

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE’NİN YEDİ COĞRAFI BÖLGESİNDE EVSEL ELEKTRİK
İHTİYACININ ÇATI ÜSTÜ FOTOVOLTAİK SİSTEMLER İLE
KARŞILANMASININ EKONOMİK ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayten ÖZKÖK

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

OCAK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE’NİN YEDİ COĞRAFI BÖLGESİNDE EVSEL ELEKTRİK
İHTİYACININ ÇATI ÜSTÜ FOTOVOLTAİK SİSTEMLER İLE
KARŞILANMASININ EKONOMİK ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayten ÖZKÖK

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Önder GÜLER

OCAK 2015

İTÜ, Enerji Enstitüsü'nün 301101003 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Ayten ÖZKÖK**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“TÜRKİYE’NİN YEDİ COĞRAFİ BÖLGESİNDE EVSEL ELEKTRİK İHTİYACININ ÇATI ÜSTÜ FOTOVOLTAİK SİSTEMLER İLE KARŞILANMASININ EKONOMİK ANALİZİ”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Önder GÜLER**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Burak BARUTÇU**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Emel ÖNAL

İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **15 Aralık 2014**
Savunma Tarihi : **19 Ocak 2015**

ÖNSÖZ

Çalışmamın her aşamasında zamanını ve emeğini esirgemedi beni destekleyen Doç. Dr. Önder Güler'e, tez yazım sürecinde beni yalnız bırakmayan Çevre Mühendisi Gamze Kırım'a, HOMER Pro ve HOMER Legacy yazılımı ile ilgili bana teknik destek sağlayan Janet Hale ve Jonathan Awerbuch'a ve her zaman yanımda olduğunu hissettiğim, destekleriyle bana güç veren aileme ve Çağan Akansu'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2015

Ayten Özkök
Çevre Yüksek Mühendisi

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xiii
ÖZET	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	4
1.2 Yöntem	5
2. AVRUPA ÜLKELERİNDE FOTOVOLTAİK SİSTEM UYGULAMALARI 7	
2.1 Almanya Fotovoltaik Sistem Uygulamaları	9
2.2 İspanya Fotovoltaik Sistem Uygulamaları	10
2.3 Fransa Fotovoltaik Sistem Uygulamaları	11
2.4 İtalya Fotovoltaik Sistem Uygulamaları	12
3. AVRUPA ÜLKELERİ FOTOVOLTAİK SİSTEM TEŞVİK MEKANİZMALARI	15
3.1 Almanya Fotovoltaik Sistem Teşvik Mekanizmaları	16
3.2 İspanya Fotovoltaik Sistem Teşvik Mekanizmaları	19
3.3 Fransa Fotovoltaik Sistem Teşvik Mekanizmaları	21
3.4 İtalya Fotovoltaik Sistem Teşvik Mekanizmaları	23
4. TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ POLİTİKALARI VE FOTOVOLTAİK SİSTEMLER	27
4.1 Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Politikası	27
4.2 Fotovoltaik Sistem Uygulamaları	29
4.3 Türkiye’de Mevzuat ve Fotovoltaik Sistem Teşvik Mekanizmaları	30
5. FOTOVOLTAİK SİSTEMLER	33
5.1 Fotovoltaik Hücre Teknolojileri	34
5.2 Fotovoltaik Sistem Çeşitleri	37
6. HOMER YAZILIMI İLE MODELİN OLUŞTURULMASI	39
6.1 HOMER Yazılımı	39
6.2 İncelenecek İllerin Seçilmesi	40
6.3 Modelde Kullanılan Veriler	42
7. SEÇİLEN İLLERDE EVSEL ELEKTRİK İHTİYACININ FOTOVOLTAİK PANELLER İLE KARŞILANMASININ HOMER YAZILIMI İLE İNCELENMESİ	47
7.1 Marmara Bölgesi Model Sonuçları	47
7.2 Ege Bölgesi Model Sonuçları	51
7.3 Akdeniz Bölgesi Model Sonuçları	55
7.4 İç Anadolu Bölgesi Model Sonuçları	58
7.5 Karadeniz Bölgesi Model Sonuçları.....	63

7.6 Doğu Anadolu Bölgesi Model Sonuçları	66
7.7 Güneydoğu Anadolu Bölgesi Model Sonuçları.....	70
7.8 İncelenen Senaryoların Ekonomik Açıdan Birbiriyle Karşılaştırılması.....	73
7.9 İncelenen Senaryoların Çevresel Açıdan Birbiriyle Karşılaştırılması.....	76
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR.....	81
EKLER.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	95

KISALTMALAR

ADEME	: Fransa Enerji ve Çevre Yönetimi Ajansı
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DEK-TMK	: Dünya Enerji Konseyi - Türk Milli Komitesi
ENVER	: Enerji Verimliliği Derneği
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPIA	: Avrupa Fotovoltaik Endüstrisi Birliği
EREC	: Avrupa Yenilenebilir Enerji Konseyi
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EUROSOLAR	: Avrupa Yenilenebilir Enerji Birliği
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
GIZ	: Alman Uluslararası İşbirliği Kurumu
GÜNAM	: Güneş Enerjisi Uygulama ve Araştırma Merkezi (ODTÜ)
GÜNDER	: Uluslararası Güneş Topluluğu Türkiye bölümü
HOMER	: Yenilenebilir Hibrid Enerji Sistemleri Optimizasyon Modeli
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
KDV	: Katma Değer Vergisi
Lİ-DER	: Lisansız Elektrik Üretimi Derneği
ODTÜ	: Orta Doğu Teknik Üniversitesi
PV	: Fotovoltaik
PVPS	: Fotovoltaik Güç Sistemleri Araştırma ve Geliştirme Birimi
REN21	: Yenilenebilir Enerji Politika Ağı
TEVEM	: Türkiye Enerji Verimliliği Meclisi
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları
YEKY	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yasası

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Almanya'daki fotovoltaik sektörünün 2013 yılı sonu itibariyle durumu.	9
Çizelge 2.2 : 2013 yılında yeni kurulan fotovoltaik sistemlerin dağılımı	11
Çizelge 2.3 : İspanya'daki fotovoltaik sektörü 2012 ve 2013 yılı göstergeleri	11
Çizelge 2.4 : Fransa'daki fotovoltaik sektörünün 2013 yılı sonu itibariyle durumu.	12
Çizelge 2.5 : 2013 yılı şebekeye bağlı kurulan PV kapasitesi.	12
Çizelge 2.6 : 2013 yılında yeni kurulan fotovoltaik sistemlerin dağılımı.	13
Çizelge 2.7 : İtalya'daki fotovoltaik sektörünün 2013 yılı sonu itibariyle durumu... ..	13
Çizelge 3.1 : 2001 yılından 2013 yılına kadar çatı üstü PV sistemler için (< 10kW) uygulanan sabit fiyat garantisi.....	18
Çizelge 3.2 : Kraliyet Kararnameleri sabit fiyat garantisi.	21
Çizelge 3.3 : 2013 yılı PV sistemler için uygulanan sabit fiyat garantisi.....	23
Çizelge 3.4 : 2013 yılında uygulanan sabit fiyat garantisi miktarları ve şahsi kullanım için üretim teşvikleri.....	25
Çizelge 4.1 : 6094 sayılı YEK kanunu kapsamında sağlanan teşvikler.	32
Çizelge 5.1 : PV hücre teknolojilerinin karşılaştırılması.....	37
Çizelge 6.1 : Türkiye farklı coğrafi bölgelerinde yıllık güneşlenme süresi ve yıllık ortalama radyasyon verileri dağılımı.....	41
Çizelge 6.2 : GEPA'ya göre farklı coğrafi bölgelerdeki en yüksek ve en düşük yıllık güneşlenme süresine sahip iller.	41
Çizelge 6.3 : GEPA'ya göre farklı coğrafi bölgelerdeki en yüksek ve en düşük radyasyon verisine sahip iller.	42
Çizelge 6.4 : Çalışma kapsamında incelenen illere ait koordinatlar.....	44
Çizelge 6.5 : Çalışma kapsamında incelenen illerde panellerin sabitleneceği açılar.	44
Çizelge 6.6 : Modelde kullanılan PV sistem ve invertör maliyetleri.....	45
Çizelge 7.1 : İstanbul ve Edirne iline ait mevcut durum model sonuçları.....	49
Çizelge 7.2 : İstanbul ve Edirne iline ait şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.	50
Çizelge 7.3 : İstanbul ve Edirne iline ait ilk yatırım maliyetleri %25 azaltılıp şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.....	50
Çizelge 7.4 : İstanbul ve Edirne iline ait ilk yatırım maliyetleri %50 azaltılıp şebekeye satış tarifesi sabit tutulan model sonuçları.....	51
Çizelge 7.5 : Denizli ve Manisa iline ait mevcut durum model sonuçları.....	53
Çizelge 7.6 : Denizli ve Manisa iline ait şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.	54
Çizelge 7.7 : Denizli ve Manisa iline ait ilk yatırım maliyetleri %25 azaltılıp şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.	54
Çizelge 7.8 : Antalya ve Hatay iline ait mevcut durum model sonuçları.....	56
Çizelge 7.9 : Antalya ve Hatay iline ait şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.	57

Çizelge 7.10 : Antalya ve Hatay iline ait ilk yatırım maliyetleri %25 azaltılıp şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları	57
Çizelge 7.11 : Antalya ve Hatay ili optimizasyon senaryo sonuçları	58
Çizelge 7.12 : Karaman ve Kırıkkale iline ait mevcut durum model sonuçları.....	60
Çizelge 7.13 : Karaman ve Kırıkkale iline ait şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.....	61
Çizelge 7.14 : Karaman ve Kırıkkale iline ait ilk yatırım maliyetleri %25 azaltılıp şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.	62
Çizelge 7.15 : Karaman ve Kırıkkale ili optimizasyon senaryo sonuçları.....	63
Çizelge 7.16 : Bayburt ve Ordu iline ait mevcut durum model sonuçları.	64
Çizelge 7.17 : Bayburt ve Ordu iline ait şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.....	65
Çizelge 7.18 : Bayburt ve Ordu iline ait ilk yatırım maliyetleri %25 azaltılıp şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.	66
Çizelge 7.19 : Bayburt ve Ordu iline ait ilk yatırım maliyetleri %50 azaltılıp şebekeye satış tarifesi sabit bırakılan model sonuçları.	66
Çizelge 7.20 : Van ve Erzurum iline ait mevcut durum model sonuçları.....	68
Çizelge 7.21 : Van ve Erzurum iline ait şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.....	69
Çizelge 7.22 : Van ve Erzurum iline ait ilk yatırım maliyetleri %25 azaltılıp şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.	69
Çizelge 7.23 : Şırnak ve Diyarbakır iline ait mevcut durum model sonuçları.....	71
Çizelge 7.24 : Şırnak ve Diyarbakır iline ait şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.....	72
Çizelge 7.25 : Şırnak ve Diyarbakır iline ait ilk yatırım maliyetleri %25 azaltılıp şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.	73
Çizelge 7.26 : İncelenen illere ait enlemler ve mevcut durum (5kW için) geri ödeme süresi.	74
Çizelge 7.27 : Tüm iller için optimizasyon senaryolarının özeti.	75
Çizelge 7.28 : İncelenen illerde 3 kW kapasiteli PV sistem kurulumu ile CO ₂ salınımında gerçekleşecek azalış.	77
Çizelge 7.29 : İncelenen illerde 4 kW kapasiteli PV sistem kurulumu ile CO ₂ salınımında gerçekleşecek azalış.	77
Çizelge 7.30 : İncelenen illerde 5 kW kapasiteli PV sistem kurulumu ile CO ₂ salınımında gerçekleşecek azalış.	78

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Dünyada 2011 ve 2012 yılı sonu enerji kaynaklarının enerji kullanımındaki payı.....	2
Şekil 1.2 : 2011 ve 2012 yılı sonunda yenilenebilir enerji kaynaklarının dağılımı.....	2
Şekil 1.3 : Küresel elektrik üretiminde enerji kaynaklarının dağılımı.....	3
Şekil 1.4 : Türkiye’de 2011 yılı sonu itibari ile birincil enerji arzında kaynakların dağılımı.	3
Şekil 1.5 : Türkiye’de 2013 yılı sonu elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı. .	4
Şekil 2.1 : 2012 yılı global fotovoltaik piyasasının ülkelere dağılımı.....	7
Şekil 2.2 : Dünyada fotovoltaik güç sistemi birikmiş kurulu güç 2012 yılı ülke payları.....	8
Şekil 2.3 : 2000 yılından 2013 yılına kadar her yıl yeni kurulan fotovoltaik sistem kapasitesi.	10
Şekil 2.4 : 2008 yılından 2013 yılı sonuna kadar birikmiş kurulu fotovoltaik sistem kapasitesi.	13
Şekil 3.1 : Almanya’da fotovoltaik sektörünü etkileyen politikalar ve programlar. .	17
Şekil 3.2 : Almanya 2004, 2012 ve 2014 yenilenebilir enerji kaynakları yasası ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerji için belirlenen hedefler.	19
Şekil 3.3 : İspanya enerji planlarında yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerji için belirlenen hedefler.....	20
Şekil 3.4 : İspanya’da fotovoltaik sektörünü etkileyen karanemeler ve yasa.....	20
Şekil 3.5 : Fransa Hükümeti tarafından yayımlanan enerji planları.	22
Şekil 3.6 : İtalya Hükümeti tarafından yayımlanan enerji politikaları.	23
Şekil 3.7 : İtalya’da fotovoltaik sektörünü etkileyen karanemeler.....	24
Şekil 4.1 : Türkiye enerji konulu strateji ve eylem planlarının tarihsel gelişimi.....	28
Şekil 4.2 : Türkiye PV sistem kurulu gücü mevcut durumu ve gelecek yıl öngörülleri.	30
Şekil 4.3 : Türkiye’de teşvik mekanizmalarını içeren yasal dayanaklar.	31
Şekil 5.1 : Fotovoltaik hücre görünümü.	33
Şekil 5.2 : Fotovoltaik hücre n ve p tipi yarı iletkenlerin yapısı.	34
Şekil 5.3 : Tekli silisyum teknolojisinin avantaj ve dezavantajları.	35
Şekil 5.4 : Çoklu silisyum teknolojisinin avantaj ve dezavantajları.....	36
Şekil 5.5 : İnce film teknolojisinin avantaj ve dezavantajları.....	36
Şekil 5.6 : Şebekeye bağlı PV sistem şematik gösterimi (GESSOLAR, 2012).	38
Şekil 5.7 : Şebekeden bağımsız PV sistemler (GESSOLAR, 2012).	38
Şekil 6.1 : Simülasyon, optimizasyon ve hassasiyet analizi arasındaki ilişki.	39
Şekil 6.2 : Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası.	40
Şekil 6.3 : Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası ve seçilen iller.	42
Şekil 6.4 : Modelde kullanılan günlük profil.....	43
Şekil 6.5 : Modelde kullanılan mevsimsel profil.....	43

Şekil 6.6 : HOMER programı sistem elemanları.....	43
Şekil 7.1 : İstanbul ve Edirne illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi	47
Şekil 7.2 : İstanbul ve Edirne illerinde 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerin panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik miktarları.	48
Şekil 7.3 : Denizli ve Manisa illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi.	51
Şekil 7.4 : Denizli ve Manisa illerinde 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerin panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik miktarları.	52
Şekil 7.5 : Antalya ve Hatay illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi.	55
Şekil 7.6 : Antalya ve Hatay illerinde 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerin panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik miktarları.	55
Şekil 7.7 : Karaman ve Kırıkkale illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi.	58
Şekil 7.8 : Karaman ve Kırıkkale illerinde 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerin panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik miktarları.	59
Şekil 7.9 : Bayburt ve Ordu illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi.	63
Şekil 7.10 : Bayburt ve Ordu illerinde 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerin panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik miktarları.	64
Şekil 7.11 : Van ve Erzurum illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi.	67
Şekil 7.12 : Van ve Erzurum illerinde 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerin panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik miktarları.	67
Şekil 7.13 : Şırnak ve Diyarbakır illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi.	70
Şekil 7.14 : Şırnak ve Diyarbakır illerinde 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerin panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik miktarları.	70

TÜRKİYE’NİN YEDİ COĞRAFI BÖLGESİNDE EVSEL ELEKTRİK İHTİYACININ ÇATI ÜSTÜ FOTOVOLTAİK SİSTEMLER İLE KARŞILANMASININ EKONOMİK ANALİZİ

ÖZET

Yenilenemeyen ve yenilenebilir olmak üzere enerji kaynakları iki kısımdan oluşmaktadır. Fosil yakıtların tükenecek olması, yaşanan çevre sorunları ve insan sağlığına olumsuz etkileri; dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilginin, bilincin ve dolayısıyla bu konuda yatırımların artmasını sağlamıştır. Günümüzde alternatif enerji kaynaklarından enerji ihtiyacının karşılanması zorunluluk haline gelmiştir. Bu alternatif kaynaklardan biri de güneş enerjisidir.

Yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin kullanılabilir kapasiteye dönüştürülebilmesi için gelişmiş ve gelişmekte olan tüm ülkeler teşvik mekanizmaları oluşturmaktadır. Yenilenebilir kaynaklara yatırımın artırılması açısından teşvik mekanizmaları, uygulanan mevzuat ve politikalar önem taşımakta ve sektörün yönünü çizmektedir. Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Türkiye, artan enerji ihtiyacını karşılamada, dışa bağımlılığını azaltmak amacıyla mevcut doğal kaynak kullanımını artırma politikası yürütmektedir. Yürütülen enerji politikalarının temeli, yenilenebilir enerji kaynaklarının en yüksek oranda kullanılarak çevresel etkilerin en aza indirilmesini sağlamaya dayanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, evsel elektrik ihtiyacının şebekeye bağlı çatı üstü fotovoltaik (PV) sistemler ile karşılanmasının ekonomik açıdan analiz edilmesidir. Çalışma kapsamında Avrupa ülkeleri arasında ilk dördü temsil eden Almanya, İspanya, Fransa ve İtalya’da fotovoltaik sistem uygulamaları ve teşvik mekanizmaları irdelenmiştir. Böylece, farklı teşvik mekanizmalarının piyasa gelişimine etkisi ortaya çıkarılmış ve ülkemiz şartlarına uygun değerlendirmenin yapılabilmesi için doneler toplanmıştır. Lider konumdaki ülkelerde uygulanan güneş enerjisi ile ilgili politikalar ve destekler Türkiye’deki politikalar ve desteklerle karşılaştırılmıştır. Ekonomik açıdan değerlendirme içerisinde ülkemizde uygulanan teşviklerin yeterli olup olmadığı, hangi koşullarda çatı üstü güneş paneli yatırımlarının uygulanabilir olacağı, bu yatırımların çevresel açıdan yaratacağı kazançlara değinilmiştir.

Çatı üstü fotovoltaik sistemin uygulanacağı müstakil evler için Türkiye’nin 7 coğrafi bölgesinde güneş enerjisi potansiyel atlasına (GEPA) göre güneş radyasyonu en yüksek ve en düşük iller (toplam 14 il) seçilmiştir. Bir hanenin gün içinde saatlik elektrik tüketimi değerleri belirlenip, 3kW, 4kW ve 5kW kapasiteli çatı üstü fotovoltaik sistemlerle karşılanması HOMER yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Her bir ilde ilk yatırım maliyeti ve şebekeye satış tarfisi dikkate alınarak mevcut durumda yatırımların ekonomik açıdan sürdürülebilir olup olmadığı incelenmiştir. 7 yıl ve altında geri ödeme süresine sahip sistemler ekonomik açıdan cazip yatırım olarak kabul edilmiştir. Geri ödeme süresi 7 yıl ve üzeri olan sistemler için şebekeye satış tarifesinin arttırılması, ilk yatırım maliyetinin düşürülmesi ve her iki seçeneğin birlikte uygulandığı 10 farklı senaryo değerlendirilmiştir.

Türkiye’de mevcut durumda çatı üstü fotovoltaik sistem yatırımlarının geri ödeme süresi 12,4 yıl ve üzerinde olması dolayısıyla ekonomik açıdan cazip bulunmamıştır. Türkiye’de şebekeye satış tarifesi haricinde bir teşvik mekanizmasının geliştirilmesi gerektiği ve özellikle çatı üstü fotovoltaik sistemlere özgü bir teşvik programının oluşturulması geri ödeme sürelerini düşürecek bir adım olacağı düşünülmüştür.

Türkiye’nin her bir coğrafi bölgesinde ilk yatırım maliyeti ve karşılanacak otonom yükü aynı olan fotovoltaik sistem yatırımlarının geri ödeme sürelerinde farklılıklar görülmüştür. Bu farklılığın temel sebebi seçilen her ilin farklı güneş radyasyon değerlerine sahip olmasıdır. Farklı bölgelerde farklı şebekeye satış tarifesinin uygulanması Türkiye genelinde fotovoltaik yatırımları yaygınlaştıracığı sonucuna varılmıştır.

Çalışma sonucunda 3kW, 4kW ve 5kW kapasitelere sahip PV sistemlerin geri ödeme süresi arasındaki farklılığın yaklaşık 1 yıl kadar olduğu görülmüştür. İlk yatırım maliyeti daha yüksek olsa da, çevresel açıdan değerlendirildiğinde 5kW kapasiteli PV sistemlerin tercih edilmesinin hane başına 2,7 ton ile 3,5 ton arasında yıllık CO₂ emisyonu salınımı azaltılmasını sağlayacağı ortaya konmuştur. Dolayısıyla çalışma özelinde 5kW kapasiteli PV sistem yatırımlarına öncelik verilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

ECONOMIC ANALYSIS OF PRODUCTION OF DOMESTIC ELECTRICITY BY ROOF-TOP PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN TURKEY'S SEVEN GEOGRAPHIC REGIONS

SUMMARY

Energy resources can be classified as renewable and non-renewable. Worldwide interest in renewable energy investment has been growing due to the impacts on human health and environmental problems resulted in consumption of fossil fuels which are being depleted. Nowadays, it has become a necessity to provide energy from alternative resources. Solar energy is the one of the alternative energy resources.

All developing and developed countries provide incentives mechanisms and supporting strategies to benefit from potential of renewable energy resources. Incentives mechanism, regulations and policies enable to increase renewable energy investments and shape the solar sector trends. As a developing country Turkey is conducting energy policy to benefit from natural resources to produce electricity and decrease external dependency of energy. Main objectives of conducted energy policies are to take advantage of renewable energy resources at maximum level and decrease environmental impacts of fossil fuels.

The aim of this paper is to analyse domestic electricity production by grid connected roof-top photovoltaic systems regarding to economic aspects. Photovoltaic systems implementations, incentives mechanisms and support strategies in four representative European countries including Germany, Spain, France and Italy were evaluated. Thus, effects of different incentives mechanisms on solar sector were reviewed and Turkey's situation in solar sector was revealed. Policies and incentives in four representative countries were compared with Turkish energy policies and conducted incentives. It was analysed whether or not conducted incentives in Turkey was sufficient and under what conditions roof-top photovoltaic systems investments were feasible. Within the study, environmental improvements resulted in photovoltaic systems are also evaluated.

The pilot 14 provinces having the highest and lowest solar radiation in Turkey's seven geographic regions were selected according to solar energy potential atlas (GEPA). Roof-top photovoltaic systems with capacity of 3 kW, 4kW and 5kW were simulated by using HOMER software.

As an autonomous load the average daily consumption of 11.45 kWh was determined for a four-person household by HOMER. The use of storage battery was not considered since the photovoltaic systems were designed as an on-grid system. HOMER enabled to provide the radiation data of each selected province from Climatological Solar Radiation Data Sets of National Renewable Energy Laboratory (NREL) or NASA Surface Meteorology and Solar Energy Data Sets through internet connection.

Since Turkey is located in northern hemisphere panels were considered to be fixed on the south side of the roof. The optimal angle of the south-facing panels were obtained by multiplying the latitude with 0.9. The lifetime of panels and inverters were assumed 20 years. In Turkey, the maximum fit in tariff for generated electricity from solar resources is 20 \$ cent/kWhour if the PV module and PV cell are produced in Turkey whereas 14.75 \$ cent/kWhour is the electricity consumption price. In the model, feed-in tariff was identified as 15.2 \$ cent/kWhour in the model, because it was assumed the PV module and PV cell would be imported.

Feasibility of the investments was evaluated regarding to initial cost and feed-in tariff for all pilot provinces. Systems having pay back period of 7 years and below was considered as favourable investments. In order to decrease pay back period, 10 different scenarios including increasing feed-in tariff (25%, 50%, 75% and 100%), decreasing initial cost (25% and 50%) and both of them were evaluated.

The differences of solar radiation were not effective on the payback period of the PV investment in the selected provinces in Turkey's seven geographic regions except the Aegean and Eastern Anatolia region. Results of optimization scenarios were similar among provinces with low and high solar radiation value in the same geographic region (except the Aegean and Eastern Anatolia region).

The PV investments in Marmara and Black Sea region had the highest payback periods. In order to reduce the payback period to 7 years, initial investment cost were decreased 50% in the optimization scenario in both geographic regions.

In the Mediterranean, Central Anatolia and Southeastern Anatolia Region The payback period below 7 years were obtained in the optimization scenario of not only 100% increasement of current feed-in tariff but also 100% increasement of current feed-in tariff and 25% reduction of current initial investment cost.

In the Aegean region, the payback period of PV investment could be decreased under 7 years through 100% increasement of current feed-in tariff. In the optimization scenario of decreasing initial investment cost and increasind the feed-in tariff, payback period of PV investment has varied among the pilot provinces in this regions. 25% increasement of current feed-in tariff and 25% reduction of current initial investment cost has enabled to decrease payback period below 7 years in the province with high solar radiation whereas 50% increasement of current feed-in tariff and 25% reduction of current initial investment cost has enabled to decrease payback period below 7 years in the province with low solar radiation in the Aegean region.

In the Aegean region, the payback period of PV investment could be decreased under 7 years through 75% increasement of current feed-in tariff. 25% increasement of current feed-in tariff and 25% reduction of current initial investment cost has enabled to decrease payback period below 7 years in the province with high solar radiation whereas 50% increasement of current feed-in tariff and 25% reduction of current initial investment cost has enabled to decrease payback period below 7 years in the province with low solar radiation in the Eastern Anatolia region

Regarding to environmental issues photovoltaic systems with capacity of 5kW should be preferred which enable to decrease from 2,7 to 3,5 tonnes of CO₂ emissions per detached house although their initial cost was higher than PV system with capacity of 3kW.

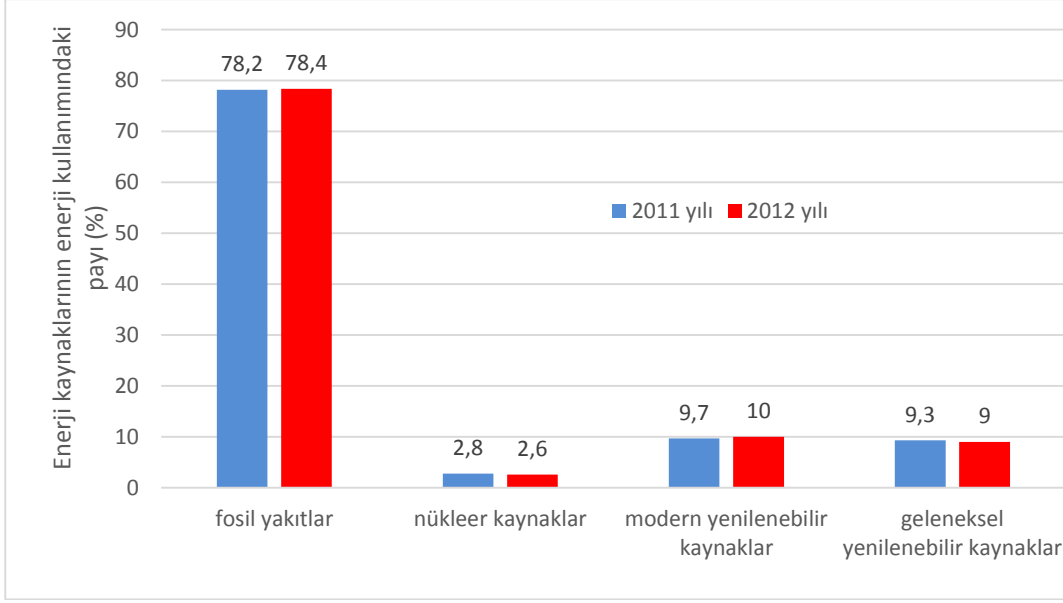
As a result of this study, roof-top photovoltaic systems in Turkey was economically not feasible due to pay back period of 12,4 years and above. It was considered providing incentives mechanisms other than feed-in tariff and support programm especially regarding to roof-top PV systems could be a first step to decrease pay back periods in Turkey. The pay back period of investments in each pilot province at seven geographic regions has varied that was resulted in difference solar radiation. Dissemination of PV system in Turkey could be accelerated to apply higher feed-in tariff for provinces having lower solar radiation.

1. GİRİŞ

Günümüzde enerji, uluslar arası stratejilerin ve gelişmişlik düzeyinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Dünya’da daha çok enerji kaynağına sahip ülkeler ve mevcut enerji kaynaklarını kontrol edebilen ülkeler lider konumdadır. Enerji kaynakları kullanımının ve enerjiye olan talebin artması, ülke ekonomilerinin büyümesini sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, dünya nüfus artışına paralel olarak enerjiye olan talep de artmaktadır. Dünyada alternatif enerji kaynağı arayışı, arz-talep dengesinin korunması ve muhtemel problemlerin çözüme ulaştırılması amacıyla son yıllarda hızlanmıştır.

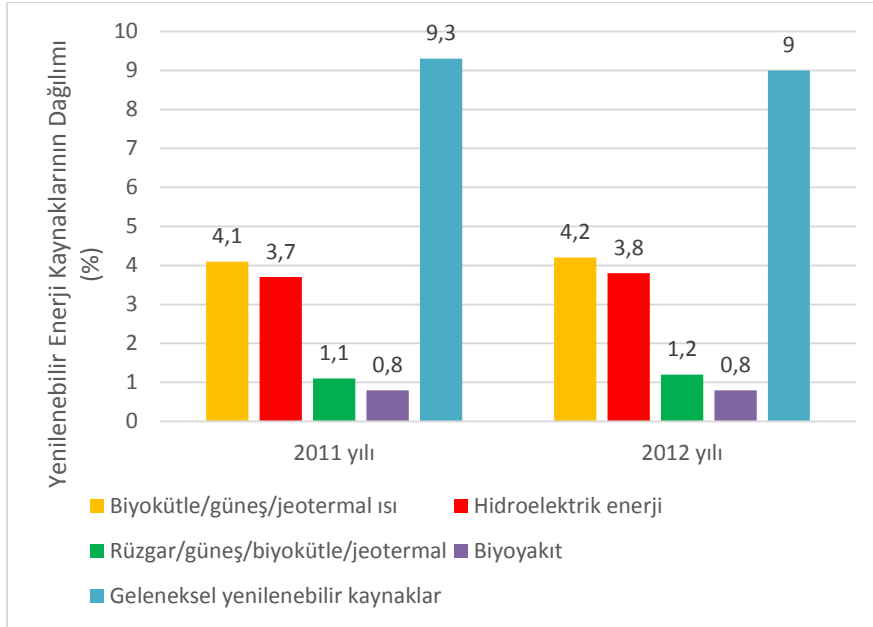
Yenilenemeyen ve yenilenebilir olmak üzere enerji kaynakları iki kısımdan oluşmaktadır. Fosil yakıtların tükenecek olması, yaşanan çevre sorunları ve insan sağlığına olumsuz etkileri; dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgilinin, bilincin ve dolayısıyla bu konuda yatırımların artmasını sağlamıştır. Birincil enerji talebinde fosil kaynaklı yakıtların oluşturduğu kömürden, doğal gaz ve petrolden oluşan fosil kaynaklı yakıtların enerji üretimindeki payını yakın gelecekte de koruyacağı beklenmektedir. Ancak, Avrupa Yenilenebilir Enerji Konseyi (EREC), 2050 yılı hedefini %100 yenilenebilir enerji arzı olarak açıklamış ve bu hedefe ulaşmak için doğru yatırımların yapılarak uygun politikaların izlenmesi gerektiğini vurgulamıştır (Avrupa Yenilenebilir Enerji Konseyi, 2010).

