



1. ULUSLARARASI FEN VE
UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ

KONGRE KİTABI

13-14 Temmuz 2021
Adıyaman

ISBN: 978-625-7720-48-9
İSPEC Yayınevi

1. ULUSLARARASI FEN VE UYGULAMALI
BİLİMLER KONGRESİ
13-14 Temmuz 2021, Adıyaman

Kongre Kitabı



Editörler

Dr. Hüseyin DURU
Çağlar KARACA

ISPEC YAYINEVİ®

Bu kitabın tüm hakları İKSAD Yayınevi'ne aittir.
Yazarlar etik ve hukuki olarak eserlerinden sorumludurlar.

ISPEC Publications - 2021©

Yayın Tarihi: 01.08.2021

ISBN – 978-625-7720-48-9



KONGRE ADI
ADİYAMAN
ULUSLARARASI FEN VE UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ

TARİH ve YER
13-14 Temmuz 2021 / Gölbaşı, Adıyaman

ORGANİZATÖR
İktisadi Kalkınma Ve Sosyal Araştırmalar Derneği
Gölbaşı Belediyesi

ONUR KONUĞU
Doç. Dr. Güray ALPAR
Stratejik Düşünce Enstitüsü Başkanı, Ankara
Emekli Tümgeneral

DÜZENLEME KURULU ÜYELERİ
Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR- Üye- Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Murathan KEHA-Üye- Atatürk Üniversitesi
Dr. Mehriban EMEK - Üye - Adıyaman Üniversitesi
Dr. Cavit Polat- Üye- Iğdır Üniversitesi
Dr. Malik YILMAZ-Üye- Atatürk Üniversitesi

KABUL EDİLEN BİLDİRİ SAYISI
64 bildirim

REDDEDİLEN BİLDİRİ SAYISI
18 bildiri

DEĞERLENDİRME SÜRECİ
Tüm Başvurular Çift Kör Hakem Değerlendirmesi Sürecinden Geçmiştir



BİLİM VE DANIŞMA KURULU

Doç. Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU
Siirt Üniversitesi

Doç. Dr. Mustafa KORKMAZ
Erzincan Üniversitesi

Doç. Dr. Murat EYVAZ
Gebze Teknik Üniversitesi

Dr. Terane NAGIYEVA
Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Dr. Damezhan SADYKOVA
Kazak Kızlar Devlet Pedagoji Üniversitesi

Dr. Muntazir MEHDİ
Pakistan National University of Languages

Dr. Akbar VALADBİGİ
Elmi Korbordi Üniversitesi

Dr. Froliam MOBO
Philipinnes Merchant Marine Academy

**YENİ NESİL PV PANELLER VE BİFACIAL PV PANEL TEKNOLOJİSİNDEKİ
GELİŞMELER**

NEW GENERATION PV PANELS AND DEVELOPMENTS IN BIFACIAL PV PANEL
TECHNOLOGY

AYŞEİREM KILINÇ

Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı-Şanlıurfa

Prof. Dr. HÜSAMETTİN BULUT

Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü-Şanlıurfa

ÖZET

Sürekli gelişen sanayilere sahip ülkeler, enerji ihtiyaçlarını karşılamak için bugüne kadar kullanılanlardan farklı enerji kaynakları bulmak zorundadır. Fosil yakıtların maliyetinin artması ve fosil kaynakların kullanımından kaynaklanan çevre kirliliği nedeniyle yenilenebilir enerji kullanımı zorunlu bir gereklilik haline gelmiştir. Günümüzde yenilenebilir enerji kapsamında güneş enerjisi yaygın olarak kullanılmaktadır. Güneş enerjisi, hayatımızda olan ve gelecekte olmaya devam edecek önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisinin en önemli uygulamalardan ve hızla gelişen teknolojilerden biri fotovoltaiik (PV) teknolojileri ve sistemleridir. Özellikle 1970'lerden sonra güneş enerjisinin kullanımına yönelik araştırmalar hız kazanmış, güneş enerjisi sistemlerinin teknik ilerlemesi ve maliyeti düşmüş, çevre için temiz bir enerji kaynağı haline gelmiştir. Ancak yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payını hızla arttıran ve günümüzde kullanım alanı bulan çok farklı PV panel ve teknolojileri bulunmaktadır. Son yıllarda üretim teknolojileri daha kolay ve daha ucuz olan yüksek verimli güneş pilleri üzerinde çalışmalar yapılmakta ve PV panel alanında olumlu yönde gelişmeler olmaktadır. Bu çalışmada, şu anda elektrik enerjisi üretiminde kullanılmakta olan ve yakın zamanda uygulama alanları bulacak yeni nesil güneş panelleri anlatılmış ve teknolojilerinde gelinen nokta ve gelişmeler ele alınmıştır. Yeni nesil PV paneller olarak, Perovskit paneller, organik paneller, half-cut paneller, Perc Monokristal paneller, **Multi Busbar** paneller, saydam paneller ve bifacial half cut paneller irdelenmiştir. Ayrıca bifacial (çift yüzlü, çift taraflı) panellerinde, verimlilik iyileştirmeleri ve yeni modül tasarımları ile ilgili yeni gelişmeler tartışılmıştır. Bifacial panellerin klasik PV panellerle karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuç olarak, yeni nesil PV panellerinde yeni gelişmelerin bölge şartları da göz önüne konulması PV alanına ve çalışanlara katkı sağlayacağı beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: Yenilenebilir enerji, güneş enerjisi, fotovoltaiik, PV teknolojileri

