

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**BİR ENTEGRE GÜNEŞ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALİ FİZİBİLİTE
ÇALIŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet Emin ŞENTÜRK

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

OCAK 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**BİR ENTEGRE GÜNEŞ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALİ FİZİBİLİTE
ÇALIŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ahmet Emin ŞENTÜRK
(301101001)**

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Coşkun FIRAT

OCAK 2013

İTÜ, Enerji Enstitüsü'nün 301101001 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Ahmet Emin ŞENTÜRK**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**BİR ENTEGRE GÜNEŞ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALİ FİZİBİLİTE ÇALIŞMASI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Coşkun FIRAT**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Coşkun FIRAT**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Üner ÇOLAK
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Yakup Erhan BÖKE
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **17 Aralık 2012**
Savunma Tarihi : **23 Ocak 2013**

Aileme,

ÖNSÖZ

Öncelikle yüksek lisans tez çalışması süreci boyunca gerek insani değerleri gerekse de çalışmalarımız sırasında göstermiş olduğu ilgi ve yardımlardan dolayı hocam, sayın Yrd. Doç. Dr. Coşkun FIRAT'a,
Bu günlere gelmemde büyük pay sahibi olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2013

Ahmet Emin ŞENTÜRK
Makine Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Türkiye Elektrik Enerjisi Üretimi Ve Tüketimi	3
1.2 Güneş Enerjisi	7
1.2.1 Güneş enerjisinden elektrik üretimi yöntemleri	8
1.2.1.1 Yoğunlaştırıcı ısı güneş enerji sistemleri.....	8
Parabolik oluk tipi güneş enerji sistemleri	9
Fresnel tipi güneş enerji sistemi	13
Parabolik çanak tipi güneş enerji sistemi	15
Güneş güç kuleleri.....	17
1.2.1.2 Fotovoltaik güç sistemleri.....	20
1.2.2 Türkiye'deki yoğunlaştırıcı ısı güneş enerji santralleri.....	24
2. ENTEGRE GÜNEŞ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALLERİ.....	25
2.1 Entegre Güneş Kombine Çevrim (EGKÇ) Santrali	25
2.2 Sistem Elemanları	28
2.2.1 Gaz türbini	28
2.2.2 Atık ısı kazanı	29
2.2.3 Kızdırıcı	30
2.2.4 Buhar kazanı	31
2.2.5 Genleşme tankı	32
2.2.6 Ön ısıtıcı	32
2.2.7 Buhar Türbini	33
2.2.8 Ara ısıtıcı	35
2.2.9 Yoğuşturucu.....	35
2.2.10 Pompa	36
2.2.11 Degazör.....	37
2.2.12 Besleme suyu ısıtıcısı	39
2.3 Dünya Geneline Uygulanan ve Planlanmakta Olan Entegre Güneş Kombine Çevrim Santralleri	40
2.4 MENA Projesi	42
2.5 Türkiye'de Planlanan Entegre Güneş Kombine Çevrim Santrali Projeleri.....	48
3. GÜNEŞ IŞINIMI AÇISINDAN TÜRKİYE'NİN DURUMU	51
3.1 Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli Yüksek Olan İllerin Belirlenmesi.....	55
4. TÜRKİYE GENELİNDE ENTEGRE GÜNEŞ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALİ İÇİN UYGUN BÖLGELER.....	59

4.1 Yoğunlaştırıcı Isıl Güneş Enerji Santrali İçin Bölge Seçimi.....	59
4.2 Yoğunlaştırıcı Isıl Güneş Enerji Santrali İçin Sistem Seçimi	75
4.3 Parabolik Oluk Tipi Güneş Enerji Sistemi Tasarımı	76
4.3.1 Parabolik oluk tipi güneş enerji sistemi bileşenleri ve tedarikçilerinin belirlenmesi.....	77
4.3.1.1 Yansıtıcı yüzey	77
4.3.1.2 Soğurucu boru	79
Metal tüp	79
Selektif (seçici) yüzey kaplama malzemesi	80
Cam tüp.....	81
Metal tüp ve cam tüpün birleştirilmesi	82
4.3.1.3 Taşıyıcı yapı	83
4.3.1.4 Isı transfer akışkanı	84
4.4 Kombine Çevrim Santrali İçin Yakıt Seçimi Ve Temini.....	86
4.5 Entegre Güneş Kombine Çevrim Santralinin Kapasitesinin Belirlenmesi	88
5. KANUNLAR AÇISINDAN ENTEGRE GÜNEŞ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALİ FİKRİ.....	91
5.1 Yenilenebilir Enerji Kanunu.....	91
5.1.1 Yenilenebilir enerji kanununa ilişkin mevzuat	91
5.1.2 YEK kanunu çerçevesinde yenilenebilir enerji kaynaklarını destekleme mekanizması	92
5.1.3 Değişiklik sonrası YEK kanununda güneş enerjisine ilişkin hükümler ve uygulanacak teşvikler	93
5.1.4 Yerli ürün kullanımı.....	92
5.1.5 Güneş enerjisine dayalı lisans başvurularına ilişkin ölçüm standardı tebliği	97
5.2 Yeni Teşvik Sistemi.....	100
5.2.1 Yeni teşvik sistemi kapsamında bir entegre güneş kombine çevrim santrali için yararlanabilecek teşvik unsurları	100
5.2.1.1 Genel teşvik uygulamaları.....	101
5.2.1.2 Bölgesel teşvik uygulamaları	101
5.2.1.3 Büyük ölçekli yatırımların teşviki.....	102
5.2.1.4 Stratejik yatırımların teşviki.....	102
6. KONYA İLİ VE KARAPINAR İLÇESİ İÇİN GZFT ANALİZİ.....	105
6.1 Güçlü Yönler	105
6.2 Zayıf Yönler.....	106
6.3 Fırsatlar	107
6.4 Tehditler.....	108
7. BİR ENTEGRE GÜNEŞ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALİ EKONOMİK ANALİZİ.....	109
7.1 Bir Parabolik Oluk Tipi Güneş Enerji Sisteminin Ekonomik Analizi.....	109
7.2 Bir Doğal Gaz Kombine Çevrim (DGKÇ) Santralinin Ekonomik Analizi	114
7.3 Santralin Genel Ekonomik Analizi	116
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	119
KAYNAKLAR.....	121
ÖZGEÇMİŞ	127

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
Ar-Ge	: Araştırma Geliştirme
BOTAŞ	: Boru Hatları ile Petrol Taşıma A.Ş.
ÇÖKA	: Çok Ölçütlü Karar Analizi
CSP	: Concentrated Solar Power Plants
DGKÇ	: Doğal Gaz Kombine Çevrimi
DGPYS	: Dengeleme Güç Piyasası Yönetim Sistemi
YGE	: Yoğunlaştırıcı Isıl Güneş Enerji
EGKÇ	: Entegre Güneş Kombine Çevrimi
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
GZFT	: Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar, Tehditler
ISCCS	: Integrated Solar Combined Cycle System
KDV	: Katma Değer Vergisi
MCDA	: Multi Criteria Decision Analysis
MENA	: Middle East North Africa
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NREA	: New Renewable Energy Authority
POTGE	: Parabolik Oluk Tipi Güneş Enerjisi
PV	: Fotovoltaik
SWOT	: Strengths, Weakness, Opportunities, Threats
TBMM	: Türkiye Büyük Millet Meclisi
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
USD	: ABD doları
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kanunu

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli.....	6
Çizelge 1.2 : Bir parabolik oluk tipi güneş enerji sisteminin başlıca elemanları	10
Çizelge 1.3 : Dünya genelinde kurulu POTGE sistemleri.....	11
Çizelge 1.4 : Dünya genelinde proje halindeki POTGE sistemleri	12
Çizelge 1.5 : Dünya genelinde planlanan POTGE sistemleri.....	13
Çizelge 1.6 : Dünya genelinde kurulu, planlanan ve proje halindeki POTGE sistemlerinin toplam kapasitesi.....	13
Çizelge 1.7 : Dünya genelinde kurulu fresnel tipi güneş enerji sistemleri.....	14
Çizelge 1.8 : Dünya genelinde proje halindeki fresnel tipi güneş enerji sistemleri ..	14
Çizelge 1.9 : Dünya genelinde planlanan fresnel tipi güneş enerji sistemleri	15
Çizelge 1.10 : Dünya genelindeki kurulu, planlanan ve proje halindeki fresnel tipi güneş enerji sistemlerinin toplam kapasitesi.....	15
Çizelge 1.11 : Dünya genelinde kurulu parabolik çanak tipi güneş enerji sistemleri	16
Çizelge 1.12 : Dünya genelinde proje halindeki parabolik çanak tipi güneş enerji sistemleri.....	16
Çizelge 1.13 : Dünya genelinde planlanan parabolik çanak tipi güneş enerji sistemleri.....	16
Çizelge 1.14 : Dünya genelinde kurulu, planlanan ve proje halindeki parabolik çanak tipi güneş enerji sistemlerinin toplam kapasitesi.....	17
Çizelge 1.15 : Dünya genelinde kurulu güneş güç kulesi enerji sistemleri.....	18
Çizelge 1.16 : Dünya genelinde proje halindeki güneş güç kulesi enerji sistemleri .	18
Çizelge 1.17 : Dünya genelinde planlanan güneş güç kulesi enerji sistemleri.....	19
Çizelge 1.18 : Dünya genelinde kurulu, planlanan ve proje halindeki güneş güç kulesi enerji sistemlerinin toplam kapasitesi.....	19
Çizelge 1.19 : YGE sistemlerinin karşılaştırılması	19
Çizelge 1.20 : YGE ve fotovoltaik güç sistemlerinin genel karşılaştırılması.....	23
Çizelge 2.1 : Dünya genelinde uygulanmış EGKÇ santralleri	40
Çizelge 2.2 : Dünya genelinde proje halindeki EGKÇ santralleri.....	41
Çizelge 3.1 : Türkiye'nin aylık ortalama yıllık global radyasyon değeri.....	53
Çizelge 3.2 : Türkiye'nin aylık ortalama yıllık güneşlenme süresi.....	54
Çizelge 3.3 : Güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan illere ait güneşlenme süreleri.	57
Çizelge 3.4 : Güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan illere ait yıllık global radyasyon değerleri	58
Çizelge 4.1 : Bölge ve trafo merkezi bazında güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi bağlanabilir kapasiteleri	61
Çizelge 4.2 : Konya ilinin aylık ortalama yıllık güneşlenme süresi.....	66
Çizelge 4.3 : Konya ilinin aylık ortalama ve yıllık global radyasyon değeri	67
Çizelge 4.4 : Yıl bazında Konya ili nüfusu	67
Çizelge 4.5 : Yıl bazında Konya ili elektrik tüketimi.....	67
Çizelge 4.6 : Karapınar ilçesinin aylık ortalama yıllık güneşlenme süresi	71
Çizelge 4.7 : Karapınar ilçesinin aylık ortalama yıllık global radyasyon değeri	72

Çizelge 4.8 : Bir parabolik oluk tipi güneş enerji sistemi için ihtiyaç duyulan malzeme miktarı	77
Çizelge 4.9 : Çeşitli yansıtıcı yüzey malzemelerine ait yansıtma katsayıları	78
Çizelge 4.10 : Yansıtıcı yüzeylerin güneş ışınlarını emme ve yayma oranları.....	80
Çizelge 4.11 : Selektif yüzey kaplama malzemelerinin güneş ışınlarını emme ve yayma oranları	81
Çizelge 4.12 : Cam çeşitlerine göre geçirgenlik, soğuruculuk ve yansıtıcılık oranları.....	82
Çizelge 4.13 : Çelik ve düşük demirli borosilikat camın genişleme katsayıları	82
Çizelge 4.14 : Çelik ve alüminyum malzemelerinin özelliklerinin karşılaştırılması	83
Çizelge 4.15 : Isı transfer akışkanlarının çalışma sıcaklıkları	85
Çizelge 4.16 : Türkiye'deki doğal gaz kombine çevrim santralleri	88
Çizelge 5.1 : Yenilenebilir enerji kaynak çeşitlerine göre uygulanabilecek teşvik fiyatları	94
Çizelge 5.2 : Yerli üretim için uygulanabilecek teşvik fiyatları	96
Çizelge 5.3 : Uygulanabilecek maksimum teşvik fiyatı.	97
Çizelge 5.4 : Güneş ölçüm istasyonu kurulum raporu formatı	98
Çizelge 5.5 : Güneş ölçüm sonuç raporu formatı	98
Çizelge 7.1 : 50 MW kapasiteli POTGE santrali için gerekli ham madde miktarı..	109
Çizelge 7.2 : POTGE santralinde kullanılan temel malzemelerin birim fiyatı.	110
Çizelge 7.3 : Sistem bileşenlerinin üretimi için yapılması gereken yatırım miktarı	110
Çizelge 7.4 : POTGE sistemine uygulanabilecek ek teşvik fiyatları	110
Çizelge 7.5 : POTGE sisteminden üretilecek olan elektriğe devlet tarafından uygulanacak tarife fiyatı	111
Çizelge 7.6 : Santral kurulumu sırasında çalışacak personel sayısı	111
Çizelge 7.7 : POTGE sistemi maliyet analizi	112
Çizelge 7.8 : Yıllık doğal gaz sözleşmesi miktarına bağlı olarak yıllık asgari alım taahhütleri.	115
Çizelge 7.9 : Entegre güneş kombine çevrim santralinin gelir ve giderlerine ait değerler.....	117

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Yıllara göre global elektrik enerji üretiminin, global elektrik enerjisi tüketimini karşılama oranı	1
Şekil 1.2 : Türkiye’de elektrik enerjisi kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı	3
Şekil 1.3 : Enerji kaynakları bazında Türkiye’de elektrik enerjisi kurulu gücünün yıllara göre değişimi	4
Şekil 1.4 : Türkiye’de elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı	4
Şekil 1.5 : Türkiye’de elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı	5
Şekil 1.6 : Yıllara göre Türkiye elektrik enerjisi üretimi ve tüketimi	5
Şekil 1.7 : Yıllara göre Türkiye elektrik enerjisi üretiminin, elektrik enerjisi tüketimini karşılama oranı	6
Şekil 1.8 : Parabolik oluk tipi güneş enerjisi sistemi	9
Şekil 1.9 : Fresnel tipi güneş enerjisi sistemi	14
Şekil 1.10 : Parabolik çanak tipi güneş enerjisi sistemi	16
Şekil 1.11 : Güneş güç kulesi	17
Şekil 1.12 : Fotovoltaik panel uygulamaları	21
Şekil 2.1 : Entegre güneş kombine çevrim santralının şematik gösterimi	27
Şekil 2.2 : Bir gaz türbininin şematik gösterimi	28
Şekil 2.3 : Gaz türbini	29
Şekil 2.4 : Atık ısı kazanı	29
Şekil 2.5 : Bir kızdırıcının şematik gösterimi	30
Şekil 2.6 : Kızdırıcı	30
Şekil 2.7 : Bir buhar kazanının şematik gösterimi	31
Şekil 2.8 : Buhar kazanı	31
Şekil 2.9 : Genleşme tankı	32
Şekil 2.10 : Bir ön ısıtıcının şematik gösterimi	32
Şekil 2.11 : Ön ısıtıcı	33
Şekil 2.12 : Bir buhar türbininin şematik gösterimi	34
Şekil 2.13 : Buhar türbini	34
Şekil 2.14 : Ara ısıtıcı	35
Şekil 2.15 : Bir yoğuşturucunun şematik gösterimi	36
Şekil 2.16 : Yoğuşturucu	36
Şekil 2.17 : Bir pompanın şematik gösterimi	37
Şekil 2.18 : Pompa	37
Şekil 2.19 : Bir degazörün şematik gösterimi	38
Şekil 2.20 : Degazör	38
Şekil 2.21 : Bir besleme suyu ısıtıcısının şematik gösterimi	39
Şekil 2.22 : Besleme suyu ısıtıcısı	39
Şekil 2.23 : Martin Next Generation EGKÇ santrali	41
Şekil 2.24 : Hassi R'mel EGKÇ santralının şematik gösterimi	43
Şekil 2.25 : Hassi R'mel EGKÇ santrali	43
Şekil 2.26 : Kuraymat EGKÇ santralının şematik gösterimi	44
Şekil 2.27 : Kuraymat EGKÇ santralının site planı	45

Şekil 2.28 : Kuraymat EGKÇ santrali.....	45
Şekil 2.29 : Ain Beni Mathar EGKÇ santrali.	46
Şekil 2.30 : MENA bölgesinde YGE sistemlerinin yıllara göre kurulu güç (GW) potansiyel dağılımı.....	47
Şekil 2.31 : MENA bölgesinde YGE sistemleri yatırımlarının (milyon Euro) yıllara göre dağılımı.	47
Şekil 2.32 : Dervish enerji santrali.....	49
Şekil 3.1 : Atmosfer dışında ve yer yüzünde güneş ışınımının spektral dağılımı.....	52
Şekil 3.2 : Türkiye'nin günlük ortalama yıllık global radyasyon değeri	53
Şekil 3.3 : Türkiye'nin günlük ortalama güneşlenme süreleri (saat).	54
Şekil 3.4 : Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyel atlası	56
Şekil 4.1 : Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisleri için santral sahaları	60
Şekil 4.2 : Konya ili güneş haritası	65
Şekil 4.3 : Konya ili günlük ortalama güneşlenme süreleri (saat)	65
Şekil 4.4 : Konya ili günlük ortalama global radyasyon değeri.....	66
Şekil 4.5 : Konya ili için ölçüt değerlendirmesi	69
Şekil 4.6 : Konya ili deprem bölgesi haritası.	70
Şekil 4.7 : Karapınar ilçesinin günlük ortalama güneşlenme süreleri (saat).....	71
Şekil 4.8 : Karapınar ilçesinin günlük ortalama yıllık global radyasyon değeri	72
Şekil 4.9 : Karapınar ilçesi.....	75
Şekil 4.10 : Parabolik oluk tipi güneş kolektöründe güneş ışınının izlediği yol.....	78
Şekil 4.11 : Soğurucu boru.....	79
Şekil 4.12 : Körük tipi birleştirici	83
Şekil 4.13 : Parabolik oluk tipi güneş kolektöründe taşıyıcı yapı	84
Şekil 4.14 : Türkiye doğal gaz ve petrol boru hatları haritası.....	87
Şekil 5.1 : Yeni teşvik sistemi bölgeler haritası.....	101

BİR ENTEGRE GÜNEŞ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALİ FİZİBİLİTE ÇALIŞMASI

ÖZET

Entegre güneş kombine çevrim (EGKÇ) sistemi yaklaşımı başlangıçta, bir parabolik oluk tipi güneş enerji (POTGE) santralinin modern kombine çevrim enerji santrali ile entegrasyonu şeklinde oluşmuştur. Bu yaklaşım ile, klasik enerji santrali ekipmanlarının etkin maliyeti azaltılabilir, işletme/bakım ve proje geliştirme maliyetleri daha büyük bir santral fikrine yayılarak azaltılabilir ve potansiyel olarak güneş/elektrik dönüşüm verimliliği artırılabilir olmaktadır.

EGKÇ sistemi, güneş enerjisi dönüşümü için hem ekonomi hem de enerji bakımından umut vaat edici bir alternatiftir. Sistemin performansı, güneş enerjisi giriş yoğunluğuna ve güneş enerjisini kombine çevrime aktarma yöntemine sıkı bir şekilde bağlıdır.

Türkiye için güneşlenme süresi ve güneş enerjisi yoğunluğu göz önüne alınırsa, uygun bölgeler için Türkiye'de bir EGKÇ sistemi uygulaması gerçekçi ve enerji üretimi açısından faydalı olacaktır.

Bu tez çalışmasında, öncelikle Türkiye'nin güneş ışınımı açısından durumu incelenerek güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan iller belirlenmiştir. Belirlenen illere gerekli ölçütler uygulanarak, yoğunlaştırıcı ısı güneş enerji (YGE) santrali kurulumu için en uygun il olarak, Konya belirlenmiştir. Konya ili özelinde daha önceden yapılmış olan çok ölçütlü karar analizi (ÇÖKA) kullanılmış ancak ölçütlerin kapsamı genişletilerek YGE santrali kurulumu için en uygun bölge olarak Karapınar ilçesi belirlenmiştir. EGKÇ sistemi ile olan uygunluğuna ve sahip olduğu özelliklere bağlı olarak YGE sistem tipi belirlenmiştir. YGE sistem tipinin bileşenleri kapsamında gerekli olan araştırma yapılarak sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir. Daha sonra kombine çevrim santrali için kullanılacak yakıt tipi belirlenerek Karapınar bölgesinden yakıtın temin edilebileceği iletim hattı tespit edilmiştir. Bölgenin EGKÇ santrali için uygunluğu belirlendikten sonra örnek bir santralin toplam kapasitesi belirlenmiştir.

EGKÇ sistemi Yenilenebilir Enerji Kanunu ve Yeni Teşvik Sistemi kapsamında incelenerek santral kurulumu sırasında mevzuatta hakim olunması gereken kısımlar belirlenmiştir. Kanun kapsamında uygulanan teşvik unsurlarından hangi koşullarda yararlanılabileceği belirtilmiştir.

EGKÇ santrali ekonomik analizinden önce yapılması gereken güçlü ve zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler (GZFT) analizi ile Konya ili ve Karapınar ilçesinin enerji yatırımları açısından mevcut ve gelecek durumu irdelenmiştir.

EGKÇ santrali ekonomik analizinde örnek bir sistem için ilk yatırım maliyeti, işletme ve bakım giderleri, yakıt giderleri ve elektrik üretiminden kaynaklanan gelirler belirlenerek santralin yatırımcıya geri dönüş süresi hesaplanmıştır. Daha sonra santralin ekonomik kullanım süresi boyunca net kazancı hesaplanmıştır. Son

olarak ekonomik kullanım süresi boyunca POTGE sisteminin EGKÇ santrali net kazancı içerisindeki payı hesaplanarak kombine çevrim santrallerine yapabileceği katkı vurgulanmaktadır.

AN INTEGRATED SOLAR COMBINED CYCLE POWER PLANT FEASIBILITY STUDY

SUMMARY

The integrated solar combined cycle system (ISCCS) was initially an approach in the form of integration of a parabolic trough solar power plant with a modern combined-cycle power plant.

With this approach, the cost of conventional power plant equipment can be reduced effectively, the cost of operation and maintenance and development of project can be reduced by leveraging them over a much larger plant and potentially, the solar-to-electric power conversion efficiency can be increased.

ISCCS is promising alternative both economy and energy for conversion of solar energy. The performance of the system is tightly linked to the intensity of solar energy input and the transfer method of solar energy to combined cycle.

Given the sunshine duration and solar energy intensity, an ISCCS application will be realistic and useful in the meaning of energy production in the suitable regions in Turkey.

In this thesis study, first the situation of Turkey was examined in terms of solar radiation and then the cities which have high potential for solar energy were determined. By applying the necessary criteria to the determined provinces, Konya is determined as the most suitable province for the installation of the concentrated solar thermal power (CSP) plants. In this study, in the case of the province of Konya, a multi-criteria decision analysis (MCDA) which has been previously accomplished for Konya, used, but the scope of the criteria for MCDA has broadened and the town Karapınar identified as the most appropriate area for the installation of a CSP plant. Subsequently, depending on the compliance with the ISCCS and its features, a certain type of CSP is determined. The design was carried out by completing the required research in terms of the components of the CSP system.

By examining the determined ISCCS in terms of the Renewable Energy Law and the New Incentive System, the parts of the legislation that need to be mastered during the installation, are determined. The conditions of the practiced incentive constituents to be utilized under the law are determined.

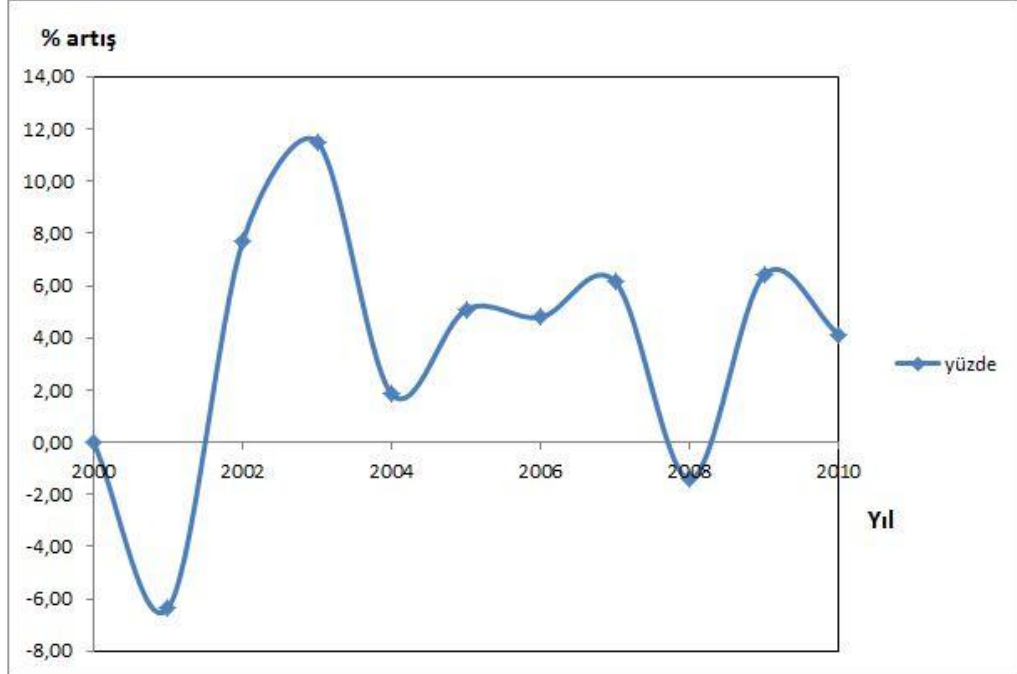
The current and future status of Konya province and Karapınar town are discussed in terms of energy investments by the strengths and weaknesses, opportunities and threats (SWOT) analysis which is to be done before the economic analysis of ISCCS.

In the economic analysis of the ISCCS, a payback period is calculated for a sample system by determining the initial investment costs, operating and maintenance costs, fuel costs and income from electricity production. Then the lifetime net profit of the plant is calculated. Finally, during the period of economic use, by calculating the

share of the parabolic trough solar energy system profit of the net profit of ISCCS, its contribution to a combined-cycle power plants is emphasized.

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artması, teknolojik gelişmeler, yaşam standartlarının yükselmesi ve sanayileşme ile beraber, dünya enerji tüketimi oldukça artmış ve beraberinde birçok sorun getirmiştir. Günümüzde dünya nüfusunun yaklaşık %19'unu teşkil eden 1,3 milyar insan halen elektriğe kavuşmuş değildir. Dünya nüfusunun yaklaşık %39'u olan 2,7 milyar insan ise yemek pişirmek için geleneksel yöntemlerle biyokütle enerjisinden yararlanmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı projeksiyonları bu durumun uzun dönemde de devam edeceğini ve 2030 yılında %85'i kırsal bölgede yaşayan 1 milyar insanın (2030'daki dünya nüfusunun %12'si) elektriksiz yaşamaya devam edeceğini göstermektedir. Şekil 1.1'de yıllara göre global elektrik enerji üretiminin, global elektrik enerjisi tüketimini karşılama oranı verilmektedir.



Şekil 1.1: Yıllara göre global elektrik enerji üretiminin, global elektrik enerjisi tüketimini karşılama oranı [1].

Enerji ihtiyacı daha çok kömür, petrol ve doğal gaz gibi konvansiyonel (fosil) kaynaklardan sağlanmaktadır. Fosil yakıt rezervlerinin sınırlı olması, insan sağlığına

olumsuz etkileri ve ciddi çevre problemlerine neden olması sebebiyle, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gittikçe daha çok önem kazanmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları; güneş, rüzgar, hidroelektrik, jeotermal, biyokütle, dalga ve gel-git enerjisidir.

Rüzgar enerjisi; rüzgarı oluşturan hava akımının sahip olduğu hareket (kinetik) enerjisidir. Bu enerjinin bir bölümü, mekanik enerjiye oradan da elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Rüzgardan elektrik üretimi sırasında atmosfere hiçbir zararlı gaz salınmaz, dolayısıyla rüzgar enerjisi temiz bir enerjidir, ortaya çıkan tek kirlilik ise gürültüdür.

Hidroelektrik enerji; suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesiyle sağlanan enerji türüdür. Suyun düşürülmesi ile açığa çıkan potansiyel enerji, türbinlerin dönmesini sağlamak ve türbinlere bağlı jeneratörlerin tahriki ile de elektrik enerjisi üretilmektedir. Türbinden elde edilen güç, suyun düşü ve debisine bağlı olarak değişmektedir.

Jeotermal enerji; yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklığı sürekli 20°C den fazla olan ve çevresindeki normal yer altı ve yer üstü sularına oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve/veya buhar olarak tanımlanabilir. Yer kabuğunun derinliğine inildikçe sıcaklık her 1 km'de yaklaşık 25°C artar. Jeotermal enerji 35°C'den daha düşük sıcaklıkta direkt sıcak su olarak kullanılabilir [2]. Jeotermal enerji temiz, ucuz ve çok farklı şekillerde kullanılma potansiyeline sahip bir enerjidir.

Biyokütle; fosil olmayan organik madde kütlesi olarak tanımlanabilir. Biyokütle enerjinin temelinde fotosentezle kazanılan enerji yatmaktadır. Biyokütle enerjisine temel kaynaklar bitkisel ve hayvansal olabilmektedir.

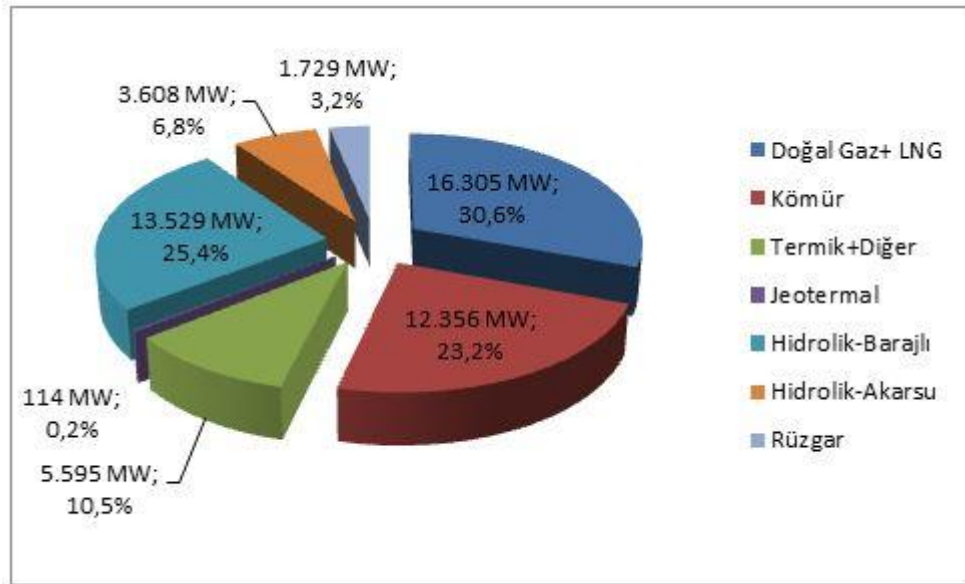
Dalga enerjisi; bir anlamda güneş enerjisinin bir başka biçimidir. Dalgalar rüzgarla, rüzgar da Güneş'in yerküreyi ısıtması sonucu oluşur. Isındıkça yoğunluğu azalan hava, hafifler ve yukarı doğru çıkar. Sıcak havadan boşalan yere ise daha yoğun olan soğuk hava hücum eder. Rüzgar su yüzeyinden geçerken sürtünme sebebiyle yüzeyde kıpırtılara neden olur. Rüzgar bu kıpırtıları itmeyi sürdürdükçe de kartopu etkisiyle sonuçta büyük dalgalar oluşur. Hava hareketlerinin ve ısı değişimlerinin, su kütlelerinde meydana getirmiş olduğu dalgalar, tükenmez bir enerji kaynağıdır.

Gelgit enerjisinde; denizin kabarıp alçalması sonucu meydana gelen iki seviye arasındaki farktan yararlanılarak su, gelgit olayı için özel olarak üretilmiş, iki taraflı hareket edebilen türbinlerinden geçirilerek enerji elde edilmektedir.

1.1 Türkiye Elektrik Enerjisi Üretimi Ve Tüketimi

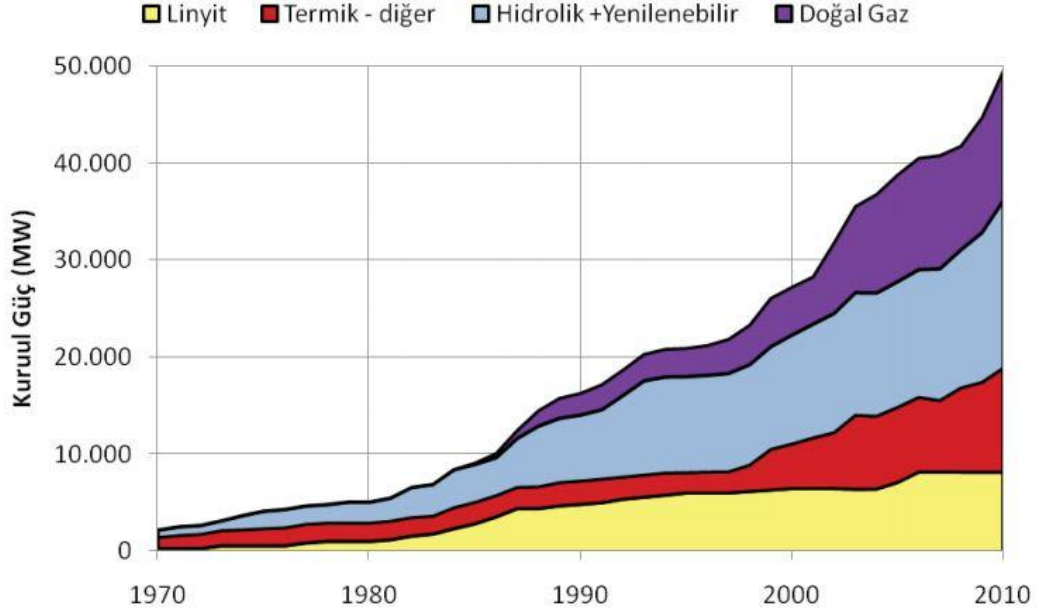
Türkiye'nin enerji politikası, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nca, "sınırlı olan doğal kaynakları daha akılcı kullanarak, çevreye ve insan sağlığına olan olumsuz etkileri minimum seviyeye indirmek, yeni kaynaklara ilaveten yeni teknolojilerle enerjiyi çeşitlendirmek, alternatif enerji kaynaklarını en faydalı şekilde hizmete sunarak ülkenin kalkınması ve refah artışını sağlayacak, daha temiz, daha güvenli, daha verimli, daha ucuz ve ticari açıdan ulaşılabilir ve sürdürülebilir enerji arzını sağlamak" şeklinde belirlenmiştir.

Şekil 1.2'de kaynaklara göre Türkiye'nin elektrik enerjisi kurulu güç dağılımı verilmektedir.



Şekil 1.2: Türkiye'de elektrik enerjisi kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı [3].

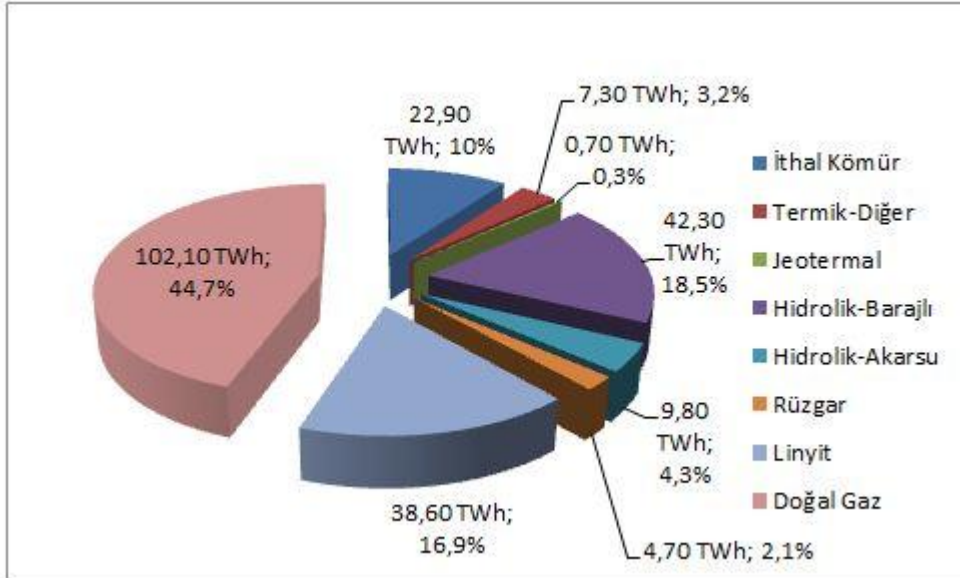
Şekil 1.3'de ise Türkiye'deki elektrik enerjisi kurulu gücünün kaynaklar bazında yıllara göre değişimi verilmektedir.



Şekil 1.3: Enerji kaynakları bazında Türkiye’de elektrik enerjisi kurulu gücünün yıllara göre değişimi [3].

