

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

PAMUKLU DENİM KUMAŞ ÜZERİNE GÜNEŞ PİLİ GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Handan EKER
DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim YAVUZ

VAN-2019

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

PAMUKLU DENİM KUMAŞ ÜZERİNE GÜNEŞ PİLİ GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Handan EKER

VAN-2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim YAVUZ danışmanlığında Handan EKER tarafından sunulan "Pamuklu Denim Kumaş Üzerine Güneş Pili Geliştirilmesi" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğine 06/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/ oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans olarak kabul edilmiştir.

Başkan	:Dr. Öğr. Üyesi Sezen ÖZÇELİK	İmza: 
Üye	:Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim YAVUZ	İmza: 
Üye	:Dr. Öğr. Üyesi Altuğ KARABEY	İmza: 
Üye	:.....	İmza:
Üye	:.....	İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 06/09/2019 tarih ve 2019/50-I sayılı kararı ile onaylanmıştır.



TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

(İmza)

HANDAN EKER

ÖZET

PAMUKLU DENİM KUMAŞ ÜZERİNE GÜNEŞ PİLİ GELİŞTİRİLMESİ

EKER, Handan

Yüksek Lisans Tezi- Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim YAVUZ

Eylül 2019, 55 sayfa

Enerji ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Güneş pilleri bu açığı kapatmak için önemli bir alternatiftir. Bu tez kapsamında, Türkiye'nin ilk milli ve yerli tekstil tabanlı esnek güneş Hücreleri sentezlenmiş ve laboratuvar boyutunda üretilebilmiştir. Ayrıca bu bağlamda saçılma tabakasının esnek güneş pilleri üzerindeki fotovoltanik verimliliği üzerindeki etkileri de incelenmiştir. Bu nedenle hem absorpsiyon hemde saçılma tabakaların parçacıkları hidrotermal ve asıtlı pelte (sol-gel) destekli polimerleştirici kompleks ateşleme yöntemi (PCCM) yöntemler ile elde edilmiş farklı nano-yapıya sahip TiO₂ anotları üretilmiştir. Saçılma katmanlı yada katmansız esnek TiO₂ anot numunelerinin fotovoltanik özellikleri değerlendirilmiştir. Saçılma tabakasının fotovoltanik uygulamalar üzerinde olumlu etkileri tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Denim kumaş, Güneş Pili, Nano Teknoloji



ABSTRACT

FUZZY LOGIC CONTROL OF BRUSHLESS DC MOTORS

EKER, Handan
MSc. Thesis Mechanical Engineering
Supervisor : Asst. Prof. Dr. Halil İbrahim YAVUZ
September 2019, 55 pages

The need for energy is increasing day by day. Solar cells are an important alternative to close this gap. In this thesis, Turkey's first indigenous shaft and Mats textile-based flexible solar cells and synthesized in the laboratory size was produced. In addition, the effects of the scattering layer on photovoltaic efficiency on flexible solar cells were also investigated. For this reason, both nanoparticles and hydrothermal and suspended gel (sol-gel) supported polymerizing complex firing method (PCCM) were obtained and TiO₂ anodes were produced. Photovoltaic properties of flexible TiO₂ anode samples with or without sacrification layer were evaluated. The positive effects of the shear layer on photovoltaic applications were determined

Keywords: Cotton Denim, Nanotechnology, Solar Cells



ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasında, her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Halil İbrahim YAVUZ'a teşekkür ederim. Ayrıca çalışmalar sırasında desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Seyitnur ŞEN, Gökhan AYDINOZÜ, Abdülmutalip AKDEMİR, Sakine SARI ve Mehmet TURGUT' a teşekkürlerimi sunarım. Eğitim, öğrenim ve mesleki hayatım boyunca her koşulda desteklerini esirgemeyen, maddi ve manevi hep yanımda olan kıymetli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

2019

Handan EKER



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Nanoteknoloji	2
1.1.1. Nanoteknolojinin tarihsel gelişimi	4
1.1.2. Nanoteknoloji kullanım alanları	8
1.2. Enerji	13
1.3. Enerji Kaynakları.....	14
1.3.1. Yenilenemez enerji kaynakları	14
1.3.2. Yenilenebilir enerji kaynakları	19
1.4. Güneş Enerjisi.....	21
1.5. Güneş Pili	24
1.5.1. Atomun yapısı ve bağlar	25
1.5.2. N tipi malzeme.....	27
1.5.3. P tipi malzeme	28
1.6. Güneş Pillerinin Tarihçesi	28
1.7. Güneş Pili Çeşitleri.....	29
1.7.1. Kristal silisyum	29
1.7.2. Amorf silisyum	29
1.7.3. Galyum arsenit.....	29
1.7.4. Kadmiyum tellür	30
1.7.5. Bakır indiyum diselenid.....	30
1.7.6. Boya duyarlı güneş pili.....	30
1.8. Giyilebilir Teknoloji	31
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	33
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	37

	Sayfa
3.3. Materyal.....	37
3.3.1. Kaplama yapılacak malzeme	37
3.3.2. Gelişmiş vakumlu kurutma fırını	37
3.4. Yöntem	38
3.4.1. Pamuklu denim kumaş üzerine grafen kaplanması	38
3.4.2. İkinci aşama kaplama işlemi.....	40
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	43
4.3. SEM Analizleri	43
4.3.1. Karbon kaplama sonuçları	43
4.4. Güneş Pili Performans Analizleri	45
4.4.1. J-V analizi	46
4.4.2. IPCE (iç kuantum) analizleri	47
4.4.3. EIS analizleri	47
5. SONUÇ.....	49
KAYNAKLAR.....	51
ÖZ GEÇMİŞ.....	55

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Türkiye'nin ortalama bir yıl içerisinde aylara göre aldığı güneş enerjisi potansiyeli (Varınca ve Gönüllü, 2006).....	23
Çizelge 1.2. Türkiye'nin bölgelerinin yıl içerisinde ortalama aldığı güneş enerji potansiyeli (Varınca ve Gönüllü, 2006).....	24
Çizelge 4.1. DSSC kinetik parametleri.....	48





ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Doğadaki nano boyutlar (Benli, 2008).....	3
Şekil 1.2. Nano yapı (Ersöz ve ark. 2018).....	3
Şekil 1.3. Lycurgus kupası (Anonim, 2014).....	5
Şekil 1.4. Richard A. Zsigmondy ve Richard Feynman.....	6
Şekil.1.5. Gerd Binning ve Heinrich Rohrer, Taramalı tünelleme mikroskobu.....	7
Şekil 1.6. Bilim ve teknolojiadaki gelişmeler (Erkoç, 2012).....	8
Şekil 1.7. Nanoteknoloji kullanım alanları.....	8
Şekil 1.8. Nano malzemelerin geleneksel endüstrilerde kullanımı (Menceloğlu, 2008).10	
Şekil 1.9. Nanoteknoloji kullanım alanları.....	11
Şekil 1.10. a. Geleneksel tedavi, b. Nanoteknolojik tedavi.....	12
Şekil 1.11. Dünya birincil enerji tüketimi milyon tep (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017).	13
Şekil 1.12. Yerli hammadde üretimi (Petform, 2016).....	15
Şekil 1.13. Türlerine göre fosil yakıt rezervlerinin kalan ömürleri tep (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017).....	16
Şekil 1.14. Dünyadaki ülkelerin petrol rezervleri milyon tep (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017).....	16
Şekil 1.15. Dünyadaki ülkelerin doğalgaz rezervleri milyon tep (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017).....	17
Şekil 1.16. Dünyadaki ülkelerin kömür rezervleri Milyon tep (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017).	18
Şekil 1.17. Çeşitli yenilenebilir enerji kaynakları (Anonim, 2019).....	20
Şekil 1.18. Dünya-Güneş enerjisi haritası. (Anonim ,2010)	22
Şekil 1.19. Dünya Güneş enerjisi potansiyeli haritası.....	23

Şekil	Sayfa
Şekil 1.20. Güneş pilinin yapısı.....	25
Şekil 1.21. Sodyum ve klor atomları arasında iyonik bağ oluşumu (Nashelsky, 2009).	26
Şekil 1.22. Apolar kovalent bağ yapısı (Nashelsky, 2009).	26
Şekil 1.23. Polar kovalent bağ yapısı (Nashelsky, 2009).	27
Şekil 1.24. N tipi malzemede antimon katışkısı (Nashelsky, 2009).....	27
Şekil 1.25. P tipi malzeme boron katışkısı (Nashelsky, 2009).....	28
Şekil.1.26. BDGP temel yapısı.	31
Şekil 1.27. Giyilebilir teknoloji ürünleri (UİB. 2017).	31
Şekil 1.28. Vücudumuza göre kategorilendirilebilen giyilebilir teknoloji ürünleri.	32
Şekil 3.1. Gelişmiş vakumlu kurutma fırını.	37
Şekil 3.2. Belli ölçülerde çizilen pamuk denim kumaş.	38
Şekil 3.3. Düzenek üzerine sabitlenen kumaş.	39
Şekil 3.4. Kaplanan pamuklu denim kumaş.	40
Şekil 3.5. Farklı bölümlere ayrılmış pamuk denim kumaş.....	41
Şekil 3.6. Son aşama kaplama.	42
Şekil 3.7. SEM ve XRD numuneleri	42
Şekil 4.1. Grafen kaplamalı anot yüzeylerin SEM analiz sonuçları.....	43
Şekil 4.2. Grafen kaplamalı anot yüzeylerin XRD analiz sonuçları.....	44
Şekil 4.3. TiO ₂ kaplamalı anot yüzeylerin XRD analiz sonuçları.	44
Şekil 4.4. TiO ₂ kaplamalı anot yüzeylerin SEM analiz sonuçları.....	45
Şekil 4.5. TiO ₂ kaplamalı anot yüzeylerin J-V analiz sonuçları.....	46
Şekil 4.6. IPCE- wavelenght analizleri.....	47

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
CdS	Kadmiyum sülfür
CdTe	Kadmiyum tellür
Cl	Klor
Co	Kobalt
CO₂	Karbondioksit
CuInSe₂	Bakır indiyum diselenür
CuInSe₂	Bakır indiyum diselenoid
Fe	Demir
GaAs	Galyum arsenit
GaAsP	Galyum arsenit fosfit
GaN	Galyum nitrit
Ge	Germanyum
Na	Sodyum
NaCl	Sodyum klorür
Ni	Nikel
NO_x	Azot oksit
PDI	Perilendiimid
PMA	Perilenmonohidrid
PMI	Perilenmonoimid
Si	Silisyum
SO₂	Kükürt dioksit
TiCl₄	Titanyum tetra klorür
TiO₂	Titanyum dioksit
Zn	Çinko
ZnO	Çinko oksit

Kısaltmalar**Açıklama**

SEM	Taramalı elektron mikroskobu
AFM	Atomik kuvvet mikroskobu
I-V	Akım-Gerilim
Uv	Ultraviole
DFT	Yoğunluk fonksiyonel teorisi
GGA	Granyat yaklaşımı
GPa	Gigapascal
eV	Elektron volt
USP	Ultrasonik sprej proliz
XRD	X- Işınları kırım cihazı
nm	Nanometre
C60	60 karbon atomundan
W/m²	1 metrekareye düşen watt
KWh/m²	1 metrekareye düşen kilowattsaat
MW	Megawatt
BDGP	Boya duyarlı güneş pili

1. GİRİŞ

Dünya çapında artan nüfus ve buna bağlı olarak artan enerji ihtiyacı insanları yeni enerji kaynakları arayışına sürüklemiştir. Dünyada kullanılan enerjinin yaklaşık %81.6'sı fosil yakıtlarından karşılandığı ve bu fosil yakıtların tükenmeyle karşı karşıya olduğu gerçeği insanlar için büyük sorun haline almıştır. Kullanılan bu fosil yakıtlar tehlikeli, pahalı, insan doğaya zararlı, sürdürülebilir olmayışı nedeniyle ülkeler arası siyasi sorun haline almıştır. Ayrıca fosil yakıtların küresel ışımaya sebep olduğu, çevre kirliliğini arttırdığı da bir gerçektir. Tüm bu olumsuz yönlerinden dolayı yüzyıllardır kullanılan fosil yakıtların yerini alması için yeni tükenmeyen enerji kaynakları aranıyor.

Yenilenebilir enerji kaynakları diğer yenilenemez enerji kaynaklarına yani fosil yakıtlara göre çevre dostu olması daha ucuz olması elde edilmesi daha kolay olması ve her yerde bulunma imkânı bulunduğundan dolayı tercih edilmeye başlanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları çeşitlidir ancak Güneş enerjisi en ön sırada gelmektedir. Güneş enerjisi Dünya üzerinde hemen hemen her yerde eşit olmasa da bulunması nedeniyle ulaşılabilirliği kolaydır. Bu nedenlerden dolayı gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler Güneş enerjisine yönelmişlerdir.

Güneş enerjisinden tam verim elde edilseydi sahra çölünün sadece %10 'undan tüm Dünyaya yetecek enerji sağlanırdı. Ancak Güneş enerjisinde dezavantajları vardır. Bunlardan en büyüğü karanlıktır. Karanlıkta Güneş ışınları bulunmadığından dolayı enerji elde edilemez ve enerji üretimi aksamaya uğrar (Schiermeier ve ark., 2008). Tüm bu olumsuzların yanı sıra Güneş enerjisi temizliği, yenilenebilir oluşu ve kolay ulaşılabilmesi nedeniyle umut vadetmektedir (Service, 2005).

Güneş enerjisinin çalışma alanlarından biride Güneş pilleridir. Güneş pilleri üzerlerine gelen güneş enerjisini direkt olarak elektrik enerjisine dönüştürebilen sistemlerdir. Güneş pilleri genellikle 3 ana başlık altında incelenmektedir. Birinci nesil güneş pilleri iki ana başlık altında sınıflandırılır. Çok kristal silisyum güneş pilleri ve tek kristal silisyum güneş pilleri olarak adlandırılır. İkinci nesil güneş pilleri ince film güneş pilleri olarak alınır ve birkaç çeşidi vardır. Bunlar, Bakır indiyum diselenür

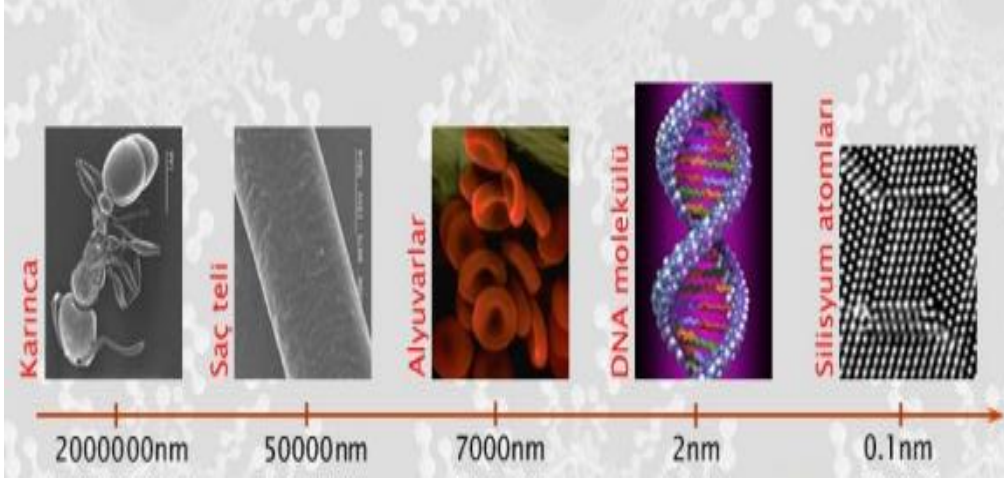
(CuInSe₂) güneş pilleri, amorf silisyum güneş pilleri, Kadmiyum tellür (CdTe) ince film güneş pilleridir. Üçüncü nesil güneş pilleri ise boya duyarlı güneş pilleri ve organik güneş pilleridir (Mutlu, 2016).

İlk zamanlarda yapılan güneş pillerinin katı ve elastik olmayışı, kullanılan materyallerin rezerv sıkıntısı çekilmesi ve pahalı oluşu, kullanım alanlarının kısıtlı olması nedeniyle bilim insanlarını farklı malzemeler kullanmaya sürüklemiştir. Bunun sonucunda daha kolay ulaşılan malzemeler olan organik malzemelere yönelme başlamıştır. Bu yönelme sonucunda boya duyarlı güneş pilleri ve organik güneş pilleriyle ilgili çalışmalar giderek artmıştır (Mutlu, 2016).

Boya duyarlı güneş pilleri genellikle titanyum dioksit (TiO₂) kullanılarak yapılan yarıiletken güneş pilleridir. Boya duyarlı güneş pillerinin yapısında ışığa duyarlı inorganik ve organik yapıya sahip olan boyanın yanında yarıiletken tabakada bulunmaktadır. Pilin kısaca çalışma prensibi TiO₂ yarıiletken tabakanın içine tutunan boya moleküllerinin gelen ışığı soğurması ve soğurma nedeniyle oluşan elektron transferi sayesinde pil akım üretir.

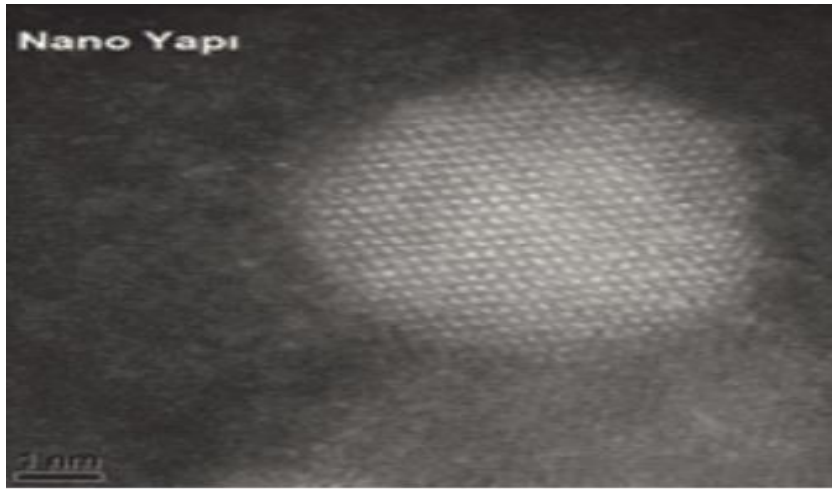
1.1. Nanoteknoloji

Nano kelimesinin temel anlamını ‘nannos’ sözcüğünden almaktadır. Nannos kelimesi Yunan dilinde ‘cüce’, anlamına gelmektedir (Özdoğan ve ark., 2006). Birim olarak ise bir nanometre milyarda bir şeklinde ifade edilmektedir (Ratner, 2003). Teknoloji ise insanoğlunun hayatını kolaylaştırmak, olan koşulları iyileştirmek, yeni çözüm yolları bulmak için kullanılan tüm gereçlerdir. En geniş anlamda teknoloji ise ‘Bir sanayi dalı ile ilgili yapım yöntemlerini, kullanılan araç, gereç ve aletleri, bunların kullanım biçimlerini kapsayan uygulama bilgisi, uygulayım bilimi ‘olarak tanımlanır. (TDK) Nanoteknoloji ise en az tek boyutunun metrenin milyonda birine inebilen maddenin işlendiği veya incelendiği bilim dallarından biridir (Benli, 2008).



Şekil 1.1. Doğadaki nano boyutlar (Benli, 2008).