ABSTRACT

Countries with constantly developing industries have to find energy sources different from those used to meet their energy needs. The use of renewable energy has become a mandatory requirement due to the increase in the cost of fossil fuels and environmental pollution caused by the use of fossil resources. Today, solar energy is widely used within the scope of renewable energy. Solar energy is an important renewable energy source that is in our lives and will continue to be in the future. Photovoltaic (PV) technologies and systems are one of the most important applications of solar energy and one of the rapidly developing technologies. Especially after the 1970s, research on the use of solar energy has accelerated, the technical progress and cost of solar energy systems have decreased, and it has become a clean energy source for the environment. However, there are many different PV panels and technologies that rapidly increase the share of renewable energy in electricity generation and find use today. In recent years, studies have been carried out on high-efficiency solar cells, whose production technologies are easier and cheaper, and there are positive developments in the field of PV panels. In this study, new generation solar panels, which are currently being used in electrical energy production

and will find application areas in the near future, were explained and the point and developments in their technologies were discussed. As new generation PV panels, Perovskite panels, organic panels, half-cut panels, Perc Monocrystalline panels, Multi Busbar panels, transparent panels and bifacial half cut panels were examined. In addition, new developments regarding efficiency improvements and new module designs in bifacial panels were discussed. Bifacial panels were compared with classical PV panels. As a result, it is expected that new developments in new generation PV panels, considering the regional conditions, will contribute to the PV field and employees.

Keywords: Renewable energy, solar energy, fotovoltaic, PV Technologies

Giriş

Günümüzde artan nüfusla enerji kullanımı giderek artmaktadır. Artan enerji kullanımı beraberinde sorunlar meydana getirmektedir. Nüfus artışı aynı zamanda sürekli kullanılabilecek olan yenilenebilir enerjiye duyulan önemi giderek arttırmış ve yenilikçi teknolojiler ve pazar arayışı içerisine girilmiştir. Ar-Ge ve Ür-Ge çalışmalarıyla, enerji verimliliği ve tasarrufu temel amaç haline getirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda hem yeni sistemler geliştirilmiş hem de var olan sistemler iyileştirilmiştir.

Yenilebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi, kullanım pratikliği ile farklı uygulamalarda ilk sıralarda yer almaktadır. Güneşten yararlanmak için 1830'larda fotovoltaik arayışa geçen insanoğlu 1946 yıllarında Russell Ohl tarafından patenti alınan panel, güneş panellerinin ilk basamağını oluşturmuştur [1]. Günümüzde, güneş enerji teknolojilerinden PV teknolojileri, elektrik enerjisi üretiminde artan bir şekilde yaygın kullanılmaktadır. Dolayısıyla, PV ve teknolojilerinin bilinmesi ve bu alanda olan gelişmelerin takip edilmesi gerekir.

Güneş Pili ve Tarihsel Gelişimi

Güneşten gelen ışığı, fotovoltaik etki ile elektrik enerjisine çeviren cihazlar güneş pili (fotovoltaik pil) olarak adlandırılır.. Fotovoltaik olay 1839 yılından beri bilinmesine rağmen, gerçek anlamda güneş enerjisini %6 verimlilikle elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik diyotlar ilk kez 1954 yılında elde edilmiştir. P-N eklemi oluşturulması ile bu verime ulaşmak mümkün olmuştur. P tipi ve N tipi yarıiletkenlerle oluşturulan ilk P-N ekleminde, CdS (Kadmiyum sülfür) ve Si (Silisyum) kullanılmıştır. Daha sonra Silisyum P-N eklemleri pili kullanılarak %15 verim elde edilmiştir. Işık bir yarıiletken tarafından soğurulduğunda fotovoltaik bir etki oluşur. Fotonların enerjisi, yarıiletkenin değerlik bandındaki elektronlara aktarılır. Değerlik bandındaki elektronların iletim bandına geçmesi sonucunda elektron boşluk çiftleri oluşur. Sadece yarıiletkenin yasak bant enerji aralığını aşan enerjiye sahip fotonlar bu olayı gerçekleştirebilir. Yarıiletken bant aralığı küçükse; fotovoltaik pilin uçları arasında oluşan potansiyel farkı küçük, dış devre akımı ise büyük olur.[2]

