



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



MARKA
DOĞU MARMARA
KALKINMA AJANSI

Bolu İli Güneş Enerji Hücresi Üretimi

Ön Fizibilite Raporu





T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



Bolu İli Güneş Enerji Hücresi Üretimi Ön Fizibilite Raporu



2020

KASIM

RAPORUN KAPSAMI

Bu ön fizibilite raporu, Bolu İlinde Güneş Enerji Hücresi İmalatı Yatırımı kurulmasının uygunluğunu tespit etmek, yatırımcılarda yatırım fikri oluşturmak ve detaylı fizibilite çalışmalarına altlık oluşturmak üzere Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı koordinasyonunda faaliyet gösteren Doğu Marmara Kalkınma Ajansı tarafından hazırlanmıştır.

HAKLAR BEYANI

Bu rapor, yalnızca ilgililere genel rehberlik etmesi amacıyla hazırlanmıştır. Raporda yer alan bilgi ve analizler raporun hazırlandığı zaman diliminde doğru ve güvenilir olduğuna inanılan kaynaklar ve bilgiler kullanılarak, yatırımcıları yönlendirme ve bilgilendirme amaçlı olarak yazılmıştır. Rapordaki bilgilerin değerlendirilmesi ve kullanılması sorumluluğu, doğrudan veya dolaylı olarak, bu rapora dayanarak yatırım kararı veren ya da finansman sağlayan şahıs ve kurumlara aittir. Bu rapordaki bilgilere dayanarak bir eylemde bulunan, eylemde bulunmayan veya karar alan kimselere karşı Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile Doğu Marmara Kalkınma Ajansı sorumlu tutulamaz.

Bu raporun tüm hakları Doğu Marmara Kalkınma Ajansı'na aittir. Raporda yer alan görseller ile bilgiler telif hakkına tabi olabileceğinden, her ne koşulda olursa olsun, bu rapor hizmet gördüğü çerçevenin dışında kullanılamaz. Bu nedenle; Doğu Marmara Kalkınma Ajansı'nın yazılı onayı olmadan raporun içeriği kısmen veya tamamen kopyalanamaz, elektronik, mekanik veya benzeri bir araçla herhangi bir şekilde basılamaz, çoğaltılamaz, fotokopi veya teksir edilemez, dağıtılamaz, kaynak gösterilmeden iktibas edilemez.

İÇİNDEKİLER

1. YATIRIMIN KÜNYESİ	3
2. EKONOMİK ANALİZ	5
2.1 Sektörün Tanımı	5
2.2 Sektöre Yönelik Sağlanan Destekler	5
2.2.1 Yatırım Teşvik Sistemi	5
2.2.2 Diğer Destekler	6
2.3 Sektörün Profili	8
2.4 Dış Ticaret Ve Yurt İçi Talep	14
2.5 Üretim, Kapasite Ve Talep Tahmini	16
2.6 Girdi Piyasası	17
2.7 Pazar Ve Satış Analizi	18
3. TEKNİK ANALİZ	19
3.1 Kuruluş Yeri Seçimi	20
3.2 Üretim Teknolojisi	21
3.3 İnsan Kaynakları	25
4. FİNANSAL ANALİZ	29
4.1 Sabit Yatırım Tutarı	29
4.2 Yatırımın Geri Dönüş Süresi	28
5. ÇEVRESEL VE SOSYAL ETKİ ANALİZİ	28
KAYNAKLAR	30

ŞEKİLLER

Şekil 1: Güneş Hücresi Çalışma Sistematiği	10
Şekil 2: Fotovoltaik Model Yapısı	11
Şekil 3: Yıllara Göre Dünya Güneş Enerjisi Kurulu Kapasite Değişimi	11
Şekil 4: 2000 Yılı Sonrası Kaynaklarına Göre Elektrik Üretimi Değişimi	12
Şekil 5: Türkiye Son 10 Yılda Güneş Enerjisi Kurulu Kapasite Değişimi	12
Şekil 6: Dünya Yıllık Güneş Hücresi Üretimi	13
Şekil 7: Ülkelere Göre Dünya Güneş Hücresi İthalatı	13
Şekil 8: Dünya İlk 10 Fotovoltaik Hücre Üreticileri	14
Şekil 9: Ülkemizin 2019 Yılı Güneş Hücresi İthalatı	14
Şekil 10: Fotovoltaik Güneş Hücresi 2017 Yılı Sonrası İhracatı	15
Şekil 11: Ülkemizin Fotovoltaik Güneş Hücresi 2017 Yılı Sonrası İthalatı	15
Şekil 12: 2019 Yılında Dünya Fotovoltaik Hücre İhracatında İlk 5 Ülke	15
Şekil 13: 2019 Yılında Dünya Fotovoltaik Hücre İthalatında İlk 5 Ülke	16
Şekil 14: Üretim Aşamalarına Göre Gerekli Hammaddeler	18
Şekil 15: Önerilen Yatırım Arazisinin Konumu	20
Şekil 16: 2019 Yılı Sonu İtibariyle Bolu'da Dağıtım Gerilim Seviyesindeki Hat Uzunlukları, Trafo Sayıları ve Trafo Kapasiteleri (km-MVA-Adet)	20
Şekil 17: Silika Kumdan Güneş Hücresi Üretimi	21
Şekil 18: Silikon Külçe Üretimi	22
Şekil 19: Külçenin Kesilmesi ve Şekillendirilmesi	22
Şekil 20: Waferların Oluşturulması	23
Şekil 21: Waferların Optik Kontrolü	23
Şekil 22: Tekstüre Etme İşlem Makinası	24
Şekil 23: Al_2O_3/SiN İşlem Makinesi	25
Şekil 24: Solar Hücrelerin Testi	26
Şekil 25: Çalışacak Personel ve Maaşları	27
Şekil 26: İl Nüfusunun Eğitim Kademelerine Göre Durumu (TÜİK)	27
Şekil 27: İldeki Genç Nüfusun Çalışma Çağındaki Nüfusa Oranı (TÜİK)	28
Şekil 28: İldeki Genç Nüfusun Çalışma Çağındaki Nüfusa Oranı (TÜİK)	28
Şekil 29: Bolu İlinde 2019 Yılı Meslek Gruplarına Göre Kayıtlı İşsiz İstatistikleri (İŞKUR)	28
Şekil 30: Tesis İçin Gerekli Makineler ve Fiyatları	29

BOLU İLİNDE GÜNEŞ ENERJİ HÜCRESİ İMALATI YATIRIMI
ÖN FİZİBİLİTE RAPORU

Şekil 31: Toplam Sabit Yatırım İhtiyacı

30

BOLU İLİNDE GÜNEŞ ENERJİ HÜCRESİ İMALATI ÖN FİZİBİLİTE RAPORU

1. YATIRIMIN KÜNYESİ

Yatırım Konusu	Bolu İlinde Güneş Enerji Hücresi İmalatı Yatırımı Ön Fizibilite Raporu	
Üretilen Ürün/Hizmet	Fotovoltaik güneş hücresi üretimi	
Yatırım Yeri (İl – İlçe)	Bolu - Merkez	
Tesisin Teknik Kapasitesi	Yılda 50MW değerinde Fotovoltaik Güneş Hücresi Üretimi	
Sabit Yatırım Tutarı	3.060.472 \$	
Yatırım Süresi	1 Yıl	
Sektörün Kapasite Kullanım Oranı	İstatistiki çalışma yapacak kadar işletme bulunmamaktadır. Aktif olan tek firmanın da COVID19 salgını sebebiyle düşük kapasitede çalıştığı bilgisi alınmıştır.	
İstihdam Kapasitesi	73	
Yatırımın Geri Dönüş Süresi	8 Yıl	
İlgili NACE Kodu (Rev. 3)	26.11.90 Başka Yerde Sınıflandırılmamış Elektronik Bileşenlerin İmalatı	
İlgili GTİP Numarası	8541.40.90.00.15 - Fotovoltaik (solar) hücreler	
Yatırımın Hedef Ülkesi	Öncelikle yurtiçi tüketimi karşılamak sonrasında ihracat yapmak	
Yatırımın Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına* Etkisi	Doğrudan Etki	Dolaylı Etki
	Amaç 1: Erişilebilir ve Temiz Enerji Amaç 2: Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı	Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar
Diğer İlgili Hususlar	•Hesaplamalarda ABD Doları kuru olarak 27 Ağustos 2020 tarihli T.C. Merkez Bankası verisi olan 7.34 TL kullanılmıştır.	

BOLU İLİNDE GÜNEŞ ENERJİ HÜCRESİ İMALATI YATIRIMI
ÖN FİZİBİLİTE RAPORU

Subject of the Project	Solar Cell Manufacturing Investment Prefeasibility Report in Bolu Province	
Information about the Product/Service	Photovoltaic solar cell production	
Investment Location (Province-District)	Bolu – Center	
Technical Capacity of the Facility	Photovoltaic Solar Cell Production of 50 MW per year	
Fixed Investment Cost (USD)	3.060.472 \$	
Investment Period	1 Year	
Economic Capacity Utilization Rate of the Sector	There are not enough businesses to conduct statistical studies. We have been informed that the only active company is operating at low capacity due to the COVID19 outbreak.	
Employment Capacity	73	
Payback Period of Investment	8 Year	
NACE Code of the Product/Service (Rev.3)	26.11.90 Manufacture of other electronic components n.e.c	
Harmonized Code (HS) of the Product/Service	8541.40.90.00.15 - Photovoltaic (solar) cells	
Target Country of Investment	First to meet domestic consumption, then to export	
Impact of the Investment on Sustainable Development Goals*	Direct Effect	Indirect Effect
	Amaç 1: Affordable and Clean Energy Amaç 2: Industry, Innovation and Infrastructure	Sustainable Cities and Communities
Other Related Issues	• Calculations are based on US dollar exchange rate used as 7,34 TL as Central Bank data that dated August 27, 2020	

2. EKONOMİK ANALİZ

2.1 Sektörün Tanımı

Yenilenebilir ve sürdürülebilir temiz enerji üretilmesi amacıyla kullanılan güneş enerji sistemlerinin, güneş panellerinin temel parçası olan fotovoltaik güneş hücrelerinin üretimi.

NACE Kodu: 26.11.90 Başka Yerde Sınıflandırılmamış Elektronik Bileşenlerin İmalatı

GTİP Kodu: 8541 40 90 00 11 - Güneş Pili(Solar)

8541.40.90.00.15 - Fotovoltaik (solar) hücreler

US-97 Kodu: 3210.0.09.37 - Işığa duyarlı yarı iletken tertibat (bir modül halinde birleştirilmiş veya panolarda düzenlenmiş olsun olmasın fotovoltaik piller dahil); güneş pilleri (solar), fotodiyodlar, fototransist.

2.2 Sektöre Yönelik Sağlanan Destekler

2.2.1 Yatırım Teşvik Sistemi

Yatırımın yapılacağı Bolu, Yatırım Teşvik Sisteminde 2. Derece iller arasında yer almaktadır. Ancak 2012/3305 sayılı Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Karar'ın 17. Md. açıklanan yatırım konuları 6. Derece iller hariç olmak üzere ülkenin diğer illerinde 5. Bölgede uygulanan bölgesel desteklerden yararlanabilmektedir. Aynı maddenin (n) bendinde US-97 kodu 32 ile başlayan ürünler de yer almaktadır. US-97 sınıflamasına göre "3210.0.09.37 Işığa duyarlı yarı iletken tertibat (bir modül halinde birleştirilmiş veya panolarda düzenlenmiş olsun olmasın fotovoltaik piller dahil); güneş pilleri (solar), fotodiyodlar, fototransist" sınıfı içerisinde yer alan Fotovoltaik güneş hücresi ürünleri üretimi 5. Derece iller için sağlanan teşviklerden yararlanabilmektedir.

Teşvik Unsurları¹;

- Gümrük Vergisi Muafiyeti: VAR
- Katma Değer Vergisi İstisnası: VAR
- Gelir Vergisi Stopajı Desteği: YOK
- Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği: OSB'lerde yapılacak yatırımlarda 10 yıl, diğer yerlerde 7 yıl
- Vergi İndirimi: % 80, Yatırıma Katkı Oranı: OSB'lerde yapılacak yatırımlarda % 50, diğer yerlerde % 40

***2019/1950 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı ile 31.12.2022 tarihine kadar yapılacak yatırım harcamalarında yatırıma katkı oranlarına 15 puan ilave edilmiştir. Ayrıca aynı dönem için vergi indirim oranı %100 şeklinde uygulanacaktır.²

- Yatırım Yeri Tahsis: VAR
- Faiz-Kâr Payı Desteği: VAR

TL kredide 5 puan, Döviz kredide 2 puan

Faiz desteğinin üst limiti: 1.400.000 ₺

- Sigorta Primi Desteği: YOK
- Katma Değer Vergisi İadesi: VAR

***2019/1950 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı ile inşaat işleri nedeniyle yüklenilen KDV iadesi 2021 yıllarında yüklenilen KDV içinde uygulanacaktır.³

¹ <https://www.sanayi.gov.tr/mevzuat/diger/mc0403018201> adresinde detaylı bilgi yer almaktadır.

² <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/12/20191230-4.pdf> adresinde detaylı bilgi yer almaktadır.

³ <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/12/20191230-4.pdf> adresinde detaylı bilgi yer almaktadır.

Yatırım Teşvik Başvurusu

2018 yılında yayımlanarak yürürlüğe giren Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Kararın Uygulanmasına İlişkin Tebliğ ile Yatırım Teşvik Belgesi başvurusu E-TUYS (Elektronik Teşvik Uygulama ve Yabancı Sermaye Bilgi Sistemi) ortamında gerçekleştirilmektedir. Buna göre teşvik belge başvurusu için ilk aşama işletmeyi E-TUYS ortamında temsil edecek kişi/kişilerin yetkilendirilmesidir. Bu aşama için gerekli olan belgeler

- 1- Başvuru Dilekçesi
- 2- Yetkilendirme Formu
- 3- Noter Onaylı Taahhütname
- 4- Noter Onaylı İmza Sirküleri

Yetkilendirme aşamasını Yatırım Teşvik Belgesi başvuru aşaması takip etmektedir. Bu noktada gerekli belgeler ise

- 1- Sosyal Güvenlik Kurumu İl Müdürlükleri tarafından düzenlenen SGK Borcu bulunmadığına/yapılandırıldığına dair kurum yazısı veya barkodlu çıktısı
- 2- Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri tarafından düzenlenen ÇED olumlu veya ÇED gerekli değildir kararı
- 3- Yerli Makine ve Teçhizat Listesi
- 4- İthal Makine ve Teçhizat Listesi
- 5- Ticaret Sicil Gazetesi

E-TUYS yetkilendirmesi ve yatırım teşvik belgesi başvurusu için gerekli olan tüm bilgi ve belgeler Bolu Yatırım Destek Ofisi tarafından sağlanacaktır.