Nanoteknolojinin bilim insanları açısından önemi, atomlar ve moleküller seviyesinde 1 ile 100 nanometre (nm) boyutlarında çalışarak, gelişmiş veya tamamen yeni fiziksel, biyolojik, kimyasal, özelliklere sahip yeni yapılar elde edilmesine zemin hazırlamasından kaynaklanır. Teknik yönden açıklanacak olunursa cihazların çalışma prensipleri ve malzeme özellikleri, genellikle 100 nm'den daha büyük skalaları temel alarak, yapılan çalışmalar üzerine kurulan varsayımlar sonucunda ortaya atılmış geleneksel modellemeler ve teorilerle ispatlanmaya çalışılmaktadır. Kritik uzunluklar 100nm'den daha düşük bir skalaya indiği zaman ise geleneksel teori ve modeller çoğu zaman ortaya çıkan bulguları açıklamada yeterli olamamıştır (Ersöz ve ark., 2018).



Şekil 1.2. Nano yapı (Ersöz ve ark. 2018).

Nanoteknoloji birçok iş kolunda tercih edilmesinin asıl sebebi daha sağlam, daha kaliteli, daha ucuz, daha uzun ömürlü, daha hafif, daha küçük cihazlar geliştirme isteği olmasıdır. Minyatürizasyon olarak adlandırılan bu kelime mühendislik çalışmalarının birçoğunda temel olarak yer almaktadır. Minyatürizasyonun kelimesinin tek anlamı kullanılan materyallerin bulunan materyallerden daha az yer kaplaması değildir. Bunun yanında birçok önemli yönleri de vardır. Minyatürizasyon kelimesi asıl anlamının yanında üretimde elde edilen materyallerin yapımında daha az malzeme yanı sıra daha az enerji ve daha fazla fonksiyon elde edilmesidir. Tüm bunların yanında ilave olarak ise daha ucuz elde edilme ve daha kolay nakliyede eklenebilir (Ateş, 2015).

20. yüzyılın ilk iki çeyreğinden sonra birçok sanayi kuruluşunda kullanılan yapılan işler giderek iyileştirilmiş, daha fazla üstün kalite anlayışı oluşmuş ve daha fazla geliştirilmiştir. Mikroteknoloji ürünü olarak çevremizde birçok ürün görebiliriz bu ürünleri tanımlayacak olursak otomobil, elektronik, iletişim gibi sektörlerde kullanılan ürünler örnek verilebilir. Günümüzde ise mikroteknolojiden daha iyi olan ve daha çok elverişli olan nanoteknolojinin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Nanoteknoloji sayesinde birçok sektörde büyük ilerlemeler görülecektir. Bilişim teknolojileri sanayi sektörü, sağlık sektörü ve daha birçok önemli sektörde yeni ürünler elde edilebilecek daha üst düzeyde geliştirilecektir, şuan var olan teknolojiden çok daha ileri taşınabilecek her yönden daha iyi ürünler üretilebilecektir. Bu teknolojiye önem veren ülkelerde daha fazla yatırım yapılmaya başlayacak ve bu ülkelerde ekonomik değerler iyileşecek ve toplumun rahat ve refah düzeyi gelişecektir.

1.1.1. Nanoteknolojinin tarihsel gelişimi

Nanoteknolojinin tarihsel geçmişine bakılacak olunursa esasen antik çağlara dayandığını söylenilebilir. Buna ilk örneklerden biri olan 4.yüzyıl civarında Romalılar tarafından kullanılmış olan Lyncurgus Kupasıdır. Bu kupa halen British Museum'da bulunmaktadır. 1600 yaşında olan bu kupanın en önemli özelliği renk değiştirebiliyor olmasıdır. Bu kupa farklı açılardan aydınlatıldığında farklı renkler almaktadır, arkadan aydınlatıldığında kırmızı renk alırken önden aydınlatıldığında yeşil renk almaktadır. Uzun yıllar üzerine araştırmalar yapılan bu kupanın sırrı çözülmeye çalışılmıştır ancak

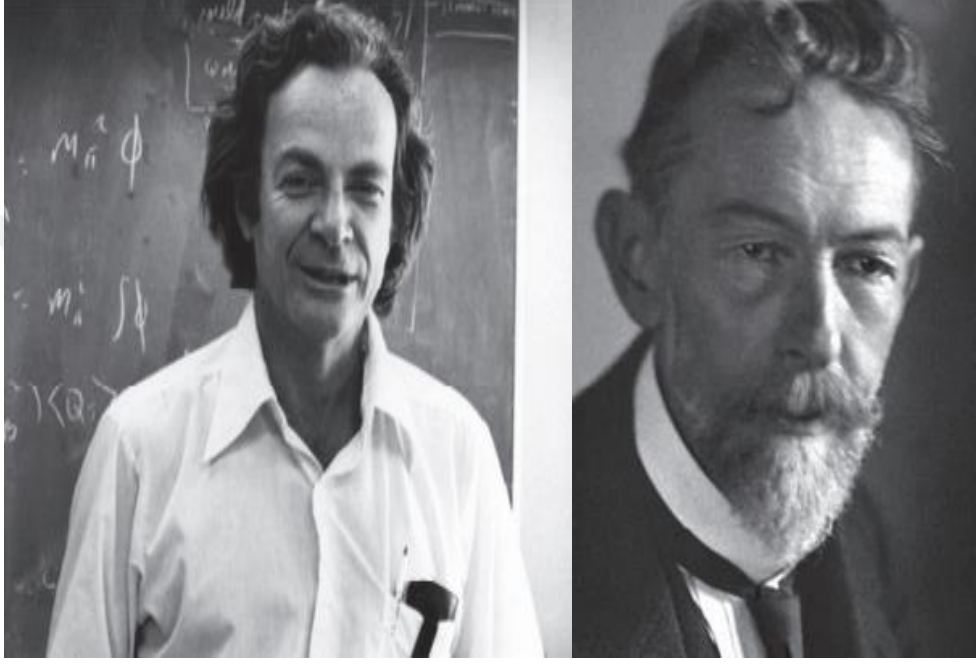
bu kupanın sırrı uzun araştırmalar sonucunda 1900 yıllarda çözülmüştür. Yapılan bu araştırmalar sonucunda kupada soda-kireç camı bulunduğunu, bu camda %1 oranında gümüş ile altının yanı sıra ayrıca %0,5 oranında manganez bulunduğu tespit edilmiştir. (Tolochko, 2009). Bundan sonra araştırmacılar camın neden renk değiştirdiğini araştırmaya devam etmişlerdir. Renk değiştirme ve yayma etkisinin kolloidal altın, tarafından sağlandığını belirlemişlerdir. İleriki yıllarda ise araştırma yöntemlerindeki ilerlemelerle bilim insanları elektronik mikroskop, radyograf kullanılarak Lycurgus Kupasının camında ve kaseinin olağandışı renklenmesinden sorumlu olan 50 ila 100 nanometre boyutlarında olan altın ve gümüş parçacıkları bulunduğunu keşfetmişlerdir (Tolochko, 2009). Yani Antik Roma döneminde, cam ustalarının nanoparçacıklarla yaptıkları renk değiştiren Lycurgus kupası ise nanoteknolojinin ilk örneklerinden biridir.



şekil 1.3. Lycurgus kupası (Anonim, 2014).

Nanoteknoloji tarihte altın kolloidleri gibi nanoparçacıkların boyutlarını 1925 yılında ilk defa Nobel dl alan Richard Zsigmondy nanometre kavramını ilk kez kullanmıştır (Baalousha ve ark. 2014). 1959 yılında, Amerikan Fizik Topluluğunun yeleri Kaliforniya eyaletinde bulunan Teknoloji Enstitüsünde, nanoteknolojinin ve bu

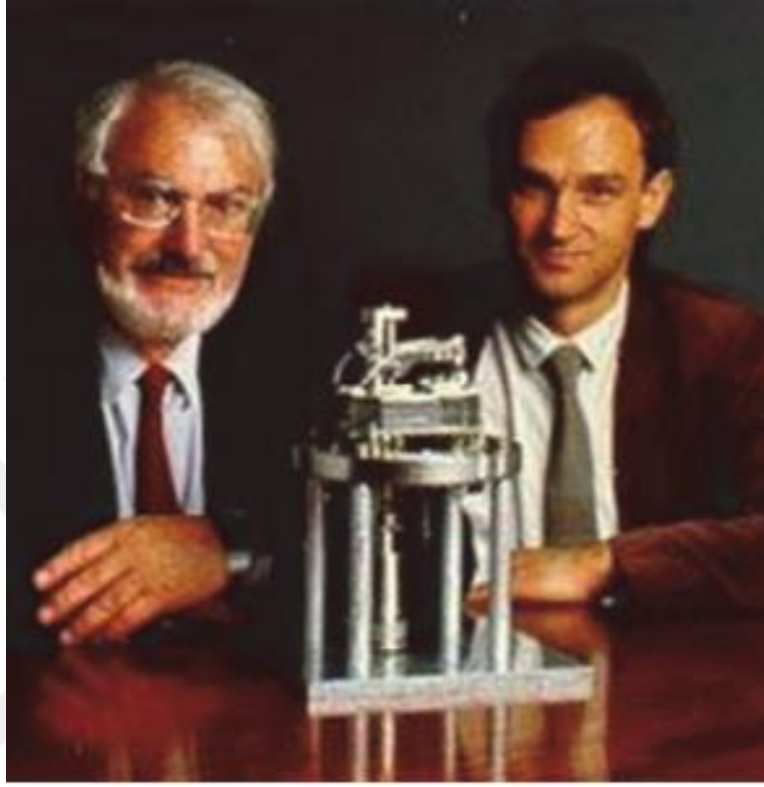
bilim dalının temelinde var olan varsayımlar, fikirler ve konular için bir toplantı düzenlemişlerdir. Bu toplantı esnasında Nobel ödülü almış olan Richard Feynman ortaya bir fikir sunmuştur. Bu fikir hakkında yaptığı konuşmada oluşacak maddeyi atomik olarak kontrol etmenin olabilme ihtimalini anlatmıştır, bu nedenle nanoteknolojinin fikir babası olarak adlandırılır (Ersöz, 2018).



Şekil 1.4. Richard A. Zsigmondy ve Richard Feynman.

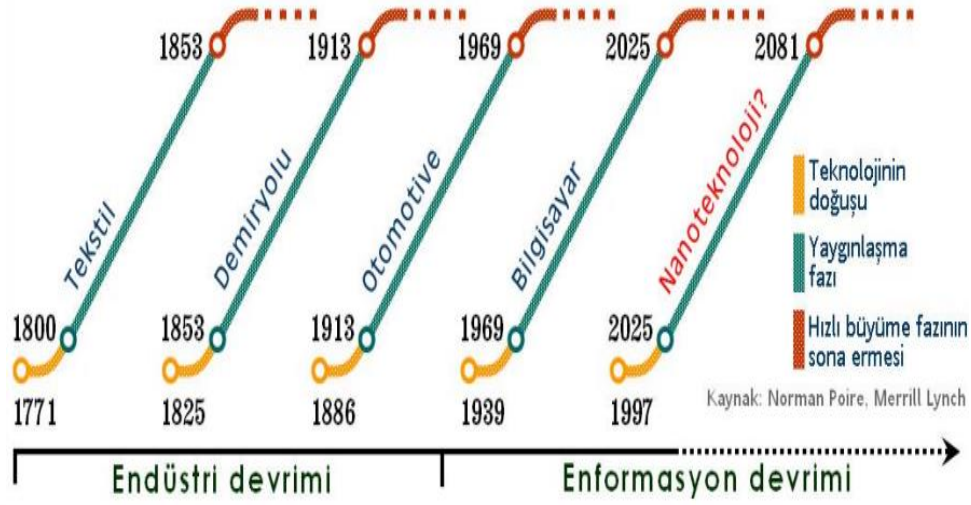
Richard Feynman'ın ortaya attığı teoriden. 15 yıl sonra, nanoteknoloji terimini ilk kez 1974 yılında Norio Taniguchi tarafından kullanıldı. Odaklanmış iyon demeti tekniği, (the focused ion beam technique), atomik katman birikimi ve diğer yöntemleri kullanan Norio Taniguchi, nanometrik hassasiyete sahip yarı iletken yapılar oluşturma süreçlerini tanımlamak için nanoteknoloji terimi kullanıldı. Nanoteknolojinin öncelikle bir atom veya bir molekül tarafından malzemelerin ayrılması, işlenmesi, deformasyon ve birleştirilmesi süreçlerinden oluştuğunu ifade etmiştir. (Keiper, 2003; Hulla ve ark. 2015). Nanoteknolojinin ilerlemesinde katkı sağlayan isimlerden biride Massachusetts Institute of Technology'den (MIT) moleküler nanoteknoloji alanında ilk doktora derecesini almış olan Eric Drexler'dir. Diğer bir önemli buluş ise Heinrich Rohrer ve

Gerd Binnig tarafından yapılmış olan Taramalı Tünelleme Mikroskobu'dur (scanning tunneling microscope- STM).



Şekil.1.5. Gerd Binnig ve Heinrich Rohrer, Taramalı tünelleme mikroskobu.

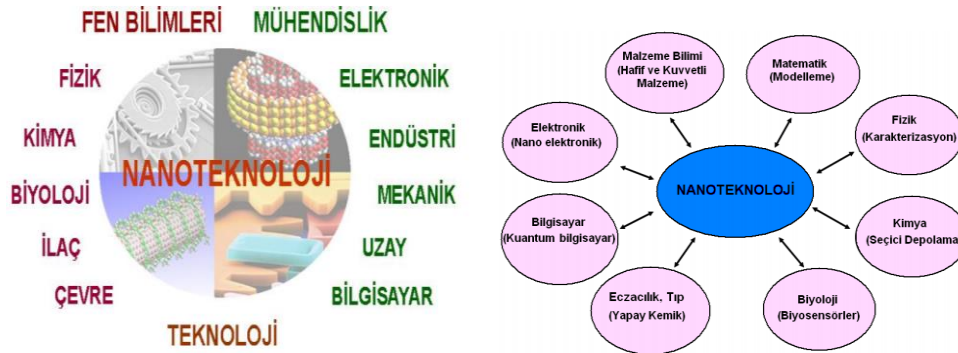
Bu gelişmelerin ardından Calvin Quate, Gerd Binnig ve Christoph Gerber, Atomik Kuvvet Mikroskobunu icat ettiler. 1985 yılında ise Harold W. Kroto , Richard E. Smalley ve Robert F. Curl, elmas ve grafitten sonra en sert karbon elementinin, 60 karbon atomundan (C60) oluşan yeni bir formunu keşfettiler. Öte yandan 1985 yılında Smalley, Kroto ve Curl'ün Nature dergisinde yer verilen çalışmaları oldukça ilgi gördü ve 1996 yılında Kimya Nobel ödülünü kazanmışlardır (Erkoç, 2012). 21. yüzyılın başlamasıyla ise biyoteknoloji, tıp, havacılık, bilgisayar teknolojisi, uzay çalışmaları, enerji kullanımı, imalat sektörü ve malzeme gibi alanlarda nanoteknolojinin kullanımında çok önemli ilerlemeler kaydedildi.



Şekil 1.6. Bilim ve teknolojideki gelişmeler (Erkoç, 2012).

1.1.2. Nanoteknoloji kullanım alanları

Nanoteknoloji birçok bilim dalında karşımıza çıkmaktadır. Enerji, malzeme, tekstil, gıda, imalat, elektronik, bilişim ve tıp gibi birçok bilim dalında gelişmelere yardımcı olmaktadır. Nanoteknolojinin asıl amacı her zaman daha fazla üstünlük sağlamasıdır. Yani kullanımı daha elverişli türlerinden daha kaliteli, daha sağlam, daha ucuz, daha uzun ömürlü, daha ergonomik ve daha küçük cihazlar geliştirilebilmektedir. Geliştirilen bu ürünler daha az enerji, daha az malzeme, daha ucuz, daha fazla fonksiyon ve daha fazla kullanışlı olarak üretim yapmayı sağlamak için geliştirilmektedir.



Şekil 1.7. Nanoteknoloji kullanım alanları.

Malzeme ve imalat alanında nanoteknolojiden farklı şekillerde yararlanılmaktadır. Nanoparçacıklar kullanarak kumaşların üzerine uygulanan kaplamalarla, kendi kendini temizleyen yüzeyler, su geçirmez, güneş ışınlarını engelleyen veya antistatik özelliklere sahip giysiler üretilebilmektedir. Öte yandan da nanoparçacıklardan su tutmayan yüzeyler kendi kendini onaran kumaşlar, havalandırma filtreleri ve giysilerin bakterilerden korunmasını sağlamak gibi konularda çalışmalar yapılmaktadır.

Son yıllarda ise tekstil alanındaki en önemli gelişmelerden biri ise kendi kendini ışıkla temizleyen kumaşlardır. Bilim insanları gümüş ve bakır bazlı nanoparçacıklar ile kapladıkları tekstil ürünlerinin, herhangi bir ışığa veya güneş ışığına bir müddet maruz kalması ile kendi kendini temizledikleri görmüşlerdir (Anderson ve ark., 2016). Ayrıca güneş ışığına maruz kaldığında elektrik üreten ve depolayabilen ince, hafif, esnek kumaşlar geliştirmişlerdir. Bu kumaşlar Nanoteknoloji alanında önemli bir gelişme olmuştur. Geliştirilen bu filamentlerin bir tarafı güneş ışığını depolayan tabakalar bulunurken bir tarafı ise güneş piliidir.

Öte yandan nanoteknolojideki gelişmeler savunma sektöründe da umut vaat ediyor ve edecektir. Özellikle nanoteknolojiyle yapılan ve yapılmaya devam eden akıllı üniformalar ve akıllı malzemelerle daha iyi korunmanın yanında daha önce kullanılan malzemelere göre daha çok kullanışlı, daha fazla sağlam, uzun ömürlüğü daha fazla, dayanıklılık yönünden daha iyi ve daha ergonomik materyaller savunma sektöründe önem arz etmektedir. Gelecekte kullanılacak üniformalar, kumaşların içerisine entegre edilen yıkanabilen ve esnek nanosensörler sayesinde enerji üretebilme depolayabilme, vücut sıcaklığını algılayıp askere uyarı vererek gerektiğinde gerekli müdahalenin yapılmasına olanak sağlama, kimyasal ve biyolojik ajanları tespit edebilme gibi yeni boyutlar kazanacaktır. Ayrıca her mevsimde giyilebilen, sağlamlığı yüksek, hafif ve uzun ömürlü kıyafet, ve benzeri teçhizat kullanımının yaygınlaşması mali anlamda da ülke ekonomilerine katkı sağlayacaktır (Bayındır, 2007).

Nanomalzemelerin Geleneksel Endüstrilerde Uygulamaları		
	Nanoteknoloji Katma Değeri	Nano Ürünler
Plastik Endüstrisi	— Nanoparçacık, yüzey modifikasyonu, dispersiyon teknolojisi	→ Termal insülasyon, anti UV, anti bakteriyel, solmayan plastikler
Sentetik Elyaf Endüstrisi	— Nanofonksiyon formülasyon teknolojisi	→ Yüksek mukavemetli, anti bakteriyel, aşınma azaltıcı iletken, gaz geçirgenliği düşük, çevreye duyarlı
Kaplama Endüstrisi	— Nanogözenekli yapı teknolojisi	→ Aşınma dayanımlı, anti bakteriyel, UV dayanımlı, yüksek ısıda kararlı, alev geciktirici ve yüksek ısısal iletkenlik özellikli
Yapı Endüstrisi	— Nano-arayüz muamele teknolojisi	→ Kendini temizleyen, ısı izolasyonlu, anti-sis malzemeler
Kağıt Endüstrisi	— Kendinden düzenlemeli proses	→ Gıda koruyucu, yüksek kaliteli baskı, yüksek mekanik özellikli filmler
Metal Endüstrisi	— Nanoparçacık kaplı katmanlar	→ Özel amaçlar için tasarlanmış metaller
Kimya Endüstrisi	— Nanokimyasal reaksiyon mekanizma kontrol teknolojisi	→ Nanokatalizörler, yüksek ısısal iletkenlik yüzey kaplamalar, sensörler

Şekil 1.8. Nano malzemelerin geleneksel endüstrilerde kullanımı (Menceloğlu, 2008).