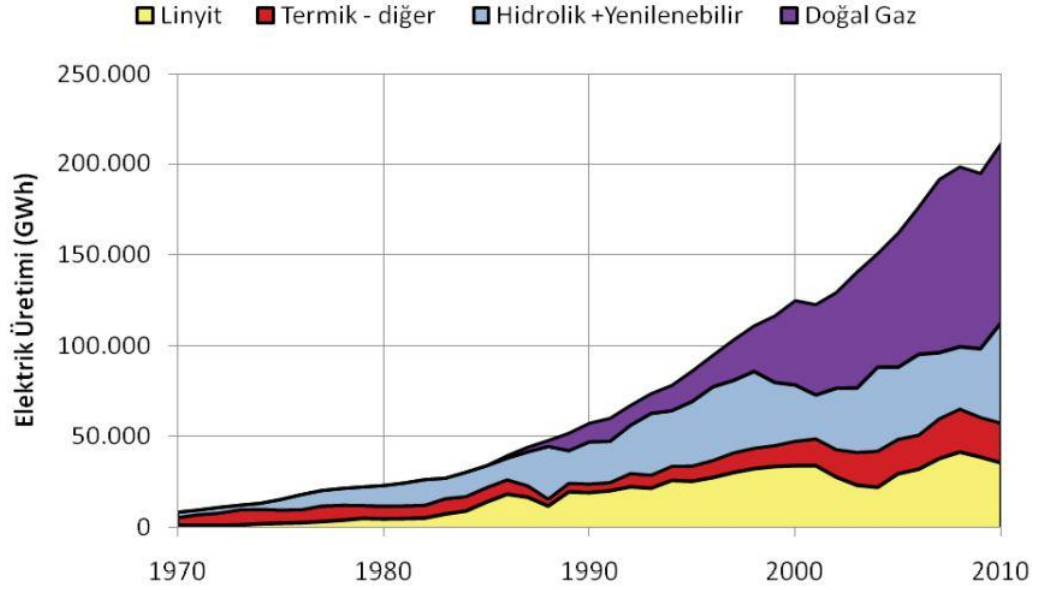
Türkiye’de elektrik enerjisi kurulu gücü 2011 sonu itibariyle 53236 MW’a ulaşmıştır [3]. Elektrik enerjisi kurulu gücünün %30,6’sı doğal gaza, %23,2’si kömüre dayalı santrallerden oluşmaktadır.

Şekil 1.4’de Türkiye’deki elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı verilmektedir.



Şekil 1.4: Türkiye’de elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı [3].

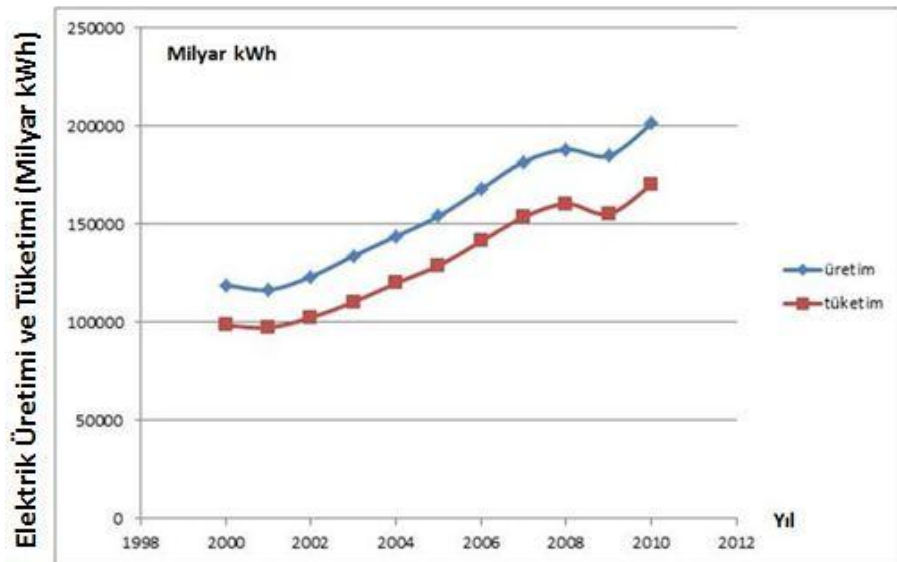
Şekil 1.5’de Türkiye’deki elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı verilmektedir.



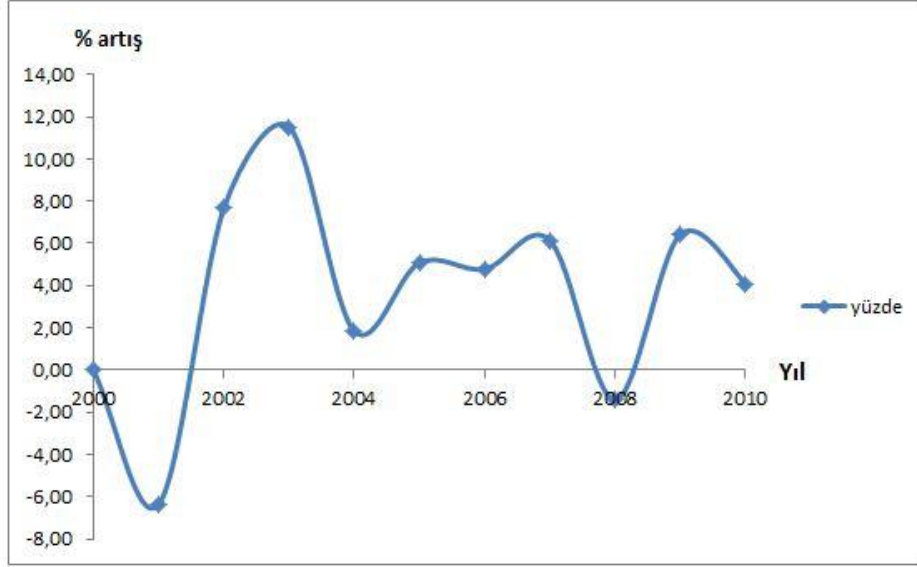
Şekil 1.5: Türkiye’de elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı [3].

Şekil 1.5’deki verilere göre son 20 yılda elektrik enerjisi üretimi hızla doğal gaza bağımlı hale gelmiştir. 2010 yılında üretilen 211,2 TWh elektriğin %46,5’i doğal gaza dayalı termik santrallerde üretilmiştir. 2011 yılı için bu oran %44,7 olmuştur. 2011 yılı verilerine göre yıllık toplam elektrik üretim miktarı 228,4 TWh’tir [3].

Yıllara göre, Türkiye’nin toplam elektrik enerjisi üretimi ve tüketimindeki değişim Şekil 1.6’da verilmektedir. Türkiye’nin toplam elektrik enerjisi üretiminin toplam elektrik enerjisi tüketimini karşılama oranı ise Şekil 1.7’de verilmektedir.



Şekil 1.6: Yıllara göre Türkiye elektrik enerjisi üretimi ve tüketimi [1].



Şekil 1.7: Yıllara göre Türkiye elektrik enerjisi üretiminin, elektrik enerjisi tüketimini karşılama oranı [1].

Şekil 1.7'den anlaşılacağı gibi Türkiye'nin elektrik enerjisi üretiminin, elektrik enerjisi tüketimini karşılama oranında sıkıntılar baş göstermektedir.

Ortaya çıkan problemlere karşın, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli oldukça zengin ve çeşitlidir. Türkiye için yenilenebilir enerji kaynakları kömürden sonra en büyük ikinci enerji kaynağı durumundadır. Türkiye'deki başlıca yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidrolik enerji, biyokütle, rüzgar, jeotermik ve güneş enerjisi yer alır. Çizelge 1.1'de Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli verilmektedir.

Çizelge 1.1: Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli [4].

Yenilenebilir Enerji Kaynağı	Enerji Kullanma Biçimi	Potansiyel (TWh/yıl) brüt
Güneş	Elektrik/Isıtma	10219×10^6
Rüzgar	Elektrik	419
Hidrolik	Elektrik	433
Jeotermal	Elektrik/Isınma	276
Biyokütle	Elektrik/Isınma	100

Yenilenebilir enerji teknolojileri, çevresel, ekonomik ve politik anlamda sağladığı avantajlardan dolayı, dünya genelinde, son yüzyılda büyük gelişme göstermiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi, tüm yenilenebilir enerji kaynaklarının kaynağı konumundadır.

1.2 Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneşteki hidrojenin helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanır. Güneş 1,4 milyon km çapıyla dünyanın 110 katı büyüklüğünde ve dünyadan $1,496 \times 10^{11}$ m uzaklıkta, yüzey sıcaklığı yaklaşık 6000 K olup, merkeze doğru gidildikçe sıcaklık, 8×10^6 K ile 40×10^6 K arasında değişmektedir. Atmosfer dışında Güneş'e dik bir yüzeyde, birim alana ulaşan radyasyon miktarı 1366 W/m^2 'dir. Bu değer Güneş enerjisi sabiti olarak da anılmaktadır. Ancak yansıma ve soğurulma sebebiyle bu değer yeryüzünde 0-1100 W/m^2 değerleri arasında değişim gösterir. Güneşin toplam enerji rezervi $1,785 \times 10^{47}$ J'dür. Dünya yüzeyine bir yıl boyunca düşen güneş enerjisi miktarı $0,709 \times 10^{14}$ TEP ya da $29,7 \times 10^{23}$ J kadardır. Bu değer bilinen kömür rezervinin 157, petrol rezervinin 516 katıdır. Bu enerjinin Dünya'ya gelen küçük bir bölümü dahi, mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır [5-7].

Yenilikçi ve hızla gerçekleşen teknolojik gelişmelere paralel olarak, güneş enerjisi teknolojisinde de hızlı bir gelişme gözlenmektedir. Güneş enerjisi kullanmanın avantajları şunlardır:

- Azalmayan ve tükenmeyen bir enerji kaynağıdır.
- Temiz enerji türüdür. Çevreyi kirletici gaz emisyonları yoktur.
- Yerel uygulamalar için elverişlidir. Enerjiye ihtiyaç duyulan hemen her yerde güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür.
- Güneş enerjisinden faydalanan ülkelerin, enerjide dışa bağımlılıkları azalır.
- Güneş enerjisi, hiçbir ulaştırma masrafı olmaksızın her yerde sağlanabilmektedir.
- Birçok güneş enerjisi uygulaması için karmaşık teknolojiye gerek duyulmamaktadır.
- İşletme masrafları çok azdır.

Günümüzde ülkeler güneş enerjisi potansiyellerden yararlanarak çeşitli yöntemlerle elektrik üretmektedirler.

1.2.1 Güneş enerjisinden elektrik üretimi yöntemleri

Güneş enerjisini elektriğe dönüştürmek için iki tür sistem vardır: güneş ısı sistemlerinde güneş enerjisi, ısı olarak toplanarak klasik enerji santralinde veya ısı motoru vasıtasıyla elektriğe dönüştürülmektedir. İkinci sistemde ise, güneş enerjisi fotovoltaik hücreler vasıtasıyla doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Bu çalışmada yoğunlaştırıcı ısı güneş enerji (YGE) sistemleri detaylı olarak ele alınmaktadır.

1.2.1.1 Yoğunlaştırıcı ısı güneş enerji sistemleri

YGE sistemleri, yansıtıcı yüzey ve soğurucu boru ekipmanları vasıtasıyla güneş enerjisini yüksek sıcaklıkta ısı enerjisine dönüştürürler. Üretilen ısı türbin-jeneratör sistemlerinde kullanılarak elektrik üretimi gerçekleştirilir.

Global YGE sistemleri kurulu gücü, son dönemde planlanan yeni projelerle birlikte 2025 yılına kadar 25 GW'a ulaşması beklenmektedir. Bu dönemde, yeni projelerle birlikte en çok gelişme kaydeden ülkenin İspanya olması beklenmektedir. Uzun dönemde ise Amerika'nın da yeni projelerle birlikte bu alanda önemli ülkelerden biri olacağı öngörülmektedir. Çin ve Hindistan yeni projeleri ve 3 GW kurulu güçleri ile, bu alanda dikkat çeken ülkelerdir. Avustralya ise 500 MW seviyelerine ulaştırmayı planladığı kurulu güç kapasitesi için yeni projeler geliştirmeye başlamıştır [8].

Dünya'da YGE sistemlerine yatırım yapan ve yapacak olan ülkeler bölgelere göre şunlardır: Avrupa'da; İspanya, Yunanistan ve İtalya, Kuzey Amerika'da; Amerika Birleşik Devletleri, Avustralasya'da; Avustralya, Çin ve Hindistan, Orta Doğu ve Afrika'da; Cezayir, Mısır, İsrail, Ürdün, Libya, Fas, Güney Afrika Cumhuriyeti, Latin Amerika'da; Şili ve Meksika.

Dünya'da yatırım yapılmakta olan 4 çeşit YGE sistemi vardır. Bunlar;

1. Parabolik oluk tipi güneş enerji sistemi
2. Fresnel tipi güneş enerji sistemi
3. Parabolik çanak tipi güneş enerji sistemi
4. Güneş güç kuleleri

Parabolik oluk tipi güneş enerji sistemleri

Parabolik oluk tipi güneş enerjisi (POTGE) sistemleri, YGE sistemleri içerisinde en yaygın kullanılan teknolojidir. Şekil 1.8’de bir POTGE sistemi verilmektedir. POTGE sistemi, kesiti parabolik olan kolektör dizilerinden oluşur. Güneşten gelen ışınlar ilk önce sistemin yansıtıcı yüzeyine gelmektedir. Parabol şeklindeki bu yüzey, ışınları parabolün odak noktasında bulunan ve eksen boyunca uzanan toplayıcı kısımdaki soğurucu boruya yoğunlaştırmaktadır. Bu işlem sonunda ısı transferi yoluyla, soğurucu boru içerisinde geçen ısı transfer akışkanına, enerji aktarımı olarak akışkanın sıcaklığı yaklaşık olarak 400 °C’ye kadar yükselmektedir.



Şekil 1.8: Parabolik oluk tipi güneş enerji sistemi [9].

Sıcaklığı yükselen akışkan ile dolaylı yoldan ya da direkt olarak buhar ve dolayısıyla elektrik üretimi yapılabilmektedir. Eğer ısı transfer akışkanı olarak yağ kullanılırsa, dolaylı yoldan buhar üretimi yapılır. Yoğunlaştırma işlemi sonucunda sıcaklığı yükselen yağ ısı enerjisini, yağdan daha düşük sıcaklıktaki suya, ısı değiştiricileri aracılığıyla aktararak, suyun buharlaşması sağlanır. Üretilen buhar, buhar türbinine gönderilerek elektrik üretimi yapılır. Eğer ısı transfer akışkanı olarak su kullanılırsa, ısı değiştiricisine gerek kalmadan doğrudan buhar üretilir. Ancak YGE sistemlerinde ısı transfer akışkanı olarak su genellikle tercih edilmemektedir. Bunun nedeni, suyun sahip olduğu yüksek genleşme katsayısı, düşük ısı kapasitesi ve sistemde oluşturabileceği korozif etkilerdir.

Bu sistemlerde güneş takibi doğu-batı veya kuzey-güney doğrultularında gerçekleşmektedir. Güneş takibiyle birlikte sistemin veriminde artış sağlanmaktadır.

Çizelge 1.2’de bir POTGE sisteminin başlıca elemanları verilmektedir.

Çizelge 1.2: Bir parabolik oluk tipi güneş enerji sisteminin başlıca elemanları.

Parabolik Oluk Tipi Güneş Enerji Sistemi		
Güneş Alanı	Güç Bloğu	Isı Deposu (Opsiyonlu)
Soğurucu boru	Türbin	Erimiş tuz
Yansıtıcı yüzey	Jeneratör	Sıcak tank
Taşıyıcı yapı	Yoğuşturucu	Soğuk tank
Takip mekanizması	Pompa	Isı değiştirici
Boru hattı	Isı değiştirici	Pompa
Isı transfer akışkanı	Kazan	
Isı transfer akışkanı pompası		
Isı değiştiricisi		

Güç bloğu ve güneş alanı elemanları 2. ve 4. bölümlerde detaylı olarak ele alınmaktadır.

POTGE sistemi ve diğer YGE sistemlerinde ısı deposu tankı, ihtiyaca bağlı olarak kullanılmaktadır. Bu sistemde ihtiyaç fazlası olan ısı, ısı depolama tanklarında, ısı tutma kapasitesi yüksek olan ısı transfer akışkanları tarafından, ihtiyaç duyulduğunda tekrardan çevrime katılmak üzere, tutulmaktadır. Isı depolama tanklarında genellikle yüksek ısı tutma kapasitesinden dolayı, erimiş tuz kullanılmaktadır. Soğuk tanktan gönderilen erimiş tuz, güneş alanı kısmından elde edilen ısı ile sıcaklığı yükseltilerek, sıcak tanka gönderilmektedir. Daha sonra ihtiyaç duyulduğunda, sıcak tanktan çıkan erimiş tuz, ısı değiştiricisi ve daha sonra buhar kazanı yardımıyla, türbin-jeneratör sistemi için gerekli olan kızgın buhar elde edilerek, elektrik üretimi gerçekleştirilir. Depolamada asıl amaç, güneşin olmadığı saatlerde de elektrik üretimini gerçekleştirmektir. Böylece ısı depolama tankı sayesinde, örneğin gece de elektrik üretimi gerçekleştirebilmek mümkün olacaktır. Bu sistemin dezavantajları ise; yüksek ilk yatırım maliyeti, depolama tankı malzemesinin doğru seçilmemesi durumunda ısı depolama akışkanının sebep olabileceği korozif etkiler, santral kurulumu için belirlenen alanın %75’e varan oranlarda artacak olması sebebiyle

maliyet artışı, muhtemel ısı kayıpları ve sistem elemanlarında olabilecek çeşitli aksaklıklar olarak belirtilebilir.

Günümüzde ısı depolama sayesinde santraller, genel olarak 6-8 saat arasında, tam yük kapasitede çalışabilmektedir.

Çizelge 1.3, 1.4 ve 1.5’de sırasıyla dünya genelinde kurulu, proje halinde ve planlanan POTGE sistemleri verilmektedir.

Çizelge 1.3: Dünya genelinde kurulu POTGE sistemleri [10].

Kapasite (MW)	İsim	Ülke
50	Andasol-1	İspanya
50	Andasol-2	İspanya
50	Andasol-3	İspanya
5	Archimede	İtalya
50	Arcosol 50	İspanya
50	Aste 1A	İspanya
50	Aste 1B	İspanya
50	Astexol II	İspanya
2	Colorado Integrated Solar Project	ABD
50	Extresol-1	İspanya
50	Extresol-2	İspanya
50	Extresol-3	İspanya
50	Helioenergy 1	İspanya
50	Helioenergy 2	İspanya
50	Helios I	İspanya
2	Holaniku at Keahole Point	ABD
50	Ibersol Ciudad Real	İspanya
50	La Dehesa	İspanya
50	La Florida	İspanya
50	La Risca	İspanya
50	Lebrija 1	İspanya
50	Majadas I	İspanya
50	Manchasol-1	İspanya
50	Manchasol-2	İspanya
50	Morón	İspanya
75	Nevada Solar One	ABD
50	Palma del Río I	İspanya
50	Palma del Río II	İspanya
1,16	Saguaro Power Plant	ABD
50	Solaben 3	İspanya
50	Solacor 1	İspanya
50	Solacor 2	İspanya
13,8	Solar Electric Generating Station I	ABD
30	Solar Electric Generating Station II	ABD

Çizelge 1.3 (devam): Dünya genelinde kurulu POTGE sistemleri [10].

Kapasite (MW)	İsim	Ülke
30	Solar Electric Generating Station III	ABD
30	Solar Electric Generating Station IV	ABD
30	Solar Electric Generating Station V	ABD
30	Solar Electric Generating Station VI	ABD
30	Solar Electric Generating Station VII	ABD
89	Solar Electric Generating Station VIII	ABD
89	Solar Electric Generating Station IX	ABD
50	Solnova 1	İspanya
50	Solnova 3	İspanya
50	Solnova 4	İspanya
50	Termesol 50	İspanya
50	Termosol 1	İspanya
50	Termosol 2	İspanya
5	Thai Solar Energy 1	Tayland

Çizelge 1.4: Dünya genelinde proje halindeki POTGE sistemleri [10].

Kapasite (MW)	İsim	Ülke
250	Abengoa Mojave Solar Project	ABD
14	Agua Prieta II	Meksika
50	Arenales	İspanya
250	Ashalim Power Station	İsrail
25	Borges Termosolar	İspanya
50	Casablanca	İspanya
50	Enerstar	İspanya
50	Godawari Solar Project	Hindistan
50	Guzmán	İspanya
50	Helios II	İspanya
50	La Africana	İspanya
50	Olivenza 1	İspanya
50	Orellana	İspanya
100	Shams 1	B.Arap Emirlikleri
50	Solaben 1	İspanya
50	Solaben 2	İspanya
50	Solaben 6	İspanya
280	Solana Generating Station	ABD

Çizelge 1.5: Dünya genelinde planlanan POTGE sistemleri [10].

Kapasite (MW)	İsim	Ülke
250	Genesis Solar Energy Project	ABD
100	KaXu Solar One	Güney Afrika
250	NextEra Beacon Solar Energy Project	ABD
500	Palen Solar Power Project	ABD
360	Pedro de Valdivia	Şili
53,4	San Joaquin Solar 1	ABD
53,4	San Joaquin Solar 2	ABD

Çizelge 1.6’da Dünya genelinde kurulu, planlanan ve proje halindeki POTGE sistemlerinin toplam kapasitesi verilmektedir.

Çizelge 1.6: Dünya genelinde kurulu, planlanan ve proje halindeki POTGE sistemlerinin toplam kapasitesi.

	Toplam Kapasite (MW)
Kurulu haldeki parabolik oluk tipi güneş enerji sistemleri	2111,96
Proje halindeki parabolik oluk tipi güneş enerji sistemleri	1519
Planlanan parabolik oluk tipi güneş enerji sistemleri	1566,8

Fresnel tipi güneş enerji sistemi

Bu sistemlerin çalışma prensibi, POTGE sistemlerine benzemektedir. İki sistem arasındaki en belirgin fark; bu sistemlerde yansıtıcı yüzey olarak düzlemsel aynalar kullanılmaktadır. Fresnel yoğunlaştırıcılar güneşi tek eksenden takip ettiklerinden ve çizgisel odaklama yaptıklarından verimleri, diğer yoğunlaştırıcılara göre düşüktür. POTGE sistemlerinin kullanıldığı her yerde kullanılabilirler. Şekil 1.9’da fresnel tipi güneş enerji sisteminin genel görünümü verilmektedir.



Şekil 1.9: Fresnel tipi güneş enerjisi sistemi [11].

Çizelge 1.7, 1.8 ve 1.9’da sırasıyla Dünya genelinde kurulu, proje halindeki ve planlanan fresnel tipi güneş enerji sistemleri verilmektedir.

Çizelge 1.7: Dünya genelinde kurulu fresnel tipi güneş enerji sistemleri [10].

Kapasite (MW)	İsim	Ülke
0,25	Augustin Fresnel 1	Fransa
5	Kimberlina Solar Thermal Power Plant	ABD
2	Liddell Power Station Solar Steam Generator	Avustralya
1,4	Puerto Errado 1	İspanya
30	Puerto Errado 2	İspanya

Çizelge 1.8: Dünya genelinde proje halindeki fresnel tipi güneş enerji sistemleri [10].

Kapasite (MW)	İsim	Ülke
12 MW	Alba Nova 1	Fransa
44 MW	Kogan Creek Solar Boost	Avustralya

Çizelge 1.9: Dünya genelinde planlanan fresnel tipi güneş enerji sistemleri [10].

Kapasite (MW)	İsim	Ülke
10	Gotasol	İspanya

Çizelge 1.10.'da Dünya genelinde kurulu, planlanan ve proje halindeki fresnel tipi güneş enerji sistemlerinin toplam kapasitesi verilmektedir.

Çizelge 1.10: Dünya genelinde kurulu, planlanan ve proje halindeki fresnel tipi güneş enerji sistemlerinin toplam kapasitesi.

	Toplam Kapasite (MW)
Kurulu haldeki fresnel tipi güneş enerji sistemleri	38,65
Proje halindeki fresnel tipi güneş enerji sistemleri	56
Planlanan fresnel tipi güneş enerji sistemleri	10

Parabolik çanak tipi güneş enerji sistemi

Parabolik çanak tipi güneş enerji sistemleri, yüzeylerine gelen güneş radyasyonunu parabolün odak noktasında yoğunlaştırmaktadırlar. Yansıtıcı yüzey olarak ayna kullanılmaktadır. Sisteme gelen güneş enerjisi aynalar vasıtasıyla odaktaki Stirling motoru üzerine yoğunlaştırılır. Stirling motoru, ısı enerjisini mekanik enerjiye dönüştürür. Sistemin, güneşi iki eksende takibi ile sistemin ısı verimi arttırılır. Parabolik çanak tipi yoğunlaştırıcılar, küçük modüllerden oluştuğu için, enerji ihtiyacı duyulan yerlerin yakınında ve ihtiyaç duyulan kapasitelerde tesis edilebilirler. Noktasal odaklama yaptıklarından dolayı verimi en yüksek olan kollektör çeşididir.

Sistemin yatırım maliyetinin yüksek olmasından dolayı, diğer güneş sistemlerinden daha az yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Şekil 1.10'da parabolik çanak tipi güneş enerji sisteminin genel görünümü verilmektedir.



Şekil 1.10: Parabolik çanak tipi güneş enerjisi sistemi [12].

Çizelge 1.11, 1.12 ve 1.13’de sırasıyla Dünya genelinde kurulu, proje halindeki ve planlanan parabolik çanak tipi güneş enerji sistemleri verilmektedir.

Çizelge 1.11: Dünya genelinde kurulu parabolik çanak tipi güneş enerji sistemleri [10].

Kapasite (MW)	İsim	Ülke
1,5	Maricopa Solar Project	ABD

Çizelge 1.12: Dünya genelinde proje halindeki parabolik çanak tipi güneş enerji sistemleri [10].

Kapasite (MW)	İsim	Ülke
1	Renovalia	İspanya

Çizelge 1.13: Dünya genelinde planlanan parabolik çanak tipi güneş enerji sistemleri [10].

Kapasite (MW)	İsim	Ülke
72	Mashhad solar thermal power station	İran
145	San Luis Valley	ABD
10	SolarCAT Pilot Plant	ABD

Çizelge 1.14’de Dünya genelinde kurulu, planlanan ve proje halindeki parabolik çanak tipi güneş enerji sistemlerinin toplam kapasitesi verilmektedir.

Çizelge 1.14: Dünya genelinde kurulu, planlanan ve proje halindeki parabolik çanak tipi güneş enerji sistemlerinin toplam kapasitesi.

	Toplam Kapasite (MW)
Kurulu haldeki parabolik çanak tipi güneş enerji sistemleri	1.5
Proje halindeki parabolik çanak tipi güneş enerji sistemleri	1
Planlanmakta olan parabolik çanak tipi güneş enerji sistemleri	227

Güneş güç kuleleri

Güneş güç kuleleri, merkezi alıcı tipi güç santralleridir. Merkezi bir bilgisayar yardımı ile güneşi iki ekseninde birbirinden bağımsız olarak takip eden, heliostat adı verilen ve büyük bir alana yerleştirilmiş çok sayıda yansıtıcı ayna, güneşten gelen ışınları merkezde bulunan kulenin üzerindeki alıcıda yoğunlaştırırlar. Yoğunlaştırılmış yüksek ısı enerjisi, alıcıdaki akışkanı ısıtır. Isınan akışkan su ise buhar jeneratörüne değilse ısı değiştiricisine gönderilerek buhar üretilir. Üretilen buharla türbin-jeneratör de elektrik enerjisi elde edilir. Çevrimi tamamlayan buhar yoğunlaştırıcuda soğutma suyu çevrimi ile soğutulur ve sisteme geri gönderilir. Isı transfer akışkanı (su buharı) buhar jeneratöründen veya ısı değiştiricisinden (erimiş tuz) geçtikten sonra alıcıya gönderilir. Şekil 1.11’de güneş güç kulesinin genel görünümü verilmektedir.



Şekil 1.11: Güneş güç kulesi [13].

Isı transfer akışkanı olarak yağ, erimiş tuz ya da su kullanılabilir. Akışkanın sıcaklığı 600 °C'nin üzerine ulaşabilmektedir.

Heliostatların yerleşimi için büyük alanlara ihtiyaç vardır. Güneş kulesini çevreleyen heliostat alanı, tesisin yıllık verimini optimize edecek şekilde planlanır.

Güneş güç kulelerinden güneşin olmadığı zamanlarda da üretimin sağlanabilmesi için, depolama sistemleri geliştirilmiştir. Böylece sistemin sürekliliği sağlanmaktadır. Depolama sisteminde 290 °C'da sıvı haldeki tuz eriyiği, soğuk depolama tankından alıcıya doğru pompalanır. Burada sıcaklığı 565 °C'ye kadar çıkarılarak sıcak depolama tankına gönderilir. Tesisten güç çekileceği zaman sıcak tuz, türbin-jeneratör sistemi için aşırı kızdırılmış buhar üreten bir buhar üretme sistemine (ısı değiştiricisine) pompalanır ve ısını transfer eden tuz, soğuk tanka geri dönerek depolanır ve sonunda da alıcıda yeniden ısıtılır [14].

Çizelge 1.15, 1.16 ve 1.17'de sırasıyla Dünya genelinde kurulu, proje halindeki ve planlanan güneş güç kuleleri verilmektedir.

Çizelge 1.15: Dünya genelinde kurulu güneş güç kulesi enerji sistemleri [10].

Kapasite (MW)	İsim	Ülke
20	Gemasolar Thermosolar Plant	İspanya
1.5	Jülich Solar Tower	Almanya
11	Planta Solar 10	İspanya
20	Planta Solar 20	İspanya
5	Sierra SunTower	ABD

Çizelge 1.16: Dünya genelinde proje halindeki güneş güç kulesi enerji sistemleri [10].

Kapasite (MW)	İsim	Ülke
110	Crescent Dunes Solar Energy	ABD
392	Ivanpah Solar Electric Generating Station	ABD
50	Supcon Solar Project	Çin
1.4	Themis Solar Power Tower	Fransa

Çizelge 1.17: Dünya genelinde planlanan güneş güç kulesi enerji sistemleri [10].

Kapasite (MW)	İsim	Ülke
50	AZ 20	İspanya
20	Almaden Plant	İspanya
200	BrightSource Coyote Springs 1	ABD
200	BrightSource Coyote Springs 2	ABD
200	BrightSource PG&E 5	ABD
200	BrightSource PG&E 6	ABD
200	BrightSource PG&E 7	ABD
110	Crescent Dunes Solar Energy Project	ABD
245	Gaskell Sun Tower	ABD
50	Khi Solar One	Güney Afrika
150	Rice Solar Energy Project	ABD

Çizelge 1.18’de Dünya genelinde kurulu, planlanan ve proje halindeki güneş güç kulelerinin toplam kapasitesi verilmektedir.

Çizelge 1.18: Dünya genelinde kurulu, planlanan ve proje halindeki güneş güç kulesi enerji sistemlerinin toplam kapasitesi.

	Toplam Kapasite (MW)
Kurulu güneş güç kulesi enerji sistemleri	57.5
Proje halindeki güneş güç kulesi enerji sistemleri	553.4
Planlanan güneş güç kulesi enerji sistemleri	1625

YGE sistemleri bu şekilde incelendikten sonra, bunların, çeşitli kriterlere göre karşılaştırmaları Çizelge 1.19’da verilmektedir.

Çizelge 1.19: YGE sistemlerinin karşılaştırılması [15].

Teknoloji Tipi	Isıl Verim (%)	Sistem Verimi (%)	Yoğunlaştırma Oranı	Çalışma Sıcaklığı (°C)	Optik Verim (%)	Elektrik Maliyeti (\$/kwh)
Parabolik Oluk	46	13-19	25-100	400	96	0,15
Fresnel	45	12-17	70-80	250-300	95	0,14
Parabolik Çanak	79	22-29	1000-3000	700-800	96	0,27
Güneş Güç Kulesi	45	14-20	300-1000	300-1200	95	0,16

1.2.1.2 Fotovoltaik güç sistemleri

Fotovoltaik paneller üzerine güneş ışığı düştüğünde, güneş enerjisini fotoelektrik olay yoluyla, doğrudan DC elektrik enerjisine çevirirler. Kristal-Silisyum (c-Si), Amorf-Silisyum (a-Si), Galyum-Arsenid (GaAs), Kadmiyum-Tellurid (CdTe) ya da Bakır-İndiyum-Diselenid (CuInSe₂) gibi yarı iletkenler, fotovoltaik malzemelerdir. Genelde yüzeyleri kare, dikdörtgen veya daire şeklinde biçimlendirilen kristal güneş hücrelerinin alanı 100/156/243 cm² civarında ve kalınlıkları ise 0,2-0,4 mm arasındadır. İnce film hücreler ise, istenilen yüzeylere farklı ebatlara uygulanabilmektedir. Araştırmalara devam edilen, nano teknolojiye dayalı hücreler ise Tandem, Süpertandem ve orta bant güneş hücreleridir. Fotovoltaik hücreler yapılarına bağlı olarak %5 ile %20 arasında bir verimle çalışmaktadırlar [16].

Fotovoltaik güç sistemlerinin genel özellikleri aşağıdaki gibidir.

- Hareketli parçaları yoktur. Dolayısıyla mekanik aşınma yoktur ve az bakım gerektiriler.
- Yüksek çalışma sıcaklıkları gerektirmezler.
- Çevreyi kirletmez, çevre dostudur.
- Ömürleri çok uzundur.
- Enerji kaynağı güneştir.
- Oldukça geniş bir güç ölçeğine sahiptir.

Şekil 1.12'de fotovoltaik güç sisteminin genel görünümü verilmektedir.



Şekil 1.12: Fotovoltaik panel uygulamaları [17].

Fotovoltaik güneş hücrelerinde en çok kullanılan yarı iletken materyal, silikondur. Tek kristalli silikondan yapılmış güneş pilleri laboratuvar şartlarında yaklaşık %18 ve üretimde de yaklaşık %12-13 verim sağlamaktadır.

Silikonlu güneş pillerinin üretimi için harcanan enerji miktarını ve maliyetini azaltmak amacıyla, tek kristalli silikondan daha düşük kalitede bir malzeme geliştirilmeye çalışılmış ve gerek külçe gerek biçme işlemini ortadan kaldıran doğrudan levha biçiminde çok kristalli silisyum elde edilmiştir. Verimi %8-10 olmasına rağmen çok kristalli güneş pilleri, uygulamalarda giderek yaygınlık kazanmaktadır.

Galyum-Arsenid (GaAs) de verimi en yüksek yarı iletken malzemelerdendir. Tek kristalli GaAs kullanan güneş pillerinin verimi laboratuvar koşullarında %22'ye ulaşmaktadır. Ancak maliyetinin yüksek olmasından dolayı bu güneş pillerinin kullanımı yoğunlaştırılmalı fotovoltaik üreteçlerle sınırlıdır.

Kadmiyum-Tellurid (CdTe) çok kristalli bir yapıda ve verimi %11-17 arasında değişim göstermektedir. Üretim maliyetleri düşüktür.

Süper tandem hücrelerde %86,8 ve orta bant güneş hücrelerinde %63,2'lik teorik verime ulaşılmıştır. Ancak pratik de ulaşılmış bir değer henüz yoktur [18].

Bakır-İndiyum-Diselenid (CuInSe_2) hücrelerin verimi %11-14 arasındadır. Esnek yüzeylerde uygulanabilmektedir. Ancak pahalı üretim olması sebebiyle uygulaması daha azdır.

İnce film piller bir alt katman üzerine bir yada birkaç fotovoltaik malzeme katmanının çöktürülmesiyle (depositing) elde edilmektedir. Bu katmanlar yalnızca birkaç mikrometre kalınlıkta olup bu tür piller diğer türlere göre daha büyük yüzey alanına sahiptirler. Verimleri %8'den az olup, maliyetleri ise verimleriyle orantılı olarak oldukça düşüktür. Bu pillerde kullanılan malzemelerden başlıcaları; kadmiyum sülfür, amorf silisyum ve çok kristalli galyum arsenürdür. Düşen maliyetleriyle dolayısıyla piyasada giderek yaygınlık kazanmaktadırlar.

Türkiye, güneş enerjisi potansiyelini kullanması halinde 800 MWp'lık bir fotovoltaik pil üretim pazarına sahiptir. Ancak bu değer 2011 yılı itibariyle 5 MWp'dir. 500 kW altı sistemlerinin yeni düzenlemeyle lisanssız hale getirilmesiyle 2015 yılına kadar 600 MWp'lık bir üretim pazarına ulaşılması hedeflenmektedir. Fotovoltaik güç sistemlerinin kurulu gücü Avrupa'da 20 GW ve Dünya'da 65 GW seviyelerine yaklaşmaktadır [19].

Güneş enerjisinden elektrik üretme yöntemleri incelendikten sonra bu sistemlerin karşılaştırmaları Çizelge 1.20'de verilmektedir.

Çizelge 1.20: YGE ve fotovoltaik güç sistemlerinin genel karşılaştırılması.