Dünyada 2011 ve 2012 yılı sonu enerji kaynaklarının enerji kullanımındaki payı Şekil 1.1 ile verilmiştir (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2013) (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2014). Fosil yakıt tüketiminin enerji kullanımındaki payı, 2011 yılından 2012 yılına kadar nükleer kaynakların tüketim payındaki azalış oranında (%0,2) artış göstermiştir. Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin ise sabit kaldığı, ancak geleneksel yerine modern yenilenebilir kaynaklara yönelim olduğu görülmektedir.



Şekil 1.1 : Dünyada 2011 ve 2012 yılı sonu enerji kaynaklarının enerji kullanımındaki payı.

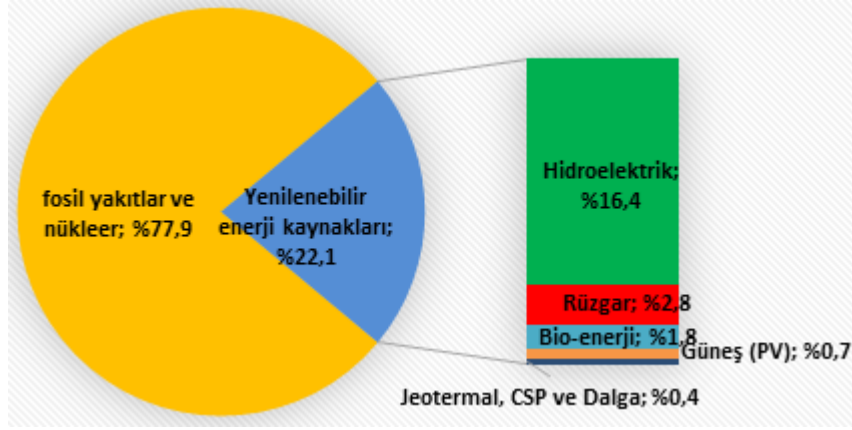
2011 ve 2012 yılı sonu itibariyle yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) dünya enerji kullanımı içerisinde %19'luk payda sabit kalmıştır. %19'luk pay içerisindeki yenilenebilir enerji kaynakları dağılımı Şekil 1.2 ile verilmiştir (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2013) (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2014).



Şekil 1.2 : 2011 ve 2012 yılı sonunda yenilenebilir enerji kaynaklarının dağılımı.

Yenilenebilir Enerji Politika Ağı (REN21) tarafından hazırlanan 2014 yılı Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporu'na göre 2013 yılı sonu itibariyle küresel

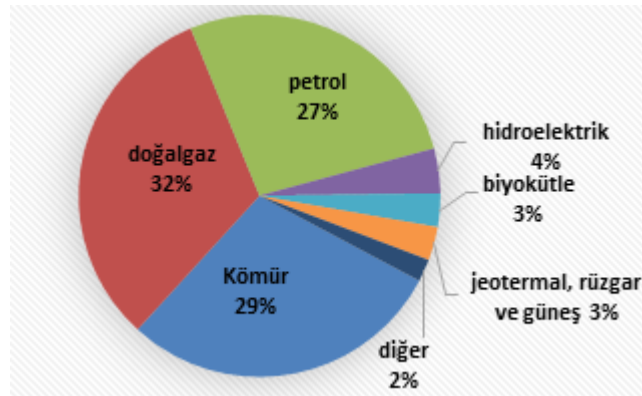
elektrik üretiminin yüzde 77,9 fosil yakıtlardan ve nükleer enerji kaynaklarından sağlanırken, geriye kalan yüzde 22,1'lik kısım yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel elektrik üretiminde kullanımına göre dağılımı Şekil 1.3 ile verilmiştir.



Şekil 1.3 : Küresel elektrik üretiminde enerji kaynaklarının dağılımı.

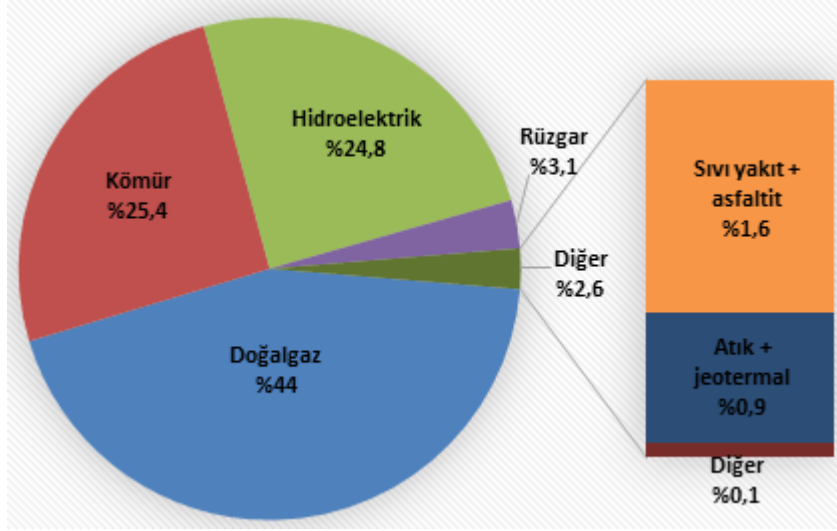
2013 yılında elektrik üretiminde kullanılan başlıca yenilenebilir enerji kaynağı hidroelektrik santraller olmuştur. Aynı yıl küresel elektrik üretiminde rüzgar yüzde 2,8 ve bio-enerji yüzde 1,8'lik pay sahibi olmuştur. Güneş enerjisinden fotovoltaiik (PV) sistemler vasıtasıyla küresel elektrik üretiminin yüzde 0,7'lik kısmı sağlanmıştır.

Dünya Enerji Komitesi Türk Milli Komitesi 2012 yılı enerji raporuna göre Türkiye'de 2011 yılı sonu itibari ile birincil enerji arzında kaynakların dağılımı Şekil 1.4 ile verilmiştir. 2011 yılı sonu itibariyle birincil enerji arzının yüzde 88'i fosil yakıtlardan karşılanırken, geriye kalan yüzde 12'lik kısım yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2012).



Şekil 1.4 : Türkiye'de 2011 yılı sonu itibari ile birincil enerji arzında kaynakların dağılımı.

EÜAŞ tarafından yayınlanan 2013 yılı Elektrik Üretim Sektör Raporuna göre, 2012 yılı verileri 2013 yılı verileri ile karşılaştırıldığında fosil yakıtlardan kömür kullanım oranında azalma olurken, doğalgaz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar ve hidroelektrikte artış olduğu gözlenmiştir. Türkiye’de 2013 yılı sonu elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı Şekil 1.5 ile verilmiştir (Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ), 2013).



Şekil 1.5 : Türkiye’de 2013 yılı sonu elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı.

Türkiye’de ithal edilen kaynaklar arasında yer alan doğalgazın elektrik üretimindeki payının yüksek olması, Türkiye ekonomisi açısından istenmeyen bir durumdur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimi içerisindeki payının artırılması, Türkiye’nin dışa bağımlılığını azaltmada önem taşımaktadır. Avrupa Yenilenebilir Enerji Birliğinin Türkiye birimi olan EUROSOLAR Türkiye, 2002 yılından itibaren ülkemizde yenilenebilir enerjilerin tanıtılması için siyasi ve ekonomik eylem planları geliştirmekte, siyasi önceliklerin ve altyapının yenilenebilir enerjiler doğrultusunda gelişmesi için çalışmaktadır.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, evsel elektrik ihtiyacının şebekeye bağlı çatı üstü fotovoltaik (PV) panel sistemi ile karşılanmasının ekonomik açıdan incelenmesidir. Ekonomik açıdan değerlendirme içerisinde ülkemizde uygulanan teşviklerin yeterli olup olmadığı, hangi koşullarda çatı üstü güneş paneli yatırımlarının uygulanabilir olacağı, bu yatırımların çevresel açıdan yaratacağı kazançlara değinilmiştir.

1.2 Yöntem

Çalışma kapsamında literatür araştırması yapılmış ve HOMER bilgisayar yazılım programı kullanılarak Türkiye'nin her bir coğrafi bölgesinde seçilen illerde evsel elektrik ihtiyacının şebekeye bağlı çatı üstü fotovoltaik (PV) panel sistemi ile karşılanması ekonomik açıdan incelenmiştir. Literatür araştırması ile Avrupa ülkelerinde (Almanya, İspanya, İtalya ve Fransa) ve Türkiye'deki yenilenebilir enerji sektörüne ilişkin teşvik mekanizmaları ve izlenen politikalar analiz edilmiştir. Böylece, farklı teşvik mekanizmalarının piyasa gelişimine etkisi ortaya çıkarılmış ve ülkemiz şartlarına uygun değerlendirmenin yapılabilmesi için doneler toplanmıştır. Lider konumdaki ülkelerde uygulanan güneş enerjisi ile ilgili politikalar ve destekler Türkiye'deki politikalar ve desteklerle karşılaştırılmıştır.

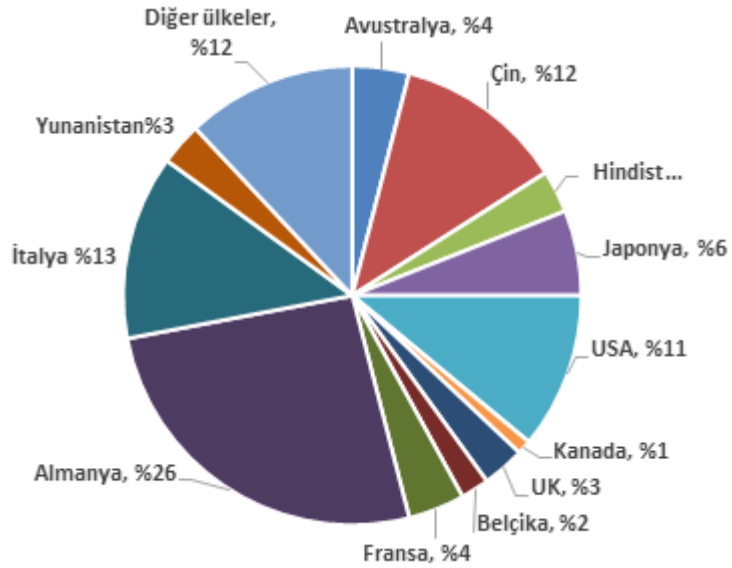
Bir hanenin gün içinde saatlik elektrik tüketimi değerleri belirlenip, 3kW, 4kW ve 5kW kapasiteli çatı üstü fotovoltaik sistemlerle karşılanması analiz edilmiştir. Çatı üstü fotovoltaik sistemin uygulanacağı müstakil evler için Türkiye'nin 7 coğrafi bölgesinde güneş enerjisi potansiyel atlasına (GEPA) göre güneş radyasyonu en yüksek ve en düşük iller seçilmiştir. Her bir ile özel radyasyon verileri HOMER modelinde veri olarak kullanılmıştır. Modelde kullanılan panel kapasitesi ve diğer yardımcı ekipmanlar bütün iller için aynı özellikte seçilmiştir. 7 yıl ve altında geri ödeme süresine sahip sistemler ekonomik açıdan cazip yatırım olarak kabul edilmiştir. Geri ödeme süresi 7 yıl ve üzeri olan sistemler için şebekeye satış tarifesinin arttırılması, ilk yatırım maliyetinin düşürülmesi ve her iki seçeneğin birlikte uygulandığı 10 farklı senaryo değerlendirilmiştir.

HOMER modeli sonuçları ile bu sistemin ekonomik açıdan uygulanabilirliği üzerine değerlendirmeler yapılarak, fotovoltaik sistem uygulamalarının çevresel boyutları da değerlendirilmiştir.

2. AVRUPA ÜLKELERİNDE FOTOVOLTAİK SİSTEM UYGULAMALARI

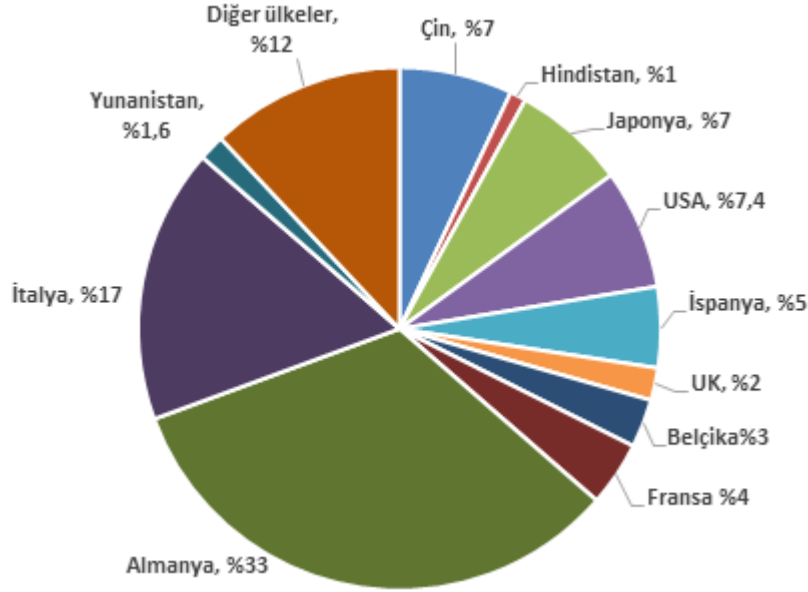
Hızla sanayileşen dünyamızda giderek artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için geleneksel enerji kaynakları dışında yenilenebilir ve tükenmeyen enerji kaynaklarına yönelme başlamıştır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan fosil yakıtların çok yakın bir gelecekte tükenecek olması, alternatif enerji kaynaklarından enerji ihtiyacının karşılanmasını zorunlu kılmıştır. Bu alternatif kaynaklardan biri de güneş enerjisidir.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) bünyesinde, fotovoltaik (PV) güç sistemleri araştırma ve geliştirme birimi (PVPS) mevcuttur. 1993 yılında kurulan IEA PVPS'ye üye olan 29 ülke arasında Türkiye'de yer almaktadır (International Energy Agency PVPS 2014). 2012 yılı sonu itibari ile IEA PVPS üye ülkelerinin tamamı göz önünde bulundurulduğunda çoğunlukla şebekeye bağlı olan PV güç sistemi kurulumu 89,3 GW'a ulaşmıştır (Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), 2013). 2012 yılında global fotovoltaik piyasasının ülkelere dağılımı Şekil 2.1 ile verilmiştir. 2012 yılında global PV pazarında, yaptığı yatırımlar ile Almanya'nın yüzde 26 pay ile lider olduğu ve sırasıyla İtalya, Çin ve Amerika tarafından takip edildiği görülmektedir (International Energy Agency, 2013a).



Şekil 2.1 : 2012 yılı global fotovoltaik piyasasının ülkelere dağılımı.

Dünyada fotovoltaik güç sistemi birikmiş kurulu güç 2012 yılı sonu ülke payları Şekil 2.2 ile verilmiştir (International Energy Agency, 2013a).



Şekil 2.2 : Dünyada fotovoltaik güç sistemi birikmiş kurulu güç 2012 yılı ülke payları.

Almanya PV güç sistemi birikmiş kurulu gücü, 2012 yılında dünyanın yüzde 33'ünü oluşturarak, zirveye yerleşmiştir. İtalya, yüzde 17'lik pay ile ikinci, Amerika ise yüzde 7,4'lük pay ile PV güç sistemi birikmiş kurulu güç kapsamında ilk üçte olan ülkelerdir. Japonya ve Çin, yüzde 7'lik pay ile ilk beşe girmiştir.

Global olarak 2012 yılında yaklaşık 30 GW kapasitede fotovoltaik kurulumu olmuşken, 2013 yılında yeni kurulum kapasitesi 38,4 GW'a ulaşmıştır (European Photovoltaic Industry Association, 2014). Hidroelektrik ve rüzgar enerjisinden sonra PV sistemler yenilenebilir enerji kapsamında üçüncü sıraya yerleşmiştir. Avrupa ülkeleri kapsamında, 2011 yılından 2013 yılına kadar ki süreçte her yıl şebekeye bağlanan PV sistem kapasitesinde düşüş görülmektedir. 2011 yılında 22,4 GW, 2012 yılında 17,7 GW ve 2013 yılında 11 GW fotovoltaik sistem şebekeye bağlanmıştır (European Photovoltaic Industry Association, 2014). Şebekeye bağlanma açısından düşüş görülse de, PV endüstrisi büyüklüğü Avrupa ülkelerinde yıllık ortalamaya bakıldığında sabit kalmıştır.

Avrupa dışında da, fotovoltaik pazarı büyümekte ve gelişmektedir. 2011 yılında dünyada yeni kurulan PV sistemlerin yüzde 74'ü Avrupa ülkelerinde gerçekleşmişken, 2013 yılında yeni kurulumların sadece yüzde 29'u Avrupa ülkelerine ait olmuştur

(European Photovoltaic Industry Association, 2014). Asya ülkelerindeki PV pazarının büyümesi, Avrupa ülkelerinin bu sektördeki liderliğini sona erdirmiştir.

2012 yılı fotovoltaik güç sistemi birikmiş kurulu güç ülke payları dikkate alındığında Avrupa ülkelerinden Almanya, İspanya, Fransa ve İtalya'nın ilk dördü oluşturan ülkeler olduğu görülmektedir. Bu çalışma kapsamında bahsi geçen ülkelerde fotovoltaik sistem uygulamaları ve teşvik mekanizmaları irdelenmiştir.

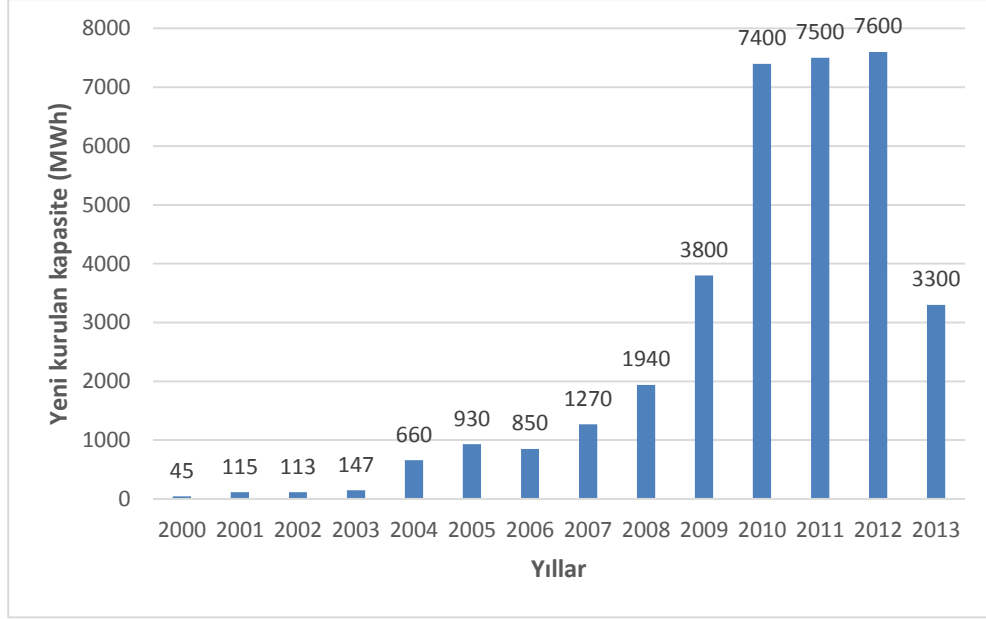
2.1 Almanya Fotovoltaik Sistem Uygulamaları

Yenilenebilir enerjiye yönelen Avrupa ülkelerinden biri olan Almanya, güneş enerjisi kapasitesi bakımından dünyada lider konumdadır. 2013 yılında Avrupa ülkeleri arasında 3,3 GW yeni fotovoltaik sistem kurulumu ile lider olmuştur (European Photovoltaic Industry Association, 2014). Almanya'daki PV sektörünün 2013 yılı sonu itibariyle durumu Çizelge 2.1 ile verilmiştir. 2013 yılında PV sistemler tarafından elektrik üretiminin yüzde 5'i karşılanmıştır. Ancak, Almanya 2020 yılına kadar elektrik üretiminin yüzde 10'unu PV sistemlerden karşılamayı hedeflemektedir (German Solar Industry Association, 2014).

Çizelge 2.1 : Almanya'daki fotovoltaik sektörünün 2013 yılı sonu itibariyle durumu.

2013 yılı göstergeleri	Birim
Yeni kurulan PV sistem kapasitesi	3300 MWp
Toplam kurulan PV sistem kapasitesi	35700 MWp
PV sistemler tarafından üretilen elektrik miktarı	29700 GWsaat
Kurulan PV sistemlerin toplam sayısı	1,4 milyon
PV sistemlerin elektrik üretimindeki payı	%5

Almaya'da 2000 yılından 2013 yılına kadar her yıl yeni kurulan fotovoltaik sistem kapasitesi Şekil 2.3 ile verilmiştir (German Solar Industry Association, 2014). En fazla kurulumun 2010, 2011 ve 2012 yıllarında olduğu görülmektedir.



Şekil 2.3 : 2000 yılından 2013 yılına kadar her yıl yeni kurulan fotovoltaik sistem kapasitesi.

Alman Güneş Endüstrisi Birliği tarafından hazırlanan raporda 2013 yılında, 8,5 milyon evin yıllık elektrik ihtiyacı güneş enerjisinden karşılanmıştır. 2006 yılında PV sistem maliyetleri kWp başına 5100 euro civarındayken, 2014 yılı başlarında maliyetin 1640 euroya kadar düştüğü tespit edilmiştir (German Solar Industry Association, 2014).

2.2 İspanya Fotovoltaik Sistem Uygulamaları

İspanya’da fotovoltaik endüstrisi genel olarak orta ve büyük ölçekli zemine monte edilen sistemlerden oluşmaktadır. İspanya’da 2007 yılına kadar yıllık ortalama kurulum kapasitesi 100 MW’ı geçmemiştir (International Energy Agency, 2014a). 2007 yılı PV endüstrisi için altın yıl olarak görülse de, İspanya’da mevzuata bağlı düzenlemeler yatırımcıların beklentilerini karşılayamamış ve 2008 yılı sonunda PV sektöründeki gelişmeler yavaşlamıştır.

2013 yılında İspanya’da toplam kurulu fotovoltaik sistem kapasitesi 4.640 MW’a ulaşmıştır. Ancak, 2013 yılında sadece 102 MW kapasitede yeni kurulum gerçekleşmiştir. İspanya’da şebekeye bağlı ve şebekeye bağlı olmayan PV sistemlerin 2013 yılı içindeki dağılımı Çizelge 2.2 ile verilmiştir (International Energy Agency, 2014a).

Çizelge 2.2 : 2013 yılında yeni kurulan fotovoltaik sistemlerin dağılımı.

Fotovoltaik sistem		2013 yılında yeni kurulum kapasitesi
Şebekeye bağlı sistemler	Binaya daha sonradan entegre edilen sistemler	33 MW
	Binaya en baştan entegre edilen sistemler	2 MW
Şebekeye bağlı olmayan sistemler	Zemine monte	67 MW
		-
Toplam		102 MW

2013 yılında İspanya’da şebekeye bağlı olmayan PV sistem kurulumu olmamıştır. Aynı yılda yeni kurulan sistemlerin yüzde 65’inden fazlasını zemine monte şebekeye bağlı sistemler oluşturmuştur.İspanya’daki 2012 ve 2013 yıllarına ait fotovoltaik sektör göstergeleri Çizelge 2.3 ile verilmiştir (International Energy Agency, 2014a). 2013 yılında, PV sistem gelişiminin geçmiş seneye oranla düştüğü görülmektedir.

Çizelge 2.3 : İspanya’daki fotovoltaik sektörü 2012 ve 2013 yılı göstergeleri.

Göstergeler	2012 yılı	2013 yılı
PV sistemler tarafından üretilen elektrik miktarı	8.397 GWsaat	8.171 GWsaat
PV sistemlerin elektrik üretimindeki payı	% 3,07	% 2,88
Şebekeye bağlı birikmiş kurulu PV sistem kapasitesi	88 MW	93 MW
Şebekeye bağlı olmayan birikmiş kurulu PV sistem kapasitesi	4.450 MW	4.547 MW

2.3 Fransa Fotovoltaik Sistem Uygulamaları

1980’li yıllardan beri Fransa fotovoltaik sistem kullanan ülkeler arasına girmiştir. Ülkede ilk zamanlarda elektrik şebekesinin ulaşamadığı (dağ evleri, tarım alanları, çiftlikler, su pompalama yerleri vb.) bölgelerde elektrik üretiminde kullanılan PV sistem, günümüzde devlet elektrik şebekesine elektrik sağlamak için kullanılmaktadır. PV sistem kurulumu 2011 yılından beri azalış göstermektedir. En çok kurulum 1.770 MW ile 2011 yılında gerçekleşirken, 2012 yılında 1.115 MW ve 2013 yılında ise geçmiş yılların yaklaşık yarısı kadar (643,1 MW) yeni kurulum olmuştur. 2013 yılında şebekeye bağlı olmayan PV sistemlerde sadece 0,1 MW’lık kapasite artışı olmuştur. Geriye kalan 643 MW PV sistem şebekeye bağlı sistemlerdir. 2013 yılındaki kurulumların yüzde 61’ini binaya entegre sistemler oluştururken, yüzde 39’unu zemine monte fotovoltaik santraller oluşturmuştur (International Energy Agency, 2014b). Fransa’daki PV sektörünün 2013 yılı sonu itibariyle durumu Çizelge 2.4 ile verilmiştir.

Çizelge 2.4 : Fransa'daki fotovoltaik sektörünün 2013 yılı sonu itibariyle durumu.

2013 yılı göstergeleri	Birim
Şebekeye bağlı birikmiş (2013 yılı sonu) kurulu PV sistem kapasitesi	4.703 MW
2013 yılı PV sistem elektrik üretimi	4,6 TWsaat
2013 yılında üretilen elektrik miktarında PV sistem payı	% 1
2013 yılında şebekeye bağlı PV sistem sayısı	33.344 adet
Şebekeye bağlı PV sistem sayısı toplamı (2013 yılı sonu)	318.924 adet
Kümülatif elektrik üretiminde PV sistem payı (2013 yılı sonu)	% 3,4

2013 yılında Fransa'da şebekeye bağlı olarak yeni kurulan PV sistemlerin kurulum sayısı ve kapasitesinin dağılımı Çizelge 2.5 ile verilmiştir (International Energy Agency, 2014b).

Çizelge 2.5 : 2013 yılı şebekeye bağlı kurulan PV kapasitesi.

Güç aralığı	Kurulum Sayısı	Kurulum Kapasitesi
0-3 kW	% 57,1	% 8,4
3 kW - 9 kW	% 31,6	% 10,3
9 kW - 36 kW	% 4,9	% 6,4
36 kW - 100 kW	% 5,9	% 26
100 kW - 250 kW	% 0,3	% 2,3
> 250 kW	% 0,2	% 46,8
Toplam	% 100 (33.334 adet)	% 100 (643 MW)

Fransa'da güç aralığı düşük olan PV sistemlerin kurulum sayısı toplam sayının yarısından fazlasını (% 57,1) oluştursa da, 2013 yılı kurulu kapasitenin yüzde 8,4'ünü oluşturmaktadır. Tam tersi olarak 250 kW üzeri PV sistemlerin kurulum sayısı toplamın yüzde 1'i (% 0,2) bile değilken, 2013 yılı kurulu kapasitesinin yaklaşık yarısını (% 46,8) oluşturmaktadır.

2.4 İtalya Fotovoltaik Sistem Uygulamaları

1992 yılından beri İtalya'da fotovoltaik market hareketlenmiştir. 2013 yılında yeni kurulan PV sistem kapasitesi 1619,7 MW olarak gerçekleşmiştir (International Energy Agency, 2014c). Şebekeye bağlı ve şebekeye bağlı olmayan PV sistemlerin 2013 yılı içindeki dağılımı Çizelge 2.6 ile verilmiştir.

Çizelge 2.6 : 2013 yılında yeni kurulan fotovoltaik sistemlerin dağılımı.

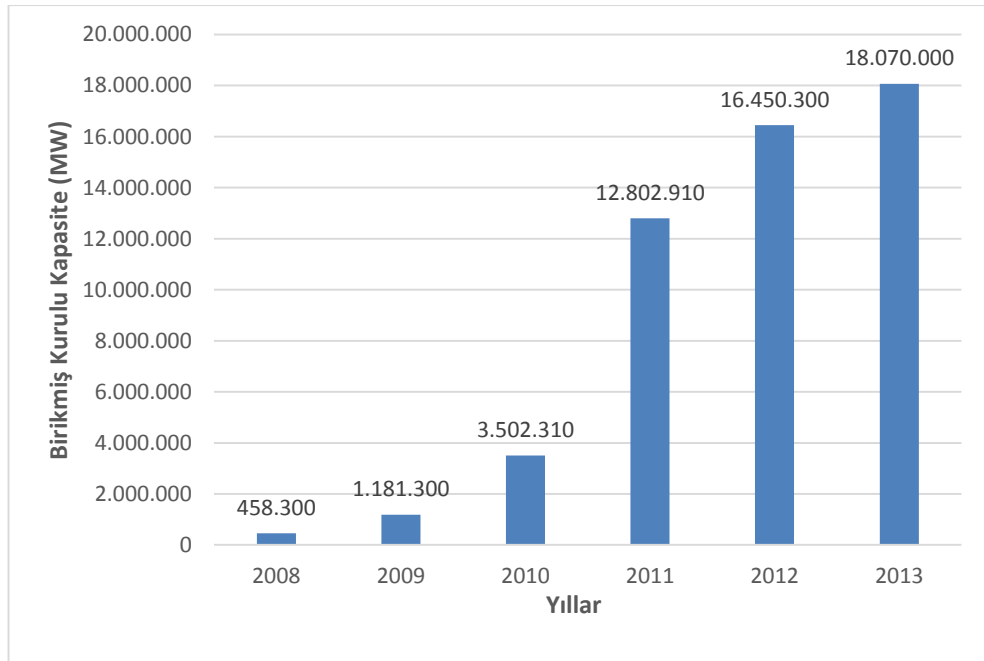
Fotovoltaik sistem		2013 yılında yeni kurulum kapasitesi
Şebekeye bağlı sistemler	Binaya daha sonradan entegre edilen sistemler	598,2 MW
	Binaya en baştan entegre edilen sistemler	241,5 MW
Şebekeye bağlı olmayan sistemler	Zemine monte	779 MW
	1 MW	1 MW
	Toplam	1619,7 MW

İtalya'daki fotovoltaik sektörünün 2012 ve 2013 yılı göstergeleri Çizelge 2.7 ile verilmiştir (International Energy Agency, 2014c). 2012 yılına göre, PV sistem elektrik üretimi ve toplam elektrik üretimindeki PV sistem payı 2013 yılında artmıştır.

