



T.C.  
Niğde Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Rüzgâr ve Güneş Enerjisi Teknolojilerinin İrdeLENMESİ  
ve Niğde İline Uygulanabilirliklerinin  
Değerlendirilmesi

TUFAN SAK

Ağustos 2016



T.C.  
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

RÜZGÂR VE GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİNİN İRDELENMESİ  
VE NİĞDE İLİNE UYGULANABİLİRLİKLERİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ

TUFAN SAK

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Prof. Dr. Emine Erman KARA

Ağustos 2016

Tufan SAK tarafından Prof.Dr.Emine Erman KARA danışmanlığında hazırlanan “Rüzgar ve Güneş Enerjisi Teknolojilerinin İrdelenmesi ve Niğde İl’ine Uygulanabilirliklerinin Değerlendirilmesi” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Başkan :Prof.Dr.Emine Erman KARA, Niğde Üniversitesi



Üye :Doç.Dr.Hasan Göksel ÖZDİLEK, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi



Üye :Yrd.Doç.Dr.Çağdaş GÖNEN, Niğde Üniversitesi

**ONAY:**

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından ....../...../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun ....../...../20.... tarih ve ..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

**Doç. Dr. Murat BARUT**  
**MÜDÜR**

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Tufan SAK



## ÖZET

### RÜZGÂR VE GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİNİN İRDELENMESİ VE NİĞDE İLİNE UYGULANABİLİRLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

SAK, Tufan

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Emine Erman KARA

Ağustos 2016, 98 sayfa

İnsanlığın, gelişimini ve neslini sürdürmesi için ihtiyaç duyduğu en temel gereksinimlerden biri enerjidir. Küreselleşen dünya şartlarında, artan nüfus ve hızla gelişen endüstrileşme enerji tüketimini özendirirken, gelenekselleşen enerji üretim kaynaklarının tükenmesine ve yeni üretim kaynaklarının arayışına neden olmuştur. Bu arayışlar ile tükenmez, temiz ve sürdürülebilir olan yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişmesine önemli katkılar sağlanmıştır. Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş ve rüzgâr enerji kaynaklarının Niğde ilinde potansiyelleri ve uygulanabilirlikleri ile çevresel ve ekonomik katkıları incelenmiştir. Çalışma sonunda; Niğde ilinin, rüzgâr enerji santrali kurulumu için gereken koşulları sağlayamadığı için rüzgâr enerji santrali kurulmasına uygun olmadığı, ilin güneş enerjisi santralleri kurulumu için koşullarının uygun olduğu ve ilin elektrik tüketimini karşılayabilecek, hatta Türkiye'nin elektrik üretim-tüketimi arasındaki açığı kapatacak derecede önemli potansiyele sahip olduğu ortaya konulmuştur.

*Anahtar Kelimeler:* Niğde, yenilenebilir enerji kaynakları, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, maliyet, çevre

## SUMMARY

### INVESTIGATION OF WIND AND SOLAR ENERGY TECHNOLOGIES AND EVALUATION OF APPLICABILITY TO PROVINCE NIGDE

SAK, Tufan

Nigde University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Emine Erman KARA

August 2016, 98 pages

One of the most important requirements to sustain evolution and generation of humanity is energy. In terms of the globalizing world, while increasing population and improving industrialization, encouraged to more energy consumption energy more, at the same time that made a reason to end of conventional energy production source and to search new energy production methods. With these searches, contributed to improve renewable energy sources which is inexhaustible, clean and sustainable. In this study, it has been examined applicability, ecological and economical benefits of solar and wind energy sources which are two of renewable energy sources. As a brief result of this study, wind power plants do not suitable for Nigde Province because of does not have provided to necessary condition for setting up a wind power plant, however Nigde Province has got the appropriate conditions to set up solar energy plants and it would have been equal to electricity consumption of Nigde Province, even it a potential to meet differences between electricity consumption and production amount of Turkey, has been demonstrated.

*Keywords:* Nigde, renewable energy sources, solar energy, wind energy, cost, environmental

## ÖN SÖZ

Bu çalışmada, güneş ve rüzgâr enerji santrallerinin Niğde ilinde uygulanabilirliklerinin değerlendirilmesinin yanı sıra, ilde tarımsal kullanım dışı ve orman vasfında olmayan arazilerinin değerlendirilmesi, enerji üretim kaynaklarının tarım ve orman arazileri ile rekabete girmemesi için; il arazi varlığı ve güneş enerji potansiyel atlası incelenerek uygun alanlar belirlenmiş, hesaplamalar ve yönlendirmeler yapılmıştır. Çalışma sonucunda, ilde güneş enerji santrallerinin kurulmasının uygun olacağı ve santrallerin bu alanların % 3,40'lık kısmında kurulması durumunda ilin yıllık elektrik tüketim değerini karşılayabileceği sonucuna ulaşılmış olup, konu ile ilgili önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca, çalışmada Niğde ili ve Türkiye için enerji değerlerinin çeşitli kıyaslamaları yapılmış, kurulacak güneş enerji santrallerinin il ve ülke ekonomisine sağlayacağı katkılar ortaya konulmuştur.

