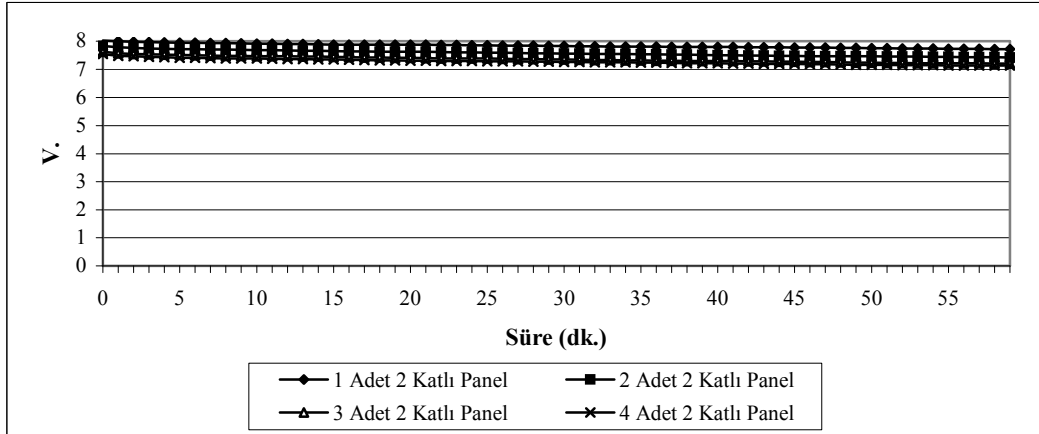
Şekil 4.245 ile Şekil 4.248 arasında 2 katlı panellerin 0°C ortam sıcaklığında Li-Ion pil kullanılarak yapılan uygulamalara ait ısınma, akım, gerilim ve üretilen enerji ortalamalarına ilişkin karşılaştırmalar sunulmuştur. Grafiklerde görüldü gibi elde edilen sıcaklık değerleri çok yüksek farklar oluşturmamakla birlikte elde edilen sıcaklık değerleri ölçüm süresi olan 60 dakika boyunca sürekliliğini korumuştur. Akım değerleri açısından ise panel sayısına bağlı olarak 0,24 – 0,27 A aralığında çok küçük değişimler gözlenmiştir. Gerilim değerleri de 60 dakikalık uygulama süresine rağmen dikkat çekici derecede azalmamış, yavaş ve istikrarlı bir düşme eğilimi göstermiştir. Elde edilen ısı enerjisi ise yaklaşık olarak 45-65 joule seviyesindedir.



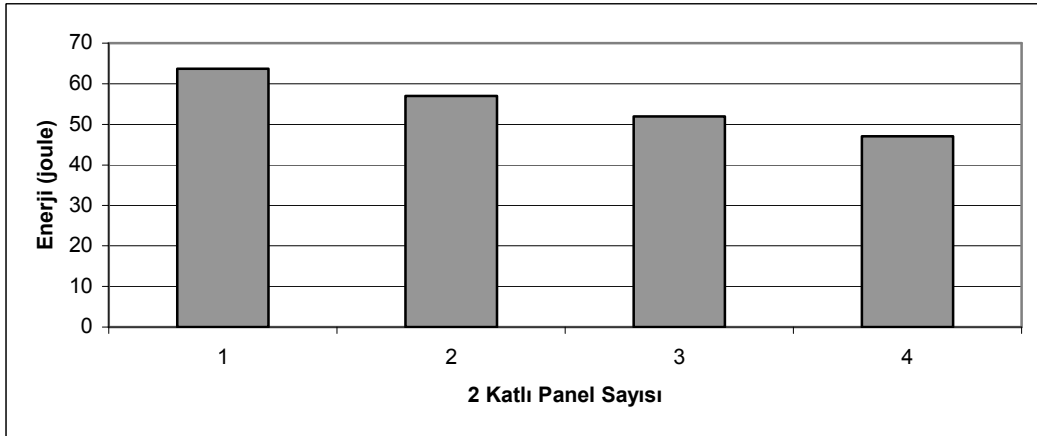
Şekil 4.245 2 Katlı Panel Isınma Karşılaştırması.



Şekil 4.246 2 Katlı Panel Akım Karşılaştırması.

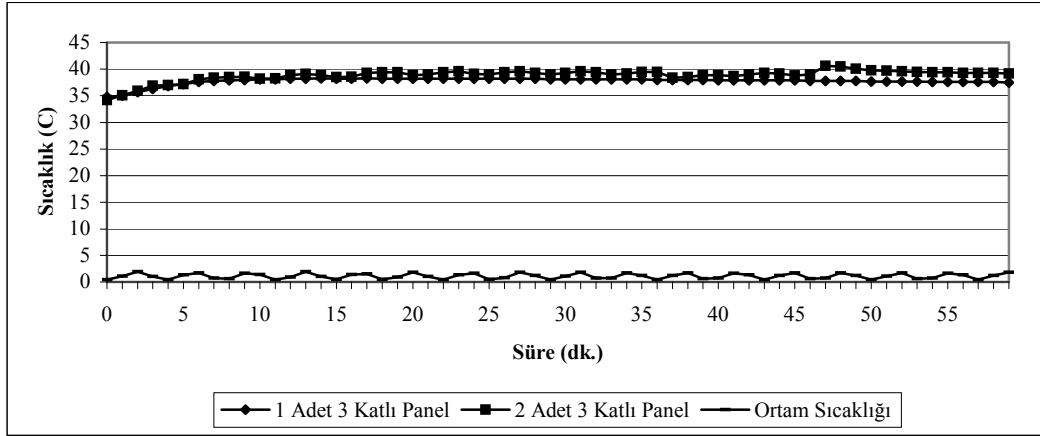


Şekil 4.247 2 Katlı Panel Gerilim Karşılaştırması.

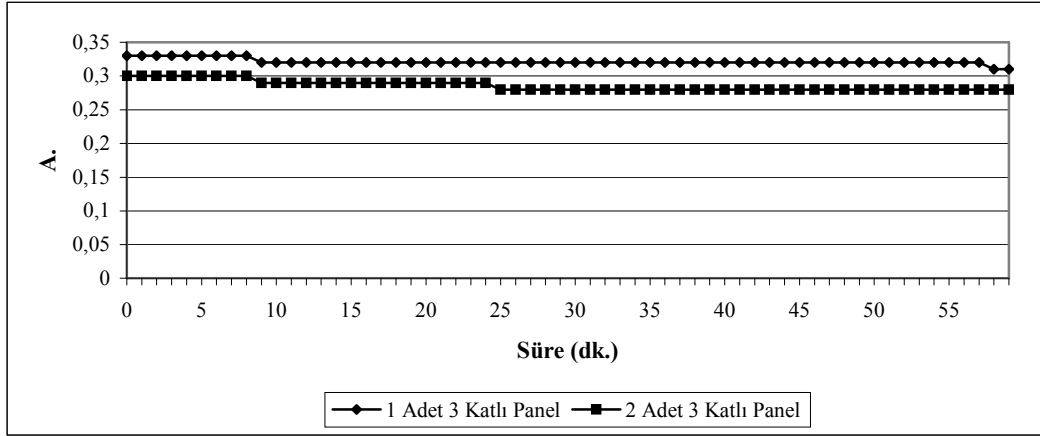


Şekil 4.248 2 Katlı Panel Enerji Karşılaştırması.

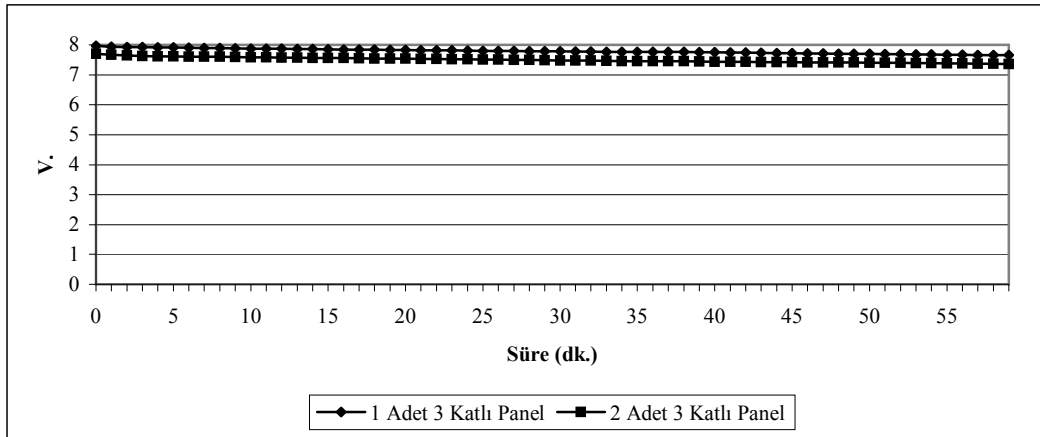
Şekil 4.249 ile Şekil 4.252 arasında 3 katlı panellerin 0°C ortam sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma, akım, gerilim ve üretilen enerji ortalamalarına ilişkin karşılaştırmalar sunulmuştur. Uygulamalarda elde edilen en yüksek sıcaklık değerleri 1 ve 2 adet 3 katlı panel için 40°C seviyesindedir. Denemeler süresince akım değerleri ortalama 0,3 A olup çok küçük değişimler gözlenmiştir. Her iki panel sayısı için de 60 dakika süreyle ölçüm gerçekleştirilmiş ve bu süreçte elde edilen ortalama enerji seviyesi 1 adet panel için yaklaşık 70, 2 adet panel için de yaklaşık 60 joule'dür.