Çizelge 2.7 : İtalya'daki fotovoltaik sektörünün 2013 yılı sonu itibariyle durumu.

Göstergeler	2012	2013
2013 yılı PV sistem elektrik üretimi (MWsaat)	18.631	21.600
2013 yılında üretilen elektrik miktarında PV sistem payı	% 5,6	% 7

İtalya'da 2008 yılından 2013 yılı sonuna kadar birikmiş kurulu PV sistem kapasitesi Şekil 2.4 ile verilmiştir (International Energy Agency, 2014c). En fazla kurulumun 2011 yılında gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 2.4 : 2008 yılından 2013 yılı sonuna kadar birikmiş kurulu fotovoltaik sistem kapasitesi.

3. AVRUPA ÜLKELERİ FOTOVOLTAİK SİSTEM TEŞVİK MEKANİZMALARI

Yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin kullanılabilir kapasiteye dönüştürülebilmesi için gelişmiş ve gelişmekte olan tüm ülkeler teşvik mekanizmaları oluşturmaktadır. Yenilenebilir kaynaklara yatırımın artırılması açısından teşvik mekanizmaları, uygulanan mevzuat ve politikalar önem taşımakta ve sektörün yönünü çizmektedir.

2009 yılında, Avrupa Birliği (AB) yayımladığı 2009/28/EC Direktifi ile AB üyesi olan ülkelere yenilenebilir enerji kaynaklarından (YEK) enerji elde edilmesi için zorunlu hedefler belirlemiştir. Bu Direktif ile 2020 yılına kadar Avrupa'daki toplam enerji üretiminin %20'sinin YEK'ten karşılanması hedeflenmiştir (The European Parliament and of the Council, 2009). Bu hedefe ulaşılabilmesi için ülkeler YEK teşvik politikası geliştirmeye ve bu kaynakların enerji verimliliğinin artırılması yönelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artıracak yatırımlara yönelim, sürdürülebilir bir ekonomi için ulusal ve uluslararası stratejik kararları ile bir bütün oluşturmaktadır.

Dünya çapında, hükümetlerin yenilenebilir enerjiye verdikleri destek 2007 yılında 41 milyar dolar ve 2008 yılında 44 milyar dolar iken, 2009 yılında 57 milyar dolar seviyelerine çıkmıştır. Yenilenebilir enerjiye verilen desteğin 2015 yılında 115 milyar dolar civarında olacağı tahmin edilmektedir.

Yenilenebilir enerji uygulamalarını geliştirmek için sabit fiyat garantisi (Feed-in-Tariff), kota uygulamasına dayalı yeşil sertifika, prim garantisi, ihale ve yatırım teşvikleri, vergi muafiyetleri ve indirimler Avrupa birliği üyeleri tarafından yenilenebilir enerji kullanım alanını arttırmak amacıyla uygulanan teşvik mekanizmalarıdır.

Sabit fiyat garantisi, yenilenebilir enerji üreticilerinin ürettikleri enerjiyi şebekeye devlet tarafından belirlenmiş sabit bir fiyattan satabilmesini sağlamaktadır. Sabit fiyat garantisi teşvik mekanizması, 2013 yılı sonu itibari ile Almanya, İspanya ve

Danimarka'nın da içlerinde olduğu 98 ülkede uygulanmaktadır (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2014).

Kota uygulamasına dayalı yeşil sertifika (the quotas of negotiable green certificates) teşvikleri, elektrik üretiminin, satışının ya da tüketiminin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması gereken kotanın belirlenmesine dayanmaktadır. Belirlenen kotanın gerçekleştirildiği, resmi bir belge olan yeşil sertifikanın alınması ile ispat edilmektedir. Yeşil sertifikalar alınıp satılabilmektedir. Bu durum, kotasını aşan tarafların kotasını dolduramayan tarafa sertifikasını satarak ek gelir sağlamasına fırsat yaratmaktadır. Avustralya, İngiltere, İtalya ve İsveç bu teşvik mekanizmasını uygulayan ülkeler arasındadır (Deloitte, 2011).

Prim garantisi teşvik mekanizması, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin devlet tarafından satın alınırken piyasa fiyatına bağlı olarak bir miktar prim eklenerek üreticiye ödeme yapılmasına dayanmaktadır. Bu mekanizmada sabit prim, alt-üst sınır içeren değişken prim ve piyasa fiyatına entegre sabit prim olmak üzere 3 farklı yaklaşım uygulanabilmektedir (Deloitte, 2011).

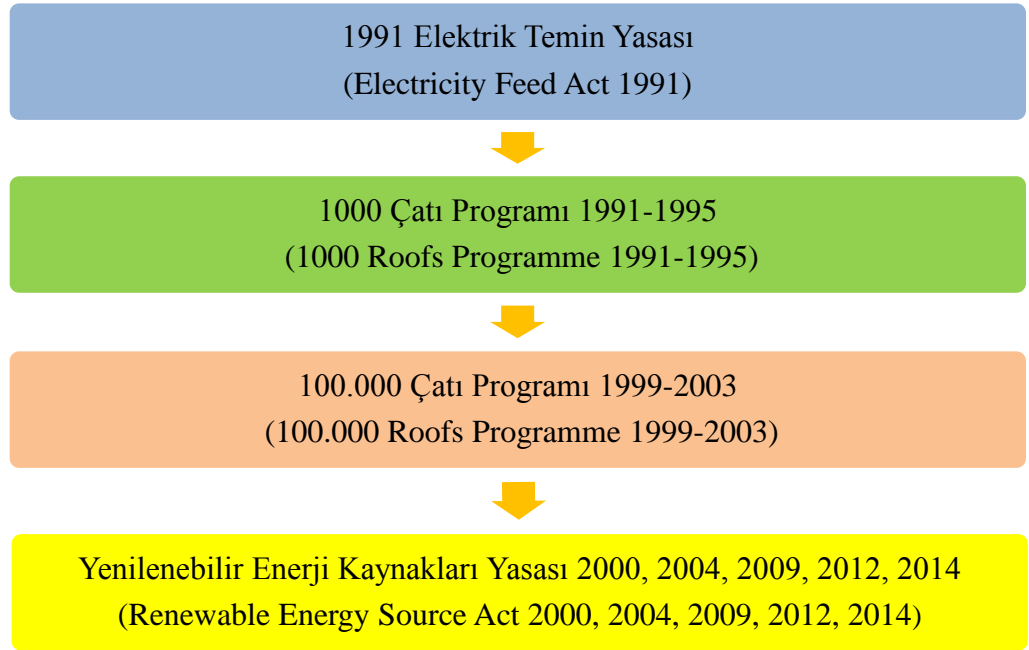
Yatırım teşvikleri, yatırım bedelinin belirli bir kısmının devlet tarafından karşılanmasını ya da düşük faizli kredi olanaklarını kapsamaktadır. İhale yöntemi ile teşvik ise, hükümetin yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi için belli bir oranda pazar (market) sağlayarak ve bu pazarda üretilen tüm enerjinin, dağıtım firmaları tarafından satın alınma garantisi verilmesine dayanmaktadır. İtalya ve İsveç'te uygulanan bu yöntem rekabetçi ortamın oluşmasını sağlayarak projenin kalitesinin artmasında etkin rol oynamaktadır. Yenilenebilir enerji sektörü yatırımcılarına, vergi indirimini ya da muafiyeti uygulama diğer bir teşvik mekanizmasıdır. Böylece sektörün yatırımcı için cazip hale gelmesi hedeflenmektedir (Deloitte, 2011).

Aşağıdaki bölümlerde lider konumdaki Avrupa ülkelerinde fotovoltaik sistem politikaları ve teşvikler incelenmiştir.

3.1 Almanya Fotovoltaik Sistem Teşvik Mekanizmaları

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı dikkate alındığında Almanya dünyada rol model ülke konumundadır. Almanya'nın yenilenebilir enerji sektöründeki başarısı, ülkedeki yasal ve siyasal çerçevenin yenilenebilir enerji politikalarının gelişmesine öncülük etmesinden kaynaklanmıştır. Alman hükümeti 1979 yılında Ulusal Rekabet

Kanunu yayımlayarak elektrik dağıtım şirketlerini yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriği satın almaya yönlendirmiştir (Mariz-Pérez ve García-Alvarez, 2012). Almanya’da fotovoltaik sektörünü etkileyen politikalar ve programların tarihsel gelişimi Şekil 3.1 ile verilmiştir (Alman Uluslararası İşbirliği Kurumu (GIZ), 2012). 1991 yılında yayımlanan Elektrik Temin Yasası ile Almanya’da yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriğin şebekeye verilebilmesi sağlanmıştır. Bu yasa ile kamu elektrik şebekesine verilecek güneş enerjisinden üretilen elektrik için sabit fiyat garantisi, hükümet tarafından her yıl belirlenen birim elektrik fiyatının %90’ı olmuştur (Electricity Feed-In Law 1991). 1991 yılı için sabit satış fiyatı garantisi 8,5 euro cent/kWh olmuştur (Mariz-Pérez ve García-Alvarez, 2012). Sabit fiyat garantisinin her yıl değişiklik göstermesi ve PV sistemden üretilen elektrik maliyetinden çok düşük olması yatırımcılar için elverişli ortam oluşturamamıştır.



Şekil 3.1 : Almanya’da fotovoltaik sektörünü etkileyen politikalar ve programlar.

1991-1995 yılları arasında Almanya 1000 çatı üzerine fotovoltaik sistem uygulama programını başlatmıştır. Bu program ile 1 - 5 kW kapasite arasında değişen çatı üstü fotovoltaik sistem yatırım bedelinin %70’i karşılanarak 5 yıllık periyotta en az 1000 adet çatı üstü uygulamasının desteklenmesi hedeflenmiştir. Programın uygulandığı periyotta hedefin yaklaşık 2 katı kadar (1932 adet) çatı üstü uygulaması hayata geçirilmiştir (Alman Uluslararası İşbirliği Kurumu (GIZ), 2012).

1000 çatı programı genişletilerek, 1999 yılında 100,000 Çatı Programı uygulanmıştır. Bu program ile hedef, 1999-2003 yılları arasında PV kapasitesinin 300 MW arttırılması olarak belirlenmiştir. Bu program ile 5 kW altında kapasitesi olan PV sistemler için 6750 Euro/kW ve 5 kW ve üzerinde kapasitesi olan PV sistemler için 3,375 Euro/kW kredi alınması sağlanmıştır. Alınan kredilerin geri ödeme süresi 10 yıl olarak belirlenmiştir. Program sonucunda 261 MW PV sistem kapasite artışı gerçekleşmiştir (International Energy Agency, 2012).

2000 yılında kabul edilen 2004, 2009, 2012 ve 2014 yılında tekrar düzenlenen Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yasası (YEKY) ile Almanya'da yenilenebilir enerji üreticilerine ürettikleri elektriği şebekeye 20 yıl boyunca sabit bir tarifeden satabilme olanağı sağlanmıştır (Campoccia ve diğerleri, 2014). YEKY ile sağlanan sabit fiyat garantisi teşvikleri (Feed-in-Tariff), PV sistemin büyüklüğüne ve zemine monte ya da binaya monte edilmesine göre değişiklik göstermektedir.

Almanya'da 2001 yılından 2013 yılına kadar 10 kW kapasitesinden küçük çatı üstü PV sistemler için uygulanan sabit fiyat garantisi ile verilmiştir (International Energy Agency, 2014e). 2001 yılından 2013 yılına kadar sabit fiyat garantisi teşviklerinde azalış Çizelge 3.1 ile görülmektedir.

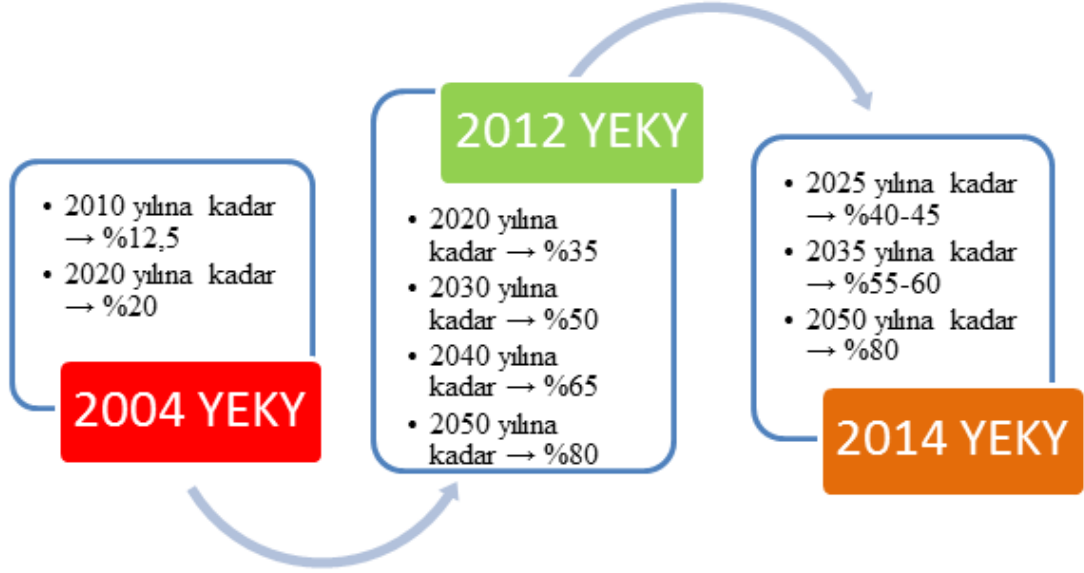
Çizelge 3.1 : 2001 yılından 2013 yılına kadar çatı üstü PV sistemler için (< 10kW) uygulanan sabit fiyat garantisi.

Yıl	Euro cent/kWs
2001	50,6
2002	48,1
2003	45,7
2004	57,4
2005	54,5
2006	51,8
2007	49,2
2008	46,75
2009	43,01
2010	39,14
2011	28,74
2012	24,43
2013	17,02

Fotovoltaik sistem yatırımlarında beklenmeyen artış nedeniyle Almaya Hükümeti 2009 yılında tekrar düzenlediği Yenilenebilir Enerji Yasası ile fotovoltaik sistemler

için verdiği şebeke satış tarifelerini kademeli olarak aylara bölerek her yıl %1 oranında düşürme politikası izlemiştir (Campoccia ve diğerleri, 2014).

Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yasası'nda 2004, 2012 ve 2014 yılında yapılan değişikliklerde, toplam enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerji kaynakları payı için hedefler belirlenmiştir (Şekil 3.2).



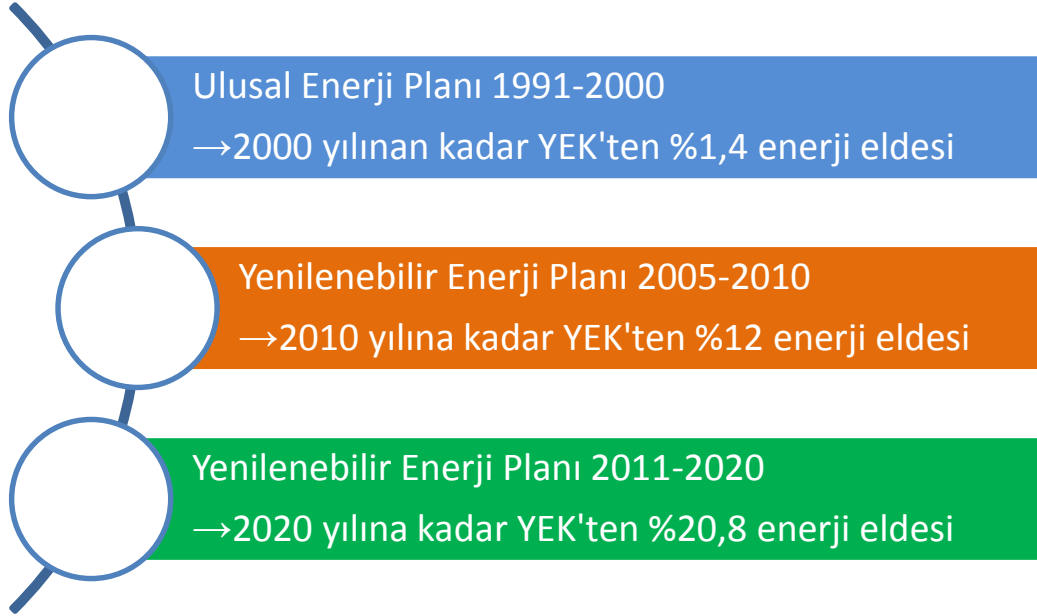
Şekil 3.2 : Almanya 2004, 2012 ve 2014 yenilenebilir enerji kaynakları yasası ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerji için belirlenen hedefler.

2004 YEKY ile Almanya 2020 yılına kadar toplam enerji tüketiminin %20'sini (Renewable Energy Sources Act, 2004), 2012 ve 2014 YEKY ile ise 2050 yılına kadar toplam enerji tüketiminin %80'ni yenilenebilir enerji kaynaklarından üretmeyi hedeflemektedir (Renewable Energy Sources Act, 2012) (Renewable Energy Sources Act, 2014).

3.2 İspanya Fotovoltaik Sistem Teşvik Mekanizmaları

Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim diğer Avrupa ülkelerine göre İspanya'da geç başlamıştır. Fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmak ve yenilenebilir enerji sektörünü canlandırmak için İspanya Hükümeti tarafından yayımlanan enerji planlarının tarihsel gelişimi Şekil 3.3 ile verilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının, toplam enerji tüketimindeki payı 1990 yılında yayımlanan Ulusal Enerji Planı'nda 2000 yılı için %1,4 olarak (1991-2000 National Energy Plan, 1991), 2005 yılında yayımlanan Yenilenebilir Enerji Planı'nda 2010 yılı için %12 olarak (2005-2010

Renewable Energy Plan, 2005) ve 2011 yılında yayımlanan Yenilenebilir Enerji Planı'nda 2020 yılı için %20,8 olarak hedeflenmiştir (2011-2020 Renewable Energy Plan, 2011).



Şekil 3.3 : İspanya enerji planlarında yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerji için belirlenen hedefler.

Enerji planlarında belirtilen hedeflere ulaşılması, sabit fiyat garantisi, yatırım teşvikleri ve vergi muafiyeti ile İspanya'da desteklenmiştir. İspanya'da fotovoltaik sektörünü etkileyen Kraliyet Kararnameleri (Royal Decree) ve Teknik Yapı Yasası tarihsel gelişi Şekil 3.4 ile verilmiştir.



Şekil 3.4 : İspanya'da fotovoltaik sektörünü etkileyen karanemeler ve yasa.

Kraliyet Kararnamesi 436/2004 ve 661/2007 ile yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriğin her yıl belirlenen satış tarifesi üzerinden ya da piyasanın belirlediği tarife

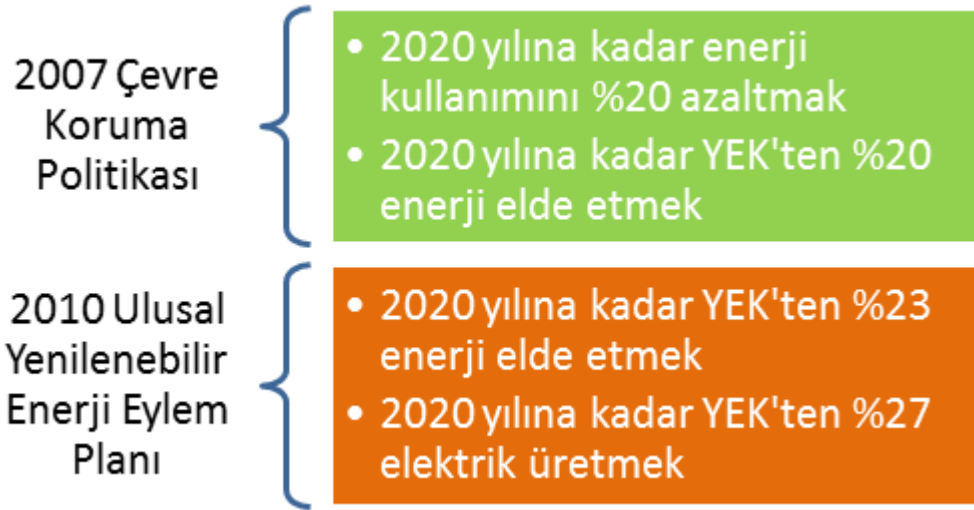
üzerinden şebekeye satılmasına olanak sağlanmıştır (Mariz-Pérez ve García-Alvarez, 2012). Kararnamelerde sabit fiyat garantisinin, 25 yıl boyunca karşılanacağı belirtilmiştir. 2007 yılında yayımlanan Teknik Yapı Yasası ile İspanya’da yeni yapılması planlanan ya da restore edilecek 3000 m² ve daha büyük binalarda fotovoltaik sistem uygulamalarından faydalanılması yasal çerçeve ile zorunlu hale getirilmiştir (Technical Building Code, 2007). Sabit fiyat garantisinin yüksek olması tahmin edilenden çok daha fazla PV sektörünün gelişmesini ve teknolojinin ucuzlamasını sağlamıştır. Hedeflenenden daha fazla PV sektör büyümesi sebebiyle İspanya hükümeti yayımladığı 1578/2008 Kraliyet Kararnamesi ile sabit fiyat garantisi teşvikini düşürmüştür. Kraliyet Kararnameleri ile sağlanan sabit fiyat garantileri Çizelge 3.2 ile verilmiştir (Avirl ve diğerleri, 2012).

Çizelge 3.2 : Kraliyet Kararnameleri sabit fiyat garantisi.

Kraliyet Kararnamesi	Sabit fiyat garantisi
436/2004	Kurulum kapasitesi 100 kW’tan küçük olan PV sistemler - 40 euro cent/kWsaat Kurulum kapasitesi 100 kW’tan büyük olan PV sistemler - 21 euro cent/kWsaat
661/2007	Kurulum kapasitesi 100 kW’tan küçük olan PV sistemler - 44,04 euro cent/kWsaat Kurulum kapasitesi 0,1-10 MW arasında olan PV sistemler - 41,75 euro cent/kWsaat Kurulum kapasitesi 10-50 MW arasında olan PV sistemler - 22,94 euro cent/kWsaat
1578/2008	Kurulum kapasitesi 20 kW’tan küçük olan PV sistemler - 34 euro cent/kWsaat Kurulum kapasitesi 20 kW-2 MW arasında olan PV sistemler - 32 euro cent/kWsaat Kurulum kapasitesi 2-10 MW arasında olan PV sistemler - 32 euro cent/kWsaat

3.3 Fransa Fotovoltaik Sistem Teşvik Mekanizmaları

Kyoto Protokolü’ne taraf olan Fransa, hedeflerine ulaşabilmek için yenilenebilir enerji kaynakları kullanımını arttırmaya yönelik stratejik planlar belirlemiştir. 1992 yılında kurulan Fransa Enerji ve Çevre Yönetimi Ajansı (ADEME) ile, enerji ve çevre politikalarının uygulanmasında ve tanıtılmasında hükümet aktif rol almıştır. Fransa Hükümeti tarafından yayımlanan enerji planlarının tarihsel gelişimi Şekil 3.5 ile verilmiştir.



Şekil 3.5 : Fransa Hükümeti tarafından yayımlanan enerji planları.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının, toplam enerji tüketimindeki payı 2007 yılında yayımlanan Çevre Koruma Politikası'nda (Le Grenelle de L'environnement, 2007) 2020 yılı için %20 olarak hedeflenirken, 2010 yılında yayımlanan Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı'nda aynı yıl için hedef %23 olarak belirlenmiştir (France National Renewable Energy Action Plan, 2010).

Fransa'da uygulanan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin artması için uygulanan teşvikler arasında, sabit fiyat garantisi, ihale ve yatırım teşvikleri, vergi muafiyeti bulunmaktadır. Fransa'da vergi kredisi PV sistemler için %50 olarak uygulanırken, PV sistem kullanan konutlar için vergi muafiyeti %7 olarak belirlenmiştir (Campoccia ve diğerleri, 2009).

2011 yılında 100kW-250 kW (ilk basamak) ve 250 kW (ikinci basamak) üzeri kapasiteli PV sistem inşaatlarının ve işletilmesi kapsamında kamu ihale teşvik mekanizması uygulanmıştır. İlk basamak ihalelerinde 300 MW elektrik üretimi hedeflenirken, ihalesi gerçekleştirilen projelerin toplamında 240 MW elektrik üretim kapasitesi sağlanabilmiştir. İkinci basamak ihalelerinde 450 MW elektrik üretimi hedeflenirken, ihalesi gerçekleştirilen projelerin toplamında 520 MW elektrik üretim kapasitesi sağlanabilmiştir (ADEME, 2013). 2013 yılında uygulamaya açılan yeni ihale teşvik sisteminde, 700 m²-2000 m²'lik alanlara kurulacak çatı üstü uygulamalarının 2015 yılına kadar 120 MW kapasiteye ulaşması hedeflenmiştir.

Fransa'da 2006 yılından itibaren sabit fiyat garantisi teşvik mekanizması uygulanmaktadır. 2013 yılı PV sistemleri için uygulanan 20 yıllık sabit fiyat garantisi Çizelge 3.3 ile verilmiştir (ADEME, 2013).

Çizelge 3.3 : 2013 yılı PV sistemler için uygulanan sabit fiyat garantisi.

PV sistem çeşidi	Kapasite	2013 (İlk Çeyrek)	2013 (Son Çeyrek)
Binaya entegre sistem	≤ 9kW	0,3159 EUR/kWh	0,2910 EUR/kWh
Binaya sonradan entegre edilen sistem	≤ 36KW 36 kW ile 100 kW (dahil) arası	0,1817 EUR/kWh 0,1727 EUR/kWh	0,1454 EUR/kWh 0,1381 EUR/kWh
Diğer sistemler	<12 MW	0,0818 EUR/kWh	0,0755 EUR/kWh

3.4 İtalya Fotovoltaik Sistem Teşvik Mekanizmaları

Yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi İtalya enerji politikalarında öncelikli alanlardan biridir. Orta ve kısa vadeli enerji politikalarında ithal edilen fosil yakıtlara bağımlılığın azaltılması hedeflenmiştir. İtalya Hükümeti tarafından yayımlanan enerji planlarının tarihsel gelişimi Şekil 3.6 ile verilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji elde edilmesi ve elektrik üretim hedefleri 2010 yılında yayımlanan Ulusal Enerji Eylem Planında (Italy National Renewable Energy Action Plan, 2010) 2020 yılına kadar sırasıyla %17 ve %26 olarak belirlenmiştir. Ancak, bu hedefler 2013 yılında yayımlanan İtalya Ulusal Enerji Stratejisi'nde (Italy's National Energy Strategy, 2013) arttırılarak, YEK'ten enerji eldesi %23'e ve elektrik eldesi %34-38 olarak belirlenmiştir.

Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı - 2010

- 2020 yılına kadar YEK'ten %17 enerji elde etmek
- 2020 yılına kadar YEK'ten %26 elektrik üretmek

İtalya Ulusal Enerji Stratejisi 2013

- 2020 yılına kadar YEK'ten %23 enerji elde etmek
- 2020 yılına kadar YEK'ten %34-38 elektrik üretmek

Şekil 3.6 : İtalya Hükümeti tarafından yayımlanan enerji politikaları.

İtalya'da fotovoltaik sistem uygulamalarını teşvik amaçlı uygulanan destek mekanizmaları vergi muafiyeti, vergi indirimi ve sabit fiyat garantisinden

oluşmaktadır. PV sistem yatırım maliyetinin %50'si vergi kredisi olarak uygulanmaktadır (International Energy Agency, 2014c). İtalya'da çatı üstü fotovoltaik sistem uygulamalarını cazip hale getirmek için 2000 yılında 10000 Fotovoltaik Çatı Programı kabul edilmiştir. 1 kW ile 20 kW arası değişen kurulu güçlerde PV sistem yatırım maliyetleri için maksimum %75 oranında olmak üzere 61,9 milyon Euro devlet desteği sağlanarak program başarıyla sonuçlanmıştır (European Commission PV Policy Group, 2006). Ancak, programın kurulum kapasitesi 20 kW üzeri sistemleri kapsamaması, ticari yatırımcılara iş sahası açmamıştır.

Sabit fiyat garantisi teşvikleri 2005 yılından itibaren İtalya'da yayımlanan Bakanlık Kararnameleri ile 20 yıllık periyotları kapsayacak şekilde uygulanmaya başlanmıştır. İtalya'da fotovoltaik sektörünü etkileyen kararname Şekil 3.7 ile verilmiştir.



Şekil 3.7 : İtalya'da fotovoltaik sektörünü etkileyen kararname.

2005 yılından itibaren yayımlanan Bakanlık Kararnamesi (Decree of the Ministry for Productive Activities) ile İtalya Hükümeti, sabit fiyat garantisi ve şebekeye verilen elektriğin faturadan düşürülmesi (net metering) teşviklerini birleştirerek 20 kW kapasiteli PV sistem uygulamalarını cazip hale getirmiştir (Campoccia ve diğerleri, 2009). 2007 yılında yayımlanan Bakanlık Kararnamesi ile sabit fiyat garantisi PV sistemin zemine monte, binaya entegre ya da binaya kısmen entegre edilmiş çeşidine göre farklılık göstermiştir. Bu kararname ile 2008 yılı sonrasında sabit fiyat garantisi

teşviklerinin her yıl %2 oranında düşürülmesi kararı alınmıştır (Dusonchet and Telaretti, 2010). 2012 yılı Bakanlık Kararnamesi ile 1 kW ile 5000 kW arası ve 5000kW'tan daha büyük kapasiteli PV sistemler için sabit fiyat garantisi sağlamıştır. İtalya'da 2013 yılında uygulanan sabit fiyat garantisi miktarı ve buna ek olarak ürettiği elektriği kendi ihtiyacı için kullanan yatırımcılara sağlanan teşvikler Çizelge 3.4 ile verilmiştir (Campoccia ve diğerleri, 2014).

Çizelge 3.4 : 2013 yılında uygulanan sabit fiyat garantisi miktarları ve şahsi kullanım için üretim teşvikleri.

PV sistem kurulu gücü (kW)	Binaya entegre PV sistemler		Diğer PV sistemler	
	Sabit fiyat garantisi	Şahsi kullanım teşviği*	Sabit fiyat garantisi	Şahsi kullanım teşviği*
1 kW -3 kW	0,182 EUR/kWh	0,100 EUR/kWh	0,176 EUR/kWh	0,094 EUR/kWh
3,01-20 kW	0,171 EUR/kWh	0,089 EUR/kWh	0,165 EUR/kWh	0,083 EUR/kWh
20,01 kW -200 kW	0,157 EUR/kWh	0,075 EUR/kWh	0,151 EUR/kWh	0,069 EUR/kWh
200,01 kW -1000	0,130 EUR/kWh	0,048 EUR/kWh	0,124 EUR/kWh	0,042 EUR/kWh
1000,01 kW -5000 kW	0,118 EUR/kWh	0,036 EUR/kWh	0,113 EUR/kWh	0,031 EUR/kWh
> 5000 kW	0,112 EUR/kWh	0,030 EUR/kWh	0,106 EUR/kWh	0,024 EUR/kWh

*Premium for personel consumption

PV sistem kurulu gücü arttıkça sabit fiyat garantisi teşviğinin düştüğü görülmektedir.

4. TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ POLİTİKALARI VE FOTOVOLTAİK SİSTEMLER

Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Türkiye, artan enerji ihtiyacını karşılamada, dışa bağımlılığını azaltmak amacıyla mevcut doğal kaynak kullanımını arttırma politikası yürütmektedir. Yürütülen enerji politikalarının temeli, yenilenebilir enerji kaynaklarının en yüksek oranda kullanılarak çevresel etkilerin en aza indirilmesini sağlamaya dayanmaktadır. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi tarafından yayımlanan enerji raporunda 2011 yılı sonu itibariyle birincil enerji arzının %12’lik kısmı yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. Bu durum Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin değerlendirilememiş olduğunu göstermektedir.

4.1 Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Politikası

Enerji arz güvenliğinin sağlamak amacıyla kaynak çeşitliliğini arttırmak Türkiye enerji politikalarında öncelikli alanlardandır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının arttırılması, Türkiye’nin enerji kapsamındaki stratejik hedeflerindedir. AB üyesi ülkelerde ulusal yenilenebilir enerji politikası hazırlama zorunluğu mevcutken, Türkiye’nin böyle bir zorunluluğu bulunmamaktadır. Ancak, bu kapsamda, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) ve Başbakanlığa bağlı Yüksek Planlama Kurumu tarafından yayımlanan strateji ve eylem planları bulunmaktadır.

2009 yılında Başbakanlığa bağlı Yüksek Planlama Kurumu, Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi yayımlayarak yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilecek enerjinin 2023 yılına kadar %30’a çıkarılması planlanmıştır. Ayrıca, güneş enerjisinden elektrik üretiminin yaygınlaştırılması ve mevcut güneş potansiyelinden azami ölçüde faydalanılması hedeflenmiştir (Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Stratejisi Belgesi, 2009).

ETKB ve ÇŞB 2010 yılında yayımladıkları belgelerde, 2023 yılı için belirlenmiş yenilenebilir kaynaklı elektrik üretimi hedefini sabit bırakmıştır. ETKB Stratejik Planı 2010-2014'te, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı için teknoloji geliştirme çalışmalarının yapılması hedeflenmiştir (ETKB 2010-2014 Stratejik Planı, 2010). 2010-2020 dönemlerini kapsayan ÇŞB İklim Değişikliği Stratejisi, güneş enerjisinden elektrik üretiminin teşvik edilmesi uzun vadede gerçekleştirilmek istenen hedefler arasındadır (Türkiye 2010-2020 İklim Değişikliği Stratejisi, 2010). 2011-2023 dönemi için ÇŞB tarafından 2011 yılında yayımlanan İklim Değişikliği Eylem Planı ile 2017 yılına kadar yeni binalarda enerji tüketiminin %20'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması planlanmıştır. Buna ek olarak, güneş enerjisi kullanımını arttırabilmek amacıyla fayda-maliyet analizlerini içeren yol haritasının hazırlanması ve 500 kW'ın altında kurulu güce sahip güneşten elektrik üreten tesisler için teşviklerin sağlanması eylem planına dahil edilmiştir (ÇŞB 2011-2023 İklim Değişikliği Eylem Planı, 2011). Türkiye'deki enerji politikası kapsamında yayımlanan strateji belgeleri ve planlar Şekil 4.1 ile özetlenmiştir.



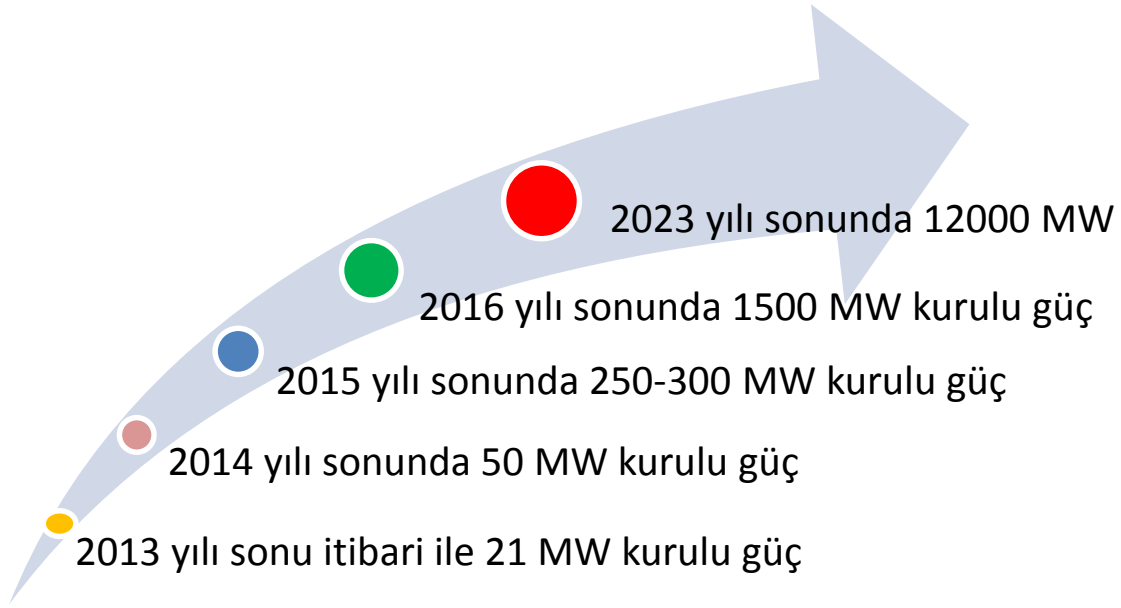
Şekil 4.1 : Türkiye enerji konulu strateji ve eylem planlarının tarihsel gelişimi.

4.2 Fotovoltaik Sistem Uygulamaları

Güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan Türkiye'nin ortalama yıllık güneşlenme süresi 2738 saat alındığında, ekonomik açıdan uygulanabilir fotovoltaik sistem gücü 450-500 GW olarak tahmin edilmektedir (Güneş Enerjisi Sanayicileri ve Endüstrisi Derneği, 2013). Türkiye sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeline rağmen altyapı ve mevzuat çalışmalarında karşılaşılan yetersizlikler sebebiyle, özellikle güneş enerjisi yatırımlarında diğer Avrupa ülkelerinden geride kalmıştır. Uluslar arası bir konferans olan Solar TR 2014'ün yürütme kurulu başkanı Prof. Dr. Günnur Koçar, "Türkiye'nin bir güneş ülkesi olmasına rağmen, Karadeniz Bölgesi'nden bile daha az güneş alan Almanya ve Avrupa'nın kuzey ülkelerinde güneş enerjisinin kurulu gücünün Türkiye'den çok fazladır." ifadesini kullanmıştır (SOLAR TR Uluslararası Konferansı, 2014).

Türkiye'de 2013 yılı sonu itibari ile, toplam elektrik üretiminin %30,6'sı yenilenebilir enerji kaynaklarından (hidroelektrik santrallerde dahil edilmiştir) sağlanmıştır (Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ), 2013). Ancak, fotovoltaik sistemlerden sağlanan elektrik üretimi bu oranın %0,1'lik kısmında yer almaktadır. Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistem uygulaması, diğer Avrupa ülkelerine göre Türkiye'de yaklaşık on yıl ara ile gerçekleşmiştir. İlk defa 1998 yılında Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından Didim İli'nde 4,8 kW kapasiteli şebeke bağlantılı PV sistem uygulaması hayata geçirilmiştir (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2012).

Türkiye'de fotovoltaik sistemler, elektrik şebekesinin ulaşamadığı kırsal bölgelerde, telekomünikasyon sistemlerinde, park-bahçe aydınlatmalarında, trafik ikaz tabelalarında ve ışıklarında kullanılmaktadır. Uluslararası Güneş Topluluğu Türkiye bölümü (GÜNDER) Başkan Yardımcısı Osman Özberk, Türkiye PV sistem kurulu gücü mevcut durum değerlendirmesi ve gelecek yıllara dair öngörülerini Şekil 4.2 ile vermiştir (GÜNDER, 2014). 29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı YEK Kanunu ile lisanslı elektrik üretimi için 2013 yılı sonuna kadar toplamda 600 MW kurulu gücü aşmama sınırı getirilmiştir. 2013 yılı sonunda 21 MW kurulu güce ulaşılmıştır. Ancak, gelecek yıllarda Türkiye'de lisanslı fotovoltaik sistem uygulamalarının hızla artacağını öngörmüştür.



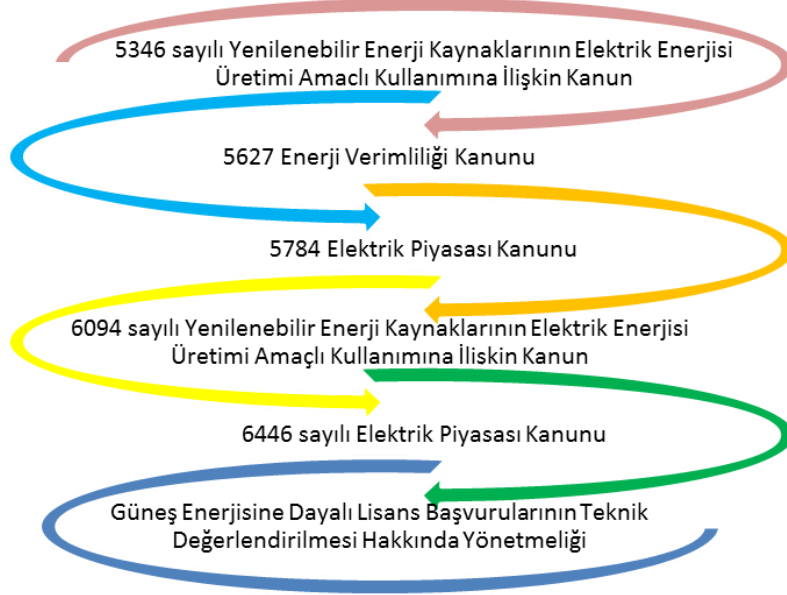
Şekil 4.2 : Türkiye PV sistem kurulu gücü mevcut durumu ve gelecek yıl öngörülürü.

6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu Madde ile kurulu gücü 1000 KW altında olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri için lisans alma zorunluluğu kaldırılmıştır. Lisansız Elektrik Üretimi Derneği (Lİ-DER) tarafından yapılan istatistik çalışmalarına göre Eylül 2014’de kadar 1184 adet güneşten elektrik üretimine dair lisans gerektirmeyen başvuru olumlu sonuçlanmıştır. Olumlu başvuruların toplam kurulu gücü 756,554 kW’a ulaşmıştır (Li-DER, 2014).

4.3 Türkiye’de Mevzuat ve Fotovoltaik Sistem Teşvik Mekanizmaları

Türkiye’de elektrik üretiminde yenilenebilir enerji payını arttırmak için ilk yasal düzenleme Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunu tarafından 2002 yılında yayımlanan Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği’dir. Bu yönetmelik ile elektrik piyasasında faaliyet gösteren ya da gösterecek olan tüzel kişilere lisans alma zorunluluğu getirilmiştir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanan elektrik üretim tesisleri için, lisans alma ücretinin sadece %1’nin tahsil edilmesi, yeni kurulacak tesislerde ilk sekiz yıl boyunca yıllık lisans bedelinin ödenmemesi, şebeke bağlantı yapılırken öncelik tanınması gibi özendirici ve teşvik edici maddeler yönetmelikte belirtilmiştir (Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği, 2002). Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretim lisansına sahip tüzel kişilere, iç piyasada ve uluslararası piyasalarda ürettikleri elektriğin alım satım faaliyetlerinde kaynak türünün belirlenmesi ve takibi amacıyla 2005 yılında Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu tarafından Yenilenebilir Enerji Kaynakları Belgesi alma yükümlülüğü getirilmiştir

(Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi Verilmesine İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik, 2005). YEK belgesine sahip tüzel kişilerin yararlanacağı teşvik mekanizmalarını içeren yasal dayanaklar Şekil 4.3 ile verilmiştir.



Şekil 4.3 : Türkiye’de teşvik mekanizmalarını içeren yasal dayanaklar.

10/05/2005 tarihli ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun’u ile Türkiye’de ilk defa sabit fiyat garantisi teşviği ve YEK’ten elektrik üretimine özel indirimler uygulamaya alınmıştır. Sabit fiyat garantisi miktarının her yıl EPDK tarafından belirlenen bir önceki yıla ait Türkiye ortalama elektrik toptan satış fiyatı olmasına ve yatırım döneminde devlete ait arazilerin kullanımına dair izin, kira, irtifak hakkı bedellerine yüzde elli indirim uygulanması kararı alınmış ve orman arazilerinde ORKÖY ve Ağaçlandırma Özel Ödenek Gelirlerinden muafiyet sağlanmıştır. Bu kanun kapsamında, maksimum 7 yıl geçerli olan sabit fiyat garantisi, Bakanlar Kurulu tarafından her yıl en fazla %20 oranında arttırılabilmektedir (5346 sayılı YEK Kanunu, 2005). ETKB tarafından yayımlanan Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğünü tarafından yürütülen 18/04/2007 tarihli ve 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ile sabit fiyat garantisinin, 5 Euro cent/kWsaat ile 5,5 Euro cent/kWsaat aralığında olacak şekilde her yıl EPDK tarafından belirlenmesi kararı alınmıştır. 10 yıl süre ile sabit fiyat garantisinden yararlanacak YEK’ten üretim yapan tesislerin ilk 10 yılında enerji nakil hatları kullanımına dair izin, kira ve irtifak hakkı bedelinin %15’inin tahsil edilmesi karara bağlanmıştır. Buna ek olarak, kurulu gücü 200 KW ve altındaki YEK’e dayalı tesisler ürettikleri enerjiyi sadece kendi ihtiyaçları için kullanması durumunda lisans alma

yükümlülüğünden muaf tutulmuştur (5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu, 2007). 09/07/2008 tarihli 5784 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile YEK'e dayalı tesisler için lisans alma muafiyet kapsamı kurulu güç sınırı arttırılarak 500 kW'a çıkarılmıştır. 29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun ile 10 yıl süre geçerli olan sabit fiyat garantisi arttırılmış ve yenilenebilir enerji kaynağı çeşidine göre farklı tariflerin uygulanması kararı alınmıştır. Aynı kanun ile yerli ürün kullanılması durumunda 5 yıl süreli ek teşvikler sağlanmıştır. Buna ek olarak, şebekeye bağlanacak YEK belgesine sahip güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinin 2013 yılı sonuna kadar toplamda 600 MW kurulu gücü aşmama sınırı getirilmiştir. 6094 sayılı YEK kanunu kapsamında sağlanan teşvikler Çizelge 4.1 ile özetlenmiştir. Kanunda belirtilen mekanik ve/veya elektro-mekanik aksamın yurt içinde imalat edilmesi ve şebekeye satışın gerçekleştiği durumda maksimum alınacak teşvik 20 \$ cent/kWsaat'tir.

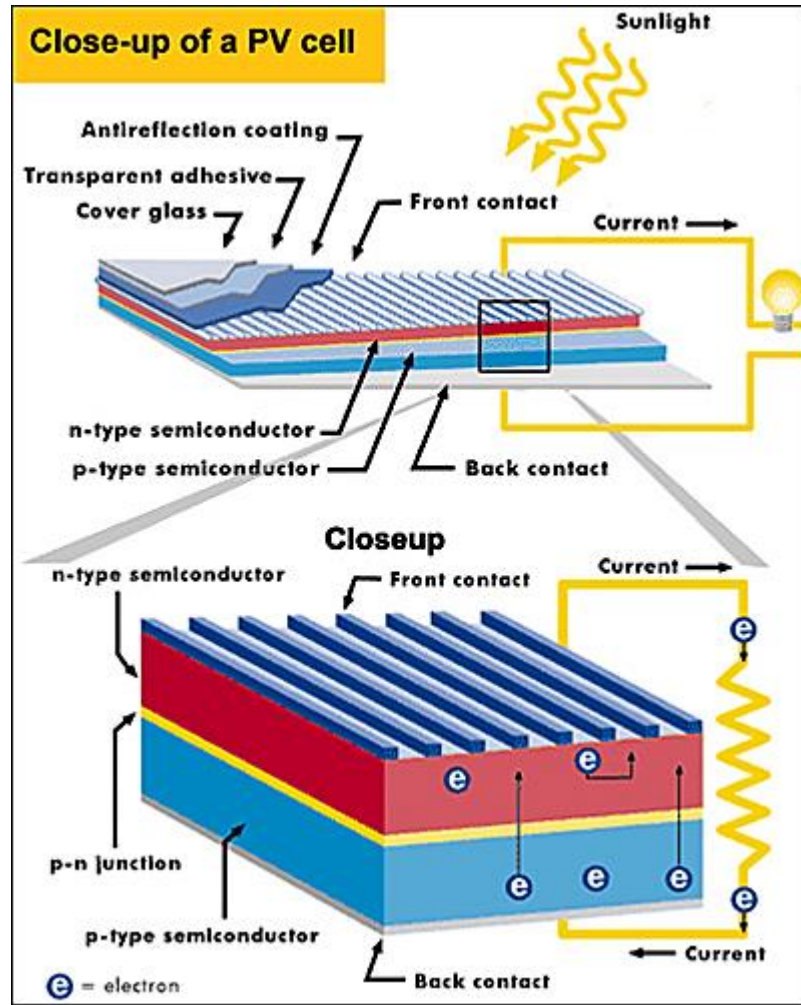
Çizelge 4.1 : 6094 sayılı YEK kanunu kapsamında sağlanan teşvikler.

	Teşvikler	Detaylar	Süre
Yurt içi İmalatı Yapılması Durumunda	Güneş enerjisine dayalı üretim tesisleri sabit fiyat garantisi	13,3 \$ cent/kWsaat	10 yıl boyunca
	PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,8 \$ cent/kWsaat	
	PV modülleri	1,3 \$ cent/kWsaat	5 yıl boyunca
	PV modülünü oluşturan hücreler	3,5 \$ cent/kWsaat	
	Invertör	0,6 \$ cent/kWsaat	
	PV modülü üzerine güneş ışınını odaklayan malzeme	0,5 \$ cent/kWsaat	

14/03/2013 tarihli 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu Madde 14 ile kurulu gücü 1000 KW altında olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri için lisans alma zorunluluğu kaldırılmıştır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından Haziran 2013'te yayımlanan Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularının Teknik Değerlendirilmesi Hakkında Yönetmeliği ile güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerine ait lisans başvurularının teknik değerlendirmesi için usul ve esaslar belirlenmiştir. Böylece, güneş enerjisinden elektrik üretiminin daha etkin ve verimli olması hedeflenmiştir.

5. FOTOVOLTAİK SİSTEMLER

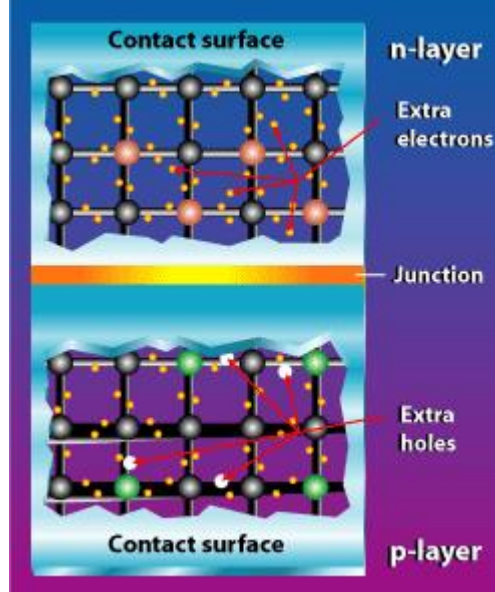
Güneş pili ve güneş hücresi olarak da bilinen fotovoltaik hücreler, güneş ışınımını elektrik (DC) enerjisine çeviren yarı iletken malzemelerdir (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2012). Fotovoltaik hücre görünümü Şekil 5.1 ile verilmiştir (Solar Cell Central 2014).



Şekil 5.1 : Fotovoltaik hücre görünümü.

Yarı iletken malzemelerin zarar görmemesi için fotovoltaik hücrelerin en dış kısmı camla kaplıdır. Cam tabakanın altında, güneş ışınımının yansımalarını engelleyen katman bulunmaktadır. Izgara şeklinde birbirine paralel konumda olan üst yüzey iletkenleri, soğurulan güneş ışınımını n tipi yarıiletken malzemeye iletir. n tipi yarı

iletken malzemeler elektron taşıyıcıdır. Soğurulan ışınım sebebiyle n tipi yarı iletken malzemede açığa çıkan elektronlar p tipi yarı iletken malzemede bulunan boşluklara yönelirler. Bu durum, yalıtkan maddelerin ara yüzeyinde elektrik akımı oluşturur (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2012). Fotovoltaik hücrede bulunan n ve p tipi yarı iletkenlerin yapısı Şekil 5.2 ile verilmiştir (US Department of Energy, 2013). Oluşan elektrik akımı, fotovoltaik hücrenin her iki tarafında bulunan kontakların kapalı bir devreye bağlanması ile toplanabilmektedir.



Şekil 5.2 : Fotovoltaik hücre n ve p tipi yarı iletkenlerin yapısı.

Fotovoltaik teknolojinin gelişimi 1839 yılında Alexandre Edmund Becquerel'in fotovoltaik etkiyi ortaya çıkarmasına dayanmaktadır. İlk fotovoltaik hücre, Amerika'da bulunan Bell Laboratuvarı tarafından 1954 yılında üretilmiştir. 1958 yılından sonra fotovoltaik hücreler bir çok küçük ölçekli bilimsel ve ticari uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır. Yaşanan enerji krizi güneş pillerinden elde edilen elektriğin evlerde ve iş yerlerinde kullanılması üzerine ilgiyi arttırsa da 1970'li yıllarda günümüzün yaklaşık 30 katı kadar olan yatırım maliyetleri büyük ölçekli uygulamaları imkansız kılmıştır (Solar Energy Industries Association, 2013).

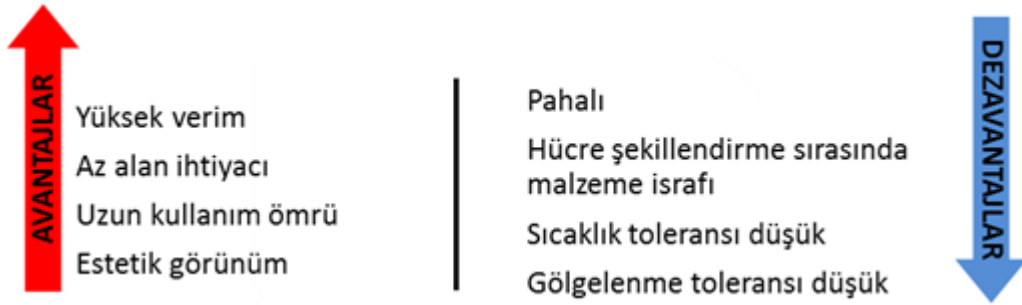
5.1 Fotovoltaik Hücre Teknolojileri

Güneş enerjisinden elektrik üretiminin en küçük elemanı fotovoltaik hücrelerdir. Fotovoltaik hücreler, birbirine seri ya da paralel bağlanmasıyla fotovoltaik modülleri, modüllerin birbirine seri ya da paralel bağlanması sonucu kW'lar ile MW'lar arasında değişen kapasitelerde fotovoltaik paneller diğer ismi ile güneş panelleri oluşmaktadır.

Fotovoltaik hücreden elde edilen doğru akımın kullanılabilmesi için alternatif akıma dönüştürülmesi gerekmektedir. Günümüzde piyasada ulaşılabilir olan ya da geliştirilmekte olan 3 grup PV teknolojisi mevcuttur. Bunlar, birinci nesil grubuna giren kristal silisyum PV hücreleri, ikinci nesil grubuna giren ince film PV hücreleri ve üçüncü nesil grubuna giren yoğunlaştırıcı ve organik PV hücrelerdir (ETSAP and IRENA, 2013).

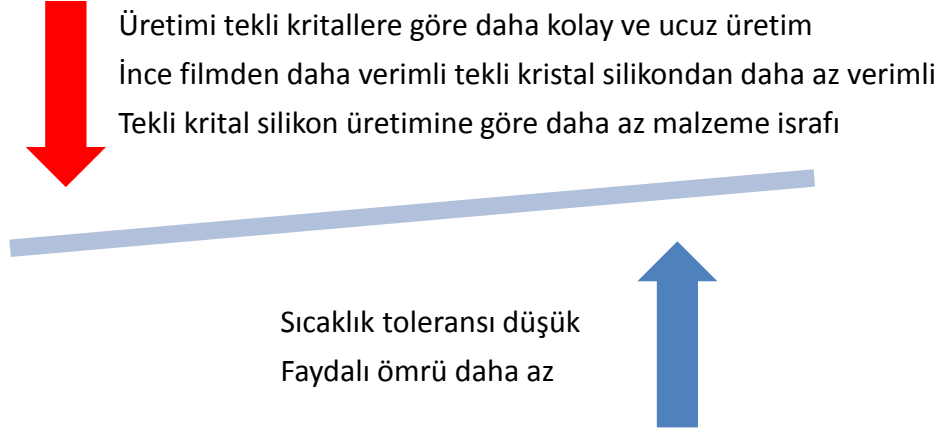
Günümüzde PV sektöründe en çok kullanılan teknoloji yaklaşık %90'lık pay ile kristal silisyum teknolojileridir. İnce film teknolojisi 2009 yılında sektörün %16'sına hakimken ve sektördeki payının büyümesi beklenirken, günümüzde bu oran %10'a düşmüştür. Üçüncü nesil teknolojiler kapsamında olan yoğunlaştırıcı PV hücreleri hızla gelişmekte olsa da sektörde %1'den daha az paya sahiptir (International Energy Agency, 2014f).

Kristal silisyum PV hücrelerinin en yaygın olanları tekli ve çoklu kristal silisyum PV hücreleridir. Tekli silisyum teknolojisinin avantaj ve dezavantajları Şekil 5.3 ile özetlenmiştir (Energy Informative Organization, 2013a).



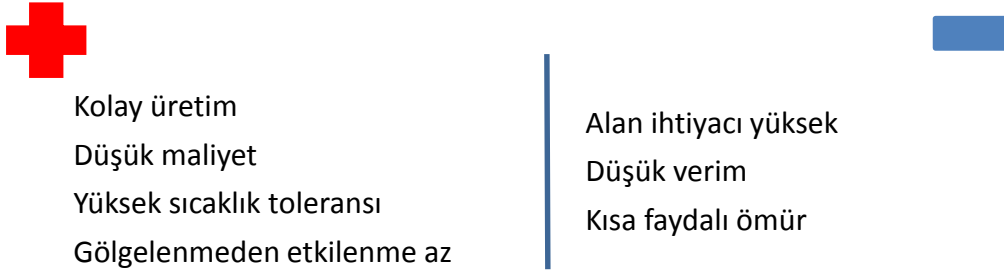
Şekil 5.3 : Tekli silisyum teknolojisinin avantaj ve dezavantajları.

Enerji miktarı ve maliyet azaltılarak tek kristalli silikondan çoklu kristal üretimi yapılabilmektedir. Çoklu silisyum teknolojisinin avantaj ve dezavantajları Şekil 5.4 ile özetlenmiştir (Energy Informative Organization, 2013a).



Şekil 5.4 : Çoklu silisyum teknolojisinin avantaj ve dezavantajları.

Piyasada kristal silikonlardan sonra en büyük paya sahip ince film teknolojisi en yaygın çeşitleri amorf silisyum, kadmiyum tellürid ve galyum arsenittir. İnce filmlerin avantaj ve dezavantajları Şekil 5.5 ile özetlenmiştir (Energy Informative Organization, 2013a).



Şekil 5.5 : İnce film teknolojisinin avantaj ve dezavantajları.

Piyasaya hakim olan kristal silisyum ve ince film teknolojileri Çizelge 5.1 ile karşılaştırılmıştır (Energy Informative Organization, 2013b).

Çizelge 5.1 : PV hücre teknolojilerinin karşılaştırılması

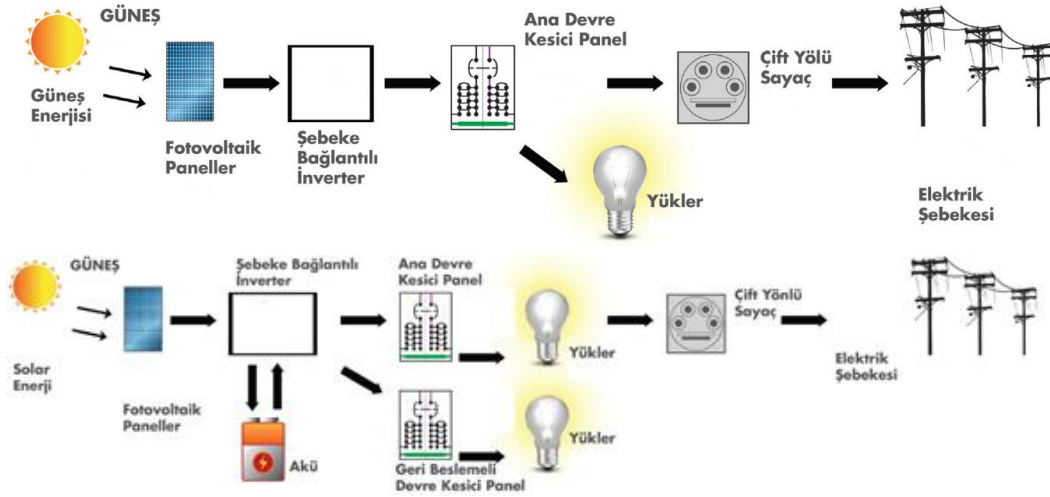
Parametreler	Tekli Kristal Silisyum	Çoklu Kristal Silisyum	İnce Film (Amorf silisyum)
Verim	% 15-20	% 13-16	% 6-8
Laboratuvar araştırmalarına göre verim	% 25,0	% 20,4	% 13,4
Alan ihtiyacı	6-9 m ²	8-9 m ²	13-20 m ²
Garanti süresi	25 yıl	20-25 yıl	10-20 yıl
Maliyet	0,75 \$/W	0,62 \$/W	0,69 \$/W
Sıcaklık toleransı	Yüksek sıcaklıkta verim % 10-15 düşer	Tekli kristal silisyuma göre daha az sıcaklık toleransı	Yüksek sıcaklıklar verimi etkilemez

Maliyeti yüksek olsa da, en yaygın ve en eski teknoloji tekli kristal silisyum PV hücreleridir. Maliyeti düşük olan ince filmler alan ihtiyacı fazla olması sebebiyle daha az tercih edilmektedir.

5.2 Fotovoltaik Sistem Çeşitleri

Fotovoltaik sistemler, fonksiyonel ve operasyonel ihtiyaçlarına, sistem elemanlarının konfigürasyonuna ve sistemin diğer güç kaynaklarına bağlantısına göre sınıflandırılmaktadır. Şebekeye bağlantılı ve şebekeden bağımsız olmak üzere iki temel sınıf mevcuttur (European Photovoltaic Industry Association, 2014). Fotovoltaik sistemler diğer enerji kaynaklarına ve enerji depolama sistemlerine bağlanabilmekte ve kamu şebekesine bağlantılı olarak ya da bağımsız olarak işletilebilmektedir.