Yüksek lisans tez çalışmamın gerçekleşmesinde, bilgi ve tecrübeleri ile tez sürecimi titizlikle yürüten, çalışmanın her aşamasında gösterdiği yoğun ilgi ve sabır ile bana yön veren değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Emine Erman KARA'ya, her konuda bilgilerini samimiyetle paylaşan, tezi şekillendirmemde yoğun emeği geçen değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Çağdaş GÖNEN'e, maddi ve manevi her zorluğu aşmamda arkamda hissettiğim, bugünlere ulaşmam için gösterdikleri emekler nedeniyle ve gülen yüzlerini her zaman yanımda hissetmek istediğim sevgili annem ve babama, bilgisayar programlarındaki üstün bilgi ve yetenekleri ile her an desteğini gördüğüm sevgili kardeşim Deniz SAK'a ve son olarak hayatıma anlam katarak yaşama sevincimi arttıran, her anımda yanımda olan ve sonsuza kadar yanımda olmasını istediğim hayat ve yol arkadaşım, müstakbel eşim İlke AKIN'a en içten ve en samimi duygularıyla teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iv
SUMMARY .....	v
ÖN SÖZ .....	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xii
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ .....	xiv
SİMGE VE KISALTMALAR .....	xv
BÖLÜM I GENEL BİLGİLER .....	1
1.1 Amaç ve Kapsam .....	1
BÖLÜM II LİTERATÜR ÇALIŞMASI .....	3
2.1 Enerjinin Tanımı .....	3
2.2 Enerji Kaynakları ve Sınıflandırılması .....	3
2.2.1 Yenilenemez enerji kaynakları .....	4
2.2.1.1 Fosil yakıtlar .....	4
2.2.1.1.1 Petrol .....	5
2.2.1.1.2 Kömür .....	5
2.2.1.1.3 Doğal gaz .....	5
2.2.1.2 Nükleer enerji kaynakları .....	5
2.2.2 Yenilenebilir (alternatif) enerji kaynakları .....	5
2.2.2.1 Hidroelektrik enerjisi .....	6
2.2.2.2 Jeotermal enerji .....	6
2.2.2.3 Biyokütle enerjisi .....	6
2.2.2.4 Hidrojen enerjisi .....	6
2.2.2.5 Okyanus enerjisi .....	6
2.2.2.6 Güneş enerjisi .....	7
2.2.2.6.1 Güneş ve güneş enerjisi .....	7
2.2.2.6.2 Güneş enerjisinden yararlanma şekilleri .....	7
2.2.2.7 Rüzgâr enerjisi .....	12
2.2.2.7.1 Rüzgâr ve rüzgâr enerjisi .....	12

2.2.2.7.2 Rüzgâr enerjisinden yararlanma şekilleri .....	13
2.3 Enerji Kaynaklarının Kullanım Durumlarına Göre Değerlendirilmesi .....	14
2.3.1 Güneş ve rüzgâr enerjilerinin kullanımı durumu .....	18
2.3.1.1 Dünyada güneş enerjisinin kullanım durumu.....	18
2.3.1.2 Türkiye’de güneş enerjisinin kullanım durumu .....	20
2.3.1.3 Dünyada rüzgâr enerjisinin kullanım durumu.....	21
2.3.1.4 Türkiye’de rüzgâr enerjisinin kullanım durumu .....	23
2.4 Enerji Kaynaklarının Maliyetlerine Göre Değerlendirilmesi .....	24
2.4.1 Güneş enerji kaynaklarının maliyetlerine göre değerlendirilmesi .....	25
2.4.2 Rüzgâr enerji kaynaklarının maliyetlerine göre değerlendirilmesi.....	26
2.5 Enerji Kaynaklarının Çevreye Etkilerine Göre Değerlendirilmesi.....	27
2.5.1 Yenilenemez enerji kaynakların çevreye etkileri .....	28
2.5.1.1 Fosil yakıtların çevreye etkisi .....	28
2.5.1.1.1 Kömür enerjisinin çevreye etkileri .....	28
2.5.1.1.2 Petrol enerjisinin çevreye etkileri .....	29
2.5.1.1.3 Doğal gaz enerjisinin çevreye etkileri .....	29
2.5.1.2 Nükleer enerjinin çevreye etkileri .....	29
2.5.2 Yenilenebilir enerji kaynakların çevreye etkileri .....	30
2.5.2.1 Hidroelektrik enerjisinin çevreye etkileri.....	30
2.5.2.2 Jeotermal enerjinin çevreye etkileri .....	30
2.5.2.3 Biyokütle enerjisinin çevreye etkileri .....	30
2.5.2.4 Hidrojen enerjisinin çevreye etkileri .....	31
2.5.2.5 Okyanus enerjisinin çevreye etkileri .....	31
2.5.2.6 Güneş enerjisinin çevreye etkileri .....	31
2.5.2.7 Rüzgâr enerjisinin çevreye etkileri.....	32
2.5.2.8 Enerji kaynaklarının avantaj ve dezavantajlarının karşılaştırılması... 32	
<b>BÖLÜM III MATERYAL VE METOT.....</b>	<b>35</b>
3.1 Materyal .....	35
3.2 Metot.....	35
<b>BÖLÜM IV ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....</b>	<b>40</b>
4.1 Niğde İli Hakkında Genel Bilgiler.....	40
4.2 Niğde İli Meteorolojik Durumu .....	41
4.2.1 Niğde ili yıllık güneşlenme potansiyeli haritası.....	41
4.2.2 Niğde ili global radyasyon (ışınım) değerleri .....	42