PV güneş pillerinin çalışma ilkesi

PV güneş pilinin çalışma ilkesi fotovoltaik olayına dayanır. Üzerine düşen ışık, güneşten aldığı enerji sayesinde uçlarında elektrik gerimi oluşturur. Fotovoltaik olayda güneş ışığını soğuracak malzeme, yasak enerji aralığı güneş spektrumu ile uyumlu ve elektrik yüklerinin birbirinden ayrılabilmesine izin verebilecek özellikte bir yarıiletken olmalıdır (Si, GaAs, CdTe gibi). Basitçe bir PV güneş pili, yarı iletken n-tipi ve p-tipi bölgeler oluşturularak gerçekleştirilebilir. Oluşturulan bu n-tipi ve p-tipi bölgelerin geçiş bölgesindeki p-n eklemi kesiminde, doğal olarak bir elektrik alanı kurulur. Yarı iletken malzemenin PV pil olarak çalışması için eklem bölgesinde fotovoltaik olayın sağlanması gerekir. Fotovoltaik olay iki aşamada sağlanır. İlk olarak eklem bölgesine ışık düşürülerek elektron-hol çiftleri oluşturulur. İkinci olarak ise; elektron-hol çiftleri bölgedeki elektrik alan yardımı ile birbirlerinden ayrılır. Böylelikle, birbirlerinden ayrılan elektron-hol çiftleri, PV güneş pilinin uçlarında yararlı bir güç çıkışı oluştururlar. [3]

Fotovoltaik Modül ve Panel

Güneş enerjisi, fotovoltaik panellerle %5 ile %20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güneş enerjisinin verimini fotovoltaik güneş pili yapısı belirler. Güneş pili aynı zamanda güneş hücresi olarak da bilinmektedir. Birçok sayıda fotovoltaik güneş pili, birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilerek fotovoltaik modüller ve modüllerden değişik güçlerde (günümüzde 500 W gücüne kadar) fotovoltaik paneller oluşturulur. . Dünya üzerinde bol miktarda bulunan silisyum malzemeden elde edilen güneş pilleri üretim teknolojilerine göre çeşitlere ayrılmaktadır. Ancak, şu anda dünya çapında yapılan güneş modüllerinin % 90'ından fazlası silikon bazlı tek kristal ve çoklu kristal silikon güneş pillerinden oluşur.

Neden Yeni Nesil Güneş Pilleri?

- Maliyeti düşürmek
- Verimliliği arttırmak
- Dayanıklılığı geliştirmek
- Daha güvenilir ve sürdürülebilir üretim zinciri oluşturmak[9]

Üretim Yöntemlerine göre Güneş Pilleri

1. Kristal silikon PV (1.Nesil)

- Tek-kristal (monokristal) güneş pili (c-Si)
- Çoklu-kristal (polikristal) güneş pili (mc-Si)
- Amorf Silikon güneş pili (a-Si)

2. İnce film PV piller (2.Nesil)

- Kadmiyum Tellür (CdTe) güneş pili
- Bakır İndiyum Galyum (di)Selenyum (CIGS) güneş pili

3. III-V grubu PV güneş pilleri

- Kuantum Kuyulu PV güneş pili
- Çok eklemlili PV güneş pili

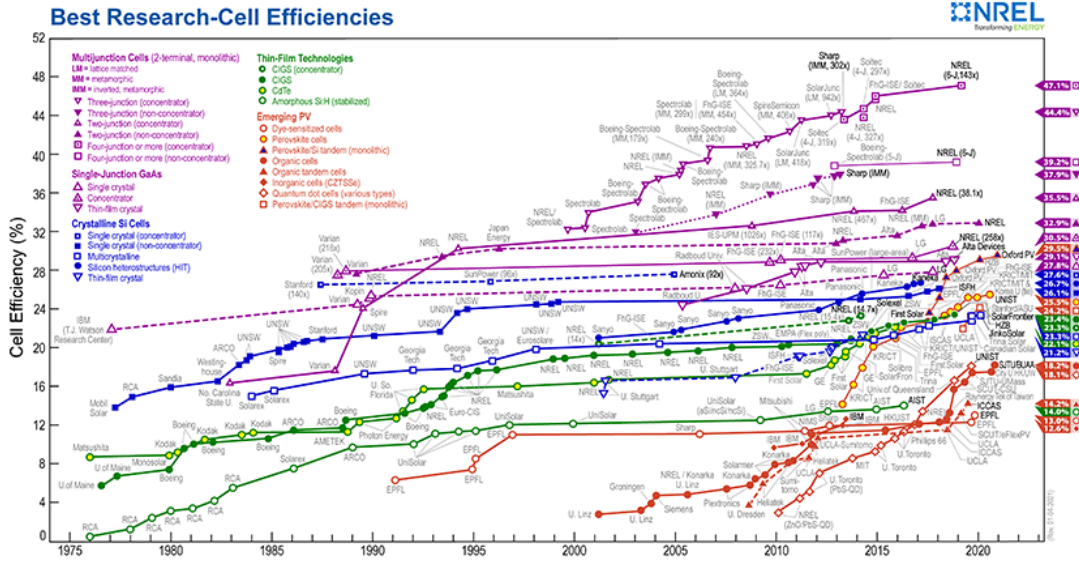
4.DSSC (Organik Boya Duyarlastırıcılı Güneş pilleri) (3.nesil)

- Elektrolitli güneş pili
- Katı Hal güneş pili
- Perovskite Güneş pili

Plastik Güneş pili

- Moleküler Güneş pili (Tang pili)
- Polimer Güneş pili

5. Odaklamalı Güneş pilleri



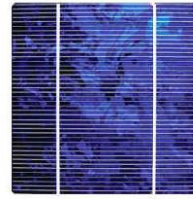
Şekil 1. Fotovoltaik güneş pili Verimleri (<https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>)

Tek (mono) Kristal PV güneş pili: Genellikle koyu mavi veya siyah renkte olan tek kristal PV güneş pilleri yüksek verimli ve uzun ömürlüdür (Şekil 2).