2.2.2 Diğer Destekler

Fotovoltaik güneş hücreleri imalatı T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından yürütülen Teknoloji Odaklı Sanayi Hamlesi Programı da müracaat edilebilecek destekler arasında yer almaktadır. Bu programın amacı ülkenin katma değeri yüksek ürün üretim kapasitesini artırmak için Bakanlık ve bağlı/ilgili kuruluşları tarafından sağlanan desteklerin tek pencerede yönetilmesidir. Bu kapsamda sağlanan destekler;

a. Yatırımlara Proje Bazlı Devlet Yardımı Verilmesi Kararı

Ülkenin teknoloji açığına sahip olduğu alanlarda arz güvenliği sağlama, teknoloji kapasitesini geliştirme, ithalat bağımlılığını azaltma ve yüksek katma değerli olma yapılan yatırımlar bu destekten yararlanabilmektedir. Bu destekten yararlanabilmek için gerekli olan asgari yatırım tutarı 100.000.000 \$'dır.⁴

- Gümrük Vergisi Muafiyeti: VAR
- Katma Değer Vergisi İstisnası: VAR
- Gelir Vergisi Stopajı Desteği: Asgari ücretten 10 yıl
- Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği: Brüt ücretten 10 yıl
- Vergi İndirimi: % 100, Yatırıma Katkı Oranı: % 200
- Yatırım Yeri Tahsisi: VAR
- Faiz-Kâr Payı Desteği: 10 yıl, limitsiz
- Katma Değer Vergisi İadesi: VAR
- Nitelikli Personel Desteği: 20*Brüt asgari Ücret, 5 yıl
- Enerji Desteği: 10 yıl, enerji giderinin yarısı
- Kamu Alım Garantisi: VAR
- Sermaye Katkısı: VAR

⁴ <https://www.sanayi.gov.tr/mevzuat/diger/mc0403018202> adresinde detaylı bilgi yer almaktadır.

b. Stratejik Yatırım Desteği

Asgari sabit yatırım tutarı 50.000.000 ₺ üzerinde olan, yurtiçi üretim kapasitesi ithalat miktarından az olan ve ithalat tutarı en az 50.000.000 \$ olan ürünler için uygulanmaktadır.

- Gümrük Vergisi Muafiyeti: VAR
- Katma Değer Vergisi İstisnası: VAR
- Gelir Vergisi Stopajı Desteği: Asgari ücretten 10 yıl, 500 kişi için
- Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği: Asgari ücretten 7 yıl
- Vergi İndirimi: % 100, Yatırıma Katkı Oranı: % 50
- Yatırım Yeri Tahsis: VAR
- Faiz-Kâr Payı Desteği: ₺ kredi 10 puan, döviz kredisi 2 puan
- Sigorta Primi İşçi Desteği: Asgari ücretten 7 yıl
- Katma Değer Vergisi İadesi: VAR

c. TÜBİTAK Öncelikli Alanlar Araştırma Teknoloji Geliştirme ve Yenilik Projeleri Destekleme Programı

Tübitak 1511 Destek Programı ile Teknoloji Odaklı Sanayi Hamlesi Programı kapsamında ülke için kritik öneme sahip ve gelecek potansiyeli yüksek ürünlerin üretim kapasitesinin geliştirilmesi amacıyla aşağıda sayılan maliyet kalemlerine geri ödemesiz destek sağlanmaktadır. Bu desteklerin oranı KOBİ'ler için %75, diğer firmalar için %60'dır.⁵

- Personel Gideri desteği
- Seyahat Gideri desteği
- Alet, Teçhizat, Yazılım ve Yayın desteği
- Malzeme ve Sarf Giderleri desteği
- Danışmanlık ve Diğer Hizmet Alımı desteği
- Ar-ge Hizmet Alım desteği
- Proje Genel Gider desteği

d. KOSGEB Stratejik Ürün Desteği Programı

Teknoloji Odaklı Sanayi Hamlesi Programı kapsamında yüksek teknoloji seviyeli sektörlerdeki katma değeri yüksek ürünler için KOBİ'ler tarafından yapılacak yatırımlarda geri ödemesiz 1.800.000 ₺ ve geri ödemeli 4.200.000 ₺ olmak üzere toplam 6.000.000 ₺ kadar destek sağlanmaktadır. Desteklenen proje giderleri ve destek oranları ise aşağıdaki gibidir.⁶

- Makine-Teçhizat desteği: Destek oranı %60, (%30 geri ödemesiz + %70 geri ödemeli) ya da (%30 geri ödemesiz)
- Yazılım Gideri desteği: Destek oranı %60, (%30 geri ödemesiz + %70 geri ödemeli) ya da (%30 geri ödemesiz)
- Personel Gideri desteği: Geri ödemesiz
- Referans Numune Gideri desteği: Destek oranı %60, (%30 geri ödemesiz + %70 geri ödemeli) ya da (%30 geri ödemesiz)
- Hizmet alımı desteği: Destek oranı %60, (%30 geri ödemesiz + %70 geri ödemeli) ya da (%30 geri ödemesiz)

⁵ <https://www.tubitak.gov.tr/tr/destekler/sanayi/ulusal-destek-programlari/icerik-1511-tubitak-oncelikli-alanlar-arastirma-teknoloji-gelistirme-ve-yenilik-p-d-pteknoloji-odakli> adresinde detaylı bilgi yer almaktadır.

⁶ <https://www.kosgeb.gov.tr/site/tr/genel/destekdetay/6492/stratejik-urun-destek-programi> adresinde detaylı bilgi yer almaktadır.

e. TurSEFF Kredisi

Yatırımcılar işbu yatırım konusunda TurSEFF satıcı kredilerinden faydalanabilirler. Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı (TurSEFF) kamu ve özel sektör tarafından uygulanacak Sürdürülebilir Enerji ve Kaynak Verimliliği yatırımları için finansman sağlamak üzere oluşturulmuş bir programdır.

Proje Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD) tarafından geliştirilmiştir ve 2010 yılından bu yana Avrupa Birliği (AB) tarafından desteklenmektedir. TurSEFF bugüne kadar 1500'den fazla projeye 640 milyon EUR değerinde finansman sağladı.

Uygun projelerin hayata geçmesi için gerekli ekipman, hammadde ve teknolojilerin tedariki ve/veya satışını yapan işletmeler TurSEFF satıcı kredisinden faydalanabilirler.

Satıcılar veya bayiler için KOBİ sınırlaması bulunmamaktadır. Fakat satış yapılan firmaların AB tanımlı KOBİ (250'den az çalışanı ve yıllık satış hacmi 50 milyon € veya aktif büyüklüğü 43 milyon € altında) niteliğinde olması gerekmektedir. Bu firmalar kamu ya da özel sermayeli olabilir.⁷

2.3 Sektörün Profili

Enerji, tarih boyunca çeşitli görünüşleri yoluyla zenginliğin önemli nedenlerinden birini oluşturmuştur. Ülkelerin toplumsal gelişimlerinin sürükleyici unsurlarının başında enerji tüketimi gelmektedir. Enerji, günlük yaşamımızın ve üretimimizin en önemli girdilerden birisidir.

Ülkeler için yalnızca suyun, kömürün, petrolün, diğer değerli madenlere sahip olmanın yanı sıra rüzgârın ve güneşin varlığı da aslında birer zenginlik kaynağıdır. Yenilenebilir enerji ise son yıllarda enerji kaynakları içerisinde artan bir paya sahiptir. Nitekim dünya çapında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmaya yönelik bölgesel, ulusal ve uluslararası pek çok politika ve kampanya yürütülmektedir. Buna bağlı olarak yenilenebilir enerji kullanımı 30 sene öncesinde sıfıra yakinken günümüzde büyük bir öneme sahiptir.

Yenilenebilir enerji teknolojileri, yalnızca on beş yıl öncesinde, başta iklim değişikliği ile mücadele ve çevreye duyarlı üretim için konvansiyonel yakıtların kullanımının azaltılması hedefiyle şekillenen daha özelleşmiş bir alana hitap etmekteydi. Günümüzde ise yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanımı, insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki negatif etkisinin azaltılmasının yanı sıra ekonominin canlandırılması, istihdam yaratılması, enerji ithalatının azaltılması, teknolojik gelişimin teşvik edilmesi, kamu sağlığının iyileştirilmesi ve gelir kaynaklarının çeşitlendirilmesi gibi pek çok unsurdan dolayı dünya genelinde gelişimini emin adımlarla sürdürmektedir. Bir başka deyişle, yalnızca bundan on beş yıl önce elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin payının artırılması piyasa genelinde radikal bir dönüşüm olarak algılanırken, bugün hem küresel enerji talebinin karşılanmasında hem de çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında en uygulanabilir ve gerekli çözüm olarak görülmektedir.

Doğal ve sürekli bir füzyon reaktörü olan güneşin enerjisinin kaynağı 4 hidrojen atomunun 1 helyum atomuna dönüşmesinde gizlidir. 4 hidrojen atomu 4,032 birim ağırlıkta, 1 Helyum atomu ise 4,003 birim ağırlıktadır. Bu olay sonucu 0,029 birim ağırlık Einstein'ın madde-enerji bağıntısı sonucu enerjiye dönüşmektedir. Yani güneşte her saniyede 564 milyon ton hidrojen, 560 milyon ton helyuma dönüşmekte ve kaybolan 4 milyon ton kütle karşılığı 3,86x10²⁶ J enerji açığa çıkmakta ve bu enerji ışıınım şeklinde uzaya yayılmaktadır. Toplam enerji rezervi 1,785x10⁴⁷ J olan bu yıldız daha milyonlarca yıl ışımasını sürdüreceğinden dünya için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Dünyanın çapına eşit bir dairesel alan üzerine çarpan güneş gücü, 178 trilyon KW düzeyindedir. Güneş enerjisi uzaya ve gezegenlere elektromanyetik ışıınım (radyasyon) biçiminde yayılır. Dünya'ya güneşten gelen enerji, dünyada bir yılda kullanılan enerjinin 20 bin katıdır.

Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, güneş enerjisi çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir.

⁷ <https://www.turseff.org/solution/yenilenebilir-enerji-finansmani?ref=yenilenebilir-enerji-finansmani> adresinde detaylı bilgi yer almaktadır.

Dünyanın en önemli enerji kaynağı güneştir. Güneş etkisiyle rüzgâr, deniz dalgası, okyanusta sıcaklık farkı ve biyokütle enerjileri, su döngüleri oluşmaktadır. Güneş enerjisi, ısıtma ve elektrik elde etmek için de doğrudan kullanılmaktadır. Güneş ışınları diğer enerji türleri vasıtası ile de faydalı enerji haline dönüştürülebilir. Güneş ışıınımı enerjisi atmosfer olaylarının gerçekleşmesine vesile olurken aynı zamanda akarsu deniz, göl, gölet vb. su kütlelerini de ısıtmaktadır.

Güneş ışınlarının yeryüzünde oluşturduğu ışıınım enerjisi, fosil yakıtlardan elde edilen enerjiden daha yüksektir fakat güneş enerjisinin insan faaliyetlerine uygun kullanılabilir bir enerji türüne efektif olarak dönüştürülmesi konusunda çalışmalar halen devam etmektedir.

Güneş ışınlarının dünyanın her yerinde bulunması, güneş enerjisini yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlisi haline getirmektedir. Güneş enerjisi hem bol, hem sürekli ve yenilenebilir hem de maliyetsiz bir enerji kaynağıdır. Bunların yanı sıra geleneksel yakıtların kullanımından kaynaklanan çevresel sorunların çoğunun güneş enerjisi üretiminde bulunmayışı bu enerji türünü temiz ve çevre dostu bir enerji yapmaktadır.

Ülkemiz, dünyada 2000 yılından bu yana elektrik ve doğalgazda Çin'den sonra en fazla talep artışına sahip ikinci büyük ekonomi konumunda olmuştur. Türkiye ekonomisi içinde gelecek vadeden enerji sektörü, yatırımcılar açısından en çekici yatırım alanı olarak kabul edilmekte olup, özelleştirme sürecine paralel olarak sektörde rekabetçi bir piyasa yapısına doğru geçiş yaşanmaktadır.

Türkiye’de enerji tüketimi halen Batı Avrupa ülkelerine kıyasla düşük seviyede olmakla birlikte, genç ve her geçen gün biraz daha kentleşmekte olan nüfus, büyüme potansiyelini göstermektedir. Ülkemiz, enerji tüketimindeki artış hızının ülkedeki üretim hızını aşmasına bağlı olarak, önemli bir enerji ithalatçısı konumundadır.

Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir:

- Isıl Güneş Teknolojileri: Bu sistemlerde öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilir. Bu ısı doğrudan kullanılabileceği gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir.
- Fotovoltaik Güneş Teknolojisi: Fotovoltaik hücreler denen yarı-iletken malzemeler güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirirler.

Bu iki gruptan bu çalışmanın konusunu içeren fotovoltaik sistemler, ışık enerjisini elektrik enerjisine çeviren yapılardır. Burada “Foto” Yunancadaki karşılığı olan “phos” ışık anlamındayken, “volt” ise 1745-1827 yılları arasında yaşamış ve elektrik alanında öncü bir bilim adamı olan Alessandro Volta’dan gelir. “Foto-voltaik” kelimesi ise “ışık-elektriği” anlamına gelmektedir.

Fotovoltaik sistemler, güneşten gelen ve foton ismini taşıyan tanecikler ile elektrik üretimini gerçekleştirirler. Fotonlar üzerlerinde belirli bir enerji taşımaktadır. Taşınan bu enerji güneş panellerinde elektrik üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Güneş hücreleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Hücrenin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Güneşten gelen enerji paneller tarafından soğurularak sistem içerisindeki diğer elemanlara iletilmekte ve en sonunda günlük hayatta kullanılan elektrik enerjisi ortaya çıkmaktadır.

Güneş hücreleri (fotovoltaik hücreler), yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş hücreleri alanları genellikle 100 cm² civarında, kalınlıkları ise 0,1- 0,4 mm arasındadır.