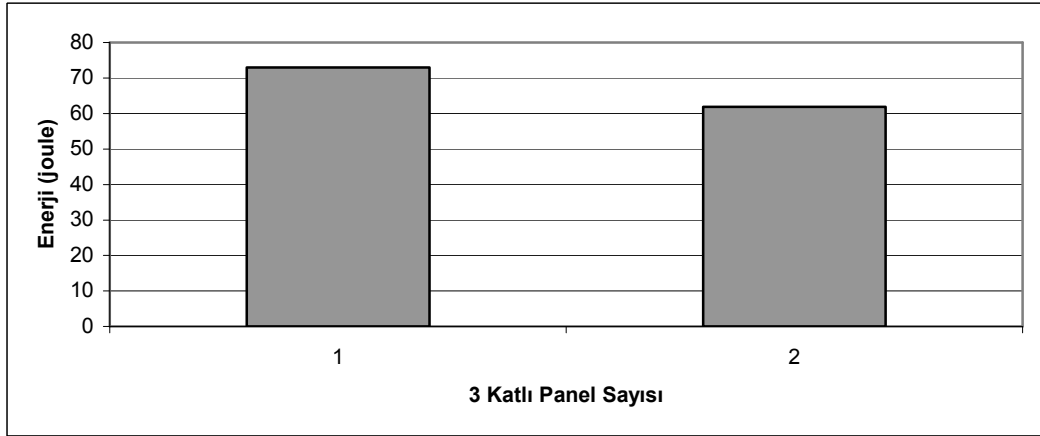
Şekil 4.249 3 Katlı Panel Isınma Karşılaştırması.



Şekil 4.250 3 Katlı Panel Akım Karşılaştırması.



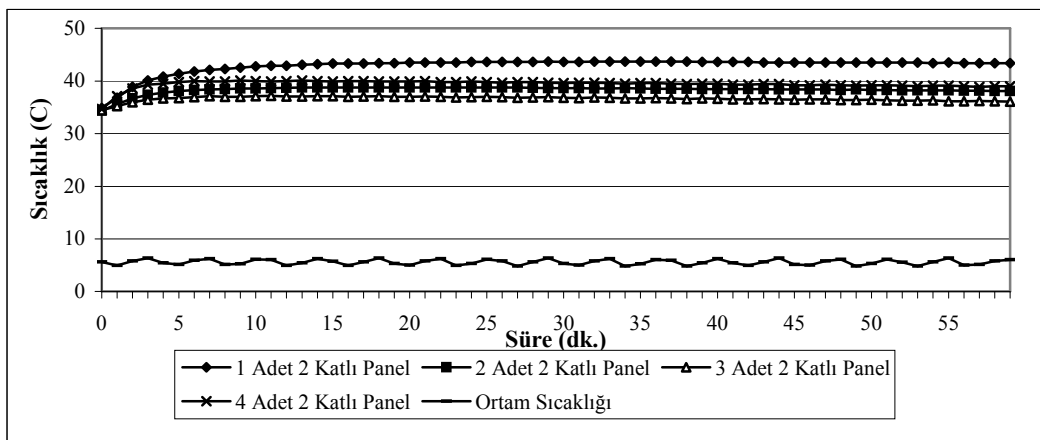
Şekil 4.251 3 Katlı Panel Gerilim Karşılaştırması.



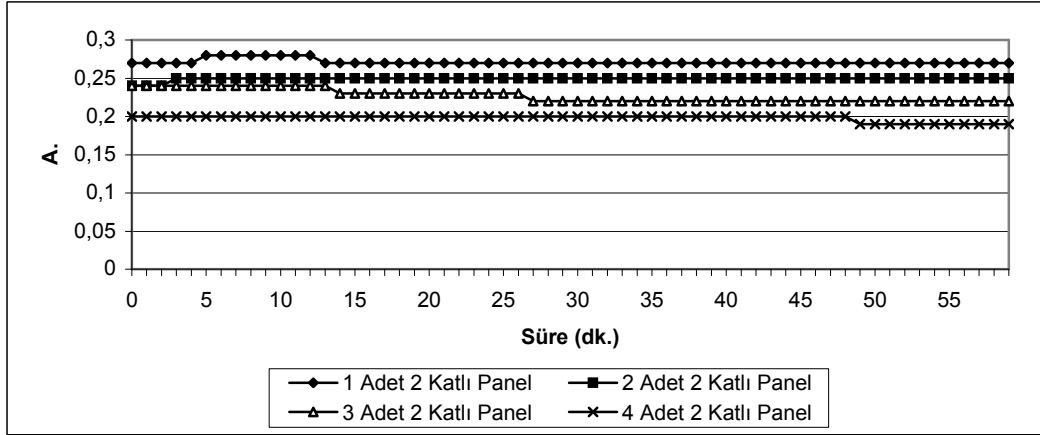
Şekil 4.252 3 Katlı Panel Enerji Karşılaştırması.

4.6.2 5°C Ortam Sıcaklığında Isıtıcı Giysi Prototipi Üzerinde Yapılan Denemelerin Karşılaştırmaları

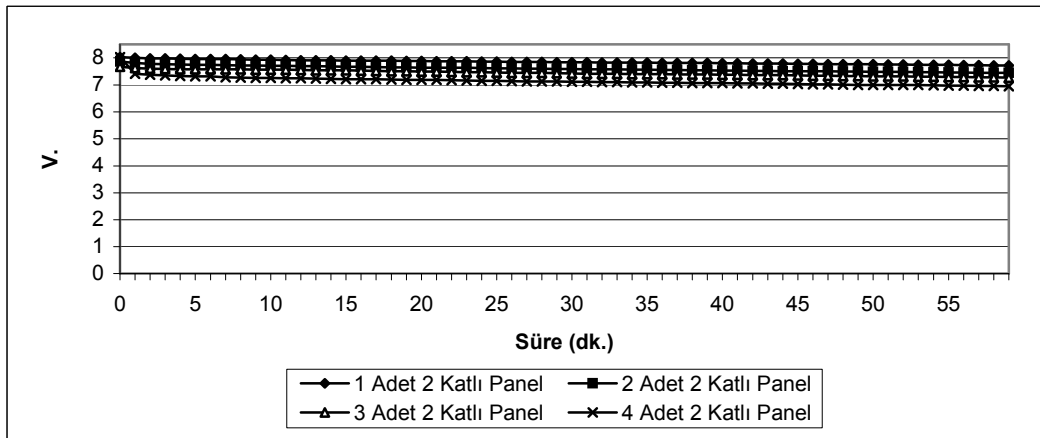
Şekil 4.253 ile Şekil 4.256 arasında 2 katlı panellerin 5°C ortam sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma, akım, gerilim ve üretilen enerji ortalamalarına ilişkin karşılaştırmalar sunulmuştur. Panel sayıları değişmekle birlikte elde edilen maksimum sıcaklık değeri yaklaşık 40°C seviyesindedir. Akım değerleri 0°C ortam sıcaklığında yapılan uygulamalar ile uyumlu sonuçlar vermiştir ve 0,20-0,25 A başlangıç değerine sahiptir. Gerilim değerleri açısından uygulamalar süresince 4 farklı uygulamada da 60 dakika süreyle büyük düşüşler yaşanmamıştır. Elde edilen ısı enerjisi ile panel sayısı arasında ters orantılı bir ilişki olduğu görülmektedir.