4.2.3 Niğde ili güneşlenme süreleri.....	46
4.2.4 Niğde ilinde kullanılabilir fotovoltaiik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları .....	50
4.2.5 Niğde ili ortalama rüzgâr hızı .....	54
4.2.6 Niğde ili rüzgâr kapasite faktör dağılımı .....	55
4.2.7 Niğde ilinde rüzgar enerji santrali (RES) kurulabilir alanlar .....	56
4.3 Niğde İlinin Arazi Durumu.....	56
4.3.1 Arazi yetenek sınıfları .....	57
4.3.2 Arazi kullanım durumu .....	58
4.3.3 Ekim paterni haritası .....	60
4.4 Niğde İli Elektrik Üretim ve Tüketim Durumu .....	60
4.4.1 Niğde ilinin enerji kullanım durumunun değerlendirilmesi .....	61
4.5 Niğde İlinde Rüzgar ve Güneş Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi .....	63
4.5.1 Niğde iline ait rüzgar ve güneş enerjisi potansiyel verilerinin değerlendirilmesi .....	63
4.5.1.1 Niğde iline ait rüzgâr enerji verilerinin değerlendirilmesi.....	64
4.5.1.2 Niğde iline ait güneş enerji verilerinin değerlendirilmesi.....	65
4.6 Rüzgâr ve Güneş Enerjisi Kaynaklarının Niğde İlinde Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi .....	67
4.6.1 Rüzgâr enerjisinin Niğde ilinde uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi.....	67
4.6.2 Güneş enerjisinin Niğde ilinde uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi .....	68
4.7 Rüzgâr ve Güneş Enerjisinin Niğde İline Çevresel Etkileri .....	71
4.8 Rüzgâr ve Güneş Enerji Kaynaklarının Kullanımın Maliyetleri .....	73
4.8.1 Rüzgâr enerji kaynaklarının kullanımın maliyetleri.....	74
4.8.2 Güneş enerji kaynaklarının kullanımın maliyetleri.....	74
BÖLÜM V SONUÇ VE ÖNERİLER .....	79
KAYNAKLAR .....	87
EKLER.....	97
ÖZ GEÇMİŞ .....	98

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Türkiye elektrik enerjisi üretiminin birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı 2014.....	16
Çizelge 2.2. Fotovoltaik GES yerli üretim katkı ilavesi.....	25
Çizelge 2.3. 1 MW'lık rüzgar türbini maliyeti.....	26
Çizelge 2.4. RES yerli üretim katkı ilavesi.....	27
Çizelge 2.5. Enerji kaynaklarının avantaj/dezavantajlarının karşılaştırılması.....	33
(Devam) Enerji kaynaklarının avantaj/dezavantajlarının karşılaştırılması..	34
Çizelge 4.1. Niğde ili arazi varlığının kullanıma göre dağılım verileri.....	58
Çizelge 4.2. Niğde ili arazilerinin arazi kabiliyet sınıflarına göre dağılımı.....	59
Çizelge 4.3. Niğde ili enerji üretim ve tüketim miktarları.....	61
Çizelge 4.4. Niğde ilinde mevcut enerji santralleri.....	61
Çizelge 4.5. Kullanım yerlerine göre elektrik tüketimi 2014.....	62
Çizelge 4.6. Niğde ili lisanssız kurulu güneş enerji santralleri.....	63
Çizelge 5.1. Niğde ilinde kurulabilecek 1 MW'lık GES'ne ait bilgiler.....	82
Çizelge 5.2. Niğde ilinin yıllık elektrik tüketimini karşılamak için kurulacak GES'lere ait bilgiler.....	83
Çizelge 5.3. Niğde kullanılmayan arazilerde GES'lerden elde edilebilecek elektrik enerjisinin karşılaştırılması.....	83

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Fotovoltaik pilde hücre, modül ve panel görünümü.....	9
Şekil 2.2. Güneş enerjisi paneli akım şeması.....	9
Şekil 2.3. Dünyada enerji üretim kaynaklarının kullanılma oranı.....	15
Şekil 2.4. Dünyada enerji tüketim yüzdesinin enerji kaynaklarına göre dağılımı.....	15
Şekil 2.5. Türkiye'nin yıllara göre birincil enerji kaynaklarının tüketimi.....	16
Şekil 2.6. Türkiye birincil enerji üretim ve tüketim değerleri.....	17
Şekil 2.7. Türkiye elektrik tüketimi ve projeksiyonu.....	17
Şekil 2.8. Dünya ışınım haritası.....	18
Şekil 2.9. 2004-2014 yılları arasında global fotovoltaik pil kullanım kapasiteleri.....	19
Şekil 2.10. Fotovoltaik pil kullanan bazı ülkelerin 2013-2014 yıllarında kapasiteleri.....	20
Şekil 2.11. Türkiye güneş enerjisi potansiyelleri atlası.....	20
Şekil 2.12. 2004-2014 yılları arası global rüzgar gücü kapasiteleri.....	22
Şekil 2.13. Bazı ülkelerin 2013-2014 yıllarında artan rüzgar gücü kapasiteleri.....	23
Şekil 2.14. Türkiye rüzgar atlası.....	24
Şekil 2.15. 2012 yılı CO <sub>2</sub> emisyonunun kaynaklara göre dağılımı.....	28
Şekil 4.1. Türkiye üzerinde Niğde ilinin yeri.....	40
Şekil 4.2. Niğde ili siyasi haritası.....	41
Şekil 4.3. Niğde ili güneş enerji potansiyelleri atlası.....	42
Şekil 4.4. İl geneli global radyasyon değerlerinin aylara göre değişimi.....	43
Şekil 4.5. Merkez-global radyasyon değerlerinin aylara göre değişimi.....	43
Şekil 4.6. Bor-global radyasyon değerlerinin aylara göre değişimi.....	44
Şekil 4.7. Çiftlik-global radyasyon değerlerinin aylara göre değişimi.....	44
Şekil 4.8. Ulukışla-global radyasyon değerlerinin aylara göre değişimi.....	45
Şekil 4.9. Çamardı-global radyasyon değerlerinin aylara göre değişimi.....	45
Şekil 4.10. Altunhisar-global radyasyon değerlerinin aylara göre değişimi.....	46
Şekil 4.11. Niğde ilinde güneşlenme sürelerinin aylara göre dağılımı.....	47
Şekil 4.12. Merkez-güneşlenme sürelerinin aylara göre dağılımı.....	47
Şekil 4.13. Bor-güneşlenme sürelerinin aylara göre dağılımı.....	48
Şekil 4.14. Çiftlik-güneşlenme sürelerinin aylara göre dağılımı.....	48
Şekil 4.15. Ulukışla-güneşlenme sürelerinin aylara göre dağılımı.....	49

