

# GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİ, İTÜ' DE YAPILAN ÇALIŞMALAR VE BİNALARDA UYGULAMALARI

Figen KADIRGAN

## ÖZET

Güneş enerjisinin termal ve elektriksel dönüşümü ile ilgili uygulamalar ve bilimsel çalışmalar son yıllarda küresel ısınma sorunlarının gündeme gelmesi ile birlikte yoğun bir ilgi çekmektedir. Bu çalışmada termal ve elektrik dönüşümlerin teknolojileri, dünyada ve Türkiye'deki durum, İTÜ'deki çalışmalar özetlenecektir.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde dünya nüfusundaki artış ve buna bağlı olarak enerji ihtiyacındaki yükseliş, alternatif yakıtlara daha fazla önem verilmesine ve buna bağlı olarak daha fazla zaman ve para harcanmasına neden olmaktadır. Var olan fosil yakıt kaynaklarının ortalama 100 yıllık bir ömrü kaldığı ve enerji üretimi sırasında da sülfür, azot oksitler gibi bazı zararlı kimyasalları üreterek çevreye verdiği zararda düşünüldüğünde, verilen önemin artmasının normal olduğu görülmektedir. Bu kapsamda alternatif enerji kaynaklarından, güneşle termal ısıtma, güneş pilleri ve yakıt pilleri sahip olduğu pek çok olumlu özellik ile ön plana çıkmaktadır.

Güneş enerjisinin önemi son yıllarda giderek artması beklenmektedir. Çünkü güneş yeryüzünde tüketilen toplam enerjiden 10 000 kez daha fazla enerjiyi yeryüzüne yollar, çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Endüstride (fabrikalar ve organize sanayi bölgeleri) ile yerleşim alanlarında (evler, siteler) termal (sıcak su, radyatör ön ısıtma, havuz ısıtma) ve fotovoltaiik uygulamaları bulunmaktadır. Ayrıca uydu ve uzay istasyonlarında güneşten elektrik elde etmek için kullanılan güneş pili teknolojilerindeki gelişim, bunların verimlerdeki artış sayesinde daha ekonomik hale gelmektedirler.

EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1).

**Tablo 1.** Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı

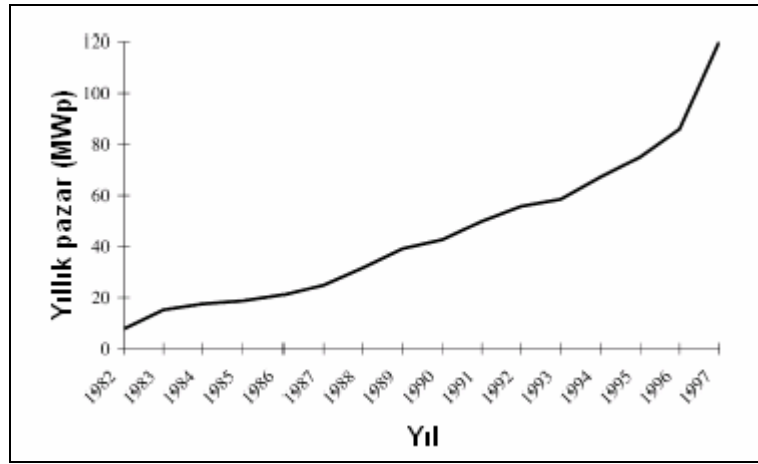
Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m <sup>2</sup> -yıl)	Güneşlenme Süresi (Saat/yıl)
G. Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Kaynak : EİE Genel Müdürlüğü