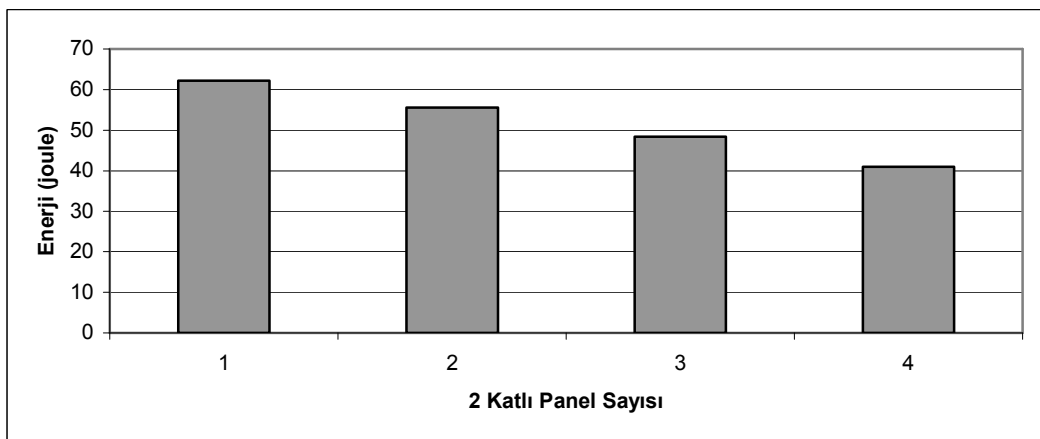
Şekil 4.253 2 Katlı Panel Isınma Karşılaştırması.



Şekil 4.254 2 Katlı Panel Akım Karşılaştırması.

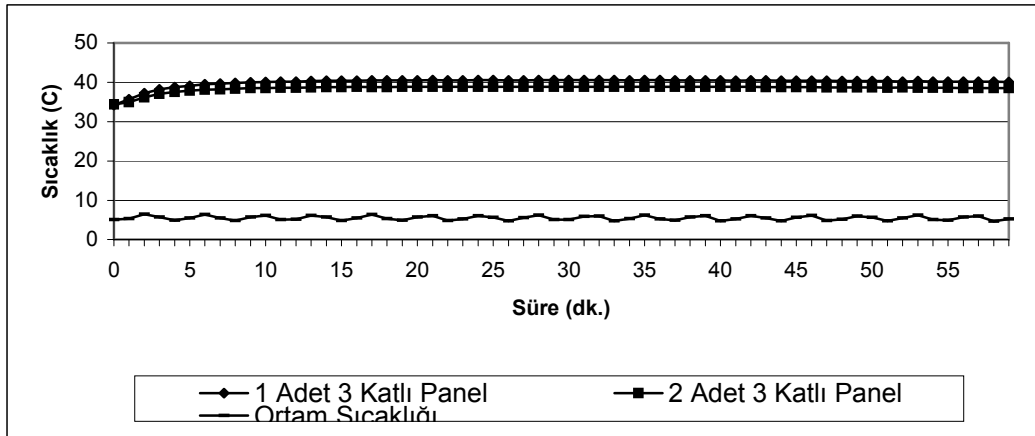


Şekil 4.255 2 Katlı Panel Gerilim Karşılaştırması.

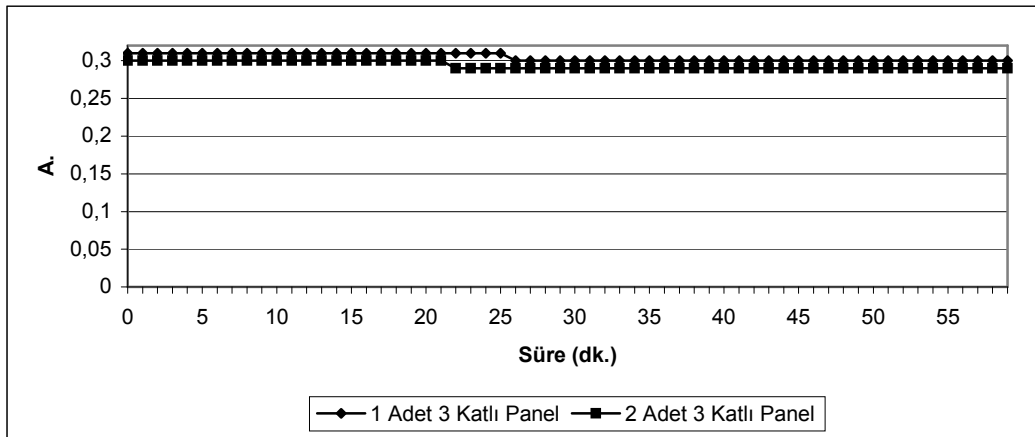


Şekil 4.256 2 Katlı Panel Enerji Karşılaştırması.

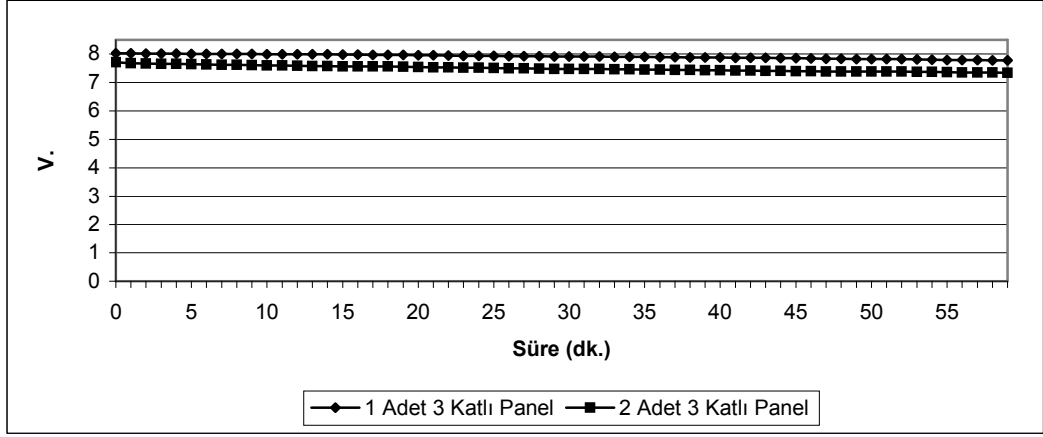
Şekil 4.257 ile Şekil 4.260 arasında 3 katlı panellerin 5°C ortam sıcaklığındaki uygulamalarına ait ısınma, akım, gerilim ve üretilen enerji ortalamalarına ilişkin karşılaştırmalar sunulmuştur. Her iki panel sayısı için de yaklaşık 7°C'lik sıcaklık artışı gözlenmektedir. Akım ve gerilim değerlerinde de daha önceki uygulamalara benzer şekilde çok küçük azalışlar yaşanmıştır. 1 adet panel denemesinde yaklaşık 70 joule enerji üretimi oluşurken 2 adet panel kullanımında bu değer 60 joule olarak gerçekleşmiştir.



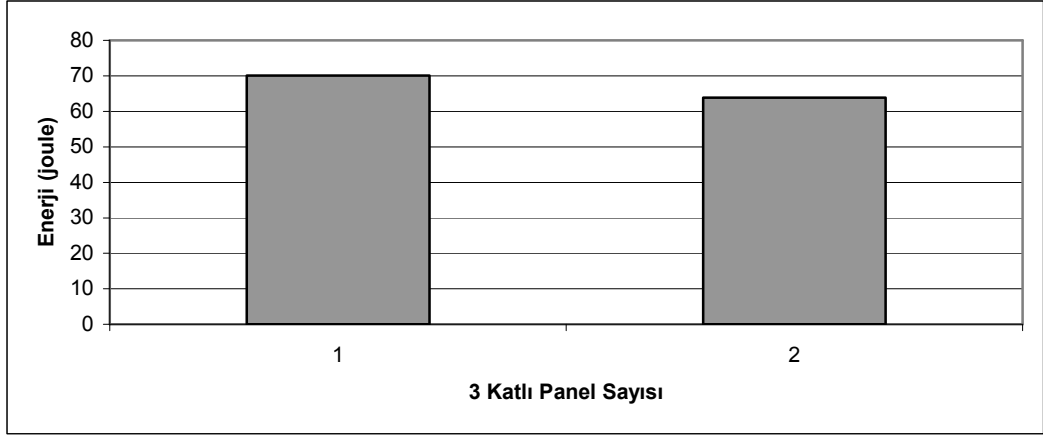
Şekil 4.257 3 Katlı Panel Isınma Karşılaştırması.



Şekil 4.258 3 Katlı Panel Akım Karşılaştırması.



Şekil 4.259 3 Katlı Panel Gerilim Karşılaştırması.



Şekil 4.260 3 Katlı Panel Enerji Karşılaştırması.

Isıtcılı giysi prototipi ile ilgili olarak gerçekleştirilen tüm deneysel çalışmaların karşılaştırmalı gösterimi Tablo 4.2 - Tablo 4.5'te verilmiştir. 0°C ve 5°C ortam sıcaklıkları için Ni-MH pil uygulamalarına ilişkin karşılaştırmalar Tablo 4.2 ve Tablo 4.3 'de gösterilmiştir. Aynı ortam sıcaklıklarında gerçekleştirilen Li-Ion pil uygulamalarına ait karşılaştırmalar ise Tablo 4.4 ve Tablo 4.5'te sunulmuştur.