Şekil 4.16. Çamardı-güneşlenme sürelerinin aylara göre dağılımı.....	49
Şekil 4.17. Altunhisar-güneşlenme sürelerinin aylara göre dağılımı.....	50
Şekil 4.18. Niğde il geneli fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları.....	51
Şekil 4.19. Niğde ili merkez ilçesi fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları.....	51
Şekil 4.20. Bor ilçesi fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları.....	52
Şekil 4.21. Çiftlik ilçesi fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları.....	52
Şekil 4.22. Ulukışla ilçesi fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları.....	53
Şekil 4.23. Çamardı ilçesi fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları.....	53
Şekil 4.24. Altunhisar ilçesi fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları.....	54
Şekil 4.25. Niğde ili rüzgar hızı dağılım (50 m) haritası.....	55
Şekil 4.26. Niğde ili kapasite faktörü dağılım (50 m) haritası.....	56
Şekil 4.27. Niğde ilinde RES kurulabilir alanlar haritası.....	56
Şekil 4.28. Niğde ili arazi varlığı.....	57
Şekil 4.29. Rüzgar hız dağılımı, rüzgar kapasite faktörü dağılımı ve RES kurulabilir alanlar haritalarının birlikte gösterimi.....	64
Şekil 4.30. Niğde ili GEPA(a) ve arazi varlığı haritası (b) birlikte gösterimi.....	69
Şekil 4.31. Niğde ili birleştirilmiş GEPA ve arazi varlığı haritası.....	70
Şekil 4.32. Niğde ili hava kalitesi indeksi (anlık).....	72
Şekil 4.33. Niğde ili hava kalitesi indeksi (dönemlik).....	72

## FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Fotoğraf 2.1. Doğrusal yoğunlaştırıcı kolektör.....	11
Fotoğraf 2.2. Merkezi alıcılı güneş ısı elektrik santrali.....	12
Fotoğraf 2.3. Parabolik çanak kolektörler.....	12
Fotoğraf 2.4. Doğrusal yoğunlaştırıcı kolektör.....	13
Fotoğraf 2.5. Merkezi alıcılı güneş ısı elektrik santrali.....	14
Fotoğraf 2.6. Parabolik çanak kolektörler.....	14



## SİMGE VE KISALTMALAR

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
Cd:	Kadmiyum
Co:	Kobalt
Cu:	Bakır
Pb:	Kurşun
Zn:	Çinko
°C:	Santigrad derece
μ:	Mikro
\$:	Amerikan Doları
€:	Euro (Avrupa Birliği Para Birimi)

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
AB:	Avrupa Birliği
AC:	Alternating Current (Alternatif Akım)
BG:	Beygir Gücü
CdTe:	Kadmiyum tellürid
CFC:	Kloroflorokarbon
CH <sub>4</sub> :	Metan
cm <sup>2</sup> :	Santimetrekare
CO:	Karbon monoksit
CO <sub>2</sub> :	Karbon dioksit
CuInSe <sub>2</sub> :	Bakır indiyum diselenid
DC:	Direct Current (Doğru Akım)
EİE:	Enerji İşleri Etüt İdaresi (Mülga)
EPDK:	Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
GaAs:	Galyum arsenit
GEPA:	Güneş Enerji Potansiyeli Atlası
GES:	Güneş Enerji Santrali

GW:	Gigawatt (gigavat)
GWh:	Gigawatthour (gigavatsaat)
H <sub>2</sub> S:	Hidrojen sülfür
Ha:	Hektar
HES:	Hidroelektrik Enerji Santralleri
IEA:	International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
kg:	Kilogram
km:	Kilometre
km <sup>2</sup> :	Kilometrekare
km/s:	Kilometre/saat
kW:	Kilovat
kWh:	Kilovat saat
LNG:	Liquified Naturel Gas (Sıvılaştırılmış Doğal Gaz)
LPG:	Liquid Petroleum Gas (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı)
m:	Metre
m <sup>2</sup> :	Metrekare
MGM:	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
mm:	Milimetre
MÖ:	Milattan Önce
Mph:	Mile per hour (saatte mil)
MS:	Milattan Sonra
MTEP:	Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MW:	Megawatt (megavat)
MWh:	Megawatthour (megavatsaat)
MWp:	Megawatt Peak (Megavat pik)
NO <sub>x</sub> :	Azot oksitler
OTEC:	Okyanus Termal Enerji Dönüşüm Sistemi
PM <sub>10</sub> :	Partikül Madde
REPA:	Rüzgar Enerji Potansiyeli Atlası
RES:	Rüzgar Enerji Santrali
RGİ:	Rüzgar Enerjisi Gözlem İstasyonu
Rpm:	Revolution per minute (Dakikadaki devir sayısı)
SO <sub>2</sub> :	Kükürt dioksit
TAKY:	Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği

TEDAŞ:	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ:	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TÜİK:	Türkiye İstatistik Kurumu
TW:	Terawatt (teravat)
TWh:	Terawatt hour (teravat saat)
WAsP:	Wind Atlas Analysis and Application Program (Rüzgar Atlası Analiz ve Uygulama Programı)
WECS:	Wind Energy Conversion System (Rüzgar Enerji Çevirim Sistemi)
YERT:	Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri



# BÖLÜM I

## GENEL BİLGİLER

### 1.1 Amaç ve Kapsam

İnsanlığın başlangıcından günümüze kadar olan süreçte gelişen teknoloji ve değişen yaşam koşullarına bağlı olarak, insanoğlunun ihtiyaçları ve bu ihtiyaçları elde etme şekilleri değişmiştir. Ancak, temel olarak, girilen mücadeleler ile her zaman enerji elde edilmeye çalışılmıştır.