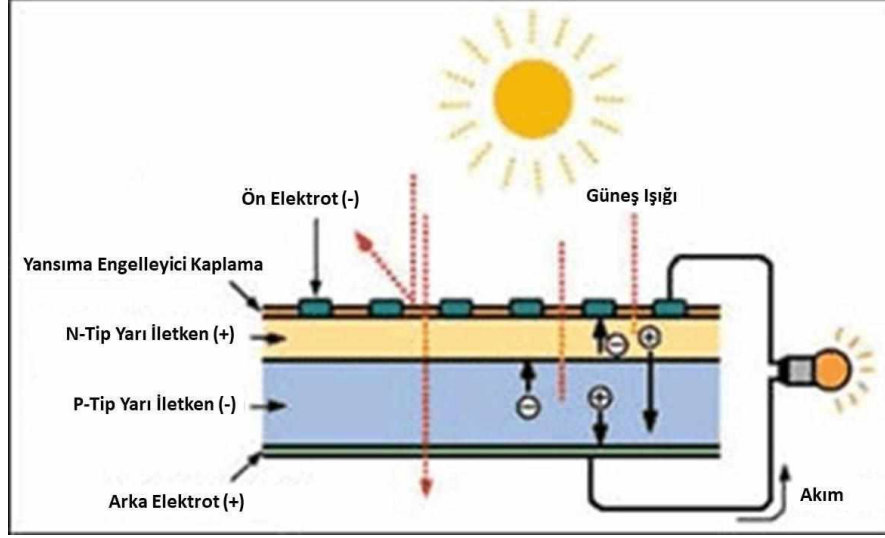
Güneş hücresi, hiçbir hareketli parça olmadan gün ışığını doğru akıma dönüştüren bir sistemdir. Bu yolla elde edilen enerji temizdir ve herhangi bir zararlı atığa sahip değildir. Güneş hücreleri çoğunlukla dünyada en fazla bulunan elementlerden biri olan silisyumdan yapılır ve 20 yılın üstünde bir ömre sahiptir.

Güneş hücrelerinin temel prensibi olan fotovoltaik etki, fotovoltaik bir hücre tarafından güneş ışıınının elektriğe dönüştürüldüğü temel bir fiziksel işlemdir. Güneş ışıınıındaki fotonların, silikon gibi yarıiletken malzemelerin yüzeyine çarparak, atomlardan elektronları serbest bırakmaları ile ortaya çıkar.

Güneşten gelen ışıınım, enerji taşıyan fotonların birleşiminden oluşur. Bu fotonlar, güneş ışıınım spektrumundaki farklı dalga boylarına bağlı olarak farklı miktarlarda enerji içerirler. Fotonlar, fotovoltaik bir hücre üzerine geldiğinde; bir kısmı hücre tarafından soğurulur, bir kısmı yansıtılır, kalan kısmı da hücre içerisinden geçer.

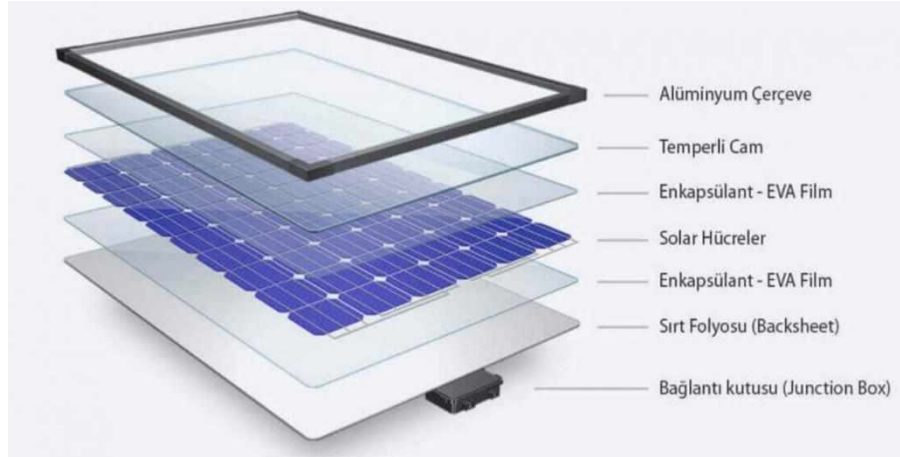
Fotovoltaik hücre tarafından soğurulan fotonlar elektrik üretir. Fotonun enerjisi yarı iletken bir malzemenin atomundaki elektrona transfer edilir. Elektron, yeni kazandığı bu enerji sayesinde, elektrik devresindeki akımın bir parçası olabilmek için yarıiletken malzemedeki bir ek atomun normal durumundan kurtulma yeteneği kazanır. Bir elektrik alanındaki Fotovoltaik hücrenin belirli elektriksel özellikleri, dış bir yükten gelen akımı karşılamak için gerekli gerilimi sağlar.

Şekil 1: Güneş Hücresi Çalışma Sistematiği

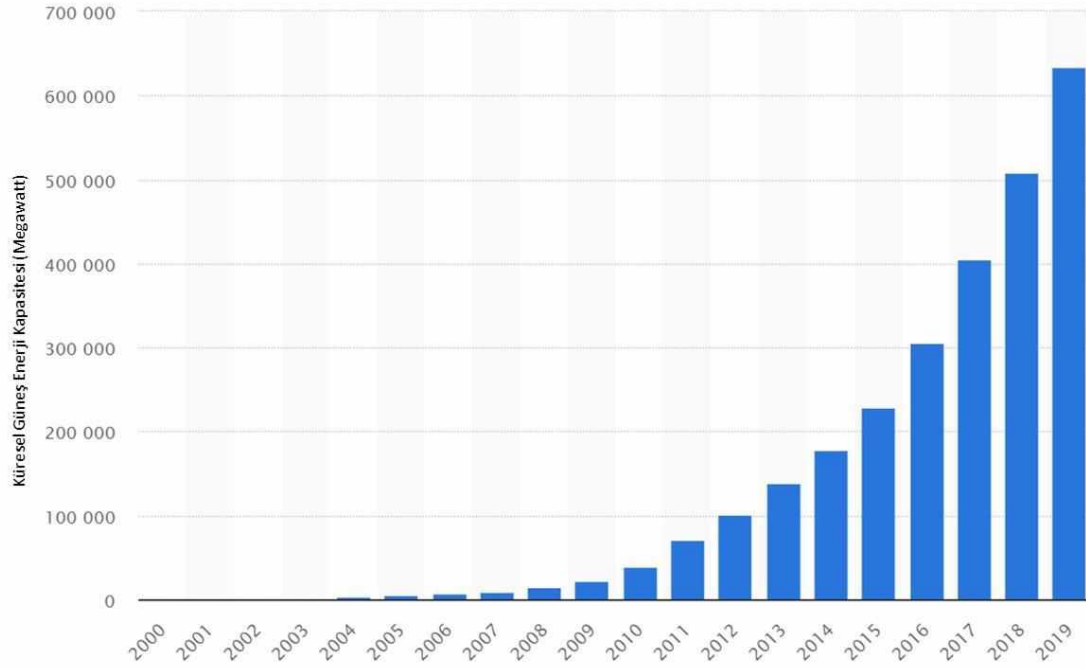


Güneş enerjisi, güneş hücresinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 30 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş hücresi birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş hücresi modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak bir kaç Watt'tan Mega Watt'lara kadar enerji potansiyeline sahip sistemler oluşturulur. Günümüzde bu sistemleri “Güneş Paneli” adı verilmektedir.

Şekil 2: Fotovoltaik Model Yapısı

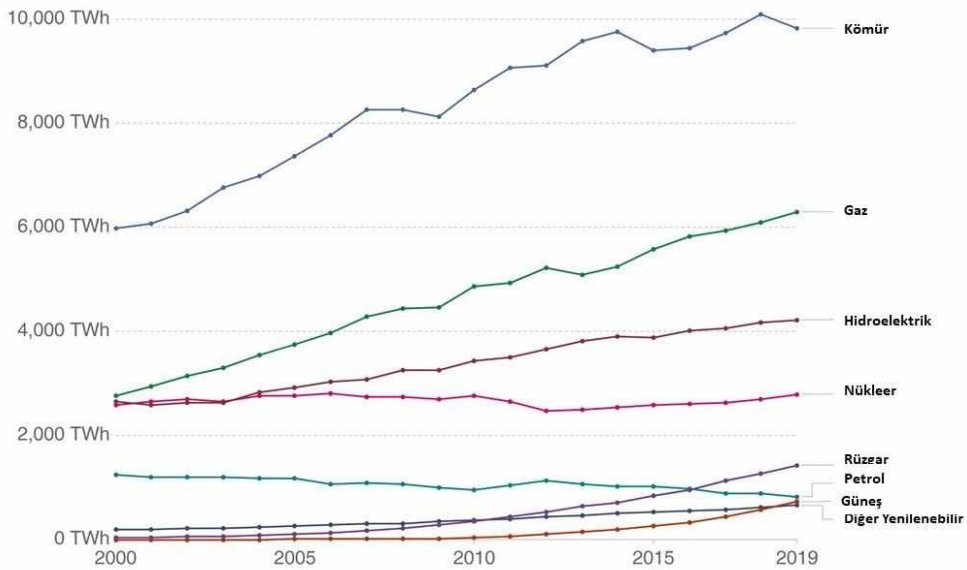


Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) “2015 Dünya Enerji Görünümü Raporu”nda yer alan yeni politika senaryolarına göre Dünya genelinde 2015-2040 yılları arasında yenilenebilir enerji sektörüne yapılacak yatırım, toplam enerji kaynaklı yatırımların %60'ını oluşturarak 7 trilyon ABD Doları'nı bulacaktır. Aynı dönemde yenilenebilir enerji teşvikleri 60 milyar ABD Doları artışla, 172 milyar ABD Doları'na ulaşacaktır. Bu dönemde, yenilenebilir enerji kaynaklı kapasite artışının da 3.600 GW olması beklenirken, yenilenebilir enerjinin ısınmak için kullanılan enerji kaynaklarının altıda birini ve ulaştırma için tercih edilen yakıtların ise %8'ini oluşturacağı öngörülmektedir.

Şekil 3: Yıllara Göre Dünya Güneş Enerjisi Kurulu Kapasite Değişimi

Kaynak: www.statista.com, 2020

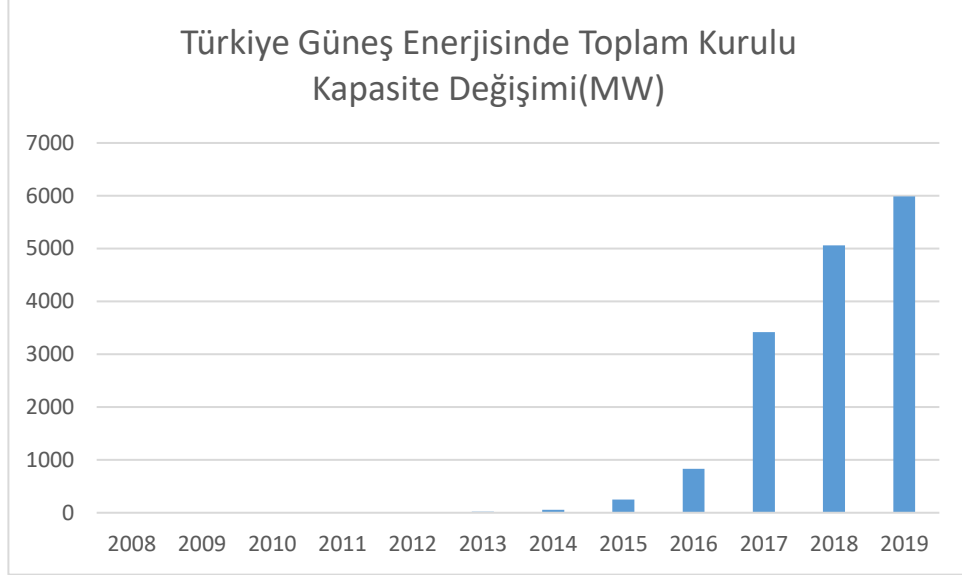
Son on yılda güneş enerjisi piyasası son derece önemli gelişmelere tanık olmuştur. Güneş enerjisi sektörü, tıpkı diğer yenilenebilir enerji kaynaklarında olduğu gibi; yalnızca özelleşmiş bir piyasa olmaktan çıkarak, günümüzde elektrik üretimindeki temel kaynaklardan biri olma yolunda önemli adımlar atmıştır. 2019'un sonuna gelindiğinde dünya genelindeki fotovoltaik kapasitesi 633 GW'ye ulaşmıştır. 2023 yılı için projeksiyonlarda ise Dünya kurulu fotovoltaik kapasitesinin 1.296 GW kurulu güce ulaşması beklenmektedir. Bazı kaynaklara göre de 2050 yılına gelindiğinde güneş enerjisi, dünyanın en büyük elektrik üretim kaynağı haline gelebilecek potansiyele sahiptir.

Şekil 4: 2000 Yılı Sonrası Kaynaklarına Göre Elektrik Üretimi Değişimi**2000 Yılı Sonrası Küresel Elektrik Üretimi (TWh= Terawatt/Saat)**

Kaynak: www.ourworldindata.org, 2020

Dünyada güneş enerjisi teknolojilerinde yaşanan gelişmelere paralel olarak Türkiye’de de bu alanda yapılan çalışmalar hızlanmış durumdadır. 2019 itibarıyla Türkiye’de güneş enerjisi kurulu gücü 5.987 MW civarında olmakla beraber elektrik üretiminde güneş enerjisinin payının artırılması yönünde altyapı çalışmaları hız kazanmaktadır. Türkiye’de 2023 senesine kadar toplam kurulu güneş enerjisi kapasitesinin 10 GW’yi bulması hedeflenmektedir. 2040 senesi için ise güneş enerjisi kapasitesinin 40 GW’den daha yüksek seviyelere tırmanması ve toplam kurulu kapasitenin neredeyse %30’unu oluşturması beklenmektedir.

Şekil 5: Türkiye Son 10 Yılda Güneş Enerjisi Kurulu Kapasite Değişimi

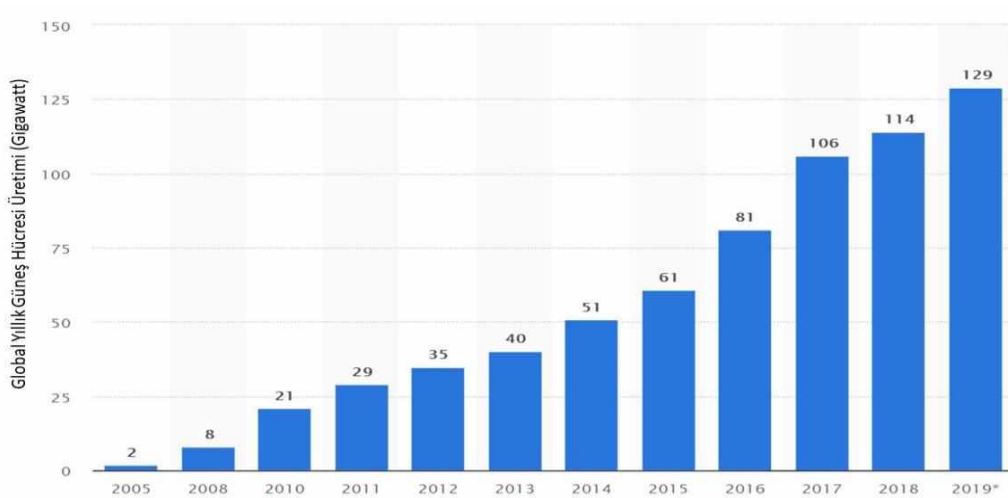


Kaynak: en.wikipedia.org, 2020

Bu durum güneş enerji santrallerinde kullanılmakta olan güneş panellerinin ana parçası olan fotovoltaik güneş hücrelerine olan talebinde hem ülkemizde hem de dünyada artmakta olduğunu ve ilerleyen dönemlerde bu artışın hızlanacağını göstermektedir.