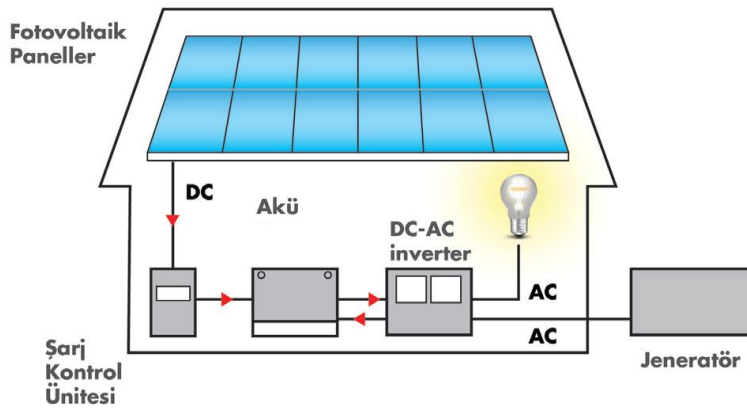
Günümüzde şebekeye bağlı PV sistemler ile üretilen elektrik direk şebekeye verilebildiği gibi önce mevcut ihtiyaç kadarını kullanılıp ihtiyaç fazlası depolanabilir ya da şebekeye satılabilir. İhtiyacın PV sistemden karşılanamadığı durumlarda şebekeden ihtiyaç duyulan elektrik sağlanabilmektedir (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2012). Şebekeye bağlı PV sistemler Şekil 5.6 ile şematik gösterilmiştir.



Şekil 5.6 : Şebekeye bağlı PV sistem şematik gösterimi (GESSOLAR, 2012).

Akülü sistemler ile elektrik kesintisi olduğunda ve PV sistemden elektrik üretilmediğinde kesintisiz olarak elektrik ihtiyacı sağlanmaktadır. Bu sistemler yüksek kapasitelerde olabileceği gibi yaygın olarak binalarda düşük kapasitelerde kullanılmaktadır.

Kırsal kesimlerde PV sistemlerin şebeke bağlantısını sağlamak için, şebekeyi genişletmek 15000 -50000 dolar arası değişen yatırım maliyeti gerektirmektedir (US Department of Energy, 2012). Yerel elektrik hatlarına ulaşamayan kırsal kesimlerde şebekeden bağımsız PV sistemler tercih edilmektedir. Ancak, şebeke bağlantılı sistemler ile karşılaştırıldığında şebekeden bağımsız sistemlerde akü, akü şarj kontrol ünitesi, güç dengeleme ekipmanı gibi ek ekipman ihtiyacı bulunmaktadır. Şebekeden bağımsız PV sistemler Şekil 5.7 ile şematik gösterilmiştir.



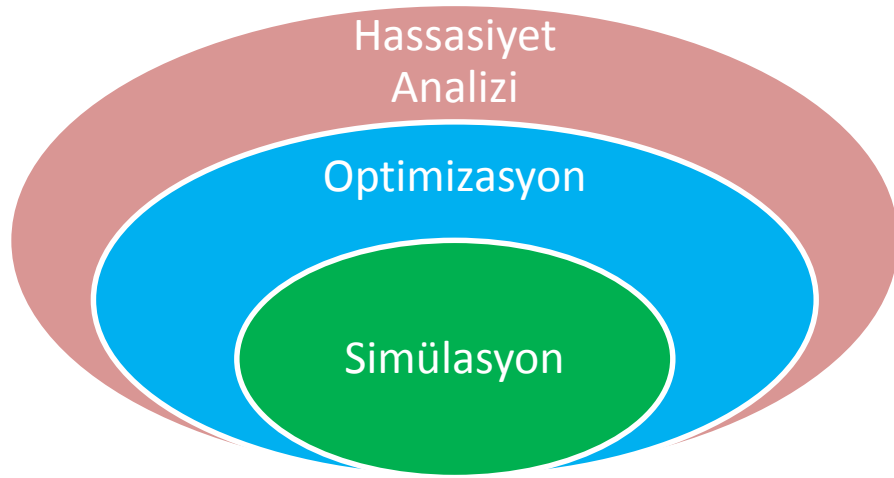
Şekil 5.7 : Şebekeden bağımsız PV sistemler (GESSOLAR, 2012).

6. HOMER YAZILIMI İLE MODELİN OLUŞTURULMASI

6.1 HOMER Yazılımı

Yenilenebilir Hibrid Enerji Sistemleri için Optimizasyon Modeli (HOMER - Hybrid Optimization Model for Electric Renewables), Amerika Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (US National Renewable Energy Laboratory) tarafından geliştirilmiştir. Şebekeye bağlı ya da şebekeden bağımsız yenilenebilir enerji üretim sistemlerinin, optimizasyon ve hassasiyet analizleri ile ekonomik ve teknik açıdan uygulanabilirliğinin değerlendirilmesinde kullanılan bir bilgisayar modelidir (HOMER Energy, 2014).

HOMER programı çalışma prensibini oluşturan 3 ana bileşen ve birbiriyle ilişkisi Şekil 6.1 ile verilmiştir. Seçilen yenilenebilir enerji üretim sisteminin faydalı ömrü boyunca yılın her saati için performans simülasyonu HOMER programının ilk adımıdır. Sistemin ekonomik açıdan uygulanabilirliği simülasyon sonucu ortaya çıkan yatırımın geri ödeme süresi ile belirlenebilmektedir. Sisteme ait ilk yatırım maliyeti, yıllık işletme ve bakım maliyetleri simülasyona dahil edilmektedir. Şebekeye bağlı sistemler için ayrıca sabit fiyat garantisi uygulaması HOMER programında dikkate alınan unsurlardandır (US National Renewable Energy Laboratory, 2006).

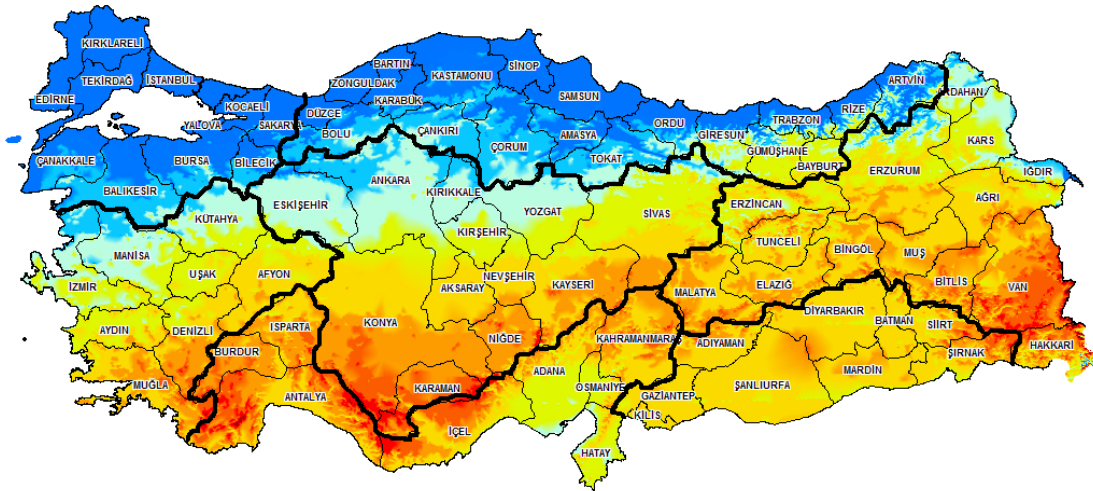


Şekil 6.1 : Simülasyon, optimizasyon ve hassasiyet analizi arasındaki ilişki.

En verimli ve en ekonomik sistem konfigürasyonunun belirlenmesi ikinci adımdır. Optimizasyon analizi ile, farklı konfigürasyonlardaki sistemler karşılaştırılır ve teknik kriterleri sağlayan en düşük yatırım maliyetine sahip olan konfigürasyon bulunur. Modelde kullanılan girdilerde yapılan değişiklikler ve belirsizliklerin etkisi hassasiyet analizi sürecinde değerlendirilir (US National Renewable Energy Laboratory, 2006). HOMER modeli kullanılarak, rüzgar türbinleri, biyokütleden enerji üreten sistemler, nehir tipi hidroelektrik santraller, kojenerasyon üniteleri, mikro türbinler, yakıt hücreler ve fotovoltaik sistemler tasarlanabilmektedir. Bu çalışmada HOMER programı ile Türkiye'nin farklı coğrafi bölgelerinde şebeke bağlantılı çatı üstü fotovoltaik sistem yatırımlarının fizibilitesi karşılaştırılmıştır.

6.2 İncelenecek İllerin Seçilmesi

Çalışma kapsamında incelenecek illerin belirlenmesinde Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından oluşturulan güneş enerjisi potansiyel atlasından (GEPA) faydalanılmıştır. GEPA Şekil 6.2 ile verilmiştir.



Şekil 6.2 : Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası.

GEPA dikkate alınarak oluşturulan Çizelge 6.1'de, Türkiye farklı coğrafi bölgelerinde yıllık güneşlenme süresi ve yıllık ortalama radyasyon verileri dağılımı verilmiştir. Tüm illere ait güneşlenme süresi ve radyasyon verisi EK A ile verilmiştir.

Çizelge 6.1 : Türkiye farklı coğrafi bölgelerinde yıllık güneşlenme süresi ve yıllık ortalama radyasyon verileri dağılımı.

Coğrafi bölge	Güneşlenme süresi (saat/yıl)	Radyasyon verisi (kWh/m ² -yıl)
Marmara Bölgesi	2409	1168
Ege Bölgesi	2738	1304
Akdeniz Bölgesi	2956	1390
İç Anadolu Bölgesi	2628	1314
Karadeniz Bölgesi	1971	1120
Doğu Anadolu Bölgesi	2664	1365
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	2993	1460

GEPA'ya göre her bir coğrafi bölgede en düşük ve en yüksek güneşlenme süresi ile güneş radyasyon verisine sahip iller belirlenmiştir. Her bir coğrafi bölgede en yüksek ve en düşük yıllık güneşlenme süresine sahip iller Çizelge 6.2 ile verilmiştir.

Çizelge 6.2 : GEPA'ya göre farklı coğrafi bölgelerdeki en yüksek ve en düşük yıllık güneşlenme süresine sahip iller.

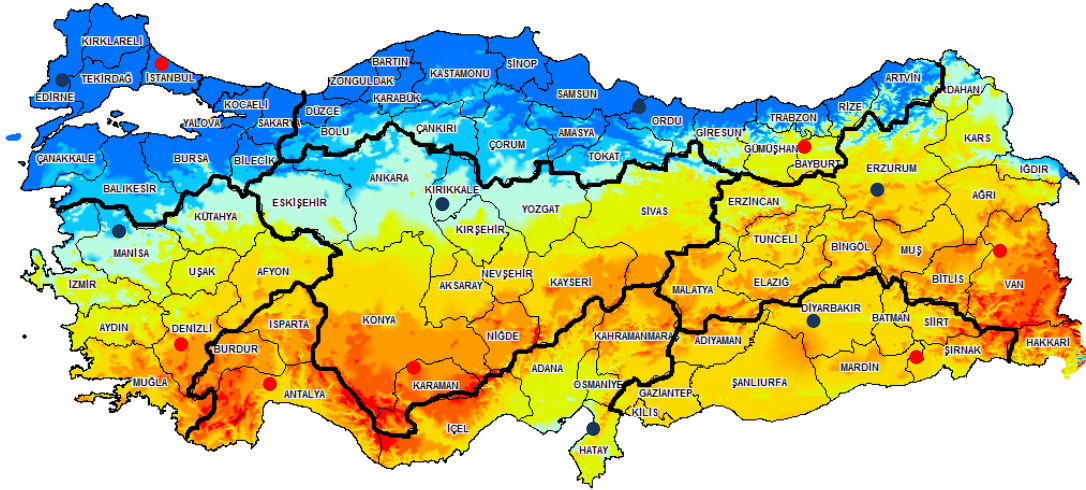
Coğrafi bölge	Seçilen il	Güneşlenme süresi (saat/yıl)
Marmara Bölgesi	Çanakkale	2807
	Sakarya	2358
Ege Bölgesi	Muğla	3040
	Kütahya	2559
Akdeniz Bölgesi	İçel	3015
	Isparta	2858
İç Anadolu Bölgesi	Karaman	3007
	Eskişehir	2479
Karadeniz Bölgesi	Çankırı	2514
	Artvin	2124
Doğu Anadolu Bölgesi	Hakkari	3508
	Ardahan	2310
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	Mardin	3033
	Batman	2873

Her bir coğrafi bölgede en yüksek ve en düşük yıllık radyasyon verisine sahip iller Çizelge 6.3 ile verilmiştir. Her iki tablo incelendiğinde güneşlenme süresi ve radyasyon verisi ayrı ayrı dikkate alındığında her bir coğrafi bölgede en yüksek ve en düşük değerlere sahip iller farklılık göstermektedir. Bu çalışmada radyasyon verileri dikkate alınarak oluşturulan 14 il incelenmiştir.

Çizelge 6.3 : GEPA'ya göre farklı coğrafi bölgelerdeki en yüksek ve en düşük radyasyon verisine sahip iller.

Coğrafi bölge	Seçilen il	Radyasyon verisi (kWh/m ² -yıl)
Marmara Bölgesi	İstanbul	1612
	Edirne	1319
Ege Bölgesi	Denizli	1591
	Manisa	1486
Akdeniz Bölgesi	Antalya	1646
	Hatay	1536
İç Anadolu Bölgesi	Karaman	1660
	Kırıkkale	1460
Karadeniz Bölgesi	Bayburt	1529
	Ordu	1303
Doğu Anadolu Bölgesi	Van	1652
	Erzurum	1393
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	Şırnak	1601
	Diyarbakır	1473

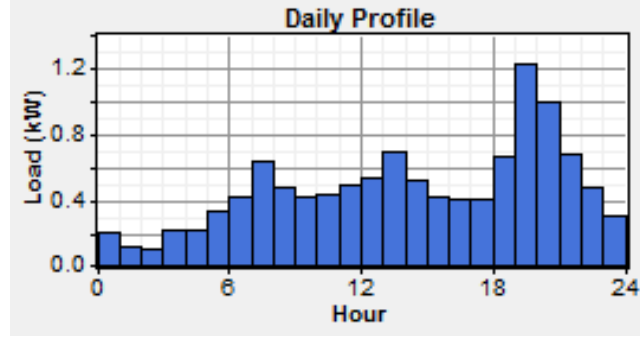
Seçilen illerin işaretlendiği GEPA Şekil 6.3 ile verilmiştir.



Şekil 6.3 : Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası ve seçilen iller.

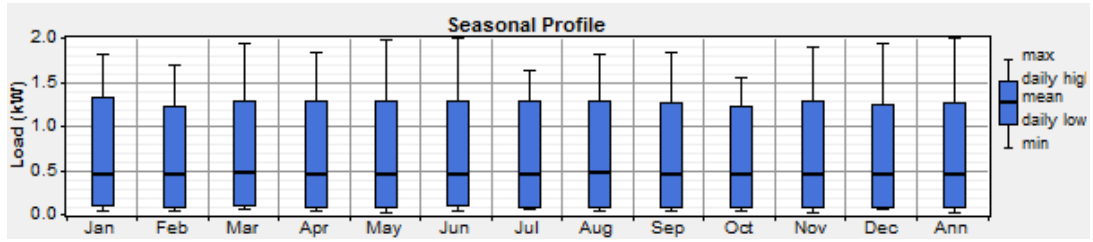
6.3 Modelde Kullanılan Veriler

Günlük ortalama tüketimi 11,45 kWh olan ve en yüksek tüketimi 2 kW olan dört kişilik bir aileden oluşan bir evin elektrik tüketimi otonom yük olarak HOMER yazılımı tarafından belirlenmiştir. Modelde kullanılan bir gün boyunca tüketilen saatlik ortalama yük profili Şekil 6.4 ile gösterilmiştir.



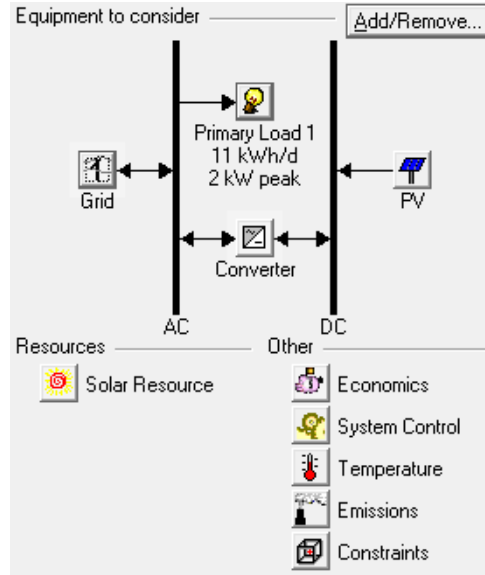
Şekil 6.4 : Modelde kullanılan günlük profil.

Modelde kullanılan günlük profillerinin mevsimsel dağılımı Şekil 6.5 ile gösterilmiştir.



Şekil 6.5 : Modelde kullanılan mevsimsel profil.

HOMER programında oluşturulan sistem elemanları Şekil 6.6 ile verilmiştir. Her bir coğrafi bölgede seçilen illerde müstakil bir evin çatısına yerleştirilecek fotovoltaik paneller şebekeye bağlantılı olarak modelleneceği için akü kullanılmamıştır.



Şekil 6.6 : HOMER programı sistem elemanları.

Çalışma kapsamında incelenecek her bir ile ait aylık ortalama güneş radyasyon değerleri; incelenecek ile ait koordinatların HOMER programına veri olarak girilmesi ile NREL'e ait Klimatolojik Güneş Radyasyonu (Climatological Solar Radiation) data

arşivinden ya da NASA Yüzey Meteoroloji ve Güneş Enerjisi (Surface Meteorology and Solar Energy) data arşivinden internet aracılığı ile alınmıştır (HOMER Energy, 2011). Çalışma kapsamında incelenen illere ait koordinatlar Çizelge 6.4 ile verilmiştir.

Çizelge 6.4 : Çalışma kapsamında incelenen illere ait koordinatlar.

Coğrafi bölge	Seçilen il	Enlem (Kuzey)	Boylam (Güney)
Marmara Bölgesi	İstanbul	40° 59,91'	28° 52,94'
	Edirne	41° 40,00'	26° 34,00'
Ege Bölgesi	Denizli	38° 37,15'	27° 25,74'
	Manisa	37° 46,59'	29° 5,18'
Akdeniz Bölgesi	Antalya	36° 53,05'	30° 42,34'
	Hatay	36° 12,00'	36° 10,00'
İç Anadolu Bölgesi	Karaman	39° 50,81'	33° 30,92'
	Kırıkkale	37° 10,56'	33° 13,72'
Karadeniz Bölgesi	Bayburt	40° 59,03'	37° 52,58'
	Ordu	40° 15,31'	40° 13,49'
Doğu Anadolu Bölgesi	Van	38° 29,65'	43° 22,80'
	Erzurum	39° 54,52'	41° 16,62'
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	Şırnak	37° 30,98'	42° 27,67'
	Diyarbakır	37° 54,86'	40° 13,84'

Güney yönüne sabitlenecek panellerin yıllık optimum eğim açısı, bulunulan enlem 65°'den az ise 0,9 ile çarpımı sonucu elde edilmektedir (Chang, 2009). Türkiye'nin kuzey yarım kürede bulunması sebebiyle paneller çatıların güney tarafına sabitlenecektir. Çalışma kapsamında incelenen illerde panellerin sabitleneceği açılar Çizelge 6.5 ile verilmiştir.

Çizelge 6.5 : Çalışma kapsamında incelenen illerde panellerin sabitleneceği açılar.

Coğrafi bölge	Seçilen il	Panel açısı
Marmara Bölgesi	İstanbul	36
	Edirne	36,9
Ege Bölgesi	Denizli	34,2
	Manisa	33,3
Akdeniz Bölgesi	Antalya	32,4
	Hatay	32,4
İç Anadolu Bölgesi	Karaman	35,1
	Kırıkkale	33,3
Karadeniz Bölgesi	Bayburt	36
	Ordu	36
Doğu Anadolu Bölgesi	Van	34,2
	Erzurum	35,1
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	Şırnak	33,3
	Diyarbakır	33,3

Çalışma kapsamında 3kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli çatı üstü PV sistemler ve aynı kapasiteli invertörler HOMER programı vasıtasıyla incelenmiştir. 3 kW kapasiteli

fotovoltaik sistem kurulum maliyetleri Avrupa ülkelerinden Fransa, Almanya, Yunanistan, İtalya ve İngiltere baz alındığında 2610 euro (3393 dolar) ile 3960 euro (5148 dolar) arasında değişmektedir (Dusonchet and Telaretti, 2014). Çalışmada fotovoltaik sistem kurulumu 1500 dolar/kW ve bakım maliyeti olarak 40 dolar/yıl alınmıştır. İntertör maliyetleri pazar araştırması sonucunda belirlenmiştir (Solar Marketi Alternatif Enerji Ürünleri Marketi, 2014).

Modelde kullanılan PV sistem ve invertör maliyetleri Çizelge 6.6 ile verilmiştir. Panellerin ve invertörlerin kullanım ömrü 20 yıl alınmıştır. Proje ömrü de 20 yıl alındığından, modelde kullanılan paneller ve invertörlerin yenilenme ihtiyacı olmayacağı varsayılmış ve yenileme maliyeti modelde tanımlanmamıştır. Panellerin verimliliği %15, invertör verimliliği ise %94 alınmıştır.

Çizelge 6.6 : Modelde kullanılan PV sistem ve invertör maliyetleri.

Kapasite	PV sistem - ilk yatırım maliyeti (dolar)	Invertör - ilk yatırım maliyeti (dolar)	Bakım ve işletme (dolar)
3kW	4500	1500	40
4kW	6000	1750	53
5kW	7500	2350	66

6094 sayılı YEK kanunu kapsamında Türkiye’de fotovoltaik sistemler için sağlanan 13,3 \$ cent/kWsaat şebekeye satış miktarı ve yerli imalat teşviği 6,7 \$ cent/kWsaat olmak üzere maksimum teşvik miktarı 20 \$ cent/kWsaat olmaktadır (detaylı bilgi Çizelge 4.1’de verilmiştir). Ancak, çalışma kapsamında PV modülü ve PV modülünü oluşturan hücrelerin yerli imalat olmayacağı varsayılmış ve maksimum alınacak teşvik 15,2 \$ cent/kWsaat olarak belirlenmiştir. Türkiye’de şebekeye satış tarife garantisi 10 yıl, yerli imalat teşvik garantisi ise 5 yıl süreli sağlanmaktadır. Çalışma kapsamında incelenen Almanya, Fransa ve İtalya’da 20 yıllık ve İspanya’da 25 yıllık garanti süresi sağlanmaktadır. HOMER modelinde proje süresince sabit fiyat garantisinin sağlanacağı varsayılmış ve Avrupa ülkelerinde olduğu gibi Türkiye’de de 20 yıllık teşvik garantisi sağlanacağı öngörülmüştür.

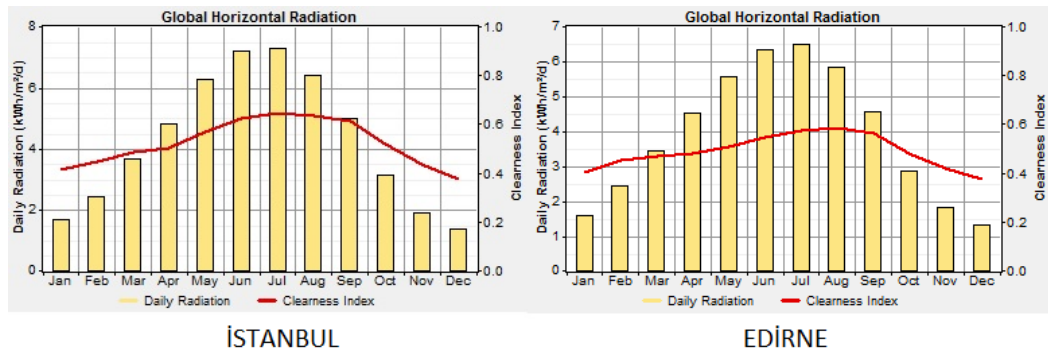
Türkiye’de elektrik tüketim maliyeti KDV hariç 28,3860 kuruş/kWsaat’tir (TEDAŞ, 2014). KDV dahil edildiğinde Türkiye’de elektrik enerjisinin maliyeti 33,4954 kuruş/kWsaat’tir. Senaryolarda bu değer 14,75 \$ cent/kWsaat olarak çevrilmiştir. TEDAŞ 01/01/2014 fonsuz tarifeler ile ilgili detaylı bilgi EK B ile verilmiştir.

7. SEÇİLEN İLLERDE EVSEL ELEKTRİK İHTİYACININ FOTOVOLTAİK PANELLER İLE KARŞILANMASININ HOMER YAZILIMI İLE İNCELENMESİ

Çalışma kapsamında 7 coğrafi bölgenin her birinden 2'şer adet olmak üzere seçilen toplam 14 adet ilde müstakil bir evde yaşayan dört kişilik bir ailenin elektrik ihtiyacının çatı üstüne yerleştirilecek 3kW, 4kW ve 5kW kapasitelere sahip fotovoltaik sistemlerin mevcut şebekeye satış tarifesi ile ekonomik açıdan sürdürülebilir olup olmadığı incelenmiştir. 7 yıl ve altında geri ödeme süresine sahip sistemler ekonomik açıdan cazip yatırım olarak kabul edilmiştir. Geri ödeme süresi 7 yıl ve üzeri olan sistemler için şebekeye satış tarifesinin arttırılması, ilk yatırım maliyetinin düşürülmesi ve her iki seçeneğin birlikte uygulandığı senaryolar değerlendirilmiştir. Her bir coğrafi bölge için incelenen senaryolar aşağıdaki bölümlerde sunulmuştur.

7.1 Marmara Bölgesi Model Sonuçları

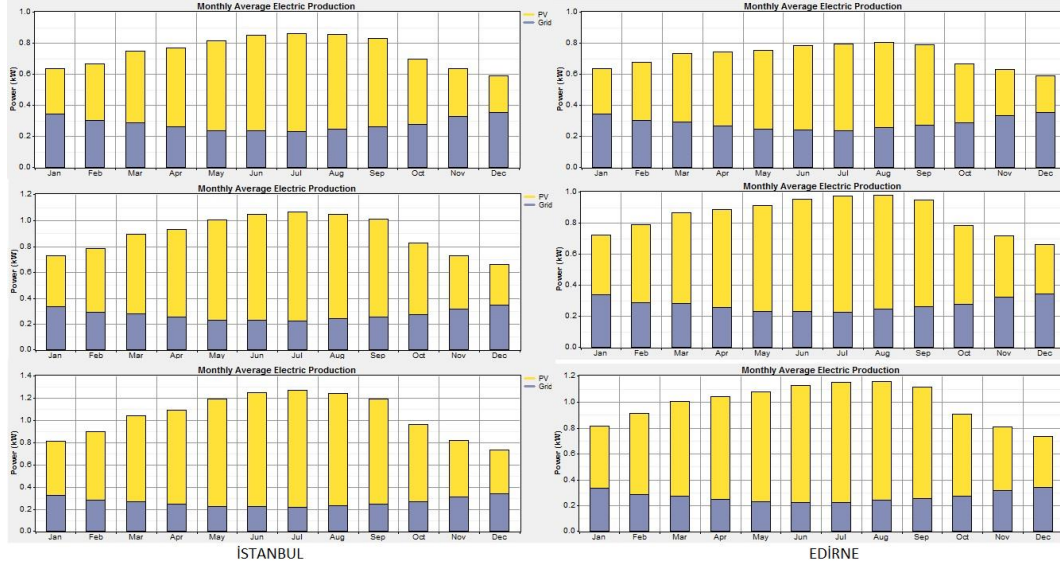
GEPA verileri dikkate alındığında İstanbul ili Marmara Bölgesi'nde en yüksek güneş radyasyona sahip il olurken, Edirne ili ise en düşük güneş radyasyonuna sahip il olarak belirlenmiştir. HOMER yazılımı tarafından oluşturulan İstanbul ve Edirne illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi Şekil 7.1 ile verilmiştir.



Şekil 7.1 : İstanbul ve Edirne illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi

İstanbul ve Edirne ilinde sırasıyla 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerde panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik

miktarlarının şematik görünümü Şekil 7.2 ile verilmiştir. Güneş radyasyon verisi daha yüksek olan İstanbul ilinde şebekeye satılan elektrik miktarının daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 7.2 : İstanbul ve Edirne illerinde 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerin panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik miktarları.

Mevcut durum için model sonuçları Çizelge 7.1 ile verilmiştir. Her iki il için mevcut durumdaki ilk yatırım maliyetleri ve şebekeye satış tarifesi fotovoltaik sistem yatırımını ekonomik açıdan cazip kılmamıştır. Geri ödeme süresi İstanbul ili panel kapasitesi arttıkça 16,8 yıldan 16,0 yıla düşmektedir. Edirne ilinde ise panel kapasitesi arttıkça 19,3 yıldan 18,3 yıla düşmektedir.

Çizelge 7.1 : İstanbul ve Edirne iline ait mevcut durum model sonuçları.

Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör	
	İstanbul	Edirne	İstanbul	Edirne	İstanbul	Edirne
İlk yatırım maliyeti (\$)	6000		7750		9850	
Üretilen elektriğin maliyeti (\$/kWh)	0,088	0,099	0,068	0,080	0,057	0,069
Net şimdiki Değer (\$)	7503	8119	6961	7783	6766	7795
Yenilenebilir enerji yüzdesi (%)	61,1	58,6	68,5	66,3	73,6	71,6
Ailenin ihtiyacı olan elektrik (kWh)	4124	4124	4124	4124	4124	4124
Panelin ürettiği elektrik (kWh/yıl)	4096	3778	5462	5037	6827	6296
Şebekeden satın alınan elektrik (kWh/yıl)	2455	2507	2363	2407	2305	2342
Panel tarafından üretilen elektrikten ihtiyaç için kullanılan (kWh/yıl)	1669	1617	1761	1717	1819	1782
Panel tarafından üretilip Şebekeye satılan elektrik (kWh/yıl)	2181	1933	3373	3017	4598	4136
Geri ödeme süresi (yıl)	16,8	19,3	16,0	18,3	16,3	18,6

Fotovoltaik sistem yatırımları her iki il için ekonomik açıdan uygulanabilirliği ilk yatırım maliyetinin sabit kaldığı ancak şebekeye satış tarifesinin %25, %50, %75 ve %100 arttığı senaryolara göre incelenmiştir. Senaryo sonuçları Çizelge 7.2 ile verilmiştir. Şebekeye satış tarifesi artışları yatırımların geri ödeme süresini azaltsa da 7 yıl altına düşürmemiştir.

Çizelge 7.2 : İstanbul ve Edirne iline ait şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.

Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör		
	İstanbul	Edirne	İstanbul	Edirne	İstanbul	Edirne	
İlk yatırım maliyeti (\$)	6000		7750		9850		
Geri ödeme süresi (yıl)	Mevcut durum	16,8	19,3	16,0	18,3	16,3	18,6
	Şebekeye satış tarifesi %25 artarsa	13,6	15,5	12,6	14,3	12,6	14,3
	Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa	11,5	13	10,4	11,8	10,3	11,7
	Şebekeye satış tarifesi %75 artarsa	9,89	11,3	8,91	10,1	8,73	9,84
	Şebekeye satış tarifesi %100 artarsa	8,71	9,89	7,78	8,78	7,57	8,52

İlk yatırım maliyetleri %25 düşürülmüş ve şebekeye satış tarifesi sabit tutularak, %25 arttırılarak ve %50 arttırılarak geri ödeme süreleri her iki il içinde incelenmiştir. Senaryo sonuçları Çizelge 7.3 ile verilmiştir. İlk yatırım maliyetinin %25 azaltılıp, şebekeye satış tarifesinin %50 artırılması her iki ilde yapılacak yatırımların geri ödeme süresini azaltsa da 7 yıl altına düşürmemiştir.