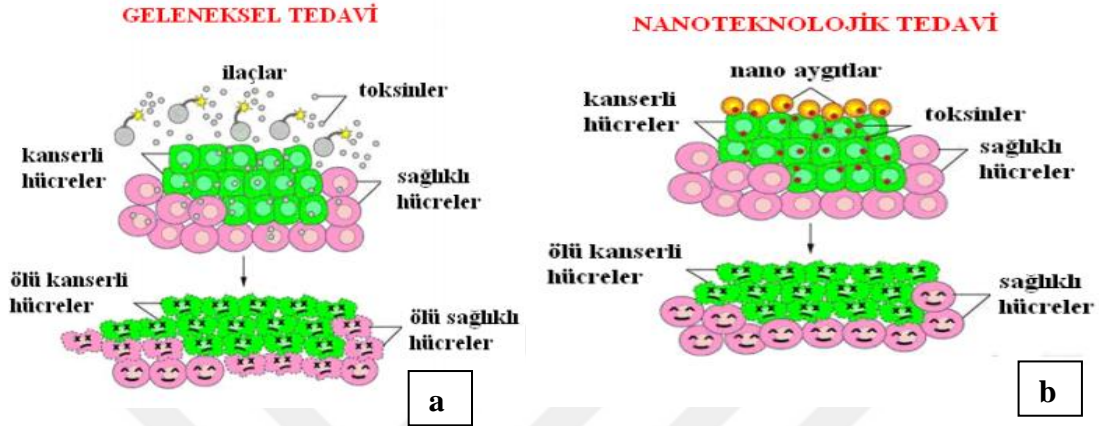
Nanoteknoloji tıp alanında da büyük başarılarla neden olmuş ve çalışmalar devam etmektedir. Tıp sektöründeki ilerlemenin sürdürülmesi için öncelikle yaşam sistemimiz ve vücudumuz hakkında gerekli olan bilgiye sahip olmalıyız. Tıpta kullanılan eski geleneksel cihazların yerini yeni geliştirilen cihazlar almaktadır. Bu cihazlarda nanoteknolojiden yararlanılmaktadır. Üretilen bu malzemeler ve cihazlar dokulara ve hücrelerle moleküler seviyede etki ederken biyolojik ve teknolojik sistemler arasında bütünlük elde edilir.



Şekil 1.9. Nanoteknoloji kullanım alanları.

Günümüzde tıp alanındaki araştırmaların birçoğu da ilaç salınımı üzerine yapılmaktadır. Nanoparçacıklara entegre edilen ilaçların vücuda enjekte edilmesiyle hastalıklı olan hücrelerin belirlenmesinde fayda göstermiştir. Hasta insanlara enjekte edilen bu ilaçlar hastalıklı hücrelere ulaşarak onları yok etmekte fayda sağlamıştır. Buna en güzel örnek kanser tedavisinde kullanılan kemoterapi uygulamasıdır. Öte yandan tıp alanında başka bir uygulamada nano aşı teknolojisi. Bilim insanları tarafından

üretilen ve geliştirilen nano aşular, bağışıklık sisteminin tanıyabildiği tümör proteinlerini içeren sentetik polimer nanoparçacıklardan oluşmakta olup kişinin kanserle kendi kendine mücadele etmesine yardım etmektedir (Luo, 2017)



Şekil 1.10. a. Geleneksel tedavi, b. Nanoteknolojik tedavi.

Şekil 1.10’da görüldüğü gibi nanoteknolojik tedavi yöntemlerinde sağlıklı hücrelere dokunulmadan sadece kanserli hücreler yok edilmiştir, geleneksel tedavi yönteminde ise ölü hücrelerle beraber sağlıklı hücrelerde yok olmaktadır.

Nanoteknoloji gıda sektörü alanındaki çalışmalarını daha başlangıç aşamalarında. Gıda sektöründe daha uzun raf ömrü olan daha hızlı yetişebilen, daha fazla besin değeri ve vitamini bulunan besinler elde edilmek asıl amaçtır. Ayrıca gıda sektöründe üretilen malzemelerde daha az su ve daha az kimyasal kullanmak hedeflenmektedir. Yapılan bir çalışmada bir gıda firması satışa sunulacak olan gıda ambalajları içerisine nano sensörler yerleştirilerek gıda bozulmaya başladığında sensörler renk değiştirilerek tüketiciyi uyaracaktır. Ayrıca bazı gıda şirketleri içerisinde kil parçacıkları içeren plastikler üretmişlerdir. Plastiklerde bulunan bu nano kil parçacıkları sayesinde ambalaj kutusu olan plastiklerin içerisindeki gıdaların oksijen, karbondioksit ve nem alması önlenerek daha uzun süre bozulmadan saklanabilecektir (Mongillo, 2007).

1.2. Enerji

Enerji insanoğlunun geçmişten günümüze kadar gelen en önemli ihtiyaçlarından biri olmuştur. Enerji akla gelen ilk anlamıyla hareket ettirici güç anlamına gelmektedir. Bunu iş yapabilme yeteneği olarak da anlatabiliriz. Enerji hayatımızın her alanında üretim faaliyetlerinde belli bir miktar harcanması gerekir. Yani enerji olmadan hiçbir iş olmaz. Enerji çağımızın en çok tüketilen maddelerindendir. Enerjiyi sadece insanlar değil makineler araçlar aletler de kullanılır. Ancak geçmişten günümüze kadar insan gücü hep önemli olmuştur. Sanayi devriminden önce genellikle insan gücünden yararlanılarak iş yapılmıştır. Ancak günümüzde yerini giderek teknolojiye bırakmasının yanında insan gücünde yok sayılmaz ve sanayi çağında insan gücünde önemli bir yer almaktadır. Bunun yanı sıra çağdaş sanayi kullanımında büyük enerji tüketimi olmakta ve bu enerji doğal kaynaklardan karşılanmaktadır.

Türkiye enerji tüketiminde Dünya da 19. Sırada yer almaktadır.

ÜLKE	2013	2014	2015	Dünya Toplamındaki Payı (%)	Sıra
Çin	2.903,9	2.970,3	3.014,0	22,9%	1
ABD	2.271,7	2.300,5	2.280,6	17,3%	2
Hindistan	626,0	666,2	700,5	5,3%	3
Rusya	688,0	689,8	666,8	5,1%	4
Japonya	465,8	453,9	448,5	3,4%	5
Kanada	335,0	335,5	329,9	2,5%	6
Almanya	325,8	311,9	320,6	2,4%	7
Brezilya	290,0	297,6	292,8	2,2%	8
Güney Kore	270,9	273,1	276,9	2,1%	9
İran	247,6	260,8	267,2	2,0%	10
Suudi Arabistan	237,4	252,4	264,0	2,0%	11
Fransa	247,4	237,5	239,0	1,8%	12
Endonezya	175,0	188,3	195,6	1,5%	13
Birleşik Krallık	201,4	188,9	191,2	1,5%	14
Meksika	188,9	190,0	185,0	1,4%	15
İtalya	155,7	146,8	151,7	1,2%	16
İspanya	134,2	132,1	134,4	1,0%	17
Avustralya	130,7	129,9	131,4	1,0%	18
Türkiye	120,3	123,9	126,9	1,0%	19
Tayland	120,3	123,4	124,9	0,9%	20
Güney Afrika	124,6	128,0	124,2	0,9%	21
Tayvan	109,9	111,4	110,7	0,8%	22
BAE	97,2	99,0	103,9	0,8%	23
Polonya	96,0	92,4	95,0	0,7%	24
Ukrayna	114,7	101,0	85,1	0,6%	25
TOPLAM	12.873,1	13.020,6	13.147,3	100,0%	

Şekil 1.11. Dünya birincil enerji tüketimi milyon tep (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017).

1.3. Enerji Kaynakları

Enerji elde edilen kaynaklara enerji kaynakları denir. Enerji ihtiyacı giderek artmaya başlamıştır. Bunun asıl nedeni teknolojinin ilerlemesi ve nüfusun artmasıdır. Bu sebeplerden dolayı enerji ihtiyacı durmadan artmaktadır. Bu enerji ihtiyacı da doğadan karşılanmaktadır ve doğadan sağlanan enerji kaynakları giderek azalmaya başlamıştır. Bu nedenle enerji ihtiyacı Dünya'nın asıl sorunu olmaya başlamıştır. Çıkan rekabetler çatışmalara ve savaşlara bile sebep olmuştur.

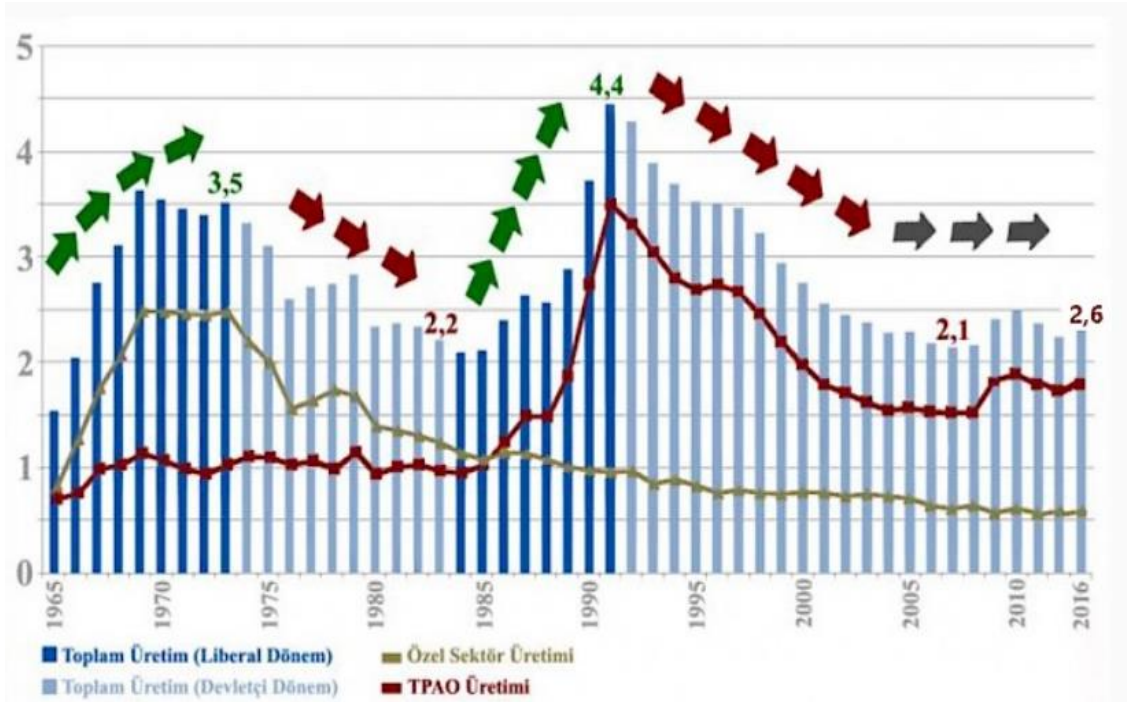
Çeşitli enerji kaynakları bulunmaktadır. Enerji kaynakları iki kısımda anlatılabilir. İlk olarak yenilenemez enerji kaynakları ikinci olarak ise yenilenebilir enerji kaynaklarıdır.

1.3.1. Yenilenemez enerji kaynakları

Yenilenemez enerji kaynakları kullanıldığında tekrar yenilemeyen enerji kaynağı anlamına gelirken iki grupta incelenebilir. İlk olarak fosil enerji kaynakları olarak adlandırılan petrol, kömür, doğalgaz bulunurken ikinci olarak nükleer enerji yer alır ve nükleer enerjinin hammaddesi olan uranyum ve toryum da yenilenemeyen enerji kaynakları olarak sınıflandırılır.

1.3.1.1. Fosil enerji kaynakları

Bu enerji kaynakları yenilenemez enerji kaynaklarının başında yer alır. Doğada ham halde bulunurlar ve genellikle yer altından çıkartılırlar. Petrol, kömür, doğalgaz gibi çeşitleri bulunan bu yakıtlar doğada katı, sıvı, gaz halinde bulunmaktadır. Bu yakıtların oluşumu milyonlarca yıl almaktadır. Doğada bulunan bitkisel ve hayvansal kökenli kalıntılar milyonlarca yıl toprak altında kalarak yüksek sıcaklığa basınca maruz kalarak fosilleşip fosil yakıtları meydana getirmektedir. Dünyada enerji üretim miktarları incelendiğinde % 60'ını fosil yakıtlar sağlamaktadır (Kadioğlu ve Tellioğlu, 1996)

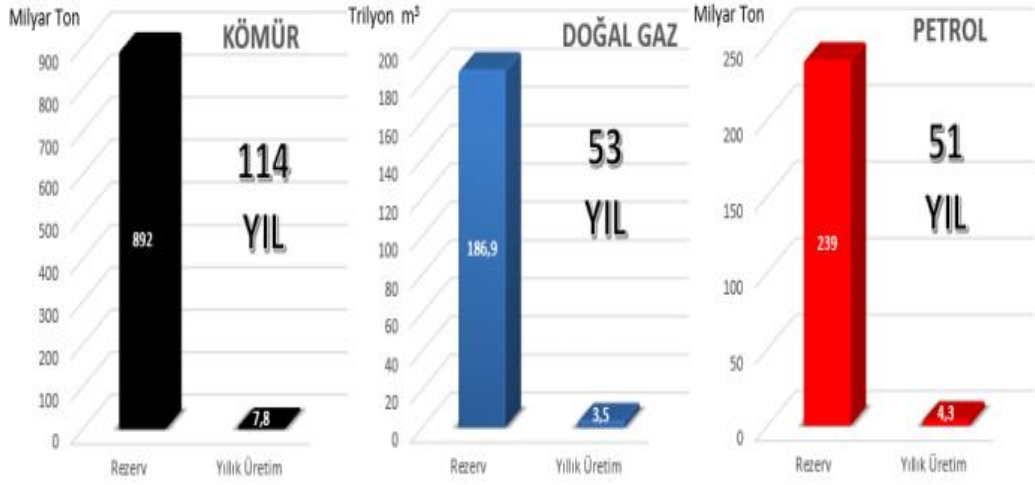


Şekil 1.12. Yerli hammadde üretimi (Petform, 2016).

Fosil yakıtlar yakılıp enerji açığa çıkarmasının yanında yanma ürünleri Karbondioksit (CO_2), Azot Oksit (NO_x) ve Kükürt dioksit (SO_2) ortaya çıkar. Ayrıca yanma ürünlerinin yanı sıra uçucu kül ve hidrokarbonları da içerir. Kadmiyum, nikel, arsenik, kurşun ve benzeri gibi çevreye zarar veren gazlar fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkan diğer gazlardır. Tüm bu gazların açığa çıkışı tabiki çevreye büyük kirliliğe sebep olmaktadır. Artan CO_2 miktarı yeryüzünün daha fazla ısınmasına neden olmakta artan bu ısı da küresel ısınmayı giderek artırmaktadır. Oluşan bu küresel ısınma doğanın dengesini bozmaya ve iklim değişikliklerine sebep olmaktadır. Atmosfer bulunan su buharı ile SO_2 ve NO_x birleşerek asit yağmurlarına neden olmaktadır. Tüm bu etkenler Dünya'nın ekolojik dengesini bozmaya başlamıştır (Halil ve ark. 2005).

İnsanoğlu yaratılıştan itibaren hem daha rahat, hem daha ucuz ve hem de daha çabuk ulaşılabilir olan enerji kaynaklarını tercih etmişlerdir. Bu nedenle fosil kaynaklı enerji kaynakları tercih edilmiştir (Savrul, 2010).

Fosil yakıtların yenilenemez olarak adlandırılmasındaki neden hem yakıldığında geri dönüşümü olmaması hem de oluşumunun milyonlarca yıl sürmesidir.



Şekil 1.13. Türlerine göre fosil yakıt rezervlerinin kalan ömürleri tep (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017).

Dünyada bulunan petrol rezervlerinin % 47,3'ü Orta Doğu'da , %19,4'ü Güney ve Orta Amerika'da , %14'ü Kuzey Amerika'da, %9.1'i Avrupa ve Avrasya'da, %7.6'sı Afrika'da ve % 2.5 Asya Pasifikte bulunmaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017).

ÜLKE	Miktar (Milyar varil)	Dünya Toplamındaki Payı (%)
<i>Venezuela</i>	300,9	17,7%
<i>Suudi Arabistan</i>	266,6	15,7%
<i>Kanada</i>	172,2	10,1%
<i>İran</i>	157,8	9,3%
<i>Irak</i>	143,1	8,4%
<i>Rusya</i>	102,4	6,0%
<i>Kuveyt</i>	101,5	6,0%
<i>Birleşik Arap Emirlikleri</i>	97,8	5,8%
<i>ABD</i>	55,0	3,2%
<i>Libya</i>	48,4	2,8%
<i>Nijerya</i>	37,1	2,2%
<i>Kazakistan</i>	30,0	1,8%
Dünya Toplamı	1.698	100%

Şekil 1.14. Dünyadaki ülkelerin petrol rezervleri milyon tep (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017).

Dünyadaki doğalgaz rezervlerinin %42,8'i Orta Doğu'da, %30,4'ü Avrupa ve Avrasya'da, %8,4'ü Asya Pasifik'te, %7,5'i Afrika'da, %6,8'i Kuzey Amerika'da, %4,1'i Güney ve Orta Amerika'da bulunmaktadır.

ÜLKE	Miktar (Trilyon m ³)	Dünya Toplamındaki Payı (%)
<i>İran</i>	34,0	18,2%
<i>Rusya</i>	32,3	17,3%
<i>Katar</i>	24,5	13,1%
<i>Türkmenistan</i>	17,5	9,4%
<i>ABD</i>	10,4	5,6%
<i>Suudi Arabistan</i>	8,3	4,5%
<i>Birleşik Arap Emirlikleri</i>	6,1	3,3%
<i>Venezuela</i>	5,6	3,0%
<i>Nijerya</i>	5,1	2,7%
<i>Cezayir</i>	4,5	2,4%
<i>Çin</i>	3,8	2,1%
<i>Irak</i>	3,7	2,0%
Dünya Toplamı	186,9	100%

Şekil 1.15. Dünyadaki ülkelerin doğalgaz rezervleri milyon tep (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017).

Dünyadaki kömür rezervlerinin %20,8'i Avrupa ve Avrasya'da , %28,1'i Kuzey Amerika'da, %20,1'i Asya Pasifik'te, %14,1'i Ortadoğu'da, %5,0 Güney ve Orta Amerika'da ve %3,9'u Afrika'da bulunmaktadır.

Ancak bu fosil yakıtlar tükenmeye mahkûmdur. Artan nüfus, sanayileşme teknoloji gelişimi gibi faktörler enerji ihtiyacını artırdığı için bu doğadan çıkarılan yakıtlar tükenmeye başlamıştır.

ÜLKE	Miktar (Milyar ton)	Dünya Toplamındaki Payı (%)
<i>ABD</i>	237,3	26,6%
<i>Rusya</i>	157,0	17,6%
<i>Çin</i>	114,5	12,8%
<i>Avustralya</i>	76,4	8,6%
<i>Hindistan</i>	60,6	6,8%
<i>Almanya</i>	40,5	4,5%
<i>Ukrayna</i>	33,9	3,8%
<i>Kazakistan</i>	33,6	3,8%
<i>Güney Afrika Cumhuriyeti</i>	30,2	3,4%
<i>Endonezya</i>	28,0	3,1%
Dünya Toplamı	892	100%

Şekil 1.16. Dünyadaki ülkelerin kömür rezervleri Milyon tep (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017).