Tablo 4.2 Ni-MH pil uygulamalarına ait karşılaştırma (0°C ortam şartı)

	1 Katlı Paneller			2 Katlı Paneller			3 Katlı Paneller			4 Katlı Paneller		
	Süre	Sıcaklık Artışı	Enerji (Joule)	Süre	Sıcaklık Artışı	Enerji (Joule)	Süre	Sıcaklık Artışı	Enerji (Joule)	Süre	Sıcaklık Artışı	Enerji (Joule)
1 Adet	60	10	120	60	15	200	60	25	150	34	20	160
2 Adet	56	15	100	34	15	50	27	15	50	20	17	80
3 Adet	43	10	50	22	10	60	19	10	50	12	16	35
4 Adet	31	14	45	18	10	25	14	15	25	10	18	30

Tablo 4.3 Ni-MH pil uygulamalarına ait karşılaştırma (5°C ortam şartı)

	1 Katlı Paneller			2 Katlı Paneller			3 Katlı Paneller			4 Katlı Paneller		
	Süre	Sıcaklık Artışı	Enerji (Joule)	Süre	Sıcaklık Artışı	Enerji (Joule)	Süre	Sıcaklık Artışı	Enerji (Joule)	Süre	Sıcaklık Artışı	Enerji (Joule)
1 Adet	60	15	160	60	20	230	53	20	160	37	30	140
2 Adet	60	20	110	27	15	50	28	20	100	19	15	80
3 Adet	39	15	50	24	20	40	17	10	35	13	20	35
4 Adet	29	10	30	17	15	35	14	10	30	10	20	25

Tablo 4.4 Li-Ion pil uygulamalarına ait karşılaştırma
(0°C ortam şartı)

	2 Katlı Paneller			3 Katlı Paneller		
	Süre	Sıcaklık Artışı	Enerji (Joule)	Süre	Sıcaklık Artışı	Enerji (Joule)
1 Adet	60	4	120	60	4	140
2 Adet	60	7	110	60	4	120
3 Adet	60	7	100	---	---	---
4 Adet	60	7	90	---	---	---

Tablo 4.5 Li-Ion pil uygulamalarına ait karşılaştırma
(5°C ortam şartı)

	2 Katlı Paneller			3 Katlı Paneller		
	Süre	Sıcaklık Artışı	Enerji (Joule)	Süre	Sıcaklık Artışı	Enerji (Joule)
1 Adet	60	7	120	60	4	140
2 Adet	60	4	100	60	4	120
3 Adet	60	4	100	---	---	---
4 Adet	60	4	80	---	---	---

BÖLÜM BEŞ

SONUÇLAR

Günlük yaşantımızın ayrılmaz bir parçası olan konfeksiyon ürünleri ile taşınabilir nitelikteki elektronik yapıların bir arada ve birbirine entegre bir biçimde kullanılması fikri “elektro-tekstiller” kavramının temelini oluşturmaktadır. İleri teknoloji ile üretilen konfeksiyon ürünlerinin en önemli örneklerinden biri olan elektro-tekstiller’in gelişimi, özellikle elektrik akımını ileten iplik ve kumaşların geliştirilmesi ile hız kazanmıştır. İletken tekstil malzemeleri, farklı alanlara yönelik kullanım potansiyelleri sebebiyle hem Ar-Ge hem de Ür-Ge açısından büyük ilgi görmekte ve çok çeşitli yapısal özelliklere sahip iletken ürünler kullanılmaktadır.

Kullanıcı ile etkileşim halinde olması sebebiyle “interaktif” bir yapıya sahip olan ve “akıllı” olarak nitelendirilebilecek konfeksiyon ürünlerinin geliştirilmesi konusunda bir çok bilim adamı, araştırma merkezi, resmi ve özel nitelikteki kuruluşlar ile üniversiteler, günümüzde çok çeşitli kullanım alanlarına yönelik ürünler konusunda çalışmalarını sürdürmektedir. Elektronik ve tekstil malzemeleri ile ilgili araştırmaların ilk aşamalarında, malzemelerin zıt karakterleri sebebiyle bu uygulamaların pratik olmayacağı düşünülmesine rağmen, bilimsel araştırmalarda elde edilen başarılı sonuçlarla elektronik malzemeler ile tekstil ürünlerinin entegrasyonu büyük avantajlar sağlamıştır.

Bilgisayar teknolojileri ve taşınabilir elektronik aygıtların gelişimi konusunda çok önemli adımların atıldığı 20.yy ın son çeyreği ile birlikte başlayan çalışmalar, günümüzde artık pratik anlamda kullanıma yönelik olan ürünlerin piyasaya sürülmesi aşamasına gelmiştir.

Bu tür giysilerden olan ve ısıtma fonksiyonunu bünyesinde bulunduran akıllı giysilerin, gelecekte günlük hayatımızın bir parçası olması beklenmektedir. Vücut fonksiyonlarının belirli ısı aralıklarında en verimli düzeyde olması nedeniyle ısı düzenlemesi bireysel performans açısından oldukça önemlidir. Çevresel ortam şartlarının yarattığı etki, ortaya koyulan performansı olumlu veya olumsuz yönde

etkileyebilmektedir. Performans üzerindeki bu etki de sürekli olarak dış ortamda görev yapan polis, asker, güvenlik görevlisi gibi kamu görevi yapan bireylerin çalışmalarında hayati etki yapabilmektedir. Sıcağa karşı olduğu gibi, soğuk ortam şartlarında da insan organizmasının korunması, ileri teknoloji uygulamaları için bir çalışma alanı oluşturmuştur. 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 yaratılarak uygun bir sıcaklık farkının yaratılması hedeflenmiştir. Bu tür bir çözüm pasif yapılı olarak adlandırılabilir bir korunma sağlamaktadır. Pasif yapılara alternatif olarak geliştirilebilecek diğer bir düşünce de aktif korunma sağlayan giysi konstrüksiyonlarının geliştirilmesidir. İşte metabolizma veya iklim şartlarındaki değişimlere cevap verebilecek şekilde dizayn edilen ısıtmalı giysiler, aktif ve akıllı giysi konseptinin bir örneği olarak karşımıza çıkmaktadır.

Isıtma fonksiyonuna sahip akıllı giysilerde kıyafet içerisine yerleştirilen ısıtma kaynağı (ısıtıcı yapılar) yardımıyla yeterli termal ortam yaratılarak kullanıcının dış ortamdaki etkilenmemesi hedeflenmektedir. Bu tür bir giysi konsepti yeni olmamasına rağmen giysi dizaynı açısından yeterli altyapının henüz hazırlanmaması, yaygın kullanımı engellemiştir. Bu sebeple fonksiyonel gereksinimlerin karşılanması amacıyla uygun ısıtıcı yapıların geliştirilmesine ilişkin çalışmalar da devam etmektedir. Yapılan çalışmalarda metalik yapılar-rezistans sistemleri, grafit malzemeler, iletken kauçuk, su ısıtmalı sistemler, ısıtma araçları olarak kullanılmıştır. Ancak bu tür ısıtıcılar, bazı sınırlamaları da beraberinde getirmiştir. Giysinin hacminin-ağırlığının artması, sistemin rijitliği, vücutta oluşan terin uzaklaştırılma zorunluluğu ve sistemin vücuda zarar verme ihtimali gibi problemler mevcuttur. Tekstil esaslı yeni tip iletken yapılar statik yükü azalttığı gibi ısıtıcı giysi konstrüksiyonlarında da kullanılmakta ve uygulama kolaylığı sağlamaktadır.