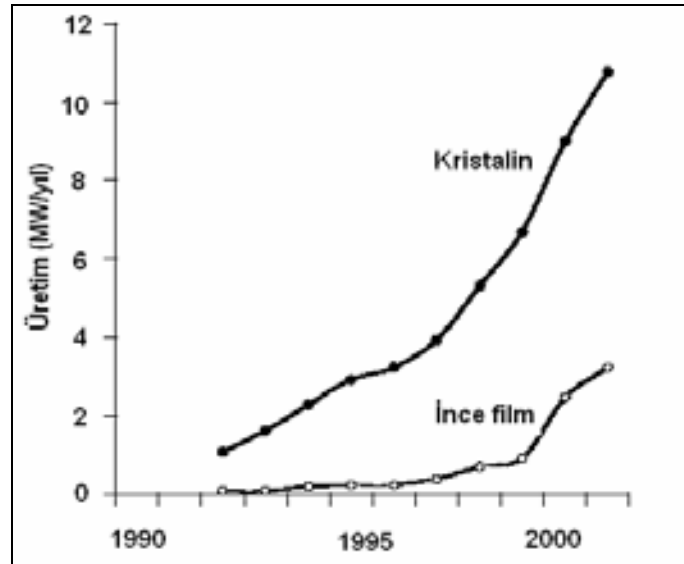
Ancak, bu değerlerin, Türkiye'nin gerçek potansiyelinden daha az olduğu, daha sonra yapılan çalışmalar ile anlaşılmıştır. 1992 yılından bu yana EİE ve DMİ, güneş enerjisi değerlerinin daha sağlıklı olarak ölçülmesi amacıyla enerji amaçlı güneş enerjisi ölçümleri almaktadırlar. Devam etmekte olan ölçüm çalışmalarının sonucunda, Türkiye güneş enerjisi potansiyelinin eski değerlerden %20-25 daha fazla çıkması beklenmektedir.

### Elektriksel Dönüşüm

Güneş enerjisinin elektriksel dönüşümünün uygulama aracı olan fotovoltaik pazarı bütün dünyada hızla artmaktadır (Şekil 1). Bu artan pazar içinde fotovoltaik pil teknolojisinin izlediği değişimde Şekil 2'de görülmektedir. Tablo 2'de ise çeşitli güneş pillerinin laboratuvar ve modül verimleri üretildikleri yerlerle beraber verilmiştir.



Şekil 1. Fotovoltaik pazarının izlediği değişim

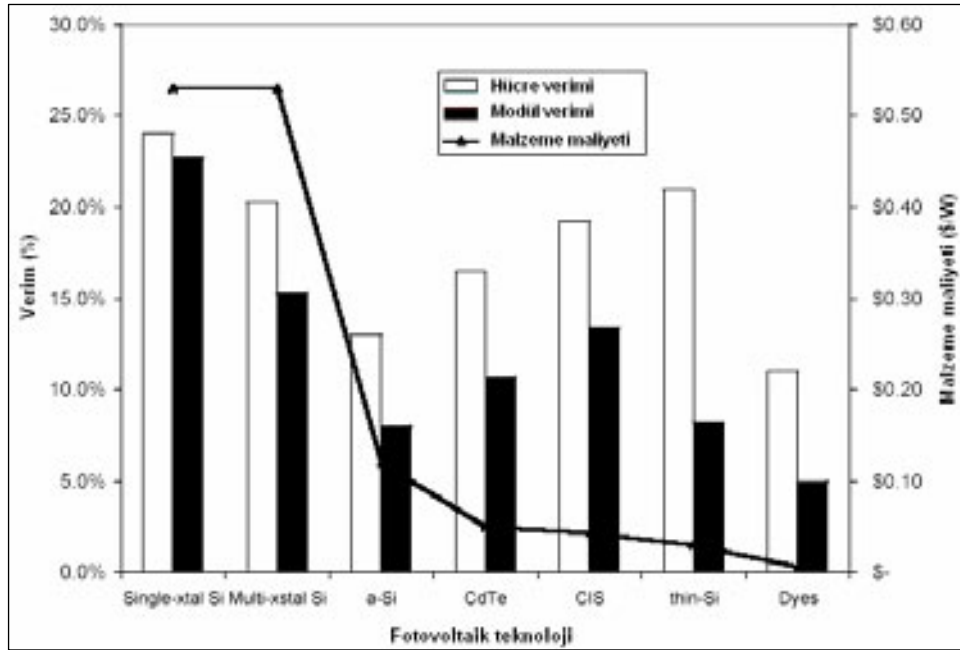


Şekil 2. Fotovoltaik pil teknolojisinin izlediği değişim

**Tablo 2.** Ticari olarak satılan pillerin cinsleri, laboratuvar şartlarında hücre verimleri ve modül halindeki verimleri