Fosil yakıtları eksik bir yönü de çevreye zararlı etkisi olmasıdır, fosil yakıtlar yandığı zaman çevreye zararlı gaz salınımı yapmaktadır. Fosil yakıtların çevreye olan zararlarının boyutu oldukça büyüktür. Yakılan fosil yakıtlar çevreye sera gazları salınımı yapmaktadır. Bu sera gazları CO₂, SO₂ ve NO_x' dir. Atmosferde bulunan CO₂ çağdaş sanayi çağı öncesine göre %25 artış göstermiştir. Bu artış bu hızla devam ederse 21. yüzyılın yarısından sonra iki katına çıkacağı tahmin edilmektedir. Günümüzde ise CO₂ emisyonunun yaklaşık 6 milyar tona ulaştığı söylenmektedir (Gedik, 2015).

1.3.1.2. Nükleer enerji

Nükleer enerji atomik parçaların çeşitli reaksiyonlarla parçalanması veya birleşmesi sonucu ile elde edilir (Gedik, 2015). Nükleer enerji elektrik enerjisine dönüşmesi için nükleer reaktörlere ihtiyaç duyar.

Gün geçtikçe azalan fosil yakıtlara bir alternatif olarak görülen nükleer enerji, günümüzde iyi düzeyde gelişmiş olan ülkelerin bir tercihidir. Nükleer enerjinin büyük riskleri bulunmaktadır. Bunun yanı sıra diğer fosil yakıtlara göre daha karmaşık bir dönüşüm sistemiyle elde edilir. Ancak bulunan riski en aza indirmek için çalışmalar devam etmektedir.

Nükleer enerji üretimi her ülkede yapılamamaktadır. Nükleer enerji elde edilmesinde kullanılan hammaddeler olan uranyum, plütonyum ve toryum elementleri Dünya üzerinde birçok ülkede bulunmasına karşı nükleer enerji üreten ülke sayısı kısıtlıdır.

Hem tükenmesi hem de çevreye olan zararından dolayı yenilenemez enerji kaynaklarının yerini alabilecek olan enerji kaynakları arayışı başlanmıştır. Bu enerji kaynakları da yine doğa kaynaklı olan enerji kaynaklarıdır.

1.3.2. Yenilenebilir enerji kaynakları

Dünya açısından yenilenebilir enerji kaynakları önemli bir yere sahiptir. Bu kaynaklar yeşil enerji veya temiz enerji kaynakları olarak tanımlanırlar. Enerji üretiminde en çok kullanılan kaynak olan fosil kaynakların çevre zararları ve tükenmeye yüz tutması nedeniyle alternatif enerji kaynakları arayışına başlandı. Yenilenebilir enerji kaynaklarına talep bu nedenle giderek artmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları bir döngü içerisinde kendini yenilerken çevreye zararı daha önce kullanılan fosil yakıtlara göre daha az olmasının yanı sıra üretilme sürecine ihtiyaç duymadan temin edilir. Dünya da var olan ve sürekli çevrim içinde doğadaki olaylarla elde edilen bir enerji türüdür. Tükenmez ve kısa süre içinde yenilenir.

Dünyada enerji sıkıntısı geçmişten günümüze ülke stratejilerinde önemli bir yer tutmaktadır. Ülkeler her zaman daha güvenli daha temiz enerji kaynakları arayışı içinde olmuşlardır. Her zaman daha güvenli olan daha temiz olan ve tükenmeyen enerji kaynağı yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Bu nedenle hayatımızda önemli bir yer tutmaktadır ve üzerine çalışmalar devam etmektedir.

Tüm bunların yanı sıra Dünyamız çevre kirliliği ile savaşılmaktadır. Çevre kirliliğine artan sera gazları sebep olmakla birlikte artan sera gazları iklim değişiklerine sebep olarak Dünyayı dönülmez bir kirliliğe sürüklemektedir. Buna bulunabilecek en iyi çözüm yolu ise temiz, yenilenebilir yakıtlara yönelmek ve geleneksel yakıtların kullanımını azaltmaktır.

Temiz ve yenilenebilen enerji kaynakları genellikle 7 ana başlık altında incelenir.

1. Güneş Enerjisi
2. Hidroelektrik Enerjisi
3. Rüzgar Enerjisi
4. Jeotermal Enerji
5. Dalga Enerjisi
6. Biyokütle Enerjisi
7. Hidrojen Enerjisi



Şekil 1.17. Çeşitli yenilenebilir enerji kaynakları (Anonim, 2019).

Bunların her biri farklı bir öneme sahiptirler ancak tezimizin konusu olan güneş enerjisi detaylı olarak anlatılacaktır.

1.4. Güneş Enerjisi

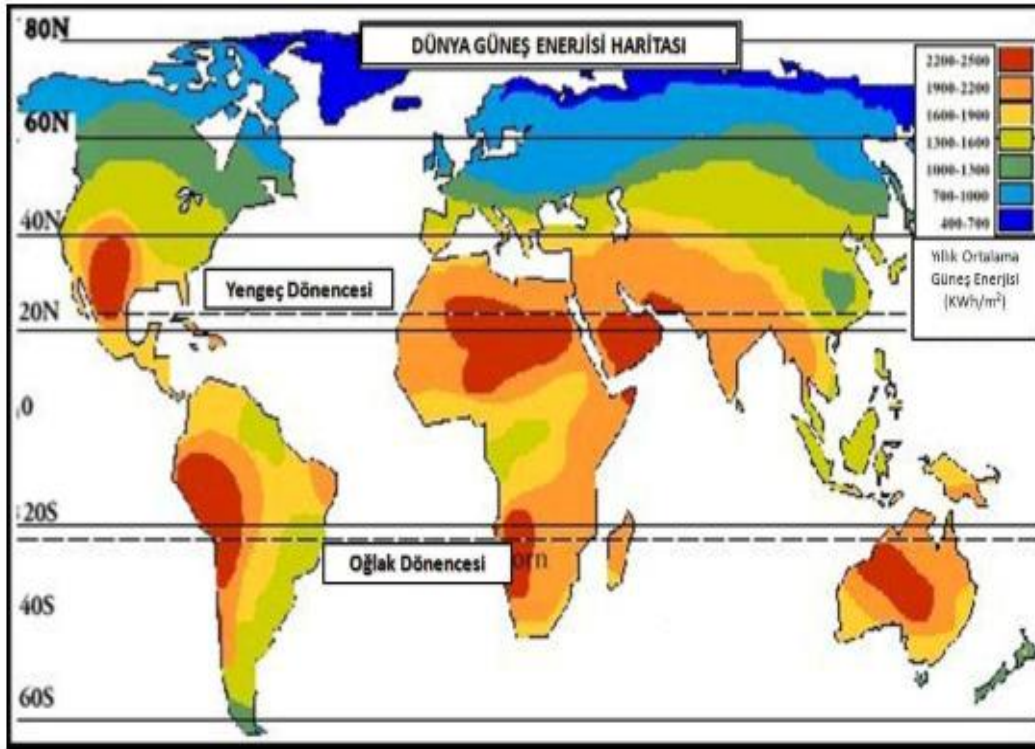
Fosil yakıtların azalması ve çevre kirliliğinin artması insanoğlunu farklı enerji kaynakları arayışına sevk etmiştir. Güneş enerjisi, hidroelektrik enerjisi, rüzgar enerjisi jeotermal enerji, dalga enerjisi, biokütle enerjisi, hidrojen enerjisi yenilenebilir ve çevre dostu enerji kaynaklarındandır.

Güneş enerjisi, hidrojen gazının hel-yum gazına dönüşme döngü sürecinde oluşan füzyon tepkimesinden açığa çıkan yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Açığa çıkan enerjinin dünya üzerine gelen ufak bir kısmı dahi dünyada kullanılan enerji miktarından daha fazla bir miktara sahiptir. Böyle bir enerjinin varlığı bilim insanlarını güneş enerjisinden faydalanmaya teşvik etmiş olup bu yönde yapılan çalışmalar 1970'li yılların akabinde artış göstermiş ve teknolojinin ilerlemesi ile güneş enerji sistemlerinde üretim maliyetlerinin azalması güneş enerjisini çevre dostu bir enerji kaynağı yapmıştır. Tüm bu nedenlerden dolayı insanoğluna daha cazip gelmiştir.

Güneş enerji sistemleri alanında yapılan teknolojik çalışmalar neticesinde güneş enerjisi ile çalışabilen araba, uydu, insansız hava araçları, otobüs gibi pek çok çevre dostu araçların kullanımına başlanmıştır.

Enerji ihtiyacı artan birçok ülke güneş enerji tarlaları kurmaya ve mevcut güneş enerji santrallerini genişletmeye yönelik yatırımlar yapmakta, bu gelişmeler yeni bir sektörün oluşmasına neden olup birçok kişiye istihdam sağlamaktadır.

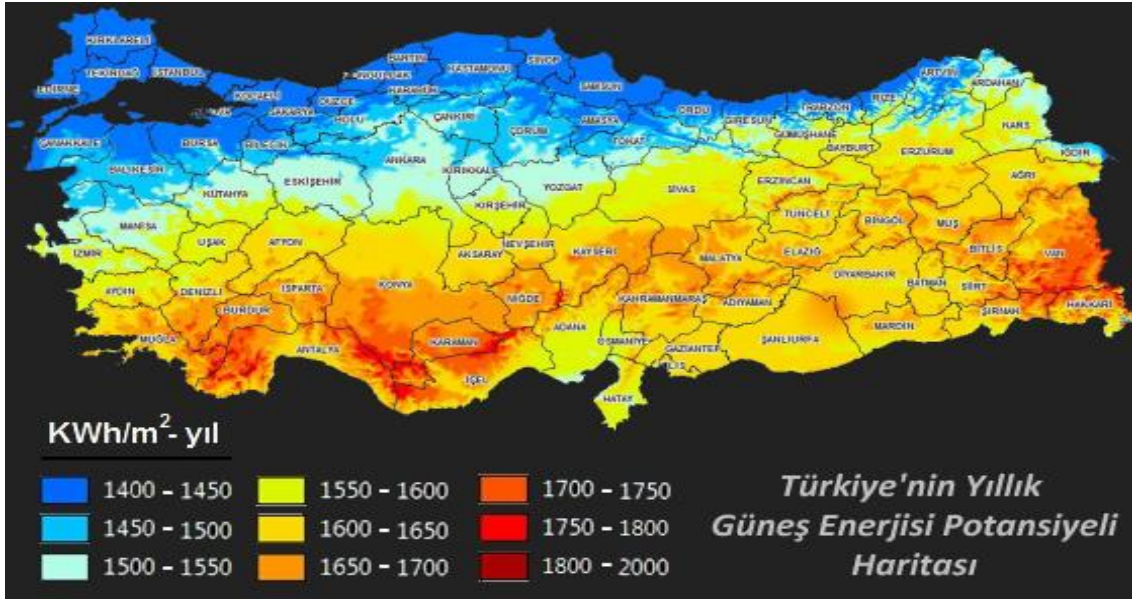
İlk olarak uzay çalışmaları için kullanılmaya başlanan güneş enerji sistemleri bilinmiş yöntemlerle elektrik üretiminin güç olduğu durumlarda veya enerji nakil hatlarının ulaşması imkânsız gibi görünen yerlere deniz fenerlerine, orman evlerine, bağ evlerine, şehirden uzak çiftliklerde kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 1.18. Dünya-Güneş enerjisi haritası. (Anonim ,2010)

Dünya üzerine birim alana düşen güneş ışını miktarı 1370 W/m^2 'dir. Bu ölçümler uzayda, güneşe dik bir yüzeyde ölçülmüştür. Atmosfer güneşten gelen ışının %6'sını yansıtırken, güneş gelen ışının %16'sını ise sönmümler. Bulutlar ise gelen ışının %20'sini yansıtmayla , %16'sını ise sönmüleme ile azaltır. Bu nedenlerden deniz seviyesinde ulaşılan en yüksek güneş enerjisi 1020 W/m^2 'dir. Ölçümler sonucu ortaya çıkan bu veriler elde edilebilecek maksimum değerdir. Ancak bu değer fotovoltaik sistemlerden elde edilen en yüksek değer değildir (Neville, 1995).

Güneş ışınlarının Dünya üzerine ulaşmasını azaltan faktörlerden biride hava kirliliğidir. Güneş enerjisine yönelen toplumlar azda olsa bu konu hakkında endişeye düşmüşlerdir. Yapılan araştırmada 1961-1990 yılları arasındaki dönemde deniz seviyesindeki güneş ışınlarında yaklaşık olarak %4 azalmaya sebep olduğu tespit etmişlerdir (Neville, 1995).



Şekil 1.19. Dünya Güneş enerjisi potansiyeli haritası.

Dünya üzerinde bulunan ülkelere göre Türkiye güneş ışınlarını alma konusunda konumu münasebetiyle avantajlıdır. Ortalama olarak yıllık güneşten aldığı enerji miktarı $1400 - 1800 \text{ kWh/m}^2$ 'dir. Ülkemizin 2018 yılı sonunda Güneş enerjisi elde edebilmek için kurulu gücü 88.551 MW civarındadır.

Çizelge 1.1. Türkiye'nin ortalama bir yıl içerisinde aylara göre aldığı güneş enerjisi potansiyeli (Varınca ve Gönüllü, 2006)

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi (kcal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	Güneşlenme Süresi (saat/ay)
Ocak	4,45	51,75	103,0
Şubat	5,44	63,27	115,0
Mart	8,31	96,65	165,0
Nisan	10,51	122,23	197,0
Mayıs	13,23	153,86	273,0
Haziran	14,51	168,75	325,0
Temmuz	15,08	175,38	365,0
Ağustos	13,62	158,40	343,0
Eylül	10,60	123,28	280,0
Ekim	7,73	89,90	214,0
Kasım	5,23	60,82	157,0
Aralık	4,03	46,87	103,0
Toplam	112,74	1311,00	2640
Ortalama	308,0 cal/cm²-gün	3,6 kWh/m²-gün	7,2 saat/gün

Çizelge 1.2. Türkiye'nin bölgelerinin yıl içerisinde ortalama aldığı güneş enerji potansiyeli (Varınca ve Gönüllü, 2006)

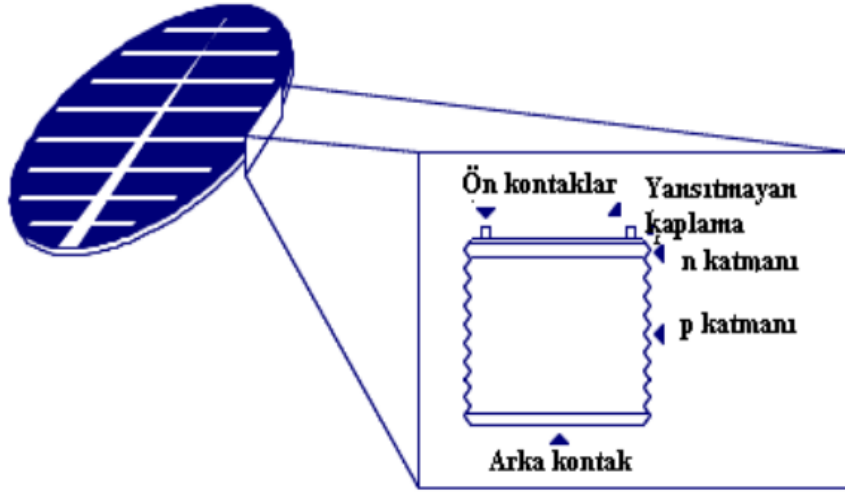
Bölge	Toplam ortalama güneş enerjisi	En çok güneş enerjisi (Haziran)	En Az güneş enerjisi (Aralık)	Ortalama güneşlenme süresi	En çok güneşlenme süresi (Haziran)	En az güneşlenme süresi (Aralık)
	kWh/m ² -yıl	kWh/m ²	kWh/m ²	saat/yıl	saat	saat
Güneydoğu Anadolu	1.460	1.980	729	2.993	407	126
Akdeniz	1.390	1.869	476	2.956	360	101
Doğu Anadolu	1.365	1.863	431	2.664	371	96
İç Anadolu	1.314	1.855	412	2.628	381	98
Ege	1.304	1.723	420	2.738	373	165
Marmara	1.168	1.529	345	2.409	351	87
Karadeniz	1.120	1.315	409	1.971	273	82

Ülkemizin kurulu gücü nüfus oranına göre az görünse de teknolojinin gelişmesinin güneş enerji sistemlerinin maliyetinin düşmesinin ardından ülkemizde de güneş enerji sistemlerinin miktarlar artacağı muhtemeldir. Ayrıca artan devlet teşviği ve son yıllarda yapılan çalışmalar güneş enerji sistemlerinden elektrik enerjisi üretim miktarını artırmıştır.

1.5. Güneş Pili

Fotovoltaik piller güneşten gelen ışınların yapısında bulunan ışık enerjisini yarı iletken malzemeler aracılığıyla elektrik enerjisine çeviren elektronik araçlardır. Fotovoltaik piller “yarı iletken bir foto diyot olarak çalışır. Foto diyotlar yapısında bulunan P tipi ve N tipi katkılanmış yarıiletken malzemelerden oluşur. Bu yarıiletken malzemeler genel olarak iki sınıfa ayrılır. Bunlar; tek kristalli ve çok kristalli olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Bunlardan tek kristal yapısına sahip olan Germanyum(Ge) ve Silisyum(Si) yarıiletkenler tekrarlanan kristal biçimine sahiptirler. Kadmiyum Sülfür (CdS),Galyum Arsenit (GaAs), Galyum Arsenit Fosfit (GaAsP) ile Galyum Nitrit (GaN), gibi birleşik yarıiletkenlerden oluşur. Bu yarıiletkenler farklı atom yapısı var olan bir veya birden çok yarıiletken malzemelerden oluşmaktadır. Yarıiletken-iletkenler,

iletkenlikleri, iyi bir iletkenle yalıtkan arasında bulunan özel elementlerdir. Güneş pillerinin yapımında daha çok kullanılan üç yarıiletken şunlardır: Ge, Si ve GaAs dir. Foto diyotların yapımında kullanılan bu yarıiletkenler N ve P tipi katkılanma ile foto diyotu oluştururlar (Nashelsky, 2009).



Şekil 1.20. Güneş pilinin yapısı.

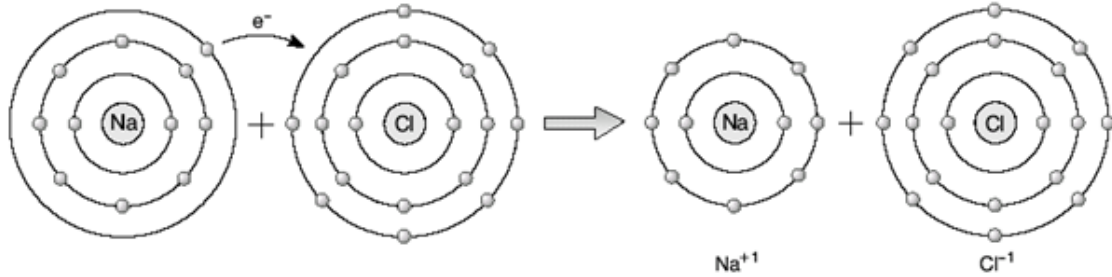
1.5.1. Atomun yapısı ve bağlar

Atomun içyapısında bulunan proton ve nötronlar atomun çekirdeğini oluştururlar. Elektronlarda atomun etrafında enerji yapısına göre bulutlu bir şekilde yer alırlar. Atomun her zaman en kararlı yapıya sahip olma eğilimindedir. Bu nedenle atom etrafında bulunan elektron alma veya verme ile kararlı yapıya ulaşmaya çalışır. Atomlar dış yapısındaki elektronları tamamlamak için belli elektron bağı oluşturarak kararlı yapıya geçer bu bağlar iyonik ve kovalent bağıdır.