YGE Sistemleri	Fotovoltaik Güç Sistemleri
<p>Bu sistemde direk radyasyondan faydalanılmakta olup, sistem, güneşi tek veya iki eksenle takip edebilmektedir.</p>	<p>Bu sistemde global (direk ve difüzyif) radyasyondan faydalanılmaktadır. Sistem, çoğunlukla iki eksenle veya optimum açıyla monte edilmektedir.</p>
<p>1 MW kurulu güç için yaklaşık olarak 10000-20000 m² alan gerekmektedir. Alan büyüklüğü kullanılan teknolojiye ve araziye göre değişmektedir.</p>	<p>1 MW kurulu güç için yaklaşık olarak 9000-25000 m² alan gerekmektedir. Alan büyüklüğü kullanılan teknolojiye ve araziye göre değişmektedir.</p>
<p>Güneş radyasyonu-elektrik enerjisi çevrimi verimi %15-20 arasındadır.</p>	<p>Güneş radyasyonu-elektrik enerjisi çevrimi %5-19 arasındadır.</p>
<p>Kurulu güçleri genelde 50 MW ve üzerindedir.</p>	<p>Kurulu güçleri 1-50 MW arasındadır.</p>
<p>1 MW tesis yatırımı için 4-5 milyon Euro gerekmektedir.</p>	<p>1 MW tesis yatırımı için 3-4 milyon Euro gerekmektedir.</p>
<p>Kurulum süresi 2-3 yıl arasındadır. Sistem ömrü ise 30-35 yıldır.</p>	<p>Kurulum süresi 1-3 yıl arasındadır. Panel ömrü ise 25 yıldır.</p>
<p>Geniş ve düz alanlara kurulmalıdır.</p>	<p>Düz ve açılı her yere kurulabilir.</p>
<p>Özellikle parabolik aynalar açısından tozun olmadığı, nem oranının ve rüzgar hızının (>3 m/s) düşük olduğu yerler gerekir.</p>	<p>Hava sıcaklığının 40 C'nin altında, kar ve yağmurun az olduğu ve rüzgar hızının 2-4 m/s olduğu az rüzgarlı yerler gerekir.</p>
<p>Yıllık enerji üretimi, yıllık radyasyon oranı ile doğru orantılıdır.</p>	<p>40 °C'nin üzerinde %1-2 oranında verim düşüşü yaşanmaktadır.</p>
<p>Enerji depolama veya direk şebeke bağlantısı yapılabilir.</p>	<p>Enerji depolama veya direk şebeke bağlantısı yapılabilir.</p>

1.2.2 Türkiye'deki yoğunlaştırıcı ısı güneş enerji santrali uygulamaları

Son dönemlerde Türkiye'de, YGE santrali yatırımları ön plana çıkmaya başlamıştır. Türkiye'nin ilk YGE sistemi, Tübitak Marmara Araştırma Merkezi ve İnosol Enerji'nin ortak çalışması ile İstanbul İkitelli'de kurulmuştur. 500 kW'lık kurulu güce sahip olan sistem 4 milyon TL'lik bir yatırıma mal olmuştur. Bu uygulamada, POTGE sisteminin beklentilerin üzerinde göstermiş olduğu verimlilikten dolayı, yakın zamanda 2 MW'lık bir benzerinin yapılması planlanmıştır. Ayrıca üretilen yeni projelerin havaalanları, büyük alışveriş merkezleri gibi yoğun elektrik tüketiminin olduğu bölgelere yaygınlaştırılması düşünülmektedir [20].

Mersin'in Toroslar ilçesinde inşa edilmeye başlanan güneş güç kulesi tipi YGE sisteminin ar-ge çalışmalarına 2011 yılında başlanmış olup, projenin iki etapta tamamlanması planlanmıştır. İlk etapta 4,7 MW, ikinci etapta ise 10 MW gücünde santral kapasitesi hedeflenmektedir. Sistem için araziye 510 adet heliostat yerleştirilmesi planlanmaktadır. Santral kurulumu 10 yıllığına kiralanan 60 bin m²'lik bir alanda gerçekleştirilmektedir. Ayrıca santralde fazla enerjinin depolanabilmesi için de depolama ünitesinin yapılması planlanmaktadır [21].

2. ENTEGRE GÜNEŞ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALLERİ

2.1 Entegre Güneş Kombine Çevrim (EGKÇ) Santrali

EGKÇ sistemi, bir YGE sistemi ile bir kombine çevrim güç santralının entegre olmasından meydana gelmektedir.

Kombine çevrim fikri, basit Brayton çevrimi verimini, yüksek sıcaklıklarda çalışmasının sağladığı kazançlardan yararlanarak ve egzoz gazlarıyla atılan ısı enerjisini geri kazanarak, bu enerjiyi buharlı güç çevrimi gibi bir alt çevrimde ısı kaynağı olarak değerlendirmek fikrinden hareketle ortaya çıkmıştır. Kombine güç çevrimlerinde gaz ve buhar türbinleri birlikte kullanılmaktadır. Bu çevrimde egzoz gazlarının enerjisinden, bir ısı değiştiricisi yardımıyla, alt çevrimde buhar üretiminde faydalanılır. Alt çevrimde ara ısıtma ve ara buhar alma işlemleri de yapılabilir. Böylece bir kombine çevrimde tek bir yakıtla iki şekilde elektrik enerjisi üretilmektedir. İlk üretimde doğal gaz hava karışımı gaz türbininin yanma odalarında yakılır. Yanan ve genleşen gaz egzozdan çıkarken türbin kanatlarına çarparak türbini çevirmeye başlamaktadır. Bu şekilde gaz türbininde elde edilen kinetik enerji, türbin şaftına bağlı olan jeneratörün ikazlanmasıyla elektrik enerjisine çevrilmektedir. İkinci üretim ise gaz türbinin egzozundan çıkan yaklaşık 550 °C'deki atık gaz, buhar kazanlarına verilir. Kazan borularındaki su buhara çevrilir ve buhar türbinine gönderilerek türbin çevrilmeye başlanır. Bu şekilde buhar türbininde elde edilen kinetik enerji, türbin şaftına bağlı olan jeneratörün ikazlanmasıyla ikinci kez elektrik enerjisine çevrilmektedir.

EGKÇ sistemleri, gaz ve buhar türbinleri ve güneş enerjisinden termal çevrime gelen ek ısı enerjisiyle modern bir çevrim santralidir. Sistemin çalışma prensibinin kombine çevrim santralinden farkı, buhar üretmek için gerekli olan enerjinin, gaz türbinindeki atık egzoz gazları yanısıra güneş sahasından da karşılanmasıdır. EGKÇ sistemlerinde güneş enerjisi yardımıyla buhar üretimi artırılır. Bu yüzden Güneş'in olduğu zamanlarda elektrik üretiminde bir artış yaşanır. Gün ışığının yetersiz olduğu durumlarda ise buhar kazanlarında buhar türbinlerine gidecek buharın ısını

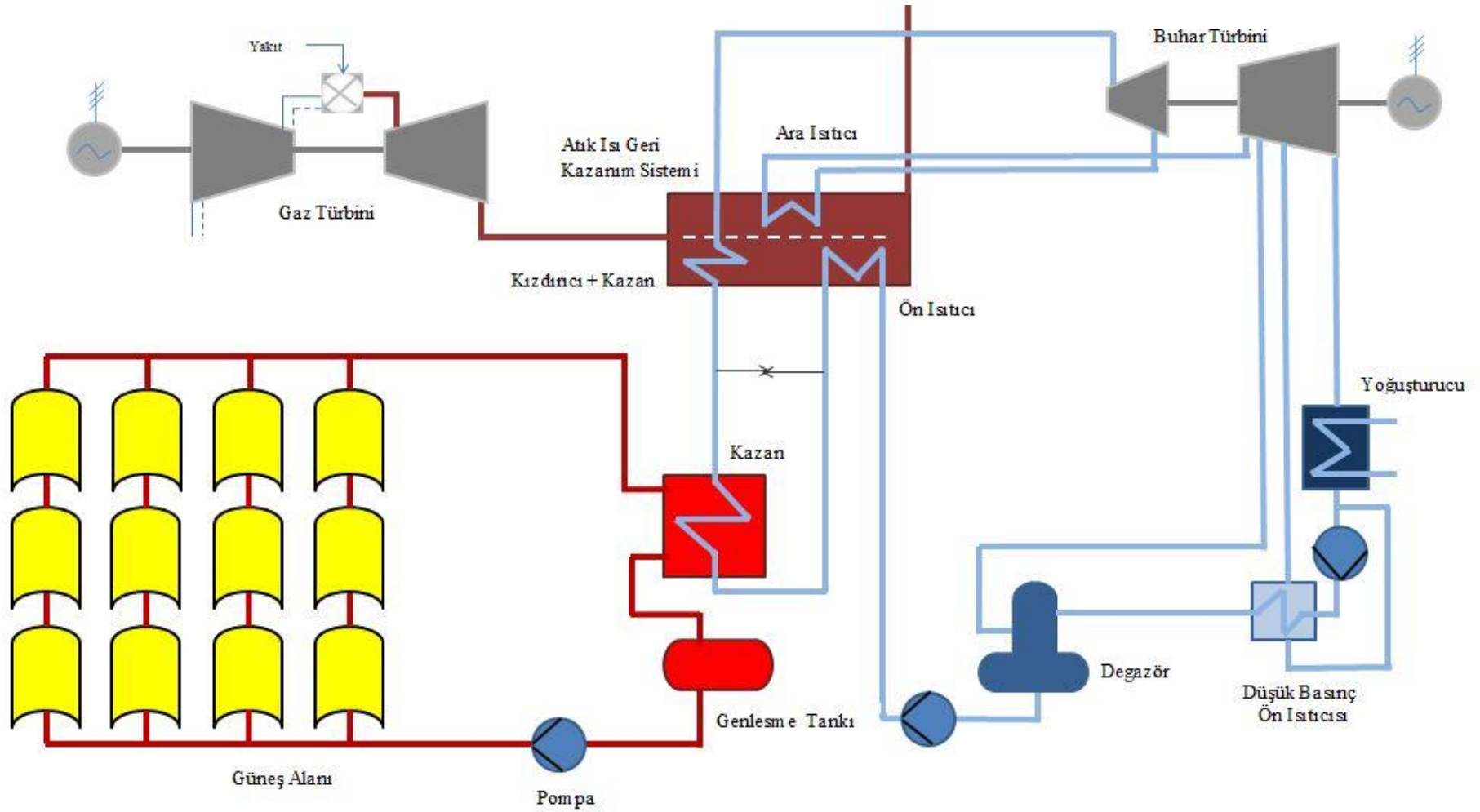
yükseltmek için kanal brülörleri kullanılmaktadır. Besleme suyunun ön ısıtılması ve buharın kızdırılması işlemleri, gaz türbini egzoz gazlarından faydalanılarak yapılmaktadır. EGKÇ sistemleri, kombine çevrim santrallerine nazaran sahip olduğu ekstra güneş enerjisinden dolayı daha yüksek basınca ve buhar sıcaklığına sahiptir. Ayrıca EGKÇ sistemlerinde, kombine çevrim santrallerine nazaran daha büyük bir buhar türbini vardır [22-24].

EGKÇ santralleri,

- kombine çevrim güç santralinden sağlanan stabil güç üretimi miktarına YGE sisteminden sağlanacak katkı ile kombine çevrim güç santrali kapasitesinin üzerinde oluşabilecek taleplerin karşılanabilecek olması,
- EGKÇ sistemleri güneş radyasyonundan bağımsız olarak da belirli seviyede elektrik üretimini garanti etmesi,
- YGE sisteminde üretilen buharın çevrime dahil edilmesi ile sistemin termal veriminin artması ve üretilen birim elektrik enerjisi maliyetinin azalacak olması,
- kombine çevrim santrallerinin enerji üretimindeki sürekliliği ile YGE sistemlerinde kullanılan ısı deposu tankı kullanımına gerek duyulmaması,
- yoğunlaştırıcı ısı güneş enerji sisteminden sağlanacak katkı ile fosil yakıt tüketimi ve CO₂ salınımının azalması

gibi sunduğu avantajlardan dolayı, YGE sisteminin kombine çevrim güç santraline entegrasyonu fikri önem kazanmıştır.

Şekil 2.1’de EGKÇ santralinin şematik gösterimi verilmektedir.



Şekil 2.1: Entegre güneş kombine çevrim santralinin şematik gösterimi.

2.2 Sistem Elemanları

Bir EGKÇ santrali, YGE ve kombine çevrim güç santrali elemanlarından meydana gelmektedir. Bu elemanlar; yansıtıcı yüzey, soğurucu boru, ısı transferi akışkanı, taşıyıcı yapılar, gaz türbini, buhar türbini, jeneratör, kazan, atık ısı kazanı, genişleme tankı, degazör, pompa, yoğunlaştırıcı, ön ısıtıcı, ara ısıtıcı, kızdırıcı, ve besleme suyu ısıtıcılarıdır. Yansıtıcı yüzey, soğurucu boru, ısı transfer akışkanı ve taşıyıcı yapılar gibi YGE santrali ekipmanları 4. bölümde ele alınmaktadır.

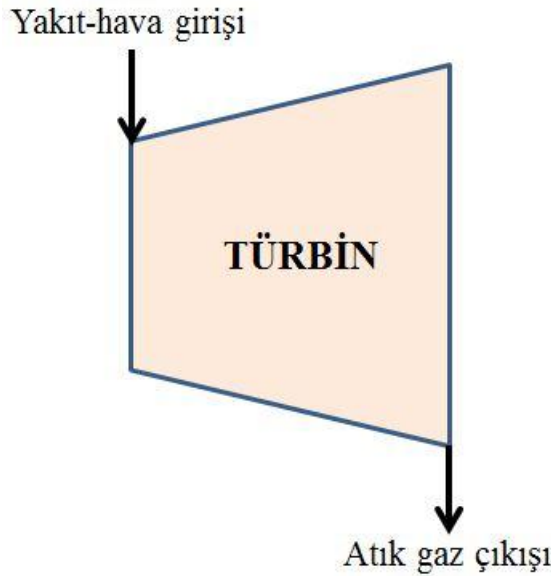
2.2.1 Gaz türbini

Bir gaz türbini, 4 ana kısımdan oluşmaktadır;

1. Hava kompresörü
2. Yanma odaları
3. Türbin
4. Jeneratör

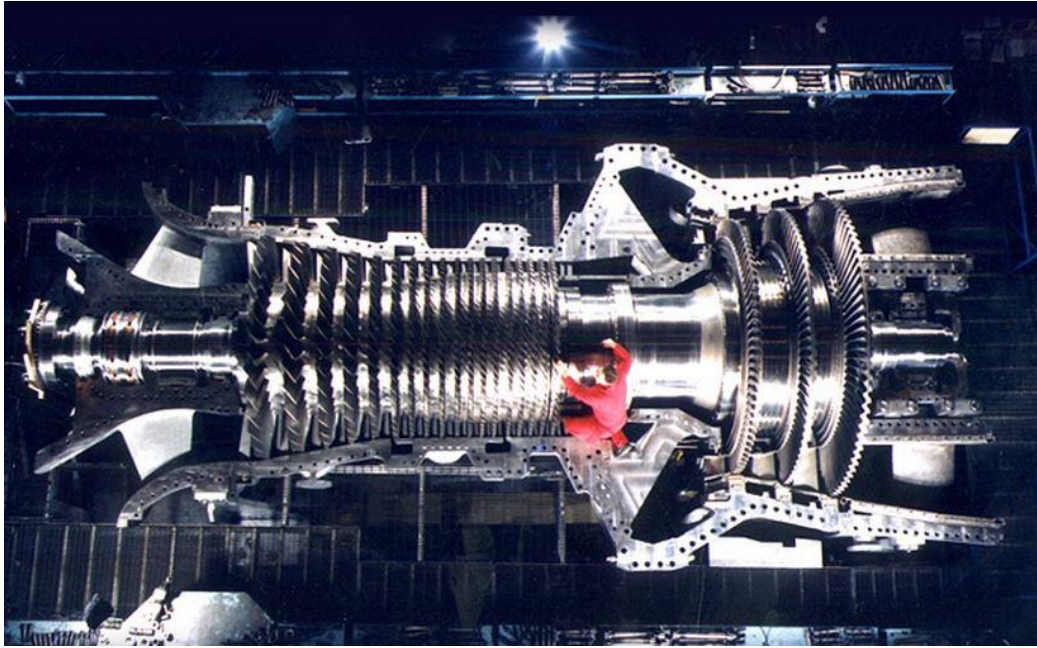
Kompresörde filtreden geçirilen hava, sıkıştırılarak basıncı yükseltilir ve sonuç olarak sıcaklığı artar. Sıcak ve basınçlandırılmış hava yanma odalarına beslenen doğal gazı yakmakta kullanılır. Yanma sonucu oluşan sıcak gaz karışımı türbin kademeleri içinden geçerek rotoru döndürür. Dönme hareketi biçiminde ortaya çıkan mekanik enerji ise jeneratörde elektrik enerjisine çevrilir.

Şekil 2.2'de bir gaz türbininin şematik gösterimi verilmektedir.



Şekil 2.2: Bir gaz türbininin şematik gösterimi.

Şekil 2.3’de ise bir gaz türbini görülmektedir.



Şekil 2.3: Gaz türbini [25].

2.2.2 Atık ısı kazanı

Gaz türbininden yüksek sıcaklıkta çıkan yanma atığı gazlar, farklı basınç seviyelerinde buhar üretmek üzere atık ısı kazanının içerisindeki ısı eşanjörlerinden geçirilmektedir. Farklı basınç seviyelerine ulaşan buhar mekanik enerjiye dönüştürülmek üzere buhar türbinlerine gönderilmektedir. Şekil 2.4’de bir atık ısı kazanı görülmektedir.



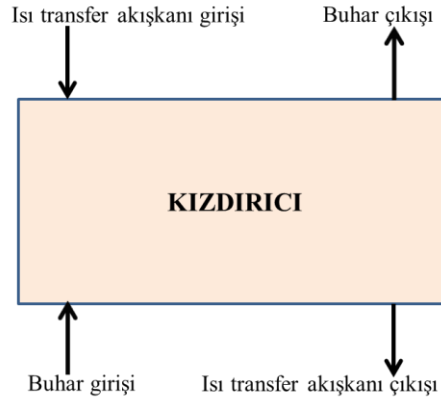
Şekil 2.4: Atık ısı kazanı [26].

2.2.3 Kızdırıcı

Kızdırıcı, doymuş veya ıslak haldeki buharı güç üretimi için, kuru buhara çevirmektedir. Kızdırıcı kullanımının amacı doygun veya ıslak haldeki buharın sıcaklığını sistemde kullanılacak seviyeye yükseltmektir. Buna bağlı olarak kızdırıcı, buhar türbininin ve sistemin termal verimliliği arttırmaktadır. Kızdırıcı, buharın içerisinde az da olsa kalan nemi ortadan kaldırarak, türbin kanatlarında oluşabilecek korozyonun önüne geçmektedir.

Kızdırıcı, santralde kullanılan yakıt ve su miktarını azaltırken sistemin bakım maliyetini arttırmaktadır. Kızdırıcılar, buhar kazanlarında, yaygın olarak kullanılmaktadır.

Şekil 2.5'de bir kızdırıcının şematik gösterimi verilmektedir.



Şekil 2.5: Bir kızdırıcının şematik gösterimi.

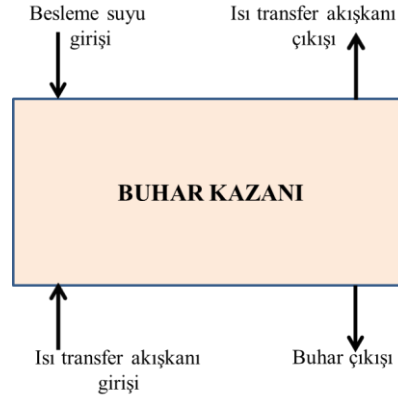
Şekil 2.6'da ise bir kızdırıcı görülmektedir.



Şekil 2.6: Kızdırıcı [27].

2.2.4 Buhar kazanı

Buhar kazanı, suya gerekli olan ısı enerjisini, ısı transferi akışkanı vasıtasıyla uygulayarak buhar üretmektedir. Buhar kazanı, gelen besleme suyunu doymuş buhar olarak sisteme bırakmaktadır. Buhar kazanına girdi konumunda olan besleme suyu, buhar fazına geçerken hacminin yaklaşık olarak 1000 katı genişlemektedir. Oluşan buhar da buhar taşıma hatlarıyla çevrimde ilerlemektedir. Bu yüzden hatlarda sorun yaşanmaması için besleme suyunun saflığı oldukça önemlidir. Buhar kazanlarına giren besleme suyu uygun şartları taşımazsa, buhar kazanında kirençlenme, korozyon, sistemin verimi ve santral ömrünün azalması gibi sorunlara neden olabilmektedir. Aynı zamanda, sistemde yeterli su bulunmadığı zamanlarda aşırı ısınma ve yüksek basınç sorunu da oluşabilmektedir. Buhar kazanları yapımında, korozyona karşı dayanıklılığı nedeniyle genellikle paslanmaz çelik tercih edilmektedir [28,29]. Şekil 2.7’de bir buhar kazanının şematik gösterimi verilmektedir.



Şekil 2.7: Bir buhar kazanının şematik gösterimi.

Şekil 2.8’de ise bir buhar kazanı görülmektedir.



Şekil 2.8: Buhar kazanı [30].

2.2.5 Genleşme tankı

Genleşme tankı, sıcak su sisteminde oluşabilecek aşırı basıncı engellemektedir. Genleşme tankı aşırı su basıncını absorbe ederek oluşabilecek ısı patlamaları da engellemektedir.

Genleşme tankları bir lastik diyafram vasıtasıyla iki bölmeye ayrılmaktadır. İlk bölme, ısıtma sistemi boru hattına bağlantılıdır ve dolayısıyla su içermektedir. Diğer kuru halde bulunan bölmede ise düşük basınçta hava bulundurmaktadır [31].

Şekil 2.9'da bir genleşme tankı görülmektedir.



Şekil 2.9: Genleşme tankı [32].

2.2.6 Ön ısıtıcı

Ön ısıtıcı, bir ısı değiştirici çeşididir. Ön ısıtıcı, besleme suyu ısıtıcıları sisteminden çıkan suyun sıcaklığını arttırmak için kullanılır. Ön ısıtıcı tarafından besleme suyunun ısıtılması ile sistemin ısı verimliliği artmaktadır ve bu sayede santralin işletme maliyeti de azalmaktadır. Ön ısıtıcıdan çıkan besleme suyunun dış ortam basıncında doymuş sıvı olduğu kabul edilmektedir [33].

Şekil 2.10'da bir ön ısıtıcının şematik gösterimi verilmektedir.



Şekil 2.10: Bir ön ısıtıcının şematik gösterimi.

Şekil 2.11’de ise bir ön ısıtıcı görülmektedir.



Şekil 2.11: Ön ısıtıcı [34].

2.2.7 Buhar Türbini

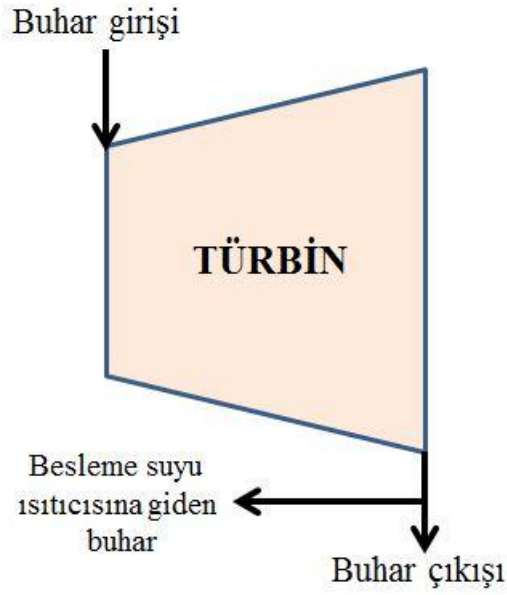
Atık ısı kazanından farklı basınç kademelerinde gelen kızgın buhar ile YGE sisteminde üretilen kızgın buhar, şaftlarından birbirleri ile bağlanmış olan yüksek, orta ve düşük basınç türbinlerine yönlendirilir. Kızgın buhar, buhar türbininin kanatları arasından geçerken genişlerken ısıl enerjiyi dönme hareketine çevirir. Dönme hareketindeki bu mekanik enerji de aynı şaft üzerindeki buhar türbin jeneratöründe elektrik enerjisine çevrilir. Düşük basınç buhar türbini çıkışında enerjisi alınmış durumdaki çürük buhar, su soğutmalı bir yoğuşturucuda yoğuşturulduktan sonra tekrar buharlaştırılmak üzere kazana gönderilerek çevrimin devam etmesi sağlanır.

Buhar türbini, birbirine seri olarak bağlı türbin kademelerinden oluşmaktadır. Her kademe, türbin ve dağıtıcıdan oluşmaktadır. Dağıtıcının bir çıkışı diğer türbin kademesiyle bağlantılıyken diğer çıkışı da besleme suyu ısıtıcısıyla bağlantılıdır. Düşük basınç türbin kademeleri ile yüksek basınç türbin kademelerine birbirlerine paralel olacak şekilde modellenmektedir.

Buhar türbini, silindir ve rotor olmak üzere iki ana parçadan meydana gelmektedir. Silindir kısmı çelik veya dökme demirden yapılmaktadır. Silindir bölümü türbin kanadı, bıçağı ve nozulünden oluşmaktadır. Rotor bölümü ise hareketli (seyyar) kanatlardan oluşmaktadır.

Türbin pahalı bir sistem elemanı olduğu için, kanatlarında oluşabilecek aşırı hızlanmalardan kaçınılmalıdır. Aksi takdirde türbin kanatlarında oluşacak balans kaybı titreşimlere neden olmaktadır.

Şekil 2.12'de bir buhar türbininin şematik gösterimi verilmektedir.



Şekil 2.12: Bir buhar türbininin şematik gösterimi.

Şekil 2.13'de ise bir buhar türbini görülmektedir.



Şekil 2.13: Buhar türbini [35].

2.2.8 Ara ısıtıcı

Ara ısıtıcı, kızdırıcı ile benzer çalışma prensibine sahiptir. Ancak ara ısıtıcından çıkan akışkan kızdırıcıya göre daha düşük sıcaklık ve basınçta olmaktadır. Çevrim sırasında yüksek basınç türbininden çıkan buhar ara ısıtıcıya girerek sıcaklığı ve ısıl verimliliği artırılmaktadır.

Şekil 2.14’de bir ara ısıtıcı görülmektedir.

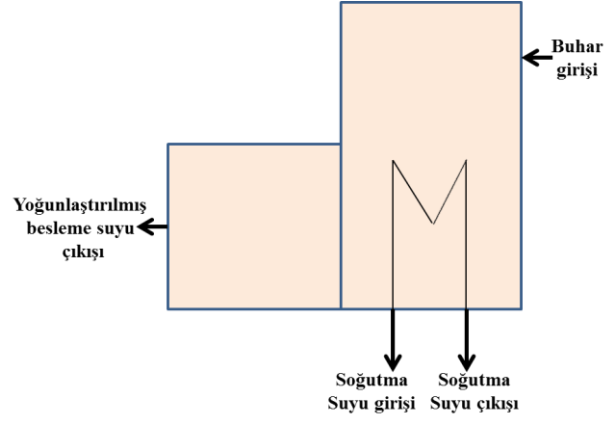


Şekil 2.14: Ara ısıtıcı [36].

2.2.9 Yoğuşturucu

Yoğuşturucu, buhar türbini çıkışındaki buharı tekrar kullanılmak üzere yoğunlaştırmaktadır. Sistemde yoğunlaşma süreci, düşük basınç türbini çıkışındaki buharın soğutma suyu ile etkileşimi sonucu yoğunlaşmış sıvı hale geçmesi ile gerçekleşmektedir. Böylece sıvı halde bulunan akışkanın pompalanması kolaylaşmaktadır.

Şekil 2.15’de bir yoğuşturucunun şematik gösterimi verilmektedir.



Şekil 2.15: Bir yoğuşturucunun şematik gösterimi.

Şekil 2.16'da ise bir yoğuşturucu görülmektedir.

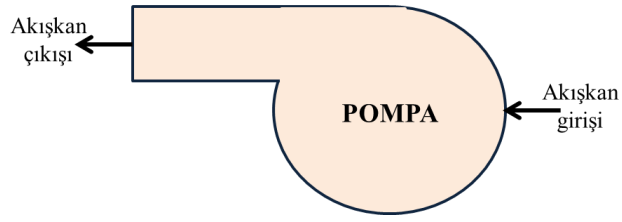


Şekil 2.16: Yoğuşturucu [37].

2.2.10 Pompa

EGKÇ santrellerinde pompalar, ısı transfer akışkanını ve besleme suyunu pompalamak amacıyla kullanılmaktadır. Pompalar besleme suyu ve ısı transfer akışkanının basıncını arttırmaktadır. Yoğuşum suyu pompası yoğunlaştırıcı çıkışında, besleme suyu pompası degazör çıkışında ve ısı transfer akışkanı pompası da güneş alanında konumlandırılmaktadır. Pompalar santralin tasarımına göre yaklaşık 20 ile 200 km arasında değişen boru hatları boyunca akışkan pompalamaktadırlar.

Şekil 2.17'de bir pompanın şematik gösterimi verilmektedir.



Şekil 2.17: Bir pompanın şematik gösterimi.

Şekil 2.18'de ise bir pompa görülmektedir.



Şekil 2.18: Pompa [38].

2.2.11 Degazör

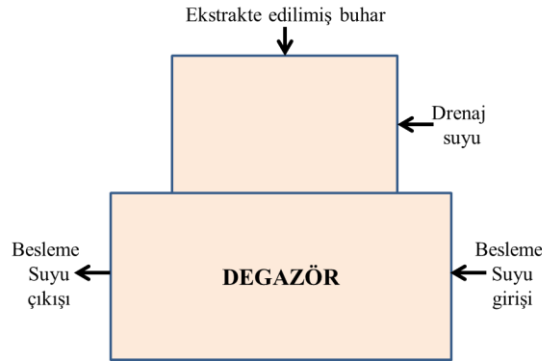
Degazör sistemleri, besi suyu içerisindeki karbondioksit (CO_2) ve hidrojen sülfür (H_2S) gibi eriyik gazların giderilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Yoğunlaştırıcı tankından çıkan su, içeriğinde bulunan eriyik gazların giderimi için degazörün en üst kısmındaki dağıtım difüzöründen üniteye giriş yapar. Su, degazörün üst kulesine doldurulmuş olan halkalarla temas ederek aşağı doğru süzülürken, aşağıdan yukarıya doğru degazör fanının sağladığı sıcak hava verilerek, suyun hava ile teması sağlanır. Sıcaklık artışı nedeniyle O_2 ve CO_2 gazları serbest kalır. Hava, suyun içerisindeki çözülmüş gazları bünyesine alır ve uzaklaştırır. Böylece ters akış prensibi ile suyun içerisindeki gazlar giderilmiş olur ve arıtılan su degazörün alt kısmında depolanır. Aynı zamanda degazör, buhar kazanı için besleme suyunun ön ısıtılması işlemini de gerçekleştirir. Besleme suyu daha sonra, düşük buhar türbininden çıkan buharla karışmaktadır. Degazörün çıkışında bulunan besleme pompası da akışkan basıncını kaynama basıncına arttırmaktadır.

Besleme suyundaki çözülmüş gazların giderilmemesi durumunda, metal boruların yüzeylerinde ve diğer metalik malzemelerde korozyon meydana gelmekte ve bu da malzemelerde deformasyona neden olmaktadır. Özellikle karbon asit formuna dönüşen karbon dioksitler sistem içerisinde etkili korozyona neden olmaktadır [39].

Degazöre girişte 3 akış karışırken, tek akış çıkışı olmaktadır [33]. Sisteme girdiler; yüksek basınç besleme suyu ısıtıcılarından gelen “drenaj suyu”, düşük basınç türbininin ilk kademesinden gelen “buhar” ve düşük basınç besleme suyu ısıtıcılarından gelen “besleme suyu”dur. Toplam kütle debisi;

$$\dot{m}_{\text{buharekstrakte}} + \dot{m}_{\text{buhardrenaj}} + \dot{m}_{\text{besleme suyu giriş}} = \dot{m}_{\text{besleme suyu çkş}} \quad (2.1)$$

Şekil 2.19'da bir degazörün şematik gösterimi verilmektedir.



Şekil 2.19: Bir degazörün şematik gösterimi.

Şekil 2.20’de ise bir degazör görülmektedir.

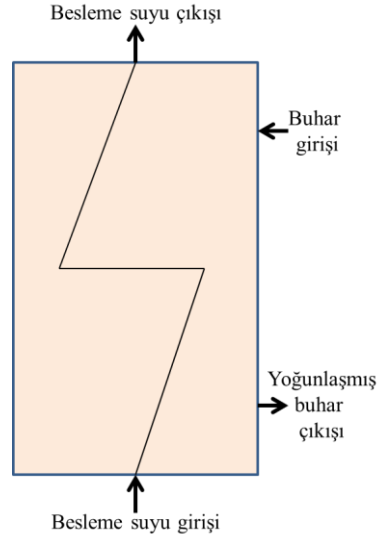


Şekil 2.20: Degazör [40].

2.2.12 Besleme suyu ısıtıcısı

Besleme suyu ısıtıcılarında, suyun buhar kazanına girmeden önce ön ısıtılması gerçekleştirilmektedir. Besleme suyu ısıtıcısı tarafından suyun ön ısıtılması sistemin ısı verimliliğini arttırmakta ve buna bağlı olarak da santralin işletme maliyeti azaltmaktadır.

Şekil 2.21'de bir besleme suyu ısıtıcısının şematik gösterimi verilmektedir.



Şekil 2.21: Bir besleme suyu ısıtıcısının şematik gösterimi.

Şekil 2.22'de ise bir besleme suyu ısıtıcısı görülmektedir.



Şekil 2.22: Besleme suyu ısıtıcısı [41].

2.3 Dünya Genelinde Uygulanan ve Planlanmakta Olan Entegre Güneş Kombine Çevrim Santralleri

Son yıllarda Dünya genelinde EGKÇ santrallerinin öneminin artmasıyla santral kurulumları hızlanmıştır. Çizelge 2.1'de Dünya genelinde uygulanmış EGKÇ santralleri ve kapasiteleri verilmektedir.

Çizelge 2.1: Dünya genelinde uygulanmış EGKÇ santralleri.

Tesis Adı	Ülke	Tesisteki Güneş Enerjisi Sisteminin Kapasitesi (MW)	Tesisin Toplam Kapasitesi (MW)
Hassi R'mel	Cezayir	25	150
Yazd	İran	67	430
Kuraymat	Mısır	20	140
Ain Beni Mathar	Fas	20	470
Mathania	Hindistan	35	140
Martin Next Generation	ABD (Florida)	75	3780
Victorville	ABD (Kaliforniya)	50	563
Palmdale	ABD (Kaliforniya)	62	617
Baja California Norte	Meksika	40	291
Archimede	İtalya	5	130
Liddell	Avustralya	3	2000
Cameo	ABD (Kolorado)	1	77

Hassi R'mel, Yazd, Kuraymat ve Ain Beni Mathar MENA (Middle East-North Africa) projesi kapsamında yer almaktadır. Bu projelerin detaylarına MENA projesi kapsamında yer verilecektir.

EGKÇ santralleri arasında kapasitesi ile ön plana çıkan en önemli santral ABD'nin Florida eyaletinde bulunan Martin Next Generation'dır. 3780 MW kapasiteli Martin Next Generation santralının 75 MW'lık kısmı bir POTGE sistemi ile karşılanmaktadır. Santralin 3705 MW'lık kısmı ise DGKÇ santrali ile karşılanmaktadır. Yaklaşık 2 km²'lik bir alanda kurulu bu tesiste 190000 adet parabolik oluk tipi kollektör kullanılmıştır. Bu tesis ABD'de devreye giren ilk EGKÇ santralidir. Ayrıca 2010 yılında devreye giren tesisler arasında en büyük kapasiteye sahip POTGE sistemidir. Tesis, eyaletteki 11000 evin enerji ihtiyacını

karşılmaktadır [42]. Şekil 2.23'de Martin Next Generation EGKÇ santralinin görünümü verilmektedir.



Şekil 2.23: Martin Next Generation EGKÇ santrali [43].

Çizelge 2.2'de Dünya genelinde proje halinde olan EGKÇ santralleri verilmektedir.

Çizelge 2.2: Dünya genelinde proje halindeki EGKÇ santralleri.

Tesis Adı	Ülke	Tesisteki Güneş Enerjisi Sisteminin Kapasitesi (MW)	Tesisin Toplam Kapasitesi (MW)
Naama	Cezayir	75	425
The Abdaliya	Kuveyt	60	280
Agua Prieta II	Meksika	14	478
Palmdale Hybrid Power Plant	ABD (Kaliforniya)	50	354
Victorville II	ABD (Kaliforniya)	50	570
Neguev	İsrail	150	250
Hassi R'Mel II	Cezayir	70	400
Megahier	Cezayir	70	400
Kogan Creek	Avustralya	23	750
Palmdale	ABD (Kaliforniya)	62	555
Wellington	Avustralya	100	400

EGKÇ santrallerine olan ilginin ve güvenin artmasıyla, bu tesisler için yapılan yatırımlar da son dönemde artış göstermektedir. Bu bağlamda, yeni projelerin sayısında artış beklenmektedir. Detayları tam olarak kesinleşmeyen projeler de bulunmaktadır. Bunlar; Mısır'da yapılacak olan 100 MW kapasiteli Kom Ombo

santrali, Ürdün'de toplam kapasiteleri 100 MW'a ulaşacak Maan Province ve Mashreq santralleri, Tunus'da toplam kapasiteleri 150 MW'a ulaşacak STEG ve ELMED santralleri ve Fas'da kapasitesi 250 MW olacak olan Ouarzazate santralleridir [44].