Hücre türü	Laboratuvar şartlarındaki hücre verimleri (%)	Modül halindeki verimleri (%)
Tek kristal silisyum	24.7 (UNSW,PERL)	22.7 (UNSW/Goehrmann)
Multi kristal silisyum	20.3 (FHG-ISE)	15.3 (Sandia/HEM)
Amorf silisyum	10.1 (Kaneka)	10.4
HIT	21 (Sanyo)	18.4 (Sanyo)
GaAs	25.1 (Kopin)	---
InP	21.9 (Spire)	---
GaInP/GaAs/Ge	32 (Spectrolab)	---
CdTe	16.5 (NREL)	10.7 (BP Solarex)
CIGS	19.5 (NREL)	13.4 (Showa shell)
Organik güneş pilleri	8.2 (ECN)	4.7 (INAP)

Yine fotovoltaik pil teknolojisini, hücre verimi, modül verimi ve maliyet açısından karşılaştıracak olursak:

**Şekil 3.** Fotovoltaik teknolojinin malzeme maliyeti ve verimi açısından karşılaştırılması

Fotovoltaik uygulamalarda, ticari olarak kullanılan silikon teknolojisidir. Son yıllarda ince film CdS/CdTe ve CuInSe<sub>2</sub> güneş pillerinin kullanımı giderek artmaktadır. İnce filmlerin elektrokimyasal olarak kaplanması düşük maliyet masraflarıyla yüksek film kalitesini beraberinde getirmektedir.

## Termal Dönüşüm

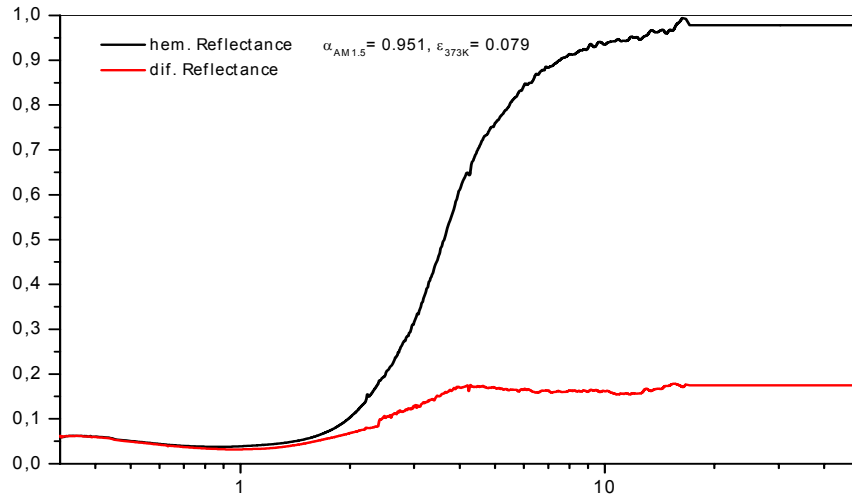
Güneş enerjili su ısıtma sistemleri termal dönüşüme örnektir. Ülkemizde termal dönüşüm, güneş kolektörlerinin yüzeyleri mat siyah boya ile boyanarak hazırlanmaktadır. Bunlarda profil yüzeylerinin absorpsiyon/emisyon oranı çok küçüktür. Dolayısıyla güneşle ısınan su, hızla radyasyonla ısını kaybeder. Siyah mat boya ile hazırlanan yüzeylerde boya çatlaması ve korozyona çok rastlanır. Ömürleri kısadır. Yüksek verimli kolektör yüzeyleri güneş ışığına karşı seçici ve koruyucu kaplamalardan oluşur. Yüksek verimli bir kaplamanın, güneş ışığının 0.3-2  $\mu\text{m}$  dalga boyu aralığında maksimum absorpsiyon ( $\alpha > 90$ ) değerine, aynı zamanda da radyasyonla ısı kaybının olmaması içinde minimum emisyon ( $\epsilon < 20$ ) değerine sahip olması gerekir. Bu kaplamalar 1  $\mu\text{m}$ 'den daha ince filmler olup vakum teknikleri, elektrokimyasal kaplama yöntemleri veya ile hazırlanabilir.