1.5.1.1. İyonik bağ

Atomun dış yapısında bulunan (+) ve (-) yüklü iyon taneciklerinin elektriksel çekim kuvvetiyle oluşan bağı iyonik bağ denir. İyonik bağ yapan atomlardan elektron veren artı yüklü, elektron alan ise eksi yüklü iyon olarak nitelendirilir. İyonik bağı örnek verirken yemek tuzu sodyum ve klor atomlarının iyonik bağ yapmasıyla oluşur.

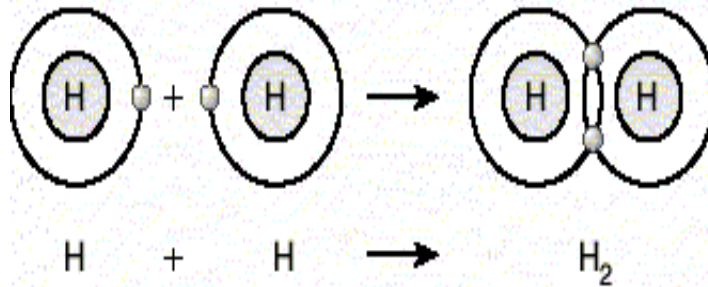
Atom numarası 11 olan sodyum (Na), atom numarası 17 olan klor (Cl) 1 elektron verir. Her ikisi de kararlı yapıya ulaşır. Böylelikle iyonik bağ oluşur (Nashelsky, 2009).



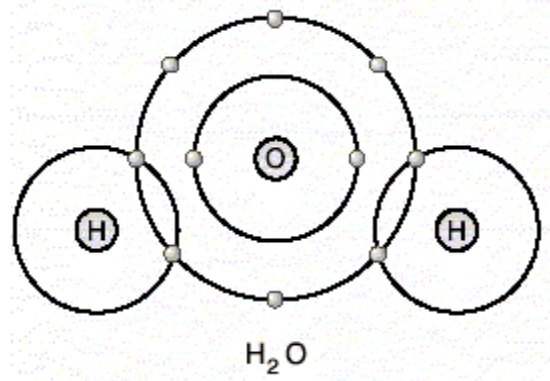
Şekil 1.21. Sodyum ve klor atomları arasında iyonik bağ oluşumu (Nashelsky, 2009).

1.5.1.2. Kovalent bağ

Kovalent bağ atomlar arasında son katmanlarında bulunan elektronların bazılarının ortaklaşa kullanılmasıyla oluşan bağa denir. Kovalent bağ kuran atomlarda ortaklaşa kullanılan elektronlar her iki atomu da dublet veya oklete tamamlar. Kovalent bağ da aynı cins atomlar arasında olursa apolar kovalent bağ adını alır. Farklı cins atomlar arasında kovalent bağ olursa polar kovalent bağ adını alır. (Nashelsky, 2009)



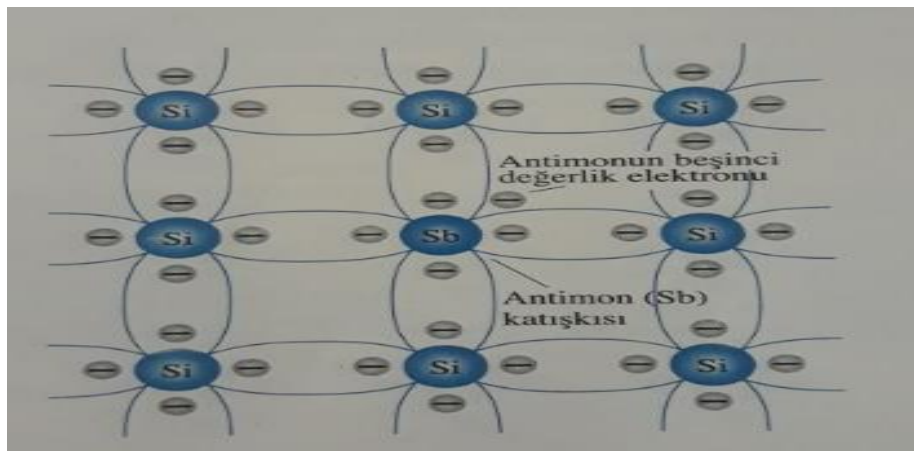
Şekil 1.22. Apolar kovalent bağ yapısı (Nashelsky, 2009).



Şekil 1.23. Polar kovalent bağ yapısı (Nashelsky, 2009).

1.5.2. N tipi malzeme

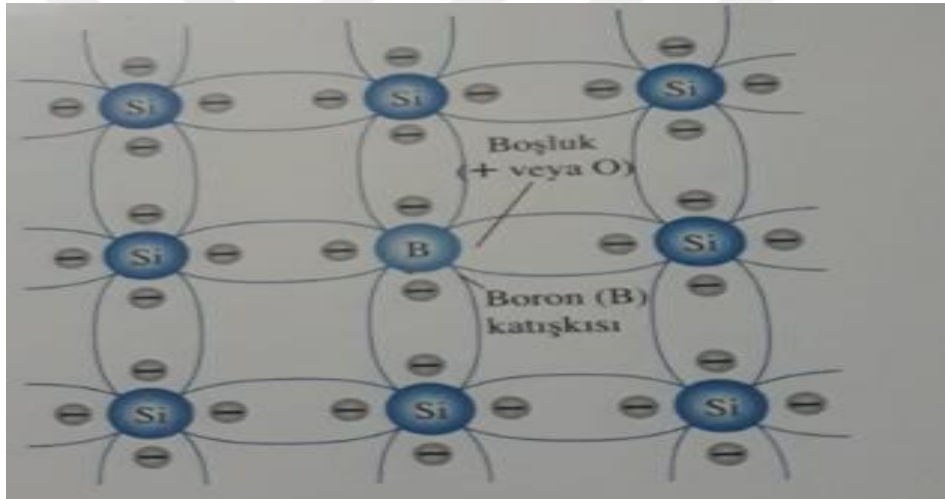
N tipi ve P tipi malzemelerin ikisi de, daha önce belirlenen sayıdaki katıtkı atomlarının silikon tabana eklenmesiyle oluşur. Bir N tipi malzeme, antimon, arsenik ve fosfor gibi beş değerlik elektronlu elementlere katıtkı eklenmesiyle oluşur. Bu katıtkı elementlerinin etkisi ile kovalent bağ oluşturulur. Oluşturulan kovalent bağla ilgisi olmayan, katıtkı atomundan kaynaklanan beşinci bir elektron vardır. Ana atoma zayıf olarak bağlı bulunan beşinci elektron yeni oluşmuş N tipi malzeme içinde serbest bir şekilde hareket etmektedir. Bu şekilde N tipi malzeme içerisinde çok sayıda serbest taşıyıcı bulunmaktadır. Bu serbest taşıyıcı elektron bulunmasına rağmen N tipi malzeme elektriksel olarak yüksüzdür. Bunun sebebi çekirdekdeki proton sayısının, yapıdaki serbest ve yörüngesinde bulunan elektronlarla aynı sayıda olmasıdır (Nashelsky, 2009).



Şekil 1.24. N tipi malzemede antimon katıtkısı (Nashelsky, 2009).

1.5.3. P tipi malzeme

Bir P tipi malzeme, üç değerlik elektronlu katışkı atomlarının saf germanyum veya silis-yum kristaline katılmasıyla meydana gelir. Bu katışkı için en fazla kullanılan bazı elementler, boron, galyum ve indiyumdur. Yeni oluşan örgüdeki kovalent bağların tamamlamada elektron sayısının yetersiz olduğu görülebilmek için oluşan bu boşluğa ise delik denir ve bu yükün yokluğunu belirtmek için ufak bir daire şekli veya artı işaretiyle gösterilir. Oluşan boşluk serbest bir elektron alma eğilimine sahiptir. P tipi malzemede elektron sayısının az olmasına rağmen P tipi malzeme yüksüzdür. Bunun sebebi P tipi malzemenin atomun çekirdeğindeki proton sayısına eşit olmasıdır (Nashelsky, 2009).



şekil 1.25. P tipi malzeme boron katışkısı (Nashelsky, 2009).

1.6. Güneş Pillerinin Tarihçesi

Fotovoltaik (photovoltaic) isminin kökeni Yunan dilinde ışık manasına gelen “phos” sözcüğü ve elektriksel çalışmalar alanında çalışmalarda bulunmuş olan Allesandro Volta’nın soyisininin “voltaic” birleşiminde meydana gelmektedir.

Fotovoltaik alanda ilk çalışma 1839 yılında yapılmıştır. Bu çalışmayı fizik alanında çalışmalar yapmış olan bilim insanı Alexandre Edmond Becquerel yapmıştır. Bu çalışmanın ardından Richard E. Day ve William G. Adams 1876 yılında silisyum

kristalleri bulunmuştur. Ardından Albert Einstein 1905 yılında fotovoltaik etkiyi açık bir biçimde anlatmış ve akabinde 1921 yılında Nobel ödülünü almaya hak kazanmıştır.

İleriki yıllarda araştırmalar genişletilerek ince film güneş pilleri yapılımaya başlandı güneş pillerinin en büyük avantajı ekonomik olması olmuştur. Bu çalışmaların ardından ise 3. Nesil güneş pilleri üzerine araştırmalar başlamış ve boyar maddeli güneş pilleri ile polimer güneş pilleri üzerine araştırmalar yoğunlaşmıştır (Kazmersk, 2006; Nelson, 2003).

1.7. Güneş Pili Çeşitleri

1.7.1. Kristal silisyum

Bu tür güneş pillerinin üretim aşaması öncelikle büyütülüp 200 makron kalınlığında, ince katmanlar halinde dilimlenerek üretilir. Bu tek kristal silisyum katmanlardan elde edilen güneş pilleri laboratuvar ortamında %24 verim sağlarken, ticari çeşitlerinde bu verim %15'den daha fazla verim elde edilebiliyor. Silisyumun yapısının tek sıralı ve düzenli atomlardan oluşması verimin yüksek olmasını sağlamaktadır.

1.7.2. Amorf silisyum

Amorf silisyumlar kristal yapı özelliği göstermediğinden kristal yapı özelliği gösteren silisyum pillere göre verimi düşüktür. Bu verim laboratuvar ortamında %10 iken ticari modüllerinde verim %5-7 mertebelerindedir. Amorf silisyum kristal silisyuma göre ışığı daha çok soğurabilmektedir. Bu sebeple ince tabakalar halinde üretilirler. Bu ince tabakaları çok ince dilimler haline getirilip panellerde kullanılabilirler.

1.7.3. Galyum arsenit

Galyum arsenit bileşiğinden elde edilen güneş pilleri verim olarak laboratuvar ortamında %25-28 mertebelerindedir. Diğer yarıiletkenlerle oluşturulan çok eklemlili

GaAs pillerinde bu verim %30 mertebelerine çıkmaktadır. GaAs güneş pilleri genel olarak uzay araç uygulamalarında kullanılmaktadır.

1.7.4. Kadmiyum tellür

Kadmiyum Tellür çok kristalli malzeme yapısına sahip güneş pillerindedir. Kadmiyum Tellür ile yapısındaki bu özelliğinden dolayı güneş pili maliyetini düşüreceği ön görülmektedir. Laboratuvar modüllerinde %16 verim sağlamaktadır. Ticari modüllerinde ise daha az verim sağlanmaktadır yaklaşık olarak %7 civarında verim elde edilmiştir.

1.7.5. Bakır İndiyum diselenid

Bakır İndiyum Diselenidde Kadmiyum Tellür gibi çok kristal malzeme yapısına sahip güneş pillerindedir. Laboratuvar ortamında %17.7 verim sağlarken enerji üretim için kullanılan prototiplerinde ise %10.2 verim elde edilmektedir.

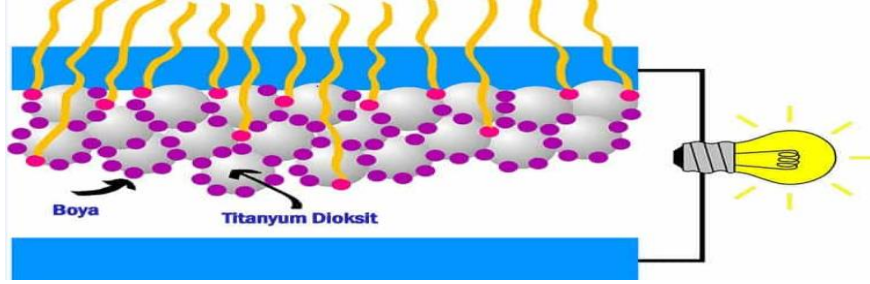
1.7.6. Boya duyarlı güneş pili

Güneş ışığını elektrokimyasal yolar ile enerjiye çeviren güneş pilli çeşitlidir. Sistem ve malzeme yapısı olarak katı hal güneş pili çeşitlerinden farklı yapıya sahiptirler. Yapısında yük ayrımı ve sıvı bir elektrolit kullanılması ile diğer güneş pillerinden farklılık gösterirler. Boyar maddeli güneş pillerine heterojunction hücrelerde denir. Katı hal güneş pillerinde hücreler içinde elektrik alanı yardımı ile yük ayrımı yapılırken, BDGP farklı olarak elektronlar ve katyonlar arasında oluşan difüzyon ile yapılır.

BDGP başlıca aşağıdaki bileşenlerden meydana gelir;

- Elektrolit
- Bant aralığı geniş olan yarıiletken bir matris
- Boyar madde
- İletken camlar

- Katalizör olarak görev yapan kaplama



Şekil.1.26. BDGP temel yapısı.

1.8. Giyilebilir Teknoloji

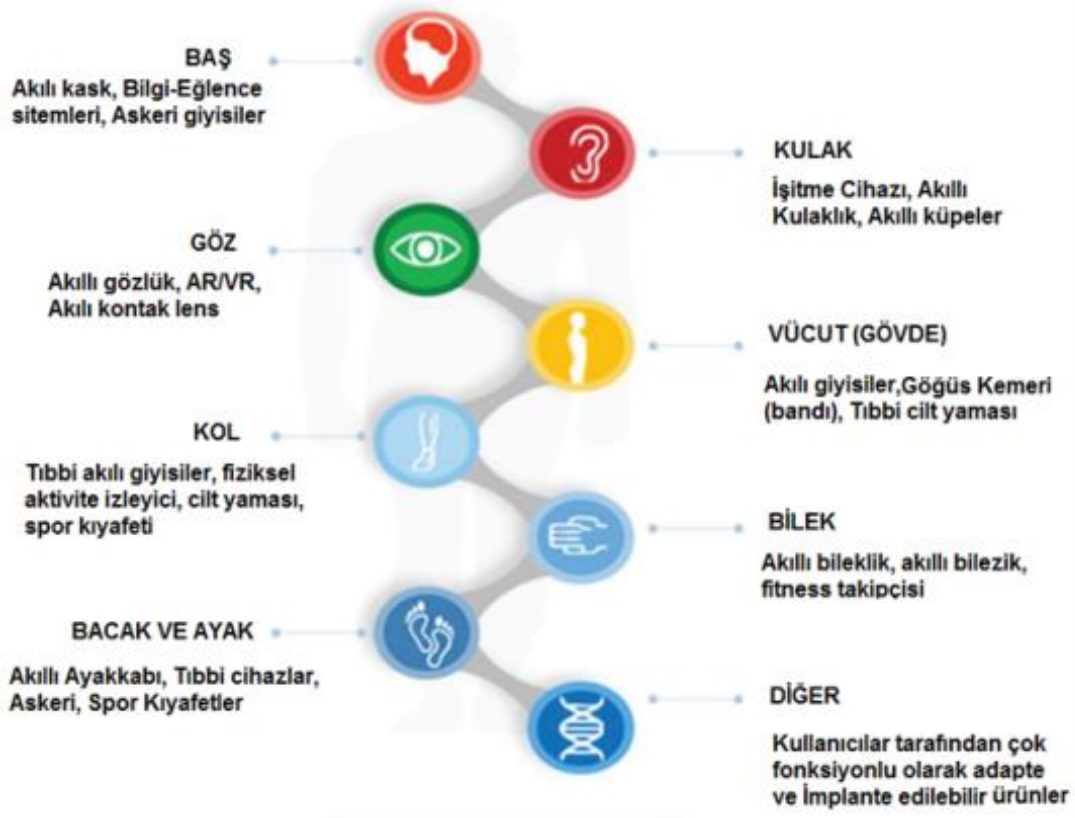
Giyilebilir teknoloji insanların üzerlerine giyebildikleri teknolojiyle alakalı olan her türlü aksesuar ve giysilerin bütünü olarak adlandırılabilir. Bulduğumuz yüzyıl teknoloji çağı olduğu için insanlar her zaman yeni kolaylıklar arayışındadırlar. Günümüzde teknolojiye gelinen noktada giyilebilir teknolojiye önemli bir noktadadır. Kullanılan giysiler üzerine iletişim ve bilgi teknolojilerinin uygulanması ve tekstil ürünlerinin teknoloji ile birleşmesinin sonucunda giyilebilir teknolojiler ortaya çıkmaktadır. Akıllı tekstil ürünleri arasında bilgisayar klavyeleri, akıllı giysiler, akıllı telefonlar, video kameralar, mp3 çalarlar ve benzeri birçok ürün yer alır.



Şekil 1.27. Giyilebilir teknoloji ürünleri (UİB. 2017).

Giyilebilir teknoloji ürünleri vücudumuza göre de sınıflara ayrılabilir. İlk olarak baş bölgesinde başlarsak sanal gerçeklik gözlükleri en popüler örneklerdendir. Öte yandan motosiklet sürücüleri için yapılan akıllı kasklar ise 180 derece gerçek vakitli

kameraları ile sürücünün güvenliğini sağlamaktadır. Askeri alanda yapılan kasklar ise askerlerimizin can güvenliğini artırmaktadır. Akıllı saatler ve bileklikler ise insan hayatını kolaylaştıran genellikle sporla ilgili olan insanların kullandığı fitnees takipçisi ve genellikle temel sağlık (kalp atışı, kan basıncı) takiplerini yaparlar. Tüm bu ürünlere ilave olarak akıllı implantlar örnek verilebilir. Akıllı implantlar diğer ürünlerden farklı olarak insan vücuduna entegre edilmiştir. İnsan nereye giderse onla beraberdir.



Şekil 1.28. Vücudumuza göre kategorilendirilebilen giyilebilir teknoloji ürünleri.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

BDGP' ne ilgi ilk olarak 1990 yıllarda O'Regan ve Grätzel'in yaptığı çalışma olan boya molekülleri etkisiyle duyarlı hale getirilen gözenekli ince film tabanlı ve geniş bant aralığına sahip güneş pilleridir. Bu çalışmada yaklaşık %10 verimli fotoakım dönüşümü gösterilmiştir (O'Regan ve Grätzel, 1991).

BDGP'inde gelen ışığı daha fazla soğurabilmek önemli bir husustur. Bunun için gerekli olan şey geniş iç yüzey alanı ve özenle yapılandırılmış yarıiletken geliştirilmesidir (Narayan, 2012).