2000’li yıllardan bu yana güneş enerjisini olan talebin artması ve teknolojiye yaşanan gelişmeler güneş hücresi imalatını da etkilemiştir. 2008 yılında küresel güneş hücresi imalatı yıllık 8 Gigawatt iken bu miktar 2019 yılında yıllık 129 Gigawatt değerine ulaşmıştır. Bununla beraber 2008 yılında güneş hücresi fiyatları 4 Dolar/Watt civarında iken 2019 yılında bu fiyat 0,22 Dolar/Watt değerine kadar düşmüştür.

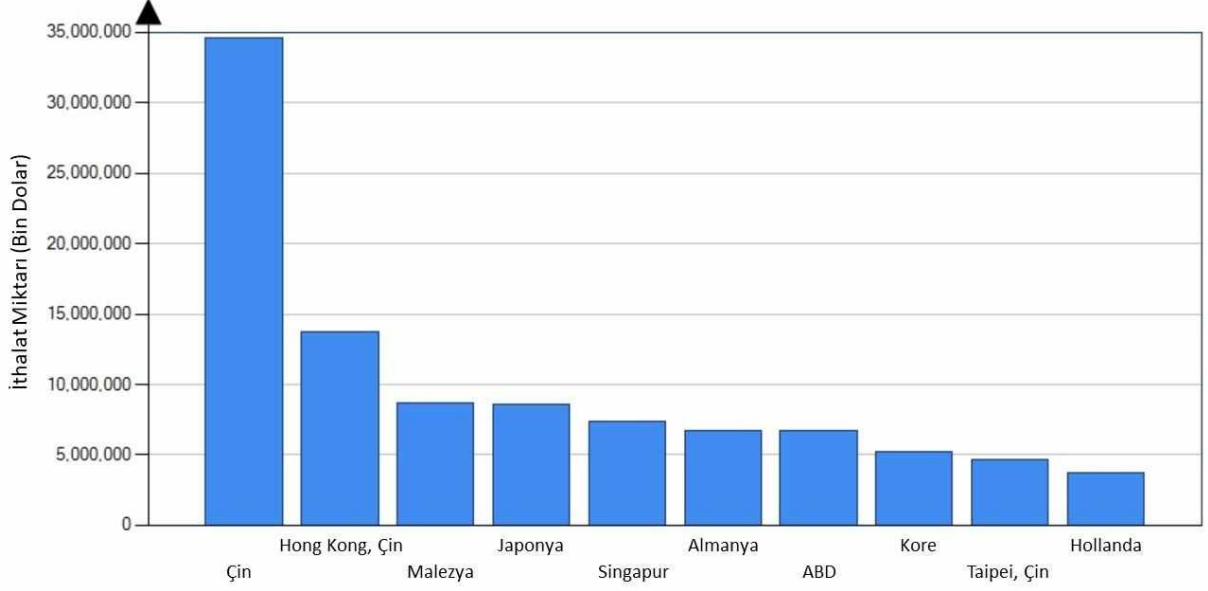
Şekil 6: Dünya Yıllık Güneş Hücresi Üretimi



Kaynak: www.statista.com, 2020

Günümüzde dünyanın Fotovoltaik Güneş Hücresi ihtiyacının büyük bir kısmını Çin Halk Cumhuriyeti karşılamaktadır. Çin'i sırası ile Malezya, Japonya, Singapur ve Almanya takip etmektedir.

Şekil 7: Ülkelere Göre Dünya Güneş Hücresi İthalatı



Kaynak: www.trademapp.org, 2020

Fotovoltaik güneş hücresi üretiminde önde gelen firmalarda büyük ölçüde Çin merkezli firmalardır. Dünya fotovoltaik hücre üretiminde 2018 yılına göre ilk 10 firma ve bu firmaların bulunduğu ülkeler Şekil-8 de gösterilmiştir.

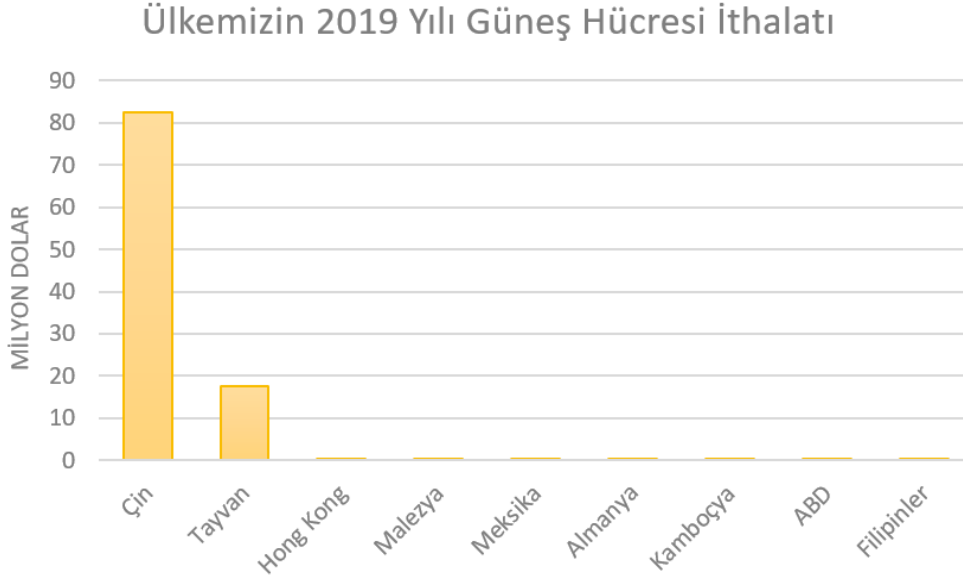
Şekil 8: Dünya İlk 10 Fotovoltaik Hücre Üreticileri

Sıra	Firma	Ülke
1	JA Solar	Çin
2	Tongwei	Çin
3	Trina Solar	Çin
4	Hanwha Q Cells	Güney Kore
5	JinkoSolar	Çin
6	LONGi	Çin
7	SFCE(Shunfeng International Clean Energy Limited)	Çin
8	Canadian Solar	Kadana
9	Aiko Solar	Çin
10	First Solar	ABD

Kaynak: www.pv-tech.org, 2020

Günümüzde ülkemizin güneş paneli üretimi yapan ve yurtdışına güneş paneli satan işletmeler olmakla beraber ülkemizin güneş paneli ihtiyacı büyük ölçüde dışardan sağlanmaktadır. Bununla beraber yerli güneş paneli üretimi yapan firmalarda ürettikleri panellerin güneş hücrelerini yurtdışından temin etmektedirler. Ülkemizde yerli güneş hücresi üretimi yapan yalnızca Denizli bölgesinde faaliyet gösteren Bereket Enerji firmasına ait 100 MW/Yıl üretim kapasitesine sahip fabrikasıdır. Bu fabrikada COVID19 salgını sebebiyle çok düşük kapasitede hizmet vermektedir.

Şekil 9: Ülkemizin 2019 Yılı Güneş Hücresi İthalatı



Kaynak: TÜİK, 2020

Bununla beraber bu konuda farklı yatırımlar hala tamamlanma aşamasındadır. Bunlardan birincisi 19 Ağustos 'da açılışı yapılan Kalyon Enerji tarafından Ankara'da kurulan fabrikadır. Bu fabrika yıllık 500 MW kapasiteye sahip olacaktır. Bu fabrikanın, 2020 yılı sonunda üretime başlaması beklenmektedir.

Bu konuda bir diğer yatırım ise GTC firması tarafından Niğde'de yapılmaktadır. Bu fabrikanın inşaatı halen sürmektedir ve 2020 yılı sonunda inşaatının tamamlanması beklenmektedir.

Fotovoltaik hücre üretimi sektörünün ilgili olduğu öne çıkan 2 ana sektör bulunmaktadır. Bunlar kimya sanayii ve yarıiletken tabanlı mikroelektronik (çip üretimi) sektörüdür.

Kimya sanayiinin fotovoltaik hücre üretiminde en büyük etkisi hücre üretiminde bir çok gaz, sıvı ve katı kimyasal kullanılmasından gelir. Bu malzemelerin temini için kimya sanayi büyük önem taşımaktadır.

Ayrıca Fotovoltaik hücre üretimi birçok açıdan yarıiletken tabanlı mikroelektronik üretimi ile benzerlikler taşımaktadır.

2.4 Dış Ticaret Ve Yurt İçi Talep

Fotovoltaik güneş hücresi imalatı sektöründe 2017 yılı ve sonrasına ait ihracat tutarlarına ilişkin TÜİK verilerine göre ABD Doları bazında hazırlanan tablo aşağıda gösterilmektedir.

Şekil 10: Fotovoltaik Güneş Hücresi 2017 Yılı Sonrası İhracatı

Gtíp No	Açıklama	2017	2018	2019	2020-1
8541.40.90.00.15	Fotovoltaik (solar) hücreler	1.155.687	625.830	1.062.639	409.115

Kaynak: TÜİK, 2020

2019 yılı rakamlarına göre Güneş Hücresi ihracatı yaptığımız ilk 5 ülke sırası ile Kosova, Cibuti, Komorlar Birliği, Mısır ve Gana'dır.

Ayrıca güneş hücresi imalatı sektöründe 2017 yılı ve sonrasına ait ülkemizin ithalat tutarlarına ilişkin TÜİK verilerine göre ABD Doları bazında hazırlanan tablo aşağıda gösterilmektedir.

Şekil 11: Ülkemizin Fotovoltaik Güneş Hücresi 2017 Yılı Sonrası İthalatı

Gtíp No	Açıklama	2017	2018	2019	2020-1
8541.40.90.00.15	Fotovoltaik (solar) hücreler	176.475.836	132.676.626	100.855.939	63.618.512

Kaynak: TÜİK, 2020

2019 yılı rakamlarına göre Güneş Hücresi ithalatı yaptığımız ilk 5 ülke sırası ile Çin Halk Cumhuriyeti, Tayvan, Hong Kong, Malezya ve Meksika'dır.

Birleşmiş Milletler Comtrade veritabanı istatistiklerine göre 2019 yılında 8541.40 GTİP kodlu Güneş Hücrelerini de içine alan "Işığa Duyarlı Yarı İletken Tertibat (Fotovoltaik Piller Dahil); Işık Yayan Diyodlar" sektörü ihracatında öne çıkan ilk 5 ülkenin ihracat tutarları tabloda gösterilmektedir.

Şekil 12: 2019 Yılında Dünya Fotovoltaik Hücre İhracatında İlk 5 Ülke

ÜLKE	TUTAR (\$)
Malezya	4.676.558.242
Japonya	3.531.104.100
Güney Kore	3.512.495.941
Vietnam	3.507.961.660
Çin Halk Cumhuriyeti	3.255.782.934

Kaynak: en.wikipedia.org, 2020

Birleşmiş Milletler Comtrade veritabanı istatistiklerine göre 2019 yılında 8541.40 GTİP kodlu Güneş Hücrelerini de içine alan "Işığa Duyarlı Yarı İletken Tertibat (Fotovoltaik Piller Dahil); Işık Yayan Diyodlar" sektörü ithalatında öne çıkan ilk 5 ülkenin ithalat tutarları tabloda gösterilmektedir.

Şekil 13: 2019 Yılında Dünya Fotovoltaik Hücre İthalatında İlk 5 Ülke

ÜLKE	TUTAR (\$)
ABD	8.427.935.905
Çin Halk Cumhuriyeti	4.023.740.001
Japonya	3.576.000.017
Vietnam	3.095.809.282
Almanya	3.020.470.036

Kaynak: en.wikipedia.org, 2020

Yurtiçinde güneş paneli üretimi ve ticareti yapan firmaların çok büyük bir kısmı panellere yerleştirecekleri güneş hücrelerini yurtdışından ithal ettiği evvelen de açıklanmıştır. Yine yapılan görüşmelerde söz konusu firmaların faaliyetlerini alanan ön sipariş hacmine göre yürüttüğü tespit edilmiştir. Bu durumda fotovoltaik güneş hücresi ürünleri alanan siparişlerde belirlenen hacimlerde yurtdışından ithal edilmektedir. Dolayısıyla bu ürünlerde yurtiçi stok miktarının az ya da emniyet stok oranlarında olduğu düşünülmektedir.

Benzer bir şekilde ülkemizde güneş hücresi üretimi yapan firma sayısının düşük olması ve yaptığı üretimi öncelikle kendi güneş paneli üretim çalışmalarında kullandıkları için bu faktörün yurtiçi talep üzerinde etkisi olmadığı varsayılmaktadır. Sonuç olarak yurtiçi talep hacmini belirleyen ana etkenler ithalat ve ihracat miktarları arasındaki fark olmaktadır.

Yurtiçi Talep = Stok (*mevcutsa*) + Üretim Miktarı + İthalat Miktarı- İhracat Miktarı formülüne göre 2019 yılına göre yurtiçi talep;

- İthalat miktarı=1.925.621 kg.
- İhracat miktarı=20.961 kg. dır.

Açık miktarı = 1.904.660 kg. yurtiçi talep miktarı olarak karşımıza çıkmaktadır

Güneş hücresi üretiminde en büyük girdi kalemlerinin başında silikon külçe ve wafer üretimi görülmektedir. Bu çerçevede güneş hücresi üretimi ile silikon üretim miktar ve teknolojileri bir paralellik gösterdiği söylenebilir. Dünya silikon üretiminin %64'ü Çin Halk Cumhuriyetinde gerçekleştirilmektedir. Bununla beraber diğer öne çıkan ülkeler olarak ABD, Almanya ve Kanada da bu konu üstüne ar-ge ve araştırma çalışmaları ile öne çıkmaktadırlar.

Fotovoltaik güneş hücresi üretimi sektörünün ilk 5 ülkesi Çin, Tayvan ABD ve Kanada'dır. Bu yatırımın Bolu ilimizde gerçekleştirilmesinin sektörün öncüleri ile karşılaştırıldığında Çin dışındaki ülkelerle sadece insan kaynağı maliyetinde bir avantaj sağladığı karşımıza çıkmaktadır. Fakat bu maliyet avantajının etkisi ilerleyen teknoloji ile sektörün emek ihtiyacının zamanla azalması nedeniyle her geçen gün düşmektedir. Hammadde ve yardımcı malzeme ile enerji maliyetlerinin birbirine çok yakın olması toplam üretim maliyeti açısından hiçbir ülkeye avantaj sağlamamaktadır.