Eski dönemlerde besin ve barınma gibi yaşamsal sorunların çözümü için bilinçsizce kullanılan enerji kaynakları, zaman içerisinde teknolojinin gelişmesi ve ihtiyaçların değişmesi ile insan yaşamının devamlılığı için olmazsa olmaz bir unsur haline gelmiştir. Özellikle, sanayi devriminin ardından önemli keşifler gerçekleşmiş, devlet yönetim şekilleri ve politikaları değişmiştir. Artan nüfusun ihtiyacını karşılamak, bölgelerinde ve dünyada etkin güç olmak isteyen devletler, enerji taleplerini karşılamak amacı ile hammadde yarışına girmişlerdir. Bu yarışların sonunda savaşlar çıkmış, dünya haritası değişmiş, büyük devletler yok olmuş ve yeni devletler oluşmuştur.

Dünyanın düzeni her ne kadar içerisinde bulunduğu yüzyıllara göre değişmiş olsa da, insanoğlu varlığını sürdürmek ve içinde bulunduğu çağa uyum sağlamak için enerji üretmek, ürettiği enerjiyi doğru yönetmek zorunda olduğunun ayırımına varmıştır. Uzay çağı olarak adlandırılan çağımızda, çeşitli enerji kaynakları ve enerji üretim metotları oluşmuştur.

Enerji üretimi, insan varlığının sürdürülmesine ve yaşam kalitesine katkıda bulursa da enerjinin elde edilmesi sırasında kullanılan kaynaklar ve uygulanan yöntemler nedeniyle oluşan yeni koşullar, hem insan yaşamını hem de doğal hayatın şartlarını tehlikeli hale getirmektedir. Özellikle, enerji kaynakları kullanımının küresel ısınma ve doğal hayata etkisi konusu, bilim dünyası ve teknoloji otoriteleri tarafından yoğun olarak tartışılmakta, alışlagelmiş enerji kaynakları ile bu kaynaklardan enerji üretim yöntemleri sorgulanmaktadır.

Bu nedenle, farklı enerji üretim yöntemleri geliştirilmekte, bu yöntemlerin uygulanabilirliği ve sürdürülebilirliği sağlanmaya çalışılmaktadır. Kamuoyunun talebi ve bilimsel çalışmaların devam etmesi için bu yöntemler sürdürülebilirlik, fayda-zarar, çevre-sağlık ve maliyet gibi konuları ile araştırılmaktadır. Mevcut yöntem ve kaynaklar araştırılırken, farklı bilim dalları tarafından geliştirilmeye çalışılan yeni yöntemlerin, talepleri karşılayacak boyutlara ulaştırılma çalışmaları da devam etmektedir.

Yakın gelecekte tükenmesi beklenmekte olan yenilenemez enerji kaynaklarının meydana getirdiği çevresel etkiler ve sürdürülebilirliğinin olmaması nedeni ile teknolojik olarak gelişmiş ülkelerin, sınırsız kaynak potansiyeli ve çevre kirliliğine duyarlı olan yenilenebilir (alternatif) enerji kaynaklarına yönelmekte oldukları bilinmektedir.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin genel sorunu artan enerji taleplerini karşılayamamaktır. Bu talepleri karşılamak ve enerji arzını geliştirmek amacı ile, mevcut enerji potansiyellerini değerlendirme ve ticari anlaşmalar ile enerji sorunlarına çözümler aramaktadırlar. Aynı durum ülkemiz için de geçerliliğini sürdürmekte olup, sınırsız potansiyele sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak, hem ekonomik açıdan hem de dışa bağımlılığı ortadan kaldırmak açısından çok büyük önem taşımaktadır.

Bu kapsamda, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş ve rüzgâr enerjilerinin kullanımının değerlendirilmesinin, hem Türkiye hem de Niğde ili için fayda sağlayacağı bilinmektedir. Bu çalışmada, Niğde ilinde yenilenebilir enerji üretim kaynaklarından olan rüzgâr ve güneş enerjisi teknolojilerinin; mevcut potansiyel, ekonomik, çevresel ve il için uygulanabilirlik durumlarına göre irdelenmesi ve Niğde ili için en uygun enerji üretim sistemlerinin ortaya konması amaçlanmıştır.

## BÖLÜM II

### LİTERATÜR ÇALIŞMASI

#### 2.1 Enerjinin Tanımı

Günlük yaşamın her anında kullanılmakta olan enerji, bir işi yapabilme, yerine getirebilme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır (Karaca, 2012).

Günümüzde hayatın devamlılığı için en temel problemlerden olan enerji üretimi, enerji kaynaklarının tükenebilir olması, zararlı çevresel etkilere sahip olması, yüksek maliyetli olması ve yerli olmayan kaynakların dışa bağımlılığa neden olması gibi çeşitli sorunlar nedeni ile bütün ülkelerde problemlere neden olmaktadır (Can, 2015).

Globalleşen dünya şartlarında artan nüfus ve nüfusa bağlı olarak enerji taleplerinin artması, enerji ihtiyaçlarını karşılamak, ekonomik kazançlarını yitirmemek ve sahip oldukları enerji kaynaklarını sürdürülebilir bir şekilde kullanmak arzusunda olan devletler, tükenmez ve sürdürülebilirlik gibi temel özelliklere sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak enerji gereksinimlerini karşılama konusunda çalışmalar gerçekleştirmektedirler (Güneş, 2009).

İnsanoğlu yaşamını sürdürdüğü sürece enerjiye olan ihtiyacı hiçbir zaman bitmeyeceği gibi, zaman içerisinde o ihtiyaçları çeşitlenerek artacak, enerji üretmek için mevcut kaynaklar kullanılırken, değişen ihtiyaçlar ve talepler doğrultusunda farklı kaynaklardan enerji üretme çalışmaları devam etmektedir.