Masayuki Okuya ve arkadaşları 1999 yılında kimyasal püskürtme tekniği ile TiO₂ ince film üretmişler. Elde edilen ince film yüzeyini gözenekli bir yapı haline getirmek için çözeltinin içerisine alüminyum asetilasetonat eklemişlerdir. Masayuki ve arkadaşları tekrar aynı tekniği kullanarak geçirgen ve iletken kalay oksit flor üretmişlerdir böylece boya duyarlı güneş pili elde etmişlerdir (Okuya ve ark., 2002).

2000 yılında Hagfeldt ve Gratzel, TiO₂ tabanlı boyar maddeli güneş pili üretmişlerdir ve üretilen güneş pilinde ince film teknolojisi kullanılmıştır. Yapılan boya duyarlı güneş pilinin verimi % 10 bulunmuştur (Hagfeldt ve Gratzel, 2000).

Yapılan araştırmalarda teorik olarak ideal bir boya duyarlı güneş pilinin çalışma verimi %30 olarak belirlenmesine karşın bir türlü bu sonuç uygulamada alınamamıştır bunun sebebi boya duyarlı güneş pillerinin ideal olarak çalışmakta optiksel ve elektriksel kayıplar olmaktadır (Snaith, 2010).

Eren Seçkinin 2010 yılında yaptığı çalışmada anadizasyon parametrelerini optimize etmiş titanyum plakalar üzerinde düzenli bir şekilde dizilmiş tüplerden meydana gelen yüzeyleri tamamen açık olan TiO₂ filmi büyütme. Ayrıca farklı kalınlıktaki TiO₂ filmlerinin güneş pili hücresi verimini araştırmaktır. Sonuçta üretilen düzenli ve düzgün tüplerden meydana gelen TiO₂ boyar maddeli güneş pilleri içerisinde başarılı bir sonuç elde edilmiştir. Bulunan sonuçta TiCl₄ muamelesi uygulanması ile daha küçük hücreler elde edilmesi halinde, arka yüzeyden aydınlatılmış hücrelerde en yüksek verim olan % 6 -7 geçebileceği düşünülmektedir (Seçkin, 2010).

Buğra Kocamanın 2014 de yaptığı çalışmada boya duyarlı güneş hücrelerinde kullanılmak üzere sentezlenen monodispers gözenekli TiO₂ mikropartiküllerin boya

duyarlı güneş hücreleri üzerindeki verimi incelenmiştir. Sentezlenen monodispers gözenekli TiO₂ mikropartiküller literatürde ilk kez boya duyarlı güneş hücrelerinde kullanılmıştır. Elde edilen bu partiküllerle referans alınan TiO₂ kıyaslandığında yaklaşık olarak 7 kat daha fazla enerji dönüşüm verimi sağlanmıştır. Böylelikle yapılan çalışma boya duyarlı güneş hücrelerinde 5 µm boyutunda olan partiküllerin kullanılabilirliğini göstermiştir (Kocaman, 2014).

Yapılan bir başka çalışmada boya duyarlı güneş pillerinde kullanılan ditizon metal kompleks boyaların geliştirilmesi üzerine çalışılmıştır. Bu çalışmada TiO₂ ile farklı metaller olan Zn (çinko), Co (kobalt), Ni (nikel) ve Fe (demir) ile katkılanmış TiO₂ nanopartikülleri mikrodalga destekli hidrotermal yöntemle sentezlenmiştir. Bu sentezlenmenin yanı sıra ditizon ve ditizonun Co ve Zn ile katkılı olduğu metal kompleks boyalar kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda katkılanmış metallerin ditizonla duyarlaştırılarak meydana getirilen güneş pillerinde eklenen tüm katkılamaların verimi artırdığı göstermiştir ve kompleks elde edilerek tutunabilirliğin artırıldığı kanıtlanmıştır (Ünlü, 2017).

Nanoteknolojinin getirdiği yenilikler ile birlikte giyilebilir güneş pilleri gündeme gelmiştir. Bu amaç ile yapılan çalışmada, organik güneş pillerinde ve organik boya esaslı nano kristal yapılı incefilm güneş pillerinde kullanılacak yeni perilen türevi organik boyaların ve rutenyum bipiridil benzeri organometalik boyaların fotovoltaiik ve elektrokimyasal özellikleri incelenmiştir. Bu kapsamda incelenen boyalar dört ana sınıfa ayrılmıştır. Bunlar; perilendimid (PDI), perilenmonoimid (PMI), perilenmonoanhidrid (PMA) ve rutenyum bipiridil türevleri. Perilen benzeri boyalar ile OGP'lerde standart koşullarda %0,65 verim elde edilirken, plastik güneş pillerinde verim %0,35 olarak tespit edilmiştir. Yeni dimer rutenyum karışımı KO-20 ile ise OGP'lerde %6,58 verim, katı-hal OGP'lerde ise %2,1 verim elde edilmiştir. Elde edilen pil verimleri ile kullanılan boyaların redoks potansiyelleri arasındaki ilişki ortaya çıkarılmıştır. İncelemeler UV-Vis soğurma ve floresans spektrumları, boyaların redoks potansiyelleri, SEM ve AFM mikroskop incelemeleri kullanılarak ortaya konan görüntüler, monokromatik foton-akım dönüşüm verimi (IPCE) ölçümleri kullanılarak ve akım-gerilim (I-V) ölçümleri tespit edilmiştir (Zafer, 2006).

Fotovoltaik güneş pillerinde, ZnO filmleri, bakır indiyum-diselenid veya amorf silikondan oluşan ince film n-tipi iletken cam olarak kullanılmaktadır. ZnO bileşiğinin kristal yapısı yoğunluk fonksiyonel teorisi (DFT) ile genelleştirilmiş gradyant yaklaşımı (GGA) kullanılarak yüksek hidrostatik basınç altında 100 GPa'ya kadar davranışı incelenmiştir. Normal şartlar altında ZnO, uzay grubu P63mc olan wurtzite (B4) tipi yapıda kristalleşmektedir. Bu yapı üzerine basınç arttırıldığında, ZnO'nun B4 yapısı uzay grubu Fm3m olan NaCl (B1) tipi yapıya dönüştüğü görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen faz geçişlerinin deneysel sonuçlarla uyumunu incelemek için toplam enerji ve entalpi hesaplamaları yapıldı. Bu hesaplamalar sonucu faz değişiminin 9 GPa civarında gerçekleştiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca ZnO bileşiğinin elektronik özellikleri de incelenmiştir. Yapılan inceleme sonunda B4 ve B1 yapıları için band aralıkları sırası ile 0.7 eV ve 1.95 eV olarak elde edilmiştir (Kürkçü ve Merdan, 2018).

Günlük hayatta kullanılan cihaz ve sistemlerin boyutunun nano seviyelere indirgenmesi, bu şekilde tasarlanması ve uygulanmasını nanoteknoloji olarak tanımlayabilmekteyiz. Nanoteknoloji bu haliyle elektronik ve tekstil sektöründe uygulanması bakımından uygun bir konumda bulunmaktadır.

Bu çalışmada, nanoteknolojinin tekstil sektöründe uygulama alanları ve uygulama örnekleri açıklanmaktadır. Nanoteknolojinin fizik, biyoloji,, malzeme bilimi, matematik, tıp, kimya, eczacılık, elektronik, bilişim ve haberleşme gibi alanlar ile birebir etkileşimde olduğu görülmektedir. Nanoteknoloji ile geliştirilen nanoliflerin çapı 0,5 mikrondan daha az olduğu tespit edilmiştir. Geliştirilen bu liflerin çapları 50 ile 300 nm arasında değişiklik göstermektedir. Nanoliflerin uygulanması ve üretimi ile ilgili araştırmaların takribi 20 yıldır devam ettiği bilinmektedir. Herhangi bir materyal ya da cihaz nano boyutlara indirgendiğinde daha farklı fiziksel ve kimyasal kazanmaktadır. Dolayısıyla bu teknoloji tekstil sektörüne de girmiş ve yine bu sektörde pek çok uygulama alanı bulunduğu görülmüştür. Tekstil sektörünün geleceğinde üretilen lif ve fonksiyonel ürünlerin günlük yaşantımızı kolaylaştıracağı tespit edilmiştir (Özdoğan ve ark., 2006).

Başka bir çalışmada, nanoteknolojinin ne anlama geldiği ve nanoteknolojinin tekstil alanında uygulama örnekleri incelenmiştir. Nanoteknoloji kullanılarak üretilen tekstil ürünleri ve bu ürünleri üretim sırasında uygulanan nanoteknolojik yöntemler

incelenmiştir. Dolayısıyla tekstil ürünlerinin nanoteknoloji ile kazanmış olduğu özelliklerine nanolif, nanotüp gibi nano düzeydeki bazı materyallerin ve nano boyutlu yüzeyler oluşturmak için uygulanan teknolojilerin nedenleri incelenmiştir. Bu materyal ve teknolojilerin tekstil ürünlerine ve tekstil sektörüne ne gibi özellikler kazandırdıkları tespit edilmiştir (Celep ve Koç, 2008).

Nanoteknoloji çağımızın teknolojisi olarak düşünülmektedir ve günlük yaşantımızda kullanılmaya başlanmıştır. Nano seviyede kullanmış olduğumuz metal parçacıkların kullanımı ve uygulaması ile geliştirilen ileri teknoloji cihaz ve malzemelerin hayatımızdaki yeri son yıllarda giderek artmış göstermektedir. Nano-parçacık terimi ise nanoteknoloji kapsamında 100 nm'den daha küçük boyutlara sahip parçacıklara verilen isimdir. Nano seviyede metal parçacıklar, ileri teknolojiye kullanılan cihaz ve malzemelerin değişilmez hammaddeleri olup, uygulama alanları farklı sektörlerle ulaşılmış durumda bulunmaktadır. Uzay, havacılık, bilişim ve haberleşme, otomotiv, kimya, elektrik-elektronik, enerji, çevre, gen mühendisliği biyoloji, ve savunma sanayi gibi önemli uygulama alanları bulunmaktadır. Yapılan çalışmada, antibakteriyel özellikleri düşünüldüğünden dolayı özellikle kozmetik ve medikal sektörde her geçen gün ilginin arttığı biyosensör uygulamalarında da tercih edilen nano boyutlara sahip gümüş parçacıkların üretimi ve üretim şartlarının en iyi koşullara getirilmesi incelenmiştir. Gümüş nano parçacıkların üretimi, Ultrasonik Sprey Piroliz (USP) tekniğinin kullanılması amaçlanmıştır (Yazıcı, 2009).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında yapılan tüm deneyler Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü laboratuvarında yapılmıştır.

3.3. Materyal

3.3.1. Kaplama yapılacak malzeme

Kaplama yapılacak tekstil malzemesi %100 pamuk denim kumaştır. Bu kumaş Kayseri ilinde bulunan ORTA ANADOLU TEKSTİL A.Ş den tedarik edilmiştir. Tekstil tipi 1595/ Denim A2994 dür.

3.3.2. Gelişmiş vakumlu kurutma fırını

Bu çalışmada gelişmiş vakumlu kurutma fırını kullanılmıştır. Vakumlu kurutma fırını, termo-duyarlı ve 46 oksidatif olan malzemelerin kolayca kurutulması için özel olarak tasarlanmıştır. Laboratuvar kurutma fırını, bazı malzemeleri karmaşık bileşenlerle kurutmak için inert gazla doldurulabilir. Laboratuvar kurutma fırını, eczacılık, elektrik ve kimya endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3.1. Gelişmiş vakumlu kurutma fırını.

3.4. Yöntem

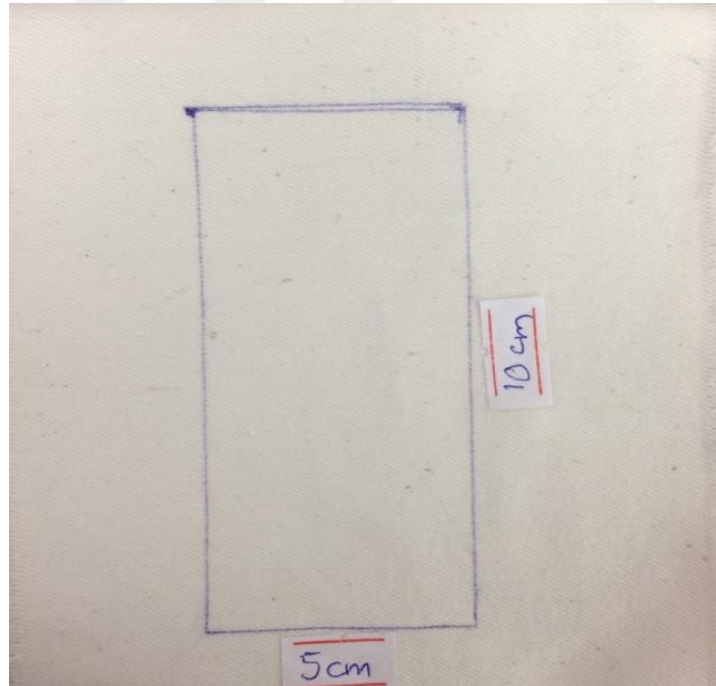
3.4.1. Pamuklu denim kumaş üzerine grafen kaplanması

3.4.1.1. Ön hazırlık

Top halinde gelen pamuklu denim kumaş ilk aşamada 20 cm 20 cm kare boyutlarda kesilmiştir. Kesilen bu kumaş kenarlarındaki iplik çıkıntıları temizlenerek yıkama aşamasına geçilmiştir. Üzerindeki kalıntılardan arındırılmak istenilen pamuklu kumaş saf su yardımı ile yıkanmıştır. Yıkanan bu kumaşlar doğal şartlarda kurutularak kaplama için hazır hale getirilmiştir.

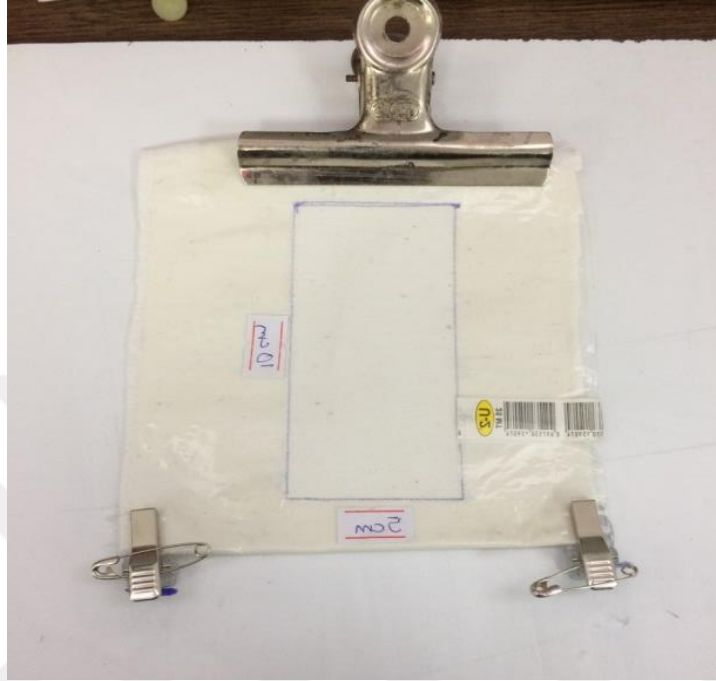
3.4.1.2. Grafen kaplama

Hazırlanan pamuklu denim kumaşlarda kaplama aşamasına geçilmiştir. Öncelikle kaplama boyutları 10 cm dikey 5 cm yatay olmak üzere kaplama yapılacağına karar verilmiştir. Kaplama yapılan kumaşlar bu boyutlarda çizilmiştir.



Şekil 3.2. Belli ölçülerde çizilen pamuk denim kumaş.

Çizilen bu sınırlar arası kaplamaya başlanmıştır. Kaplama için bir düzenek üzerine kumaş sabitlenmiştir.



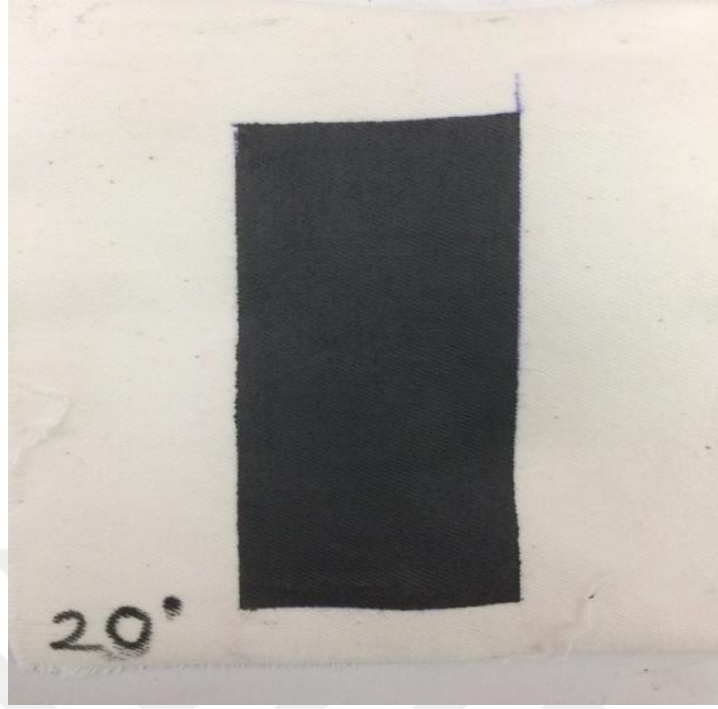
Şekil 3.3. Düzenek üzerine sabitlenen kumaş.

Sabitlenen kumaş üzerine çizilen sınırlarda grafen kaplama yapılmıştır. İnce bir lehva yardımıyla kaplanan kumaş kurutmaya hazır hale gelmiştir. İlk aşamada toplam 5 adet numune hazırlanmıştır.

3.4.1.3.Kaplanan kumaşın vakumlu kurutma fırınında kurutulması

Aynı koşullarda hazırlanan pamuklu denim kumaşları kurutma aşamasına geçilmiştir. Kurutma aşamasında öncelikle fırın 20 ° ısıya ayarlanmıştır. 20 ° ısıtılan fırına ilk numune koyulup 20 dk kurutulmuştur.

Ardından fırın 40° ayarlanmış yeni numune de 20 dk kurutulmuştur.. Üçüncü numune ise 60 ° fırında 20 dk kurutulmuştur. Ardından 4. ve 5. numunelerde sırasıyla 80 ° ve 100° fırında 20 şer dk kurutulmuşlardır. Bu şekilde 5 numunede de kurutma işlemine alınmıştır Kurutma işleminden sora ilk hazırlanan bu beş numune SEM ve XRD cihazlarında incelemeye tabi tutulmuştur.



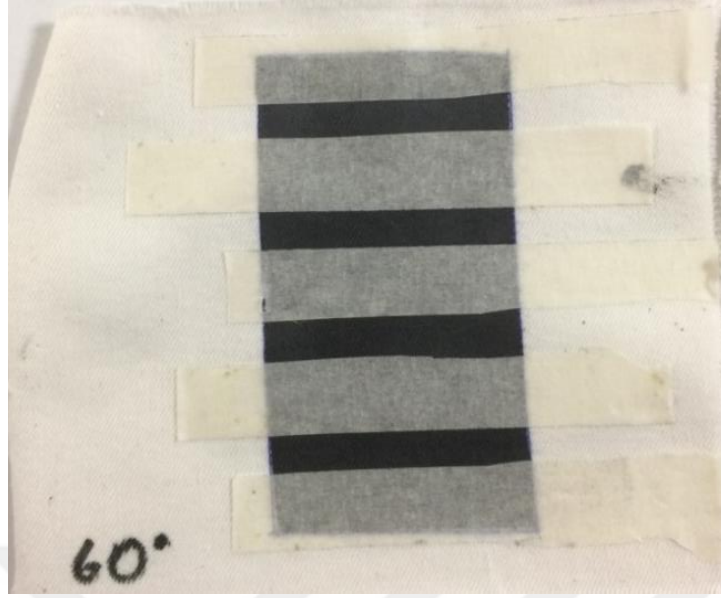
Şekil 3.4. Kaplanan pamuklu denim kumaş.