Güneş hücresi üretiminin ana hedefi güneş paneli üretimi sanayiine yarı mamul sağlamaktır. Bu sebeple üretim sonucunda dağıtım kanalı olarak güneş paneli üreten firmalara direkt dağıtım kanalının kullanılması tercih edilmelidir. Satışlar doğrudan doğruya firmalara aracı, ithalatçı ve ya bayiler olmadan gerçekleştirilmelidir. Bu hem üretilen ürünün yarı mamul olması sebebiyle hem de pazara yeni giren firmanın ürün fiyatlamasında tutundurma politikasını izlemesi satış fiyatı üzerine ilave maliyetler eklememesi için gereklidir.

Ayrıca daha öncede bahsedildiği 2008 yılında güneş hücresi fiyatları 4 Dolar/Watt civarında iken 2019 yılında bu fiyat 0,22 Dolar/Watt değerine kadar düşmüştür.

2.5 Üretim, Kapasite Ve Talep Tahmini

Tesiste işletme aşamasında yılda 12 ay (320-330 gün), ayda 28 gün, günde 24 saat çalışılacaktır. Tesiste 3 vardiya halinde her vardiyada işletme müdürü hariç 24 personel çalışması beklenmektedir.

Yukarıda Şekil 3 ve 4 de görüldüğü üzere hem Dünyada hem ülkemizde güneş enerjisi kurulu güç her geçen yıl artmaktadır. Ayrıca teknolojinin gelişimi ile Dünyada yıllık üretilen fotovoltaik güneş hücresi miktarı her geçen yıl artmaktadır.

Bununla beraber 2019 yılı verilerine göre ülkemiz fotovoltaik güneş hücresi ticaretinde 1.904.660 kg. dış açık vermektedir. Bu durum ülkemizin güneş paneli ve güneş enerjisi sektörünün dışa bağımlı olması sonucunu doğurmaktadır.

Sektörde yapılan ar-ge yatırımlarının artışı ile fotovoltaik güneş hücrelerinden elde edilen enerji veriminde yıllar içinde artmıştır. Bu artışın katlanarak devam edeceği öngörülebilir.

Bu sebeplerle sektörde talebin hem yurtiçinde hem yurtdışında yıllar içinde katlanarak artacağı görülebilir.

Tesis ilk işletilmeye başlandığı yıl deneme üretimleri yapılması gerekir. Ülkemizde bu konuda direkt eğitim veren eğitim kurumları olmaması sebebiyle işe alınacak ilgili personele eğitilmesi gerekecektir. Bu durumda tesisin işletmeye başladığı ilk yıl kapasite kullanım oranının %10 civarında olması beklenir. Bu oran ilerleyen yıllarda artacaktır. Tesisin 2. yıl %30, 3. yıl %50, 4. yıl %70, 5. yıl ve ilerleyen dönemlerde %80 kapasite ile çalışması öngörülmektedir. Tesisin 5. yıldan itibaren yıllık yaklaşık 50 MW karşılığı fotovoltaik güneş hücresi üretecek kapasite ile çalışması beklenmektedir.

2.6 Girdi Piyasası

Proje kapsamında modül üretimi için gerekli olan ana hammadde polisilikonur. Polisilikonun çeşitli işlemlerden geçirilmesinden sonra wafer, waferin çeşitli işlem ve kontrollerden geçirilmesinden sonra hücre üretilir. Üretim aşamalarına göre gerekli malzemelerin listesi Şekil-14 de gösterilmiştir.

Şekil 14: Üretim Aşamalarına Göre Gerekli Hammaddeler

Kullanım Aşaması	Hammadde
Külçe Üretimi	Polisilikon
	Hidrojen Florür (HF)
	Nitrik Asit (HNO ₃)
Wafer Üretimi	Potasyum Hidroksit (KOH)
	Hidrojen Peroksit (H ₂ O ₂)
	Deterjan
Hücre Üretimi	Gümüş Yapıştırıcı
	Alüminyum Yapıştırıcı
	Silan (SiH ₄)
	Amonyak (NH ₃)
	Nitros Oksit (N ₂ O)
	Fosforil Klorür (POCl ₃)
	Nitrik Asit (HNO ₃)
	Hidroklorik Asit (HCl)
	Hidrojen Florür (HF)
	Potasyum Hidroksit (KOH)
	Hidrojen Peroksit (H ₂ O ₂)
	Sodyum Perkarbonat (Na ₂ CO ₃)
	İzopropil Alkol (IPA)
	Trimitilamin (TMA9

Söz konusu hammadde, kimyasal ve gazların temininde yurt içi ve yurt dışı tedarikçiler kullanılacaktır. Gerekli olacak olan polisilikon yurt dışından ithal edilecektir. Diğer kimyasal ve gazlardan ülkemizde imal edilmeyenleri yurt dışından Gümrük ve Ticaret Bakanlığı'ndan gerekli izinler alınarak ithal edilecektir. Yurt içinde üretilen maddelerin ise istenen özellik ve saflıkları gösterenleri yurt içinden, istenen özellikte olmayanları ise yine yurt dışından ithal edilecektir.

Polisilikonun ithal edilebileceği ülkeler sırası ile Çin, Almanya, Güney Kore, ABD ve Norveçtir. Polisilikonun uluslararası piyasada güncel fiyatı kilogram başına 11 Dolar civarındadır.

Kullanılacak Hidrojen Florür'ün uluslararası piyasada güncel fiyatı kilogram başına 60 ila 65 Dolar civarındadır ve Çin, Tayvan ve Almanya'dan temin edilebilir. Kullanılacak Nitrik Asit'in yerli üretimi vardır ve güncel fiyatı kilogram başına 25 TL yani 3,4 Dolar civarındadır. Kullanılacak Potasyum Hidroksit'in yerli üretimi vardır ve güncel fiyatı kilogram başına 20 TL yani 2,72 Dolar civarındadır. Kullanılacak Hidrojen Peroksit'in yerli üretimi vardır ve güncel fiyatı litre başına 60 TL yani 8,17 Dolar civarındadır. Kullanılacak Gümüş Yapıştırıcı'nın yeterli kalitede yerli üretimi olmadığı için Çin ve Almanya'dan temin edilebilir. Kullanılacak Alüminyum Yapıştırıcı'nın yeterli kalitede yerli üretimi olmadığı için Çin ve Japonya'dan temin edilebilir.

Silan ve Amonyak gaz halinde bulunan bu malzemelerdir, hücre yüzeyinde yansımayı azaltıcı Si_3N_4 tabakası oluşturmak üzere kullanılırlar. Kullanılacak Silan ve Amonyak'ın yeterli kalitede üretim olmadığı için Çin, Almanya ve Fransa 'dan temin edilebilir. Si_3N_4 tabakası, aynı zamanda yüzeyin elektronik özelliklerini iyileştirir ve kayıpları azaltır. Hücreye mavi rengi veren bu kaplamadır. Silan'ın piyasada fiyatı 15 Dolar, Amonyak ise 5 Dolar civarındadır.

Fosforil Klorür sıvı halde olan bu malzemedir. Silisyum yüzeyinin fosfor atomları ile katılanması amacı ile kullanılır. Bu amaç için büyük fırınlar kullanılır. Kullanılacak Fosforil Klorür 'ün uluslararası piyasada güncel fiyatı kilogram başına 30 Dolar civarındadır ve Çin, Tayvan ve Almanya'dan temin edilebilir. Kullanılacak Sodyum Perkarnonat'ın yerli üretimi vardır ve güncel fiyatı kilogram başına 40 TL yani 5,45 Dolar civarındadır. Kullanılacak İzopropil Alkolün yerli üretimi vardır ve güncel fiyatı kilogram başına 12 TL yani 1,63 Dolar civarındadır. Kullanılacak Trinitilamin'in uluslararası piyasada güncel fiyatı kilogram başına 45 Dolar civarındadır ve Çin, Tayvan ve Almanya'dan temin edilebilir.

2.7 Pazar ve Satış Analizi

Güneş hücresi imalatı yatırımının Bolu merkez ilçede yapılmasının getireceği rekabet üstünlüğü Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi (BAİBÜ) Nükleer Radyasyon Detektörleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (NÜRDAM) kurumunun çalışmalarına dayanmaktadır. NÜRDAM tarafından geliştirilen ürün yelpazesinde, Alan etkili radyasyon transistörü, PIN ve Işık yayan Diyotlar ve PTC sıcaklık sensörleri bulunmaktadır. Bununla beraber NÜRDAM'da güneş hücrelerinin verimini artırmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır.

Bolu'nun insan kaynakları alanında getirdiği bir avantajda personel devir hızının düşüklüğüdür. İlde faaliyet gösteren imalatçı firmalarla yapılan mülakatlarda ortalama personel devir süresini 12 yıl olduğu görülmüştür. Personel rotasyon sürenin 12 yıl olmasının temel nedeni ise emeklilik müessesesidir. İşyerine sadakat duygusunun yüksek olması iş-başında eğitim ile kazanılan becerilerin tesise sağladığı katkılarda kalıcılığı artırmakta, iş-başında öğrenme ile yükselen uzmanlaşma seviyesi personel verimliliğini en üst seviyeye çıkarmaktadır.

Bolu'da üretilecek fotovoltaik güneş hücresi ürünlerinin pazarlama avantajları lojistik ve gümrük vergisi hususlarında görülecektir. Yurtdışından ithal edilen güneş hücreleri için lojistikten kaynaklanan süre ürünün Bolu'dan tedarik edilmesiyle azalacaktır. Kazanılan bu süre ürünü kullanacak olan işletmeler için depolama maliyetinin azalması anlamına gelecektir. İlaveten, yurtdışından ithalat nedeniyle katlanılan gümrük vergisi bedeli toplam maliyetten düşülmektedir.

Yatırımın Bolu Merkez İlçeye yapılmasının bir diğer etkisi Bolu ilinin ülkemizin silisyum madeni bulunan bölgelere yakınlığıdır. Yatırım gerçekleştiğinde faaliyete başlandığı ilk dönemler üretimin ana hammaddesi olan polisilikon yurtdışından gelecek olsa da zamanla ülkemizde yapılacak benzer yatırımlar ve talebin artması ile polisilikon üretimi ülkemizde yapılabilir olacaktır.

Ülkemizin önemli silisyum kaynakları İstanbul Sarıyer, İstanbul Çatalca, Zonguldak, Yalova ve Sinop illerindedir. Bahsi geçen illere yakınlığı ile Bolu ileride gerçekleşebilecek bir polisilikon üretim tesisine ev sahipliği yapabileceği gibi tesis Bolu iline olmasa bile tesis bahsi geçen silisyum kaynaklarının yakınında olacağı için Bolu iline de oldukça yakın olacaktır.

Yapılacak bu yatırımın öncelikle hedefi iç talebi karşılamak olacaktır. Yukarıda bahsedildiği gibi ülkemizde güneş paneli üretim tesisleri olmakla beraber bu üretimde kullanılan fotovoltaik güneş hücreleri yurtdışından gelmektedir. Bununla beraber ülkemiz 2019 yılı verilerine göre öncelikle Ukrayna, Suriye, KKTC ve Fransa'ya olmak üzere 27.092.710 Dolar değerinde güneş paneli ihracatı yapmaktadır. Tüm bu üretimde kullanılan güneş hücreleri yurtdışından gelmektedir. Buda bir katma değer kaybına yol açmaktadır. Bu yatırım vesilesi ile ileride ülkemizde yüzde yüz yerli ve milli güneş paneli üretimi ve ihracatına yönelik ilk adımlar atılmış olacaktır.

Bu yatırımla, yatırımın ilk işletmeye başladığı dönemlerde yapılacak deneme üretimleri sonrasında senelik 50MW büyüklüğünde üretim yapılacağı öngörülmektedir.

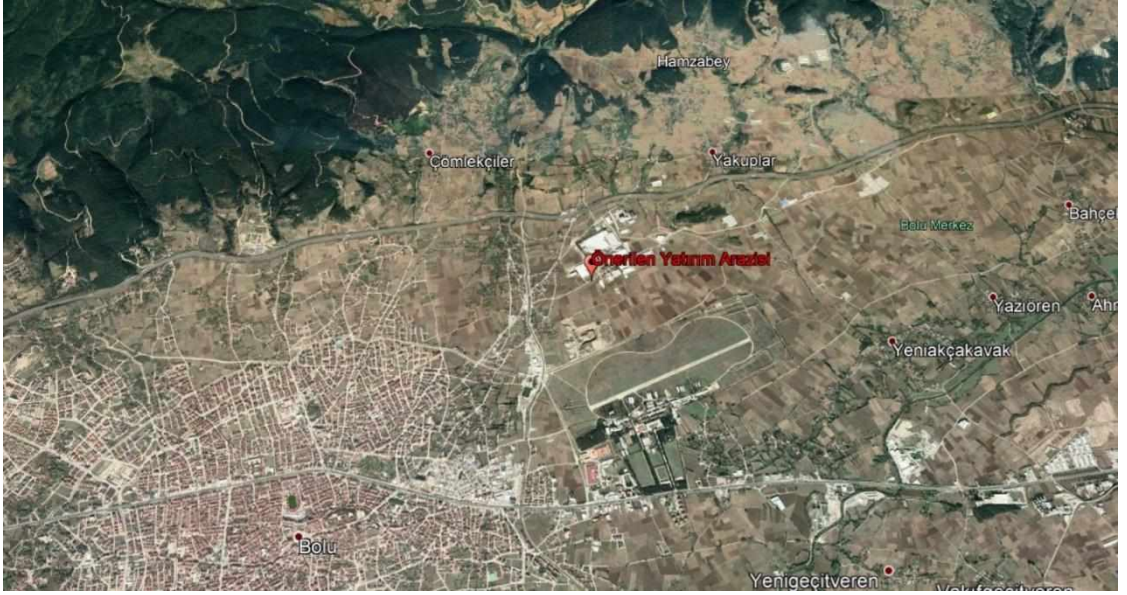
3. TEKNİK ANALİZ

3.1 Kuruluş Yeri Seçimi

Fotovoltaik güneş hücresi üretimi tesisi yatırımı için Bolu çok fazla arazi seçeneği sunmamaktadır. İlde bulunan Bolu Karma ve Tekstil İhtisas OSB ve Gerede OSB'lerinin doluluk oranı yüksektir. Gerede Deri İhtisas OSB ise yalnızca deri sektöründe faaliyet gösteren işletmeler için uygun durumdadır.

Yatırımın önerildiği Bolu İlinde hali hazırda arsa sahibi gerçek kişi tarafından satılık olan aşağıda gösterilmiş olan Yukarısoku mahallesindeki sanayi arazisi yatırım için oldukça uygundur. İşbu arsanın satış fiyatı 1.600.00 TL dir.

Şekil 15: Önerilen Yatırım Arazisinin Konumu



Bolu uluslararası e-80 (TEM) ve d-100 (e-5 olarak bilinmektedir) karayollarının geçiş noktasındadır.