Çoklu (Poli) Kristal PV güneş pili: Tek kristalli güneş pillerine göre saflık oranı düşük olduğu verimi daha düşüktür (Şekil 3).



Şekil 2. Monokristal PV hücre



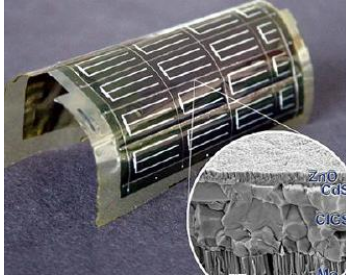
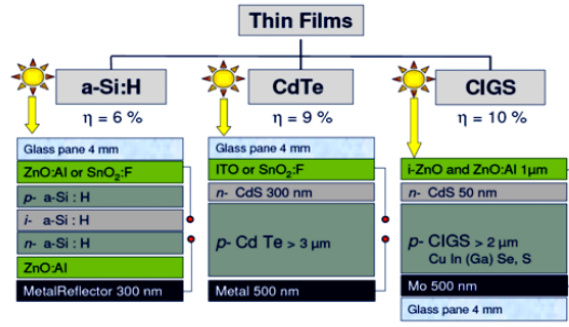
Şekil 3. Polikristal PV hücre

Amorf-Silisyum Güneş Pilleri

Cam gibi amorf yapıdaki malzemelerin yapıları herhangi özel bir düzende sıralanmamıştır. Bu gibi malzemeler tam olarak kristal yapı sayılmazlar ve bağlama hataları içerirler. Genellikle güç gereksinimi az olan cihazlarda tercih edilir. Boyutları tek kristal ve çok kristal güneş pillerine göre daha büyüktür. Verimleri %5-8 arasındadır. Ancak bu piller, kısa zamanda bozunuma uğrayarak çıkışları azalır.[4]

İnce Film PV güneş pili: Yaklaşık %5-6 oranında verimliliğe sahiptir. Bu düşük veriminden dolayı tercih edilmez. Sadece görsellik ve maliyet açısından tercih edilebilir.

İnce Film PV güneş pili Yapısı



Şekil 4. İnce film esnek PV güneş pili

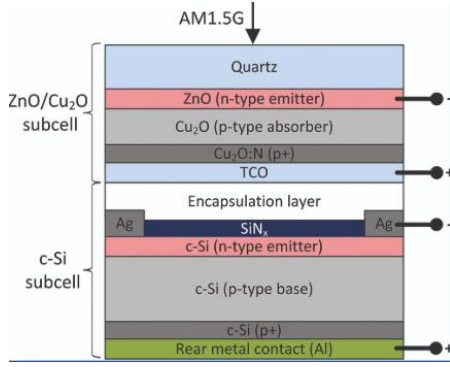
1. Kadmiyum Tellürid (CdTe): Çok kristal yapıda bir malzeme olan CdTe ile güneş pili maliyetinin çok aşağılara çekileceği tahmin edilmektedir. Laboratuvar tipi küçük güneş pillerinde %16, ticari tip modüllerde ise %7 civarında verim elde edilmektedir.[5]

2. Bakır İndiyum Diselenid (CuInSe₂): Bu çok kristal pilde laboratuvar şartlarında %17,7 ve enerji üretimi amaçlı geliştirilmiş olan prototip bir modülde ise %10,2 verim elde edilmiştir.[5]

III-V Grubu PV güneş pili

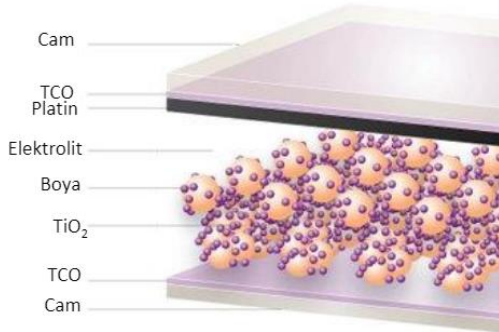
1.Kuantum Kuyulu PV güneş pili: Büyük bant aralığına sahip yarıiletken malzeme içerisinde, küçük bant aralığına sahip malzemenin çok ince katmanlar halinde üretilmesi ile elde edilir. Kuantum kuyulu güneş pillerinde (QWSC) teorik verim sınırı %44 civarındadır. QWSC teknolojisi yüksek dönüşüm verimliliğine sahip cihazların geliştirilmesine önemli bir adaydır.[3]

2.Çok eklemli PV güneş pili: Birden çok aktif katmana sahip tandem güneş pillerinin yapılış amacı, her katmanı farklı dalga boyuna duyarlı olacak şekilde tasarlayarak ışık spektrumunun daha geniş kısmından yararlanmayı sağlamaktır. Böylece tek katmanlı bir güneş piline göre daha fazla verim elde edilmiş olur. Katmanlar organik, inorganik veya hem organik hem de inorganik (hibrit) olabilir. Çok eklemli güneş pilleriyle % 40 ve daha üzerinde verim elde etmek mümkündür. Paralel ve seri olmak üzere iki farklı biçimde bağlantı yapılabilir. Paralel bağlantılarda, ara elektrotlar her münferit pilden yük toplanmasını sağlarlar. Bu elektrotlar foton kayıplarını en aza indirmek için saydam, yük taşıyıcılarının toplanmasını sağlamak için de yüksek iletkenliğe sahip olmalıdır. Seri bağlantılarda, münferit pilleri ayırmak için ince, kesintisiz, ışığı soğurmeyen metalik katmanlara gerek duyulmaz.[6]