#### 2.2 Enerji Kaynakları ve Sınıflandırılması

Enerji kaynakları, genel olarak yenilenebilirliklerine ve kullanılabilirliklerine göre sınıflandırılmaktadır (Karaosmanoğlu, 2004). Buna göre, mevcut enerji kaynaklarının, dönüştürülebilirliklerine ve yenilenebilirliklerine göre sınıflandırılması şu şekildedir:

Yenilenebilirliklerine göre enerji kaynakları, yenilenemez enerji kaynakları; fosil ile nükleer kaynaklar, yenilenebilir enerji kaynakları; hidrolik, jeotermal, hidrojen,

biyokütle, okyanus (dalga), güneş ve rüzgar enerji kaynakları olarak belirtilmektedir. Dönüştürülebilirliklerine göre enerji kaynakları, birincil enerji kaynakları; petrol, doğal gaz, kömür, nükleer, hidrolik, biyokütle, okyanus, güneş ve rüzgar enerji kaynakları olarak, ikincil enerji kaynakları; elektrik, mazot, benzin, motorin, kok-petrokok, ikincil kömür, hava gazı ve sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) olarak belirtilmektedir (Koç ve Şenel, 2013).

Enerji kaynakları yenilenebilirliklerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

### **2.2.1 Yenilenemez enerji kaynakları**

Yenilenemez enerji kaynakları, enerji üretmek amacı ile kullanılan enerji kaynaklarının, enerji üretim işlemi sonunda aynı ya da benzer proseslerde tekrardan kullanılamaması durumu nedeni ile aldığı isim olarak belirtilebilmektedir.

Yenilenemez kaynaklar, tüketimleri ölçüsünde kıyaslandığında yeniden yapılamaz ve yeniden geliştirilemez doğal kaynaklardır (Chowdhury vd., 2014).

Yenilenemez enerji kaynakları, rezervlerinin sınırlı olması nedeniyle, tüketildikten sonra kendini yenilenemeyen kaynaklar olarak tanımlanabilmektedirler (Albayrak, 2011).

Yenilenemez enerji kaynakları fosil yakıtlar ve nükleer enerji kaynakları olarak gruplandırılabilir.

#### **2.2.1.1 Fosil yakıtlar**

Fosil yakıtlar, eski çağlardan günümüze kadar gelen süreçte, yeraltında yüksek basınç ve ısıya maruz kalmış yüksek karbon içeren hayvansal ve bitkisel kalıntılardan meydana gelmektedir (Kızıltan, 2010). Fosil yakıtlar; petrol, kömür ve doğal gaz şeklinde sıralanabilir.

### **2.2.1.1.1 Petrol**

Yanabilir bir sıvı olan petrol, yeraltı rezervuarlarında bulunur ve işlenmesi ile LPG, benzin ve motorin gibi ikincil ürünlere dönüşebilen bir yakıt türüdür (Ayhan, 2009; Kızıltan, 2010).

### **2.2.1.1.2 Kömür**

Kömür; çoğunlukla karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan az miktarda kükürt ve nitrojen içeren, kimyasal ve fiziksel olarak farklı yapıya sahip maden ve kayadır. Temel olarak; linyit, taş kömürü ve grafit kömürleri olarak çeşitlendirilirler (Anonim, 2001; Gülsuna, 2007).

### **2.2.1.1.3 Doğal gaz**

Zehirsiz, havadan daha hafif yoğunluğa sahip, renksiz ve kokusuz olan, hava ile karışması durumunda yanıcı özellik gösteren doğal gaz, yüksek oranlarda metan gazı (CH<sub>4</sub>) içeriğine sahip olup, yeraltındaki organik maddelerin çevrimi sonucu oluşan fosil bir yakıttır (Anonim, 2006; Ayhan, 2009).

### **2.2.1.2 Nükleer enerji kaynakları**

Kararsız durumda olan atom parçacıklarının, daha kararlı hale gelmek için girdikleri fisyon ve füzyon reaksiyonlarının sonucunda oluşan enerjiye, nükleer enerji denilmektedir (Demirbağ, 2013; Mercan, 2011).

### **2.2.2 Yenilenebilir (alternatif) enerji kaynakları**

En temel kaynağı güneş olan, kullanılması durumunda yenilenebilen ve çevreye zarar vermeyen temiz ve sınırsız enerji kaynaklarına yenilenebilir enerji denilmektedir (Adıyaman, 2012; Bozkurt, 2008; Özcan, 2009; Umut, 2008).

### **2.2.2.1 Hidroelektrik enerjisi**

Hidroelektrik santrallerinin kullanımı ile durgun halde bulunan potansiyel su enerjisini, yükseklik farkını kullanarak kinetik enerjiye çevirmesi ile ortaya çıkan enerjidir (Arı, 2007).

### **2.2.2.2 Jeotermal enerji**

Yer kürenin derin kayaçları içerisinde biriken sıcak su ve buhar ile elde edilen ısı enerjisine jeotermal enerji denir (Mutlu, 2013). Jeotermal enerji kaynakları, Yılmaz (2015)'a göre; Akışkanların sıcaklıklarına ve taşıdıkları ısı enerjisine göre, düşük ısı (25 °C'den düşük), orta ısı (125°C- 225°C) ve yüksek ısı (225°C'den yüksek) olarak sınıflandırılabilir.

### **2.2.2.3 Biyokütle enerjisi**

Karbonhidratlı bileşiklere sahip, uygun koşulların sağlanması ile her yerde üretilen hayvansal ve bitkisel kökenli doğal bir enerji kaynağıdır (Çelik, 2012).

### **2.2.2.4 Hidrojen enerjisi**

Kainatın oluşumu sırasında, nükleer yakıt görevi gören hidrojen, doğada bileşikler halinde bulunmakta olup, yeryüzünde en çok rastlanan elementtir. Zehirsiz ve kokusuz olması nedeni ile çevreye zarar vermez. Pahalı ve depo edilmesi zor bir yakıt türüdür. Yanma reaksiyonlarında sağladığı yüksek enerji miktarı nedeni ile tercih edilmektedir (Özcan, 2015).