Bu çalışmada, elektrik iletken çelik iplikler kullanılarak üretilen kumaş panellerinin ısınma davranışları incelenmiş ve bu kumaş panellerinin ısıtıcı yapı olarak kullanıldığı interaktif ısıtıcı giysi prototipi geliştirilmiştir. “Sıcaklık kontrollü giysi tasarımı”nda bir yandan kullanıcının temel gereksinimlerini karşılayabilecek bir giysi tasarımı gerçekleştirilirken diğer yandan da hedeflenen

fonksiyonların yerine getirilmesi amacıyla en uygun elektronik altyapının hazırlanması amaçlanmıştır. Gerçekleştirilen çalışmalar şu şekilde özetlenebilir:

- Çelik ipliklerden üretilmiş olan ısıtıcı paneller değişik kat sayısı ve değişik adetlerde üretilmiştir.
- Isıtıcı kumaş panellerinin yerleştirileceği giysi prototipinin tasarım ve üretim çalışmaları gerçekleştirilmiştir.
- Isıtıcı kumaş panellerinin devreye gireceği alt ve üst sıcaklık değerlerinin kullanıcı tarafından belirlendiği bir elektronik devre tasarımı yapılmış ve üretim aşamasında devre küçültülerek giysiye monte edilebilecek boyutlara indirgenmiştir.
- Tüm kat adetleri ve panel sayıları için sistemin öncelikle oda sıcaklığında çalışma verimliliği test edilmiştir. Daha sonra soğuk ortam şartları simüle edilmiş, 0°C ve 5°C ortam sıcaklıklarındaki performansları denenmiştir.
- Farklı güç kaynaklarının sistem üzerinde denenmesi amacıyla giysiye yerleştirilebilecek en uygun büyüklük ve mümkün olan en yüksek kapasitedeki Ni-MH ve Li-Ion pil temin edilmiş ve sistemin performansı bu piller kullanılarak gözlenmiştir.
- Ölçümlerden elde edilen elektriksel parametreler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Taşınabilir bir yapının tasarlanması sebebiyle kullanım anındaki dayanıklılığı, kullanım süresinin yeterli olması, güç kaynağı seçiminin uygun yapılması gibi konular öne çıkmakta ve yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen bulgular aşağıdaki şekilde özetlenmekte ve bazı öneriler getirilmektedir:

- Isıtıcı kumaş yapılarının boyutları, kat sayıları ve panellerde kullanılacak iletken iplik miktarları mutlaka doğru bir şekilde değerlendirilmelidir. Geleneksel rezistans yapılarında iletken teller hiçbir kesintiye uğramadan yapı içerisine yerleştirilmektedir. Benzer şekilde ısıtıcı kumaş yapılarına yerleştirilecek iletken iplikler de herhangi bir kesintiye uğramamalı, en uygun rotayı izleyerek kumaş yapısı içerisine yerleştirilmelidir. Gerekli durumlarda çok katlı kumaş yapıları tasarlanmalıdır. Kumaş yapısının boyutu kullanım amacına yönelik olarak doğru

belirlenmeli, bölgesel ısıtma yapılmasının hedeflendiği durumlarda küçük boyutlu kumaşlar kullanılırken daha geniş alanların ısıtılmasının amaçlandığı durumlarda kumaş yapısı büyütülmelidir. İletken iplikler haricinde kumaş yapısını oluşturan diğer iplikler de termal özellikler açısından değerlendirilmeli ve ısıtma fonksiyonuna katkı yapacak özellikte iplikler seçilmelidir. Sonuç olarak tekstil esaslı ısıtıcı yapı tasarımının en önemli parametrelerden biri olduğu düşünülmektedir.

Deneysel çalışmalarda kullanılan ısıtıcı kumaş panelleri 4 cm eninde, 10 cm boyundadır. Panel yapısına cm'de 12 adet iletken iplik yerleşimi yapılmıştır. İncelenen yapının kumaş esaslı olması sebebiyle iki farklı durum ortaya çıkmaktadır. Tekstil açısından bu kumaş yapılarının kolay üretilbilir olması, düşük maliyetli olması ve kullanım anında maruz kalabileceği fiziksel şartlar sebebiyle yeterli dayanıma sahip olması gibi özellikler mutlaka dikkate alınmalıdır. Elektriksel açıdan ise en uygun direnç değerine sahip panel tasarımının yapılması gerekmektedir. Bu kumaşlardan oluşturulan farklı kat sayısına sahip panellerin direnç değerlerinin farklı olması sebebiyle ısınma davranışları da farklı olmuştur. Yüksek direnç değerlerine sahip yapıların istenilen seviyede ısıtılması için yüksek kapasiteli güç kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum sistemin giderek daha büyümesi, hacminin artması ve kullanım kolaylığının azalması anlamına gelmektedir. Isıtma fonksiyonunu yerine getiren elektronik devrede kullanılan akım miktarı da ısıtıcı yapıların elektriksel özelliklerine bağlıdır. Çekilen akım miktarı ile kullanılan güç kaynağı arasındaki ilişki değerlendirildiğinde sistemin taşınabilir olması ve sabit güç kaynağı kullanılamaması sebebiyle güç kaynağının farklı kat sayısına sahip ısıtıcı panellerin verimli olarak beslediği süre de doğal olarak çekilen akıma bağlı olarak değişmektedir. Sonuçta farklı kat sayısına sahip panellerin verimli olarak kullanım süreleri de farklı olmaktadır. Böylece ısıtıcı yapıların, bir başka deyişle ısıtıcı kumaş panellerinin yapısal özellikleri bu açıdan da büyük önem taşımaktadır.

- Geliştirilen prototipte giysiye uyum göstermesi amacıyla esnek bir kumaş yapısında olan 1 ~ 4 adet ısıtıcı panel kullanılmıştır. Panel yerleşimi yapılan bölgeler olarak ön bölgede karın boşluğunun sağ ve sol tarafı ile arka bölge her iki böbrek

bölgesi seçilmiştir. Bu yerleşimde özellikle bireyin sıcaklık hissini en fazla algıladığı ana kan damarlarının geçtiği bölgeler esas alınmıştır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda ısınma etkisinin artırılması amacıyla panel sayısı artırılabilir, daha büyük paneller daha geniş bölgelere uygulanabilir. Bölgesel yerleşim yerine daha yaygın bir yerleşim kullanılarak giysi yüzeyinin daha büyük bölümleri ısıtılabilir.

- Geliştirilen ısıtıcı yelek üzerine yerleştirilen ve devreyi besleyen güç kaynağı, kullanım performansını en fazla etkileyen bileşenlerden biridir. Güç kaynağının kapasitesi, kullanım süresini ve ısınma miktarını doğrudan etkilemektedir. Benzer şekilde güç kaynağının kapasitesi ile boyutları da doğru orantılı olarak değişmektedir. Uygulama çalışmalarında kullanılan pillerin boyutsal karşılaştırması yapıldığında Ni-MH pillerin daha büyük, ağır ve hacimli olduğu görülmüştür. Li-Ion piller ise boyutsal açıdan avantaj yaratmaktadır. Gerilim değerleri açısından Ni-MH pil denemelerinde başlangıç değeri olarak pil kapasitesi olan yaklaşık 12 V. değeri ölçülmüştür. Bu değer Li-Ion piller için yaklaşık 7 V. seviyesindedir. Ölçümler Ni-MH pillerde pilin tükeniş seviyesi olan 6,5 V. değerine kadar gerçekleştirilebilmiştir. Pil yapısının teknik özellikleri sebebiyle Li-Ion pil ile kullanılan uygulamalarda ani ve yüksek miktarda akım sağlanması mümkün olmamıştır. Elde edilen ısınma seviyelerinin değerlendirilmesi sonucunda çok düşük miktarda (1-2°C) ısıtma sağlamaları sebebiyle tek katlı paneller değerlendirme dışı bırakılırken sistemin genel yapısı ve güç kaynağının kapasitesi sebebiyle de 4 katlı panel uygulamaları da gerçekleştirilememiştir.

- Deneysel çalışmalarda Ni-MH tipi pillerin daha kısa süreli ve yüksek miktarda akım sağladığı gözlemlenmiştir. Li-Ion tipi pillerin ise daha düşük miktarda ancak uzun süreli akım ürettiği görülmüştür. Kullanım koşulları açısından değerlendirildiğinde ise Ni-MH tipi pillerin soğuk iklim koşullarında ani ısıtma gereken yerlerde kullanımı daha uygundur. Li-Ion piller ise süreklilik gerektiren durumlarda istikrarlı bir ısıtma davranışı oluşturmaktadır. Deneme yapılabilen tüm kat sayısı ve yerleşimler için Li-Ion uygulamaları 60 dakika süreyle sürdürülebilmiştir. Li-Ion pillerdeki tüm denemeler boyunca gerilim ve akım değerleri çok küçük miktarlarda değişim göstermiştir.

- Sıcaklık eldesi açısından ulaşılan en yüksek değer, oda sıcaklığında 4 katlı 1 adet panel kullanımında gerçekleşmiştir. Ni-MH pil kullanılan bu denemede panel sıcaklığı yaklaşık olarak 80°C'nin üzerine çıkmıştır. En düşük miktardaki ısınma ise 34°C ile tek katlı 4 adet panel kullanımında ölçülmüştür. Aynı şekilde Ni-MH pil kullanılarak yapılan 0°C denemeleri incelendiğinde maksimum sıcaklık artışı 1 adet 4 katlı panel denemelerinde gözlenmiştir. Aynı durum 5°C denemeleri için de geçerlidir. Her iki ortam şartı için elde edilen en yüksek sıcaklık değeri yaklaşık 60°C seviyesindedir. Bu durum, 34°C'lik deri yüzeyi başlangıç sıcaklık değeri hesaba katıldığında yaklaşık 25°C'lik bir artış anlamına gelmektedir. Öte yandan Li-Ion pil uygulamalarında son derece istikrarlı ve sürekli bir sıcaklık artışı gözlenmiştir. Tüm panel yerleşimleri incelendiğinde 7-8 °C 'lik sıcaklık artışı tespit edilmiştir. Genel olarak ısıtıcı panellerden elde edilen sıcaklık değerleri incelendiğinde 0°C ve 5°C ortam şartında aynı kat sayısı ve panel yerleşimindeki değerlerin birbirini doğrular nitelikte olduğu görülmüştür. Benzer şekilde uygulama süresi, akım ve gerilim değerleri açısından da her iki ortam şartında birbirine yakın davranışların sergilendiği gözlenmektedir.