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik ve Kimya bölümleri; Mühendislik Fakültesi Bilgisayar, Elektrik-Elektronik, Kimya Mühendisliği Bölümleri; yeni açılan Teknoloji Fakültesi; Teknik Bilimler MYO Bilgisayar Teknolojileri ve Elektronik Ve Otomasyon Bölümleri; NÜRDAM ve BETUM uygulama ve araştırma merkezleri ile Fotovoltaik Güneş Hücresi tesis yatırımının ar-ge, yatırım ve üretim aşamalarında ihtiyaç duyacağı insan kaynağının istihdam edilmesi için yeterli potansiyele sahip durumdadır.

Tesiste ihtiyaç duyulacak olan elektrik Bolu SEDAS Elektrikten ücreti karşılığında temin edilecektir. Bolu İli'nde 2019 yılı sonu itibariyle dağıtım gerilim seviyesindeki hat uzunlukları, trafo sayıları ve trafo kapasitelerine Şekil - 16 yer verilmiştir. Ayrıca tesisin ihtiyaç duyacağı doğal gaz ile Aksa Bilecik Bolu Doğal Gaz Dağıtım A.Ş. ile yapılacak anlaşma ile il doğal gaz altyapısından karşılanabilir.

Şekil 16: 2019 Yılı Sonu İtibariyle Bolu'da Dağıtım Gerilim Seviyesindeki Hat Uzunlukları, Trafo Sayıları ve Trafo Kapasiteleri (km-MVA-Adet)

İller	Hat uzunluğu (km)	Trafo Kapasitesi (MVA)	Trafo Sayısı (Adet)
BOLU	7.155	730	2.785

3.2 Üretim Teknolojisi

Projenin hammadde polisinikon olup silisyum elementinin %99,9999999 saflıkta yaptığı bileşik olarak tanımlanmaktadır. Saf silikonun eriğinden kullanılması planlanan silikon tipine (mono kristalin ya da çoklu kristalin silikon) uygun olan kristal büyütme yöntemleriyle külçe (ingot) elde edilir. Polisinikon eriğine çekirme işlemi yapılarak oluşturulan külçeye ingot denilmektedir.

Külçeler tıraşlanıp, taşlanıp zımparalanır ve ardından dilimleme işlemi sonucunda, solar hücrelerin ana malzemesi olan ve wafer olarak tabir edilen ince silikon levhalar elde edilir.

Bir sonraki bölümde aşağıda sıralanan adımlar izlenir,

- Waferların taşlama ve kimyasal temizleme işlemleri ile pürüzlerinin giderilmesini,
- Donör iyonlar ile katkılanarak P-Tipi ve N-Tipi yarı iletkenlerin oluşturulmasını ve dolayısıyla istenilen elektriksel özelliklere sahip olmasını,
- Yüzeylerine yansımayı önlemesine yönelik olarak tekstüre edilmesini ve SiNx filmiyle kaplanmasını,
- Elektrik iletiminin sağlanması amacıyla iletkenler ile temaslandırılması,
- Temaslandırmada eklenen materyallerin tam olarak nüfuz edebilmesi için fırınlanması,
- Son olarak uygunluk testlerinin gerçekleştirilmesini kapsar.

Bu aşamalar sonucunda solar hücreler oluşmuş olur.

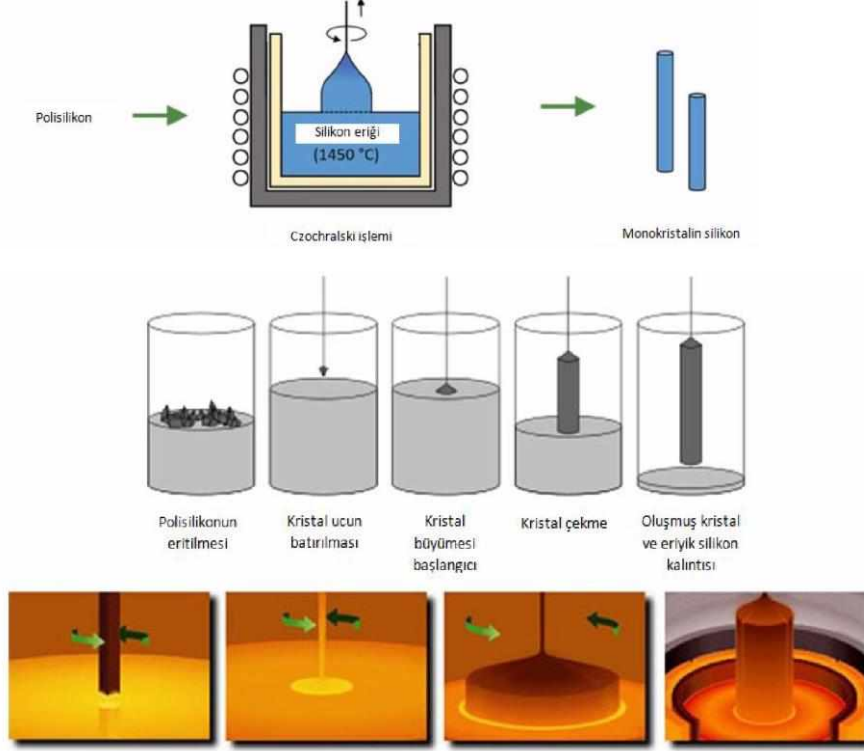
Şekil 17: Silika Kumdan Güneş Hücresi Üretimi



a- Wafer Üretimi

Proje kapsamında hammadde olarak polisinikon kullanılacak olup ilk işlem polisinikondan monokristalin silikon elde edilmesidir.

Mono kristal silikonun oluşturulmasında, kristal büyütme yöntemi olan Czochralski Yöntemi kullanılır. Bu işlemde kendi etrafında dönen, ucunda bir monokristalin silikon parçası bulunan bir çubuk 1450 °C sıcaklıktaki silikon eriğinin bulunduğu potaya batırılır. Erimiş silikonun çubuk üzerinde katılaşmaya başlamasıyla dikkatlice hesaplanmış bir dönme ve çekme hızı ile çubuk yavaşça çekilir. Çekme esnasında dönme kuvvetinin oluşturduğu merkezci kuvvetin sınır eğrisi boyunca silikon katılaşmaya başlar ve silindirik bir şekle bürünür. Oluşan bu ingot (külçe) ürün tek kristallidir, yani içinde tane sınırı yoktur. İngotların uçları tıraşlanır ve yüzeyleri taşlanır.

Şekil 18: Silikon Külçe Üretimi**Monokristalin Silikon**

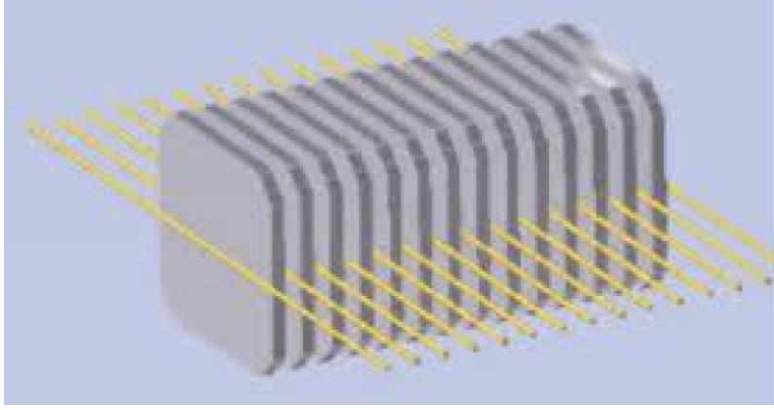
Proje kapsamında daha yüksek verimliliğe sahip olan monokristalin silikon üretimi yapılacaktır. Ortaya çıkacak monokristalin ingotların 215 mm çapında ve 4,2 m uzunluğunda olması planlanmaktadır.

Bu aşamada üretilen monokristalin silikon ingotlar solar hücrelerin verimliliğini etkileyecek faktörler (oksijen ve karbon oranı ve direnç) açısından değerlendirilir.

Oluşan ürün ingot(külçe) olarak adlandırılır ve sonrasında elde edilen ingot birim uzunluklara göre kesilir, standart ölçülerine göre tıraşlanır ve yüzeyleri parlatılarak istenmeyen yüzey hasarları giderilmiş olur. Blok halinde elde edilen ingotlar epoksi yapıştırıcı ile kırılganlığa bağlanır.

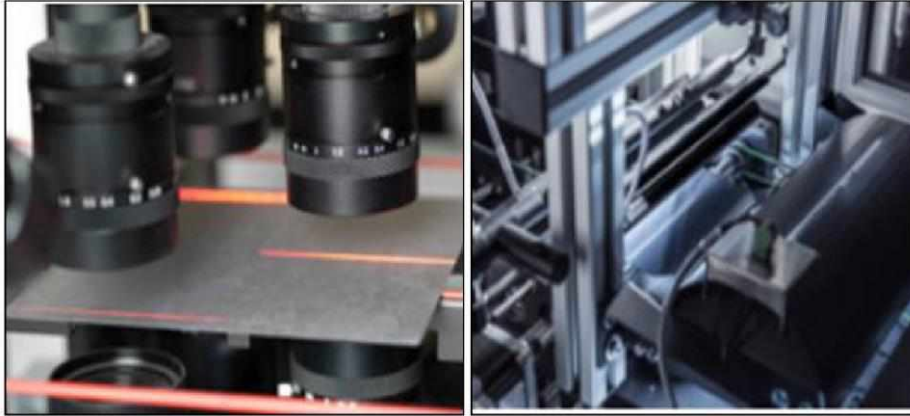
Şekil 19: Külçenin Kesilmesi ve Şekillendirilmesi

Silikonun sertliğinden dolayı silikon ingotun kesilmesinde elmaslı tel kesme makinesi kullanılır. Bu testere makinesi ile yapılan kesimlerde oluşan artık madde miktarları azaltılmaktadır ve elde edilen dilimlerde kalınlık farklılıklarının ve bükülmelerinin meydana gelmesi önlenmektedir. Kare şeklindeki silikon ingottan her biri 180 mikrometre kalınlığındaki, wafer olarak adlandırılan silikon levhalar kesilir. Bu kesme işlemi, her kesim için 90 ile 120 dakika arasında değişmektedir.

Şekil 20: Waferların Oluşturulması

Waferlar üzerindeki testere izleri ve lekeleri ön temizleme işlemiyle giderilir ve taşıyıcı kırıışlerden ayrılırlar. Daha sonra yüzey kirliliğine karşın yüzey aktif madde ile temizleme işlemi uygulanır.

Üretilen waferların denetimi yapılır. Bu aşamada waferların kalınlıkları, kalınlık farklılıkları tespit edilir, üzerinde testere izi, lekeler ya da mikro çatlaklar bulunup bulunmadığı kontrol edilir ve denetim sonucunda uygun olduğu tespit edilen waferlar solar hücre üretim hattına gönderilir.

Şekil 21: Waferların Optik Kontrolü

b- Fotovoltaik Hücre Üretimi

Üretilen waferların alındığı işlem ve genel proses akışının ikinci aşaması fotovoltaik hücre üretim prosesidir.

Waferlar rulmanlı ve paralel transfer hatları boyunca taşınır. Bu hatlarda, testere ile kesme esnasında yüzeye verilen zararları gidermek için kimyasal işlemler uygulanır.

Sonrasında yüzeyin pürüzlülüğünü arttırarak yüzey alanını büyötmek için alkalın kullanılarak yüzey tekstüre edilir. Böylece ışığı yansıtırlık derecesi indirgenir ve nüfuz eden foton miktarında artış sağlanır. Optimize akışkanlar dinamiği prensipleri ve homojenleştirme prensibi kullanılarak işlem performansı en üst düzeye getirilecektir.

Şekil 22: Tekstüre Etme İşlem Makinası

Bu işlem sonrasında ön temizleyici olarak $\text{Na}_2\text{O}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$, ön temizleme sonrası temizleme için $\text{H}_2\text{O}_2/\text{KOH}$ ve son olarak metal temizleme ve oksit temizleme amacıyla $\text{HF}/\text{HCl}/\text{H}_2\text{O}_2$ kullanılacaktır. Dolayısıyla tekstüre etme işlemini sırasıyla ön temizleme, temizleme ve metal temizleme işlemleri takip etmektedir.

Temizleme işlemleri sonrasında P-Difüzyonu denilen işleme geçilir. Bu işlemdeki amaç hücrelere elektriksel özelliklerini kazandırmak için P-N jonksiyonu oluşturulmasıdır. Bunun için bor ile katkılanmış P-tipi özelliğine sahip malzeme olan silikon waferlar, içerisinde fosfor gazı bulunan, $900\text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta bir tüp ocağına yerleştirilir. Burada fosfor, waferların yüzeyine nüfuz eder ve bu yüzey N-tipi bir katman haline gelerek P-N jonksiyonu elde edilir. Bu işlem sırasında oluşan PSG olarak adlandırılan ince oksit tabakası, bir sonraki işlemde temizlenecektir.

Akabinde köşe izolasyonlarının (PSG) temizlenmesi işlemine geçilir. Bu işlem, bir önceki aşamada oluşan fosforlu silika cam katmanının temizlenmesini ve jonksiyon izolasyonu için oyma işlemlerini kapsamaktadır. Sıradaki PECVD işlemine yönelik olarak son adımda bir yüzey temizliği uygulanır.

Sonraki basamakta plazma işlemine sokulan waferların arka yüzeylerinde ince homojen alüminyum oksit ve çift kat silikon nitrat katmanı oluşturulacaktır. Buna bağlı olarak, taşıyıcıların istenmeyen re-kombinasyonlarının oluşması engellenir ve waferların arka yüzünün yansıtıcılığı artar. Bu işlemler de solar hücre performansını arttırmaktadır. Bu işlem $\text{Al}_2\text{O}_x/\text{SiN}$ olarak adlandırılmaktadır.