Şekil 5. Çok eklemlı PV güneş pili

Boya Duyarlastırıcılı Güneş pilleri (DSSC)



Şekil 6. Boya Duyarlastırıcılı Güneş pili

Organik fotovoltaiik (OPV) güneş pilleri, birinci ve ikinci nesil güneş pillerine göre daha düşük maliyetle elektrik üretebilen, verimlilikleri günümüzde %18.2 olan, performans ömrü kabullenmemiş olarak 10 yılın üzerinde olan, rulodan ruloya üretim potansiyelini kanıtlayan hızla gelişen bir PV teknolojisidir. Organik fotovoltaiikler, genelde plastik ve karbon bazlıdır. Binaya entegre PV pazarı, her renkte emicilerin mevcudiyeti ve verimli şeffaf cihazlar yapma yeteneği nedeniyle OPV'yi özellikle çekici bulabilir (<https://www.nrel.gov/pv/organic-photovoltaic-solar-cells.html>).

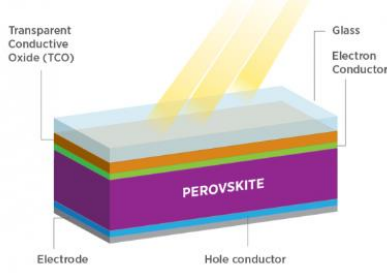
Odaklamalı Güneş Pilleri (Concentrating Solar Cell) : Yoğunlaştırılmış güneş pillerinin üretim ve bakım maliyeti yüksektir. Ancak üzerilerine düşen ışığın yüzde 30 dan fazlasını elektrige dönüştürürler. Aynalara bağlı güneş takip sistemleriyle geniş bir alana düşen güneş ışınlarını küçük bir alana yansıtarak yüksek verimle elektrik üretimini sağlar.



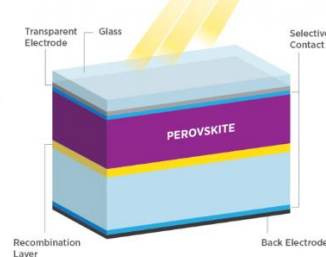
Şekil 7. Odaklamalı Güneş Pilleri (<https://solartribune.com/cpv/>)

Perovskite güneş pilleri (PSC)

Lev Perovski tarafından üçüncü nesil PV teknolojisinde yeni bir sınıf olarak, gelecekteki yenilenebilir enerji için büyük bir potansiyele sahip olan DCS'lerden 2009 yılında geliştirilmiştir.[7] Perovskite güneş pilleri ilk çalışmalarda % 3.8'lik bir foto-dönüşüm verimi gösterdi. [8], daha sonra kısa bir sürede perovskite güneş pili verimi % 22'ye yükseldi [9].

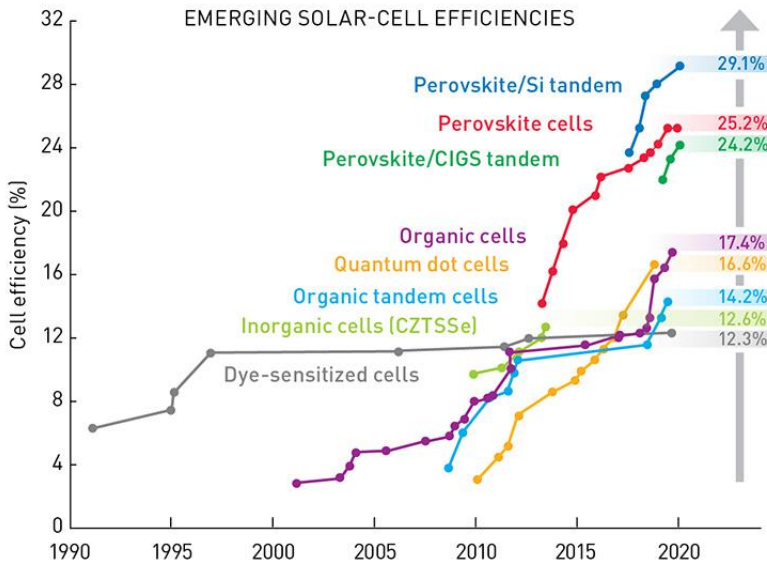


İnce Film Perovskite



Tandem Perovskite

Şekil 8. Perovskit PV pilleri

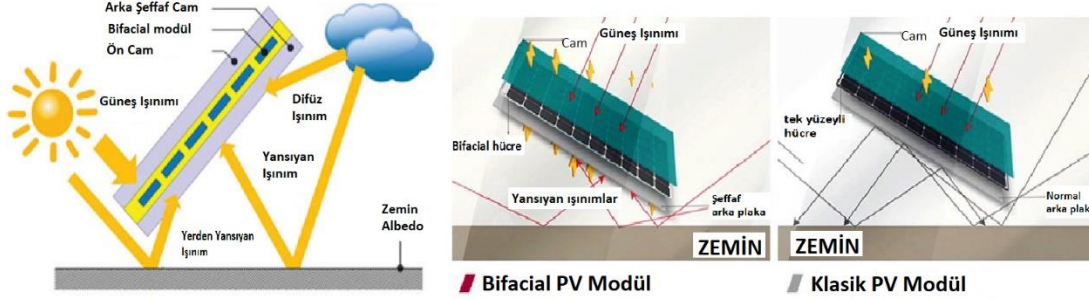


Şekil 9. Perovskit güneş pillerinde verim (https://www.osa-opn.org/home/articles/volume_31/november_2020/features/perovskite_photovoltaics_the_road_ahead/)