### **2.2.2.5 Okyanus enerjisi**

Kara ve denizler arasındaki sıcaklık farkları ile oluşan rüzgârların denizlerin üzerinde esme etkilerini göstermesiyle dalgalar oluşur. Okyanuslarda oluşan dalgalardan enerji üretilmesinde çeşitli sistemler kullanılabilir. Dalgaın geliş yönüne dik bir şekilde kurulan “sonlandırıcı sistemler”, deniz üzerinde sabit bir noktada yer alan “nokta absorplayıcı sistemler” dalgalar yardımıyla hareket eden pistonlar ile türbinleri

çalıştırarak enerji üretirler. Dalgaların yüksekliği büyüdükçe elde edilecek enerji miktarı da büyür. Okyanusların derin ve sığ suları arasındaki sıcaklık farkından yararlanılarak kurulan Okyanus Termal Enerji Dönüşüm (OTEC) sistemleri, açık ve kapalı çevrim yöntemleri ile sıcaklık farkından faydalanılarak elektrik enerjisi üretilir. Okyanus dalgalarından enerji üretmek için periyodik olarak gerçekleşen gel-gitlerden elektrik enerjisi üretmek için faydalanır. Bir başka enerji üretme yöntemi de okyanusların ve denizlerin tabanlarına türbin yerleştirilerek düzenli akıntıların kinetik enerjilerinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü sistemler kullanılmaktadır (Gülsaç, 2009).

### **2.2.2.6 Güneş enerjisi**

#### **2.2.2.6.1 Güneş ve güneş enerjisi**

Güneş, yapısında yaklaşık % 72 hidrojen, % 26 helyum ve iz miktarda oksijen, karbon, neon, azot, magnezyum, demir ve silikon elementleri ile gerçekleşen nükleer reaksiyonlar sonucunda solar sistemine ısı ve ışık ile solar sağlayan bir yıldızdır (Url-1).

Akkuş (2010)'a göre güneş enerjisi; “Güneş dünyamıza ortalama 149.600.000 km uzaklıkta, çapı 1.391.980 km (109 Dünya), kütlesi  $1.989.100 \times 10^{24}$  kg ( 333.000 Dünya) ve hacmi  $1.412.000 \times 10^{12}$  km<sup>3</sup> (1.304.000 Dünya)'tür. Güneşin bütün yüzeyinden yayılan enerjinin yalnız iki milyarda biri yeryüzüne gelmektedir. Dünyaya güneşten, 150 milyon km kat ederek gelen enerji, dünyada bir yılda kullanılan enerjinin yaklaşık 15 bin katıdır” ifadesiyle aktarılmıştır.

Güneş enerjisi; “Yaklaşık 15 milyon derece sıcaklığın olduğu güneşte, hidrojen çekirdekleri füzyon sonucu helyum çekirdeklerini oluşturmakta ve bu süreç sonucunda büyük çaplı bir enerji meydana gelmektedir. Bu enerjiye neden olan elementlerin miktarı, güneşi 5 milyar yıl daha yaşatacak kadar olduğu varsayılmakta, bu özelliği ile güneş enerjisini tükenmez bir enerji kaynağı haline getirmektedir” (Albayrak, 2011).

#### **2.2.2.6.2 Güneş enerjisinden yararlanma şekilleri**

Güneş enerjisinin kullanım alanları gün geçtikçe artmaktadır. Güneş enerjisinin kullanım alanlarından bazıları; ısıtma ve soğutma, aydınlatma, telekomünikasyon,

uzaktan kontrol, tarımsal sulama sistemleri olarak belirtilmiş olup, otomobil, uçak, saat, hesap makinesi, radyo, televizyon, mobil telefon, uydu alıcısı ve radar gibi insan hayatını kolaylaştıran araçlarda kullanıldığı görülmektedir (Doğan, 2012; Url-2; Url-3).

Yukarıdaki açıklamada belirtildiği üzere, güneş enerjisi kullanımı gündelik yaşamda ve her türlü teknolojik alanda varlığını genişleterek sürdürmektedir. Güneş enerjisinin kullanımında temel olarak:

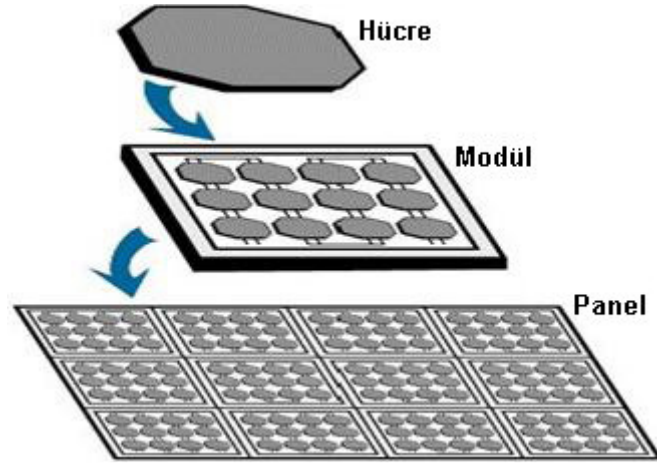
- Isıtma ve soğutma sistemleri
- Elektrik enerjisi sistemleri

ile enerji elde edilmesi hedeflenmekte, bu temel esaslar üzerinde gelişme ve yararlanma sağlanmaya çalışıldığı görülmektedir.