## 2. İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİNDEKİ ÇALIŞMALAR

İTÜ de yapılan güneş enerjisi ile ilgili çalışmaları seçici yüzey güneş kolektörlerinin geliştirilmesi, elektrokimyasal kaplama yöntemiyle ince film eldesiyle de fotovoltaik dönüşüm, güneş pillerinin sistem üzerinde uygulaması (AC-DC dönüşümcüleri) ve proje halinde olan güneşle soğutma yer almaktadır.

## Termal Dönüşüm

Güneş enerjisinin termal dönüşümü ile yapılan çalışmada İTÜ-KOSGEB ortaklığı ile bakır, alüminyum yada döküm yüzeyler üzerine güneş ışığına karşı seçici ince film yüzeylerin hazırlanması ve bunlarla yüksek verimli kolektör yapımını oluşturmaktadır. Güneş ışığını belirli dalga boyları aralığında yüksek değerlerle absorplayan, buna karşılık emisyon değeri küçük, nano filmler bakır ve döküm yüzeyler üzerine elektrokimyasal kaplama yöntemi ile kontrollü bir şekilde hazırlanmıştır. Kullanılacak yöntem patent altında korunmalı bir yöntem olup, bu yöntemle bakır ve döküm yüzeyler üzerine kademeli olarak elektrokimyasal kaplamalarla nikel siyahı filmler oluşturulacaktır. Oluşturulan filmlerin yüksek sıcaklığa ve korozyona dayanıklılığı test edilmiştir. Şekil 1'de patenti alınan yüzeyin spektral özellikleri görülmektedir. Avrupa'da vakum tekniğiyle üretilen benzerlerine oranla çok daha dayanıklı ve üretim tekniğinin basitliği nedeniyle de çok daha ucuzdur (Kadırgan, 1981).



Şekil 4. Patenti alınan yüzeyin spektral özellikleri  
(Absorpsiyon ( $\alpha$ ) = 0.95 Emisyon ( $\epsilon$ ) = 0.079)