Bifacial Modül Teknolojisi

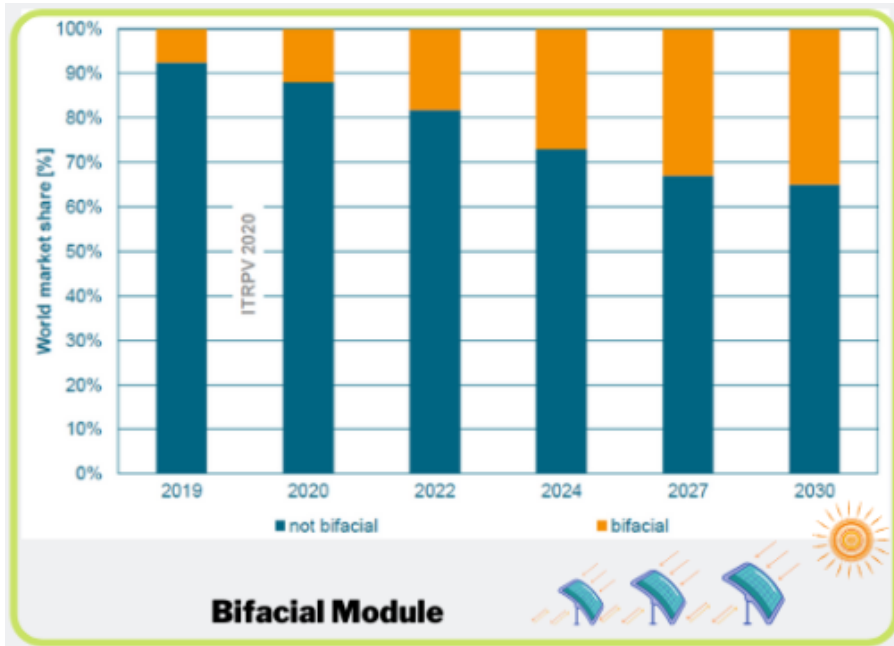
PV sistemlerde amaç yüksek verimlilikte güç çıkışının sağlanmasıdır. Standart PV sistemlerde ışık yalnızca bir yüzeyden yakalanır ve elektriğe dönüştürülür. Her iki tarafından ışık yakalayabilen **yeni nesil bifacial(çift yüzlü) modüller** ile daha fazla enerji elde edilmektedir. ITRPV (International Technology Roadmap for Photovoltaic) analizlerine göre tek yüzlü modüllerin yerini zamanla çift yüzlü modüller alacaktır. Bifacial modüller standart pv modüllere göre daha avantajlıdır ancak performansları albedo, yansıtıcı yüzey boyutu, eğim açısı gibi bölgeye özgü koşullardan şiddetle etkilenmektedir.[10]

Bifacial PV modülünün her iki tarafına da şeffaf malzemeler uygulanırsa, hem ön hem de arka taraftaki ışınimleri emebilir. Çift cam modüller (şeffaf bir arka tabakaya sahip modüller) arka tabaka saçılmasından etkilenmeyecek, arka tarafta meydana gelen ışığı toplayabileceklerdir (şekil 10).[11]



Şekil 10. Bifacial PV panel (www.actu-environnement.com, www.loomsolar.com)

ITRPV tarafından yapılan pazar analizlerine göre 2030 yılına kadar bifacial pv modüller pazar payını üçe katlayacaktır (Şekil 11) (<https://solaredition.com/market-estimation-bifacial-pv-module-market-share-will-triple-up-to-2030/>.)



Şekil 11. Bifacial modül teknolojisinin dünya pazar payı eğilimi

Bifacial Modül Teknolojisinde Enerji Üretimini Etkileyen Faktörler

Bifacial PV modüllerde enerji üretimini etkileyen bazı önemli faktörler vardır.

Zemin renginin etkisi albedo faktörü, ön ve arka tarafın ışınım faktörü, kurulumu yapılan panellerin açısı ve yüksekliği bifacial modüllerin verimini etkileyen faktörlerdir.

Bifacial Modüllerde Zemin Renginin Etkisi

Albedo: Bifacial PV modüllerinin arka yüzeyinin güç üretiminde yansıtıcı zeminin özelliği önemlidir. Zeminin açık renk olması güç üretiminin yüksek olmasını önemli ölçüde etkiler.[12]

Arka Kaplamasına göre Bifacial Modüller

Bifacial Pv modüller arka kaplamasına göre Beyaz(White) Şeffaf(Transparent) ve Lokal beyaz (Grid) bifacial modüller olarak sınıflara ayrılmaktadır.