3.4.2. İkinci aşama kaplama işlemi

Pamuklu denim kumaş üzerine ilk aşmadaki tüm işlemler tekrar edilerek yeniden 5 adet numune elde edilmiştir. Sırasıyla kumaş kesilir, belli boyutlarda çizilir çizilen bu sınırlar içerisinde grafen kaplanır. Ardından 20°, 40°, 60°, 80° ve 100° de 20 dk boyunda grafen kaplı pamuklu denim kumaşlar kurutulur.

Ardından kurutulan bu pamuklu kumaşlar üzerine yeni bir kaplama işlemi yapılmıştır. Kaplama maddesi olarak TiO₂ kullanılır. Kullanılan TiO₂ malzemesi 20 nanometre ve 300 nanometre boyutundadır. Öncelikle kumaş 4 farklı şekilde kaplanmak için ayrılır.

Ayrılan katmanlar aşağıdan yukarıya doğru 1, 2, 3 ve 4 olarak numaralandırılmıştır. Her katmana ayrı şekilde farklı biçimlerde kaplama işlemi uygulanacaktır.



Şekil 3.5. Farklı bölümlere ayrılmış pamuk denim kumaş.

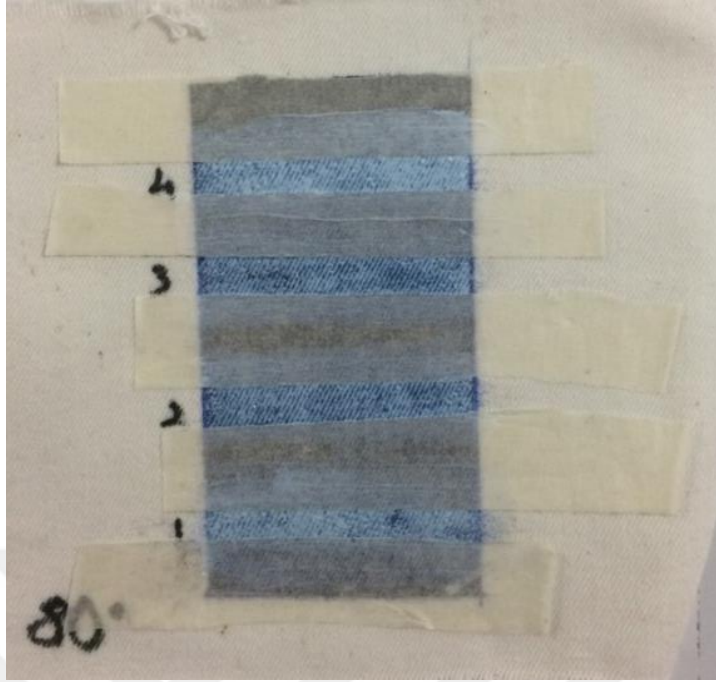
İlk kaplama şeklinde birinci ayrılan parçaya ince bir katman halinde tek kat 20 nanometre boyutundaki TiO_2 malzeme kaplanır.

İkinci ayrılan kısma ise öncelikle bir katman 20 nanometre boyutunda TiO_2 kaplanır. Ardından doğal koşullarda kurumaya bırakılan kumaş üzerindeki kaplama kurduğunda üzerine 300 nanometre boyutundaki TiO_2 kaplanır. Bu kaplamadan sonrada ikinci katmanda kurumaya bırakılır.

Üçüncü ayrılan kısım üzerine de ilk olarak bir katman 20 nanometre boyutunda TiO_2 kaplanır. Tekrar kurumaya bırakılan kumaş üzerine kurduktan sonra Bir katman daha 20 nanometre boyutunda TiO_2 kaplanır ve kurumaya bırakılır.

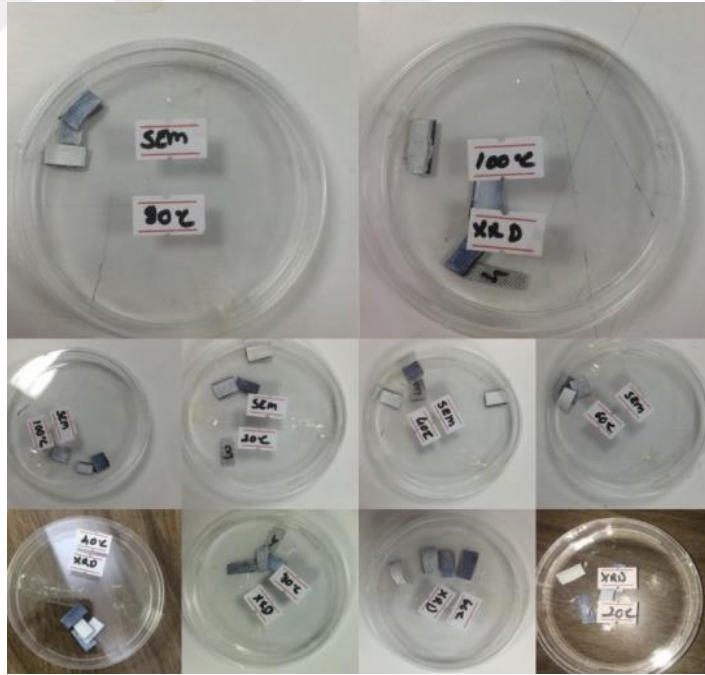
Dördüncü ayrılan kısım üzerine ise 4 defa kaplama işlemi uygulanmıştır. İlk olarak 20 nanometre boyutunda TiO_2 kaplanmıştır. Kurduktan sonra tekrar bir katman 20 nanometre boyutunda TiO_2 kaplanmıştır. Bu katmanda kurduktan sonra bir katman 300 nanometre boyutunda TiO_2 kaplanmıştır. Son olarak ise tekrar 300 nanometre boyutunda TiO_2 ile kaplama işlemi sonlandırılmıştır

Yapılan tüm bu aşamalar beş farklı sıcaklıkta kurutulan grafen kaplı kumaş üzerinde tekrarlanmıştır.



Şekil 3.6. Son aşama kaplama.

Ardından SEM ve XRD için numuneler kesilip incelemeye gönderilmiştir.

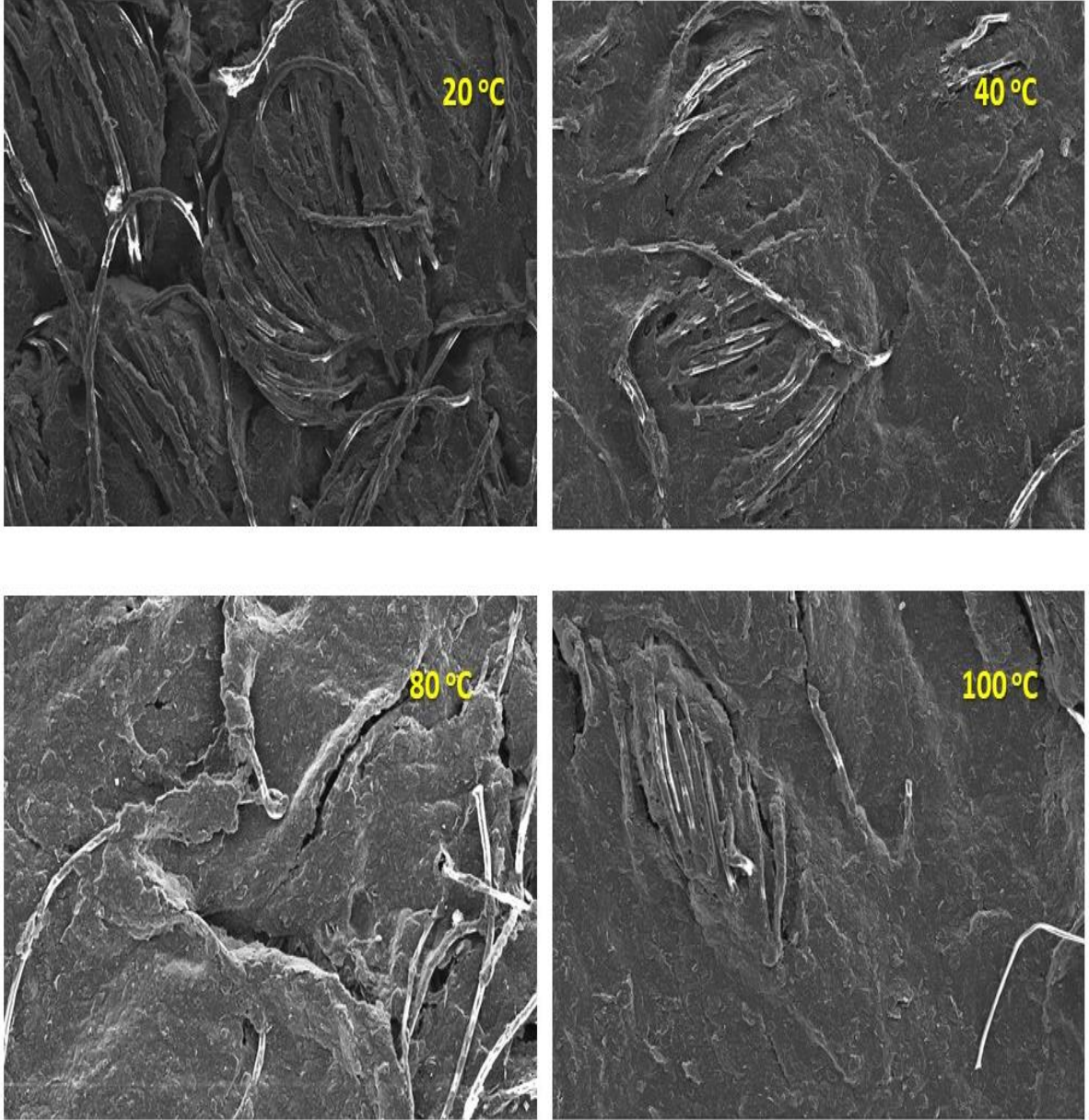


Şekil 3.7. SEM ve XRD numuneleri

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

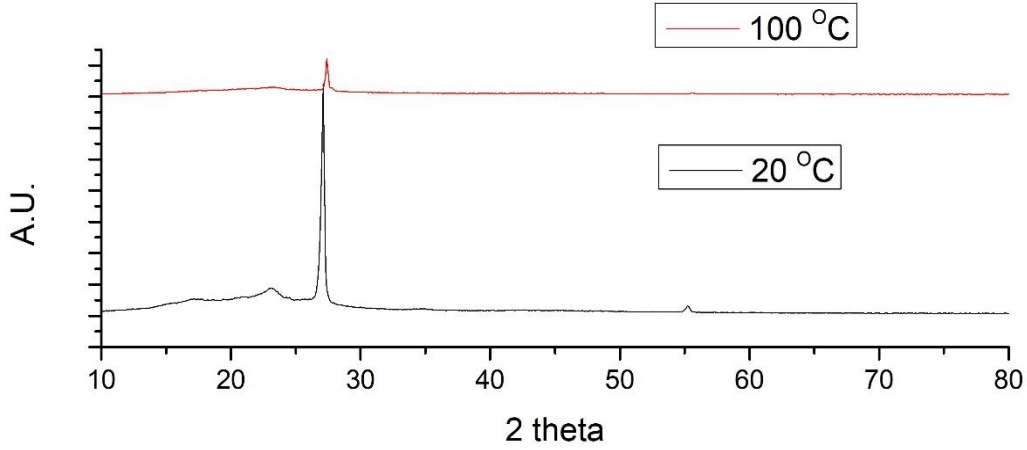
4.3. SEM Analizleri

4.3.1. Karbon kaplama sonuçları



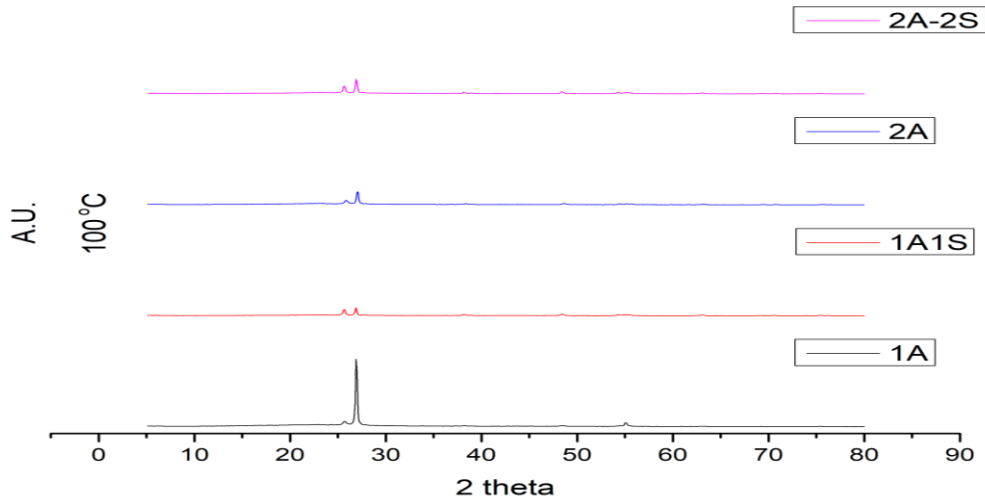
Şekil 4.1. Grafen kaplamalı anot yüzeylerin SEM analiz sonuçları.

Sıcaklık 100 °C derecede kaplanan karbon katmanlarının 20 derecede kaplanan karbon katmanlarına göre daha iyi olduğu, sıcaklık artışı ile de kaplamanın tekstil yüzeyine daha iyi tutunduğu görülmüştür.

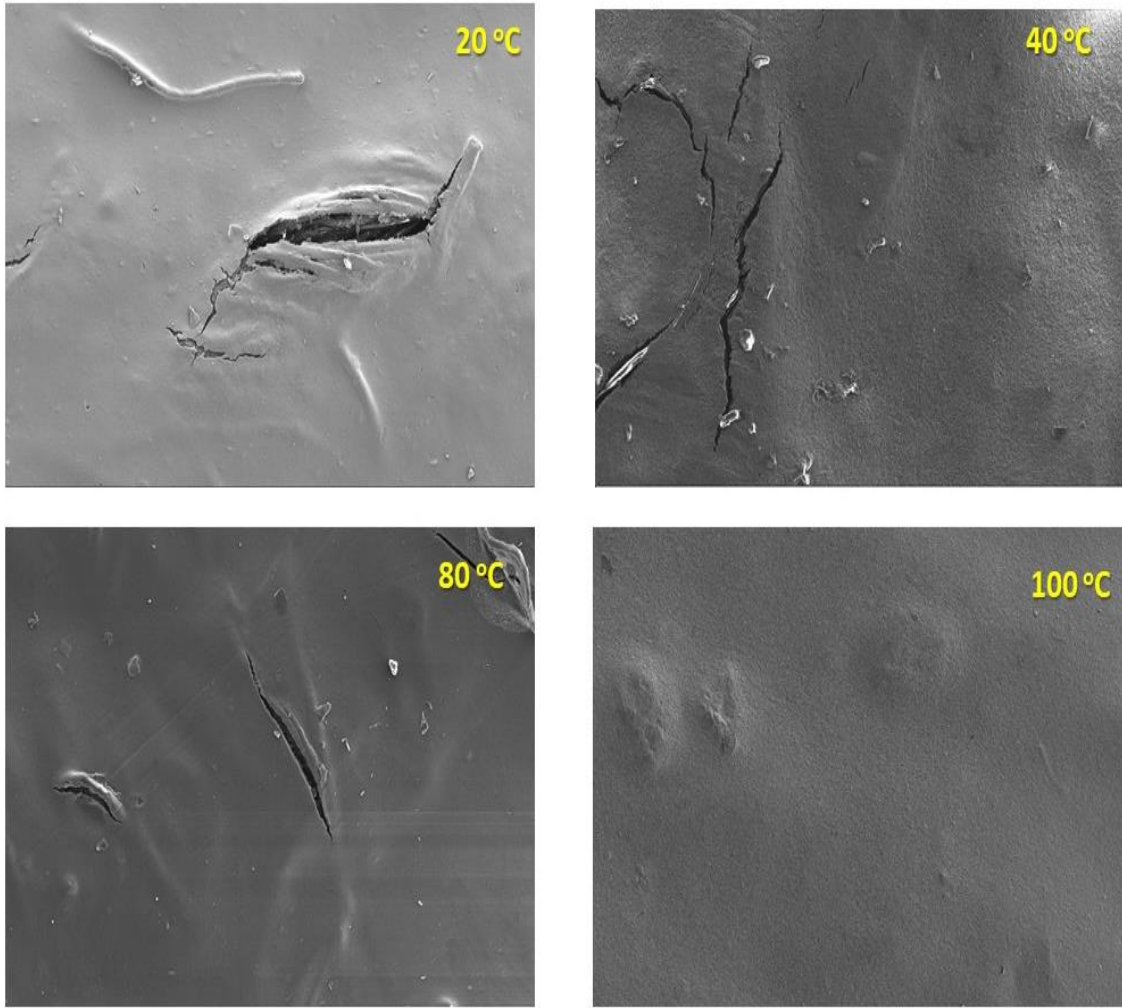


Şekil 4.2. Grafen kaplamalı anot yüzeylerin XRD analiz sonuçları.

Sıcaklık 100 °C derecede kaplanan karbon katmanlarının 20 derecede kaplanan karbon katmanlarına göre daha iyi kristal yapıda olduğu, sıcaklık artışı ile de kristal yönelmeleri artışı gözlenmektedir.



Şekil 4.3. TiO₂ kaplamalı anot yüzeylerin XRD analiz sonuçları.



Şekil 4.4. TiO₂ kaplamalı anot yüzeylerin SEM analiz sonuçları.

Sıcaklık artışı ile daha düz ve pürüzsüz kaplamalar elde edilebilmiştir. Çatlaksız ve pürüzsüz yüzey 100 °C de elde edilmiştir.

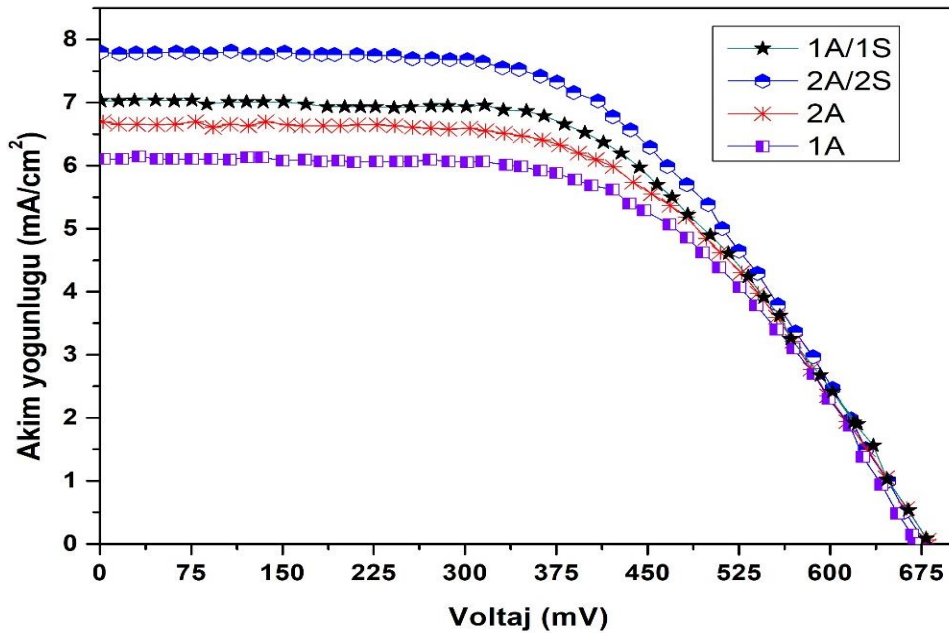
4.4. Güneş Pili Performans Analizleri

Güneş Pili enerji analizlerinde güneş hücrelerinde fazla verim elde edebilmek için yüzey alanını artırmak gerekir (Guo ve ark.,2014).