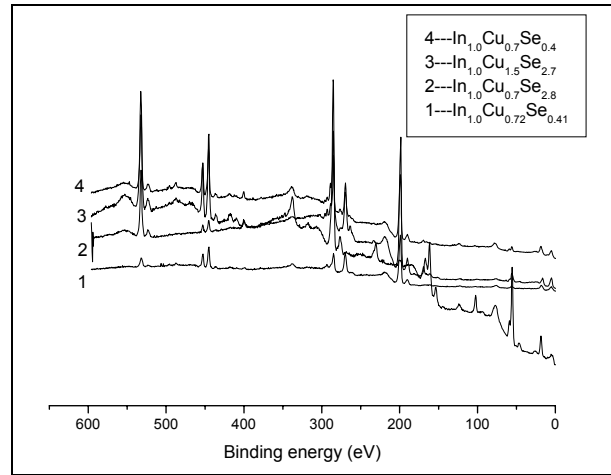
## Fotovoltaik Dönüşüm

Güneş enerjisinin fotovoltaik dönüşümü üzerine yapılan çalışmaların konusu elektrokimyasal yöntemle kaplanan CdS/CdTe ile CuInSe<sub>2</sub> ince film güneş pilleridir. Deneysel çalışmamızda elektrokimyasal ölçümler Volta Lab PGZ-301 potansiyostatı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmada pyreks camdan yapılmış, üç elektrotlu elektrokimyasal ölçüm hücresi kullanılmıştır. Ölçümlerde çalışma elektrodu, referans elektrot ve yardımcı elektrot kullanılmıştır. Ortamda mevcut olan oksijeni uzaklaştırmak ve sürekli inert ortam sağlamak amacıyla azot gazı atmosferinde çalışılmıştır. Çalışma elektrodu olarak ITO kaplı camlar kullanılmıştır. CdS ince film güneş pilleri için kaplama çözeltisi olarak 0.2 M CdCl<sub>2</sub> kullanılmıştır. Bu çözeltinin pH'sı 2-4 ve çözeltiliye ilave edilen Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> konsantrasyonu da 0.01 M ve 0.05 M arasında ayarlanmıştır. Çözeltiye uygulanan potansiyel 80 °C ve 90 °C'de -0.6 V/SCE'dir. Elektrokimyasal ölçümler Voltalab impedans spektroskopisiyle yapılmıştır. İTÜ-CSM işbirliği ile hazırlanan CdS/CdTe güneş pillerinin verimleri Tablo 3'de verilmiştir (Kadırgan vd., 2000).

**Tablo3.** İTÜ-CSM İşbirliği ile Hazırlanan CdS/CdTe Güneş Pillerinin Verimleri

CdS kalınlığı	$\eta$ (%)	$V_{oc}$ (mV)	$J_{sc}$ (mA)	$R_{sh}$ (cm <sup>2</sup> )
500 Å	5.73	433	24.5	189
1250 Å	7.68	654	24.4	126
2500 Å	7.30	518	22.6	376

CuInSe<sub>2</sub> ince filmlerin elektrokimyasal olarak hazırlanmasında deneysel yöntem olarak krono kulometri ve döngülü voltametri yöntemleri kullanılmıştır. CuInSe<sub>2</sub> ince filmleri, sabit bir elektrik yükü (Q) ve sabit potansiyel altında çalışan krono kulometri yöntemi ile elde edilmiştir. CuInSe<sub>2</sub>'in ITO kaplı camlar üzerinde elektrokimyasal olarak depolanması ve daha sonra elde edilen filmlerin XPS ile karakterizasyonu incelenmiştir (Şekil 5). Bu çalışmada elektrokimyasal olarak depolanması, bu depolamaya etki eden faktörler, ince filmin oluşma kinetiği ve elde edilen filmlerin yüzey kompozisyonları araştırılmıştır (Kadırgan, Beyhan, 2006).