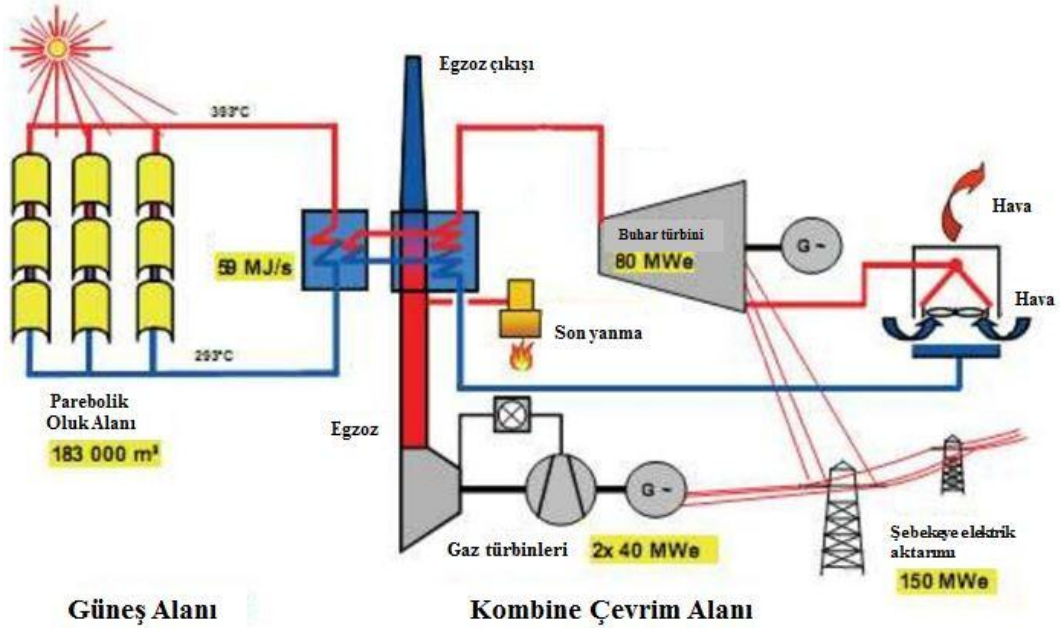
2.4 MENA Projesi

MENA (Orta Doğu-Kuzey Afrika) bölgesi, yüksek güneşlenme süresi, düşük miktar yağış ortalaması, kullanılmayan düz arazileri ve bu arazilerin iletim hatlarına olan yakınlığından dolayı, YGE sistemleri kurulumu açısından Dünya'nın en büyük potansiyeline sahip bölgesidir. YGE sistemlerinin gelişen teknolojiye bağlı olarak, yatırım maliyetlerinin hızla düşüş göstermesi ve kombine çevrim santralleriyle birlikte kullanıldığında verimliliğin yükselmesinden dolayı, bölgede gerçekleştirilecek yatırımlar daha fizibil duruma gelmektedir. Bu çerçevede, MENA projesi kapsamında uygulanan ve planlanmakta olan EGKÇ santralleriyle, bölge potansiyelinden faydalanarak, ihtiyaç duyulanan enerjinin belirli bir kısmı temiz bir enerji kaynağından sağlanmış olacaktır. İhtiyaç fazlası olan enerji de iletim hatlarıyla, Avrupa kıtasına aktarılarak, buralarda oluşabilecek enerji açıkları kapatılmaya çalışılacaktır.

MENA projesi kapsamında, sahip olduğu iklim ve coğrafi koşulları dikkate alındığında, EGKÇ santralleri için yatırım yapılmaya uygun ülkeler, Kuzey Afrika'da; Cezayir, Mısır, Fas, Tunus ve Libya, Körfez'de; Kuveyt, Bahreyn, Oman, Suudi Arabistan, Katar, Birleşik Arap Emirlikleri ve Yemen, Orta Doğu'da; Ürdün, Kıbrıs, Lübnan ve Suriye, Batı Asya'da; İran, Irak ve Türkiye'dir [45].

MENA Projesi kapsamında gerçekleştirilen en önemli projeler; Hassi R'mel, Yazd, Kuraymat ve Ain Beni Mathar'dır. Hassi R'mel, Cezayir'de 150 MW kurulu güce sahip bir EGKÇ santralidir. Aynı zamanda Dünya genelinde yapımı tamamlanan ikinci EGKÇ santralidir. Bu santralin 25 MW'lık kısmı bir POTGE sistemi ile geriye kalan 125 MW'lık kısım ise doğal gaz çevrim santraliyle karşılanmaktadır. Bu tesis Cezayir'de güneş enerjisinden faydalanarak elektrik üretiminin gerçekleştirildiği ilk büyük kapasiteli tesis olma özelliğini de taşımaktadır. Ayrıca Cezayir sahip olduğu engebesiz arazi koşulları, yıllık 3000 saat güneşlenme süresi ve yaklaşık 2000 kWh/m²-yıl global radyasyon değerleriyle, güneş enerji sistemleri için çok uygun

koşullara sahiptir [46]. Şekil 2.24'de Hassi R'mel EGKÇ santralinin şematik gösterimi verilmektedir.



Şekil 2.24: Hassi R'mel EGKÇ santralini şematik gösterimi [46].

Hassi R'mel'in inşaa işlemlerine 2007 yılının Kasım ayında başlanmış olup, 2011 yılının Temmuz ayında da açılışı yapılmıştır. Çevrim santralinde 2 adet 40 MW gücünde gaz türbini ve 1 adet 80 MW gücünde buhar türbini bulunmaktadır. Parabolik oluk tipi güneş kolektörleri yaklaşık olarak 183120 m²'lik bir alanda bulunmaktadır. Her biri 150 metre uzunluğunda 224 adet kolektörden oluşmaktadır. Tesisin maliyeti yaklaşık olarak 315 milyon Euro'dur. Tesisin proje ve inşaa işlemleri Abener ve NEAL firmaları tarafından gerçekleştirilmiştir [46]. Şekil 2.25'de Hassi R'mel EGKÇ santralini bir görünümü verilmektedir.

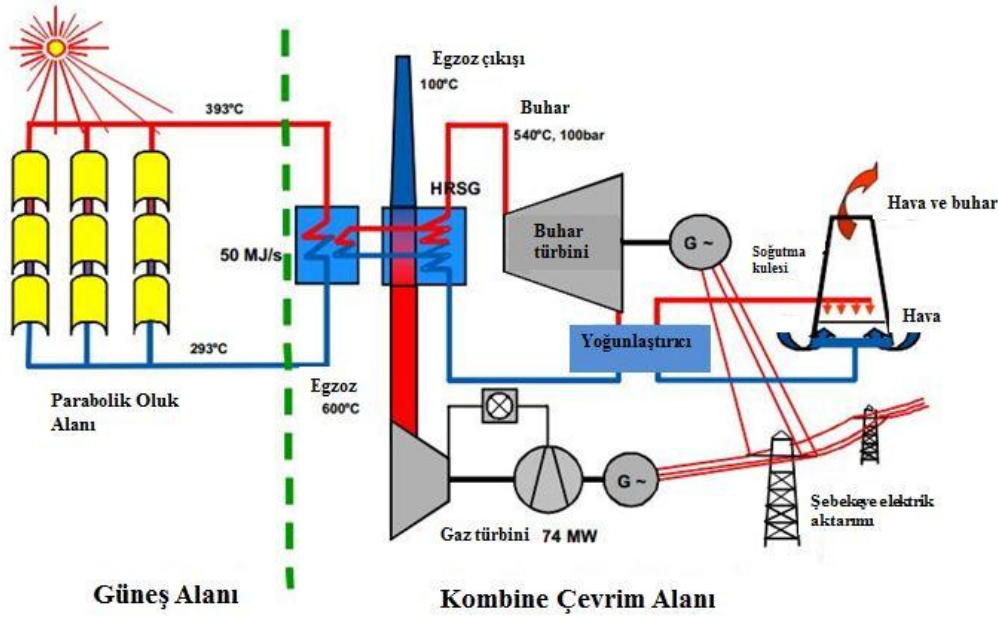


Şekil 2.25: Hassi R'mel EGKÇ santrali [46].

Yazd, İran'da 430 MW kurulu güce sahip bir EGKÇ santralidir. Bu tesisin 67 MW'lık kısmını POTGE sistemi oluşturmaktadır. Tesiste 2 adet 115 MW kapasiteli gaz türbini ve 1 adet 200 MW kapasiteli buhar türbini kullanılmaktadır. 2010 yılında devreye giren bu tesisin maliyeti yaklaşık olarak 322 milyon ABD dolarıdır.

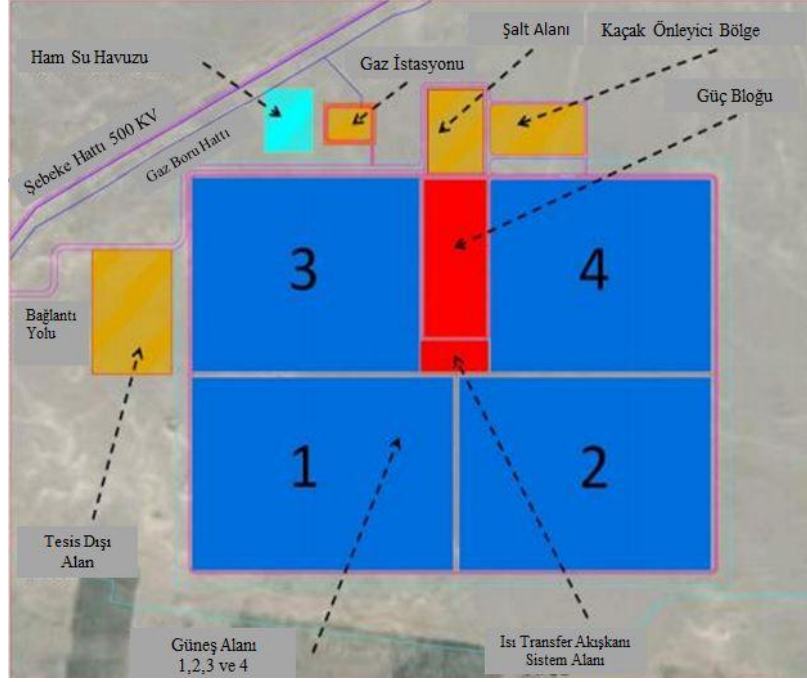
Santralin kurulmuş olduğu bölge $2500 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl}$ global radyasyon değeri, 1° 'den küçük arazi eğimi ve etrafının dağlarla çevrili olmasından dolayı sahip olduğu ortalama $2,5 \text{ m/s}$ rüzgar hızıyla, santral kurulumu için oldukça elverişli bir konumdadır [47].

Kuraymat, Mısır'da 140 MW kurulu güce sahip bir EGKÇ santralidir. Aynı zamanda Mısır'daki ilk entegre güneş DGKÇ santralidir. Bu tesisin 20 MW 'lık bölümü bir POTGE sisteminden oluşmaktadır [48]. Sistemde 1 adet $74,4 \text{ MW}$ kapasiteli gaz türbini ve 1 adet $59,5 \text{ MW}$ kapasiteli buhar türbini kullanılmaktadır. Mısır'ın ilk EGKÇ santrali olan bu santral 2011 yılında NREA (New Renewable Energy Authority) tarafından devreye sokulmuştur. Tesisin maliyeti yaklaşık 340 milyon ABD dolarıdır. Tesisin bulunduğu koşullardaki global radyasyon değeri $2431 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl}$ ve POTGE sisteminin kapladığı alan 130800 m^2 'dir [46]. Şekil 2.26'da Kuraymat EGKÇ santralinin şematik bir gösterimi verilmektedir.



Şekil 2.26: Kuraymat EGKÇ santralini şematik gösterimi [48].

Şekil 2.27'de Kuraymat EGKÇ santralini site planı verilmektedir.



Şekil 2.27: Kuraymat EGKÇ santralinin site planı [48].

Şekil 2.28’de ise Kuraymat EGKÇ santralinin genel görünümü verilmektedir.



Şekil 2.28: Kuraymat EGKÇ santrali [49].

Ain Beni Mathar, Fas’da 470 MW kurulu güce sahip bir EGKÇ santralidir. Bu tesisin 20 MW’lık kısmını bir POTGE sistemi oluşturmaktadır. Tesiste 2 adet 150 MW kapasiteli gaz türbini ve 1 adet 150 MW kapasiteli buhar türbini kullanılmaktadır. 2010 yılında Abengoa Solar tarafından devreye alınan Ain Beni Mathar santrali, Dünya genelinde üretime başlayan ilk EGKÇ santralidir. POTGE santrali 180000

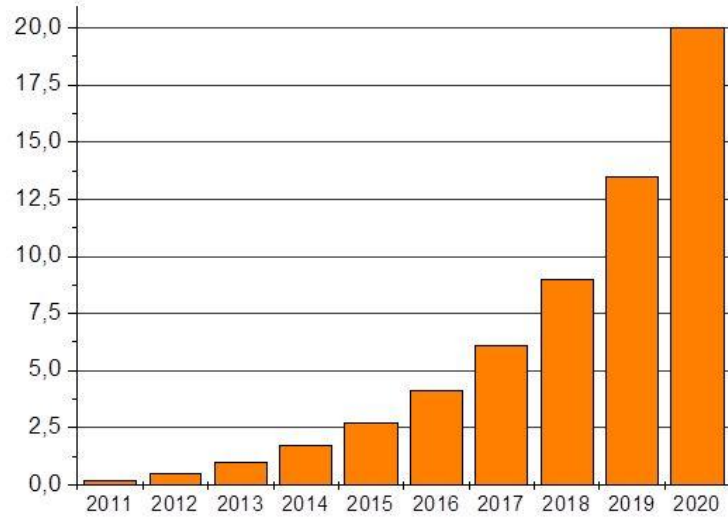
m²'lik bir alanda 224 parabolik oluk tipi kollektörden oluşmaktadır [50]. Şekil 2.29'da Ain Beni Mathar EGKÇ santralinin genel görünümü verilmektedir.



Şekil 2.29: Ain Beni Mathar EGKÇ santrali [51].

Kuzey Afrika bölgesi sahip olduğu yüksek güneş radyasyonu potansiyeline rağmen, bölgedeki mevcut politik sorunlardan dolayı yatırımcılar güvence sorunu yaşamaktadırlar. Belirsiz ve risk teşkil eden bu yapı, yatırımların önünde bir engel oluşturmaktadır. Bölgede yatırım yapacak şirketler, kurulacak santrallerden üretilen enerjinin uzun süreli alım garantisi kapsamında sözleşmeye tabii tutulmasını beklemektedirler. Ayrıca firmalar kurulacak santrallerin güvenliği için ekstra güvenlik önlemlerine ihtiyaç duymaktadır. Kuzey Afrika'da eğitimli personel sayısının az olmasına rağmen istihdam edilen personelin maaşlarının, Avrupada'ki personel maaşlarına göre az olması ve personele yapılan ekstra bilgilendirme çalışmaları ile bu problem göz ardı edilebilir seviyeye gelmektedir. Ancak santralde ihtiyaç duyulan önemli görevler için Avrupa'dan kalifiye eleman getirilmektedir.

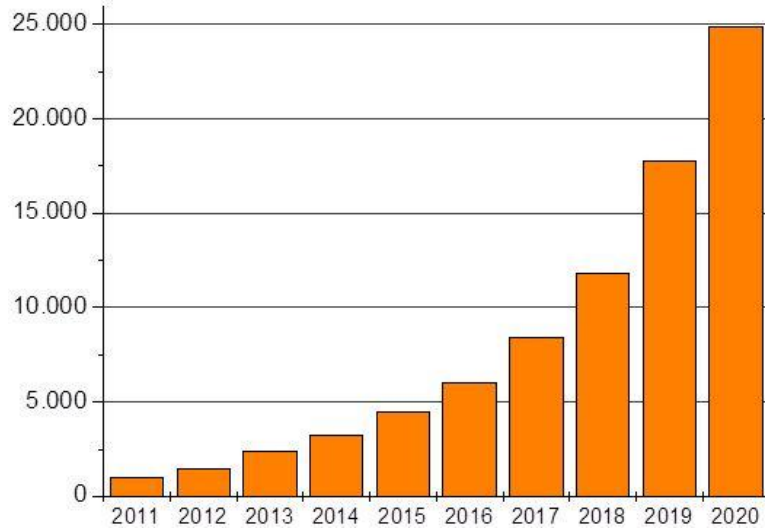
Son dönemde MENA bölgesine olan ilginin artmasıyla güneş enerjisi sistemlerine olan yatırımların ilerleyen yıllarda artış göstermesi beklenmektedir. Bu bağlamda Şekil 2.30'da önümüzdeki yıllara ait YGE sistemlerinin tahmini kurulu güç kapasiteleri verilmektedir.



Şekil 2.30: MENA bölgesinde YGE sistemlerinin yıllara göre kurulu güç (GW) potansiyel dağılımı.

2014 yılı itibariyle YGE sistemlerinin kurulu güç potansiyelinin hızlı bir artış göstermesi ve 2020 yılı itibariyle 20 GW kurulu güç seviyelerine ulaşması beklenmektedir.

Şekil 2.31'de önümüzdeki yıllara ait YGE sistemlerinin yatırım miktarları verilmektedir.



Şekil 2.31: MENA bölgesinde YGE sistemleri yatırımlarının (milyon Euro) yıllara göre dağılımı.

2014 yılından itibaren hızlanan yatırımların 2020 yılı itibariyle 25 milyar Euro seviyelerine ulaşması beklenmektedir.

2.5 Türkiye’de Planlanan Entegre Güneş Kombine Çevrim Santrali Projeleri

Son dönemde Türkiye’de YGE santrali projelerinin yanı sıra EGKÇ santrali için planlanan yatırımlar da ön plana çıkmaktadır.

MetCap Enerji Karaman'da 450 milyon Euro'luk yatırımla 532 MW kapasiteli entegre doğalgaz kombine çevrim santrali kurmaktadır. GE (General Electric)'nin FlexEfficiency teknolojisi sayesinde santralde doğalgaz, rüzgar ve yoğunlaştırılmış güneş enerjisi entegre edilecektir [52]. Bu proje ABD güneş enerji şirketi eSolar ile MetCap Enerji ve GE Enerji ortaklığı kapsamında gerçekleştirilecektir. Derviş adı verilen yeni santralde doğalgaz, güneş ve rüzgar enerjisi birlikte kullanılarak elektrik üretiminde yüksek verimlilik sağlanacaktır. Derviş projesinin güneş enerjisi ile ilgili bölümünü eSolar karşılayacaktır [53]. Santralin 22 MW'ı rüzgar türbinlerinden, 50 MW'ı YGE santralinden ve 460 MW'ı da DGKÇ santralinden karşılanacaktır. Saha koşullarında 600 binden fazla haneye elektrik sağlayabilen 532 MW güce sahip olacak santralin, 2015 yılında ticari kullanıma girmesi planlanmaktadır. Santralin mühendislik, satın alma ve taahhüt hizmetleri, Gama Enerji Sistemleri Mühendislik ve Taahhüt A.Ş. tarafından sağlanacaktır. Proje, Türkiye enerji şebekesinin daha çok rüzgar enerjisi, güneş enerjisi ve doğalgaz kullanılmasına olanak tanıyacaktır. GE FlexEfficiency teknolojisi, rüzgar ve güneşle bütünleşme sayesinde santral verimliliğini yüzde 70'lerin üzerine çıkaracaktır. Bu proje, iki yenilenebilir enerji teknolojisini ve doğalgazı aynı enerji santralinde ilk kez birleştiren proje özelliğini taşımaktadır [52]. Ayrıca bu santral, rekor düzeydeki yakıt verimliliğine ek olarak sıfır sıvı tahliyesine, düşük emisyon ve 28 dakikalık başlama kapasitesiyle yüksek reaksiyon hızına sahip olacaktır. Hızını, santralin tüm öğelerinin tek düğme ile çalışmaya başlamasını sağlayan entegre bir kumanda sisteminden almaktadır. Diğer santrallerde durdurulup tekrar çalıştırılabilme süresi 68 dakikayı bulabilmektedir [53]. Şekil 2.32’de Derviş enerji santralinin şematik bir görünümü verilmektedir.



Şekil 2.32: Dervish enerji santrali [54].

3. GÜNEŞ IŞINIMI AÇISINDAN TÜRKİYE’NİN DURUMU

Yeryüzüne gelen güneş ışınımı yere, zamana ve meteorolojik koşullara göre değişmekte olup, 0,3–2,5 µm dalga boyu (λ) bandında ve açık havada, deniz seviyesinde, güneş ışınlarına dik bir yüzeyde yaklaşık 1 kW/m² güç yoğunluğuna (irradiance) sahiptir. Günlük enerji akışı ise 3-30 MJ/m²-gün (0,8-8 kWh/m²-gün) aralığında değişmektedir.

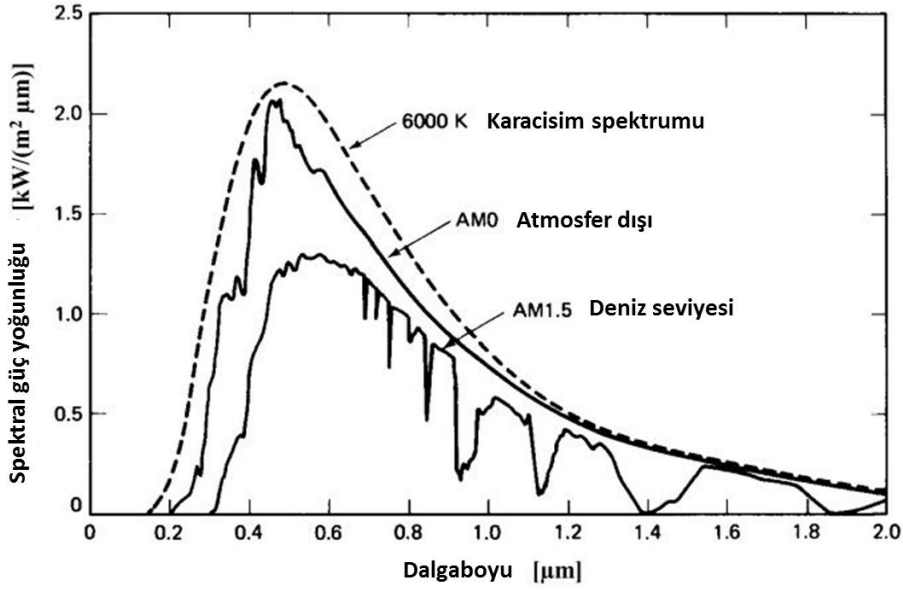
Atmosfer tabakaları, gelen ışınım enerjisinin %6’sını yansıtmakta ve %16’sını da soğurmaktadır. Dünya dışından gelen ışınım, yılın günlerine göre güneş sabiti değerine bağlı olarak değişiklik göstermektedirler. Bu değişim, aşağıda verilen çeşitli formüller vasıtasıyla hesaplanabilir [7].

$$H = H_0 \left[1 + 0.033 \cos \left(\frac{360n}{360} \right) \right] \quad (3.1)$$

$$H = H_0 \left(\begin{array}{l} 1.000110 + 0.034221 \cos B + 0.001280 \sin B + 0.000719 \cos 2B \\ + 0.000077 \sin 2B \end{array} \right) \quad (3.2)$$

Denklem (3.2), denklem (3.1)’e göre daha hassas (\pm %0.01) bir sonuç vermektedir. Burada, H_0 , güneş sabiti ve n , yılın kaçınıcı günü olduğunu gösteren değişken olup B ise yılın günlerine göre değişen bir katsayıdır.

Güneş ışınımı, morötesinden uzundalgaboyuna kadar farklı dalgalarda ışınım spektrumuna sahiptir. Şekil 3.1’de atmosfer dışında ve yer yüzünde güneş ışınımının spektral dağılımı gösterilmektedir.

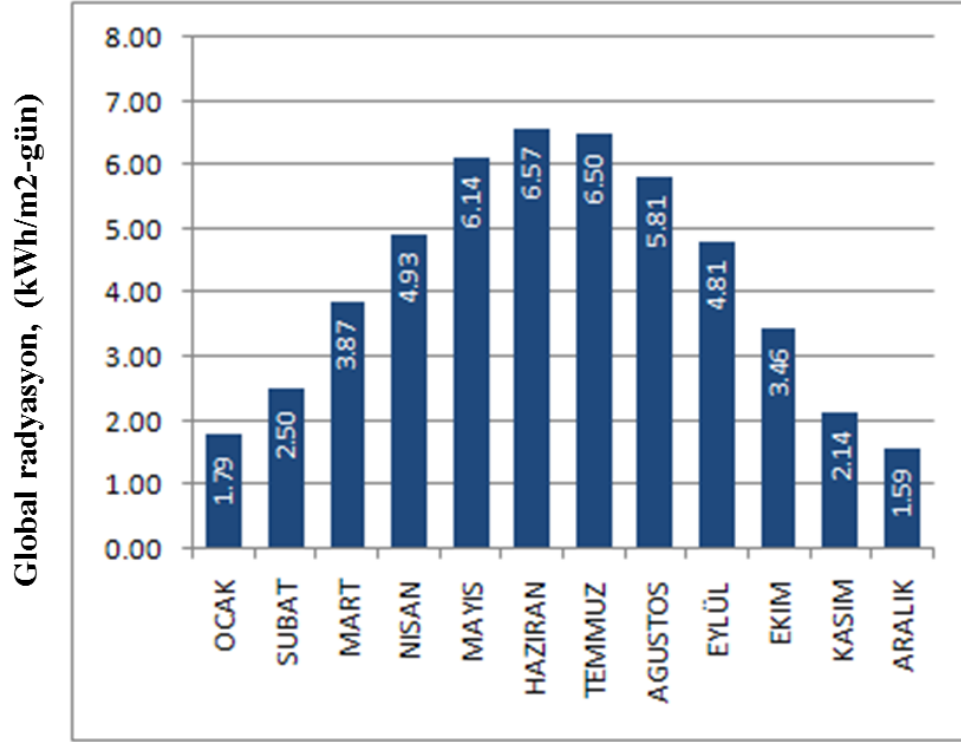


Şekil 3.1: Atmosfer dışında ve yeryüzünde güneş ışınımının spektral dağılımı [7].

AM0 hava kütlesi (sıfır atmosfer) için spektral eğri altındaki alan hesaplandığında, güneş sabiti, 1367 W/m^2 , değeri bulunmaktadır. Bu değer, atmosfer dışında birim yüzeye gelen güneş radyasyonudur ve güneş yüzeyindeki değişiklikler ile güneş-dünya mesafesinin mevsimlere göre değişmesi (eliptik yörünge) sonucu $\pm\%1,5-4$ mertebelerinde değişim göstermektedir. Spektral bandı, %9 morötesi ($\lambda < 0,4\mu\text{m}$), %38 görünür ışık ($0,4\mu\text{m} < \lambda < 0,7\mu\text{m}$) ve %53 kızılötesi ($0,7\mu\text{m} < \lambda < 4,0\mu\text{m}$) olmak üzere 3 bölgeye ayırmak mümkündür. Aslında Güneş, bunların dışında daha kısa ve daha uzun dalga boylarında da ışınım yapar ancak bunların güneşin yaydığı toplam enerjiye etkileri ihmal edilebilir düzeydedir.

Güneşten doğrudan ve yansıyarak gelen ışınımın sırasıyla direk ışınım ve difüz ışınım olarak adlandırılır. Pratik yönden aralarındaki en önemli fark, direk ışınımın odaklanarak yoğunlaştırılabilir olmasıdır. Direk ve difüz ışınımın beraberce toplam ışınım olarak adlandırılır. Direk ışınımın toplam ışınımına oranı 0,9 (tamamen bulutsuz havada) ile 0 (tamamen bulutlu havada) arasında değişir [7].

Bu çalışmada, güneş ışınımı açısından Türkiye'nin durumunun incelenebilmesi amacıyla, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün hazırlamış olduğu Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası'ndan (GEPA) yararlanılmaktadır. Bu çerçevede, Türkiye'nin günlük ortalama yıllık global radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de verilmektedir.



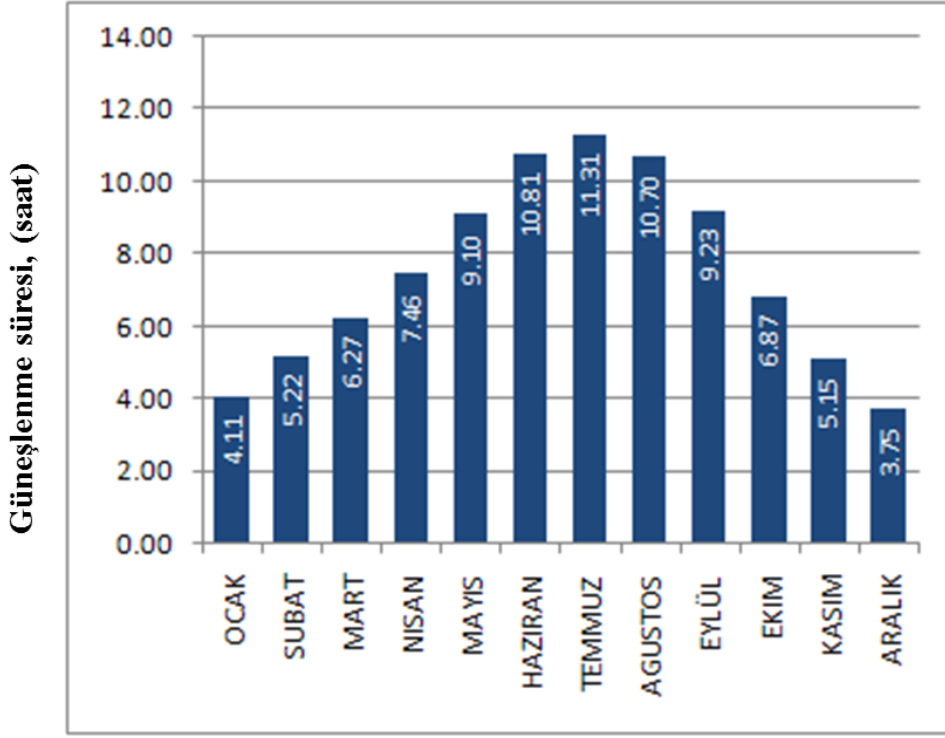
Şekil 3.2: Türkiye'nin günlük ortalama yıllık global radyasyon değeri [55].

Şekil 3.2'deki değerler referans alınarak Çizelge 3.1'de, Türkiye'nin hesaplanmış aylık ortalama yıllık global radyasyon değeri verilmektedir.

Çizelge 3.1: Türkiye'nin aylık ortalama yıllık global radyasyon değeri.

Aylar	Global Radyasyon (kWh/m ² -gün)	Global Radyasyon (kWh/m ² -ay)
Ocak	1,79	55,49
Şubat	2,5	72,5
Mart	3,87	119,97
Nisan	4,93	147,9
Mayıs	6,14	190,34
Haziran	6,57	197,1
Temmuz	6,5	201,5
Ağustos	5,81	180,11
Eylül	4,81	144,3
Ekim	3,46	107,26
Kasım	2,14	64,2
Aralık	1,59	49,29
Toplam:		1529,96

Türkiye'nin yıllık ortalama global radyasyon değeri 1529,96 kWh/m²'dir.



Şekil 3.3: Türkiye'nin günlük ortalama güneşlenme süreleri (saat) [55].

Şekil 3.3'deki değerler referans alınarak Çizelge 3.2'de Türkiye'nin hesaplanmış aylık ortalama yıllık güneşlenme süresi verilmektedir.

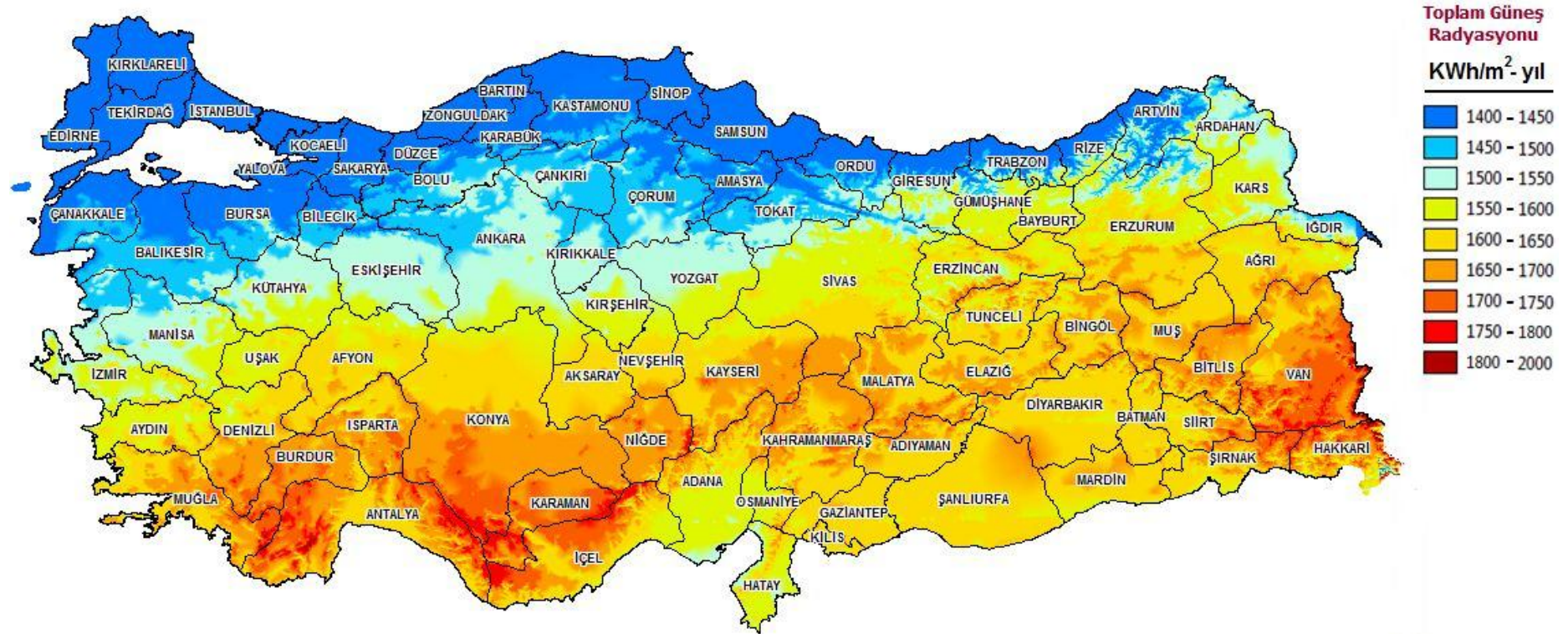
Çizelge 3.2: Türkiye'nin aylık ortalama yıllık güneşlenme süresi.

Ay	Güneşlenme Süresi (saat/gün)	Güneşlenme Süresi (saat/ay)
Ocak	4,11	127,41
Şubat	5,22	151,38
Mart	6,27	194,37
Nisan	7,46	223,8
Mayıs	9,1	282,5
Haziran	10,81	324,3
Temmuz	11,31	350,61
Ağustos	10,7	331,7
Eylül	9,23	276,9
Ekim	6,87	212,97
Kasım	5,15	154,5
Aralık	3,75	116,25
Ortalama:	7,52	-
Toplam:	-	2746,69

Türkiye'nin yıllık ortalama güneşlenme süresi 2746,69 saattir.

3.1 Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli Yüksek Olan İllerin Belirlenmesi

Türkiye genelinde güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan illerin belirlenebilmesi için, Şekil 3.4’de verilen Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası’ndan yararlanılacaktır.



Şekil 3.4: Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyel atlası [55].

Şekil 3.4'de maviden kırmızıya kadar renkler, güneş enerjisi açısından bölgelerin sırasıyla alçak ve yüksek potansiyel seviyelerini temsil etmektedir.

Şekil 3.4'e göre, Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgeleri Güney Doğu Anadolu ve Akdeniz bölgeleri olup en az güneş enerjisi alan bölge ise Karadeniz Bölgesi'dir. Güneş radyasyonu en yüksek olan illerin ise; Muğla, Burdur, Antalya, Konya (Güney), Karaman, İçel (Kuzey), Denizli, Isparta, Niğde, Kayseri, K.Maraş, Malatya, Adıyaman, Elazığ, Bingöl, Muş, Bitlis, Van ve Hakkari olduğu görülmektedir.

Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası'nda, ay bazında illere göre verilmiş olan günlük güneşlenme süresi ve global radyasyon değerlerinden yararlanılarak güneş radyasyonu yüksek olan illere ait güneşlenme süresi ve global radyasyon değerleri hesaplanarak Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4'de verilmektedir.

Çizelge 3.3: Güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan illere ait güneşlenme süreleri.

İl	Güneşlenme Süresi (saat/gün)	Güneşlenme Süresi (saat/yıl)
Adıyaman	8,14	2971,9
Antalya	8,27	3019,95
Bingöl	7,47	2729,85
Bitlis	7,39	2700,05
Burdur	8,09	2954,29
Denizli	8,05	2940,13
Elazığ	7,78	2840,59
Hakkari	9,64	3520,28
Isparta	7,85	2868,51
İçel	8,28	3023,67
K.Maraş	8,01	2923,83
Karaman	8,26	3017,26
Kayseri	7,81	2852,29
Konya	7,94	2900,52
Malatya	7,9	2884,08
Muğla	8,37	3055,79
Muş	7,38	2696,59
Niğde	8,05	2940,32
Van	8,43	3078,27

Çizelge 3.4: Güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan illere ait yıllık global radyasyon değerleri.