Yapılan çalışmalarda kullanılan TiO₂ 'in boyutları değişmektedir (Kocaman, 2014).Yapılan bu tez çalışmasında literatürden farklı olarak 20 nm nin yanında 300 nm boyutunda da TiO₂ kaplaması kullanılmıştır.

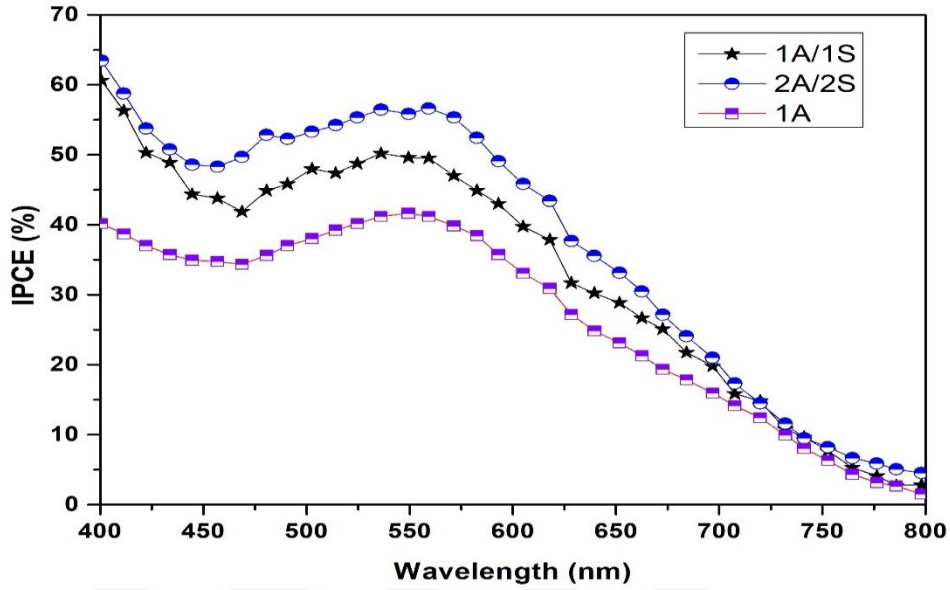
4.4.1. J-V analizi

Daha fazla katman sayısı ve performans değerleri belirlenmiş olan akım yoğunluğu voltajı (J-V) eğrilerinin sonuçları, aşağıdaki J-V karakteristik eğrileri, Şekil 5'de gösterilmiştir. Kısa devre akım yoğunluğunun, J_{sc} 'nin fotoğraf anotundaki uygulanan saçılma katmanı ile arttığını göstermektedir. En iyi düzelme, 2 saçılma katmanı ile BDGP' de $7.38 \text{ mA} / \text{cm}^2$ olarak bulunmuştur. Bununla birlikte, 1A (hiç saçılma katmanı olmayan sadece 20nm lik parçacıkların) $6,6 \text{ mA} / \text{cm}^2$ vdir. Örneklerin hepsinde neredeyse aynı V_{oc} vardır. Mevcut dönüşüm verimliliğine (% 2.01) en iyi foton, 2A-2S örneği tarafından elde edilmiştir. En yüksek verime sahip olan ZDT' nin çeşitli nedenlerle netleştirilmesi mümkündür. Her şeyden önce 300nm lik (S katmanı) partiküllerinin ışık saçma kabiliyeti, TiO_2 filmi içinde hapsedme ve daha uzun bir ışık yolu uzunluğu ile ışık emilimini artırabilir, elektron taşıma verimliliğini etkileyen ve rekombinasyon hızlarını azaltan boya uyarımında bir iyileşmeye yol açabilir. İkinci neden, 300nm lik (S katmanı) 'nin doğrudan fotoelektron üretimi üzerinde aktif rol oynayabileceği düşünülmektedir. Üçüncü sebep, ZDT' nin boya yükleme işlemi üzerinde olumlu etkisidir.



Şekil 4.5. TiO_2 kaplamalı anot yüzeylerin J-V analiz sonuçları.

4.4.2. IPCE (iç kuantum) analizleri



Şekil 4.6. IPCE- wavelenght analizleri

Şekil 4.6. 'da verilen iç kuantum akım verimliliği (IPCE), farklı foto elektrotlarının foto hassasiyetini daha iyi anlamak ve verilen dalga boyunda saçılma etkisine dair daha fazla kanıt sağlamak için anahtardır. Hem 2A-2S hem de 1A-1S hücreleri, 0-SL referans hücresiyle karşılaştırıldığında uzun dalga boyu aralığında (530-750 nm) IPCE'de önemli bir artış göstermiştir. Bu gelişme, 2kat 300nm ile kaplanmış parçacıkların DSSC' deki saçılma etkisi nedeni ile daha yüksek bir IPCE' ye sahiptir. 2A-2S emici katman üzerinde başarıyla saçılan bir katman görevi görür. Sonuç olarak 2A-2S hem uzun hem de kısa dalga boylarında daha yüksek IPCE değerlerine sahiptir.

4.4.3. EIS analizleri

EIS tekniği, BDGP'lerde meydana gelen elektrokimyasal ve foto elektrokimyasal işlemlerin kinetiğini araştırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Empedans spektrumları Çizelge 4.1 de Deneyler, Voc'te 0,1 Hz ila 100 kHz arasında değişen her üç örnek için 675 mV değerlerinde aydınlatma altında yapıldı. EIS spektrumunun Nyquist parsellerinde iki yarım daire gözlemlendi. Frekans aralığı 0,1 MΩ'den düşük olan

küçük bir yarım daire, yüksek frekans bölgesini (Z_1) temsil eder. Pt counter elektrot / iodine şarj aktarım dirençleri (R_{ct}) arasındaki arayüzlere takılan küçük yarım daire. Düşük frekans bölgesinde (Z_2) ikinci yarım daire gözlemlendi. İkinci yarım daire sabit bir faz elemanı ve foto anot filmi içinde enjekte edilen elektronların birikimine (R_w) ve yük foto transferine (anot / iyot elektrolit veya ITO / foto anot ara yüzüne) sahiptir. DSSC' de EIS model analizindeki kaynaklar ışığında, Tablo 1'de verilen önemli kinetik EIS parametre 2A-2S lerinin değerleri Zsimpwin yazılımıyla hesaplandı. Tablo 1'deki hesaplanan EIS verilerine göre, 2A-2S tüm hücreler arasında en iyi performansı verir. Düşük R_w ve R_{ct} direnç değerlerine sahiptir, düşük R_w , hücre üzerindeki tüm şarj arayüzlerinde en verimli şarj transfer işlemini gösterdiği anlamına gelir.

Çizelge 4.1. DSSC kinetik parametleri

<u>Örnek</u>	R_s (Ω)	R_{ct} (Ω)	R_w (Ω)	f_{max} (Hz)	τ_e (ms)
1A	11.35	5.09	16.79	12.12	8,25
1A1S	10.26	4.77	13.57	9.48	10,54
2A2S	9.86	4.03	10.33	7.01	14,90

5. SONUÇ

Boyayla duyarlılaştırılmış güneş pili (BDGP), yüksek verimli, düşük maliyetli fotovoltaik hücrenin farkına varmak için geniş araştırma ilgilerini çekmiştir. Uzun yıllar boyunca, TiO₂ ve ZnO, nanopartiküller, nanoteller ve nanotüpler gibi nanomalzemeleri emer ve N719, N3 ve C101 gibi organometalik rutenyum boya aileleri, yüksek verimli anotları elde etmek için iyi bilinen en verimli malzemelerdir. Bununla birlikte, DSSC' nin maksimum dönüşüm verimliliği kaydedilen % 10 civarında bir bariyere sahiptir. Ancak göreceli olarak verimliliği düşük olan bu güneş pillerinin ticarileşmesi için, mevcut kullanılan rijit cam bazlı yapıdan esnek yapıya dönüşmesi bir çözüm olarak düşünülmektedir. Bu esnek pilin çalıştırılabilmesi için, ışık yolunu genişletmek için yeni bir konu olan saçılma tabakasını, literatürde bulunan diğer pillere göre ışık hasat verimliliğini arttırmak için bu tez kapsamında kullanılmıştır. Uygun saçılma katmanı, daha yüksek parçacık büyüklüğü (> 100 nm) gibi emici katmandan farklı özelliklere sahiptir ve emici katmanın boya yükleme özellikleri üzerinde herhangi bir azaltıcı etkiye sahip olmamalıdır. Bununla birlikte, geleneksel saçılma tabakaları, emici tabakanın boya yükleme kapasitesini azaltır, bu da yüksek verimli hücreler elde etmek için bir zorluktur. Bu çalışmada 300 nm çapında porozitesi yüksek TiO₂ hidrotermal yöntemle sentezlendi ve DSSC' nin ışık-enerji dönüştürme verimliliğini arttırmak için saçılma tabakası olarak kullanıldı. Geleneksel DSSC ile karşılaştırıldığında 2 katman saçılma tabakası kullanılarak fotovoltaik verimlilik ve en yüksek IPCE değerinde göreceli şekilde iyileşme sağlanmıştır. Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi (EIS) ile yaşam boyu ölçümlerinde olumlu gelişmeler gözlemlendi. 2 kat saçılma tabakasının uygulanmasıyla rekombinasyon süresi yaklaşık iki katına çıkmıştır. Bu çalışmanın ışığında, esnek kumaş üzerine uygulanmış yüksek verimli boyaya duyarlı güneş pilli başarılı bir şekilde elde edilmiştir.



KAYNAKLAR

- Anderson, S.R., Mohammadtaheri, M., Kumar, D., O'Mullane, A.P., Field, M.F., Ramanathan, R., Bansal, V., 2016. Robust nanostructured silver and copper fabrics with localized surface plasmon resonance property for effective visible light induced reductive catalysis. *Advanced Materials Interfaces*, **3** (6): 1-39.
- Anonim, 2006. Applications of Nanotechnology. <https://foresight.org/nano/applications.php> Foresight Institute, California. Erişim tarihi: 12.03.2019.
- Anonim, 2014. Türkiyede Güneş Enerji Potansiyeli, Ekolojist. <http://ekolojist.net/turkiyede-gunes-enerjisi-potansiyeli/>. Erişim Tarihi:05.03.2019.
- Anonim, 2014. The Lycurgus Cup - Ancient Roman Glass that Magically Changes Colors, <http://www.grandvoyageitaly.com/history/the-lycurgus-cup-ancient-roman-glass-that-magically-changes-colors>, Erişim Tarihi: 03.07.2019
- Ates, H., 2015. Nano parçacıklar ve nano teller. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, **3**(1): 437-442.
- Baalousha, M., How, W., Valsami-Jones, E. Lead, J.R. 2014. Overview of environmental nanoscience. *Nanoscience and the Environment. Elsevier*, **7** :1-54.
- Bayındır, M., 2007. Nanoteknoloji hayatımızda. *Bilim ve Ütopya*, **152**: 12-18.
- Benli, B. 2008. Nanoteknoloji ve antik çağlara uzanan killi nanoyapılar. *Kil Bilimi ve Teknolojisi Dergisi Kibited*. **1** (3) : 143-162.
- Çelep, Ş., 2007. *Nanoteknoloji ve Tekstilde Uygulama Alanları*. (yüksek lisans tezi), Ç.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Erkoç, Ş., 2012 *Nanobilim ve Nanoteknoloji*, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş., Ankara, 28.
- Ersöz, M., Işıtan, A., Balaban, M., 2018, *Nanoteknoloji 1*. Uninano, Denizli. 22
- Grätzel, M., 2003. Dye-sensitized solar cells, *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, **4** :145–153.
- Grätzel, M., O'Regan B., 1991. A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films, *Nature*, **353** : 737 – 740.
- Guo,K., Li, M., Fang, X., Bai, L., Luoshan, M., Zhang, F.,2014. Xingzhong Zhao, Improved properties of dye-sensitized solar cells by multifunctional scattering layer of yolk-shell-like TiO₂ microspheres, *Journal of Power Sources*, **264**: 35-41.
- Hagfeldt, A., Gratzel M., 2000. Molecular photovoltaics. *Acc. Chem. Res.* **33**: 269–277. <http://www.muhendisbeyinler.com> Erişim tarihi: 14.04.2019
- Hulla, J.E., Sahu, S.C. ve Hayes, A.W., 2015. Nanotechnology: History and future. *Human Experimental Toxicology*, **34**(12): 1300-1321.
- Kadioğlu, S., Telliöğlu, Z., 1996. Enerji kaynaklarının kullanımı ve çevreye etkileri. *TMMOB Türkiye Enerji Sempozyumu*. 12-14 Kasım 1996, Ankara. 55-67.
- Kazmerski, L.L., 2006. Solar photovoltaics R&D at the tipping point.A 2005 technology overview. *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena*, **150** : 105–135.
- Keiper, A., 2003. The nanotechnology revolution. *A Journal of Technology and Society*, **1** (2): 17-34.

- Kocaman, B., 2014. *Boya Duyarlı Güneş Hücreleri İçin Yeni Sistemlerin Geliştirilmesi Ve Karakterizasyonu* (yüksek lisans tezi). Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, H.D., Avcı, E.D., 2005. Türkiye’de geleneksel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli ve çevresel etkilerinin karşılaştırılması. *TMMOB Yenilebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*. 19-21 Ekim 2005, Mersin. 1-7.
- Kürkçü, C., Merdan, Z., 2018. Güneş pilleri için ZnO'nun yapısal ve elektronik özelliklerinin incelenmesi: Ab-initio çalışması. *BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi*, **20** (2): 22-33.
- Luo, M., Wang, H., Wang, Z., Cai, H., Lu, Z., Li, Y., Du, M., Huang, G., Wang, C., Chen, X., Porembka, M.R., Lea, J., Frankel, A.E., Fu, Y.X., Chen, Z.J., Gao, J., 2017. A Sting-Activating nanovaccine for cancer immunotherapy, *Nature Nanotechnology*, **12**: 648–654.
- Menceloğlu, Y., Kırca, M., 2008 Uluslararası rekabet stratejileri. *Nanoteknoloji ve Türkiye*, Yayın No: TÜSİAD-T/2008: 11-474.
- Mongillo, J. F., 2007. *Nanotechnology 110*. Westport: Greenwood Publishing Group, London, 37.
- Mutlu, S., 2016. *Biyo-malzeme Duyarlı Güneş Pili* (yüksek lisans tezi). Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karaman.
- Narayan, M.R., 2012. Review: Dye sensitized solar cells based on natural photosensitizers. Renewable and sustainable energy reviews, *Elsevier* **16**: 208-215,
- Nelson, J., 2003. *The Physics of Solar Cells*, Imperial College Press. ISBN:9781848168237, London. 210.
- Neville, R. C., 1995. *Solar Energy Conversion the Solar Cell*, Elsevier, Northern Arizona University Flagstaff, A.Z., U.S.A., 339.
- Okuya, M., Nakade, K., Kaneko, S., 2002. Porous TiO₂ thin films synthesized by a spray pyrolysis deposition (SPD) technique and their application to dye sensitized solar cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. **70**: 425-435.
- Özdoğan, E., Demir, A., Seventekin, N., 2006. Nanoteknoloji ve tekstil uygulamaları. *Tekstil ve Konfeksiyon* **3/2006**: 159-165
- Q’Regan, B., Gratzel, M., 1991. A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films. *Nature*, **353**: 737-739.
- Ratner, M.A., Ratner, D., 2003. *Nanotechnology: A Gentle Introduction to the Next Big Idea*. New Jersey, USA, 57.
- Savrul, M., 2010. *AB İlişkileri Çerçevesinde Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının İktisadi Açından Değerlendirilmesi* (yüksek lisans tezi). Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.
- Schiermeier, Q., Tollefson, J., Scully, T., Witze, A., Morton O., 2008. Electricity without carbon, *Nature*, **5**: 10–15.
- Seçkin, Eren., 2010. *Titanyum Anodizasyonu Yöntemi ile Boyar Maddeli Güneş Pili Hücresi Üretimi ve Verim Karakterizasyonu* (yüksek lisans tezi). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Service, R., F., 2005. Solar energy. Is it time to shoot for the sun?, *Science*, **309**, (5734), :548–551.

- Snaith, H. J., 2010. Estimating the maximum attainable efficiency in dye-sensitized solar cells, *Adv. Funct. Mater.*, **20**(1): 13–19.
- Spanggaard, H., Krebs F.C., 2004. A brief history of the development of organic and polymeric photovoltaics, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, **83**:125–146.
- T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017. Dünya ve Türkiye enerji ve tabii kaynaklar görünümü. *Strateji Geliştirme Başkanlığı*. **15**: 4-26
- Tolochko, N.K., 2009. History of nanotechnology. *Nanoscience and Nanotechnology*. EOLSS. **1**: 1-6.
- Torunoğlu Gedik, Ö., 2015. *Yenilebilir Enerji Kaynakları ve Çevresel Etkileri*. (yüksek lisans tezi). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ünlü, B., 2017. *Boya Duyarlı Güneş Pilleri İçin Ditizon Metal Kompleks Boyalar Geliştirilmesi* (yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Varınca, K.B., Gönüllü, M.T., 2006. Türkiye’de Güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma. *I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*. 21-23 Haziran 2006, Eskişehir. 270-275
- Yazıcı, E., 2009. *Ultrasonik Sprey Piroliz Tekniğiyle Küresel Gümüş Nano-Partiküllerinin Üretimi*. (yüksek lisans tezi), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Zafer, C., 2006. *Boya Esaslı Nanokristal Yapılı İnce Film Güneş Pili Üretimi* (doktora tezi). EÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.



ÖZ GEÇMİŞ

Handan EKER, 1993 yılında Van' da doğdu. İlk ve ortaöğrenimini Van'da Yavuz Selim İlköğretim Okulu'nda tamamladı. Lise öğrenimine ise 2007 yılında Van'da bulunan Şehit Koray Akoğuz Lisesi'nden başladı. 2012 yılında başladığı Batman Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü 2016 yılında bitirdi. 2017 yılında Van'da bulunan Yüzüncü Yıl Üniversitesinde Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı. 2018 yılında Türk Standartları Enstitüsünde inceleme uzmanı olarak göreve başladı ve halen bu görevde devam etmektedir.



T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 02/09/2019

Tez Başlığı / Konusu: **PAMUKLU DENİM KUMAŞ ÜZERİNE GÜNEŞ PİLİ GELİŞTİRİLMESİ**

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 77 sayfalık kısmına ilişkin, 02/09/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin .intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezin benzerlik oranı %7 (yedi) dx.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

12/09/19
Tarih ve İmza


Adı Soyadı: Handan EKER

Öğrenci No:169101162

Anabilim Dalı: Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Programı: Makine Mühendisliği

Statüsü: Y. Lisans

Doktora

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR

Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim Yavuz



(Unvan, Ad Soyad, İmza)

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR



(Unvan, Ad Soyad, İmza)