Beyaz(White) bifacial modüller: Güç çıktısını ve verimi arttırmak için bifacial güneş pilleri kullanılarak arka taraf kaplamanın tamamen beyaz olduğu yenilikçi bir bifacial pv modülüdür. Bu tip modüllerde amaç arka taraftan gelen yansımayı hapsedip güneş pilinde foton yakalanmasını sağlamaktır.

Şeffaf (Transparent) bifacial modüller: Şeffaf arka tarafı olan Bifacial PV modülleri, modülün altındaki yüzeyden ve çevreden (albedo) yansıyan ışığı yakaladıkları için modülün arka tarafında ek güneş ışığı toplar.[10]

Lokal beyaz (Grid) bifacial modüller: Arka taraf saçılmalardan kaynaklı kaybı en aza indirebilmek için hem de ışığın yansımından güç elde edebilmek için gridli cam tasarımı birçok firma tarafından pazara sunulmuştur.

Half Cut Modül Teknolojisi

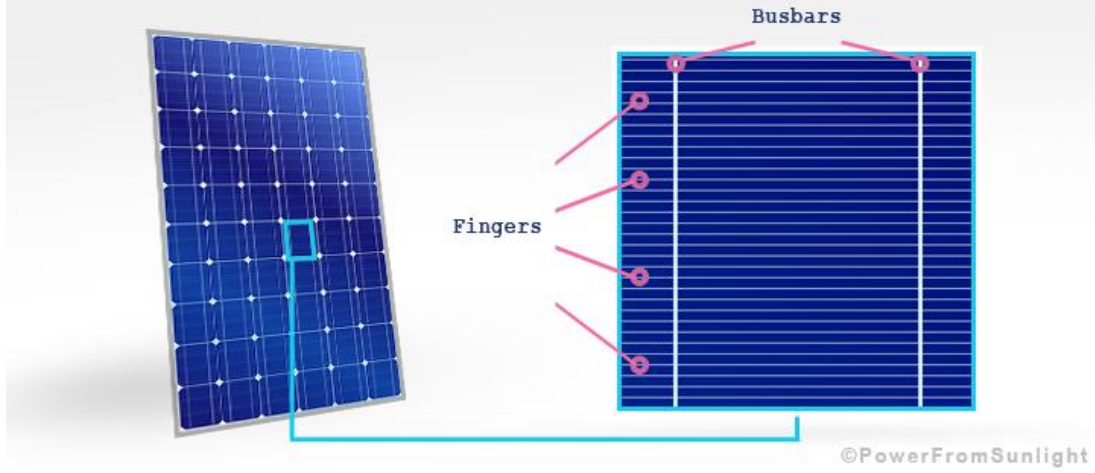
Half Cut Modül Teknolojisi genel güç kayıplarını azaltmak ve daha iyi verimlilik sağlamak için güneş pilinin lazerle iki parçaya kesilmesidir. Standart güneş pilleri ile karşılaştırıldığında, yarı kesilmiş hücreler modüldeki hücre sayısını iki katına çıkarır, ancak her hücredeki busbar tarafından taşınan akım yarı yarıya azalır. Bu da güç kayıplarını önemli ölçüde etkileyerek modül verimliliğine katkı sağlar.[13] Zayıf ışık koşullarında dahi güneş paneli hücrelerinden maximum enerji elde edilmesini sağlar. Half cut modüllerin kurulumundaki farklılıklar ek bilgi ve beceri gerektirdiğinden şuan için standart modüllerin yerini almasını zorlaştırır.[14]



Şekil 12. Tek Kristalli ve çok kristalli güneş pillerinin yarım kesilmiş versiyonu (half cut)

Busbar Teknoloji

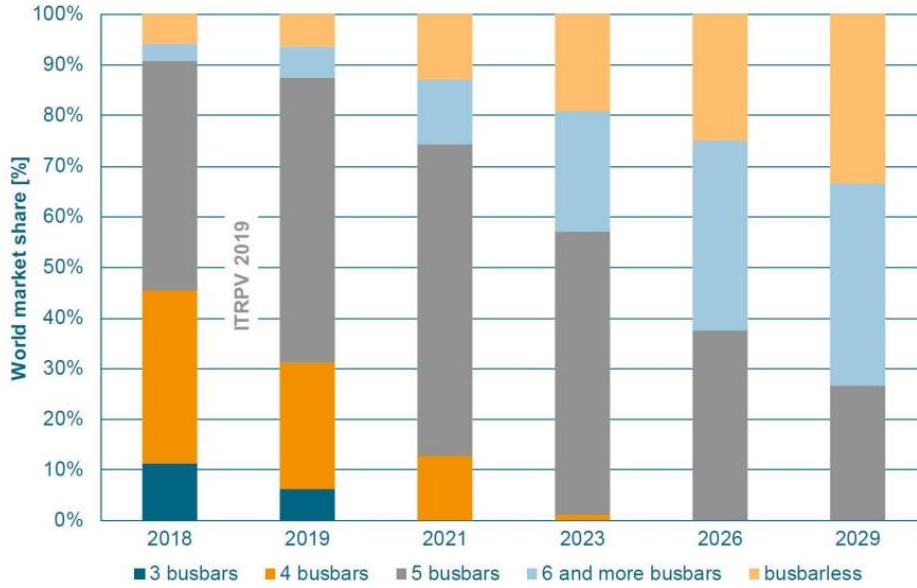
Geleneksel silikon güneş pilleri, güneş pili tarafından üretilen doğru akımı iletmeye yarayan önünde ve arkasında uzun dikdörtgen şeritler ile metalize edilmiştir. Bu ön ve arka temas şeritlerine busbar denir. Bir güneş pilinde 2,3,4 veya daha fazla busbar bulunabilir (Şekil 13).