- Tüm kat sayıları için 1 adet panel yerleşiminin en uzun süre kullanıldığı, panel sayısı arttıkça uygulama süresinin azaldığı belirlenmiştir Ni-MH pil kullanımında süre açısından 0°C için gerçekleşen en kısa ölçüm 4 adet 4 katlı panel denemelerinde gerçekleşmiştir. Bu denemede yaklaşık 10 dakikalık bir ölçüm periyodunun ardından pilin tükendiği görülmüştür. Benzer bir durum 5°C denemeleri için de geçerlidir. Gerçekleştirilen tüm uygulamalarda sistemin çalışma aralığı deney süresince sürekli olarak aktif olacak şekilde belirlenmiştir. Isıtıcı yapının devreye gireceği ve devreden çıkacağı biçimde belirlenecek sıcaklık aralıkları ile çalışma sürelerinin artacağı öngörülmektedir.

- Üretilen ısı enerjisi açısından panel sayısı arttıkça enerji seviyesi düşmektedir. Ancak bazı denemelerde özellikle 3 ve 4 adet panel uygulamalarının birbirine çok yakın değerlerde ısı enerjisi oluşturdukları tespit edilmiştir. Denemeler süresince oluşan ortalama enerji değerleri karşılaştırıldığında, en yüksek değere 1 adet 3 katlı

panel kullanımında ulaşıldığı görülür. Bu değer yaklaşık 120 joule seviyesindedir. En düşük enerji üretimi ise 4 katlı 4 adet panel uygulamalarında oluşmuştur.

- Bu çalışmada iletken yapı olarak çelik esaslı iletken ipliklerin kullanıldığı ısıtıcı panel tasarımları yapılmıştır. Literatürde bu amaçla kullanılan çok çeşitli malzemeler bulunmaktadır. Örneğin bunların en yaygın olanlarından biri de karbon esaslı ipliklerdir. Bu açıdan bakıldığında ısıtıcı yapılarda kullanılacak iletken malzemeler incelenmeli maliyet, dayanım, kullanım kolaylığı, tekstil ve elektronik açıdan yapısal parametreler incelenerek en doğru malzeme seçilmelidir.

- Çalışmada elektronik altyapı ile tekstil esaslı ısıtıcı paneller ağırlık merkezinin dağıtılması ve giysinin deformasyonunun engellenmesi amacıyla taşıyıcı bir yapı üzerine monte edilmiştir. Bu tür bir konfigürasyon tasarlanmasındaki amaç, giysi ile elektronik sistemin birbirinden tamamen ayrılabilir özellikte olması ve temizlik, bakım-onarım, modifikasyon vb işlemlerin ardından tekrar giysi ile elektronik sistemin aynı yapı üzerinde bir araya getirilmesidir. Gelecek çalışmalarda boyut, ağırlık ve hacim açısından sistem tasarımının geliştirilmesi sonucunda tekstil ve elektronik bileşenler tam bir entegrasyona sahip olabilir ve elektronik altyapı direkt olarak giysi üzerine yerleştirilebilecek bir yapıya dönüştürülebilir. Böylece giysiden bağımsız ayrı bir taşıyıcı yapıya olan ihtiyaç da ortadan kalkabilecektir.

- Geliştirilen sistem üzerindeki bir başka önemli konu da bağlantı elemanlarıdır. Bu çalışmada, güç kaynağından ısıtıcı panellere akım taşıyan iletim hatları ile kullanıcı arayüzü, dijital sıcaklık sensörü gibi elemanların devreye bağlanmalarında geleneksel kablolar kullanılmıştır. Gelecekte bu amaçla giysi prototipinde kullanılan kumaş yapısına bölgesel olarak iletken iplikler yerleştirilebilir ve böylece iletim amacıyla kumaş yapıları kullanılabilir. Ayrıca iletken iplik ve devre bileşenleri arasındaki bağlantı elemanları bir başka deyişle tekstil-elektronik bağlantılarında çitçit, kopça vb metalik esaslı tekstil malzemeleri kullanılabilir, lehim vb bağlantı malzemeleri yerine iletken özellikte olan yapıştırıcı benzeri yeni nesil ürünler uygulanabilir. Böylece yapı içindeki tekstil esaslı malzeme kullanım oranı artacak ve

elektronik esaslı sistemden tekstil esaslı sisteme doğru bir aşama daha gerçekleştirilebilecektir.

- Geliştirilen ısıtıcı giysi prototipinde güç kaynakları haricindeki giysi ağırlığı yaklaşık 900 gr'dır. Kullanılan Ni-MH pillerin ağırlığı yaklaşık 565 gr., Li-Ion pillerin ağırlığı ise yaklaşık 185 gr.dır. Görüldüğü gibi Li-Ion piller, Ni-MH pillerin yaklaşık 1/3'ü ağırlığa sahiptir ve bu bakımdan bir avantaj sağlamaktadır. Giysinin toplam ağırlığı Li-Ion pil kullanımında yaklaşık 1.100 gr, Ni-MH pil kullanımında ise yaklaşık 1.500 gr seviye yükselmektedir.

- Sistemin maliyet analizi tekstil ve elektronik altyapılar açısından iki alt başlık altında incelenebilir. Tekstil esaslı malzemeler açısından klasik bir yelek üretimi için giysinin üretim maliyeti yaklaşık 5 € seviyesindedir. Isıtma fonksiyonunun gerçekleştiği ısıtıcı panellerin maliyetleri kat sayısına göre değişmektedir. 1, 2, 3 ve 4 katlı bir adet panel maliyeti sırasıyla ortalama 2,5 – 4 – 5,5 – 7 € 'dur. Elektronik sistemin tasarım ve üretim maliyeti ise yaklaşık 100 € civarındadır. Tekstil ve elektronik altyapıların geliştirilmesiyle sistemin maliyetinin düşürülmesi yönünde avantajlar elde edilebilecektir.

- Isıtıcı giysi prototipinin giyim denemelerinin ve kullanım anındaki performansının insan üzerindeki gerçek ölçümlerinin yapılması amacıyla soğuk ortam şartlarındaki uygulama çalışmaları gelecek çalışmalarda daha da ayrıntılı bir şekilde yapılabilir. Bu doğrultuda yapılacak anket uygulamaları ile kullanıcıların beklentileri değerlendirilebilir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda tekstil ve elektronik altyapısına ilişkin giysi tasarım çalışmaları geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

Akhtar, H. (2002), *American hi-tech soldier of tomorrow* 16 Ekim 2003
http://defensejournal.com/2002/dec/american_hitech.htm,

Albaum, M., *Deutscher fachverlag*, Funktion Textilien, p.83-94, 2003

Aniołczyk, H., Koprowska J., Mamrot, P., Lichawska, P. (2004), Application of Electrically Conductive Textiles as Electromagnetic Shields in Physiotherapy, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol.12, No.4 (48), pp.47-50

Anonim (2002), 8 Ekim 2003

www.madetomeasuremag.com/features/FW2002Electrified.html

Anonim (2000), *Smart Bra to give support when it's needed*, 9 Ocak 2004

<http://www.abc.net.au/science/news/stories/s131388.htm>

Avrupa Komisyonu Tebliği (2005), *Nanosciences and Nanotechnologies: An Action Plan for Europe*, Brüksel

Avrupa Komisyonu Tebliği (2004), *Towards a European Strategy for Nanotechnology*, Brüksel

Baurley, S. (2004), Interactive and experiential design in smart textile products and applications, *Personal Ubiquitous Computing*, 8, 274–281

Bayındır, M. (2006), Nanoteknoloji Tekstilin Emrinde, *Bilim & Teknik*, Aralık 1-2

Bertuleit, K. (1990), Conductivity of Silver-coated Polyamides, *Melliand Textilberichte*, 71, pp 433-434

Bekaert Fiber Technologies, 29 Mart 2005, www.bekaert.com

Bhat, N.V., Seshadri, D.T., Nate, M.M., Gore, A.V. (2006), Development of Conductive Cotton Fabrics for Heating Devices, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 102, 4690–4695