Çizelge 7.3 : İstanbul ve Edirne iline ait ilk yatırım maliyetleri %25 azaltılıp şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.

Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör		
	İstanbul	Edirne	İstanbul	Edirne	İstanbul	Edirne	
İlk yatırım maliyeti %25 düşerse (\$)	4500		5815		7390		
Geri ödeme süresi (yıl)	İlk yatırım maliyeti %25 düşerse	10,9	12,2	10,4	11,7	10,6	11,9
	İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %25 artarsa	9,84	10,2	9,03	9,52	8,94	9,52
	İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa	8,35	8,76	7,55	8,03	7,4	7,93

İlk yatırım maliyetleri %50 düşürülmüş ve şebekeye satış tarifesi sabit tutulan senaryo sonuçları Çizelge 7.4 ile verilmiştir.

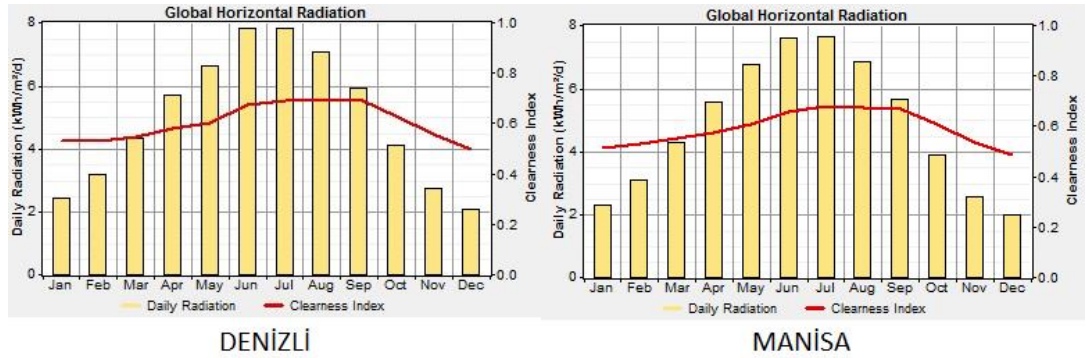
Çizelge 7.4 : İstanbul ve Edirne iline ait ilk yatırım maliyetleri %50 azaltılıp şebekeye satış tarifesi sabit tutulan model sonuçları.

Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör	
	İstanbul	Edirne	İstanbul	Edirne	İstanbul	Edirne
İlk yatırım maliyeti %50 düşerse (\$)	3000		3875		4925	
İlk yatırım maliyeti %50 düşerse geri ödeme süresi (yıl)	6,44	7,12	6,2	6,85	6,31	6,97

İstanbul ilinde ilk yatırım maliyetinin %50 düşmesi yatırımların hepsinde geri ödeme süresini 7 yılın altına düşürürken, Edirne ilinde 3kW kapasiteli PV sistem haricinde tüm yatırımların geri ödeme süresi 7 yılın altına düşürmektedir.

7.2 Ege Bölgesi Model Sonuçları

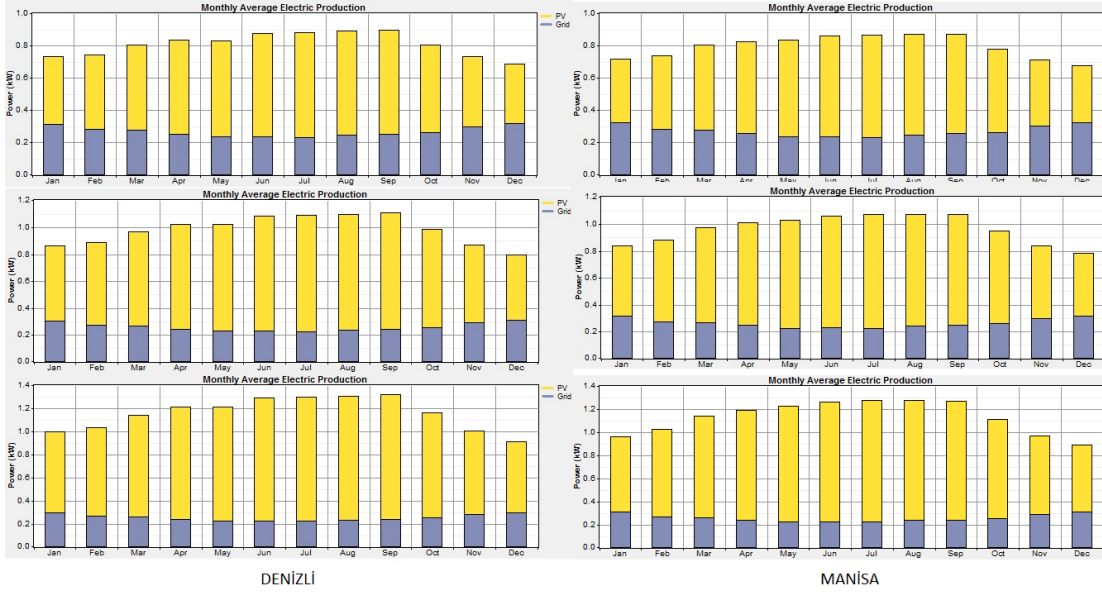
GEPA verileri dikkate alındığında Denizli ili Ege Bölgesi'nde en yüksek güneş radyasyonuna sahip il olurken, Manisa ili ise en düşük güneş radyasyonuna sahip il olarak belirlenmiştir. HOMER yazılımı tarafından oluşturulan Denizli ve Manisa illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi Şekil 7.3 ile verilmiştir.



Şekil 7.3 : Denizli ve Manisa illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi.

Denizli ve Manisa ilinde sırasıyla 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerde panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik miktarlarının şematik görünümü Şekil 7.4 ile verilmiştir. Güneş radyasyon verisi daha

yüksek olan Denizli ilinde şebekeye satılan elektrik miktarının daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 7.4 : Denizli ve Manisa illerinde 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerin panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik miktarları.

Mevcut durum için model sonuçları Çizelge 7.5 ile verilmiştir. Her iki il için mevcut durumdaki ilk yatırım maliyetleri ve şebekeye satış tarifesi fotovoltaik sistem yatırımlarını ekonomik açıdan cazip kılmamıştır. Geri ödeme süresi Denizli ili panel kapasitesi arttıkça 13,2 yıldan 12,6 yıla düşmektedir. Manisa ilinde ise panel kapasitesi arttıkça 13,8 yıldan 13,2 yıla düşmektedir.

Çizelge 7.5 : Denizli ve Manisa iline ait mevcut durum model sonuçları.

Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör	
	Denizli	Manisa	Denizli	Manisa	Denizli	Manisa
İlk yatırım maliyeti (\$)	6000		7750		9850	
Üretilen elektriğin maliyeti (\$/kWh)	0,067	0,071	0,047	0,051	0,035	0,039
Net şimdiki Değer (\$)	6209	6478	5232	5591	4603	5053
Yenilenebilir enerji yüzdesi (%)	65,8	64,9	72,6	71,8	77,2	76,5
Ailenin ihtiyacı olan elektrik (kWh)	4124	4124	4124	4124	4124	4124
Panelin ürettiği elektrik (kWh/yıl)	4767	4627	6356	6170	7945	7712
Şebekeden satın alınan elektrik (kWh/yıl)	2326	2355	2250	2277	2205	2230
Panel tarafından üretilen elektrikten ihtiyaç için kullanılan (kWh/yıl)	1798	1769	1874	1847	1919	1894
Panel tarafından üretilip Şebekeye satılan elektrik (kWh/yıl)	2683	2580	4100	3952	5548	5355
Geri ödeme süresi (yıl)	13,2	13,8	12,6	13,2	12,9	13,5

Fotovoltaik sistem yatırımları her iki il için ekonomik açıdan uygulanabilirliği ilk yatırım maliyetinin sabit kaldığı ancak şebekeye satış tarifesinin %25, %50, %75 ve %100 arttığı senaryolara göre incelenmiştir. Senaryo sonuçları Çizelge 7.6 ile verilmiştir. Şebekeye satış tarifesi artışının %100 olduğu senaryoda her iki ilde 4kW ve 5kW kapasiteli PV sistem yatırımları geri ödeme süresi 7 yıl altına düşmektedir.

Çizelge 7.6 : Denizli ve Manisa iline ait şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.

Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör		
	Denizli	Manisa	Denizli	Manisa	Denizli	Manisa	
İlk yatırım maliyeti (\$)	6000		7750		9850		
Mevcut durum	13,2	13,8	12,6	13,2	12,9	13,5	
Geri ödeme süresi (yıl)	Şebekeye satış tarifesi %25 artarsa	10,8	11,3	10,1	10,5	10,1	10,5
	Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa	9,14	9,54	8,4	8,75	8,32	8,66
	Şebekeye satış tarifesi %75 artarsa	7,92	8,26	7,2	7,5	7,07	7,36
	Şebekeye satış tarifesi %100 artarsa	6,99	7,29	6,3	6,56	6,15	6,4

İlk yatırım maliyetleri %25 düşürülmüş ve şebekeye satış tarifesi sabit tutularak, %25 arttırılarak ve %50 arttırılarak geri ödeme süreleri her iki il içinde incelenmiştir. Senaryo sonuçları Çizelge 7.7 ile verilmiştir.

Çizelge 7.7 : Denizli ve Manisa iline ait ilk yatırım maliyetleri %25 azaltılıp şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.

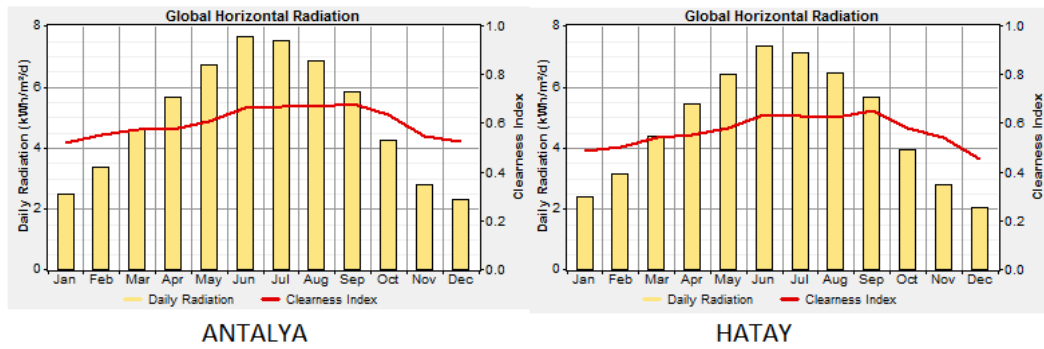
Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör		
	Denizli	Manisa	Denizli	Manisa	Denizli	Manisa	
İlk yatırım maliyeti %25 düşerse (\$)	4500		5815		7390		
Geri ödeme süresi (yıl)	İlk yatırım maliyeti %25 düşerse	8,87	9,22	8,51	8,85	8,66	9,01
	İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %25 artarsa	7,4	7,7	6,95	7,22	6,96	7,24
	İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa	6,35	6,6	5,87	6,1	5,82	6,05

İlk yatırım maliyetinin %25 azaltılıp, şebekeye satış tarifesinin %25 artırılması Denizli ilinde 4kW ve 5 kW kapasiteli PV sistem yatırımlarının geri ödeme süresi 7 yıl altına düşürmektedir. Ancak, Manisa ilinde, ilk yatırım maliyetinin %25 azaltılıp, şebekeye

satış tarifesinin %50 artırılması tüm yatırımların geri ödeme süresini 7 yıl altına düşürmüştür.

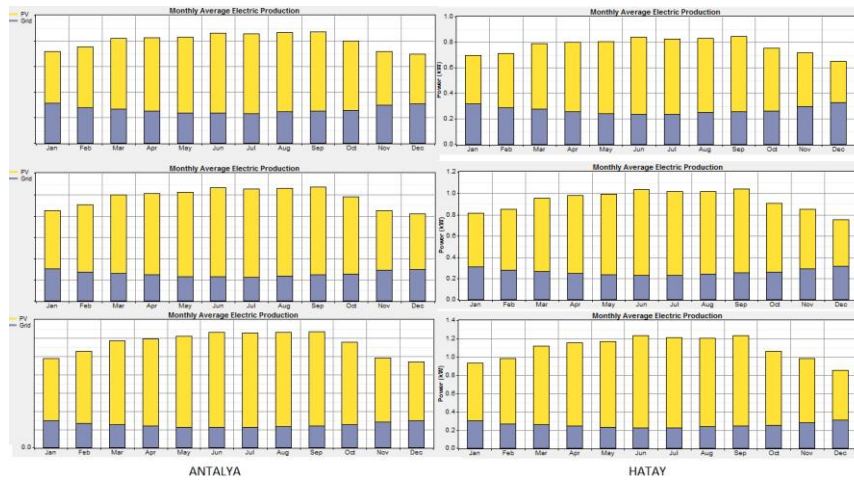
7.3 Akdeniz Bölgesi Model Sonuçları

GEPA verileri dikkate alındığında Antalya ili Akdeniz Bölgesi'nde en yüksek güneş radyasyonuna sahip il olurken, Hatay ili ise en düşük güneş radyasyonuna sahip il olarak belirlenmiştir. HOMER yazılımı tarafından oluşturulan Antalya ve Hatay illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi Şekil 7.5 ile verilmiştir.



Şekil 7.5 : Antalya ve Hatay illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi.

Antalya ve Hatay ilinde sırasıyla 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerde panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik miktarlarının şematik görünümü Şekil 7.6 ile verilmiştir. Güneş radyasyon verisi daha yüksek olan Antalya ilinde şebekeye satılan elektrik miktarının daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 7.6 : Antalya ve Hatay illerinde 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerin panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik miktarları.

Mevcut durum için model sonuçları Çizelge 7.8 ile verilmiştir. Her iki il için mevcut durumdaki ilk yatırım maliyetleri ve şebekeye satış tarifesi fotovoltaik sistem yatırımını ekonomik açıdan cazip kılmamıştır. Geri ödeme süresi Antalya ili panel kapasitesi arttıkça 13,5 yıldan 12,9 yıla düşmektedir. Hatay ilinde ise panel kapasitesi arttıkça 14,9 yıldan 14,2 yıla düşmektedir.

Çizelge 7.8 : Antalya ve Hatay iline ait mevcut durum model sonuçları.

Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör	
	Antalya	Hatay	Antalya	Hatay	Antalya	Hatay
İlk yatırım maliyeti (\$)	6000		7750		9850	
Üretilen elektriğin maliyeti (\$/kWh)	0,069	0,078	0,049	0,058	0,037	0,046
Net şimdiki Değer (\$)	6320	6896	5380	6149	4788	5750
Yenilenebilir enerji yüzdesi (%)	65,6	63,7	72,5	70,7	77,1	75,5
Ailenin ihtiyacı olan elektrik (kWh)	4124	4124	4124	4124	4124	4124
Panelin ürettiği elektrik (kWh/yıl)	4710	4411	6280	5882	7849	7352
Şebekeden satın alınan elektrik (kWh/yıl)	2318	2366	2241	2291	2196	2243
Panel tarafından üretilen elektrikten ihtiyaç için kullanılan (kWh/yıl)	1806	1758	1883	1833	1928	1881
Panel tarafından üretilip Şebekeye satılan elektrik (kWh/yıl)	2621	2388	4019	3696	5450	5030
Geri ödeme süresi (yıl)	13,5	14,9	12,9	14,2	13,1	14,5

Fotovoltaik sistem yatırımları her iki il için ekonomik açıdan uygulanabilirliği ilk yatırım maliyetinin sabit kaldığı ancak şebekeye satış tarifesinin %25, %50, %75 ve %100 arttığı senaryolara göre incelenmiştir. Senaryo sonuçları Çizelge 7.9 ile verilmiştir. Şebekeye satış tarifesi artışının %100 olduğu senaryoda Antalya ilinde 4kW ve 5kW kapasiteli PV sistem yatırımları geri ödeme süresi 7 yıl altına düşerken, Hatay ilinde sadece 5 kW kapasiteli PV sistem yatırımı 7 yıl geri ödeme süresine düşmüştür.

Çizelge 7.9 : Antalya ve Hatay iline ait şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.

Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör		
	Antalya	Hatay	Antalya	Hatay	Antalya	Hatay	
İlk yatırım maliyeti (\$)	6000		7750		9850		
Geri ödeme süresi (yıl)	Mevcut durum	13,5	14,9	12,9	14,2	13,1	14,5
	Şebekeye satış tarifesi %25 artarsa	11	12,2	10,3	11,3	10,3	11,3
	Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa	9,32	10,3	8,55	9,39	8,47	9,28
	Şebekeye satış tarifesi %75 artarsa	8,08	8,9	7,33	8,03	7,2	7,87
	Şebekeye satış tarifesi %100 artarsa	7,14	7,86	6,42	7,02	6,27	6,84

İlk yatırım maliyetleri %25 düşürülmüş ve şebekeye satış tarifesi sabit tutularak, %25 arttırılarak ve %50 arttırılarak geri ödeme süreleri her iki il içinde incelenmiştir. Senaryo sonuçları Çizelge 7.10 ile verilmiştir.

Çizelge 7.10 : Antalya ve Hatay iline ait ilk yatırım maliyetleri %25 azaltılıp şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları

Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör		
	Antalya	Hatay	Antalya	Hatay	Antalya	Hatay	
İlk yatırım maliyeti %25 düşerse (\$)	4500		5815		7390		
Geri ödeme süresi (yıl)	İlk yatırım maliyeti %25 düşerse	9,01	9,97	8,65	9,44	8,8	9,61
	İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %25 artarsa	7,53	8,33	7,06	7,7	7,08	7,71
	İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa	6,47	7,16	5,97	6,51	5,92	6,44

İlk yatırım maliyetininin %25 azaltılıp, şebekeye satış tarifesininin %50 artırılması Antalya ilinde yapılacak yatırımların tümünün geri ödeme süresini 7 yıl altına düşürmüştür. Aynı senaryoda Hatay ilinde ise 3kW kapasiteli sistem hariç tüm sistemler 7 yıl altında geri ödeme süresine sahip olmuştur.

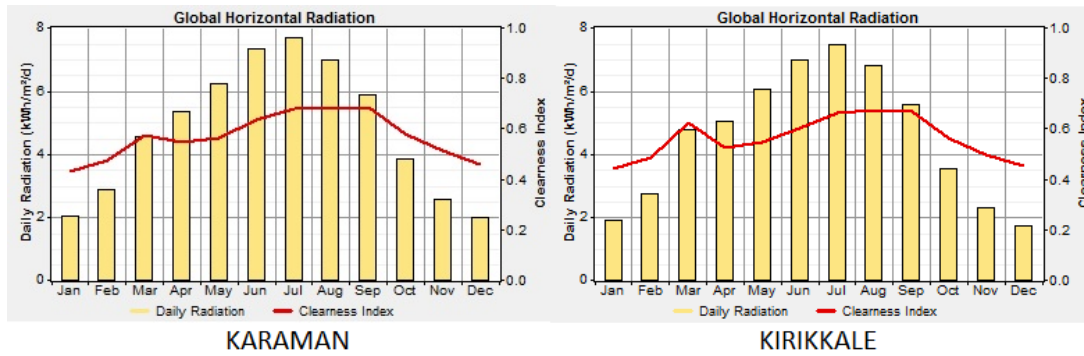
İlk yatırım maliyetinin sabit bırakıldığı ve şebekeye satış tarifesi artışının %100 olduğu senaryoda Antalya ilinde 4kW ve 5kW kapasiteli, Hatay ilinde ise sadece 5 kW kapasiteli PV sistem yatırımları cazip bulunurken, ilk yatırım maliyetinin %25 azaltılıp, şebekeye satış tarifesinin %50 artırılması ile Antalya ilinde tüm yatırımlar, Hatay ilinde ise 4kW ve 5kW kapasiteli PV sistem yatırımları cazip hale gelmiştir. Her iki senaryonun karşılaştırılması Çizelge 7.11 ile verilmiştir.

Çizelge 7.11 : Antalya ve Hatay ili optimizasyon senaryo sonuçları

Model sonuçları		3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör	
		Antalya	Hatay	Antalya	Hatay	Antalya	Hatay
Geri ödeme süresi (yr)	İlk yatırım maliyeti sabit kalıp şebekeye satış tarifesi %100 artarsa	7,14	7,86	6,42	7,02	6,27	6,84
	İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa	6,47	7,16	5,97	6,51	5,92	6,44

7.4 İç Anadolu Bölgesi Model Sonuçları

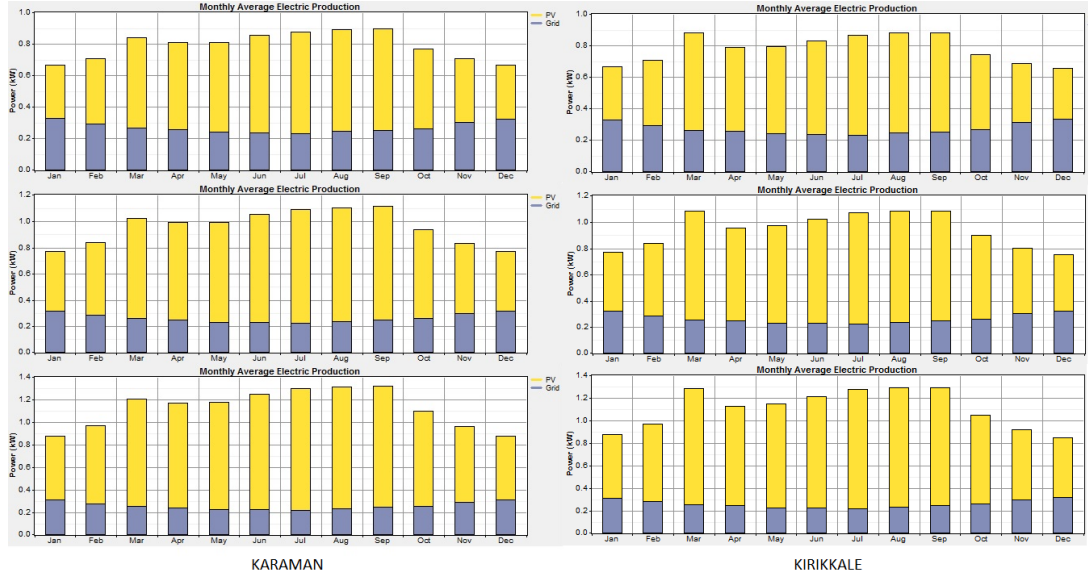
GEPA verileri dikkate alındığında Karaman ili İç Anadolu Bölgesi'nde en yüksek güneş radyasyonuna sahip il olurken, Kırıkkale ili ise en düşük güneş radyasyonuna sahip il olarak belirlenmiştir. HOMER yazılımı tarafından oluşturulan Karaman ve Kırıkkale illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi Şekil 7.7 ile verilmiştir.



Şekil 7.7 : Karaman ve Kırıkkale illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi.

Karaman ve Kırıkkale ilinde sırasıyla 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerde panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik miktarlarının şematik görünümü Şekil 7.8 ile verilmiştir. Güneş radyasyon verisi daha

yüksek olan Karaman ilinde şebekeye satılan elektrik miktarının daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 7.8 : Karaman ve Kırıkkale illerinde 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerin panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik miktarları.

Mevcut durum için model sonuçları Çizelge 7.12 ile verilmiştir. Her iki il için mevcut durumdaki ilk yatırım maliyetleri ve şebekeye satış tarifişi fotovoltaik sistem yatırımını ekonomik açıdan cazip kılmamıştır. Geri ödeme süresi Karaman ili panel kapasitesi arttıkça 14,0 yıldan 13,4 yıla düşmektedir. Kırıkkale ilinde ise panel kapasitesi arttıkça 14,5 yıldan 13,9 yıla düşmektedir.

Çizelge 7.12 : Karaman ve Kırıkkale iline ait mevcut durum model sonuçları.

Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör	
	Karaman	Kırıkkale	Karaman	Kırıkkale	Karaman	Kırıkkale
İlk yatırım maliyeti (\$)	6000		7750		9850	
Üretilen elektriğin maliyeti (\$/kWh)	0,072	0,076	0,052	0,056	0,041	0,044
Net şimdiki Değer (\$)	6564	6763	5706	5971	5196	5528
Yenilenebilir enerji yüzdesi (%)	64,6	63,9	71,6	71	76,3	75,7
Ailenin ihtiyacı olan elektrik (kWh)	4124	4124	4124	4124	4124	4124
Panelin ürettiği elektrik (kWh/yıl)	4583	4480	6111	5973	7638	7467
Şebekeden satın alınan elektrik (kWh/yıl)	2359	2377	2281	2298	2234	2248
Panel tarafından üretilen elektrikten ihtiyaç için kullanılan (kWh/yıl)	1765	1747	1843	1826	1890	1876
Panel tarafından üretip Şebekeye satılan elektrik (kWh/yıl)	2542	2464	3900	3788	5289	5143
Geri ödeme süresi	14,0	14,5	13,4	13,9	13,6	14,1

Fotovoltaik sistem yatırımları her iki il için ekonomik açıdan uygulanabilirliği ilk yatırım maliyetinin sabit kaldığı ancak şebekeye satış tarifesinin %25, %50, %75 ve %100 arttığı senaryolara göre incelenmiştir. Senaryo sonuçları Çizelge 7.13 ile verilmiştir. Şebekeye satış tarifesi artışının %100 olduğu senaryoda her iki ilde 4kW ve 5kW kapasiteli PV sistem yatırımları geri ödeme süresi 7 yıl altına düşmüştür.

Çizelge 7.13 : Karaman ve Kırıkkale iline ait şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.

Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör	
	Karaman	Kırıkkale	Karaman	Kırıkkale	Karaman	Kırıkkale
İlk yatırım maliyeti (\$)	6000		7750		9850	
Mevcut durum	14,0	14,5	13,4	13,9	13,6	14,1
Şebekeye satış tarifesi %25 artarsa	11,5	11,8	10,7	11	10,7	11
Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa	9,68	10	8,87	9,16	8,78	9,06
Şebekeye satış tarifesi %75 artarsa	8,39	8,67	7,6	7,84	7,46	7,7
Şebekeye satış tarifesi %100 artarsa	7,4	7,65	6,65	6,86	6,49	6,69

İlk yatırım maliyetleri %25 düşürülmüş ve şebekeye satış tarifesi sabit tutularak, %25 arttırılarak ve %50 arttırılarak geri ödeme süreleri her iki il içinde incelenmiştir. Senaryo sonuçları Çizelge 7.14 ile verilmiştir.

Çizelge 7.14 : Karaman ve Kırıkkale iline ait ilk yatırım maliyetleri %25 azaltılıp şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.

Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör	
	Karaman	Kırıkkale	Karaman	Kırıkkale	Karaman	Kırıkkale
İlk yatırım maliyeti %25 düşerse (\$)	4500		5815		7390	
İlk yatırım maliyeti %25 düşerse	9,34	9,63	8,96	9,24	9,12	9,41
İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %25 artarsa	7,8	8,04	7,32	7,54	7,33	7,55
İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa	6,69	6,9	6,18	6,37	6,12	6,31

İlk yatırım maliyetinin %25 azaltılıp, şebekeye satış tarifesinin %50 artırılması her iki ilde tüm yatırımların geri ödeme süresini 7 yıl altına düşürmüştür.

Geri ödeme süresinin 7 yıl altına düştüğü iki senaryonun karşılaştırılması Çizelge 7.15 ile verilmiştir.

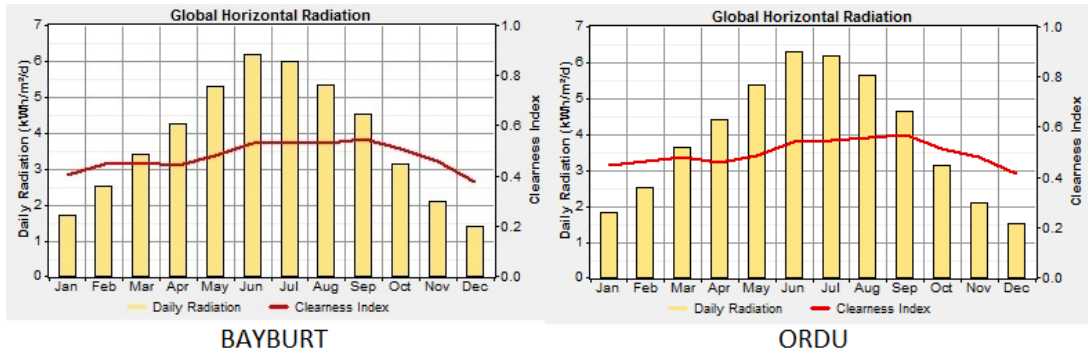
Çizelge 7.15 : Karaman ve Kırıkkale ili optimizasyon senaryo sonuçları.

Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör	
	Karaman	Kırıkkale	Karaman	Kırıkkale	Karaman	Kırıkkale
Geri ödeme süresi						
İlk yatırım maliyeti sabit kalıp şebekeye satış tarifesi %100 artarsa	7,4	7,65	6,65	6,86	6,49	6,69
İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa	6,69	6,9	6,18	6,37	6,12	6,31

İlk yatırım maliyetinin sabit bırakıldığı ve şebekeye satış tarifesi artışının %100 olduğu senaryoda her iki ilde 4kW ve 5kW kapasiteli PV sistem yatırımları cazip bulunurken, ilk yatırım maliyetinin %25 azaltılıp, şebekeye satış tarifesinin %50 artırılması ile her iki ilde tüm PV sistem yatırımları cazip hale gelmiştir.

7.5 Karadeniz Bölgesi Model Sonuçları

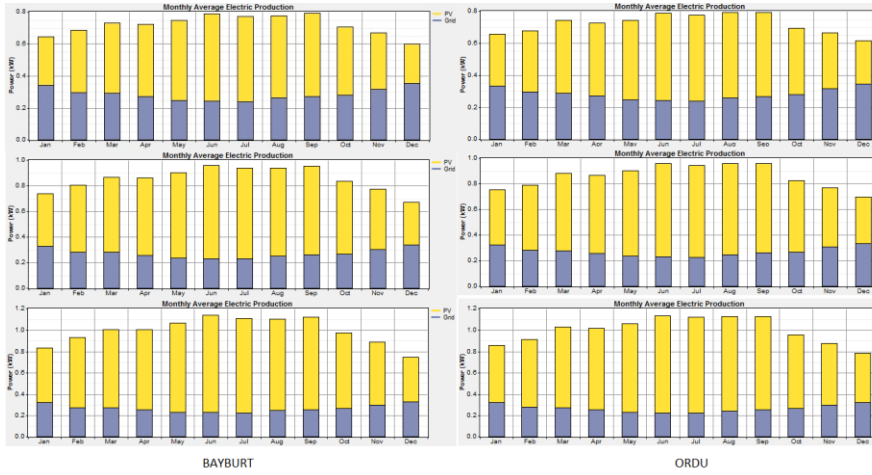
GEPA verileri dikkate alındığında Bayburt ili Karadeniz Bölgesi'nde en yüksek güneş radyasyona sahip il olurken, Ordu ili ise en düşük güneş radyasyonuna sahip il olarak belirlenmiştir. HOMER yazılımı tarafından oluşturulan Bayburt ve Ordu illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi Şekil 7.9 ile verilmiştir.