**Şekil 5.** XPS analizi

## SONUÇ

Güneş enerjisi ve uygulamaları ülkemizde yeni teknolojiler ile hızla yerini almalıdır. Bunun için de üniversiteler, kamu kuruluşları, sivil örgütler, siyasi otoritelerin birlikte hareket etmesi, finansal desteklerin ne şekilde verileceğinin tartışılması gerekir. Bu teknolojilerin binalara uygulamaları ise estetik ve enerji verimini azaltmayacak şekilde yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] KADIRGAN F, MAO D, BALCIOĞLU A., MCCANDLESS B.E., SONG W., OHNO T.R.,J. TREFNY U.,. Electrodeposited Cadmium Sulfide thin films and their application in CdS/CdTe Solar Cells, 26. IEEE PV Specialists Proceeding, 443, 1997
- [2] KADIRGAN,F. SOHMEN H.,. Nickel pigmented Solar Absorber Coatings, Recent Advances in Solar Energy Technology, Marmara Research Centre, Gebze, , 27, 1997
- [3] KADIRGAN F., KUTUN S., SÜZER S.,. Electrodeposition of Cd, Te, CdS and CdTe on platinum and ITO/glass electrodes. Surface characterization of CdS/ITO and CdS/CdTe/ITO electrodes, Annali di Chimica, 88, 9-10, 1998
- [4] KADIRGAN F., SOHMEN M., Electrodeposited black cobalt selective solar absorber films and their characterization, Renewable Energy, 16 (4), 2304, 1998.
- [5] KADIRGAN F., MAO D., SONG W., OHNO T., MCCANDLESS B.,. Properties of electrodeposited cadmium sulfide films for photovoltaic devices with comparison to CdS films prepared by other methods, 2000.
- [6] SUZER S., KADIRGAN F., Use of Electron Spectroscopy for Characterization of Solar Energy Materials, Recent Advances in Solar Energy Technology, Marmara Research Centre, Gebze, 35 1997.
- [7] M. TIRIS, F. KADIRGAN; Recent Advances in Solar Energy Technology, 1997, GEBZE- KOCAELI
- [8] SUZER S., KADIRGAN F., SOHMEN M., WETHERILT J., TURE E., Spectroscopic characterization of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Ni selective absorbers for solar collectors , Solar Energy and Materials , 52 55, 1998.
- [9] SUZER S., KADIRGAN F. , SOHMEN M., XPS Characterization of Co and Cr pigmented copper solar absorbers, Solar Energy Materials and Solar Cells, 56, 183, 1999.
- [10] F. KADIRGAN, Electrochemically Prepared Thin Films Solar Cells, Ed. H. Nalwa , "Handbook of Advanced Electronic and Photonic Materials" Academic Press, Volume 10, Chap:6, 2000
- [11] KADIRGAN F, Electrochemical Nano-Coating Processes in Solar Energy Systems, International Journal of Photoenergy, 84891, 1-5, 2006
- [12] BEYHAN S., SUZER S., KADIRGAN F., Complexing agent effect on the stoichiometric ratio of the electrochemically prepared CuInSe<sub>2</sub> thin films, Solar Energy Materials and Solar Cells, in press, 2007
- [13] KADIRGAN F, SOHMEN M., WETHERILT J., TURE E., TR960015,. Elektrokimyasal olarak spektral seçici yüzeylerin geliştirilmesi, Türk Patent Enstitüsü, 1998.
- [14] KADIRGAN F, Method of depositing selectively absorbent film on a metal substrate Patent, PCT/TR2003/000081, WO 2005/042805

## ÖZGEÇMİŞ

### Figen KADIRGAN

Dr. Figen Kadırgan, İstanbul Teknik Üniversitesi'nin Kimya Bölümünde 1988'den beri profesörlük görevini sürdürmektedir. Başlıca çalışma alanları Proton Geçirgen Yakıt Pilleri, Elektrokimyasal yöntemlerle hazırlanmış Güneş Pilleri, Seçici Yüzeyler ve Güneş Kollektörleri, Nano yapıda enerji malzemelerinin elektrokimyasal ve optik özelliklerinin incelenmesi, ve korozyondur. Elektrokimya üzerinde 20'yi aşkın, güneş pilleri üzerinde ise yaklaşık 10 yıldır çalışmaktadır. Bilimsel dergilerde yayımlanmış makaleler, patentler ve teknik raporlardan oluşmak üzere 100'ü aşkın basılı çalışması bulunmaktadır. Lisans derecesini İstanbul Üniversitesi Kimya Fakültesi, Kimya Yüksek Mühendisliğinden, Yüksek Lisans ve Doktora Derecelerini de Poitiers Üniversitesi, Fransa'dan almıştır. Poitiers Üniversitesi'nde, Colorado Üniversitesi-ABD'de, Uppsala Üniversitesi-İsveç'de ve Ecole Polytechnique de Montreal, Kanada'da araştırmacı olarak, Oudja Üniversitesi, Fas'ta öğretim görevlisi olarak ve Marmara Araştırma Enstitüsü'nün Enerji Departmanı'nda (TÜBİTAK) da danışman olarak çalışmıştır. Halen İstanbul Teknik Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesinin Dekanıdır.