İl	Global Radyasyon Değeri (kWh/m²-yıl)
Adıyaman	1601,84
Antalya	1652,82
Bingöl	1598,31
Bitlis	1559,06
Burdur	1638,2
Denizli	1597,65
Elazığ	1595,18
Hakkari	1616,78
Isparta	1618,33
İçel	1630,8
K.Maraş	1610,73
Karaman	1666,53
Kayseri	1594,86
Konya	1614,71
Malatya	1605,86
Muğla	1623,61
Muş	1597,7
Niğde	1626,63
Van	1641,82

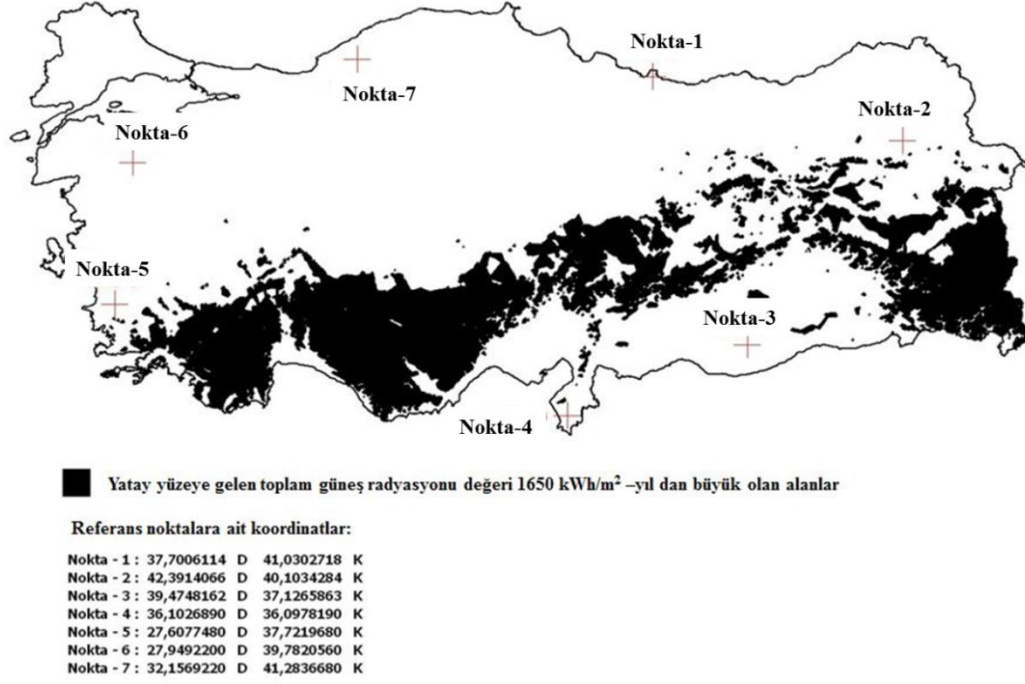
4. TÜRKİYE GENELİNDE ENTEGRE GÜNEŞ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALİ İÇİN UYGUN BÖLGELER

EGKÇ santrali kurulumu için seçilecek bölgenin öncelikle, YGE santrali kurulumunda geçerli olan kriterleri sağlaması gerekmektedir. Aynı zamanda seçilen bölgede, kombine çevrim santralinde kullanılan yakıtın temini de kolay olmalıdır.

4.1 Yoğunlaştırıcı Isıl Güneş Enerji Santrali İçin Bölge Seçimi

Uygun bölge seçimi, yıllık toplam güneş radyasyonu açısından potansiyeli yüksek iller için, YGE santrali kurulumu için geçerli olan kriterler uygulanarak yapılır.

8 Ocak 2011 tarih ve 27809 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren 6094 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun”un 4üncü maddesi ile, 31/12/2013 tarihine kadar, güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinin kurulabileceği bölgeler, bu tesislerin bağlanabileceği trafo merkezleri ve bağlantı kapasiteleri, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından tespit edilmiştir [56]. Şekil 4.1’de, adı geçen kanuna göre, güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurmak için belirlenen santral sahaları görülmektedir.



Şekil 4.1: Güneş enerjisine dayalı elektrik üretimi tesisleri için uygun santral sahaları [56].

Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurmak için yapılacak lisans başvuruları kapsamında, tahsis edilebilecek santral sahası alanları, Şekil 4.1’de verilen siyah renk koduyla gösterilen alanlar içerisinde kalmaktadır.

Çizelge 4.1’de ise, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından belirlenen uygun il ve ilçelerde güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinin bağlanacağı trafo merkezleri ve bu trafoların taşıyabileceği maksimum güç kapasite değerleri verilmektedir.

Çizelge 4.1: Bölge ve trafo merkezi bazında güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi bağlanabilir kapasiteleri [56].

BÖLGE VE TRAFİ MERKEZİ BAZINDA GÜNEŞ ENERJİSİNE DAYALI ELEKTRİK ÜRETİM TESİSİ BAĞLANILIR KAPASİTELERİ					
BÖLGE NO	TRAFİ MERKEZLERİ	UTM 6 DERECE KOORDİNATLAR			KAPASİTE (MW)
		SAĞA DEĞER	YUKARI DEĞER	DİLİM	
1 KONYA	AKŞEHİR	363003,68	4244202,67	36	46
	ALİBEYHÖYÜĞÜ	468914,86	4152368,07	36	
	BEYŞEHİR	385119,41	4178209,9	36	
	ÇUMRA	477976,38	4158640,94	36	
	KONYA-3	465965,76	4201426,91	36	
	KONYA-4	478084,91	4188168,14	36	
	LADİK	448984,86	4225276,45	36	
SEYDİŞEHİR	399320,23	4146404,44	36		
2 KONYA	ALTINEKİN	489600	4241126	36	46
	EREĞLİ	596063,21	4155309,15	36	
	GÜNEYSINIR	476806	4125254	36	
	KARAPINAR	548582,72	4176118,36	36	
	KIZÖREN	515451,42	4221725,76	36	
3 VAN AĞRI	BAŞKALE 380	422375	4214015	38	77
	ENGİL	341774,89	4250656,88	38	
	ERCİŞ	356470,71	4323712,78	38	
	VAN	356151,46	4266051,89	38	
	VAN 380	353339	4272418	38	
4 ANTALYA	AKORSAN	288284,98	4105398,68	36	29
	FİNİKE	243601,68	4022992,66	36	
	KAŞ	739819,93	4009356,82	35	
	KEMER	280848,33	4051178,88	36	
	KORKUTELİ	251423,04	4107777,9	36	
	SERBEST BÖLGE	285295,9	4080899,59	36	
5 ANTALYA	AKSEKİ	392152,86	4099905,78	36	29
	ALANYA 1	403101,84	4047677,75	36	
	ALANYA 2	421598	4039770,45	36	
	ALARA	382006,76	4058900,64	36	
	GAZİPAŞA	434882,94	4018240,64	36	
	GÜNDOĞDU	348585,41	4080207,22	36	
	SERİK	329845,31	4088658,25	36	
	VARSAK	295883,34	4092710,06	36	
6 KARAMAN	ERMENEK	497480	4046971	36	38
	KARAMAN	517251,94	4115608,13	36	
	KARAMAN OSB	528638,87	4118954,31	36	
7 MERSİN	AKBELEN	642238,91	4076734,87	36	35
	ANAMUR	488029,38	3994216,37	36	
	ERDEMLİ	623476,36	4061385,66	36	
	GEZENDE HES	524430	4046223	36	
	MERSİN 2	638211,3	4074606	36	
	MERSİN 380	651630	4086526	36	
	TAŞUCU	580282,55	4021214,33	36	

Çizelge 4.1 (devam): Bölge ve trafo merkezi bazında güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi bağlanabilir kapasiteleri [56].

8 KAHRAMAN MARAŞ ADİYAMAN	ADİYAMAN	382167,26	4182023,49	37	27
	GÖLBAŞI				
	ANDIRIN	267050,97	4164486,69	37	
	ÇAĞLAYAN HAVZA	294250	4188600	37	
	DOĞANKÖY	339816,6	4240831,15	37	
	GÖKSUN	284506,67	4211959,56	37	
	KAHRAMANMARAŞ	318325,74	4159659,26	37	
	KILAVUZLU	306924,48	4163770,22	37	
9 BURDUR	NARLI	335040,33	4138942,78	37	26
	SIR	287662,45	4153122,35	37	
	BUCAK	285301,82	4147289,58	36	
10 NIĞDE NEVŞEHİR AKSARAY	BURDUR	265275	4182062,81	36	26
	TEFENNİ	746616,45	4131937,67	36	
	BOR	637055,13	4192947,76	36	
	DERİNKUYU	650664	4249967	36	
11 KAYSERİ	MİSLİOVA	653310,23	4233043,98	36	25
	NIĞDE 2	651096,87	4205497,32	36	
	ÇINKUR	697185,53	4287853,18	36	
	KAYSERİ	731652,26	4304550,88	36	
	KAPASİTÖR				
	PINARBAŞI	270748,38	4286429,53	37	
12 MALATYA ADİYAMAN	SENDİREMEKE	700765,87	4254903,75	36	22
	TAKSAN	690510,44	4270232,83	36	
	YEŞİLHİSAR	686546,07	4234913,69	36	
	ADİYAMAN	433191,92	4178413,97	37	
	DARENDE	368064,67	4270579,87	37	
13 HAKKARİ	HASANÇELEBİ	401548,23	4315745,32	37	21
	MALATYA 1	443003,2	4246805,79	37	
	MALATYA 2	449991,34	4243417,47	37	
	MALORSA	426761,63	4243431,44	37	
14 MUĞLA AYDIN	BAĞIŞLI	415269,78	4175325,53	38	20
	HAKKARİ	386391,66	4161760,65	38	
	BOZDOĞAN	615860,48	4171161,21	35	
	DALAMAN	660740,42	4074513,71	35	
	DATÇA	560837,75	4068096,54	35	
	FETHİYE	690567,05	4060459,75	35	
	MARMARİS	611173,42	4080002,94	35	
	MUĞLA	619632,23	4119791,11	35	
15 ISPARTA AFYON	YATAĞAN	597369,44	4132070,13	35	18
	YENİKÖY	578150,67	4111153,27	35	
	BARLA	306218,17	4209359,44	36	
	EĞİRDİR	315216,01	4190934,79	36	
	ISPARTA	280865,05	4195296,87	36	
	KEÇİBORLU	262583,91	4204507,41	36	
	KOVADA 2	308496,76	4163690,43	36	
KULEÖNÜ	291080,79	4194079,55	36		
ŞARKIKARAAĞAÇ	351391,79	4222500,43	36		

Çizelge 4.1 (devam): Bölge ve trafo merkezi bazında güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi bağlanabilir kapasiteleri [56].

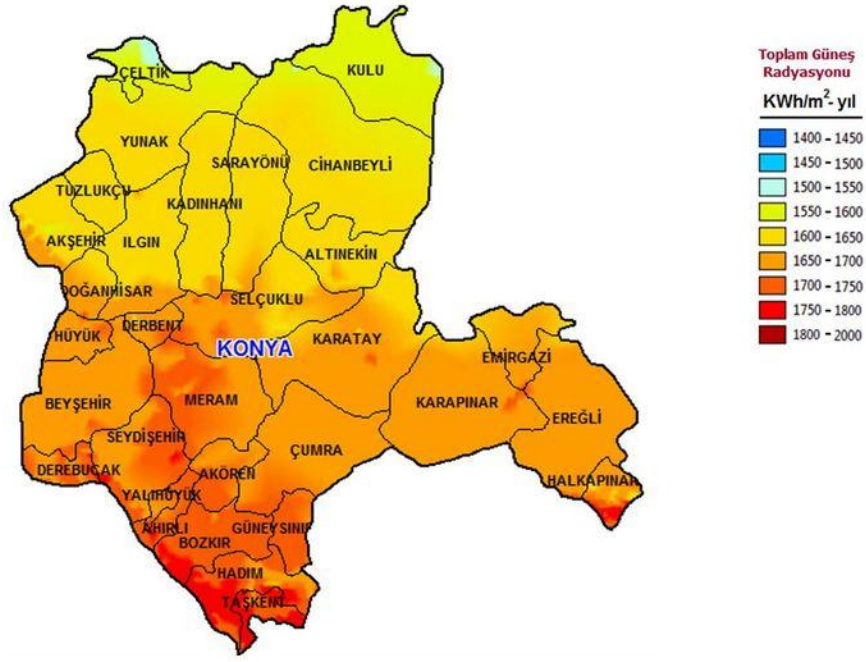
16 DENİZLİ	ACIPAYAM	709190	4143300	35	18
	BOZKURT	728452,31	4188557,29	35	
	TAVAS	672121,45	4165984,43	35	
17 BİTLİS	ADİLCEVAZ	305568,1	4297936,75	38	16
	TATVAN	262382,99	4266494,75	38	
18 BİNGÖL TUNCELİ	BİNGÖL	630576,45	4306512,98	37	11
	ÖZLÜCE HES	593746,48	4331589,46	37	
	PÜLÜMÜR	576928,37	4371470,93	37	
	TUNCELİ	546358,62	4327825,75	37	
19 ŞIRNAK	PS-3	270648,69	4124983,21	38	11
	ŞIRNAK	272110,39	4154418,63	38	
	ULUDERE	302013,36	4146165,11	38	
20 ADANA OSMANİYE	BAHÇE	280856,49	4118420,88	37	9
	KARAIŞALI	679557,37	4130446,16	36	
	OSMANİYE	253829,02	4105880,92	37	
	TOROSLAR	665263,14	4147840,78	36	
21 MUŞ	MUŞ	719277,11	4291321,29	37	9
22 SİİRT BATMAN MARDİN	KIZILTEPE	645487,9	4122895,43	37	9
	MARDİN	652907,89	4130656,93	37	
	SİİRT 380	747334	4202795	37	
	SİİRT ÇİM	738406,26	4204605,85	37	
	SİİRT TM	756573,14	4203396,88	37	
23 SİVAS	KANGAL	352696,65	432708,2	37	9
24 ELAZIĞ	ELAZIĞ 2	523072,47	4276260,06	37	8
	HANKENDİ	512221,9	4276806,08	37	
	HAZAR 1	531935,16	4266441,38	37	
	HAZAR 2	532376,57	4269567,27	37	
	MADEN	559742,66	4250141,68	37	
25 ŞANLIURFA DİYARBAKIR	SİVEREK	530460,27	4177950,47	37	7
26 ERZURUM	ERZURUM-1	694608,98	4422984,84	37	5
	ERZURUM-2	680208,79	4422056,56	37	
	HINIS	733851,45	4360097,29	37	
27 ERZİNCAN	ERZİNCAN	544811,57	4398734,39	37	3
	ERZİNCAN-OSB	532729,67	4402383,58	37	

Buna göre uygun il ve ilçeler 27 bölge halinde belirlenmiş olup, bu bölgelerdeki trafo merkezleri ve bunların UTM^{6°} koordinatlarıyla (*UTM6°; bir coğrafik koordinat sistemi olup, dünya üzerindeki bir yeri iki boyutlu karteziyen koordinat sistemi ile belirleyen bir projeksiyondur. Bu projeksiyonda dünya, 180°'den başlamak üzere 6°'lik 60 adet dilime ayrılmıştır*) birlikte güç kapasiteleri de Çizelge 4.1'de sunulmaktadır. Her bir bölgede kurulabilecek olan güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi bağlanabilir kapasitelerinin toplamı, o bölge için Çizelge 4.1'de verilen kapasitelerinden fazla olamamaktadır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yapılan çalışmayla, 8 Ocak 2011 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan ve 2013 yılı sonuna kadar toplam 600 MW kapasite ile sınırlandırılan, güneşten elektrik üretimi yatırımları için lisans verilebilecek 27 bölgede yatırım izni verilmiştir. Bu 27 bölge arasında en büyük kapasiteli bölge Konya ilidir. Toplam 13 trafo merkezi belirlenen Konya’ya, 600 MW’lık yatırımların 92 MW’lık kısmı verilmiştir. Ayrıca 3 adet trafo merkezi belirlenen Karaman için de 38 MW’lık kapasite tayin edilmiş, böylece Konya-Karaman bölgesi için toplamda 130 MW’lık yatırım kapasitesi verilmiş olup, bu değer 2013 yılı sonuna kadar yapılacak toplam yatırımın %22’sine denktir.

Şekil 3.4’de verilen Türkiye’nin Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası analiz edildiğinde Konya-Karaman bölgesi ile Antalya ve Van illeri, güneş radyasyonu açısından Türkiye genelinde en yüksek potansiyele sahip bölgeler olduğu görülmektedir. Bu bölgeler arasında arazi bakımında en büyük ve en az dağlık alanlara sahip alan kuşkusuz Konya-Karaman bölgesidir. Güneş enerjisi santralleri geniş alanlara kurulmakta olup ve gerektiğinde tesislerin genişletilebilmesi için, seçilen araziler, yerleşim yerlerinden uzak olmalıdır. Bu çerçevede, orman veya tarım arazisi vasfında olmayan, turistik değeri bulunmayan ve mera ilan edilmemiş bölgeler, güneş enerjisi yatırımları açısından uygun bölgelerdir. Bu hususlar değerlendirildiğinde, ülkemizin güney bölgeleri, gerek yüksek turizm potansiyeli sebebiyle yerleşim yerlerinin fazlalığı, gerek yeterli düz arazinin azlığı ve gerekse deniz kıyısında kurulmuş olmaları nedeniyle, Konya ili ile karşılaştırıldığında, tercihi güç bölgeler olmaktadır. Aynı kapsamda, ülkemizin doğu bölgelerine doğru ilerledikçe düz arazi miktarı azalırken, dağlık araziler fazlaşmaktadır. Bu ise, doğu bölgelerini, Konya bölgesine göre daha az cazip kılmaktadır.

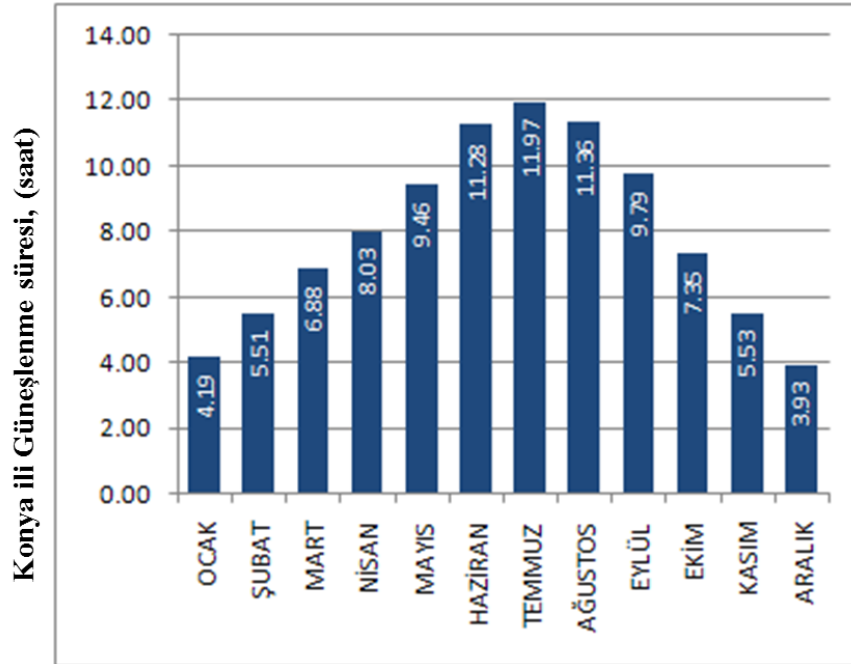
Şekil 4.2’de Konya ilinin güneş haritası verilmektedir.



Şekil 4.2: Konya ili güneş haritası [57].

Şekil 4.2'den de görüldüğü gibi Konya ili güney kesimleri, sahip oldukları 1750-2000 kWh/m²-gün'lük değerlerle, güneş enerjisi potansiyeli açısından en yüksek bölgelerdir.

Şekil 4.3 ve 4.4'de sırasıyla, Konya ilinin güneşlenme süresi ve global radyasyon değerleri verilmektedir.



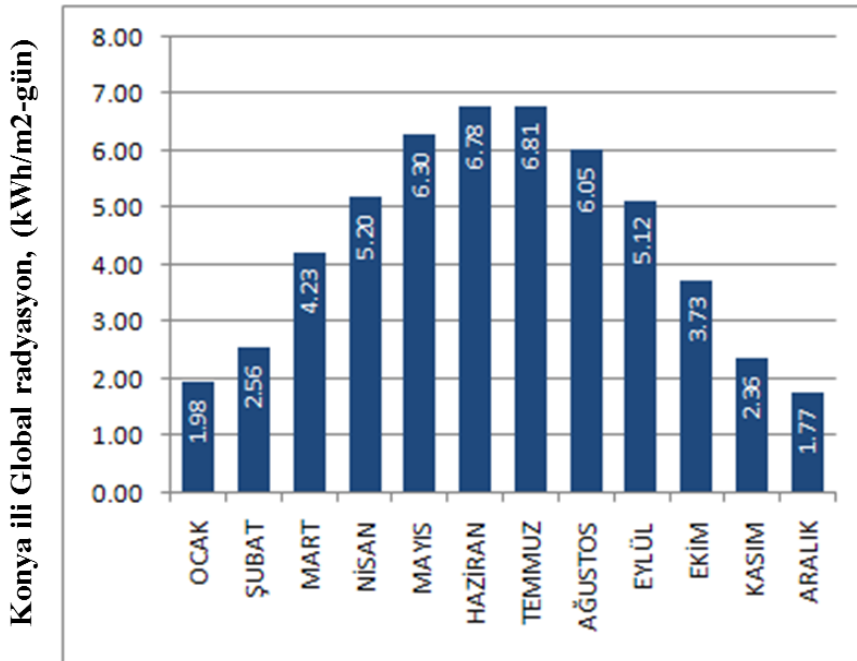
Şekil 4.3: Konya ili günlük ortalama güneşlenme süreleri (saat) [57].

Şekil 4.3'deki değerler referans alınarak, Çizelge 4.2'de Konya ilinin hesaplanmış aylık ortalama yıllık güneşlenme süresi verilmektedir.

Çizelge 4.2: Konya ilinin aylık ortalama yıllık güneşlenme süresi.

Ay	Güneşlenme Süresi (saat/gün)	Güneşlenme Süresi (saat/ay)
Ocak	4,19	128,89
Şubat	5,51	159,79
Mart	6,68	207,08
Nisan	8,03	240,9
Mayıs	9,46	293,26
Haziran	11,28	338,4
Temmuz	11,97	371,07
Ağustos	11,35	351,85
Eylül	9,79	293,7
Ekim	7,35	227,85
Kasım	5,53	165,9
Aralık	3,93	121,83
Ortalama:	7,94	-
Toplam:	-	2900,52

Konya ili yıllık ortalama güneşlenme süresi 2900,52 saattir. Bu, Türkiye'nin yıllık ortalama güneşlenme süresinin, 2746,69 saat, oldukça üzerinde bir değerdir.



Şekil 4.4: Konya ili günlük ortalama yıllık global radyasyon değeri [57].

Şekil 4.4'deki değerler referans alınarak Çizelge 4.3'de Konya ili hesaplanmış aylık ortalama yıllık global radyasyon değeri verilmektedir.

Çizelge 4.3: Konya ilinin aylık ortalama yıllık global radyasyon değeri.

Aylar	Global Radrasyon Değeri (kWh/m ² -gün)	Global Radrasyon Değeri (kWh/m ² -ay)
Ocak	1,98	61,38
Şubat	2,56	74,24
Mart	4,23	131,13
Nisan	5,2	156
Mayıs	6,3	195,3
Haziran	6,78	203,4
Temmuz	6,81	211,11
Ağustos	6,05	187,55
Eylül	5,12	153,6
Ekim	3,73	115,63
Kasım	2,35	70,5
Aralık	1,77	54,87
Toplam:		1614,71

Konya ili yıllık ortalama global radyasyon değeri 1614,71 kWh/m²'dir. Bu değer Türkiye'nin 1529,96 kWh/m²'lik yıllık global radyasyon değerinin üzerindedir.

Artan nüfusuna ve gelişmekte olan günümüz teknolojisine paralel olarak Konya ilinde elektrik tüketimi miktarı her geçen yıl artış göstermektedir. Güneşlenme süresi ve radyasyon miktarı göz önüne alındığında, bu ilin artan enerji ihtiyacının karşılanmasında, güneş veya entegre güneş güç santrallerinden yararlanılabileceği açıktır. Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'de yıl bazında Konya ilinin nüfusu ve elektrik tüketim değerleri verilmektedir.

Çizelge 4.4: Yıl bazında Konya ili nüfusu [58].

Yıl	Toplam Nüfus (kişi)
2009	1.992.675
2010	2.013.845
2011	2.038.555

Çizelge 4.5: Yıl bazında Konya ili elektrik tüketimi [58].

Yıl	Elektrik Tüketimi (MWh)
2009	3.919.075
2010	4.776.247
2011	5.038.992

Konya ilinde hali hazırda 13 adet elektrik üretim santrali bulunmakta olup, bunların 4'ü hidroelektrik , 9'u termik enerji santralidir. Bu santrallerin 12 tanesi işletme halinde olup, 4'ü hidroelektrik, 8'i termik enerji santralidir [59]. Bu ilde, enerji ihtiyacının sadece termik ve hidroelektrik enerji santralleriyle karşılanması, yüksek güneş enerjisi potansiyelinin göz ardı edilmesi anlamına gelmektedir. Bu sebeple, Konya ilinde mevcut güç santrallerine ilaveten ya da alternatif olarak, yenilenebilir enerji santralleri göz önüne alınabilir. Bu çerçevede, Konya ili için olası bir EGKÇ santrali önemli bir seçenektir.

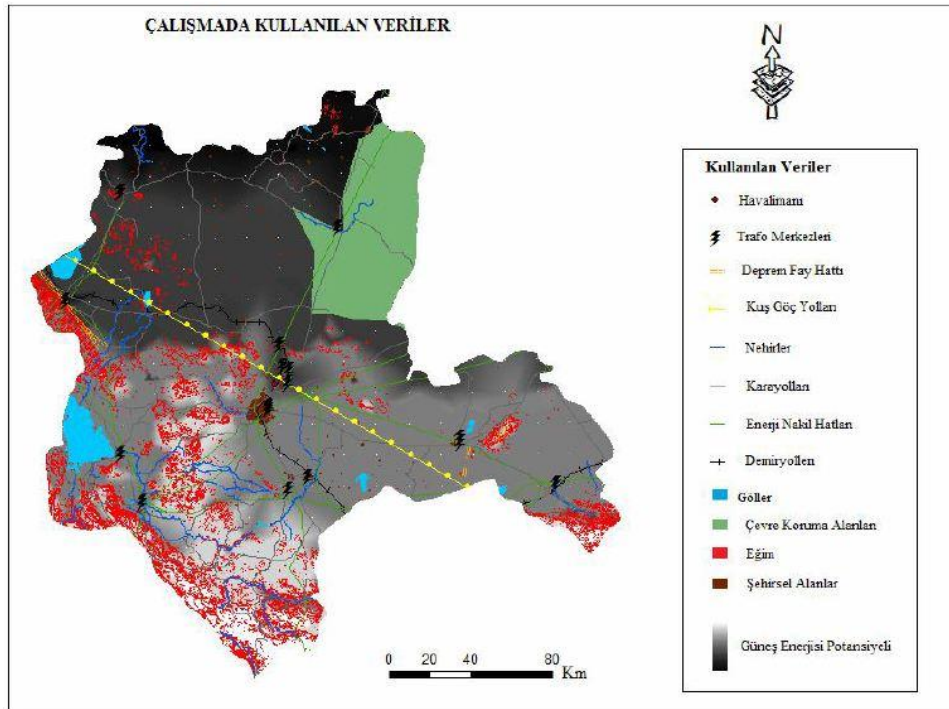
Konya ili için, Çizelge 4.1'de konumları ve bağlanabilir kapasiteleri verilen trafo merkezlerinin bulunduğu bölgelerde kurulabilecek olası EGKÇ santralleri için en uygun yeri belirlemede pek çok ölçüt rol oynamaktadır.

Bu ölçütler;

- Bölgenin global güneş radyasyonu değeri yüksek olmalıdır.
- Verimli tarım arazileri dışında kalan bölgeler tercih edilmelidir.
- Arazinin ortalama eğimi 3 dereceden fazla olmamalıdır.
- Enerji nakil hattına yakın olmalıdır.
- Trafo merkezlerine yakın olmalıdır.
- Askeri amaçla kullanılan bir bölgede olmamalıdır.
- Akarsu yataklarından, durgun, doğal veya inşa edilmiş barajlı göllerden, su kaynağı kurumuş dahi olsa kayıtlı sulak alanlardan uzakta olmalıdır.
- Karayollarınının 100 m emniyet şeridi dışında yer almalıdır.
- Arazi üzerinden demiryolu hattı geçmemelidir. Arazi, demiryolu hattının 100 m emniyet şeridi dışında kalmalıdır.
- Çevre koruma, milli parklar ve tabiat alanları gibi alanların 500 m emniyet şeridi dışında kalmalıdır. Üretken veya sık dokulu orman arazisi üzerinde olmamalıdır.
- Arazi mümkün olduğunca az yağış almalıdır.
- Arazide rüzgar hızı düşük olmalıdır.
- Kuşların göç yolları üzerinde bulunmamalıdır.

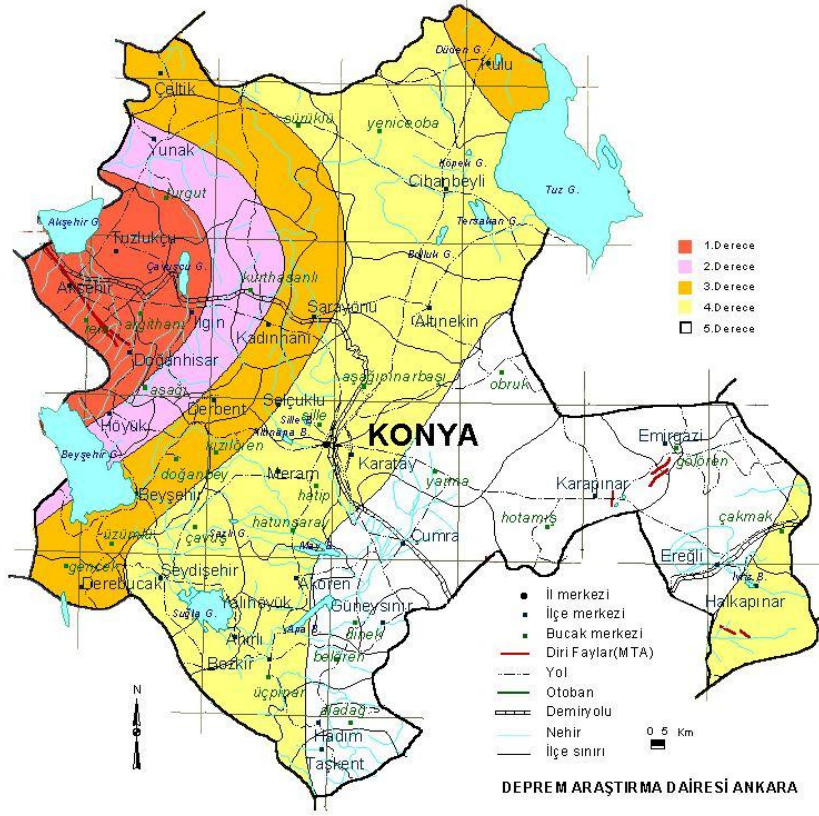
- Deprem bölgesinde yer almamalı ve fay hattına uzak olmalıdır.
- Yerleşim alanlarının 500 m emniyet şeridi dışında yer almalıdır.
- Havaalanlarının 3 km emniyet şeridi dışında yer almalıdır.
- Maden, petrol ve doğalgaz arazileri ve arama alanları olmamalıdır.
- Mevcut rüzgar enerjisi santrallerinin uzağında yer almalıdır.

Bu çalışmada, Konya ili için, yukarıda verilen ölçütlerin uygulandığı, Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA) yöntemi ile yer seçimi yapılmış bir çalışmadan yararlanılmaktadır [60]. Konya ili için ÇÖKA değerlendirmesinde esas alınan ölçütler Şekil 4.5'de verilmektedir.



Şekil 4.5: Konya ili için ölçüt değerlendirmesi [60].

Nihai olarak bölge tespiti yapılmadan önce, bahsi geçen ÇÖKA yöntemi çalışmasında [60] ele alınan ölçütlerin yanısıra, bu çalışmada, Şekil 4.6'da Konya ili için verilen deprem bölgeleri haritası ve aşağıda verilen diğer ölçütler de göz önüne alınmaktadır.

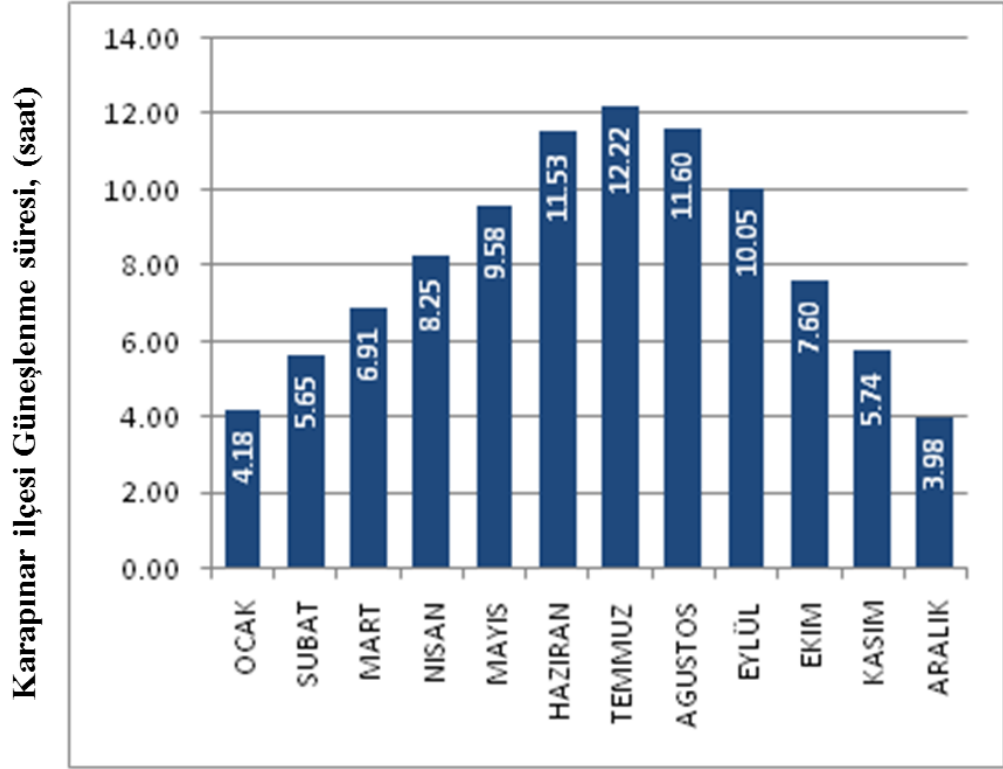


Şekil 4.6: Konya ili deprem bölgesi haritası [61].

- Seçilecek olan santral alanı, 1. ve 2. derece deprem bölgesinde olmamalı ve hatta mümkün olduğunca 5. derece deprem bölgesi içerisinde yer almalıdır.
- Kurulumu yapılacak arazi mümkün olduğunca güneyde olmalıdır. Çünkü arazi ekvatora ne kadar yakınsa güneşlenme süresi daha uzun ve sahaya gelen güneş ışınları daha dik (kosinüs kaybı daha az) olacaktır.

Referans [60]'da Konya ili için yapılan ÇÖKA, aşağıda verilen ölçütler de ayrıca gözönüne alınıp genişleterek uygulandığında, güneş enerjisine dayalı santral kurulumu için en ideal bölgenin Karapınar ilçesi olduğu anlaşılmaktadır. Konya'nın güneyinde kalan ve oldukça geniş arazilere sahip Karapınar bölgesi, gerek güneşlenme değerleri ve gerekse arazi stoğu açısından yüksek potansiyele sahiptir. Karapınar İlçesi sınırları içerisinde güneş enerjisi yatırımlarına elverişli olduğu düşünülen toplam 60 milyon m²'lik bir arazi mevcuttur.

Şekil 4.7 ve 4.8'de, Karapınar İlçesi için sırasıyla, güneşlenme süresi ve global radyasyon değerleri verilmektedir.



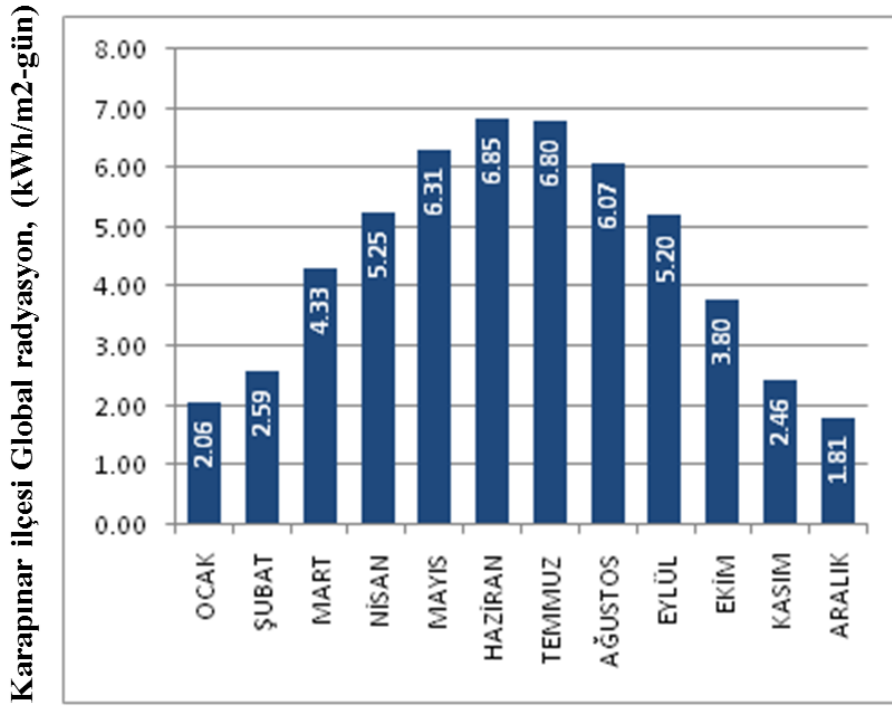
Şekil 4.7: Karapınar ilçesinin günlük ortalama güneşlenme süreleri (saat) [57].