Biberdorf, C. (2002), Active Fabric, *The Warrior*, Jan-Feb, pp.10-11

Bill, S.(2002), *The future of U.S. soldiers*, 23 Mart 2003
www.thecowl.com/news/2002/03/21/World/The-Future.Of.U.s.Soldiers-221108.shtml

Brower, B. (2001), *Soldier Systems*, Army Research Office Nanoscience for the Soldier Workshop

Business Communications Company, Inc (Kasım 2004), *RGB-309 Smart and Interactive Textiles*, 10 Ocak 2005, www.bccresearch.com

Business Communications Company, Inc. (Şubat 2004) *RGB-290 Nanotechnology Market Evaluation*, 15 Eylül 2004, www.bccresearch.com

Cadogan,D.P., Lauren,S.S. (2002), Manufacturing and Performance Assessment of Several Applications of Electrotextiles and Large-Area Flexible Circuits, *Materials Research Society Fall Meeting*, pp.13-15

Cognis, R.M. (2005), Günümüzde ve Gelecekte Akıllı Tekstiller, *Nonwoven Technical Textiles*, 3, s. 105-110

Coskun, Y.M. (2004), Akıl Dokulu Kumaşlar, *TÜBİTAK-Bilim Teknik*, Şubat, s.62-64

Cottet,D., Grzyb,J., Kirstein,T. Tröster,B. (2003), Electrical Characterization of Textile Transmission Lines, *IEEE Transactions on Advanced Packaging*, Vol.26, No.2

Defence Advanced Research Projects Agency, 18 Mart 2005, www.darpa.mil

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(10), 913-919

Dhawan,A., Seyam,A.M., Ghosh, T.K., Muth J.F. (2004), Woven Fabric-Based Electrical Circuits: Part II: Yarn and Fabric Structures to Reduce, *Textile Research Journal*, 74(11), 955-960

Diaplex, 5 Ekim 2006, www.diaplex.com

DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Thermometer, www.maxim-ic.com

European Space Agency (2001), “New Pyjamas Could Prevent Cot Deaths”, http://www.esa.int/esaCP/ESARDG2VMOC_Improving_2.html, 02 Şubat 2003

Gerbing’s Hated Clothing, 6 Ekim 2004, www.gerbing.com

Gimpel,S., Möhring,U., Müller,H., Neudeck,A., Scheibner, W. (2003), Textile Based Electronic Substrate Technology, *Tech-Textil Symposium*

Göcek, İ, Kurşun, S., Küçük, G.(2006) Tekstil Endüstrisinde Nano-Teknoloji Uygulamaları, *Tekstil Teknoloji*, s.54-58

Hahn, R., Reichl H. (1999), Batteries and power supplies for wearable and ubiquitous computing, *3. Int. Symp. Of Wearable Comp.* 168-169

- Haisman, M.F. (1988), Physiological aspects of electrically heated garments, *Ergonomics*, Vol.31, No.7, 1049-1063
- Hertleer, C., Grabowska, M., Van Langenhove, L., Catrysse M., Hermans B., Puers R., Kamlar A., Van Egmond H., Matthys, D. (2004), The Use of Electroconductive Textile Material for the Development of a Smart Suit, *World Textile Conference - 4th AUTEX Conference Roubaix*, June 22-24
- Hongu, T., Philips,G.O. (1990), *New Fibres*, New York, Ellis Horwod
- Işık, H. (2005), Design and Construction of Thermoelectric Footwear Heating System for Illness Feet, *Journal of Medical Systems*, Vol. 29, No. 6, 627-631
- Jiang, X., Tessier, D., Dao,L.H., Zhang, Z. (2002), Biostability of electrically conductive polyester fabrics: An in vitro study, *Journal of Biomedical Material Research*, 62: 507–513
- Jung, S., Lauterbach, C., Sturm, T., Stromberg, G., Weber, W. (2003), Applications of Microelectronics and Sensors in Intelligent Textile Fabrics, *TechTextil Symposium*, Frankfurt a.M.
- Jung,S., Lauterbach,C., Strasset, N., Weber,W. (2003), Enabling Technologies for Disappearing Electronics in Smart Textiles, *IEEE Int. Solid State Circuits Conference*, Paper 22.1
- Kayacan, O., Bulgun,E.Y., Sahin,O. (2006), Designing An Electronic Body Temperature Control Unit For Smart Garments, *International Conference Futurotextiles*, 30-34
- Kayacan, O., Bulgun,E.Y. (2007), Heating Behaviors of Metallic Textile Structures, *IIIrd International Technical Textiles Congress*, 62-70

- Kim, B., Koncar, V., Devaux E., Dufour C., Viallier P. (2004), Electrical and Morphological Properties of PP and PET Conductive Polymer Fibers, *Synthetic Metals*, 146, 167–174
- Kirstein, T., Bonan, J. Tröster, G. (2002), Electronic Textiles for Wearable Computer Systems, *Canadian Textile Journal*, July/August, pp.29-31
- Koji (1991), Reversible Color Changing Endothermic Fabric, JP 5009868
- Kukkonen, K., Vuorela,T., Rantanen, J., Ryyänen,O., Siili,A., Vanhala J. (2001), The Design and Implementation of Electrically Heated Clothing, *The Fifth International Symposium on Wearable Computers*, pp.180-181
- Kut,D. Güneşoğlu, C. (2005), Nanoteknoloji ve Tekstil Sektöründeki Uygulamalar, *Tekstil Teknik*, 1/2005
- Lemley, B. (2002), *Future Tech: Really Special Forces*, 21 Nisan 2003
http://www.discover.com/feb_02/feattech.html
- Lee, J.Y., Choi,J.W. (2004), Influences of Clothing Types on Metabolic, Thermal and Subjective Responses in a Cool Environment, *Journal of Thermal Biology*, 29, pp.221-229
- Leo, A. (2002), *The soldier of tomorrow*, 04 Mart 2003
<http://www.technologyreview.com/articles/leo032002.asp>
- Linz, T. Kallmayer,C., Aschenbrenner,R. Reichl, H. (2005), Embroidering Electrical Interconnects with Conductive Yarn for The Integration of Flexible Electronic Modules into Fabric, *Proceedings of the Ninth IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC'05)*, 86-91

- Lodha, A., Kilbey, S.M., Ramamurthy P.C. Gregory, R.V. (2001), Effect of Annealing on Electrical Conductivity and Morphology of Polyaniline Films, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 82, 3602–3610
- Lukowicz, P., Tröster, G. (2000), Packaging Issues in Wearable Computing, *Wearable Computing Laboratory Proc. Int'l Workshop Chip-Package Codesign (CPD)*, ETH, Zurich, pp. 19-22
- Lymberis, A., Olsson, S.(2002), *Smart biomedical clothes promising way to keep the European citizen healthy*, 22 Mayıs 2005
<http://www.hoise.com/vmw/02/articles/vmw/LV-VM-08-02-35.html>
- Malsch, I. (2002), Biomedical Applications of Nanotechnology, *The Industrial Physicist*, June/July, pp.15-17
- Marculescu, D., Marculescu, R., Khosla, P.K. (2002), Challenges and Opportunities in Electronic Textiles Modeling and Optimization, *Proceedings of the 39th Design Automation Conference*, pp. 175-180
- Martin,T., Jovanov,E. Raskovic,D. (2000), Issues in Wearable Computing for Medical Monitoring Applicatons: A Case Study of a Wearable ECG Monitoring Device, *IEEE 4th Int. Symposium on Wearable Computers*, pp:43-48
- Mauch, H.P., Nusko, R. (2005), New possibilities with special conductive yarns, *Melliand International*, No.3, pp.224-225
- Meoli, D. (2002), Interactive Electronic Textiles: Technologies, Applications, Opportunities and Market Potential, *Phd Thesis*, North Carolina State University, Dept.of Textile and Apparel, Technology and Management
- Michalak,M., Krucińska,I., Surma, B.(2006), Textronic Textile Product, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 14, No. 5 pp.(54-59)