Şekil 13. Güneş pili metal şeritler (busbar)(<https://www.powerfromsunlight.com/>)

Çoklu busbar teknolojisi, busbarlardan geçen akım miktarını azaltarak direnç kayıplarını azaltmak amacıyla geliştirilmiş yöntemdir. Güneş piline daha fazla busbar metale edildiğinde, aralarındaki mesafe azalır, bu da seri direnci etkileyerek güneş pilinin elektrik verimini artırır.[15]

Busbar technology



Şekil 14.Çoklu busbar ve busbarsız teknolojinin dünya pazar payı eğilimleri.(Kaynak: ITRPV)

Sonuç

Günümüzde güneş enerjisi ve teknolojileri önemli bir gelişme göstermektedir. Ancak güneş panellerinin ilk yatırım maliyetinin yüksek olması sebebiyle henüz büyük oranda bir kullanımı yeterli seviyede değildir. İlerleyen teknoloji ve bununla birlikte yapılan ar-ge çalışmaları sayesinde yeni nesil pv panelleri ile güneş enerjisinden elde edilen elektrik % 3-4 civarından % 25 ve üzerine yükselmiştir. Verim artışının yanı sıra üretim maliyetleride büyük oranda düşürülmüştür. Böylelikle güneş panellerinden elektrik üretimi uygun bir seçenek haline gelmiştir. Son dönemdeki enerji krizi ve maliyetleri göz önüne alındığında, yüksek verimliliğe sahip yeni nesil güneş panelleri, geleneksel güneş

panellerine göre iyi bir alternatif olmaktadır. Güneş panellerinin verimliliğini artırma çalışmaları ve yeni tip güneş panelleri ve teknolojilerinin takip edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] <https://www.enerjibes.com/gunes-panelleri-teknolojisi-ve-tarihcesi/>
- [2] Serway, R. A., Fen ve Mühendislik İçin Fizik, Palme Yayıncılık, Cilt:3, 1996, 344
- [3] Gazi Üniversitesi Fotonik Araştırma Merkezi Fotovoltaik (Pv) Teknolojileri, www.fotonik.gazi.edu.tr.
- [4] Seyhan, A. Yüksek Verimli Kristal Silisyum (c-Si) Heteroeklem Güneş Hücreleri Üretimi ve Karakterizasyonu, Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 8, Sayı 2, (2019), 1307-1314.
- [5] Min Hsian Saw, Yong Sheng Khoo, Jai Prakash Singh, Yan Wang. Enhancing optical performance of bifacial PV modules, Energy Procedia, Volume 124, September 2017, Pages 484-494.
- [6] https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/61974/mod_resource/content/0/5.HAFTA.pdf
- [7] M.A. Green, A. Ho-Baillie, H.J. Snaith, The emergence of Perovskite solar cells, Nat. Photonics 8 (2014) 506514. Available from: <https://doi.org/10.1038/nphoton.2014.134>
- [8] M. Gratzel, The light and shade of Perovskite solar cells, Nat. Mater. 13 (2014) 838842. Available from: <https://doi.org/10.1038/nmat4065>.
- [9] J. Ciro, R. Betancur, S. Mesa, F. Jaramillo, High performance Perovskite solar cells fabricated under high relative humidity conditions, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 163 (2017) 3842. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2017.01.004>.
- [10] U. A. Yusufoglu, T. M. Pletzer, L. J. Koduvelikulathu, C. Comparotto, R. Kopecek and H. Kurz, "Analysis of the Annual Performance of Bifacial Modules and Optimization Methods," in IEEE Journal of Photovoltaics, vol. 5, no. 1, pp. 320-328, Jan. 2015, doi: 10.1109/JPHOTOV.2014.2364406.
- [11] Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri
- [12] Hugo Sánchez, Carlos Meza, Sebastian Dittmann, and Ralph Gottschalg. The effect of clearance height, albedo, tilt and azimuth angle in bifacial PV energy estimation using different existing algorithms Proceedings of the III Ibero-American Conference on Smart Cities (ICSC-2020), Pages 315-331.
- [13] Hanifi, Hamed & Schneider, Jens & Bagdahn, Jörg. (2015). Reduced shading effect on half-cell modules-measurement and simulation., 31st European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. pages 2529-2533.
- [14] A. Joshi, A. Khan and A. SP, Comparison of half cut solar cells with standard solar cells. Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET), 2019, pp. 1-3, doi: 10.1109/ICASET.2019.8714488.
- [15] Ekinci, F. Güneş Hücrelerinin Performansına Baranın Etkisinin İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33(1), ss. 67-82, Mart 2018