Şekil 4.7'deki değerler referans alınarak, Çizelge 4.6'da Karapınar ilçesinin hesaplanmış aylık ortalama yıllık güneşlenme süresi verilmektedir.

Çizelge 4.6: Karapınar ilçesinin aylık ortalama yıllık güneşlenme süresi.

Ay	Güneşlenme Süresi (saat/gün)	Güneşlenme Süresi (saat/ay)
Ocak	4.18	129.58
Şubat	5.65	163.85
Mart	6.91	214.21
Nisan	8.25	247.5
Mayıs	9.58	296.98
Haziran	11.53	345.9
Temmuz	12.22	378.82
Ağustos	11.6	359.6
Eylül	10.05	301.5
Ekim	7.6	235.6
Kasım	5.74	172.2
Aralık	3.98	119.4
Ortalama:	8.015	-
Toplam:	-	2965.14

Karapınar ilçesi yıllık ortalama güneşlenme süresi 2965,14 saattir. Bu değer Konya ilinin 2900,52 saat yıllık güneşlenme süresinin üzerindedir.



Şekil 4.8: Karapınar ilçesinin günlük ortalama yıllık global radyasyon değeri [57].

Şekil 4.8'deki değerler referans alınarak, Çizelge 4.7'de Karapınar ilçesinin hesaplanmış aylık ortalama yıllık global radyasyon değeri verilmektedir.

Çizelge 4.7: Karapınar ilçesinin aylık ortalama yıllık global radyasyon değeri.

Ay	Global Radyasyon Değeri (kWh/m ² -gün)	Global Radyasyon Değeri (kWh/m ² -ay)
Ocak	2.06	63.86
Şubat	2.59	72.52
Mart	4.33	134.23
Nisan	5.25	157.5
Mayıs	6.31	195.61
Haziran	6.85	205.5
Temmuz	6.8	210.8
Ağustos	6.07	188.17
Eylül	5.2	156
Ekim	3.8	117.8
Kasım	2.46	73.8
Aralık	1.81	54.3
Toplam:		1632.68

Karapınar ilçesi yıllık ortalama global radyasyon değeri 1632,68 kWh/m²'dir. Bu değer Konya ilinin 1614,71 kWh/m²'lik yıllık ortalama global radyasyon değerinin üzerindedir. Öte yandan, sistemde, optimum açıda tek eksenle güneş takip sistemi kullanıldığında yıllık global radyasyon değeri 2100 kWh/m² değerine ulaşmaktadır. Bu da güneş enerjisi santrali için oldukça yüksek bir değerdir.

ÇÖKA'da ele alınan ölçütler gözönüne alınışında, Karapınar ilçesi için aşağıdaki sonuçlar ve gerçekler söz konusu olmaktadır:

- Bölgedeki arazi eğimi %1-1,5 (her 100 m'de 1-1,5 m düşüş) aralığında olup santral kurulumu için oldukça uygundur [62]. Ayrıca bölgede iklim olarak çöl etkisi bulunmasından dolayı, arazisinin büyük çoğunluğu kurak ve toprakların büyük bir kısmı verimsizdir. Bu bağlamda bölgede tarım arazisi vasfı ve orman niteliği taşıyan arazi miktarı oldukça azdır. Bölgedeki arazilerin kurak ve verimsiz olmasından dolayı arsa fiyatları da oldukça düşüktür.
- Oluşabilecek bir taşkın riskine karşılık, Karapınar ilçesinde herhangi bir akarsu yatağı bulunmamakta olup ayrıca yıllık olarak 284,6 kg/m² yağış ile Türkiye'nin en az yağış alan bölgelerindedir. Türkiye'nin yıllık ortalama yağış miktarı 643,9 kg/m² ve Konya ilinin de yıllık ortalama yağış miktarı 317,7 kg/m²'dir. Aynı zamanda Karapınar ilçesi %21 ile oldukça düşük nem oranına sahip olup, Akdeniz'e 265 km mesafedir [63,64].
- Karapınar bölgesi 5,5 m/s (orta kuvvette meltem–Beaufort skalası 4–0:12) ile düşük rüzgar potansiyeline sahiptir [65].
- Karapınar bölgesinde kanunlarca koruma altına alınmış alan bulunmamaktadır.
- Karapınar bölgesinde atmosfer yoğunluğu 0-2 okta değerinde (çok az bulutlu) olup oldukça açık bir gökyüzüne sahiptir ve ayrıca hava kirliliği oranı da oldukça düşüktür [66].
- Karapınar bölgesinin büyük bir bölümü kuş göç yollarından bağımsızdır.
- Karapınar bölgesi 5. derece deprem bölgesinde bulunmakta ve deprem açısından ülkemizin en az risk taşıyan bölgelerinden biri olarak kabul edilmektedir.

- Karapınar bölgesindeki araziler demiryolu ve karayollarına yeterli uzaklıklardadır. Ayrıca, bölge arazileri havaalanına yaklaşık olarak 110 km mesafede bulunmaktadır [64].
- Karapınar bölgesindeki araziler, yerleşim bölgelerinden yeterince uzaktadır.
- Bölgede askeri amaçlı kullanılan arazi bulunmamaktadır.
- Bölgedeki arazilerde yatırım lisansı açısından engel bulunmamaktadır.
- Karapınar bölgesinde artırılabilir kapasitede mevcut trafo bulunmakta (Karapınar Trafo Merkezi) ve enerji iletim hatlarıyla üretilecek enerjinin nakli kolayca sağlanabilmektedir.
- Karapınar bölgesi, geçmişte İpek Yolu güzergahında bulunmakta ve günümüzde ise ülkenin batı ve güney batı bölgelerini güney ve güney doğu bölgelerine bağlayan önemli bir geçiş noktası olup merkezi bir konumdadır. Bu anlamda kombine çevrim güç santrali için yakıt temininde sıkıntı yaşanmayacaktır.
- 8 Eylül 2012 tarihinde Resmi Gazete’de yayımlanan Bakanlar Kurulu Kararı ile Konya'nın Karapınar ilçesinde bir “Enerji İhtisas Endüstri Bölgesi” kurulmasına karar verilmiştir. Bu karar uyarınca, çölleşmenin hakim olduğu, tarıma elverişli olmayan, iki kısımda değerlendirilen, toplamda 59586876 m²’lik bölgede kurulacak tesislerde, güneş enerjisinden elektrik üretilebilecektir. "Enerji Vadisi" olarak da nitelendirilen bu alanda, güneş enerjisi paneli ya da rüzgar tribünü üretimi yapacak tesisler kurulabileceği gibi, isteyen firma; ABD’deki Silikon Vadisi’nde olduğu gibi, yenilenebilir enerji teknolojisi üretimini de bu vadede geliştirebilecektir. Karapınar Enerji İhtisas Endüstri Bölgesi, konumu itibariyle, Türkiye’nin en iyi güneş alan 5 bölgesinden biri olduğu kabul edilmektedir [67].
- Konya Valiliği'nin “Konya Valiliği, Karapınar İlçesi’nde Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesisi Yatırımları İçin Enerji İhtisas Endüstri Bölgesi Kurulmasına Yönelik Fizibilite Çalışması Raporu”nda, “Konya’nın güneyinde kalan ve geniş arazilere sahip olan Karapınar İlçesi, güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurulumu için en uygun yer” olarak belirtilmesi de, bu çalışmada uygulanan ölçütler sonucunda yapmış olduğumuz bölge seçiminin doğruluğunu teyit eder niteliktedir [68].

Şekil 4.9’da Karapınar ilçesinin genel bir şehir görünümü sunulmaktadır.



Şekil 4.9: Karapınar ilçesi [69].

4.2 Yoğunlaştırıcı Isıl Güneş Enerji Santrali İçin Sistem Seçimi

YGE sistemleri; parabolik oluk, lineer fresnel, parabolik çanak tipi güneş enerji sistemleri ve güneş güç kuleleridir. Bu sistemler arasından seçim yapılırken öncelikle ekonomik şartlara, arazi şartlarına ve sistemin geçmişte kullanım yoğunluğuna bağlı olarak elde edilen işletme tecrübesi göz önünde tutulmaktadır.

Ekonomik şartlara göre değerlendirme yapıldığında, parabolik çanak tipi güneş enerji sistemleri, diğer sistemlere göre yüksek yatırım maliyetleri göstermektedir.

Karapınar bölgesindeki arazilerin eğiminin %1-1,5 olmasından dolayı, düz arazi şartı ölçütü bu ilçe için, YGE sistemleri seçiminde bir engel unsur teşkil etmemektedir.

Dünya’da uygulanan YGE sistemleri baz alınarak, sistemlerin işletme tecrübesi incelendiğinde ise, güneş güç kulesi ve POTGE sistemleri diğer sistemlere göre daha öne çıkmaktadırlar. YGE santralleri arasında en fazla işletme tecrübesine sahip olunan sistem ise, dünyadaki mevcut uygulamalarının sayısı ve kapasitesi ile POTGE sistemleridir.

Bütün kriterler göz önüne alınarak güneş enerjisi sistemleri incelendiğinde, POTGE sistemleri ve güneş güç kuleleri sistem seçiminde ön plana çıkmaktadırlar.

POTGE sistemlerinin, güneş güç kulelerine göre daha eski bir teknoloji olmasından dolayı, sistem elemanlarının maliyeti çok fazla değişiklik göstermemektedir. Buna paralel olarak da POTGE sistemi teknolojisinin neredeyse standartlaşmasından dolayı, sistem elemanlarının temini daha kolay olmaktadır. POTGE santralleri mümkün olduğunca az hatayla kurulmakta ve işletilebilmektedir.

Her iki sistem için de ısı depolama tankı kullanımı mümkündür. Ancak EGKÇ santralinde bu tip bir depolamaya ihtiyaç duyulmamaktadır.

Sistem seçiminde, belirleyici en önemli parametre, boru hattı dizaynı olacaktır. Güneş güç kulelerinde ısı transferi akışkanı, kulede güneş ışınlarının toplandığı odak noktasına kadar olan yüksekliğe, tek bir boru hattı ile ulaşmaktadır. Bu durum maliyeti düşürmekle beraber, bu hatta meydana gelebilecek herhangi bir problemde, sistemde üretim tamamen durmaktadır. Öte yandan, POTGE sistemlerinde içerisinden ısı transferi akışkanı geçen çok sayıda ve birbirine paralel boru hatları kullanılmaktadır. Bu durum maliyeti artırmakla beraber, POTGE sistemlerinde herhangi bir hatta problem ortaya çıkması durumunda, o hattaki sorun giderilene kadar diğer hatlar vasıtasıyla üretim gerçekleştirilebilmektedir. Böylece üretimde herhangi bir aksama meydana gelmemektedir. Bu nedenlerden dolayı POTGE sistemleri, sürekli üretim açısından, en uygun seçim olmaktadır. Ayrıca Dünya'da işletme halinde olan Hassi R'mel, Yazd, Kuraymat, Ain Beni Mathar, Mathania ve Martin Next Generation gibi EGKÇ santrallerinde de bir POTGE sistemi kullanılmaktadır.

4.3 Parabolik Oluk Tipi Güneş Enerji Sistemi Tasarımı

Enerji sisteminin tasarımı yapılırken öncelikle, sistem kurulumu için gerekli olan malzemelerin belirlenerek, tedarik edilmesi gerekmektedir. Malzeme temininde, ekonomik koşullar ve malzemenin nakliyatı göz önünde bulundurularak tedarikçi seçimi yapılmalıdır.

Bir POTGE sistemi kurulumunda ihtiyaç duyulan temel malzemeler; cam, metal, beton, kimyasallar ve izolasyon malzemeleridir. Cam malzeme; yansıtıcı yüzeylerde, metal malzeme; taşıyıcı yapılar ve santral bloklarında, beton malzeme; santral blokları ve kollektör temellerinde, kimyasal malzeme; ısı transfer akışkanında ve izolasyon malzemeleri ise sistemdeki ısı kayıplarını önlemek üzere kullanılmaktadır.

Çizelge 4.8'de santral kurulumu için gerekli olacak ham madde miktarları verilmektedir.

Çizelge 4.8: Bir parabolik oluk tipi güneş enerji sistemi için ihtiyaç duyulan malzeme miktarı [70].

Parabolik Oluk Tipi Güneş Enerji Sistemi	
Malzeme	Miktar (Ton/MW)
Metal	200-300
Beton	200
Cam	120
İzolasyon Malzemesi	20
Isı Transfer Akışkanı	13

Ayrıca, bir POTGE sisteminde tesis kurulumu için gerekli saha ise 10000 m²/MW'dır [10].

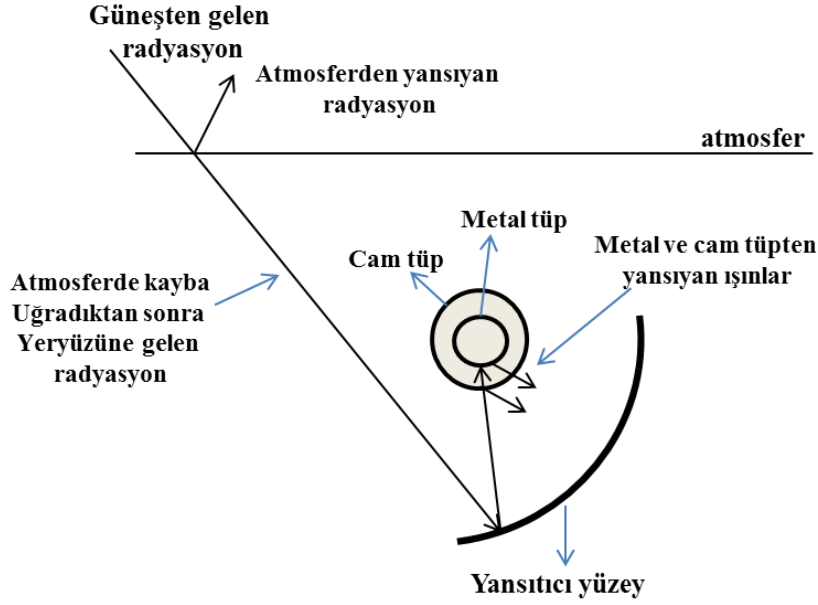
4.3.1 Parabolik oluk tipi güneş enerji sistemi bileşenleri ve tedarikçilerinin belirlenmesi

Bağımsız bir POTGE santrali iki kısımda değerlendirilmektedir: Güneş alanı ve güç bloğu kısımlarıdır. Bu çalışmada entegre güneş kombine güç çevrimi incelendiğinden dolayı, sadece güneş alanı kısmının bileşenleri detaylı olarak ele alınmaktadır.

Güneş alanının en önemli elemanları yansıtıcı yüzeyler, soğurucu borular, ısı transfer akışkanı ve taşıyıcı yapı elemanlarıdır.

4.3.1.1 Yansıtıcı yüzey

Yansıtıcı yüzey, güneşten gelen ışınları odak noktasında bulunan soğurucu boruya yansıtılmaktadır. Şekil 4.10'da güneşten gelen ışının izlediği yol verilmektedir.



Şekil 4.10: Parabolik oluk tipi güneş kollektöründe güneş ışınının izlediği yol.

Yansıtıcı yüzeylere parabolik şekil verilerek, yansıma kayıpları azaltılıp böylece optik verim artırılarak, sistem verimi artırılabilir. Güneşten gelen ışınların büyük bir bölümünü emici boruya yansıtması ve en az kayıpla ısı transferi akışkanına geçirebilmesi için, parabolik yansıtıcılarda kullanılacak yüzey malzemesinin yansıtma katsayısı yüksek, soğurma katsayısı ise düşük olmalıdır. Çizelge 4.9'da yansıtıcı yüzey malzeme çeşidine göre, yansıtma katsayıları verilmektedir.

Çizelge 4.9: Çeşitli yansıtıcı yüzey malzemelerine ait yansıtma katsayıları [71].

Yansıtıcı Yüzey Malzemesi	Yansıtıcılık (ρ)
Gümüş	$0,94 \pm 0,02$
Altın	$0,76 \pm 0,03$
Alüminyum kaplı akrilik	0,86
Alüminyum	$0,82 \pm 0,05$
Bakır	0,75
Cam	0,88-0,95
Cilalanmış alüminyum	0,86-0,89

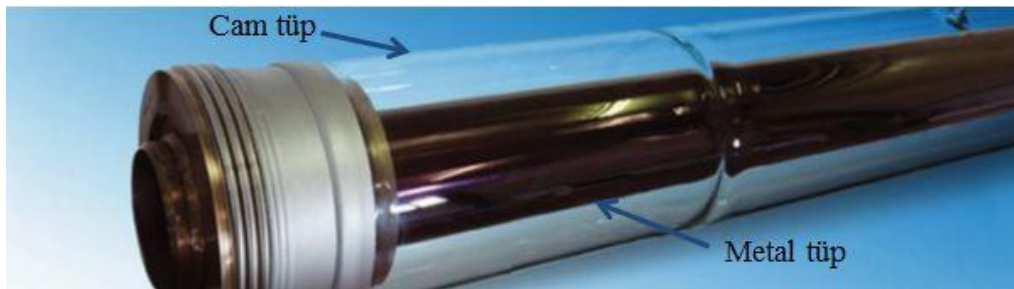
Yansıtıcı yüzey malzemesi olarak metal ve cam aynalar kullanılmaktadır. İki malzemenin karakteristik özellikleri birbirinden farklıdır. Cam aynalara parabolik şekil vermek metal aynalara göre daha zordur. Buna bağlı olarak işçilik maliyeti de artmaktadır. Ayrıca cam aynalar metal aynalara göre daha ağır olduğundan, ürünün taşınması ve montajı sırasında da problemler ortaya çıkmaktadır. Cam tabakalar, parabolik ayna formuna getirilirken, kalınlıkları oldukça inceltilmekte ve buna bağlı

olarak da yansıtıcılık oranları düşmektedir. Bu nedenlerden dolayı, metal aynalar tercih edilmektedir. Son zamanlarda ise tercih edilen parabolik metal ayna, alüminyum yansıtıcı yüzey üzerine ince gümüş film kaplamasıdır [72].

Parabolik formdaki bu camlar genel olarak klasik cam firmaları, otomotiv firmaları ve güneş enerjisi sistem parçaları üreten firmalardan sağlanmaktadır. Bunlar; 3M, Alanod, Cristaleria Espagnola SA, Flabeg GmbH, Glaston, Glastech, Guardian Inc., HEROGlas, Pilkington, Rioglass Solar, Saint-Gobain ve Türkiye'de ise Şişecam fabrikasıdır.

4.3.1.2 Soğurucu boru

Soğurucu boru, bir POTGE sisteminin en karmaşık elemanıdır. Güneş ışınlarını absorbe ederek, yansımaya oluşabilecek ısı kayıplarını en aza indirmesi, bir soğurucu boru için en istenen özelliktir. Borular, kollektör boyuna uygun olarak, genellikle 4 metrelik bloklar halinde uygulanmaktadırlar. Soğurucu borular; metal tüp, seçici yüzey kaplama ve cam tüpten meydana gelmektedir. Şekil 4.11'de bir soğurucu borunun genel görünümü verilmektedir.



Şekil 4.11: Soğurucu boru [73].

Metal tüp

Metal tüp için, boru çapı ve uygun malzeme seçimi önemli kriterlerdir. Boru çapı büyük seçildiğinde, odağa yoğunlaştırılan güneş ışınlarını yakalamak daha kolay olmaktadır. Ancak bu durumda borunun yüzey alanı büyüdüğünden dolayı, kollektör yüzey alanına düşen borunun gölgesi de büyüyecek ve yoğunlaştırma oranı azalacaktır. Ayrıca borunun dış yüzey alanı büyüdüğü için çevreye olan ısı kayıpları da artacaktır. Boru çapı küçük seçildiğinde ise, boru dış yüzey alanı küçüleceğinden çevreye olan ısı kayıpları azalmaktadır. Ancak odağa yoğunlaştırılan güneş ışınlarını yakalamak daha zor olacaktır.

Sonuç olarak, boru çapı büyük seçildiğinde optik verim artarken ısı verim düşmekte, boru çapı küçük seçildiğinde ise optik verim azalırken ısı verim artmaktadır. Bundan dolayı, metal tüpte boru çapının belirlenmesi bir optimizasyon sorunudur.

Kullanılacak metal tüp malzemesinin güneş ışınlarını yansıtıcılık oranı düşük ve soğuruculuk oranı yüksek olmalıdır. Ayrıca seçilen malzeme, yüksek sıcaklıklardaki ısı transfer akışkanlarına dayanıklı olmalıdır. Belirtilen özelliklere uygun olması ve kaplama malzemeler ile olan uyumundan dolayı metal tüp malzemesi olarak daha çok, çelik tercih edilmektedir.

Çelik tüplerin yüzeylerinde güneş ışınlarını absorbe edilebilmesi için, emme oranı yüksek malzemeler tercih edilmektedir. Çizelge 4.10'da yansıtıcı yüzeylere göre güneş ışınlarını emme ve yayma oranları verilmektedir.

Çizelge 4.10: Yansıtıcı yüzeylerin güneş ışınlarını emme ve yayma oranları [74].

Yansıtıcı Yüzeyler	Güneş Işınlarını Emme Oranı (α)	Güneş Işınlarını Yayma Oranı (ϵ)
Beyaz Boya (Al üzerine)	0,2	0,91
Su	0,94	0,95-0,96
Siyah Boya (cılalı)	0,9	0,9
Siyah Boya (mat)	0,94-0,98	0,88
Galvanizli Çelik (temiz)	0,65	0,13
Alüminyum	0,15	0,05
Krom	0,49	0,08
Parlatılmış Çinko	0,46	0,02

Çizelge 4.10'da verilen güneş ışınlarını emme ve yayma oranlarına göre çelik tüplerin yüzeyinde siyah mat boyaların kullanılması en uygun seçim olacaktır.

Seçici (selektif) yüzey kaplama malzemesi

Metal tüplerin, güneş ışınlarını tutuculuğunu arttırmak için, yüzeyleri selektif bir malzeme ile kaplanmaktadır. Selektif malzemeler, güneş ışınlarını emme oranı yüksek ve yayma oranı düşük malzemelerdir. Selektif malzemeler, kısa dalga boylu ışınların tamamına yakınıni emerken uzun dalga boylu ışınları da olabildiğince az yansıtmaktadır. Ayrıca selektif yüzey kaplamalar, POTGE sisteminin ısı verimini de arttırmaktadır. Çizelge 4.11'de selektif yüzey kaplama malzeme çeşidine göre güneş ışınlarını emme ve yayma oranları verilmektedir.

Çizelge 4.11: Selektif yüzey kaplama malzemelerinin güneş ışınlarını emme ve yayma oranları [74].

Selektif Yüzey Kaplama	Alt Kaplama (Metal tüp)	Güneş Işınlarını Emme Oranı (α)	Güneş Işınlarını Yayma Oranı (ϵ)
Krom	Çelik	0,95	0,16
Krom	Çinko	0,91	0,08
Krom	Bakır	0,92	0,08
Siyah Krom	Bakır	0,95-0,97	0,08-0,14
	Çelik	0,91-0,97	0,07-0,16
Nikel üzerine siyah krom	Bakır- Çelik- Alüminyum	0,9-0,95-0,95	0,09-0,15-0,5
Nikel	Galvanizli çelik	0,93	0,08
Nikel	Çinko kaplı alüminyum	0,94	0,1
Siyah nikel	Çelik	0,89-0,96	0,07-0,17
Nikel üzerine siyah nikel	Çelik, Bakır	0,87-0,96	0,07-0,1
Alüminyum oksit		0,85-0,95	0,11-0,34
Demir oksit	Çelik	0,83	0,06
Bakır oksit	Alüminyum	0,93	0,11
Kurşun sülfür	Alüminyum	0,89	0,2
Çinko oksit	Çinko	0,95	0,08
Kobalt oksit	Nikel	0,87	0,07
Kobalt	Alüminyum	0,92	0,13
Kobalt	Galvanizli çelik	0,91	0,12
Siyah bakır	Bakır	0,85-0,95	0,1-0,15

Çizelge 4.11'de verilen güneş ışınlarını emme ve yayma oranlarına göre çelik tüp üzerine siyah krom, en uygun selektif yüzey kaplama malzemesidir.

Cam tüp

POTGE sistemlerinde cam tüp, ısı kayıpları azaltmak için kullanılmaktadır. Parabolik yansıtıcı yüzeyden yansıyan güneş ışınları nedeniyle ısınan metal tüpten çevreye, ısı transferi yoluyla, ısı kaybı olmaktadır. Bu durumu önleyebilmek için metal tüp, bir cam tüple çevrelenmektedir.

Cam tüp için kullanılacak malzemenin güneşten gelen kısa dalga boylu ışınları geçirme oranı yüksek olmalıdır. Aynı zamanda metal tüpten yansıyan uzun dalga boylu ışınları geçirme oranı da düşük olmalıdır.

Cam tüpler metal tüpü toz, dolu gibi çevresel etkenlerden de korur. Bu sebeple, cam tüpler dayanıklı olmalıdır. Ayrıca yüksek sıcaklıktan da etkilenmemelidirler.

Camların ışınları geçirme oranı, içindeki demir-oksit miktarına bağlıdır. Camdaki demir-oksit miktarı arttıkça geçirgenlikleri azalır. Bundan dolayı, seçilen camın demir-oksit oranı % 0.05'den daha az olmalıdır. Çizelge 4.12'de cam çeşitlerine göre geçirgenlik, soğuruculuk ve yansıtıcılık oranları verilmektedir.

Çizelge 4.12: Cam çeşitlerine göre geçirgenlik, soğuruculuk ve yansıtıcılık oranları [74].

Cam	Geçirgenlik (τ)	Soğuruculuk (α)	Yansıtıcılık (ρ)
Pyreks	0,9	0,02	0,08
Klasik pencere camı	0,87	0,04	0,09
Düzgün plaka	0,77	0,16	0,07
Isı soğurucu tabaka	0,41	0,53	0,06
Çift pencere camı	0,76	0,04±0,04	0,16-0,24
Çift düzgün plaka	0,6	0,07±0,1	0,32-0,34
Gümüşlenmiş su beyazı camı	-	-	0,88
Düşük demirli borosilikat cam	0,92	0,02	0,66

Çizelge 4.12'de verilen geçirgenlik, soğuruculuk ve yansıtıcılık oranları gözönüne alındığında, düşük demirli borosilikat cam en uygun cam tüp malzemesidir.

Metal tüp ve cam tüpün birleştirilmesi

Metal tüp ile cam tüpün birleştirilmesi sırasındaki en büyük problem, iki malzemenin farklı genleşme katsayılarıdır. Çizelge 4.13'de düşük demirli borosilikat cam ve çeliğin genleşme katsayıları verilmektedir.

Çizelge 4.13: Çelik ve düşük demirli borosilikat camın genleşme katsayıları [75,76].

Malzeme	Genleşme Katsayısı
Düşük demirli borosilikat cam	3×10^{-6}
Çelik	12×10^{-6}

İki malzemenin genleşme katsayıları farklıdır ve metal tüp cam tüpe göre daha fazla genleşmektedir. Bundan dolayı metal tüp ve cam tüpü birleştirmek için körüklü cam-metal birleşimi kullanılmaktadır.

Körüklü cam-metal birleşiminde, körük kısmı emici borunun fazla genişip sistemin zarar görmesini engellemek için cam örtü ile temas halindedir. Şekil 4.12'de soğurucu borunun genel görünümü verilmektedir.



Şekil 4.12: Körük tipi birleştirici [77].

Metal tüp ve cam tüpü birleştirme işleminden sonra, aradaki boş alan nedeniyle oluşabilecek ısı kayıpları azaltmak için, cam tüp vakumlandırılmaktadır.

Soğurucu boruların tedarik edilebileceği firmalar; Solar, BaySolar AG, Schott Solar, Novatec Solar ve Siemens'dir.

4.3.1.3 Taşıyıcı yapı

POTGE sistemlerinde taşıyıcı yapı malzemesi olarak çelik veya alüminyum tercih edilmektedir. Çizelge 4.14'de çelik ve alüminyumun malzeme özellikleri verilmektedir.

Çizelge 4.14: Çelik ve alüminyum malzemelerinin özelliklerinin karşılaştırılması [78].

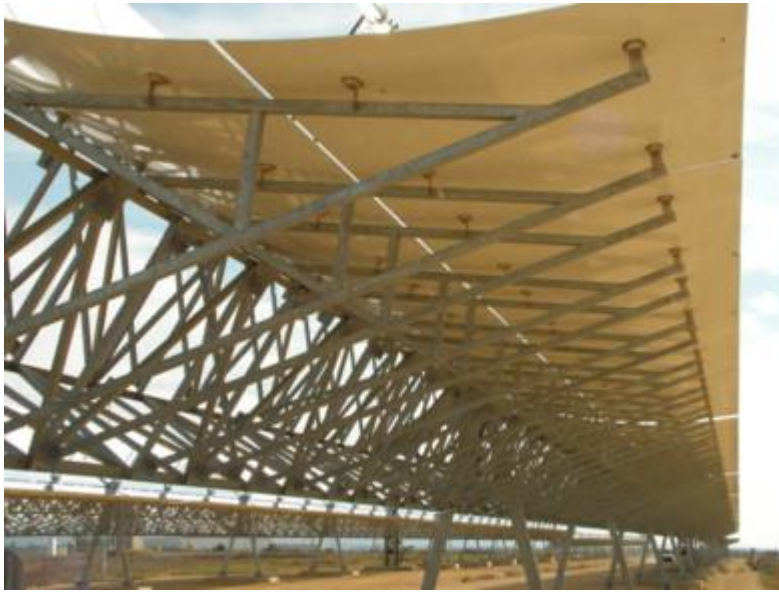
Özellik	Birim	Çelik	Alüminyum
Mukavemet	Mpa	400	350
Elastisite Modülü	Gpa	206,8	68,9
Isıl Genleşme Katsayısı	$\mu\text{m/m/}^\circ\text{C}$	11,7	23
Özgül Ağırlık	g/cm^3	7,8	2,6

Taşıyıcı yapı elemanı olarak kullanılacak malzemenin mukavemet değeri ve elastisite modülü yüksek, ısıl genleşme katsayısı düşük olmalıdır. Çizelge 4.14'de çelik ve alüminyum için verilen malzeme özellikleri değerlerine göre, çelik en uygun taşıyıcı yapı malzemesidir.

Taşıyıcı yapılar, yüksek rüzgar hızlarında aynaları sabit konumda tutabilecek dayanıklılıkta tasarlanmalıdır. Bu çalışma için esas alınan bölge olan, Konya-Karapınar ilçesinde görülen en büyük rüzgar hızı 10 Temmuz 1969 tarihinde yaşanan 149.8 km/sa'dır [79].

Taşıyıcı yapı malzemeleri, kollektörlerin yıkanması sonucunda oluşabilecek nemliliklere, sabah saatlerine doğru meydana gelen yoğunlaşmalara ve deniz kıyısı bölgelerde havanın içerdiği tuz partiküllerinin yüzeylerde meydana getirebileceği korozif etkilere dayanıklı olması gerekmektedir. Bu nedenlerden dolayı taşıyıcı yapı malzemelerinin yüzeyleri galvaniz ile kaplanmaktadır.

Taşıyıcı yapılar uygun geometride dizayn edilmelidir. Aynı zamanda bu yapılar oldukça hafif bir şekilde tasarlanarak malzeme sarfiyatı, taşıma ve montaj sırasında yaşanabilecek sorunlar da en aza indirilebilir. Ayrıca takip sistemini engellemeden yeterli hassasiyeti sağlayabilmelidir. Şekil 4.13'de parabolik oluk tipi güneş kollektörünün taşıyıcı yapısı görülmektedir.



Şekil 4.13: Parabolik oluk tipi güneş kollektöründe taşıyıcı yapı [80].

Taşıyıcı yapıların tedarik edilebileceği firmalar; Abengoa, Acciona, Albiasa, Alcoa, Areva, Flagsol, Novatec, Grupo Sener, Siemens ve Sky Fuel'dır.

4.3.1.4 Isı transfer akışkanı

Isı transfer akışkanı aşağıdaki özelliklere haiz olmalıdır;

- Düşük genleşme katsayısı

- Yüksek ısı transferi için düşük viskozite
- Yüksek ısı tutma kapasitesi
- Düşük korozif etki
- Çevre dostu ve zehirsiz
- Ekonomik
- Yüksek yanma ve düşük donma noktası.

Kullanılacak ısı transfer akışkanı, ortam sıcaklığının en az 20 °C altındaki sıcaklıklarda da çalışabilmelidir. Bu çalışmada esas alınan bölge olan Karapınar ilçesinde 2 Ocak 2009 tarihinde ölçülen minimum sıcaklık değeri -27.0 °C'dir [79]. Dolayısıyla, bu bölge için seçilecek ısı transferi akışkanı, bu sıcaklık değerinden daha düşük bir donma noktası değerine sahip olmalıdır.

Genel olarak YGE sistemlerinde kullanılan ısı transfer akışkanları hidrokarbon ve silikon yağları, erimiş tuz ve sıvı metallerdir. En çok kullanılmakta olan ısı transfer akışkanları sentetik ve petrol bazlı yağlar ile erimiş tuzlardır.

Isı transfer akışkanlarının çalışma sıcaklıkları Çizelge 4.15'de verilmektedir.

Çizelge 4.15: Isı transfer akışkanlarının çalışma sıcaklıkları [81].

Isı Transfer Akışkanı	Maksimum Çalışma Sıcaklığı (°C)	Minimum Çalışma Sıcaklığı (°C)
Petrol bazlı yağlar	315	-30
Sentetik yağlar	400	-35
Erimiş tuzlar	600	75

Genel olarak POTGE sistemlerinde ısı transferi akışkanı olarak, sentetik yağlar ve erimiş tuzlar kullanılmaktadır ancak genellikle sentetik yağlar tercih edilmektedir. Erimiş tuzların ısı transfer akışkanı olarak daha az tercih edilmesinin nedeni, kullanıldığı bölgenin iklim şartlarına bağlı olarak, nispeten çok uzun boru tesisatı olan parabolik oluk sistemlerinde ortaya çıkabilecek donma problemlerdir. Sonuç olarak ısı transferi akışkanı seçimi yapılırken santralin kurulacağı bölgenin iklim koşulları da göz önüne alınmalıdır.

Isı transfer akışkanının tedarik edilebileceği firmalar; BASF, Dow Chemicals, Dynalene, Petro Canada, Galden, Shell, Interstate Chemical, Linde ve Solutia Therminol'dur.

4.4 Kombine Çevrim Santrali İçin Yakıt Seçimi Ve Temini

Türkiye’de santral bazında elektrik üretiminde en çok kullanılan yakıtlar doğal gaz, kömür ve petroldür. Türkiye’de elektrik üretiminin büyük bir çoğunluğu, doğal gaz ve kömür kullanan termik santraller ve hidroelektrik enerji santralleriyle yapılmaktadır.

Kombine çevrim güç santrallerinde doğal gaz, ham petrol, motorin, akaryakıt, tüm likit yakıtlar ve hidrojenle gazlaştırılıp metana dönüştürülen kömür yakıt olarak kullanılabilir. Kombine çevrim güç santrallerinde doğal gaz, ham petrol, motorin, akaryakıt, tüm likit yakıtlar ve hidrojenle gazlaştırılıp metana dönüştürülen kömür yakıt olarak kullanılabilir.

Bu çalışmada temiz enerji fikrine uygun olması ve aşağıda bahsedilen özellikleri nedeni ile, EGKÇ santralinin kombine çevrim güç santrali kısmında yakıt olarak doğal gaz kullanıldığı kabul edilmiştir.

- Zehirli olmayan bir gazdır.
- Temiz bir yakıt olması santralin bakım ve işletimi açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. Akaryakıt ya da kömür yakılması durumunda, kazanların ısıtma yüzeyleri üzerinde biriken kül ve is katmanı, hem yüzeylerin paslanmasına hem de ısı geçişini engelleyerek kazanların verimliliğinin azalmasına yol açmaktadır.
- Yakılması için ön hazırlık ve depolama gerekmemektedir. Bu tür işlemler santralin maliyetini artırmaktadır. Ancak akaryakıt ve kömürün depolanması gerekmektedir. Santralde kullanılan doğal gaz doğrudan gaz türbinine alınmaktadır.
- Fuel-oil ve kömür ile kıyaslandığında termik verimliliği daha yüksektir.
- DGKÇ santralindeki emisyon gazlarının üretimini azaltmak mümkündür. Bunun için düşük NOx üreten yakıcılar kullanılmaktadır.

Kombine çevrim güç santralinde gerekli olan doğal gazın Karapınar ilçesine ulaşımı için Doğu Anadolu Doğal Gaz İletim Hattı’ndan faydalanılabilir. Şekil 4.14’de Türkiye doğal gaz ve petrol boru hatları haritası verilmektedir.



Şekil 4.14: Türkiye doğal gaz ve petrol boru hatları haritası [82].

Şekil 4.14’de kırmızı renkli olan iletim hatları tamamlanmış doğal gaz boru hatlarını, yeşil renkli olan iletim hatları ise tamamlanmış petrol boru hatlarını temsil etmektedir.

Konya ili Karapınar ilçesine doğal gaz ulaşımını sağlayan Doğu Anadolu Doğal Gaz İletim Hattı'nda doğal gaz, İran'dan temin edilmektedir. Doğal gaz hat boyunca Doğu Beyazıt, Erzurum, Sivas, Kayseri üzerinden ayrılan hatla Konya Seydişehir ilçesine ulaşmaktadır. Bu hat ile Karapınar ilçesinde ihtiyaç duyulacak doğal gaz herhangi bir problemle karşılaşılmeden temin edilebilecektir. Bu hat, 10 Aralık 2001 yılında devreye alınmış ve İran ile 25 yıllık bir anlaşma imzalanmıştır. Hattın kapasitesi ise 10 milyar m³'dür [82].