Şekil 7.9 : Bayburt ve Ordu illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi.

Bayburt ve Ordu ilinde sırasıyla 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerde panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik miktarlarının şematik

görünümü Şekil 7.10 ile verilmiştir.



Şekil 7.10 : Bayburt ve Ordu illerinde 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerin panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik miktarları.

Güneş radyasyon verisi daha yüksek olan Bayburt ilinde şebekeye satılan elektrik miktarının daha fazla olduğu görülmektedir. Mevcut durum için model sonuçları Çizelge 7.16 ile verilmiştir.

Çizelge 7.16 : Bayburt ve Ordu iline ait mevcut durum model sonuçları.

Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör	
	Bayburt	Ordu	Bayburt	Ordu	Bayburt	Ordu
İlk yatırım maliyeti (\$)	6000		7750		9850	
Üretilen elektriğin maliyeti (\$/kWh)	0,096	0,097	0,077	0,079	0,066	0,068
Net şimdiki Değer (\$)	7951	8035	7558	7670	7513	7654
Yenilenebilir enerji yüzdesi (%)	59,6	59,2	67,1	66,8	72,4	72,1
Ailenin ihtiyacı olan elektrik (kWh)	4124	4124	4124	4124	4124	4124
Panelin ürettiği elektrik (kWh/yıl)	3865	3822	5154	5096	6442	6370
Şebekeden satın alınan elektrik (kWh/yıl)	2465	2480	2371	2382	2310	2318
Panel tarafından üretilen elektrikten ihtiyaç için kullanılan (kWh/yıl)	1659	1644	1753	1742	1814	1806
Panel tarafından üretilip Şebekeye satılan elektrik (kWh/yıl)	1973	1948	3091	3047	4241	4181
Geri ödeme süresi (yıl)	18,5	18,9	17,6	17,9	17,9	18,3

Her iki il için mevcut durumdaki ilk yatırım maliyetleri ve şebekeye satış tarifesi fotovoltaik sistem yatırımını ekonomik açıdan cazip kılmamıştır. Geri ödeme süresi Bayburt ili panel kapasitesi arttıkça 18,5 yıldan 17,6 yıla düşmektedir. Ordu ilinde ise panel kapasitesi arttıkça 18,9 yıldan 17,9 yıla düşmektedir.

Fotovoltaik sistem yatırımları her iki il için ekonomik açıdan uygulanabilirliği ilk yatırım maliyetinin sabit kaldığı ancak şebekeye satış tarifesinin %25, %50, %75 ve %100 arttığı senaryolara göre incelenmiştir. Senaryo sonuçları Çizelge 7.17 ile verilmiştir. Şebekeye satış tarifesi artışları yatırımların geri ödeme süresini azaltsa da 7 yıl altına düşürmemiştir.

Çizelge 7.17 : Bayburt ve Ordu iline ait şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.

Model sonuçları		3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör	
		Bayburt	Ordu	Bayburt	Ordu	Bayburt	Ordu
İlk yatırım maliyeti (\$)		6000		7750		9850	
Geri ödeme süresi (yıl)	Mevcut durum	18,5	18,9	17,6	17,9	17,9	18,3
	Şebekeye satış tarifesi %25 artarsa	15	15,3	13,8	14,1	13,8	14,1
	Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa	12,6	12,8	11,4	11,6	11,3	11,5
	Şebekeye satış tarifesi %75 artarsa	10,9	11,1	9,76	9,92	9,53	9,69
	Şebekeye satış tarifesi %100 artarsa	9,61	9,76	8,52	8,66	8,26	8,39

İlk yatırım maliyetleri %25 düşürülmüş ve şebekeye satış tarifesi sabit tutularak, %25 arttırılarak ve %50 arttırılarak geri ödeme süreleri her iki il içinde incelenmiştir. Senaryo sonuçları Çizelge 7.18 ile verilmiştir. İlk yatırım maliyetinin %25 azaltılıp, şebekeye satış tarifesinin %50 artırılması her iki ilde yapılacak yatırımların geri ödeme süresini azaltsa da 7 yıl altına düşürmemiştir.

Çizelge 7.18 : Bayburt ve Ordu iline ait ilk yatırım maliyetleri %25 azaltılıp şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.

Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör	
	Bayburt	Ordu	Bayburt	Ordu	Bayburt	Ordu
İlk yatırım maliyeti %25 düşerse (\$)	4500		5815		7390	
Geri ödeme süresi (yıl)						
İlk yatırım maliyeti %25 düşerse	11,8	12	11,3	11,5	11,5	11,7
İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %25 artarsa	9,89	10	9,23	9,38	9,23	9,38
İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa	8,51	8,64	7,79	7,91	7,7	7,82

İlk yatırım maliyetleri %50 düşürülmüş ve şebekeye satış tarifesi sabit tutulmuş senaryo sonuçları Çizelge 7.19 ile verilmiştir.

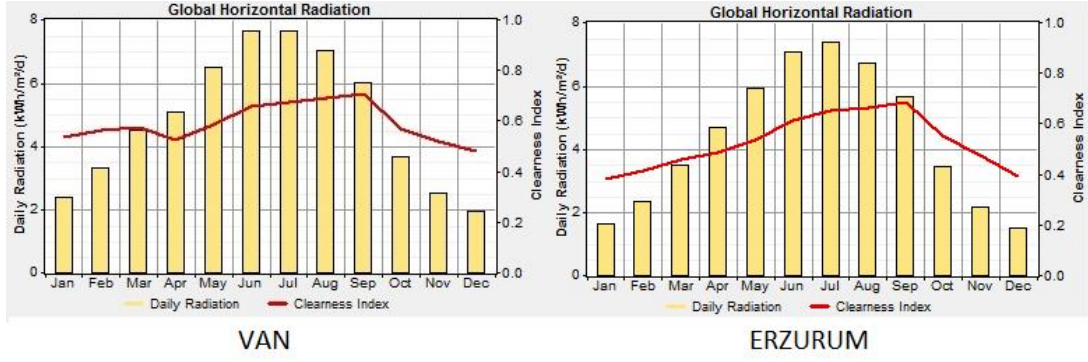
Çizelge 7.19 : Bayburt ve Ordu iline ait ilk yatırım maliyetleri %50 azaltılıp şebekeye satış tarifesi sabit bırakılan model sonuçları.

Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör	
	Bayburt	Ordu	Bayburt	Ordu	Bayburt	Ordu
İlk yatırım maliyeti %50 düşerse (\$)	3000		3875		4925	
İlk yatırım maliyeti %50 düşerse geri ödeme süresi (yıl)	6,92	7,02	6,66	6,76	6,78	6,87

Her iki ilde ilk yatırım maliyetininin %50 düşmesi ve şebekeye satış tarifesininin %25 artırılması tüm yatırımların geri ödeme süresini 7 yılın altına düşürmüştür.

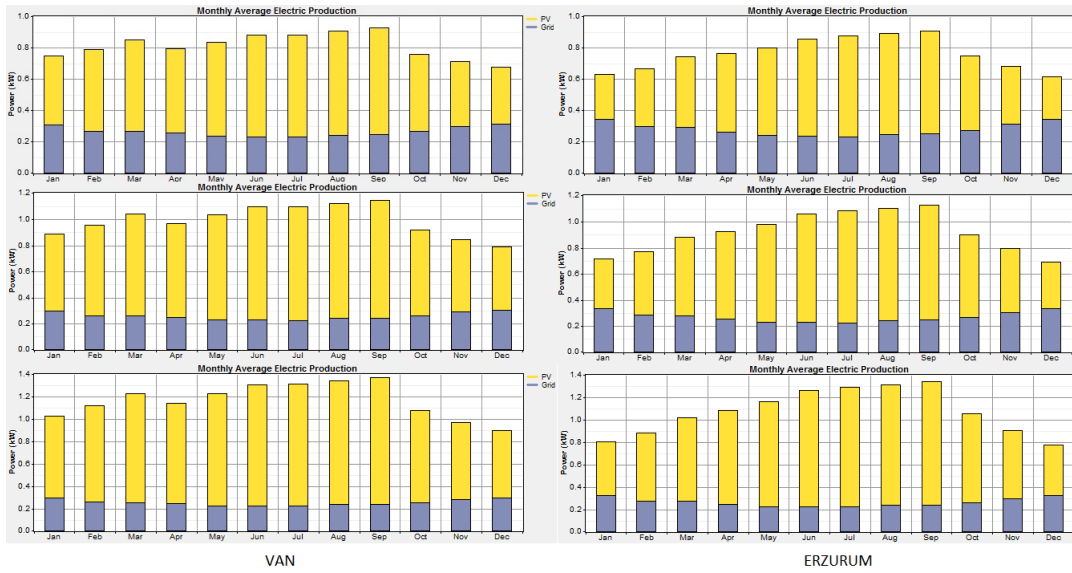
7.6 Doğu Anadolu Bölgesi Model Sonuçları

GEPA verileri dikkate alındığında Van ili Doğu Anadolu Bölgesi'nde en yüksek güneş radyasyona sahip il olurken, Erzurum ili ise en düşük güneş radyasyonuna sahip il olarak belirlenmiştir. HOMER yazılımı tarafından oluşturulan Van ve Erzurum illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi Şekil 7.11 ile verilmiştir.



Şekil 7.11 : Van ve Erzurum illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi.

Van ve Erzurum ilinde sırasıyla 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerde panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik miktarlarının şematik görünümü Şekil 7.12 ile verilmiştir. Güneş radyasyon verisi daha yüksek olan Van ilinde şebekeye satılan elektrik miktarının daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 7.12 : Van ve Erzurum illerinde 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerin panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik miktarları.

Mevcut durum için model sonuçları Çizelge 7.20 ile verilmiştir. Her iki il için mevcut durumdaki ilk yatırım maliyetleri ve şebekeye satış tarifi fotovoltaik sistem yatırımını ekonomik açıdan cazip kılmamıştır. Geri ödeme süresi Van ili panel kapasitesi arttıkça 13 yıldan 12,4 yıla düşmektedir. Erzurum ilinde ise panel kapasitesi arttıkça 15,6 yıldan 14,9 yıla düşmektedir.

Çizelge 7.20 : Van ve Erzurum iline ait mevcut durum model sonuçları.

Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör	
	Van	Erzurum	Van	Erzurum	Van	Erzurum
İlk yatırım maliyeti (\$)	6000		7750		9850	
Üretilen elektriğin maliyeti (\$/kWh)	0,066	0,081	0,045	0,062	0,033	0,050
Net şimdiki Değer (\$)	6105	7140	5093	6476	4428	6160
Yenilenebilir enerji yüzdesi (%)	66,2	62,5	72,9	69,7	77,4	74,6
Ailenin ihtiyacı olan elektrik (kWh)	4124	4124	4124	4124	4124	4124
Panelin ürettiği elektrik (kWh/yıl)	4821	4284	6428	5712	8034	7140
Şebekeden satın alınan elektrik (kWh/yıl)	2310	2420	2242	2337	2202	2283
Panel tarafından üretilen elektrikten ihtiyaç için kullanılan (kWh/yıl)	1814	1704	1882	1787	1922	1841
Panel tarafından üretilip Şebekeye satılan elektrik (kWh/yıl)	2717	2323	4160	3582	5630	4871
Geri ödeme süresi (yıl)	13	15,6	12,4	14,9	12,7	15,1

Fotovoltaik sistem yatırımları her iki il için ekonomik açıdan uygulanabilirliği ilk yatırım maliyetinin sabit kaldığı ancak şebekeye satış tarifesinin %25, %50, %75 ve %100 arttığı senaryolara göre incelenmiştir. Senaryo sonuçları Çizelge 7.21 ile verilmiştir. Şebekeye satış tarifesi artışının %75 olduğu senaryoda Van ilinde 5 kW kapasiteli PV sistem yatırımı geri ödeme süresi 7 yıl altına düşmüştür. Şebekeye satış tarifesi artışının %100 olduğu senaryoda Van ilinde tüm PV sistem yatırımları geri ödeme süresi 7 yıl altına düşerken, Erzurum ilinde geri ödeme süresini azaltsa da 7 yıl altına düşürmemiştir.

Çizelge 7.21 : Van ve Erzurum iline ait şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.

Model sonuçları		3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör	
		Van	Erzurum	Van	Erzurum	Van	Erzurum
İlk yatırım maliyeti (\$)		6000		7750		9850	
Geri ödeme süresi (yıl)	Mevcut durum	13	15,6	12,4	14,9	12,7	15,1
	Şebekeye satış tarifesi %25 artarsa	10,6	12,7	9,92	11,8	9,93	11,8
	Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa	9	10,7	8,27	9,77	8,19	9,66
	Şebekeye satış tarifesi %75 artarsa	7,81	9,25	7,08	8,35	6,96	8,19
	Şebekeye satış tarifesi %100 artarsa	6,89	8,15	6,2	7,29	6,06	7,11

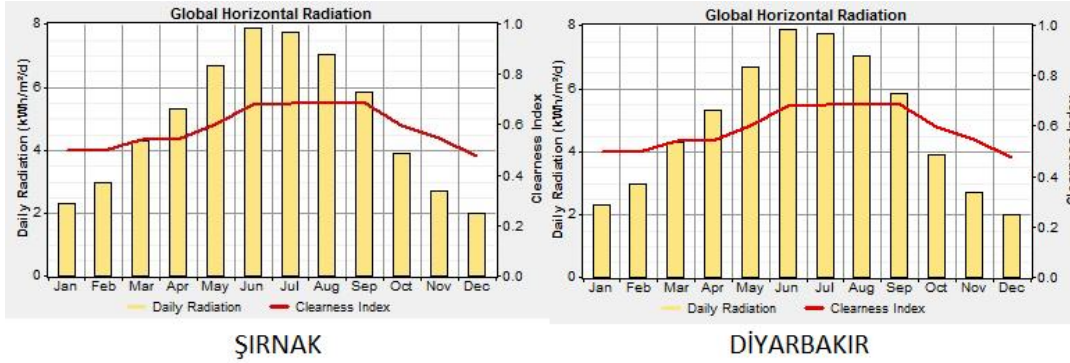
İlk yatırım maliyetleri %25 düşürülmüş ve şebekeye satış tarifesi sabit tutularak, %25 arttırılarak ve %50 arttırılarak geri ödeme süreleri her iki il içinde incelenmiştir. Senaryo sonuçları Çizelge 7.22 ile verilmiştir. İlk yatırım maliyetinin %25 azaltılıp, şebekeye satış tarifesinin %25 artırılması Van ilinde yapılacak 4kW ve 5 kW PV sistem yatırımları geri ödeme süresini 7 yıl altına düşürmüştür. Aynı sistemlerin Erzurum ilinde geri ödeme sürelerinin 7 yıl altına düşmesi için ilk yatırım maliyetinin %25 azaltılıp, şebekeye satış tarifesinin %50 artırılması gerekmektedir.

Çizelge 7.22 : Van ve Erzurum iline ait ilk yatırım maliyetleri %25 azaltılıp şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.

Model sonuçları		3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör	
		Van	Erzurum	Van	Erzurum	Van	Erzurum
İlk yatırım maliyeti %25 düşerse (\$)		4500		5815		7390	
Geri ödeme süresi (yıl)	İlk yatırım maliyeti %25 düşerse	8,74	10,2	8,39	9,82	8,54	9,99
	İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %25 artarsa	7,29	8,54	6,85	7,99	6,86	8,01
	İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa	6,26	7,33	5,79	6,75	5,74	6,69

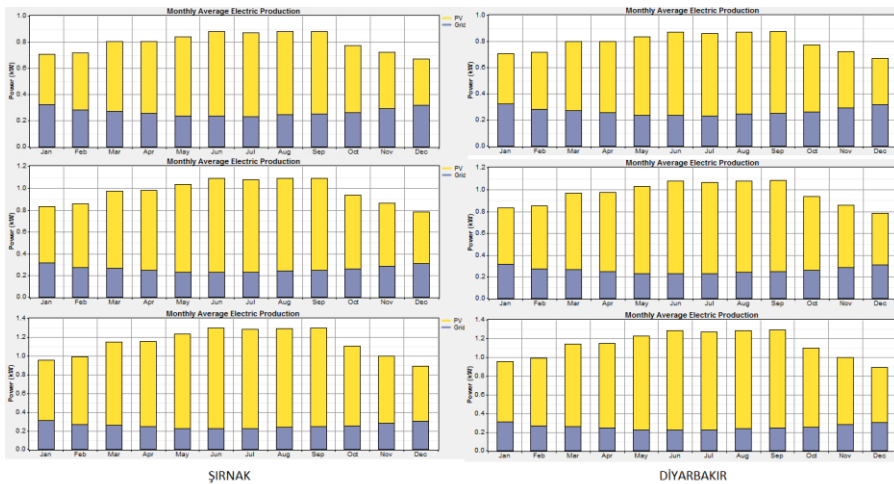
7.7 Güneydoğu Anadolu Bölgesi Model Sonuçları

GEPA verileri dikkate alındığında Şırnak ili Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde en yüksek güneş radyasyonuna sahip il olurken, Diyarbakır ili ise en düşük güneş radyasyonuna sahip il olarak belirlenmiştir. HOMER yazılımı tarafından oluşturulan Şırnak ve Diyarbakır illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi Şekil 7.13 ile verilmiştir.



Şekil 7.13 : Şırnak ve Diyarbakır illerine ait günlük güneş radyasyonu ve berraklık indeksi.

Şırnak ve Diyarbakır ilinde sırasıyla 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerde panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik miktarlarının şematik görünümü Şekil 7.14 ile verilmiştir. Güneş radyasyon verisi daha yüksek olan Şırnak ilinde şebekeye satılan elektrik miktarının daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 7.14 : Şırnak ve Diyarbakır illerinde 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli fotovoltaik sistemlerin panel tarafından üretilen ve şebekeden satın alınan aylık elektrik miktarları.

Mevcut durum için model sonuçları Çizelge 7.23 ile verilmiştir.

Çizelge 7.23 : Şırnak ve Diyarbakır iline ait mevcut durum model sonuçları.

Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör	
	Şırnak	Diyarbakır	Şırnak	Diyarbakır	Şırnak	Diyarbakır
İlk yatırım maliyeti (\$)	6000		7750		9850	
Üretilen elektriğin maliyeti (\$/kWh)	0,071	0,072	0,05	0,051	0,039	0,04
Net şimdiki Değer (\$)	6440	6511	5540	5634	4988	5106
Yenilenebilir enerji yüzdesi (%)	65,1	64,9	71,9	71,8	76,6	76,4
Ailenin ihtiyacı olan elektrik (kWh)	4124	4124	4124	4124	4124	4124
Panelin ürettiği elektrik (kWh/yıl)	4647	4611	6196	6148	7745	7685
Şebekeden satın alınan elektrik (kWh/yıl)	2339	2340	2272	2273	2230	2231
Panel tarafından üretilen elektrikten ihtiyaç için kullanılan (kWh/yıl)	1785	1784	1852	1851	1894	1893
Panel tarafından üretilip Şebekeye satılan elektrik (kWh/yıl)	2583	2550	3972	3927	5386	5330
Geri ödeme süresi (yıl)	13,7	13,9	13,1	13,3	13,4	13,5

Her iki il için mevcut durumdaki ilk yatırım maliyetleri ve şebekeye satış tarifesi fotovoltaik sistem yatırımını ekonomik açıdan cazip kılmamıştır. Geri ödeme süresi Şırnak ili panel kapasitesi arttıkça 13,7 yıldan 13,1 yıla düşmektedir. Diyarbakır ilinde ise panel kapasitesi arttıkça 13,9 yıldan 13,3 yıla düşmektedir.

Fotovoltaik sistem yatırımları her iki il için ekonomik açıdan uygulanabilirliği ilk yatırım maliyetinin sabit kaldığı ancak şebekeye satış tarifesinin %25, %50, %75 ve %100 arttığı senaryolara göre incelenmiştir. Senaryo sonuçları Çizelge 7.24 ile verilmiştir. Şebekeye satış tarifesi artışının %100 olduğu senaryoda her iki ilde 4kW ve 5kW kapasiteli PV sistem yatırımları geri ödeme süresi 7 yıl altına düşmektedir.

Çizelge 7.24 : Şırnak ve Diyarbakır iline ait şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.

Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör	
	Şırnak	Diyarbakır	Şırnak	Diyarbakır	Şırnak	Diyarbakır
İlk yatırım maliyeti (\$)	6000		7750		9850	
Mevcut durum	13,7	13,9	13,1	13,3	13,4	13,5
Şebekeye satış tarifesi %25 artarsa	11,2	11,4	10,5	10,6	10,5	10,6
Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa	9,49	9,61	8,7	8,8	8,61	8,71
Şebekeye satış tarifesi %75 artarsa	8,23	8,33	7,45	7,54	7,32	7,4
Şebekeye satış tarifesi %100 artarsa	7,26	7,35	6,52	6,6	6,36	6,43

İlk yatırım maliyetleri %25 düşürülmüş ve şebekeye satış tarifesi sabit tutularak, %25 arttırılarak ve %50 arttırılarak geri ödeme süreleri her iki il içinde incelenmiştir. Senaryo sonuçları Çizelge 7.25 ile verilmiştir. İlk yatırım maliyetinin %25 azaltılıp, şebekeye satış tarifesinin %50 artırılması her iki ilde yapılacak yatırımların tümünde geri ödeme süresi 7 yıl ve altına düşmüştür.

Çizelge 7.25 : Şırnak ve Diyarbakır iline ait ilk yatırım maliyetleri %25 azaltılıp şebekeye satış tarifesi artırılan model sonuçları.

Model sonuçları	3kW panel – 3 kW invertör		4kW panel – 4 kW invertör		5kW panel – 5 kW invertör	
	Şırnak	Diyarbakır	Şırnak	Diyarbakır	Şırnak	Diyarbakır
İlk yatırım maliyeti %25 düşerse (\$)	4500		5815		7390	
İlk yatırım maliyeti %25 düşerse	9,17	9,27	8,8	8,89	8,96	9,05
İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %25 artarsa	7,66	7,74	7,18	7,26	7,19	7,27
İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa	6,58	6,65	6,07	6,13	6,01	6,08

7.8 İncelenen Senaryoların Ekonomik Açıdan Birbiriyle Karşılaştırılması

Fotovoltaik sistem kurulumlarında geri ödeme süresini etkileyen en önemli iki unsur şebekeye satış tarifesi ve ilk yatırım maliyetidir. Yatırım yapılacak bölgenin radyasyon verisi, enlemi, nem oranı, bulutlu gün sayısı gibi birçok faktör panellerin elektrik üretimini etkilemektedir. 5 kW kapasiteli fotovoltaik çatı üstü panellerin mevcut durumda geri ödeme süresi Çizelge 7.26 ile verilmiştir.

İncelenen illerde enlem ve radyasyon verileri dikkate alındığında, enlem yükseldikçe geri ödeme süresinin bazı illerde arttığı ve radyasyon verisi yüksek olan bazı illerde yapılacak panel yatırımlarının ise radyasyon verisi düşük olan illere göre daha kısa sürede kendisini ödediği görülmektedir. Ancak, sadece enlem ve radyasyon verisine göre genelleme yapılması mümkün olmamıştır. Panel performansını etkileyen nem, bulutluluk gibi diğer faktörlerin etkisi de ayrıca araştırılmalıdır.

Çizelge 7.26 : İncelenen illere ait enlemler ve mevcut durum (5kW için) geri ödeme süresi.

Coğrafi bölge	Seçilen il	Enlem (Kuzey)	Radyasyon verisi	Geri ödeme süresi
Akdeniz Bölgesi	Antalya	36° 53,05'	1646	13,1
Akdeniz Bölgesi	Hatay	36° 12,00'	1536	14,5
Ege Bölgesi	Denizli	37° 46,59'	1591	12,9
İç Anadolu Bölgesi	Karaman	37° 10,56'	1660	13,6
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	Şırnak	37° 30,98'	1601	13,4
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	Diyarbakır	37° 54,86'	1473	13,5
Doğu Anadolu Bölgesi	Van	38° 29,65'	1652	12,7
Ege Bölgesi	Manisa	38° 37,15'	1486	13,5
Doğu Anadolu Bölgesi	Erzurum	39° 54,52'	1393	15,1
İç Anadolu Bölgesi	Kırıkkale	39° 50,81'	1460	14,1
Marmara Bölgesi	İstanbul	40° 59,91'	1612	16,3
Karadeniz Bölgesi	Bayburt	40° 15,31'	1529	17,9
Karadeniz Bölgesi	Ordu	40° 59,03'	1303	18,3
Marmara Bölgesi	Edirne	41° 40,00'	1319	18,6

Türkiye'nin farklı coğrafi bölgelerinden seçilen toplam 14 ilde yapılması planlanan çatı üstü fotovoltaik sistem yatırımları mevcut durumda ve 10 farklı senaryoda irdelenmiştir. 7 yıl ve altında geri ödeme süresinin saptandığı senaryolar ekonomik açıdan yatırımı cazip kılmıştır. Optimizasyon senaryolarının özeti Çizelge 7.27 ile verilmiştir.

Ege ve Doğu Anadolu Bölgeleri haricindeki bölgelerde seçilen illerin güneş radyasyonu farklılığı geri ödeme süresi üzerinde etkili olmamıştır. Ege ve Doğu Anadolu Bölgeleri haricindeki bölgelerde güneş radyasyon verisi düşük ve yüksek olan illerde geri ödeme süresini 7 yıl ve altına düşürmek için yapılan optimizasyon sonuçları benzer sonuçlar vermiştir.

Çizelge 7.27 : Tüm iller için optimizasyon senaryolarının özeti.

Bölge	İl	Geri ödeme süresi 7 yıl ve altında kalan senaryo
Marmara Bölgesi	İstanbul	İlk yatırım maliyeti %50 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi sabit
	Edirne	
Ege Bölgesi	Denizli	Şebekeye satış tarifesi %100 artarsa ya da İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %25 artarsa
	Manisa	Şebekeye satış tarifesi %100 artarsa ya da İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa
	Antalya	Şebekeye satış tarifesi %100 artarsa ya da
Akdeniz Bölgesi	Hatay	İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa
	Karaman	
İç Anadolu Bölgesi	Kırıkkale	İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa
	Bayburt	
Karadeniz Bölgesi	Ordu	İlk yatırım maliyeti %50 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi sabit
	Van	
Doğu Anadolu Bölgesi	Erzurum	İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %25 artarsa İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa
	Şırnak	
	Diyarbakır	
Güneydoğu Anadolu Bölgesi		Şebekeye satış tarifesi %100 artarsa ya da İlk yatırım maliyeti %25 düşerse ve Şebekeye satış tarifesi %50 artarsa

Geri ödeme süresinin düşürülebilmesi için mevcut durumda en fazla iyileştirme yapılması gereken coğrafi bölge Karadeniz ve Marmara Bölgesi olmuştur. Bahsi geçen bölgelerde güneş radyasyonu en yüksek olan İstanbul ve Bayburt ili ile güneş radyasyonu en düşük olan Edirne ve Ordu'da yapılacak PV sistem yatırımları şebeke satış tarifesinin sabit tutulduğu ancak ilk yatırım maliyetinin %50 düşürüldüğü senaryoda cazip olmaktadır.

Akdeniz Bölgesi, İç Anadolu Bölgesi ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ilk yatırım maliyeti sabit bırakılıp şebekeye satış tarifesinin %100 arttırılması ya da ilk yatırım maliyetinin %25 azalması ve şebekeye satış tarifesinin %50 arttırılması ile geri ödeme süresi 7 yıl altına düşürülebilmektedir.

Ege Bölgesi'nde ilk yatırım maliyeti sabit bırakılıp şebekeye satış tarifesinin %100 arttırılması ile bu bölgede seçilen illerde yapılacak yatırımlar 7 yıl altına düşürülebilmştir. Alternatif senaryo olan ilk yatırım maliyetinin azaltılarak şebekeye satış tarifesinin artırıldığı durumda güneş radyasyon farklılığı geri ödeme süresini etkilemiştir. Radyasyon değeri yüksek olan Denizli ilinde ilk yatırım maliyetinin %25 azalması ve şebekeye satış tarifesinin %25 arttırılması ile geri ödeme süresi 7 yıl altına düşürülebilirken, radyasyon değeri düşük olan Manisa ilinde şebekeye satış tarifesinin %50 arttırılması gerekmektedir.

Doğu Anadolu Bölgesi'nde ilk yatırım maliyeti sabit bırakılıp şebekeye satış tarifesinin %75 arttırılması ile güneş radyasyon değeri yüksek olan Van ilinde geri ödeme süresi 7 yıl altına düşürülebilmştir. Alternatif senaryo olan ilk yatırım maliyetinin azaltılarak şebekeye satış tarifesinin artırıldığı durumda ise Van ilinde ilk yatırım maliyetinin %25 azalması ve şebekeye satış tarifesinin %25 arttırılması yeterli olurken, güneş radyasyon değeri düşük olan Erzurum ilinde ise şebekeye satış tarifesinin %50 arttırılması gerekmektedir.

7.9 İncelenen Senaryoların Çevresel Açından Birbiriyle Karşılaştırılması

Türkiye'de şebekeden karşılanan kWh başına 472 g CO₂ emisyonu havaya salınmaktadır (International Energy Agency, 2013b). Farklı kapasitelere sahip PV sistemler çevresel açıdan değerlendirildiğinde ilk yatırım maliyeti daha yüksek olsa da yüksek kapasiteli PV sistemlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Bunun sebebi, PV sistem kapasitesi arttıkça panel tarafından üretilen elektrik miktarında artacak ve elektrik kullanımı dolayısıyla ortaya çıkan CO₂ salınımı azalacaktır. Çalışma kapsamında incelenen illerde 3 kW, 4kW ve 5 kW kapasiteli PV sistem kurulumu ile CO₂ salınımında gerçekleşecek azalış Çizelge 7.28, Çizelge 7.29 ve Çizelge 7.30 ile verilmiştir.

Seçili illerde 3kW kapasiteli fotovoltaiik sistem yatırımı yapıldığında 1,6 ton ile 2,1 ton arasında yıllık CO₂ emisyonu salınımı azaltılmış olacaktır. Seçili illerde 4kW kapasiteli fotovoltaiik sistem yatırımı yapıldığında 2,2 ton ile 2,8 ton arasında yıllık CO₂ emisyonu salınımı azaltılmış olacaktır. Seçili illerde 5kW kapasiteli fotovoltaiik sistem yatırımı yapıldığında ise 2,7 ton ile 3,5 ton arasında yıllık CO₂ emisyonu salınımı azaltılmış olacaktır.

Çizelge 7.28 : İncelenen illerde 3 kW kapasiteli PV sistem kurulumu ile CO₂ salınımlarında gerçekleşecek azalış.