Şekil 23: $\text{Al}_2\text{O}_x/\text{SiN}$ İşlem Makinesi

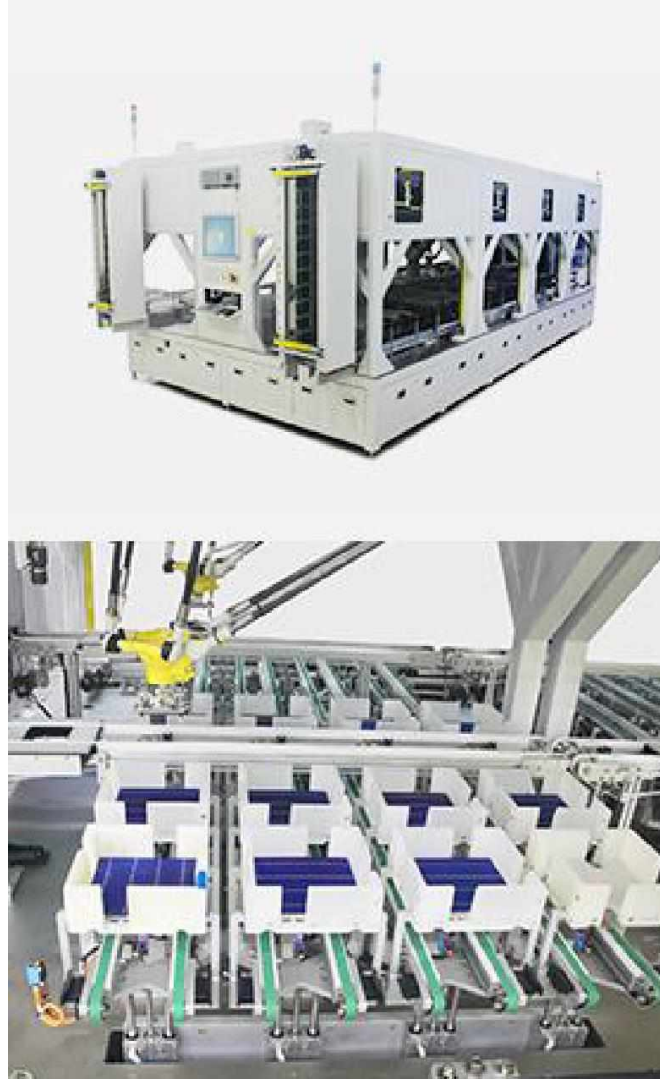
Sonrasında SiN ARC işlemine geçilir. Bu basamakta plazma işlemine sokulan waferların ön yüzünde homojen silikon nitrat filmleri oluşturulacaktır. Bu katman bir edilgenleştirme tabakası olup yansıtmayı önleme görevi de görerek foton emilimini arttırmaktadır. Bu aşamadan sonra arka yüzdeki edilgenleşmiş tabakanın bir kısmının

kesilmesi ve arka yüzün bara ile temasının iyileştirilmesi sağlanır. İyileştirilen ürün baskılama işlemine alınır. Bu aşamada elektrotların yerleştirilmesiyle temaslandırma yapılır. Ön yüzeyde, yansıma önleyici katmana nüfuz edecek ve silikona temas edecek şekilde, ızgara şeklinde parmak elektrotlar ve çapraz baralar gümüş macun ile oluşturulur. Arka yüzeye ise silikon ile yüksek temas sağlayan alüminyum macunu ile kaplama yapılır.

Daha sonra fırınlama ile bu temaslandırma yüksek sıcaklıkta macunların iyice nüfuz etmesi sağlanarak gerçekleştirilir. Bu aşamada solar hücreler oluşturulmuş olur.

Üretilen solar hücrelerin akım-voltaj eğrisi hesaplanır, elektrolüminesans ve optik denetlemeleri yapılır. Bundan sonra solar hücreler öncelikle görsel olarak kategorize edilir ve gözle görülür bir bozukluğu olan hücreler elimine edilir. Üretim sırasında zarar görmüş defolu, kırık kenarlı ya da renk farklılığı olan hücreler ayrıldıktan sonra verimlilik testine tabi tutularak verimlilik düzeylerine ve optik kriterlere göre sınıflandırılır.

Şekil 24: Solar Hücrelerin Testi



Bütün üretim hattı boyunca üretilen ürünler ve yan ürünler, hücre üretimi otomasyon sistemi ve otomasyonlu taşıma sistemi ile nakledilir. Üretim hattı boyunca oluşturulan transfer sistemlerinde otomasyonlu sistemler kullanılarak waferların manuel taşınmalar ya da insan kaynaklı hatalar ile zarar görmelerinin önüne geçilmiş olur.

Evvelden de bahsedildiği gibi ülkemizde fotovoltaik güneş hücresi üretimi çok az olması sebebiyle yukarda bahsi geçen makine hattının üretimi de bulunmamaktadır. Bu sebeple bahsi geçen makine ve üretim hattı Çin Halk Cumhuriyeti veya Almanya'dan temin edilmelidir.

3.3 İnsan Kaynakları

İşletme döneminde 3 vardiya halinde her vardiyada işletme müdürü hariç 24 kişi olmak üzere toplamda 73 personel çalışması planlanmakta olup, personel gideri aylık yaklaşık 60.806 dolar yıllık ise 729.672 dolar olarak öngörülmektedir. Teknik personel gibi vasıflı elemanlar hariç güvenlik görevlileri, aşçı, temizlikçi vb. diğer çalışanların yöre halkından istihdam edilmesine özen gösterilecektir.

Şekil 25: Çalışacak Personel ve Maaşları

Personel Ünvanı	Sayı	Personel Başlı Brüt Ücret (₺)	Toplam Tutar	Dolar Karşılığı
İşletme Müdürü	1	14.900	14.900	2.029,97
Kimyager	1	9.281	9.281	1.264,44
Elektrik-Elektronik Mühendisi	1	11.510	11.510	1.568,12
Makine Mühendisi	2	11.137	22.274	3.034,60
Yazılım Mühendisi	1	11.880	11.880	1.618,53
Bilgisayar Teknolojileri Teknikeri	3	6.682	20.046	2.731,06
Elektronik ve Otomasyon Teknikeri	3	6.682	20.046	2.731,06
Muhasebe-Pazarlama Müdürü	1	8.940	8.940	1.217,98
Yönetici Asistanı	2	5.200	10.400	1.416,89
İşçi	10	2.943	29.430	4.009,54
TOPLAM	25		158.707	21.622,21

TÜİK ve İŞKUR'dan Bolu İline dair temin edilen veriler aşağıdaki tablolarda (Şekil 26-29) yer almaktadır.

Şekil 26: İl Nüfusunun Eğitim Kademelerine Göre Durumu (TÜİK)

	2015	2016	2017	2018	2019
Okuma Yazma Bilmeyen	4,30%	4,00%	3,70%	3,40%	3,10%
Okuma Yazma Bilen Fakat Bir Okul Bitirmeyen	4,30%	4,00%	3,80%	3,50%	3,30%
İlkokul Mezunu	29,50%	27,40%	26,70%	24,90%	24,10%
İlköğretim Mezunu	13,50%	11,60%	11,80%	12,00%	9,10%
Ortaokul Veya Dengi Okul Mezunu	8,70%	10,50%	10,80%	11,50%	14,70%
Lise Veya Dengi Okul Mezunu	24,30%	26,70%	26,60%	27,30%	27,70%
Yüksekokul Veya Fakülte Mezunu	13,50%	14,10%	14,40%	14,90%	15,50%
Yüksek Lisans Mezunu	0,90%	0,90%	1,30%	1,50%	1,60%
Doktora Mezunu	0,30%	0,30%	0,40%	0,40%	0,40%
Bilinmeyen	0,60%	0,40%	0,40%	0,40%	0,50%
Toplam	100,00%	100%	100%	100%	100,00%

BOLU İLİNDE GÜNEŞ ENERJİ HÜCRESİ İMALATI YATIRIMI
ÖN FİZİBİLİTE RAPORU

Kaynak: TÜİK, 2020

Türkiye’de 2019 yılında çalışma çağındaki nüfus oranı %75,5 olarak gerçekleşmiştir. Bolu’da ise bu oran %74,9 ile Türkiye ortalamasına yaklaşık görülmektedir.

Şekil 27: İldeki Genç Nüfusun Çalışma Çağındaki Nüfusa Oranı (TÜİK)

Yıllar	İl Nüfusu	Çalışma Çağındaki Nüfus(15-65 yaş)	Toplam İl Nüfusuna Oranı
2015	291.095	217.858	74,80%
2016	299.896	226.247	75,40%
2017	303.184	228.167	75,30%
2018	311.810	234.066	75,10%
2019	316.126	236.675	74,90%

Kaynak: TÜİK, 2020

Şekil 28: İldeki Genç Nüfusun Çalışma Çağındaki Nüfusa Oranı (TÜİK)

Yıllar	Genç Nüfus (15-24 yaş)	Genç Nüfusun Çalışma Çağındaki Nüfusa Oranı
2015	47.028	21,60%
2016	51.348	22,70%
2017	51.431	22,50%
2018	52.503	22,40%
2019	52.585	22,20%

Kaynak: TÜİK, 2020

Bolu’da 2019 yılı İŞKUR verilerine göre toplam 13.142 kayıtlı işsiz bulunmaktadır. Kayıtlı işsizlerin meslek gruplarına göre dağılımı aşağıdaki Şekil 29’da verilmiştir.

Şekil 29: Bolu İlinde 2019 Yılı Meslek Gruplarına Göre Kayıtlı İşsiz İstatistikleri (İŞKUR)

Meslek Grupları	Büro Hizmetlerinde Çalışan Elemanlar	Hizmet Ve Satış Elemanları	Nitelik Gerektirmeyen Meslekler	Nitelikli Tarım, Ormancılık Ve Su Ürünleri Çalışanları	Profesyonel Meslek Mensupları
Kişi Sayısı	1.057	2.412	4.982	298	1.058
Meslek Grupları	Sanatkârlar Ve İlgili İşlerde Çalışanlar	Silahlı Kuvvetlerle İlgili Meslekler	Teknisyenler, Teknikerler Ve Yardımcı Profesyonel Meslek Mensupları	Tesis Ve Makine Operatörleri Ve Montajcılar	Yöneticiler
Kişi Sayısı	1.517	3	569	1.189	57

Kaynak: İŞKUR, 2020

4. FİNANSAL ANALİZ

4.1 Sabit Yatırım Tutarı

a. Arsa Yatırımı

Tesis için 4000 metrekarelik arsa maliyeti eğer yukarıda önerilen alanda yapılacağı varsayılırsa yaklaşık 1.600.000 TL(218.983 Dolar) olarak öngörülmektedir.

b. Etüt ve Proje Giderleri

Yatırıma ait etüt ve mimari uygulama proje giderleri için söz konusu yatırım oldukça özel teknik bilgi gerektirdiği için 100.000 TL (13.623 Dolar) bir harcama öngörülmektedir.

c. İnşaat Harcamaları

Tesisin 1500 m2 kapalı alan ihtiyacı doğrultusunda, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2020 yılı için belirlenen II. Sınıf C grubu yapılar- Sanayi Yapıları (Tek Katlı-Bodrum ve Asma Katı da olabilen) inşaat birim maliyetinin 820 TL/m2 olduğu hesabıyla toplam 1.230.000 TL (167.574 Dolar) inşaat harcaması olacağı hesaplanmıştır.

d. Makine ve Teçhizat Gideri

Tesis için gerekli makineler ve KDV hariç fiyatları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Şekil 30: Tesis İçin Gerekli Makineler ve Fiyatları

MAKİNE	GİDER(\$)
Silikon Büyütme Fırını	90.000
Silikon Wafer Kesime Makinası	300.000
Silikon Wafer Temzileme Makinası	12.000
Silikon Wafer Optik Kontrol Makinası	50.000
Tekstüre Etme İşlem Makinesi	
Saf Su Üretim Hattı	140.000
Güneş Hücresi Üretim Hattı	100.000
PECVD Makinası	239.000
Yansıma Önleyici Kaplama Makinası	1.000.000
Silikon Wafer Fırını	250.000
Solar Hücre Test Makinası	100.000
Köşe İzolasyon Makinası(PSG)	100.000
Toplam	2.381.000

e. Taşıt Araçları ve Diğer Giderler

Ofis mobilyaları, ofis malzemeleri, telefon, bilgisayarlar, yazıcı, klima gibi demirbaşlar temin edilecektir. Söz konusu demirbaşlar içinse 300.000 TL (40.872 Dolar) bir bütçe öngörülmektedir. Ayrıca fabrika içerisinde faaliyet gösterecek istifleme ve taşıma makinaları için öngörülen toplam bütçe ise 1.000.000 TL (139.239 Dolar)'dır. Tesise yangın erken uyarı ve koruma sistemi yapılması için 400.000 TL (54.495 Dolar) harcama yapılması öngörülmektedir. Ayrıca personele verilecek eğitimler için 350.000 TL (47.683 Dolar) harcama yapılması gerekeceği öngörülmektedir. Toplamda bu kalemde 279.292 Dolar gider beklenmektedir.

Toplam Sabit Yatırım İhtiyacı

Yukarıda bahsedilen yapılması gereken harcamalar göz önünde alınarak tesisin ihtiyaç duyduğu toplam sabit yatırım tutarı aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Buna göre tesis için 3.060.472 Dolar sabit yatırım yapılması gereklidir.

Şekil 31: Toplam Sabit Yatırım İhtiyacı

GİDER KALEMİ	TUTAR (ABD DOLARI CİNSİNDEN)
Arsa Yatırımı	218.983
Etüt ve Proje Giderleri	13.623
İnşaat Harcaması	167.574
Makine ve Teçhizat Gideri	2.381.000
Taşıt Araçları ve Diğer Giderler	279.292
TOPLAM	3.060.472

4.2 Yatırımın Geri Dönüş Süresi

Yukarıda da birkaç kez belirtildiği gibi ülkemizde çalışma konusu yatırım sektöründe faaliyet gösteren aktif işletme yalnızca bir tanedir. Ayrıca 2 yeni işletme kuruluş aşamasındadır. Denizli ilimizde faaliyet gösteren bu yatırımda üretime 2018 yılı sonunda deneme üretimleri ile başlamıştır. Dolayısı ile ortalama bir geri dönüş süresi elde etmek için sektörde yeterli örneklem yoktur.

Fakat bahsi geçen firmalarla yapılan görüşmeler sonucunda kuruluş aşamalarında yapılan çalışmalarda ortalama 8 yılda tesis yatırım geri dönüşü bekledikleri bilgisine ulaşılmıştır. Fakat bu projeksiyonların COVID19 salgınında önce yapıldıkları dolayısı ile salgın etkisi ile ortaya çıkan kayıpları içermediği dikkate alınmalıdır.

5. ÇEVRESEL VE SOSYAL ETKİ ANALİZİ

Çevresel Etki Değerlendirme Bilgi Sistemi incelendiğinde fotovoltaik güneş hücresi tesis yatırımının çevresel etki değerlendirmesine tabi olmadığı tespit edilmiştir.

Yatırımın inşaat aşamasında çalışacak personelin önemli bir kısmının bölgeden temin edilecek olması, proje inşaat aşamasında gerekli olacak hammadde ve diğer ekipmanların temininin mümkün mertebe bölgeden sağlanacak olması tesisin inşaat aşamasında ile ve bölgeye sağlayacağı olumlu etkilerdendir.

Tesisin faaliyeti dolayısıyla yerleşim alanlarına olumsuz etkide bulunması beklenmemektedir. Projeden kaynaklanacak çevresel etkilerin en düşük seviyede tutulması ve/veya ortadan kaldırılması amacıyla proje kapsamında çevre mevzuatının ilgili kanun, yönetmelik ve tüzüklerine uygun hareket edilmesi gereklidir. Proje kapsamında 2872 sayılı “Çevre Kanunu” ve bu kanuna istinaden yürürlüğe giren tüm yönetmelik hükümlerine, mer’i mevzuat gereğince yürürlükte olan ilgili diğer tüm mevzuatlara uyulması gereklidir.