4.5 Entegre Güneş Kombine Çevrim Santralinin Kapasitesinin Belirlenmesi

Bir EGKÇ santralının kapasitesi iki farklı bölümde değerlendirilmektedir. Bunlar; POTGE santrali ve DGKÇ santralidir.

Bu çalışmada POTGE sisteminin kapasitesi 50 MW olarak alınmıştır. Bunun nedeni Konya ili için, güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi bağlanabilir kapasite değerinin, maksimum 92 MW olması ve Dünya'da referans olarak yararlanılabilecek kurulu, planlanan ve proje halindeki POTGE sistemlerinin büyük çoğunluğunun 50 MW kapasiteye sahip olmasıdır.

DGKÇ santralının kapasitesinin belirlenmesinde Türkiye'deki santraller göz önüne alınmıştır. Çizelge 4.16'da Türkiye'de kurulu DGKÇ santralleri verilmektedir.

Çizelge 4.16: Türkiye'deki doğal gaz kombine çevrim santralleri [83].

Kapasite (MW)	İsim	Bulunduğu İl
1554	Gebze DGKÇ Santrali	Kocaeli
1532	Adapazarı DGKÇ	Sakarya
1400	Bursa DGKÇ Santrali	Bursa
1350	Ambarlı DGKÇ	İstanbul
1200	Hamitabat DGKÇ	Kırklareli
1150	Antalya DGKÇ	Antalya
890	Şarköy DGKÇ Santrali	Tekirdağ
890	Samsun DGKÇ	Samsun
835	Eser DGKÇ Santrali	Kırıkkale
777	Adapazarı DGKÇ	Sakarya
770	Ankara DGKÇ Santrali	Ankara
500	Mardin DGKÇ Santrali	Mardin
440	Aydın DGKÇ Santrali	Aydın
117	Şanlıurfa DGKÇ	Şanlıurfa
115	Manisa DGKÇ Santrali	Manisa
115	Van DGKÇ Santrali	Van

Entegre güneş enerjisi santrali yatırımları için uygun olan bölgelerde kurulmuş DGKÇ santrallerine faydalı olabilmesi için, bu çalışmada, Türkiye'de işletme halinde olan bir DGKÇ santrali esas alınacaktır. Bu çerçevede, 440 MW kapasiteli Aydın DGKÇ santrali, bu çalışmaya esas olarak alınmıştır. Aydın DGKÇ santralinin tercih edilmesinin nedeni; öncelikle Konya iline olan yakınlığı, yüksek teknolojiye sahip bir DGKÇ santrali olması ve kapasite açısından da Konya ilinde kurulması planlanan Dervish santrali ile olan benzerliğidir. Ekonomik analiz için ise örnek olarak belirlenen EGKÇ santrali, 490 MW kapasitededir.

5. KANUNLAR AÇISINDAN ENTEGRE GÜNEŞ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALİ FİKRİ

Bu bölümde, Yenilenebilir Enerji Kanunu ve Yeni Teşvik Sistemi kapsamında, bir EGKÇ santrali fikri incelenmektedir.

5.1 Yenilenebilir Enerji Kanunu

Bu çalışmada, Yenilenebilir Enerji Kanunu'nun incelenmesinin amacı, YGE santrali için gerekli çalışmalar yapılırken mevzuat ve uygulanan teşvikler hakkında da bilgi sahibi olmaktır.

5.1.1 Yenilenebilir enerji kanununa ilişkin mevzuat

Ülkemiz elektrik piyasası mevzuatında, güneş enerjisi de dahil olmak üzere yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili yapılan hukuki düzenlemeler aşağıdaki gibidir;

- 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun,
- 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu,
- 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu,
- Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği,
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik,
- Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik,
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Aksamın Yurt İçinde İmalatı Hakkında Yönetmelik,
- Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesisleri Hakkında Yönetmelik,

- Rüzgar Ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularına İlişkin Ölçüm Standardı Tebliği.

Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik temel hukuki düzenlemeler, TBMM tarafından “Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretiminde kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğine katkıda bulunmak, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesi” amaçlarıyla 10/05/2005 tarihinde kabul edilen ve 18/05/2005 tarihli ve 25819 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun”da yer almaktadır [84].

5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynakları (YEK) Kanunu’nda tüm yenilenebilir kaynaklar için üst sınır olarak 5,5 Euro cent/kWh bedel üzerinden alım garantisi getirilmiştir. Rüzgar ve hidrolik kaynakların kullanımında sağlanan artışa rağmen, belirlenen teşvik fiyatı başta güneş enerjisi olmak üzere diğer yenilenebilir kaynaklar için yeterli olmadığından bu alanlarda beklenen gelişmeler de sağlanamamıştır. Bu nedenle söz konusu Kanunda değişikliğe gidilerek, 08/01/2011 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan 29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun” ile kaynak bazında teşvik mekanizması ve yerli ürün kullanımında ilave teşvikler başta olmak üzere önemli düzenlemeler getirilmiştir [84].

5.1.2 YEK kanunu çerçevesinde yenilenebilir enerji kaynaklarını destekleme mekanizması

YEK Destekleme Mekanizması; YEK Kanunu kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim faaliyeti gösterenlerin faydalanabileceği fiyat, süreler ve bunlara yapılacak ödemelere ilişkin usul ve esasları içeren destekleme mekanizmasıdır [84].

YEK Kanunu’nda yapılan değişiklikle, YEK Kanunu kapsamında uygulanacak YEK Destekleme Mekanizması’nın işleyişini düzenlemek amacıyla, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından çıkarılan “Yenilenebilir Enerji

Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik” 21/07/2011 tarihinde Resmi Gazetede yayımlanmıştır.

YEK Kanunu’nun 6’ncı maddesinin üçüncü fıkrasında yer alan, “YEK Destekleme Mekanizmasında öngörülen süreler; tesislerden işletmedekiler için işletmeye girdiği tarihten, henüz işletmeye girmemiş olanlar için işletmeye girecekleri tarihten itibaren başlar. YEK Destekleme Mekanizmasına tabi olanlar, uygulamaya dahil oldukları yıl içerisinde uygulamanın dışına çıkamaz” hükmü ile dördüncü fıkrasında yer alan “YEK Destekleme Mekanizmasına tabi olanların listesi ile bunlara ait tesislerin işletmeye giriş tarihlerine, yıllık elektrik enerjisi üretim kapasitelerine ve yıllık üretim programına ilişkin bilgiler, kaynak türlerine göre her yıl 30 Kasım tarihine kadar EPDK tarafından yayımlanır” hükmü gereği destekleme mekanizmasından yararlanmanın yıllık bazda olacağı ve ilgili kayıt ve duyuruların EPDK tarafından yerine getirileceği şeklinde bir düzenleme yapılmıştır.

5.1.3 Değişiklik sonrası YEK kanununda güneş enerjisine ilişkin hükümler ve uygulanacak teşvikler

YEK Kanunu’nun “YEK Destekleme Mekanizması” başlıklı 6’ncı maddesinin birinci fıkrasında yer alan düzenleme ile kaynak bazında teşvik mekanizması getirilerek, yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretim tesislerine verilen enerji alım garantisi desteğinin miktarı ve süreleri yeniden belirlenmiştir.

Söz konusu madde hükmünde, yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin teşvikler kaynak bazında belirlenerek, Çizelge 5.1’de yer alan teşvik fiyatlarının 18/5/2005 tarihinden 31/12/2015 tarihine kadar işletmeye girmiş veya girecek YEK Destekleme Mekanizması’na tabi üretim lisansı sahipleri için on yıl süre ile uygulanacağı düzenlenmiştir. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisleri için teşvik fiyatı 13,3 ABD Doları cent/kWh olarak belirlenmiştir. Ayrıca, söz konusu madde ile, arz güvenliği başta olmak üzere diğer gelişmeler doğrultusunda 31/12/2015 tarihinden sonra işletmeye girecek olan YEK Belgeli üretim tesisleri için bu Kanuna göre uygulanacak miktar, fiyat ve süreler ile kaynakların Çizelge 5.1’deki fiyatlarını geçmemek üzere, Bakanlar Kurulu tarafından belirleneceği düzenlenmiştir.

Çizelge 5.1: Yenilenebilir enerji kaynak çeşitlerine göre uygulanabilecek teşvik fiyatları [84].

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (ABD Doları cent/kWh)
Hidroelektrik üretim tesisi	7,3
Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3
Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5
Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil)	13,3
Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3

YEK Kanunu'nun 6'ncı maddesinin beşinci fıkrasında öngörülen ve güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerindeki aksamın sağlanması gereken standartlar ve denetimlerde uygulanacak test yöntemleri ile birlikte, bu tesislerde ve hibrit üretim tesislerinde üretilen elektrik enerjisi içerisindeki güneş enerjisine dayalı üretim miktarlarının denetimine ilişkin usul ve esasları içeren "Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesisleri Hakkında Yönetmelik", Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanarak 19 Haziran 2011 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Bu yönetmelikle, söz konusu görev Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğüne (kapatılmış olmasına karşın, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü altında faaliyet sürdürmektedir) verilmiştir.

31/12/2013 tarihine kadar güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin bağlanabileceği trafo merkezleri ve bağlantı kapasiteleri 600 MW'lık sınır dahilinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından ilan edilerek 11/08/2011 tarih ve 28022 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Bakanlık söz konusu duyuruda, Resmi Gazete'nin 4 Şubat 2012 tarihli sayısında yayımlanan ilan ile değişikliğe giderek, güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurulması için proje geliştirilmesi gereken alanlara ilişkin sınırlandırmayı kaldırmış, güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurmak için yapılacak lisans başvuruları kapsamında sunulacak olan standardına uygun ölçümlerde, 1650 kWh/m²-yıl olan yatay yüzeye gelen yıllık toplam güneş radyasyonu alt sınır değerini 1620 kWh/m²-yıl olarak revize etmiştir.

Ayrıca, 31/12/2015 tarihinden sonraki yıllara ait bağlantı kapasiteleri ve trafo merkezlerinin, ilki 01/04/2014 tarihinde olmak üzere, her yıl Bakanlık tarafından belirleneceği ve yayımlanacağı, 31/12/2013 tarihinden sonra iletim sistemine bağlanacak YEK Belgeli güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin toplam kurulu gücünün belirlemeye Bakanlar Kurulu'nun yetkili olduğu hükümleri ilgili maddede düzenlenmiştir.

YEK Kanununda yapılan değişlikle getirilen diğer bir önemli düzenleme de Kanunun 6/C maddesinin dördüncü fıkrasında ifade edilen “Güneş enerjisine dayalı lisans başvurularında standardına uygun ölçüm bulundurulmasının zorunlu olması” hükmüdür. Bu madde hükmü ile EPDK tarafından hazırlanan “Rüzgar Ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularına İlişkin Ölçüm Standardı Tebliği”, 22/02/2012 tarihli ve 28212 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır. EPDK’ya lisans başvurusunda bulunacak tüzel kişilere, bu Tebliğ kapsamında düzenlenen şartlara uygun olarak elde edilmiş en az altı ayı yerinde ölçüm yapılmış olmak kaydıyla asgari bir yıl süreli veri sunma zorunluluğu getirilmiştir. Rüzgar Ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularına İlişkin Ölçüm Standardı Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına İlişkin Tebliğ, 31 Mart 2012 tarihli ve 28250 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.

YEK Kanununun 6/C maddesinin dördüncü fıkrasında düzenlenen diğer önemli bir husus da “Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurulması için yapılan lisans başvurularında, tesis sahasının sahibinin lisans başvurusunda bulunması halinde, aynı sahaya başka başvuru yapılamayacak olması” hükmüdür. Aynı bölge ve/veya aynı trafo merkezi için birden fazla başvurunun bulunması halinde ise, başvurular arasından ilan edilen kapasite kadar sisteme bağlanacak olanı belirlemek için TEİAŞ Genel Müdürlüğü tarafından YEK Kanununda belirlenen süreler boyunca uygulanmak üzere, Çizelge 5.1’de öngörülen fiyatların eksiltilmesi usulü ile yarışma yapılacağı ve yapılacak yarışmaya ilişkin usul ve esasların TEİAŞ tarafından çıkarılacak yönetmelikte düzenleneceği hüküm altına alınmıştır.

5.1.4 Yerli ürün kullanımı

Kaynak bazında düzenlenen destekleme mekanizmasından sonra Kanun’daki değişlikle getirilen bir diğer önemli düzenleme, yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretim tesislerinde kullanılacak yerli makine ve ekipmanlar için ilave teşvik mekanizmasıdır.

YEK Kanunu'nun 6/B maddesinin birinci fıkrasında öngörülen "Lisans sahibi tüzel kişilerin 31/12/2015 tarihinden önce işletmeye giren üretim tesislerinde kullanılan mekanik ve/veya elektromekanik aksamın yurt içinde imal edilmiş olması halinde; Çizelge 5.1’de belirtilen fiyatlara, üretim tesisinin işletmeye giriş tarihinden itibaren

beş yıl süreyle; Çizelge 5.2’de belirtilen fiyatlar ilave edilir" hükmü ile gerekli teşvik mekanizması oluşturulmuştur.

Çizelge 5.2: Yerli üretim için uygulanabilecek teşvik fiyatları [84].

Tesis Tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı İlavesi (ABD Doları cent/kWh)
A- Hidroelektrik üretim tesisi	1- Türbin	1,3
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
B- Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Kanat	0,8
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
	3- Türbin kulesi	0,6
	4- Rotor ve nasel gruplarındaki mekanik aksamın tamamı (Kanat grubu ile jeneratör ve güç elektroniği için yapılan ödemeler hariç.)	1,3
C- Fotovoltaik güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	1- PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,8
	2- PV modülleri	1,3
	3- PV modülünü oluşturan hücreler	3,5
	4- İnvvertör	0,6
	5- PV modülü üzerine güneş ışınını odaklayan malzeme	0,5
D- Yoğunlaştırılmış güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Radyasyon toplama tüpü	2,4
	2- Yansıtıcı yüzey levhası	0,6
	3- Güneş takip sistemi	0,6
	4- Isı enerjisi depolama sisteminin mekanik aksamı	1,3
	5- Kulede güneş ışınını toplayarak buhar üretim sisteminin mekanik aksamı	2,4
	6- Stirling motoru	1,3
	7- Panel entegrasyonu ve güneş paneli yapısal mekaniği	0,6
E- Biyokütle enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Akışkan yataklı buhar kazanı	0,8
	2- Sıvı veya gaz yakıtlı buhar kazanı	0,4
	3- Gazlaştırma ve gaz temizleme grubu	0,6
	4- Buhar veya gaz türbini	2,0
	5- İçten yanmalı motor veya stirling motoru	0,9
	6- Jeneratör ve güç elektroniği	0,5
	7- Kojenerasyon sistemi	0,4
F- Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Buhar veya gaz türbini	1,3
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	0,7
	3- Buhar enjektörü veya vakum kompresörü	0,7

YEK Kanunu'nun 6/B maddesinin ikinci fıkrasında öngörülen ve Çizelge 5.2'de yer alan bu fiyatların belgelendirilmesi, denetlenmesi, yurt içinde imalatın kapsamının tanımı, standartları ve sertifikasyonu ile ilgili usul ve esasları içeren “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Aksamın Yurt İçinde İmalatı Hakkında Yönetmelik” Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanarak 19 Haziran 2011’de Resmi Gazete’de yayımlanmıştır. Söz konusu yönetmelikle yerli ürün kullanımının belgelendirilmesi ve denetlenmesi görevi Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’na verilmiştir.

YEK Kanunu'nun 6/B maddesinin üçüncü fıkrasında öngörülen 31/12/2015 tarihinden sonra işletmeye girecek olan YEK Belgeli üretim tesisleri için yerli katkı ilavesine ilişkin usul ve esaslar, Bakanlığın teklifi üzerine Bakanlar Kurulu tarafından belirlenerek ilan edilmektedir.

YEK Belgeli üretim tesisleri için uygulanabilecek maksimum teşvik fiyatı Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.3: Uygulanabilecek maksimum teşvik fiyatı.

Kaynak Türü	Maksimum Teşvik Fiyatı (ABD cent/kWh)
Fotovoltaik	20
YGE Sistemleri	22,5

5.1.5 Güneş enerjisine dayalı lisans başvurularına ilişkin ölçüm standardı tebliği

Bu Tebliğ, güneş enerjisine dayalı üretim tesisi kurmak amacıyla yapılan lisans başvurularında, kaynak bazında standardına uygun ölçüm yapılmasına ilişkin usul ve esasları kapsamaktadır.

Güneş ölçümlerine ilişkin hükümler kısmının onuncu maddesinin birinci fıkrasında güneş enerjisine dayalı üretim tesisi kurmak üzere lisans başvurusunda bulunan tüzel kişiler tarafından, tesisin kurulacağı saha üzerinde, bu Tebliğ kapsamında düzenlenen şartlara uygun olarak elde edilmiş en az altı ayı yerinde ölçüm yapılmış olmak kaydıyla asgari bir yıl süreli veri sunulması zorunlu olduğu belirtilmiştir. Lisans başvurusu esnasında Güneş Ölçüm İstasyonu Kurulum Raporu ve Güneş Ölçüm Sonuç Raporu'nun kuruma sunulması gerekmektedir. Çizelge 5.4'de güneş ölçüm istasyonu kurulum raporu formatı verilmektedir.

Çizelge 5.4: Güneş ölçüm istasyonu kurulum raporu formatı [84].

Başvuru sahibi tüzel kişi			
İstasyonun yeri	İli		
	İlçesi		
	Mevkii		
UTM Koordinatı (6 derece –ED 50 Datum)	E	N	
	XX XX XX	YY YY YYY	
Pafta adı			
İstasyonun kurulum tarihi			
İstasyonda kullanılan cihazlar			
Cihaz	Üretici firma	Tipi	Seri no
Piranmetre			
Güneşlenme süresi sensörü			
Anemometre			
Bağıl Nem Sensörü			
Sıcaklık Sensörü			
Ölçüm kayıt cihazı			

Çizelge 5.5'de Güneş ölçüm sonuç raporu formatı verilmektedir.

Çizelge 5.5: Güneş ölçüm sonuç raporu formatı [84].

Başvuru sahibi tüzel kişi		
Ölçüme başlama tarihi		
Ölçüm bitiş tarihi		
Ölçüm İstasyonu UTM Koordinatı (6 derece –ED 50 Datum)	E	N
	XX XX XX	YY YY YYY
YATAY YÜZEYE GELEN TOPLAM (GLOBAL) GÜNEŞ İŞİNİMİ (kWh/m²)		
....	
GÜNEŞLENME SÜRESİ (SAAT)	
....	
SICAKLIK (°C)	
....	

Güneş ölçümlerine ilişkin hükümler kısmının onuncu maddesinin ikinci fıkrasında ise ölçüm yapılacak sahada bu Tebliğde belirtilen ölçüm istasyonunun kurulması için gerekli olan, sahaya ilişkin izinlerin alınması ilgili tüzel kişinin sorumluluğunda olduğu belirtilmektedir.

Güneş ölçümlerinin sahayı temsil etmesi kısmının onbirinci maddesinin birinci fıkrasına göre ölçüm istasyonu, güneş enerjisine dayalı üretim tesisinin kurulacağı lisans başvurusu yapılan santral sahası alanında yer almalı ve aynı sahaya birden fazla ölçüm istasyonu kurulmasının talep edilmesi durumunda, ölçüm istasyonlarının

birbirini etkilememesi yönündeki düzenleme Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından yapılması gerektiği belirtilmektedir.

Güneş ölçümlerine başlama kısmının onikinci maddesinin birinci fıkrasına göre Güneş Ölçüm İstasyonu Kurulum Raporu'nu onaylama yetkisi, yerinde inceleme yapılması kaydıyla MGM'de olup raporun onaylandığı tarih güneş ölçümüne başlama tarihi olarak kabul edilmektedir. Burada güneş ölçümü, güneş radyasyonu ve güneşlenme süresi ölçümünü ifade etmektedir.

Güneş enerjisi ölçümleri kısmının onüçüncü maddesinin birinci fıkrasına göre güneş enerjisine dayalı lisans başvurularında aşağıdaki esaslar doğrultusunda ölçüm verileri bulundurulmalıdır:

- a) Lisans başvurusu kapsamındaki tesisin kurulacağı alandaki güneş ölçüm istasyonunda TS ISO 9060 veya ISO 9060 standardına uygun güneş radyasyon ölçüm sensörü (piranometre) ve güneşlenme süresi sensörü kullanılmalıdır. Ayrıca ölçüm istasyonunda sıcaklık sensörü, bağıl nem sensörü, rüzgâr hızı ve rüzgar yönü sensörü ile ölçüm kayıt cihazı bulunmalıdır.
- b) 2 ile 5 metre arasında bir yükseklikte kurulan piranometre ile yer yüzünün yatay düzlemindeki bir metrekaresine gelen toplam güneş radyasyonu ölçülmekte ve dakikalık veya on dakikalık bazda kayıt edilmektedir.
- c) 2 ile 5 metre arasında bir yükseklikte kurulan güneşlenme süresi sensörü ile dakikalık olarak yapılan ölçümlerden saatlik toplamlar kaydedilmektedir.
- d) Ölçüm istasyonunda kullanılan güneş ölçüm sensörlerinin TS ISO 9060 veya ISO 9060 standardına uygunluk belgesi, güncel kalibrasyon sertifikası ve benzeri belgelere sahip olması gerekmektedir.

Güneş enerjisi ölçümleri kısmının onüçüncü maddesinin ikinci fıkrasında yapılan ölçümlerin, ölçüm verileri üzerinde değişikliğe sebep olacak herhangi bir müdahale olmaksızın çevrimiçi olarak MGM'ye iletilmesi gerektiği belirtilmektedir. Veri iletimi ise günün belli bir saatinde veri kayıt cihazı tarafından MGM'nin belirleyeceği e-posta adresine veya terminale otomatik olarak gönderilecektir.

Güneş enerjisi ölçümleri kısmının onüçüncü maddesinin üçüncü fıkrasında ise kayıt edilen tüm ölçüm verileri, belli zaman aralıklarında veya ölçüm süresinin sonunda,

verileri değiştirecek herhangi bir müdahale olmaksızın orijinal olarak MGM'ye elektronik ortamda sunulması gerekmektedir.

Güneş lm süresi kısmının ondördüncü maddesinin birinci fıkrasına göre güneş ölçüm istasyonunda, en az altı ayı yerinde ölçüm yapılmış olmak kaydıyla asgari bir yıl süreli veri sunulmasının zorunluluğu belirtilmektedir.

Güneş lm süresi kısmının ondördüncü maddesinin ikinci fıkrasında da yerinde yapılan en az altı aylık ölçüm süresi içerisinde, işletme ve/veya bakım veya sair nedenlerle veri kaybı %20'den daha fazla olamayacağı belirtilmektedir. Veri kaybının %20'ye kadar olduğu durumlarda kayıp veriler, mevcut veriler veya faaliyet alanını temsil edebilecek MGM tarafından belirlenecek bir veya birkaç meteoroloji istasyonu verilerinden faydalanılarak istatistiksel veri tamamlama yöntemlerinden birisi (enterpolasyon ve benzeri) kullanılarak elde edilmektedir.

Güneş lm süresi kısmının ondördüncü maddesinin üçüncü fıkrasında ise ölçüm verilerinden anormal olduğu değerlendirilen veriler için, %20'lik kayıp veri sınırının içinde kalmak kaydıyla, istatistiksel veri tamamlama yöntemlerinden birisi (enterpolasyon ve benzeri) kullanılabileceği belirtilmektedir.

5.2 Yeni Teşvik Sistemi

Yeni Teşvik Sistemi, yatırımların artması ve ekonomik durgunluğun önlenmesi amacıyla hazırlanan bir teşvik paketidir. Bu alışmada, EGK santrallerinin Yeni Teşvik Sistemi'nin hangi bölümlerinden yararlanılabileceği üzerinde durulacaktır.

5.2.1 Yeni teşvik sistemi kapsamında bir entegre güneş kombine çevrim santrali için yararlanılabilecek teşvik unsurları

Yenilenebilir Enerji Kanunu'na ek olarak Yeni Teşvik Sistemi kapsamında da yararlanılabilecek teşvik unsurları bulunmaktadır. Türkiye'de yatırımlara sağlanan kamu destekleri, Yatırımlarda Devlet Yardımı Genel erevesi şeklinde 05.04.2012 tarihi itibariyle Ekonomi Bakanlığı tarafından sunulan yeni teşvik paketi ile yeniden düzenlenmiştir.

Yeni Teşvik Sistemi,

- Genel Teşvik Uygulamaları,
- Bölgesel Teşvik Uygulamaları,

- Büyük Ölçekli Yatırımların Teşviki,
- Stratejik Yatırımların Teşviki,

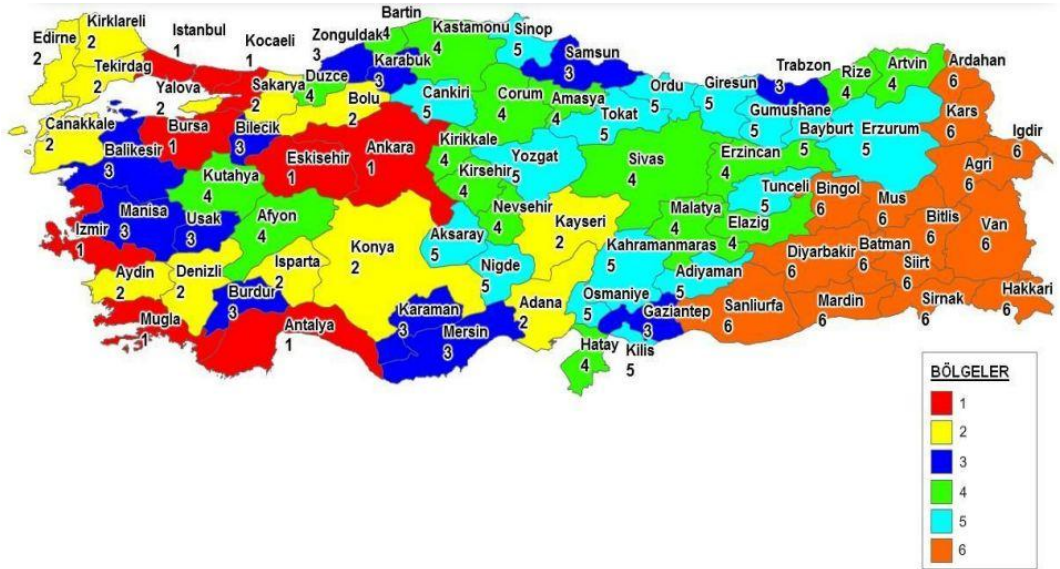
şeklinde dört ana bölümden oluşmaktadır [85].

5.2.1.1 Genel teşvik uygulamaları

Genel teşvik uygulamalarında, bölge ayrımı yapılmaksızın, teşvik edilmeyecek yatırım konuları ile diğer teşvik uygulamaları kapsamında yer almayan ve belirlenen asgari sabit yatırım tutarı şartını sağlayan yatırımlar için KDV istisnası ve gümrük muafiyeti destekleri ile desteklenmektedir. EGKÇ santralleri asgari yatırım şartını sağlaması durumunda genel teşvik uygulamalarından yararlanabilmektedir.

5.2.1.2 Bölgesel teşvik uygulamaları

Bölgesel teşvik uygulamalarında, yeni bir bölgesel harita-il bazlı teşvik sistemine geçilmekte olup Türkiye sosyo-ekonomik gelişmişlik durumuna göre 6 bölgeye ayrılmaktadır. Şekil 5.1’de Yeni Teşvik Sistemi Bölgeler Haritası verilmektedir.



Şekil 5.1: Yeni teşvik sistemi bölgeler haritası [85].

Bölgesel teşvik uygulamaları kapsamında KDV istisnası, gümrük vergisi muafiyeti, vergi indirimi, sigorta primi işveren hissesi desteği, yatırım yeri tahsisi, faiz desteği, gelir vergisi stopajı desteği ve sigorta primi işçi hissesi desteği gibi destek unsurlarında teşvikler uygulanmaktadır. EGKÇ santralleri kurulacağı bölgenin teşvik oranlarına göre gerekli desteği almaktadır.

5.2.1.3 Büyük ölçekli yatırımların teşviki

Büyük ölçekli yatırımların teşviki kapsamında, teknoloji ve Ar-Ge kapasitesini arttıracak ve uluslararası alanda rekabet üstünlüğü sağlayacak büyük ölçekli yatırımlar; KDV istisnası, gümrük vergisi muafiyeti, vergi indirimi, sigorta primi işveren hissesi desteği, yatırım yeri tahsisi gibi teşvik unsurları ile desteklenmektedirler. Ekonomi Bakanlığı'nın büyük ölçekli yatırımların teşviki kapsamında belirlediği yatırım konuları; kimyasal madde ve ürünlerin imalatı, rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı, transit boru hattıyla taşımacılık hizmetleri yatırımları, motorlu kara taşıtları ana ve yan sanayi yatırımları, demiryolu ve tramvay lokomotifleri ve/veya vagon imalatı yatırımları, liman ve liman hizmetleri yatırımları, elektronik sanayi yatırımları, tıbbi alet, hassas ve optik aletler imalatı yatırımları, ilaç üretimi yatırımları, hava ve uzay taşıtları ve/veya parçaları imalatı yatırımları, makine (elektrikli makine ve cihazlar dahil) imalatı yatırımları ve metal üretimine yönelik yatırımlardır. Büyük ölçekli yatırımların teşviki kapsamında yararlanılabilen bu konular arasında EGKÇ santraline veya yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin bir teşvik uygulanmamaktadır.

5.2.1.4 Stratejik yatırımların teşviki

Stratejik yatırım konuları, %50'den fazlası ithalatla karşılanan ara malları veya ürünlerin üretimine yönelik yatırımlar olarak tanımlanmıştır. Bu kapsamda sistem elemanlarının büyük çoğunluğu ithal edilen YGE sistemi için gerçekleştirilecek yerli üretim ile bu teşvik paketinden yararlanılabilmektedir.

Stratejik yatırımların teşviki ile cari açığın azaltılması amaçlanarak ithalat bağımlılığı yüksek ara malları ve ürünlerin üretimine yönelik, uluslararası rekabet gücünü artırma potansiyeline sahip, yüksek teknolojili ve yüksek katma değerli yatırımları teşvik etmek amaçlanmıştır.

Stratejik yatırımları değerlendirme kriterleri ise;

- İthalat bağımlılığı yüksek ara malı veya ürünlerin üretimine yönelik yatırımlar,
- Asgari yatırım tutarı 50 milyon TL olan yatırımlar,
- %50'den fazlası ithalatla karşılanan yatırımlar,
- Asgari %40 katma değer üreten yatırımlar,

- Üretilecek ürünle ilgili toplam ithalat değeri son 1 yıl itibariyle en az 50 milyon USD olan (yurt içi üretimi olmayan mallarda bu şart aranmayacaktır) yatırımlardır [85].

6. KONYA İLİ VE KARAPINAR İLÇESİ İÇİN GZFT ANALİZİ

GZFT analizinde, Konya ili ve Karapınar ilçesinde gerçekleştirilecek yenilenebilir enerji yatırımları için bölgenin güçlü ve zayıf yönleri, bölge için fırsat ve tehdit yaratan koşullar irdelenmektedir. Ayrıca bölgenin enerji açısından mevcut ve gelecek durumu tespit edilmektedir. Bu yüzden uygun yatırım alanlarının belirlenmesinde GZFT analizi önemli bir adımdır.

6.1 Güçlü Yönler

Ön plana çıkartılacak ve korunacak içsel unsurlar, Konya ili ve Karapınar ilçesi özelinde belirtilmektedir. Bunlar;

- Konya ili, coğrafi konum itibariyle Akdeniz Bölgesi'ni İç Anadolu'ya ve Ege Bölgesi'ni Doğu ve Güneydoğu bölgelerine bağlayan yollar üzerinde kurulu olması ve Ankara, Adana, Kayseri, Mersin ve Antalya gibi gelişmiş illere yakınlığı nedeniyle kuruluş yeri faktörü açısından merkez durumunda olması,
- Konya ilinin konumu itibariyle güneye yakın olmasından dolayı, güneşlenme süresi ve global radyasyon değerinin yüksek olması ve Karapınar bölgesinin güneş enerjisi potansiyeli açısından Türkiye'nin en verimli 5 bölgesinden biri olarak kabul edilmesi,
- Yenilenen yenilenebilir enerji kanunuyla, güneş enerjisi santrali kurulumu için gerekli teşviklerin uygulanacak olması,
- Yeni teşvik sistemi kapsamında 2. Bölge'de yer alan Konya ili, EGKÇ santrali kapsamında Genel Teşvik Uygulamaları, Bölgesel Teşvik Uygulamaları ve Stratejik Yatırımların Teşviki uygulamalarından yararlanabilecek olması,
- Konya ilinde yer altı kaynaklarının (alüminyum, magnezit, linyit, kömür, kil, çimento hammaddeleri, kurşun, çinko, barit) varlığı ve gerektiğinde ham madde olarak kullanılabilir olması,
- Deprem riski en az illerden birisi olması,

- Konya ilinin güneşten elektrik üretimi yatırımları için, lisans verilebilecek 27 bölge arasında 92 MW'lık kapasite ile en büyük paya sahip olması,
- Güneş enerjisi santrali kurulabilecek önemli potansiyele sahip ve ileride gelişim gösterecek alanların çokluğu, özellikle Karapınar bölgesinin geniş (yaklaşık 60 milyon m²) ve tarıma elverişsiz arazi stoğuna sahip olması,
- Karapınar bölgesinin güneş enerjisi santrali kurulumu için gerekli olan şartları sağlıyor olması,
- EGKÇ santralinde kombine çevrim güç santralının ihtiyacı olan doğal gaz ulaşımındaki kolaylık,
- Bölgenin dış ticarete deneyimli olmasından dolayı gerek duyulacak sistem elemanlarının ithalatında kolaylık ,
- Bölgenin güçlü sanayiye sahip olması ve organize sanayi bölgesinin varlığı,
- Gerekli olabilecek Ar-Ge çalışmaları için, Konya ilinde 5 üniversite ve teknokentin var olması,
- Çalışma çağındaki genç nüfusun, nüfusun önemli bir bölümünü oluşturmasından dolayı personel istihdamında problem yaşanmayacak olmasıdır.

6.2 Zayıf Yönler

Mevcut yapı içerisinde ve içsel unsurlar altında yer alan zayıf yanlar, tedbir alınması, geliştirilmesi ve giderilmesi gereken özellikler, Konya ili ve Karapınar ilçesi özelinde belirtilmektedir. Bunlar;

- Bölgenin toplam enerji ihtiyacı göz önüne alındığında mevcut hidroelektrik ve termik enerji santrallerin yetersiz kalması,
- Bölgede yatırımcıları teşvik edecek büyük ölçekli örnek bir güneş enerji santralinin olmaması,
- Bölgede alternatif enerji kaynaklarından (güneş, jeotermal, rüzgar) yeteri kadar faydalanılamaması,
- Konya ilinde doğal gaz ve petrol gibi fosil yakıt rezervlerinin olmaması,

- Kombine çevrim güç santralinde kullanılacak olan doğal gazın ithal edilecek olması ve buna bağlı olarak meydana gelen enerjide dışa bağımlılık,
- Ar-Ge çalışmaları için gerekli yüksek vasıflı personel temininde zorluk,
- Konya ili sanayi envanterinin olmamasından dolayı sanayide nelerin olduğu ve nelerin olmasının gerektiğinin tespit edilmesinde zorluk,
- Bölgesel farkındalığı arttırmak için bölgede fuar, sempozyum gibi organizasyonların düzenlenmesinde eksiklikler,
- Konya ilinde ihtisas organize sanayi bölgesinin bulunmamasıdır.

6.3 Fırsatlar

Mevcut yapının gelişmesi için fırsat yaratan unsurlar, Konya ili ve Karapınar ilçesi özelinde belirtilmektedir. Bunlar;

- Bölgede enerji ihtiyacının artmasından dolayı alternatif enerji üretimi sağlayacak tesislere ihtiyacın artması,
- Yenilenen yenilenebilir enerji kanunu ve yeni teşvik sistemi ile enerji sektöründe yapılacak yatırımların artması,
- Gelişen teknolojiyle birlikte sistem parçalarının maliyetinin düşme eğiliminde olması,
- Güneş enerjisine dayalı elektrik üretimi tesislerinin 600 MW olarak belirlenen kapasitesinin, Türkiye'nin Stratejik Vizyonu 2023 Projesi kapsamında 3000 MW kapasitesine ulaşmasının beklenmesi,
- Bölgede mevcut ve planlanmakta olan kapasitelere bağlı olarak büyük ölçekli güneş enerjisi santrali yatırımlarının bekleniyor olması,
- Karapınar bölgesinin yüksek kapasitelerde güneş enerjisi santrali kurulumu için uygun arazi stoğuna sahip olması,
- Yenilenen yenilenebilir enerji kanunuyla ayna, soğurucu boru ve taşıyıcı yapı gibi sistem elemanları üretimi gerçekleştirecek yan sanayinin bölgede oluşturulacak olması,

- Güneş enerjisi ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını bölgede kaynak çeşitliliği sağlayarak enerji talebine yanıt verebilecek olması,
- Bakanlar Kurulu Kararı ile Karapınar ilçesinde Enerji İhtisas Endüstri Bölgesi kurulmasına karar verilmesi ve bölgede gerçekleştirilecek yatırımların artacak olması,
- Bölgede santral kurulumu sırasında ihtiyaç duyulacak personel ile birlikte mevcut işsizlik oranının azalacak olması,
- Konya Ovası Projesi kapsamında yeni hidroelektrik santrallerin kurulacak olması,
- Bilim ve bölgesel inovasyon merkezinin kurulacak olmasıdır.