- Möhring,U., Gimpel,S., Neudeck,A., Scheibner,W., Zschenderlein,D.(2006), Conductive, sensorial and luminescent features in textile structures, *Proceedings of 3rd International Forum on Applied Wearable Computing*, March 15-16, Mobile Research Center, Bremen Germany)
- Müler, C. (2006), Innovations and Market Insights, *Textile Trends*, Febr. 14-16
- Nanto S., (1989), Temperature-Sensitive Coloring Material SWAY, *Sen-I Kikai Gakkaishi*, 2(9), 435-439
- Norstebo, C.A. (2003), Intelligent Textiles, Soft Products, Norwegian University Science and Technology, Department of Product Design
- Northface, 18 Temmuz 2003, www.thenorthface.com
- Oğulata,R.T. (1995), Tekstil Ürünlerinin İnsan Isıl Konforuna Etkisi, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 6, sf.512-515
- Oktuğ, S. (2006), İTÜ Bilgisayar Müh.Böl., *BLG433-Bilgisayar Haberleşmesi Ders Notları*, 14 Ekim 2006, <http://www3.itu.edu.tr/~oktug/BH/notlar/bolum1.pdf>
- O'Neill, D. (2005), *Adapting to Climate Extremes*, 30 Ekim 2006 http://anthro.palomar.edu/adapt/adapt_2.htm
- Park, S. (2002), *The Wearable Motherboard: A Framework For Personalized Mobile Information Processing (PMIP)*, 15 Temmuz 2003 http://videos.dac.com/videos/39th/11/11_2/11_2.pdf
- Park,J.(2003), *Smart Clothing*, 30 Mart 2004 <http://ldt.stanford.edu/~jeepark/jeepark+ portfolio/ cs147hw8jeepark.html>
- Parsons, K.C.(2002), *Human Thermal Environments*, Sec.Ed, CRC Press

- Post,E.R., Orth,M., Russo,P.R., Gershenfeld,N., (2000), E-Broidery: Design and Fabrication of Textile-Based Computing, *IBM Systems Journal*, Vol.39, 840-860
- Rantanen, J., Impio, J., Karinsalo, T. Malmivaara, M., Reho, A., Tasanen, M., Vanhala J.(2002), Smart Clothing Prototype for the Arctic Environment, *Personal and Ubiquitous Computing*, 6, 3–16
- Rantanen,J. Vuorela,T. Kukkonen,K., Ryyananen,O., Sili,A., Vanhala,J.(2001) Improving Thermal Comfort with Smart Clothing, *Proceedings of IEEE Int. Conf. on Systems, Man and Cybernetics, e-Systems and e-Man for Cybernetics in Cyberspace*, pp. 795-800
- Ruckman J.E., Hayes S.G., Cho J.H.(2002), Development of a perfusion suit incorporating auxiliary heating and cooling system, *International Journal of Clothing Science and Technology*, V.14,No.1, 11-24
- Sahin,O., Bulgun,E. Kayacan,O. (2004), Isıtma Fonksiyonlu Akıllı Giysiler, *Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu-ASYU* , 93-95
- Sahin,O., Kayacan,O., Bulgun,E. (2005), Smart Textiles for Soldier of the Future, *Defence Science Journal*, Vol.55, No.2, 195-205
- Sahin,O., Kayacan,O., Bulgun,E. (2006), Akıllı Giysilerde Sıcaklık Kontrolünün Elektronik Gerçeklemesi, *Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu-ASYU*, 1-4
- Satava, R.M. (2001), Soldier Status Monitoring, Army Research Office Nanoscience for the Soldier Workshop

Schedukat,N., Gries,T., Spanier,G., Schnakenberg,U., Mokwa,W. (2003), Processing of High Conductive Yarns for Signal Transmission in Smart Textiles, *Tech-Textil Symp.*

Scott, R.A. (1988), The technology of electrically heated clothing, *Ergonomics*, Vol.31, No.7, 1065-1081

Sensatex, 22 Haziran 2004, www.sensatex.com

Seyam A.M.(2003), Electrifying Opportunities, *Textile World*, Febr, 30-33

Stewardson, C. (2001) Future Soldier System-Objective Force Warrior, Army Research Office, Nanoscience for the Soldier Workshop

Stomatex, 5 Ekim 2006, www.stomatex.com

Sympatex, 5 Ekim 2006, www.sympatex.com

Tanenbaum,A. (2002), *Computer Networks*, 4th Ed. Prentice Hall

The Silver Fiber: X-Static, 12 Nisan 2005, www.x-staticfiber.com

ThunderonTM Fibers, 11 Mayıs 2005, www.minifibers.com/techdata/TD-16.pdf

Tollen, R. (2002), *LifeShirt and Smart Shirt* 6 Şubat 2003, www.techtv.com/freshgear/products/story/0,23008,3348594,00.html

Toone, B., Chen, J. (2001), *Computational Textiles*, 13 Mart 2002, www.cs.ucsb.edu

Toyo Bosekik K.K., Miramura H., Yoshida F., Shimura T. (1993) US Pat. 5248486

TS EN ISO 9886, Ergonomi-Isıl Zorlanmanın Fizyolojik Ölçmelerle Değerlendirilmesi

US Army Natick Soldier R&D Center (2003), *Integration of Computers and Electronics with Textiles for Future Warrior Systems*, 18 Haziran 2003, http://www.sbccom.army.mil/products/cie/Integrated_Electronics_in_Textiles.htm

U.S. Army Soldier and Biological Chemical Command (2002), *Modular/Integrated Communications Helmet*, 18 Haziran 2003, www.sbccom.army.mil/products/cie/SPERAR_MICH.htm

U.S. Army Soldier and Biological Chemical Command (2002), *The Advanced Combat Vehicle Crewman's Helmet*, 18 Haziran 2003, www.sbccom.army.mil/products/cie/USMC-ACVCH.htm

Vassiliadis, S., Provatidis, C., Prekas, K., Ranguss, M. (2004), *Electrically Conductive Spun Yarns*, *Xth International Izmir Textile and Apparel Symposium*, Çeşme

Veltman, C. (2002), *Nanotech future for soldiers*, 13 Ocak 2003, <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/1554130.stm>

Venture Development Corporation (1/2006), *Smart Fabrics and Interactive Textiles: OEM and End-User Requirements, Preferences and Solution Analysis*, Second Ed., 21 Şubat 2006, www.vdc-corp.com

Vigo, T. (1997), *Textile Processing and Properties: Preparation, Dying, Finishing and Performance*, Amsterdam, Elsevier

Vigo T.L., Frost C.M. (1985), *Temperature Adaptable Fabrics*, *Textile Research Journal*, 55-12, 737-743

Vivometrics, 15 Ekim 2005, www.vivometrics.com

- Vizyon 2023 Projesi Nanoteknoloji Strateji Grubu (2004), Tübitak Nanobilim ve Nanoteknoloji Stratejileri Raporu, Ankara
- Voss, D. (2001), *Smart Home Care:New diagnostic devices could save an ER visit*, 16 Ekim 2003, www.technologyreview.com/Infotech/12580/
- Wagner,S., Bonderover,E., Jordan,W., Sturm, J. (2002), Electrotexiles: Concept and Challenges, *Int. Journal of High Speed Electronics and Systems*, Vol:12, No.2, pp.391-399
- Wakefield, J. (2002), *US looks to create robo-soldier*, 18 Nisan 2003<http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/1908729.stm>
- Warren, J.M., Siewiorek, D.P., Martin, T.M. (2000), Understanding the interaction between performance and power consumption in mobile systems to accurately predict battery life, *4. Int. Symp. of Wearable Comp.* 179-180
- Weber,W. Glaser,R., Jung,S. Lauterbach,C. Stromberg,G., Sturm,T (2003). Electronics in Textiles the Next Stage in Man Machine Interaction, *The 2nd CREST Workshop on Advanced Computing and Communicating Techniques for Wearable Information Playing*, Nara Institute of Science Technology, Nara, Japan
- Wiezlak, W., Zielinski, J. (1993), Clothing Heated with Textile Heating Elements, *Int.Journal of Clothing Science and Technology*, Volume 5, No.5, pp.9-23
- Wilson, N. (1994), The Electrostatic Behavior of Clothing Fabrics Containing Electrically Conducting Threads, *IEE Colloquium on Electrostatic Problems During Material Handling*, 15 Feb, 6/1-6/5
- Wörle,M., Krüger, M. (2002), Shield Yarns to be Used in a Wide Range of Applications, *Melliand Textilberichte*, 11-12

Yajima,T., Yamada, K., Tanaka,S.(2002), Protection effects of a silver fiber textile against electromagnetic interference in patients with pacemakers, *Journal of Artif. Organs*, 5,175-178

Yazıcı, T. (2004), Temperature Control Unit of an Electrically Heated Clothing, DEÜ Elektrik ve Elektronik Böl. Lisans Tezi, Danışman:Yrd.Doç.Dr.Ö.Şahin

Zhang, X.X., Tao,X.M., (2001), Smart Textiles(1):Passive Smart, *Textile Asia*, June, pp.45-48

Zhang, X.X., Tao,X.M., (2001), Smart Textiles(3):Active Smart, *Textile Asia*, July, pp.49-52

Zhang, X.X., Tao,X.M., (2001), Smart Textiles(3):Very Smart, *Textile Asia*, August, pp.35-37