Kurulması öngörülen tesiste üretilecek ürünün son kullanıcının tüketimi için değil güneş enerjisi sektöründeki kurumsal müşterilerin kullanıma yönelik olması, hammadde ve yardımcı malzemelerin büyük çoğunluğunun yurtdışından ithal edilmesi ve müşterilerin ve satışların Bolu dışı illerde yoğunlaşması nedenleriyle yatırımın sosyal gruplar ya da dezavantajlı kesim üzerinde etkisi sınırlı olacaktır. Fakat tesis sağlayacağı istihdam ile ildeki istihdamın artmasına katkı sağlayacaktır.

Bununla beraber sosyal gruplar üzerinde daha yüksek bir etkiye ulaşmak için yüksek teknoloji sınıfında yapılacak bu yatırımın bu sektörde kümelenme süreci ile devam etmesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Güneş hücresi üretimi sektöründe kümelenme süreci ile artacak olan istihdam hacmi, Bolu’nun beyin göçü alması ve BAİBÜ bölümlerine gelecek olan lisans ve lisansüstü öğrencilerde kalite artışı gibi etkilere yol açabilecektir.

Proje kapsamında gerekli olacak olan ısı enerjisinin elde edilmesi için doğal gaz kullanılacaktır. Kullanılacak olan doğal gaz Bolu ili genelinde kullanılmakta olan Bolu-Bilecik AKSA Doğalgaz işletmesi altyapısından yapılacak anlaşma gereğince ücretine mukabil olarak mevcut olan hattan alınarak kullanılacaktır.

Tesis işletim süreci kapsamında hiçbir koşulda, artırılmamış hiçbir su, alıcı ortamlara, derelere, dere yataklarına veya toprağa verilmemelidir. Proje kapsamında işlem yapılacak alanların tamamı beton zeminle kaplı olacağından, herhangi bir atık suyun, sızıntı suyunun ve/veya kimyasalın toprağa ve/veya yeraltı suyuna karışması önlenecektir. Bu bağlamda projeden kaynaklı herhangi bir yeraltı suyu, yüzey suyu ve toprak kirlenmesi beklenmemektedir.

Proje kapsamında doğalgazın yanması dışında uygulanacak olan çeşitli kimyasal proseslerden kaynaklı buhar oluşumları da söz konusudur. Söz konusu oluşacak olan kimyasal buharları gaz tutucu sistemlerde tutulduktan sonra atmosfere verilecektir.

Tesisin inşaat aşaması tamamlanmasından sonra tesis ve çevresini etkileyecek bir vibrasyon ve gürültü kirliliğine sebep olacak bir makine veya teçhizat bulunmamaktadır. Projede oluşacak evsel nitelikli katı atıklar, ağzı kapaklı, dökülme ve saçılmayı önleyici çöp konteynırlarında biriktirilecektir. Sonrasında İl Belediyesi tarafından toplanarak düzenli atık bertaraf tesisinde bertaraf edilecektir. Tesis işletim döneminde ortaya çıkacak geri kazanımı mümkün olmayan evsel nitelikli katı atıklar, “Atık Yönetimi Yönetmeliği” ne uygun olarak çöp torbalarında biriktirilecek ve belediyenin hizmet alanı dahilindeki en yakın çöp konteynırlarına bırakılarak bertaraf edilecektir.

Tesiste çalışacak personele, meydana gelebilecek kazalardan korunması amacıyla, baret, gözlük, kemer, izole ayakkabı emniyet kemeri vb. kişisel koruyucu malzemeler verilmeli ve kullanmaları sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

1511 - TÜBİTAK Öncelikli Alanlar Araştırma Teknoloji Geliştirme ve Yenilik Projeleri Destekleme Programı [Çevrimiçi] Erişilebilir: <https://www.tubitak.gov.tr/tr/destekler/sanayi/ulusal-destek-programlari/icerik-1511-tubitak-oncelikli-alanlar-arastirma-teknoloji-gelistirme-ve-yenilik-p-d-pteknoloji-odakli>

2012/3305 Sayılı Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Karar [Çevrimiçi] Erişilebilir: <https://www.sanayi.gov.tr/mevzuat/diger/mc0403018201>

2016/9495 Sayılı Yatırımlara Proje Bazlı Devlet Yardımı Verilmesine İlişkin Karar [Çevrimiçi] Erişilebilir: <https://www.sanayi.gov.tr/mevzuat/diger/mc0403018202>

2019/1950 Sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı [Çevrimiçi] Erişilebilir: <https://www.sanayi.gov.tr/mevzuat/diger/mc0403018201>

KOSGEB Stratejik Ürün Destek Programı [Çevrimiçi] Erişilebilir: <https://www.kosgeb.gov.tr/site/tr/genel/destekdetay/6492/stratejik-urun-destek-programi>

Türkiye İstatistik Kurumu Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi [Çevrimiçi] Erişilebilir: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>

Türkiye İstatistik Kurumu Dış Ticaret İstatistikleri [Çevrimiçi] Erişilebilir: <https://biruni.tuik.gov.tr/disticaretapp/menu.zul>

Güneş Enerjisinin Bugünü Ve Yarını: Türkiye İçin Çıkarımlar [Çevrimiçi] Erişilebilir: <https://www.zorluenerji.com.tr/uploads/pdf/pdflist/76aa3e80-4f54-4e90-86d5-1672030c9e32.pdf>

EU Market Outlook For Solar Power / 2019 – 2023 [Çevrimiçi] Erişilebilir: [https://www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2019/12/SolarPower-Europe-EU-Market-Outlook-for-Solar-Power-2019-2023 .pdf?cf_id=7181#:~:text=The%20latest%20trend%20that%20has,is%20corporate%20renewable%20power%20sourcing.&text=Our%20Medium%20Scenario%20for%20the,to%2021%20GW%20in%202020.](https://www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2019/12/SolarPower-Europe-EU-Market-Outlook-for-Solar-Power-2019-2023.pdf?cf_id=7181#:~:text=The%20latest%20trend%20that%20has,is%20corporate%20renewable%20power%20sourcing.&text=Our%20Medium%20Scenario%20for%20the,to%2021%20GW%20in%202020.)

Trends 2018 In Photovoltaic Applications [Çevrimiçi] Erişilebilir: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/2018_iea-pvps_report_2018.pdf

Tam Hücreli Fotovoltaik Modüllerin Matematiksel Modellenmesi [Çevrimiçi] Erişilebilir: <https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/5%20-%20TAM%20H%C3%9CCREL%C4%B0%20FOTOVOLTA%C4%B0K%20MOD%C3%9CLLER%C4%B0N%20MATEMAT%C4%B0KSEL%20MODELLENMES%C4%B0%20-%20Ar%C5%9F.%20G%C3%B6r.%20Atilla%20Karadavut.pdf>

Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi [Çevrimiçi] Erişilebilir: https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/6_dunyadaveturkiyede.pdf

Our World In Data [Çevrimiçi] Erişilebilir: <https://ourworldindata.org/renewable-energy>

Power Web [Çevrimiçi] Erişilebilir: <http://www.fi-powerweb.com/Renewable-Energy.html>

Wikipedia [Çevrimiçi] Erişilebilir: <https://en.wikipedia.org/>

Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı (TurSEFF) [Çevrimiçi] Erişilebilir: <https://www.turseff.org/solution/yenilenebilir-enerji-finansmani?ref=yenilenebilir-enerji-finansmani>

Power Technology [Çevrimiçi] Erişilebilir: <https://www.power-technology.com/features/featurethe-worlds-biggest-solar-photovoltaic-cell-manufacturers-4863800/>

Engineering.com [Çevrimiçi] Erişilebilir: <https://www.engineering.com/SustainableEngineering/RenewableEnergyEngineering/SolarEnergyEngineering/Photovoltaics/tabid/3890/Default.aspx>

Antalya Enerji [Çevrimiçi] Erişilebilir: <https://www.antalyaenerji.com/>

Clean Energy Review [Çevrimiçi] Erişilebilir: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/solar-panel-components-construction>

Statista [Çevrimiçi] Erişilebilir: <https://www.statista.com/statistics/278917/global-solar-cell-production/>

Trademap (2020) [Çevrimiçi]. Erişilebilir: www.trademap.org

PV-Tech (2020) [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <https://www.py-tech.org/editors-blog/top-10-solar-cell-producers-of-2018>

Made İn China (2020) [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <https://www.made-in-china.com/>

Ek-1: Fizibilite Çalışması için Gerekli Olabilecek Analizler (Tüm Ön Fizibilite Çalışmalarında bu bölüme yer verilecektir.)

Yatırımcı tarafından hazırlanacak detaylı fizibilitede, aşağıda yer alan analizlerin asgari düzeyde yapılması ve makine-teçhizat listesinin hazırlanması önerilmektedir.

- Ekonomik Kapasite Kullanım Oranı (KKO)

Sektörün mevcut durumu ile önümüzdeki dönem için sektörde beklenen gelişmeler, firmanın rekabet gücü, sektördeki deneyimi, faaliyete geçtikten sonra hedeflediği üretim-satış rakamları dikkate alınarak hesaplanan ekonomik kapasite kullanım oranları tahmini tesis işletmeye geçtikten sonraki beş yıl için yapılabilir.

Ekonomik KKO= Öngörülen Yıllık Üretim Miktarı /Teknik Kapasite

- Üretim Akım Şeması

Fizibilite konusu ürünün bir birim üretilmesi için gereken hammadde, yardımcı madde miktarları ile üretimle ilgili diğer prosesleri içeren akım şeması hazırlanacaktır.

- İş Akış Şeması

Fizibilite kapsamında kurulacak tesisin birimlerinde gerçekleştirilecek faaliyetleri tanımlayan iş akış şeması hazırlanabilir.

- Toplam Yatırım Tutarı

Yatırım tutarını oluşturan harcama kalemleri yıllara sari olarak tablo formatında hazırlanabilir.

- Tesis İşletme Gelir-Gider Hesabı

Tesis işletmeye geçtikten sonra tam kapasitede oluşturması öngörülen yıllık gelir gider hesabına yönelik tablolar hazırlanabilir.

- İşletme Sermayesi

İşletmelerin günlük işletme faaliyetlerini yürütebilmeleri bakımından gerekli olan nakit ve benzeri varlıklar ile bir yıl içinde nakde dönüşebilecek varlıklara dair tahmini tutarlar tablo formunda gösterilebilir.

- Finansman Kaynakları

Yatırım için gerekli olan finansal kaynaklar; kısa vadeli yabancı kaynaklar, uzun vadeli yabancı kaynaklar ve öz kaynakların toplamından oluşmaktadır. Söz konusu finansal kaynaklara ilişkin koşullar ve maliyetler belirtilebilir.

- Yatırımın Kârlılığı

Yatırımı değerlendirmede en önemli yöntemlerden olan yatırımın kârlılığının ölçümü aşağıdaki formül ile gerçekleştirilebilir.

$$\text{Yatırımın Kârlılığı} = \text{Net Kâr} / \text{Toplam Yatırım Tutarı}$$

- Nakit Akım Tablosu

Yıllar itibariyle yatırımda oluşması öngörülen nakit akışını gözlemlemek amacıyla tablo hazırlanabilir.

- Geri Ödeme Dönemi Yöntemi

Geri Ödeme Dönemi Yöntemi kullanılarak hangi dönem yatırımın amorti edildiği hesaplanabilir.

- Net Bugünkü Değer Analizi

Projenin uygulanabilir olması için, yıllar itibariyle nakit akışlarının belirli bir indirgeme oranı ile bugünkü değerinin bulunarak, bulunan tutardan yatırım giderinin çıkarılmasıyla oluşan rakamın sıfıra eşit veya büyük olması gerekmektedir. Analiz yapılırken kullanılacak formül aşağıda yer almaktadır.

$$NBD = \sum_{t=0}^n (NA_t / (1+k)^t)$$

NA_t : t. Dönemdeki Nakit Akışı

k: Faiz Oranı

n: Yatırımın Kapsadığı Dönem Sayısı

- [Cari Oran](#)

Cari Oran, yatırımın kısa vadeli borç ödeyebilme gücünü ölçer. Cari oranın 1,5-2 civarında olması yeterli kabul edilmektedir. Formülü aşağıda yer almaktadır.

$$\text{Cari Oran} = \text{Dönen Varlıklar} / \text{Kısa Vadeli Yabancı Kaynaklar}$$

Likidite Oranı, yatırımın bir yıl içinde stoklarını satamaması durumunda bir yıl içinde nakde dönüşebilecek diğer varlıklarıyla kısa vadeli borçlarını karşılayabilme gücünü gösterir. Likidite Oranının 1 olması yeterli kabul edilmektedir. Formülü aşağıda yer almaktadır.

$$\text{Likidite Oranı} = (\text{Dönen Varlıklar} - \text{Stoklar}) / \text{Kısa Vadeli Yabancı Kaynaklar}$$

Söz konusu iki oran, yukarıdaki formüller kullanılmak suretiyle bu bölümde hesaplanabilir.

- [Başabaş Noktası](#)

Başabaş noktası, bir firmanın hiçbir kar elde etmeden, zararlarını karşılayabildiği noktayı/seviyeyi belirtir. Diğer bir açıdan ise bir firmanın, giderlerini karşılayabildiği nokta da denilebilir. Başabaş noktası birim fiyat, birim değişken gider ve sabit giderler ile hesaplanır. Ayrıca sadece sabit giderler ve katkı payı ile de hesaplanabilir.

$$\text{Başabaş Noktası} = \text{Sabit Giderler} / (\text{Birim Fiyat} - \text{Birim Değişken Gider})$$

- [Ek-2: Yerli/İthal Makine-Teçhizat Listesi](#)

ÖN FİZİBİLİTE RAPORU

İthal Makine / Teçhizat Adı	Miktarı	Birimi (Adet, kg, m ³ vb.)	F.O.B. Birim Fiyatı (\$)	Birim Maliyeti (KDV Hariç, TL)	Toplam Maliyeti (KDV Hariç, TL)	İlgili Olduğu Faaliyet Adı
Yerli Makine / Teçhizat Adı	Miktarı	Birimi (Adet, kg, m ³ vb.)	Birim Maliyeti (KDV Hariç, TL)	Toplam Maliyeti (KDV Hariç, TL)	İlgili Olduğu Faaliyet Adı	



Yenişehir Mah. Demokrasi Bulvarı No: 72/A 41050 İzmit - KOCAELİ

Tel.: 0 (262) 332 01 44 - Faks: 0 (262) 332 01 45

E-mail : info@marka.org.tr www.marka.org.tr

Kalkınma Ajansı Yayınları Bedelsiz, Satılamaz