Coğrafi bölge	Seçilen il	Panelden karşılanacak elektrik miktarı (kWh/yıl)	Panel tarafından üretilip şebekeye satılan elektrik (kWh/yıl)	CO ₂ salınımlarında gerçekleşecek azalış (kg CO ₂ /yıl)
Marmara Bölgesi	İstanbul	1669	2181	1817,2
	Edirne	1617	1933	1675,6
Ege Bölgesi	Denizli	1798	2683	2115,0
	Manisa	1769	2580	2052,7
Akdeniz Bölgesi	Antalya	1806	2621	2089,5
	Hatay	1758	2388	1956,9
İç Anadolu Bölgesi	Karaman	1765	2542	2032,9
	Kırıkkale	1747	2464	1987,6
Karadeniz Bölgesi	Bayburt	1659	1973	1714,3
	Ordu	1644	1948	1695,4
Doğu Anadolu Bölgesi	Van	1814	2717	2138,6
	Erzurum	1704	2323	1900,7
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	Şırnak	1785	2583	2061,7
	Diyarbakır	1784	2550	2045,6

Çizelge 7.29 : İncelenen illerde 4 kW kapasiteli PV sistem kurulumu ile CO₂ salınımlarında gerçekleşecek azalış.

Coğrafi bölge	Seçilen il	Panelden karşılanacak elektrik miktarı (kWh/yıl)	Panel tarafından üretilip şebekeye satılan elektrik (kWh/yıl)	CO ₂ salınımlarında gerçekleşecek azalış (kg CO ₂ /yıl)
Marmara Bölgesi	İstanbul	1761	3373	2423,2
	Edirne	1717	3017	2234,4
Ege Bölgesi	Denizli	1874	4100	2819,7
	Manisa	1847	3952	2737,1
Akdeniz Bölgesi	Antalya	1883	4019	2785,7
	Hatay	1833	3696	2609,7
İç Anadolu Bölgesi	Karaman	1843	3900	2710,7
	Kırıkkale	1826	3788	2649,8
Karadeniz Bölgesi	Bayburt	1753	3091	2286,4
	Ordu	1742	3047	2260,4
Doğu Anadolu Bölgesi	Van	1882	4160	2851,8
	Erzurum	1787	3582	2534,2
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	Şırnak	1852	3972	2748,9
	Diyarbakır	1851	3927	2727,2

Çizelge 7.30 : İncelenen illerde 5 kW kapasiteli PV sistem kurulumu ile CO₂ salınımlarında gerçekleşecek azalış.

Coğrafi bölge	Seçilen il	Panelden karşılanacak elektrik miktarı (kWh/yıl)	Panel tarafından üretilip şebekeye satılan elektrik (kWh/yıl)	CO ₂ salınımlarında gerçekleşecek azalış (kg CO ₂ /yıl)
Marmara Bölgesi	İstanbul	1819	4598	3028,8
	Edirne	1782	4136	2793,3
Ege Bölgesi	Denizli	1919	5548	3524,4
	Manisa	1894	5355	3421,5
Akdeniz Bölgesi	Antalya	1928	5450	3482,4
	Hatay	1881	5030	3261,9
İç Anadolu Bölgesi	Karaman	1890	5289	3388,5
	Kırıkkale	1876	5143	3312,9
Karadeniz Bölgesi	Bayburt	1806	4181	2825,9
	Ordu	1814	4241	2857,9
Doğu Anadolu Bölgesi	Van	1922	5630	3564,5
	Erzurum	1841	4871	3168,1
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	Şırnak	1894	5386	3436,2
	Diyarbakır	1893	5330	3409,3

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, her bir coğrafi bölgede seçilen en düşük ve en yüksek güneş radyasyonuna göre seçilen pilot illerde, bir hanenin elektrik ihtiyacının 3kW, 4kW ve 5kW kapasiteli çatı üstü fotovoltaik sistemlerle karşılanması HOMER yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Türkiye’de mevcut durumda çatı üstü fotovoltaik sistem yatırımlarının geri ödeme süresi 12,4 yıl ve üzerinde olması dolayısıyla ekonomik açıdan cazip bulunmamaktadır. Ancak, bunun sebebi Türkiye’de fotovoltaik sektörünü canlandırmaya yönelik olan şebekeye satış tarifesinin, çalışma kapsamında incelenen Almanya, İtalya, Fransa ve İspanya’da uygulanmaya başlandığı yıllara göre çok düşük olmasıdır. Almanya’da ve İtalya’da özellikle çatı üstü fotovoltaik sistemlere yönelik programlar geliştirilerek, çatı üstü uygulamaları cazip hale getirilmeye çalışılmış ve hedefler tutturulmuştur. Fransa’da ise çatı üstü uygulamalarına özel olarak 120 MW kapasiteye ulaşma hedefi belirlenmiş ve bu hedefin 2015 yılı sonuna kadar tutturulması amaçlanmıştır. İspanya’da şebekeye satış tarifesi geçerliliği diğer Avrupa ülkelerine göre 5 yıl daha fazla (25 yıl) olarak belirlenmiş ve 3000 m² ve üzeri binalarda fotovoltaik sistem uygulamaları zorunlu hale getirilmiştir. Türkiye’de şebekeye satış tarifesi teşviği haricinde çatı üstü fotovoltaik sistemlere özgü bir teşvik programı oluşturulması gerekmektedir. Çatı üstü PV uygulamalarına özel teşvik programlarının oluşturulması geri ödeme sürelerini düşürecek bir adım olacaktır.

Türkiye’nin her bir coğrafi bölgesinde ilk yatırım maliyeti ve karşılanacak otonom yükü aynı olan fotovoltaik sistem yatırımlarının geri ödeme sürelerinde farklılıklar görülmüştür. Bu farklılığın temel sebebi seçilen her ilin farklı güneş radyasyon değerlerine sahip olmasıdır. Farklı bölgelerde farklı şebekeye satış tarifesinin uygulanması Türkiye genelinde fotovoltaik yatırımları yaygınlaştıracaktır. Geri ödeme süresi mevcut durumda yüksek çıkan Karadeniz (Bayburt: 18,5 yıl ve Ordu: 18,9 yıl) ve Marmara Bölgeleri (İstanbul: 16,8 yıl ve Edirne: 19,3 yıl) için daha yüksek şebekeye satış tarifesi uygulanması bu bölgelerdeki yatırımları, Ege (Denizli: 13,2 yıl ve Manisa: 13,8 yıl) ve Doğu Anadolu Bölgeleri’nde (Van: 13 yıl ve Erzurum: 15,6 yıl) yapılacak yatırımlar gibi cazip hale getirebilecektir. Aynı şekilde güneş

radasyonu düşük olan illere daha yüksek şebekeye satış tarifesi belirlenmesi, bu illerde yapılacak yatırımları güneş radasyonu yüksek olan illerdeki gibi cazip hale getirerek PV sektörünün yaygınlaşmasını sağlayacaktır.

Bu çalışmada 3kW, 4kW ve 5kW kapasitelere sahip PV sistemler incelenmiş ve geri ödeme sürelerinin kapasite arttıkça düştüğü gözlenmiştir. Seçili illerde 3kW kapasiteli fotovoltaik sistem yatırımı yapıldığında 1,6 ton ile 2,1 ton arasında, 4kW kapasiteli fotovoltaik sistem yatırımı yapıldığında 2,2 ton ile 2,8 ton arasında ve 5kW kapasiteli fotovoltaik sistem yatırımı yapıldığında 2,7 ton ile 3,5 ton arasında yıllık CO₂ emisyonu salınımı azaltılmış olacaktır. Dolayısıyla, çevresel açıdan değerlendirildiğinde ilk yatırım maliyeti daha yüksek olsa da 5kW kapasiteli PV sistemlerin tercih edilmesi gerekmektedir.

Görüldüğü üzere çatı üstü PV sistem uygulamalarının Türkiye’de cazip hale getirilmesi çevresel açıdan küresel ısınmanın önüne geçilmesinde önemli bir adım olacaktır. Buna ek olarak Türkiye’nin elektrik üretiminde fosil yakıtlara bağımlılığı da azaltılmış olacaktır.

KAYNAKLAR

- 1991-2000 National Energy Plan.** (1991). *European Environment Agency*. Member State/Technology Examples of Successful Penetration. Alındığı tarih: 08.08.2014, adres: http://www.eea.europa.eu/publications/environmental_issue_report_2001_27/Issues_No_27_05.pdf
- 2005-2010 Renewable Energy Plan.** (2005). *IEA/IRENA*. Global Renewable Energy Joint Policies and Measures Database. Alındığı tarih: 29.07.2014, adres: <http://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/spain/name-22830-en.php>
- 2011-2020 Renewable Energy Plan.** (2011). *IEA/IRENA*. Global Renewable Energy Joint Policies and Measures Database. Alındığı tarih: 09.08.2014, adres: <http://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/spain/name-24877-en.php>
- 5346 sayılı YEK Kanunu.** (2005). 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.
- 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu.** (2007). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı - Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü.
- ADEME.** (2013). Photovoltaic Power Applications in France National Survey Report 2012.
- Avirl, S., Mansilla, C., Busson, M. and Lemaire, T.** (2012). Photovoltaic energy policy: Financial estimation and performance comparison of the public support in five representative countries. *Energy Policy*, Sf. 244-258.
- Avrupa Yenilenebilir Enerji Konseyi.** (2010). *Re-thinking 2050*. A 100% Renewable Energy Vision for the European Union. Alındığı tarih: 15.08.2014, adres: http://www.erec.org/fileadmin/erec_docs/Documents/Publications/Re-Thinking2050_full%20version_final.pdf
- Campoccia, A., Dusonchet, L., Telaretti, E. and Zizzo G.** (2014). An analysis of feed-in tariffs for solar PV in six representative countries of the European Union. *Solar Energy*, Cilt 107, Sf. 530-542.
- Campoccia, A., Dusonchet, L., Telaretti, E. and Zizzo G.** (2009). Comparative analysis of different supporting measures for the production of electrical energy by solar PV and Wind systems: Four representative European cases. *Solar Energy*, Cilt 83, Sf. 287-297.
- Chang, T. P.** (2009). The gain of single-axis tracked panel according to extraterrestrial radiation. *Applied Energy*. Cilt 86, Sf. 1074-1079.
- ÇŞB 2011-2023 İklim Değişikliği Eylem Planı.** (2011). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Ankara
- Deloitte.** (2011). *Yenilenebilirler İçin Yeni Hayat*. Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Beklentiler. Alındığı tarih: 02.09.2014, adres: <http://www.deloitte.com/assets/Dcom->

Turkey/Local%20Assets/Documents/turkey_tr_enerjisektoru_yenilene
bilirenerji_060511.pdf

- Eichelbröner M. and Spitzley J.** (2012). German Experience on the Support Mechanism and Technical Aspects of Grid Connectivity of Solar PV Rooftop-Systems. Alman Uluslararası İşbirliği Kurumu (GIZ). Delhi.
- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi.** (2012). *Enerji Raporu 2012*. Alındığı tarih: 05.09.2014, adres: <http://dektmk.org.tr/upresimler/enerjirapor2012.pdf>
- Dusonchet L. and Telaretti E.** (2010). Economic analysis of different supporting policies for the production of electrical energy by solar photovoltaics in western European Union countries. *Energy Policy*. Cilt **38**, Sf. 3297–3308.
- Dusonchet L. and Telaretti E.** (2014). Comparative economic analysis of support policies for solar PV in the most representative EU countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Sf. 986-998.
- Electricity Feed-In Law.** (1991). *IEA/IRENA*. Joint Policies and Measures Database. Alındığı tarih: 05.09.2014, adres: <http://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/germany/name-21002-en.php>
- Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Stratejisi Belgesi.** (2009). TC Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı Yüksek Planlama Kurulu Sekreteryası. Ankara.
- Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği.** (2002). Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.
- Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ).** (2013). *Elektrik Üretim Sektör Raporu*. Alındığı tarih: 09.09.2014, adres: http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Sektor_Raporu_EUAS_2013.pdf
- Energy Informative Organization.** (2013a). *The Homeowner's Guide to Solar Panels*. Which Solar Panel Type is Best? Mono- vs. Polycrystalline vs. Thin Film.. Alındığı tarih: 12.09.2014, adres: <http://energyinformative.org/best-solar-panel-monocrystalline-polycrystalline-thin-film/>
- Energy Informative Organization.** (2013b). *The Homeowner's Guide to Solar Panels*. Solar Cell Comparison Chart – Mono-, Polycrystalline and Thin Film. Alındığı tarih: 12.09.2014, adres: <http://energyinformative.org/solar-cell-comparison-chart-mono-polycrystalline-thin-film/>
- ETKB 2010-2014 Stratejik Planı.** (2010). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Ankara.
- ETSAP and IRENA.** (2013). Solar Photovoltaics Technology Brief. The International Renewable Energy Agency (IRENA) and The Energy Technology Systems Analysis Programme (ETSAP).
- European Commission PV Policy Group.** (2006). European Best Practice Report- Assessment of 12 national policy frameworks for photovoltaics Country Analyses. PV Policy Group Improving the European and National Support Systems for Photovoltaics.
- European Photovoltaic Industry Association.** (2014). *Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018*. Alındığı tarih: 15.09.2014, adres: <http://www.epia.org/index.php>

- France National Renewable Energy Action Plan.** (2010). *IEA/IRENA*. Joint Policies and Measures Database. Alındığı tarih: 20.09.2014, adres: <http://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/france/name-39508-en.php>
- German Solar Industry Association.** (2014). *Statistic data on the German - Solar power (photovoltaic) industry*. Alındığı tarih: 22.09.2014, adres: http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/2013_2_BSW-Solar_fact_sheet_solar_power.pdf
- GÜNDER.** (2014). *Güneş Haber*. Türkiye'nin Güneşi Enerjimiz Olsun. Alındığı tarih: 03.10.2014, adres: <http://www.guneshaber.net/haber/2419-roportajlar-turkiye39nin-gunesi-enerji39miz-olsun.html>
- HOMER Energy.** (2011). *A New Look for HOMER News*. Alındığı tarih: 06.10.2014, adres: http://www.homerenergy.com/email/homer_news_June2011.html
- HOMER Energy.** (2014). *The HOMER Software*. Alındığı tarih: 06.10.2014, adres: <http://www.homerenergy.com/software.html>
- International Energy Agency.** (2012). *100.000 Roofs Solar Power Programme*. Alındığı tarih: 02.10.2014, adres: <http://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/germany/name-21000-en.php>
- International Energy Agency.** (2013a). *Trends 2013 in Photovoltaic Applications*. Alındığı tarih: 13.10.2014, adres: http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/FINAL_TRENDS_v1.02.pdf
- International Energy Agency.** (2013b). *IEA Statistics*. CO₂ Emissions From Fuel Combustion Highlights 2013 Edition. Alındığı tarih: 02.11.2014, adres: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/co2emissionsfromfuelcombustionhighlights2013.pdf>
- International Energy Agency.** (2014a). National Survey Report of PV Power Applications in Spain 2013. UNEF and Universidad Carlos III de Madrid.
- International Energy Agency.** (2014b). National Survey Report of PV Power Applications in France 2013. The French Agency for Environment and Energy management (ADEME) and IEA.
- International Energy Agency.** (2014c). National Survey Report of PV Power Applications in Italy 2013. ENEA, GSE, RSE and IEA.
- International Energy Agency.** (2014d). National Survey Report of PV Power Applications in Germany 2013.
- International Energy Agency.** (2014e). Technology Roadmap Solar Photovoltaic Energy. 2014.
- International Energy Agency PVPS.** (2014). *IEA Photovoltaic Power Systems Programme*. Alındığı tarih: 05.10.2014, adres: <http://www.iea-pvps.org/index.php>
- Italy National Renewable Energy Action Plan.** (2010). *IEA/IRENA*. Joint Policies and Measures Database. Alındığı tarih: 06.10.2014, adres: <http://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/italy/name-39509-en.php>
- Italy's National Energy Strategy.** (2013). *IEA/IRENA*. Joint Policies and Measures Database. Alındığı tarih: 06.10.2014, adres:

<http://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/italy/name-47599-en.php>

Le Grenelle de L'environnement. (2007). *IEA/IRENA. Joint Policies and Measures Database.* Alındığı tarih: 07.10.2014, adres: <http://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/france/name-24039-en.php>

Li-DER. (2014). *Lisansız Elektrik Üretim Derneği. Lisansız Elektrik Üretimi Başvuruları.* Alındığı tarih: 08.10.2014, adres: <http://www.lisanssizelektrik.org/lisanssiz-elektrik-uretimi-basvurulari/>

Mariz-Pérez, C. and García-Alvarez, V. (2012). Analysis of the success of feed-in tariff for renewable energy promotion mechanism in the EU: lessons from Germany and Spain. *Procedia - Social and Behavioral Sciences.* Cilt **65.** Sf. 52-57.

OKTİK Ş. (2013). Güneş Enerjisinden Doğrudan Elektrik Enerjisi Üretme (Fotovoltaik) Sektörü ve LED, OLED Aydınlatmada Uygulamaları. Güneş Enerjisi Sanayicileri ve Endüstrisi Derneği.

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. (2013). *REN 21. Renewables 2013 Global Status Report.* Alındığı tarih: 02/09/2014. adres: http://www.ren21.net/portals/0/documents/resources/gsr/2013/gsr2013_lowres.pdf

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. (2014). *REN 21. Renewables 2014 Global Status Report.* Alındığı tarih: 02/09/2014. adres: http://www.ren21.net/portals/0/documents/resources/gsr/2014/gsr2014_full%20report_low%20res.pdf

Renewable Energy Sources Act. (2014). *Renewable Energy Sources Act 2014 - Overview of the most important changes.* Alındığı tarih: 03/09/2014. adres: http://www.goerg.de/en/news/legal_updates/german_renewable_energy_sources_act_2014.40797.html

Renewable Energy Sources Act. (2004). *IEA/IRENA. Joint Policies and Measures Database.* Alındığı tarih: 08/09/2014. adres: <http://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/germany/name-22369-en.php>

Renewable Energy Sources Act. (2012). *IEA/IRENA. Joint Policies and Measures Database.* Alındığı tarih: 08/09/2014. adres: <http://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/germany/name-25107-en.php>

Solar Cell Central. (2014). *Solar In-Depth The Sun's Energy.* Alındığı tarih: 03/10/2014. adres: http://solarcellcentral.com/solar_page.html

Solar Energy Industries Association. (2013). *Photovoltaic (Solar Electric).* Alındığı tarih: 26/09/2014. adres: <http://www.seia.org/policy/solar-technology/photovoltaic-solar-electric>

Solar Marketi Alternatif Enerji Ürünleri Marketi. (2014). *On-Grid İnverterler (Şebekeye Bağlı).* Alındığı tarih: 03/10/2014. adres: http://www.solarmarketi.com/On-Grid-Inverterler-Sebekeye-Bagli,LA_288-2.html#labels=288-2

SOLAR TR Uluslararası Konferansı. (2014). *SolarTR 2014.* 19 - 21 Kasım'da İzmir'de Yapılıyor. Alındığı tarih: 05/10/2014. adres:

- <http://haber.stargazete.com/eg/solartr-2014-19--21-kasimda-izmirde-yapiliyor/haber-954334>
- Technical Building Code.** (2007). *IEA/IRENA. Joint Policies and Measures Database.*
Alındığı tarih: 05/10/2014. adres: <http://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/spain/name-22827-en.php>
- TEDAŞ.** (2014). *01/01/2014 Tarihinden İtibaren Uygulanacak Fonsuz Tarifeler.*
Alındığı tarih: 02/11/2014. adres: www.tedas.gov.tr/BilgiBankasi/KitaplikElektrikTarifeleri/Tablolar.xls
- The European Parliament and of the Council.** (2009). *EUR-Lex. Directive 2009/28/EC.* Alındığı tarih: 20/10/2014. adres: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32009L0028>
- Türkiye 2010-2020 İklim Değişikliği Stratejisi.** (2010). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Ankara
- Uluslararası Enerji Ajansı (IEA).** (2013). Trends 2013 in Photovoltaic Applications.
- US Department of Energy.** (2012). *Off-Grid or Stand-Alone Renewable Energy Systems.* Alındığı tarih: 12/10/2014. adres: <http://energy.gov/energysaver/articles/grid-or-stand-alone-renewable-energy-systems>
- US Department of Energy.** (2013). *Photovoltaic Crystalline Silicon Cell Basics.* Alındığı tarih: 10/10/2014. adres: <http://energy.gov/eere/energybasics/articles/photovoltaic-crystalline-silicon-cell-basics>
- US National Renewable Energy Laboratory.** (2006). Micropower System Modelling With HOMER. HOMER Renewable Energy Software Documentation Alındığı tarih: 15/10/2014. adres: <http://homerenergy.com/documents/MicropowerSystemModelingWithHOMER.pdf>
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü.** (2012). *TC Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Güneş Enerjisi ve Teknolojileri.* Alındığı tarih: 18/09/2014. adres: http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx
- Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi Verilmesine İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik.** (2005). Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.

EKLER

EK A : GEPA Güneş Radyasyon Verileri

EK B: TEDAŞ 01/01/2014 fonsuz tarifeler

EK A: GEPA Güneş Radyasyon Verileri

Güneydoğu Anadolu Bölgesi İlleri	Güneşlenme Süresi (saat-yıl)	Radyasyon Değeri (kWh/m ² -yıl)
Diyarbakır	2613	1473
Siirt	2828	1591
Batman	2873	1576
Adıyaman	2961	1595
Kilis	2975	1575
Şırnak	2975	1601
Gaziantep	2978	1582
Mardin	3033	1588
Şanlıurfa	3033	1586

Akdeniz Bölgesi İlleri	Güneşlenme Süresi (saat-yıl)	Radyasyon Değeri (kWh/m ² -yıl)
Isparta	2858	1612
Kahramanmaraş	2913	1610
Burdur	2944	1631
Adana	2953	1564
Osmaniye	2954	1555
Hatay	2997	1536
Antalya	3011	1646
İçel	3015	1614

Ege Bölgesi İlleri	Güneşlenme Süresi (saat-yıl)	Radyasyon Değeri (kWh/m ² -yıl)
Kütahya	2559	1490
Afyonkarahisar	2705	1557
Uşak	2789	1540
Manisa	2840	1486
Denizli	2931	1591
İzmir	2986	1496
Aydın	3011	1557
Muğla	3040	1587

Marmara Bölgesi İlleri	Güneşlenme Süresi (saat-yıl)	Radyasyon Değeri (kWh/m ² -yıl)
Kocaeli	2373	1329
Bilecik	2424	1412
Yalova	2424	1342
İstanbul	2446	1612
Bursa	2515	1393
Tekirdağ	2606	1337
Kırklareli	2628	1321
Balıkesir	2686	1418
Edirne	2697	1319
Çanakkale	2807	1375
Sakarya	2358	1342

Doğu Anadolu Bölgesi İlleri	Güneşlenme Süresi (saat-yıl)	Radyasyon Değeri (kWh/m ² -yıl)
Ardahan	2310	1472
Erzurum	2504	1393
Kars	2537	1472
Erzincan	2595	1555
Muş	2686	1591
Bitlis	2690	1604
Tunceli	2716	1579
Bingöl	2719	1592
Ağrı	2778	1570
Elazığ	2829	1588
Malatya	2873	1599
Van	3070	1652
Iğdır	3340	1487
Hakkari	3508	1610

Karadeniz Bölgesi İlleri	Güneşlenme Süresi (saat-yıl)	Radyason Değeri (kWh/m ² -yıl)
Artvin	2124	1409
Rize	2124	1403
Trabzon	2132	1394
Ordu	2263	1303
Giresun	2285	1435
Samsun	2314	1335
Sinop	2347	1328
Gümüşhane	2349	1500
Düzce	2362	1344
Bartın	2376	1307
Zonguldak	2380	1313
Kastamonu	2394	1364
Bayburt	2398	1529
Bolu	2402	1416
Karabük	2402	1369
Amasya	2427	1392
Tokat	2464	1431
Çorum	2511	1419
Çankırı	2514	1432
İç Anadolu Bölgesi İlleri	Güneşlenme Süresi (saat-yıl)	Radyason Değeri (kWh/m ² -yıl)
Eskişehir	2479	1472
Ankara	2611	1473
Kırıkkale	2648	1460
Sivas	2653	1538
Yozgat	2683	1494
Kırşehir	2769	1509
Nevşehir	2834	1537
Kayseri	2842	1588
Aksaray	2886	1578
Konya	2898	1608
Niğde	2930	1620
Karaman	3007	1660

EK B TEDAŞ 01/01/2014 fonsuz tarifeler

01/01/2014 Tarihinden İtibaren Uygulanacak Fonsuz Tarifeler																
Görevli tedarik şirketinden enerji alan iletim sistemi kullanıcıları tüketiciler																
1 NOLU	Sanayi															
	Tek Zamanlı		Gündüz		Puant		Gece									
	kr/kWh		kr/kWh		kr/kWh		kr/kWh									
	18,1641		18,0449		32,2853		7,7753									
Dağıtım Sistemi Kullanıcıları																
İletim şalt sahalarının dağıtım şirketinin kullanımındaki OG baralarına özel hattı ile bağlı tek bir tüzel kişi durumundaki kullanıcılar																
2 NOLU	Görevli Tedarik Şirketinden Enerji Alan Tüketiciler															
	Aktif Enerji					Reaktif Enerji										
	Tek Zamanlı		Gündüz		Puant		Gece									
	kr/kWh		kr/kWh		kr/kWh		kr/kWh		kr/kVARh							
Sanayi		20,8578		20,7410		34,9790		10,4690		10,0494						
Ticarethane		24,8241		23,0280		37,6083		12,0653		10,0494						
Tarımsal Sulama		22,0103		20,7478		36,9955		12,4389		10,0494						
Özel tedarikçiden enerji alan tüketiciler için sistem kullanımı																
Aktif Enerji					Reaktif Enerji											
kr/kWh					kr/kVARh											
Sanayi					2,6937					10,0494						
Ticarethane					3,4509					10,0494						
Tarımsal Sulama					3,6352					10,0494						
3 NOLU	İletim şalt sahalarının dağıtım şirketinin kullanımındaki OG baralarına dağıtım şirketi hattı ile bağlı tek bir tüzel kişi durumundaki kullanıcılar															
	Görevli Tedarik Şirketinden Enerji Alan Tüketiciler															
	Kapasite		Aktif Enerji													
	Güç Bedeli		Güç Aşım Bedeli		Tek Zamanlı		Gündüz		Puant		Gece		Reaktif Enerji			
	kr/Ay/kW		kr/Ay/kW		kr/kWh		kr/kWh		kr/kWh		kr/kWh		kr/kVARh			
	Çift Terimli Tarife		Sanayi													
			119,5958		239,1916		22,2424		22,1235		36,3636		11,8536		10,0494	
	Tek Terimli Tarife		Sanayi													
							22,7307		22,6118		36,8519		12,3419		10,0494	
							28,5590		26,7629		41,3432		15,8002		10,0494	
						25,0669		23,8044		40,0521		15,4955		10,0494		
Özel tedarikçiden enerji alan tüketiciler için sistem kullanımı																
Kapasite		Güç Bedeli		Güç Aşım Bedeli		Aktif Enerji		Reaktif Enerji								
kr/Ay/kW		kr/Ay/kW		kr/kWh		kr/kWh		kr/kWh		kr/kVARh						
Çift Terimli Tarife		Sanayi														
		119,5958		239,1916		4,0783		10,0494								
Tek Terimli Tarife		Sanayi														
						4,5666		10,0494								
						7,1858		10,0494								
						6,6918		10,0494								
4 NOLU	Diğer Tüm Dağıtım Sistemi Kullanıcıları															
	Görevli Tedarik Şirketinden Enerji Alan Tüketiciler															
	Kapasite		Aktif Enerji													
	Güç Bedeli		Güç Aşım Bedeli		Tek Zamanlı		Gündüz		Puant		Gece		Reaktif Enerji			
	kr/Ay/kW		kr/Ay/kW		kr/kWh		kr/kWh		kr/kWh		kr/kWh		kr/kVARh			
	Çift Terimli Tarife		Sanayi Orta Gerilim													
			119,5958		239,1916		22,2424		22,1235		36,3636		11,8536		10,0494	
	Tek Terimli Tarife		Sanayi													
							22,7307		22,6118		36,8519		12,3419		10,0494	
							24,6263		24,5074		38,7475		14,2375		10,0494	
						28,5590		26,7629		41,3432		15,8002		10,0494		
						28,3860		26,7291		42,0670		15,6688				
						13,9982										
						25,0669		23,8044		40,0521		15,4955		10,0494		
						26,2920										
Özel tedarikçiden enerji alan tüketiciler için sistem kullanımı																
Kapasite		Güç Bedeli		Güç Aşım Bedeli		Aktif Enerji		Reaktif Enerji								
kr/Ay/kW		kr/Ay/kW		kr/kWh		kr/kWh		kr/kWh		kr/kVARh						
Çift Terimli Tarife		Sanayi Orta Gerilim														
		119,5958		239,1916		4,0783		10,0494								
Tek Terimli Tarife		Sanayi														
						4,5666		10,0494								
						7,1858		10,0494								
						7,0270										
						6,6918		10,0494								
						7,5115										
Tedarikçisine doğrudan bağlı tüketicilerin emreamide kapasite bedeli																
Üreticisinin bağlantı durumuna göre		Emreamide Kapasite Bedeli								Aktif Enerji		Reaktif Enerji				
		kr/Ay/kW								kr/kWh		kr/kVARh				
2 nolu bağlantı durumu		174,5782								0,1503		10,0494				
3 ve 4 nolu bağlantı durumu		730,3446								1,5841		10,0494				
OG Aboneleri için Sayaç Okuma (TL/Okuma)*:						5,4480										
AG Aboneleri için Sayaç Okuma (TL/Okuma)*:						0,5448										
Dağıtım sistemine bağlı üreticilere tercih etmeleri halinde TEİAŞ tarafından belirlenen iletim bölgesi bazındaki üretici fiyatları uygulanır.																
Çok zamanlı tarife uygulamasında Gündüz 06-17, Puant 17-22, Gece 22-06 saatleri arasındadır.																
Emreamide kapasite bedeli tüketicinin kurulu gücü dikkate alınarak uygulanır.																
Uygulanacak tarifeler her tüketicisi ve kullanıcıları için ilgili bileşenlerden oluşan toplam tarifelerdir.																
Reaktif enerji tarifi ilgili usul ve esaslarda belirtilen şartlar dahilinde uygulanır.																
*Sayaç Okuma bedeli sayaç okuma işlemi başına dağıtım esas abonelere uygulanacaktır. Bu bedel bir aboneye yılda en çok 12 kez uygulanabilir.																
Fon, pay, vergi vb. yasal yükümlülükler ayrıca ilave edilecektir.																

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Ayten Özkök

Doğum Yeri ve Tarihi: Lefkoşa/KKTC – 30/06/1985

Adres: Yenibosna Radar Mevki Hacı Arif Bey Sokak Yeşilkent B Blok D:13
Bahçelievler İstanbul

E-Posta: ozkokayten@gmail.com

Lisans: İTÜ – Çevre Mühendisliği

Yüksek Lisans: University of Birmingham – Water Resources Technology and
Management

Mesleki Deneyim:

2012- devam ediyor – io Çevre Çözümleri Ar-Ge Ltd. Şti – Proje uzmanı ve iş
geliştirme sorumlusu

2009- 2011 – io Çevre Çözümleri Ar-Ge Ltd. Şti – Proje mühendisi

Profesyonel Derneklere Üyelik

Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB) Çevre Mühendisleri Odası

Sertifikalar:

C Sınıfı İş Güvenliği Uzmanı Sertifikası

Çevre Görevlisi Sertifikası

ISO 14064–1 Sera Gazı Emisyonları Envanteri ve Sera Gazları Emisyonları
Hesaplanması Temel Eğitimi Katılımcı Sertifikası