6.4 Tehditler

Mevcut yapının gelişmesi için önündeki engeller ve zarar verici faktörleri kapsayan tehdit unsurlar, Konya ili ve Karapınar ilçesi özelinde belirtilmektedir. Bunlar;

- Kurulacak EGKÇ santralının yüksek ilk yatırım maliyeti,
- Güneş enerjisi santrali kurulumu sırasında, sanayi kuruluşlarından gerekli yerli ürün desteği alınamaması durumunda ihtiyaç duyulacak sistem parçalarının ithal edilerek dışa bağımlı hale gelmesi,
- Kombine çevrim güç santralinde gerekli olan yakıt temininde dışa bağımlı olunmasından dolayı, yakıtın ithal edildiği ülke ile yaşanabilecek siyasi sorunların ülkeler arasındaki ticareti etkileyebilecek olması,
- Yerel mühendislik firmalarının teknik kapasitesi,
- DGKÇ santralının oluşturabileceği çevresel etkilerdir.

7. BİR ENTEGRE GÜNEŞ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALİ EKONOMİK ANALİZİ

Bir EGKÇ santralinin ekonomik analizinde öncelikle, YGE ve DGKÇ sistemlerinin ekonomik analizleri, sistemlerde üretilen elektriğin birim fiyatının farklı tarifelere tabi tutulmasından dolayı, ayrı olarak yapılmaktadır. YGE sisteminin katkısıyla üretilecek olan elektrik enerjisi, Yenilenebilir Enerji Kanunu kapsamındaki tarife ile değerlendirilmektedir. Son olarak, santralin genel ekonomik analizine yer verilmektedir.

7.1 Bir Parabolik Oluk Tipi Güneş Enerji Sisteminin Ekonomik Analizi

Ekonomik analizde, öncelikle 50 MW kapasiteli bir POTGE sisteminde ihtiyaç olunan ham madde miktarının belirlenmesi gerekmektedir. Çizelge 7.1'de 50 MW kapasiteli bir POTGE santrali için gerekli ham madde miktarları verilmektedir.

Çizelge 7.1: 50 MW kapasiteli POTGE santrali için gerekli ham madde miktarı [70].

Parabolik Oluk Tipi Güneş Enerji Sistemi (50MW)	
Malzeme	Miktar (ton)
Çelik	10000 - 15000
Beton	10000
Cam	6000
İzolasyon Malzemesi	1000
Isı Transfer Akışkanı	650
Bakır	300

50 MW kapasiteli bir POTGE sisteminin kurulumu için 0,5 km²'lik bir araziye ihtiyaç duyulmaktadır [10,70].

Bir POTGE sistemindeki temel malzemelerin birim fiyat analizi, Çizelge 7.2'de verilmektedir.

Çizelge 7.2: POTGE santralinde kullanılan temel malzemelerin birim fiyatı [70].

Sistem Bileşeni	Birim Fiyatı
Parabolik Ayna	25-40 € /m ²
Alıcı	200-250 € /m
Taşıyıcı Yapı	45-60 € /m ² 2-2,50 € /kg
Isı Transfer Akışkanı	3-7 € /l

Yenilenebilir Enerji Kanunu'da belirtildiği gibi, sistem parçalarının yerli üretimi ile elde edilebilecek ek teşvik miktarından yararlanabilmek için yapılması gereken tesis yatırımları Çizelge 7.3'de verilmektedir.

Çizelge 7.3: Sistem bileşenlerinin üretimi için yapılması gereken yatırım miktarı [70].

Sistem Bileşeni	Yatırımın Karşılatabileceği Yıllık Kapasite Miktarı (MW)	Üretim Tesisinde Çalışacak Personel Sayısı	Üretim Tesisi Yatırım Maliyeti (milyon TL)
Soğurucu Boru	50	35	13,7
Parabolik Ayna	50-100	75	17,1
Yapısal Mekanik ve Takip Sistemi	50-65	25	8

Bu yatırımlar sonucunda bir POTGE santralinde üretilen elektriğe, devlet tarafından uygulanacak ek tarife fiyatları Çizelge 7.4'de belirtilmektedir.

Çizelge 7.4: POTGE sistemine uygulanabilecek ek teşvik fiyatları.

Parabolik Oluk Tipi Güneş Enerji Sistemi	
Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı İlavesi (ABD Doları cent/kWh)
Radyasyon toplama tüpü	2,4
Yansıtıcı yüzey levhası	0,6
Güneş takip sistemi	0,6
Panel entegrasyonu ve güneş paneli yapısal mekaniği	0,6
Toplam:	4,2

Uygulanacak ek teşvik fiyatı ile birlikte, bir POTGE santralinde üretilecek elektriğe uygulanacak tarife fiyatı Çizelge 7.5'de verilmektedir.

Çizelge 7.5: POTGE sisteminden üretilecek olan elektriğe devlet tarafından uygulanacak tarife fiyatı.

Tarife Tipi	Tarife Fiyatı (ABD Doları cent/kWh)
Taban Tarife	13,3
Ek Tarife	4,2
Toplam:	17,5

Santral kurulumu sırasında ihtiyaç duyulacak personel sayısı Çizelge 7.6'de verilmektedir.

Çizelge 7.6: Santral kurulumu sırasında çalışacak personel sayısı [70].

Çalışma Alanı	Çalışacak Personel Sayısı
İnşaat Çalışmaları	250-350/50MW
Tesis Kurulumu	100/50MW
Mühendis ve Proje Yöneticisi	30-40/50MW
Montaj	50-100/50MW
Parabolik Oluk Tipi Güneş Enerji Santrali	10/MW

Son olarak, Çizelge 7.5'de 50 MW kapasiteli bir POTGE sisteminin maliyet analizi verilmektedir.

Çizelge 7.7: POTGE sistemi maliyet analizi [70].

	Maliyet (Milyon TL)	Toplam Maliyet İçerisindeki Oranı (%)
İşçilik ve Arazi Maliyeti		
Güneş arazi alanı	2	0,35
Bölgenin ve altyapının hazırlanması	37,22	6,75
Çelik yapı inşaatı	15,98	2,9
Boru hattı kurulumu	11,19	2
Elektrik şebekesi kurulumu ve diğerleri	25,35	4,6
Toplam:	91,74	16,60
Güneş Alanı Sistem Bileşenleri		
Aynalar	40,65	7,3
Soğurucu borular	45,45	8,2
Çelik yapılar	68,52	12,3
Kollektör direkleri	6,85	1,2
Kollektör temel yapısı	13,7	2,5
Takip sistemi (Hidrolik ve elektrik motoru)	2,75	0,5
Döner mafsallar	4,57	0,8
Isı transfer akışkanı sistemi (Boru hattı, izolasyon, ısı değiştiriler, pompalar)	34,27	6,2
Isı transfer akışkanı	13,7	2,5
Elektronik ve kontrol ekipmanları	15,98	2,9
Toplam:	246,44	44,40
Santral Parçaları ve Sistemi (DGKÇ santralinin desteklenmesi sırasında sistemde oluşacak kapasite arttırımından doğan ek maliyetler)		
Güç bloğu	36,55	6,6
Santral destekleyici ekipmanlar	36,31	6,55
Şebeke bağlantısı	18,5	3,35
Toplam:	91,36	16,50
Diğerleri		
Proje geliştirme	18,5	3,3
Proje yönetimi	49,33	8,9
Finansman	38,37	7
Diğer harcamalar (ödenekler)	18,5	3,3
Toplam:	124,7	22,50
Toplam Maliyet:	554,24	

Çizelge 7.7'de belirtilen arazi maaliyeti hesabında, Karapınar ilçesi için 2012 yılı güncel arazi fiyatı (4000 TL/dönüm) alınmıştır [86]. Türkiye'de arazi fiyatlarının uygunluğu, santral maliyeti açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Aynı kapasitede İspanya'da kurulan bir santral için ödenen arsa ücreti yaklaşık 20 Milyon TL'dir. Santrali oluşturan diğer sistem parçalarının maliyetinde ise ülkemiz açısından çok büyük farklar oluşmamaktadır.

Yenilenebilir Enerji Kanunu çerçevesinde devletin uygulayabileceği maksimum teşvik fiyatından yararlanabilmek için soğurucu boru, ayna ve taşıyıcı yapıların üretileceği tesis maliyetlerinin santralin ilk yatırım maliyetine eklenmesi gerekmektedir. Bu çerçevede, Çizelge 7.3'deki tesis yatırımları için toplam maliyet 38,8 Milyon TL'dir. Toplam santral maliyeti ise;

$$554240000+38800000=593,04 \times 10^6 \text{ TL'dir.}$$

Bir POTGE sisteminde işletme ve bakım maliyeti ortalama olarak 17,98 TL/MWh'dır [88]. 50 MW kapasiteli bir POTGE santralinde, santral işletmesi için 30 ve bakımı için 10 personel gerekmektedir. Bu personel santralde; santral yönetim birimi, işletme ve kontrol birimi, güç bloğu için teknik denetim birimi ve güneş sahası için işletim ve bakım birimlerinde görev almaktadırlar [70].

Üretilecek yıllık toplam enerji miktarının hesaplanmasında, bir santralin yıl içinde fiilen yaptığı üretimin, santralin tam yükte (8760 saat) çalıştığında üretebileceği elektrik enerjisi miktarına oranını veren kapasite faktörü, önemli bir parametredir.

Kapasite faktörü bölgenin coğrafi özellikleri, güneş radyasyonu değeri ve iklim koşullarına göre 0,25–0,28 arasında değişmektedir. Karapınar bölgesi ile benzer iklim koşullarına ve güneş radyasyonu değerine sahip olan bölgelerde kurulan santrallerin kapasite faktörleri incelenerek, kapasite faktörü 0,25 olarak belirlenmiştir [88,89].

Kapasite faktörü 0,25 olan 50 MW kapasiteli bir santralde üretilecek yıllık toplam enerji miktarı;

(Santral kapasitesi×Kapasite faktörü×365 gün×24 saat/gün) ile hesaplanmaktadır. Bu durumda, böyle bir santralde üretilecek yıllık toplam enerji miktarı,

$$50 \text{ MW}_e \times 0,25 \times 365 \text{ gün} \times 24 \text{ saat/gün} = 109500 \text{ MWh} = 109500 \times 10^3 \text{ kWh'dir.}$$

YGE santraline devlet tarafından uygulanacak tarife fiyatı 0,175\$/kWh'dır. Dolayısıyla, bir YGE santralinden yıllık olarak elde edilen kazanç miktarı;

$109500 \times 10^3 \times 0,175 = 19162500\$ \approx 34454175 \text{ TL}$ 'dir (1 ABD Doları=1,798 TL olarak alınmıştır, 12.11.2012).

Santralin yıllık işletme ve bakım maliyeti, $109500 \text{ MWh} \times 17,98 \text{ TL/MWh} = 1968810 \text{ TL}$ 'dir.

7.2 Bir Doğal Gaz Kombine Çevrim (DGKÇ) Santralinin Ekonomik Analizi

440 MW kapasiteli bir DGKÇ santralinin tam yükte çalışması sırasında yıllık üretilebilecek elektrik miktarı, $440 \text{ MW}_e \times 365 \text{ gün} \times 24 \text{ saat/gün} = 3854400 \text{ MWh}$ 'dir.

440 MW kapasiteli bir DGKÇ santrali tarafından yılda fillen üretilen elektrik miktarı ise 3410000 MWh'dir [90]. Böyle bir santralin kapasite faktörü, 0,88 olarak alınmıştır. Santral kapasite faktörü, ABD Enerji Bakanlığı'nın ileri teknoloji DGKÇ santralleri için belirlediği 0,87-0,88 kapasite faktörü aralığındadır [74]. Bundan dolayı burada göz önüne alınan santral teknolojisi günümüz teknolojisine uygundur.

Santralin toplam maliyeti 616,68 Milyon TL'dir. Santral kurulumu için 241476 m²'lik bir alana ihtiyaç duyulmaktadır [90]. Aydın ilinde santralin kurulacağı Germencik ilçesi ile Karapınar ilçesi arasındaki arsa fiyatları karşılaştırıldığında maliyeti etkileyecek bir fark olmadığı görülmektedir. Bu yüzden burada, maliyet hesaplarında herhangi bir değişiklik yapmaya gerek duyulmamaktadır.

24 saat üretim yapılacak bu santralde, inşaat aşamasında 300 ve işletme aşamasında ise 40 çalışana ihtiyaç duyulacaktır [90]. Santralin yıllık işletim ve bakım maliyeti 6,85 Milyon TL'dir [91].

Santralin ekonomik kullanım süresi 30 yıl öngörülmesine rağmen ekonomik kullanım süresinin sonunda yapılacak yenileme ve modernizasyon çalışmaları ile ömrü 49 yıla ulaşabilmektedir.

Santralin yılda tüketeceği doğal gaz miktarı ise $560 \times 10^6 \text{ Sm}^3$ (77778 m³/sa) 'dür. 1 Sm³ doğalgaz, 15 °C ve 1,01325 bar mutlak basınçtaki 1 m³ doğal gaz hacmine eşittir [90,82].

Doğal gazın teknik olarak Doğu Anadolu Doğal Gaz İletim Hattı ile Konya iline ulaştırılabilmesi mümkün olduğu için LNG (sıvılaştırılmış doğal gaz) şeklinde temin edilmesine gerek yoktur.

Doğal gaz piyasasında toptan satış fiyatları 2008 yılından itibaren piyasaya BOTAŞ dışında diğer ithalatçı şirketlerinde girmesiyle taraflar arasında serbestçe belirlenmektedir. BOTAŞ tarafından Kasım 2012 için belirlenen kesintisiz serbest tüketici doğal gaz satış fiyatı 0,717783 TL/Sm³'dür [82]. Bu fiyata 0,0230 TL/Sm³'lük ÖTV ve %18'lik KDV eklendiğinde son doğal gaz satış fiyatı 0,869984 TL/Sm³ değerinde olmaktadır. BOTAŞ'a karşı yapılacak yıllık alım taahhüdü Çizelge 7.8'e göre belirlenmektedir.

Çizelge 7.8: Yıllık doğal gaz sözleşmesi miktarına bağlı olarak yıllık asgari alım taahhütleri [82].

Yıllık Sözleşme Miktarı (Sm ³)	Yıllık Asgari Alım Taahhüdü (%)
300.000 altı	50
300.001 - 5.000.000	50
5.000.001 - 15.000.000	50
15.000.001 - 50.000.000	60
50.000.001 - 100.000.000	70
100.000.001 - 300.000.000	80
300.000.001 ve üzeri	90

Santralin yıllık doğal gaz tüketim miktarı 560×10^6 Sm³ değerine göre Çizelge 7.8'den 300000001 ve üzeri sözleşme miktarına karşılık gelen %90 yıllık asgari alım taahhüdü oranı uygulanmaktadır. Taahhüt edilen oranda gaz alımı gerçekleştirilemediği durumlarda, alınmayan gaz miktarının bedeli ödenmek zorundadır. Bu şekilde yıllık doğal gaz alımı sözleşmesi yapılmasının amacı yıl içerisinde temin edilecek doğal gazın garanti altına alınmak istenmesidir [82].

Yıllık doğal gaz kullanım maliyeti,

$$560 \times 10^6 \text{ Sm}^3 \times 0,869984 \text{ TL/Sm}^3 = 487191040 \text{ TL' dir.}$$

Santralde üretilecek elektrik enerjisinin birim satış fiyatı Dengeleme Güç Piyasası Yönetim Sistemi (DGPYS) tarafından belirlenmektedir. DGPYS tarafından belirlenen 2012 yılı piyasa takas fiyatı ortalaması 160 TL/MWh'dir [92].

Takas fiyat ortalaması baz alınarak santralden elde edilecek yıllık kazanç miktarı,
 $3,41 \times 10^6 \text{ MWh} \times 160 \text{ TL/MWh} = 545,6 \times 10^6 \text{ TL}$ 'dir.

7.3 Santralin Genel Ekonomik Analizi

Bir EGKÇ santralının ekonomik analizi, santralin ilk yatırım maliyeti, genel giderler ve gelirler üzerinden değerlendirilmektedir. Santral ilk yatırım maliyeti; POTGE santrali maliyeti, yerli üretim için yardımcı tesislerin maliyeti ve DGKÇ santrali maliyeti toplamından ibarettir. Giderler; DGKÇ santralının yıllık doğal gaz tüketim maliyeti, EGKÇ santralının yıllık işletim ve bakım maliyetidir. Gelirler; EGKÇ santrali ile üretilen elektrik enerjisinden elde edilecek kazançtır.

Çizelge 7.9'de 490 MW kapasiteli bir EGKÇ santralının santral ilk yatırım maliyeti, doğal gaz kullanım maliyeti, santral işletme ve bakım maliyetleri ve elektrik üretiminden elde edilen gelir verilmektedir.

Çizelge 7.9: Entegre güneş kombine çevrim santralının yatırım, gelir ve giderlerine ait değerler.

Sistem	Yıllık Gider		Yıllık Gelir
	Santral İlk Yatırım Maliyeti (x1000 TL)	Doğal Gaz Kullanım Maliyeti (TL/yıl)	Elektrik Üretim Geliri (TL/yıl)
Parabolik Oluk Tipi Güneş Enerji Sistemi	593040	-	34454175
Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali	616680	487191040	545600000
Toplam:	1209720	487191040	580054175

Yıllık bazda net kazanç, santralin yıl içerisinde üretmiş olduğu elektrik enerjisinden kaynaklanan gelirden, santralin yıl içerisinde kullanmış olduğu doğal gaz ve işletme-bakım maliyetlerinin düşülmesi ile belirlenmektedir.

Yıllık bazda net kazanç, $580054175 - 496009850 = 84044325 \text{ TL/yıl}$ 'dir.

Santral yatırımının geri dönüş süresi, santral ilk yatırım maliyetinin yıllık bazda oluşan net kazanca oranıdır.

Santral yatırımının geri dönüş süresi;

$1.209.720.000/84.044.325=14,39$ yıl'dır.

Santralin ekonomik kullanım süresi (30 yıl) boyunca kazançta olduğu yıl süresi;

$30-14,39=15,61$ yıl'dır.

Santralin ekonomik kullanım süresi boyunca toplam net kazancı;

$84044325 \times 15,61=1311931913$ TL'dir.

Bir EGKÇ santralindeki POTGE sisteminin toplam net kazanç içindeki payı ise aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

Bir POTGE santralinin yıllık bazdaki net kazancı;

$34454175-1968810=32485365$ TL'dir.

Bir POTGE santralinin ekonomik kullanım süresi boyunca toplam kazancı;

$30 \times 32485365=974560950$ TL'dir.

Bir POTGE santralinin ekonomik kullanım süresi boyunca toplam net kazancı;

$974560950-593040000=381520950$ TL'dir.

Böylece bir POTGE santralinin, EGKÇ santrali net kazancı içindeki oranı 381520950 TL yada bir başka ifade ile net kazancın %29,08'idir.

Yukarıda yapılan hesaplamalarda yatırım için gerekli olan anaparanın teminin de, yatırımcının hiç bir borç yükü altına girmediği düşünülmüştür. Ancak anaparanın tamamının yatırımcı tarafından karşılanamadığı durumlarda farklı senaryolar ortaya çıkabilmektedir. Bu senaryolar,

- yatırım ortakları bulmak,
- düşük faizli ve santral ömrü boyunca, geri ödeme vadeli kredilerden yararlanmak olarak sayılabilir.

Yenilenebilir enerji yatırımları için, kredi kullanılması durumunda, örneğin Dünya Bankası yatırımcılara oldukça düşük faizli (%2-4) teşvik kredileri sunmaktadır.

Ayrıca Dünya Bankası'nın YGE sistemleri için hazırlamış olduğu finansal raporda 2020 yılına kadar YGE sistem parçaları üretim maliyetlerinin düşüş yaşayacağı ön görülmektedir. Bu bağlamda, POTGE sistemlerinde yansıtıcı yüzeylerin %18-22, soğurucu boruların %15-20, taşıyıcı yapı sisteminin %25-30 ve ısı transferi sisteminin de %15-25 oranları arasında maliyetlerinde bir düşüş yaşanması beklenmektedir [93]. Ancak bu çalışma kapsamında, sistem parçalarında yaşanabilecek muhtemel düşüşler göz önüne alınmamıştır. Muhtemel düşüşler göz önüne alındığında ise daha düşük santral ilk yatırım maliyetleri ortaya çıkmaktadır.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye'nin Stratejik Vizyonu 2023 Projesi hedeflerinde, elektrik enerjisi üretimine dayalı güneş enerjisi santrallerinin toplam kapasitesinin artması ve en büyük payın Konya iline verilmesi beklendiğinden, Konya iline yönelik yatırım planlarının artacağı öngörülebilir. Bu çalışma ile, Konya ili Karapınar ilçesi, bir EGKÇ santrali açısından en uygun bölge olarak belirlenmiştir.

Konya ili için önerilen bir EGKÇ santrali yatırımının geri dönüş süresi yaklaşık 14,5 yıl olarak hesaplanmıştır. Böyle bir santral için ekonomik kullanım süresinin 30 yıl olduğu düşünülürse, 14,5 yıl yatırım yapmak için oldukça uygun bir süredir. Bir EGKÇ santralindeki POTGE sisteminden elde edilen net kazanç, ekonomik kullanım süresi boyunca santralden elde edilen toplam net kazancın %29,08'ini oluşturmaktadır. Bu sonuç, DGKÇ santralleri ile YGE santrallerinin entegrasyonu önerisinin doğru bir yaklaşım olduğunu vurgulamaktadır.

Türkiye'de YGE santrali kurulumu için uygun olan bölgelerde bulunan DGKÇ santralleri, bu sistemlerde gerekli düzenlemeler yapılarak, bir EGKÇ santraline dönüştürme fikri, birçok açıdan fayda sağlayabilir. Aynı zamanda yeni yapılacak santraller için de, yüksek verimliliğe sahip böyle bir sistem önerilebilir.

EGKÇ santral yatırımları için kullanılacak olan teşvik kredilerine uygulanan düşük faiz oranları sayesinde, EGKÇ santrali yatırımlarının fosil yakıtlı santral yatırımlarına göre daha cazip olması beklenmektedir.

EGKÇ santralleri, bu çalışmada hesaba katılmamış olan, Kyoto Protokolü gereği artan karbon emisyonlarını kontrol altına almak için oluşturulan karbon kredisi değerinden de yararlanabilmektedirler. Elde edilecek olan karbon kredisi kazancı, EGKÇ santralleri için dolaylı yoldan bir kazanç kaynağı oluşturacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Url-1** <<http://www.eia.gov/>>, International energy statistics, alındığı tarih: 08.12.2012.
- [2] **Hammons, T.J.** (2003). Geothermal power generation worldwide, *Power Tech. Conference Proceedings,1*, 2003 IEEE Bologna, 23-26 Haziran.
- [3] **TMMOB-EMO** (2012). Enerji Verimliliği Raporu, EMO Yayınları, Ankara, Türkiye.
- [4] **Ayas, C., Can, O., Demirayak, F., Karaosmanoğlu, F., İş, G., Kumbaroğlu, G., Or, İ., Yenigün, O., Arıkan, Y.**, (2009). İklim Çözümleri: 2050 Türkiye Vizyonu, WWF-Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı) İstanbul, Türkiye.
- [5] **Varank, G., Varınca, K. B.** (2005). Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri, *Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi*, İçel, 24–25 Haziran.
- [6] **Garg, H. P., Prakash, J.** (2002). *Solar Energy: Fundamentals and Applications*. Tata McGraw-Hill Education, Delhi.
- [7] **Duffie J. A., Beckman W. A.** (2006). *Solar Engineering of Thermal Processes*. 3rd edition, John Wiley and Sons, New York.
- [8] **Emerging Energy Research, LLC.** (2010). Global Concentrated Solar Power Markets and Strategies: 2010–2025, Market Study Excerpt.
- [9] **Url-3** <<http://thefraserdomain.typepad.com>>, alındığı tarih: 03.04.2012.
- [10] **Url-4** <<http://www.nrel.gov>>, Concentrating Solar Power Projects, alındığı tarih: 04.11.2012.
- [11] **European Solar Thermal Electricity Association.** (2010). Roadmap: Solar Thermal Electricity 2025, Linear Fresnel Reflectors, Brussels, Belgium.
- [12] **Maricopa Solar Project.** (2011). Fundamentals of Renewable Energy, Dish Stirling Engine Concentrating Solar Power Station, Peoria, Arizona.
- [13] **Sierra Sun Tower.** (2009). eSolar, Our Projects: Sierra Sun Tower, California.
- [14] **National Renewable Energy Laboratory.** (2003). Sargent & Lundy LLC Consulting Group, Assessment of Parabolic Trough and Power Tower Solar Technology Cost and Performance Forecasts, Chicago, Ekim.
- [15] **German Aerospace Center.** (2005). Concentrating Solar Power for the Mediterranean Region, Stuttgart, Germany.

- [16] **Deutsche Gesellschaft Fur Sonnenenergie Gesellschaft Fur Sonnenenergie Dgs.** (2012). *Planning and Installing Photovoltaic Systems: A Guide for Installers, Architects and Engineers*, 2nd Edition, Berlin, Almanya.
- [17] **Sarnia Solar Project.** (2010). The United States' Largest Photovoltaic Plant Opens In Nevada, Nevada.
- [18] **Ventre, J. A., Messenger, R. A. A.** (2004). *Photovoltaic Systems Engineering*, 2nd Edition, Taylor & Francis Group, New York.
- [19] **European Photovoltaic Industry Association.** (2012). Global Market Outlook For Photovoltaic Until 2016, *European Photovoltaic Industry Association's Report*, Mayıs.
- [20] **Url-5** <<http://www.cres.com.tr>>, alındığı tarih: 07.08.2012.
- [21] **Url-6** <<http://enerjiinstitusu.com>>, alındığı tarih: 10.08.2012.
- [22] **Dersh, J., Geyer, M., Herrmann, U., Jones, S.A., Kelly, B., Kistner, R., Ortmanns, W., Paal, R. P., Price, H.** (2004). Trough integration into power plants a study on the performances and economy of integrated solar combined cycle systems. *Energy*, 29:5-6, 947-59.
- [23] **Hosseini, R., Soltani, M., Valizadeh, G.** (2004). Technical and economic assessment of the integrated solar combined cycle power plants in Iran. *Renewable Energy*, 30:10, 1541-55.
- [24] **Brakmann, G.** (2007). Integrated Solar Combined Cycle Power Plants in Egypt and Morocco, *Clean Energy Power Konferansı*, Berlin, 24-25 Ocak.
- [25] **Url-7** <<http://www.ge-energy.com>>, alındığı tarih: 15.06.2012
- [26] **Url-8** <<http://www.ocs.it>>, alındığı tarih: 17.06.2012
- [27] **Lee, B.** (2008). Chromalox Super Heater Meets Unprecedented Demands For Power And Durability, *News*, Pittsburgh, PA, 19 Aralık.
- [28] **Wade, K. C.** (1995). Steam Generator Degradation and Its Impact on Continued Operation of Pressurized Water Reactors in the United States, *Energy Information Administration, Electric Power Monthly*, Ağustos.
- [29] **Incropera, F. P., DeWitt, D. P.** (2002). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 5th edition, New York: John Wiley and Sons.
- [30] **Url-9** <<http://www.aalborgcsp.com>>, alındığı tarih: 07.07.2012.
- [31] **Jones, G. M., Sanks, R. L., Bosserman, B. E., Tchobanoglous, G.** (2008). *Pumping Station Design: Revised*, 3rd Edition, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK.
- [32] **Url-10** <<http://westank.com>>, alındığı tarih: 15.07.2012.
- [33] **Patnode, M. A.** (2006). *Simulation and Performance Evaluation of Parabolic Trough Solar Power Plants*, M.S. Thesis ,University of Wisconsin, Madison.
- [34] **Url-11** <<http://www.directindustry.com>>, alındığı tarih: 08.07.2012.
- [35] **Url-12** <<http://www.energy.siemens.com>>, alındığı tarih: 10.07.2012.
- [36] **Url-13** <<http://www.bronswerk.com>>, alındığı tarih: 14.07.2012.

- [37] **Koopman, S.** (2012). Steam Condensers for Thermal Power Plants-Market Size, Average Pricing and Key Regulations to 2020, *ASD Reports*, Amsterdam, 27 Temmuz.
- [38] **Flowserve.** (2012). Parabolic Trough-Power Tower, Pump, *Concentrated Solar Power Bulletin FPD*, Haziran.
- [39] **Elliott, T. C., Chen, C., Swanekamp, R.** (1997). *Standard Handbook of Powerplant Engineering*, 2nd Edition, McGraw-Hill Professional, Columbus, OH.
- [40] **Url-14** <<http://www.gucsanmakina.com.tr>>, alındığı tarih: 20.07.2012.
- [41] **Url-15** <<http://us.magnetrol.com>>, alındığı tarih: 22.07.2012.
- [42] **Url-16** <<http://www.fpl.com>>, **FPL Martin Next Generation Solar Energy Center**, Florida, USA, alındığı tarih: 22.07.2012.
- [43] **Dermott, M. M.** (2008). Largest Solar Thermal Power Plant Outside of California Begins Construction in Florida Online in 2010, *Treehugger*, 3 Aralık.
- [44] **Govindarajalu, C.** (2011). MENA Concentrated Solar Power Initiative, *Solar Energy For Science Symposium*, Hamburg, Germany, 20 Mayıs.
- [45] **Bazian, Y., Balze, P., Meziar S.** (2011). MENA PE: the next five years, *Insead-Pwc*, Abu Dhabi, Eylül.
- [46] **Derradji, B.** (2012). The Hassi R'Mel ISCC Power Plant, *Renewable Energy Mediterranean Conference-Exhibition*, Ravenna, 29 Şubat-1 Mart.
- [47] **Tahani, M.A.** (2002). The Integrated Solar Combined Cycle Power Plant Project in Yazd, *International Executive Conference on Expanding the Market for CSP-Moving Opportunities into Projects*, Berlin, Germany, 19-20 Haziran.
- [48] **Brakmann, G.** (2010). Solar Power for Egypt ISCC Kuraymat, *Arabian Power and Water Summit*, Abu Dhabi, 29-31 Mart.
- [49] **Price, T.** (2011). Greater Contribution of Solar Needed for ISCC Plants, *Renwable Energy Magazine*, 23 Kasım.
- [50] **Abengoa Solar.** (2010). Abener Signs Off First ISCC Plant in The World, *Energias Renovables*, 13 Aralık.
- [51] **Url-17** <<http://www.abener.com>>, alındığı tarih: 07.08.2012
- [52] **Solarex Magazine.** (2011). GE Metcap ile Enerji Santrali İnşa Edecek, *Samanyolu Haber*, 8 Haziran.
- [53] **Romano, B.** (2011). 530MW Turkish plant to use GE gas turbines-solar and wind, *ReCharge The Global Source For Renewable Energy News*, 7 Haziran.
- [54] **Dervish.** (2012). Gama Mühendislik, 510 MW Dervish Entegre Güneş, Rüzgar ve Kombine Çevrim Enerji Santrali, Konya.
- [55] **Url-18** <<http://www.eie.gov.tr>>, Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası-Türkiye, alındığı tarih: 06.05.2012.

- [56] **T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.** (2011). Bölge ve Trafo Merkezi Bazında Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesisi Bağlanabilir Kapasiteleri, 8 Ocak.
- [57] **Url-19** <<http://www.eie.gov.tr>>, Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası-Konya, alındığı tarih: 15.08.2012.
- [58] **Url-20** <<http://www.konilis.gov.tr>>, Konya İl İstatistik Sistemi, alındığı tarih: 01.09.2012.
- [59] **Keskin, F., Önen, O.M.** (2012). Konya İli Uygun Yatırım Alanları, *Konya Ticaret Odası*, Konya, Haziran.
- [60] **Güçlüer, D., Batuk, F.** (2011). Güneş Enerjisi Kurulacak Alanların CBS-ÇÖKA Yöntemi İle Belirlenmesi, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara, 18-22 Nisan.
- [61] **Url-21** <<http://www.deprem.gov.tr>>, Deprem Bölgeleri Haritası-Konya, alındığı tarih: 05.09.2012.
- [62] **Bilge, A.** (2011). Karapınar Organize Sanayi Bölgesi Sektörel Gelişim Planı Raporu, *Mevlana Kalkınma Ajansı*, Konya.
- [63] **Url-22** <<http://www.wunderground.com>>, Weather Underground, alındığı tarih: 07.09.2012.
- [64] **Url-23** <<http://maps.google.com>>, alındığı tarih 05.09.2012.
- [65] **Url-24** <<http://www.eie.gov.tr>>, Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası-Karapınar, alındığı tarih: 06.09.2012.
- [66] **Url-25** <<http://worldweather.wmo.int>>, Cloudiness and Rain, alındığı tarih 05.09.2012.
- [67] **Resmi Gazete.** (2012). Sayı : 28405, Karar Sayısı : 2012/3574, 8 Eylül.
- [68] **Keskin, F., Önen M. O.** (2012). Konya İli Uygun Yatırım Alanları, *Mevlana Kalkınma Ajansı, Konya Ticaret Odası, Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı*, Konya, Haziran.
- [69] **Url-26** <<http://www.bizimkonya.com>>, Karapınar ilçesi resimleri, alındığı tarih: 15.09.2012.
- [70] **Energy Sector Management Assistance Program.** (2011). Middle East and North Africa Region Assessment of the Local Manufacturing Potential for Concentrated Solar Power Projects, Ocak.
- [71] **Prapas, D.E., Norton, B., Probert,S.D.** (1987). Optics of parabolic trough, solar energy collectors, possessing small concentration ratios, *Solar Energy, Cranfield Institute of Technology*, , England, Sf. 541–550.
- [72] **Wang, U.** (2010). Should CSP Mirrors Be Glass or Metal, *Renewable Energy World*, 11 Ağustos.
- [73] **Solar Server.** (2011). Concentrating solar power: Chiyoda and Archimede Solar Energy sign cooperation agreement to develop CSP plants in MENA Region, *Chiyoda Corporation*, 23 Haziran.

- [74] **Kalogirou, A.** (2004). Solar thermal collectors and applications, *Progress In Energy And Combustion Science*,30:3, 231-295.
- [75] **Elliot, S. R.** (1990). *Physics of Amorphous Materials*, 2nd Edition, Longman Scientific and Technical, London, UK.
- [76] **Mccormac, J. C., Nelson, J. K.** (2003). *Structural Steel Design LRFD Method*, Pearson Education, 3rd Edition, US.
- [77] **Songür, E.** (2008). Güneş enerjisi ile Elektrik Üretimi: Yöntem ve Teknolojiler, *MMO sunumu*, İstanbul.
- [78] **Kaw, A.K.** (2006). *Mechanics of Composite Materials*, 2nd Edition, Crc Press, New York, USA.
- [79] **Url-27** <<http://www.konya.mgm.gov.tr>>, Ölçülen Uç Değerler-Karapınar, alındığı tarih: 25.09.2012.
- [80] **Py, X., Azoumah, Y., Olives, R.** (2013). Concentrated solar power: Current technologies, major innovative issues and applicability to West African countries, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,18, 306–315.
- [81] **Raju, K. S.** (2011). *Fluid Mechanics, Heat Transfer and Mass Transfer: Chemical Engineering Practice*, Kindle Edition Wiley, New Jersey.
- [82] **Url-28** <<http://www.botas.gov.tr>>, Doğal Gaz Faaliyetleri, alındığı tarih: 20.09.2012.
- [83] **Enerji Santralleri Listesi.** (t.y.). *Wikipedia*. Alındığı tarih: 03.09.2012, adres: http://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrkiye'deki_enerji_santralleri_listesi
- [84] **Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü.** (2010). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, 29 Aralık.
- [85] **Ekonomi Bakanlığı.** (2012). Teşvik Uygulama ve Yabancı Sermaye Genel Müdürlüğü, Yatırımlarda Devlet Yardımı, Yeni Teşvik Sistemi, İstanbul, 6 Nisan.
- [86] **Gedik, E.** (2012). *Röportaj*, Karapınar arazi fiyatları, 17 Ocak.
- [87] **Gilbert, E.C., David, W.K., Gregory, J.K.** (1999). Final Report On The Operation And Maintenance Improvement Program For Concentrating Solar Power Plants, *Sand99-1290*, Temmuz.
- [88] **International Renewable Energy Agency.** (2012). Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series, Concentrating Solar Power, Volume 1: Power Sector, Issue 2/5, Haziran.
- [89] **U.S. Department Of Energy.** (2012). SunShot Vision Study, USA, Şubat.
- [90] **ÇED Başvuru Dosyası.** (2010). 440 MW Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali, Aydın, Haziran.
- [91] **ÇED Raporu.** (2008). Samsun Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali, Samsun, Aralık.

- [92] **Url-29** <<http://dgpys.teias.gov.tr>>, Piyasa Yönetim Sistemi, alındığı tarih: 15.11.2012.
- [93] **Kulichenko, N., Wirth, J.** (2012). Concentrating Solar Power in Developing Countries: Regulatory and Financial Incentives For Scaling Up, A World Bank Study, Kasım.

ÖZGEÇMİŞ



- Ad Soyad:** Ahmet Emin ŞENTÜRK
- Doğum Yeri ve Tarihi:** İstanbul, 14.11.1989
- Adres:** Atatürk Mah. Bahçevanlar Sok. No:57 D:3
Ümraniye/İstanbul
- E-Posta:** ahmeteminsenturk@gmail.com
- Lisans:** Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine
Mühendisliği Bölümü-2010
- Mesleki Deneyim:** Araştırma Görevlisi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü,
Makine Mühendisliği Bölümü