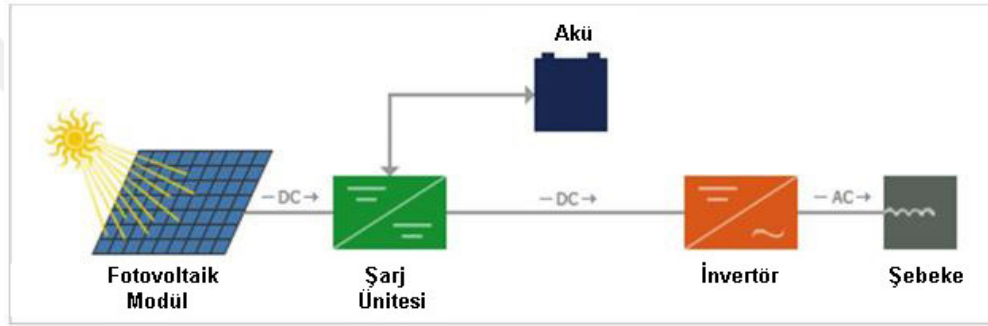
Güneş enerjisinden, elektrik elde etme yöntemleri mevcut koşullara göre; fotovoltaik ve yoğunlaştırıcı ısı sistemlerinden oluşmaktadır (Anonim, 2009).

### Fotovoltaik Sistemler

Güneş pilleri kullanılarak, güneşten gelen ışınları elektrik enerjisine dönüştürmeye yarayan sistemlerdir. Güneş ışınları, fotovoltaik pillerin üzerine düştüğü zaman sistemin en küçük birimi olan fotovoltaik hücrelere ulaşır, hücrelerin negatif uçlarından pozitif uçlarına doğru elektron geçişi sağlanır ve elektrik gerilimi meydana gelir. Fotovoltaik pil hücreleri birbirlerine seri ya da paralel olarak bağlanarak fotovoltaik modülleri, fotovoltaik modüller seri ya da paralel bağlanarak fotovoltaik panelleri meydana getirirler (Karamanav, 2007; Karataş, 2009; Uluoğlu, 2010; Url-4). Yukarıdan aşağıya fotovoltaik pil hücresi, fotovoltaik pil modülü ve fotovoltaik panel gösterilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Fotovoltaik pilde hücre, modül ve panel görünümü (Url-5)



Şekil 2.2. Güneş enerjisi paneli akım şeması (Url-6)

Güneş paneline düşen güneş ışınları, şarj kontrol ünitesinden aküye (depo piller) geçer ve burada depolanır. Aküden dönüştürücüye aktarılan piller, doğru akımdan (DC) alternatif akıma (AC) dönüştürülmektedir (Şekil 2.2). (Karamanav, 2007; Karataş, 2009; Url-6).

Güneş pilleri pek çok farklı maddeden yararlanarak üretilmekte olup, günümüzde en çok kullanılan maddeler şunlardır:

Kristal Silisyum: Tekkristal Silisyum bloklardan üretilen güneş pillerinde laboratuvar şartlarında % 24, ticari modüllerde ise % 15'in üzerinde ve Çokkristal Silisyum güneş pillerinde laboratuvar şartlarında % 18, ticari modüllerde ise % 14 civarında verim elde edilmektedir (Grozdev, 2010; Url-4).

Galyum Arsenit (GaAs): Laboratuvar şartlarında % 25 ve % 28, diğ er yarı iletkenlerle birlikte oluşturulan çok eklemli GaAs pillerde % 30 verim elde edilmektedir (Grozdev, 2010; Url-4).

Amorf Silisyum: Kristal yapı özelliğ i göstermeyen bu Si pillerden elde edilen verim % 10 dolayında, ticari modüllerde ise % 5-7 düzeyindedir (Grozdev, 2010; Url-4).

Kadmiyum Tellürid (CdTe): Çokkristal yapıda bir malzeme olan CdTe ile güneş pili maliyetinin çok aşağılara çekileceğ i tahmin edilmektedir. Laboratuvar tipi küçük hücrelerde % 16, ticari tip modüllerde ise % 7 civarında verim elde edilmektedir (Grozdev, 2010; Url-4).

Bakır İndiyum Diselenid (CuInSe<sub>2</sub>): Bu çokkristal pilde laboratuvar şartlarında % 17,7 ve enerji üretimi amaçlı geliştirilmiş olan prototip bir modülde ise, % 10,2 verim elde edilmiştir (Grozdev, 2010; Url-4).

Optik Yoğ unlaştırıcılı Hücreler: Gelen ışığı 10-500 kat oranlarda yoğ unlaştıran mercekli veya yansıtıcı araçlarla modül verimi % 17'nin, pil verimi ise % 30'un üzerine çıkılabilmektedir. (Grozdev, 2010; Url-4).

### Güneş Enerji Santrallerinin Durumu ve Geleceğ i

Güneş enerji santrallerinin kullanım durumu ve geleceğ i hakkında ş u bilgiler verilmiştir:

- Ömürleri 20-25 yıl olan güneş pillerinin daha uzun sürelerde çalışabilecek verimliliğ e ulaşması için yapılan çalışmaların devam edeceğ i,
- Maliyetlerdeki azalmanın devam edeceğ i,
- GES kurulumunun ticari çekiciliğ inin ve Lisanslı-Lisanssız santral sayısının arttığ ı,
- Finansal konularda iyileştirilmelerin devam edeceğ i, belirtilmektedir (Anonim, 2009; Url-7).

## Yoğunlaştırıcı Isıl Sistemler

Güneş enerjisi kullanarak elektrik enerjisi elde etme yöntemlerinden bir diğeri de yoğunlaştırıcı ısıl sistemler kullanımı olup, kolektörler aracılığı ile toplanan güneş ışınlarının ısı enerjisine, ısı enerjisinden de elektrik enerjisine dönüştürülmesi prensibine dayanmaktadır. Yoğunlaştırıcı ısıl sistemler; doğrusal yoğunlaştırıcılar, merkezi alıcılar, parabolik çanak kolektörler ve noktasal yoğunlaştırıcı kolektörler aracılığı ile güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirmektedir (Altuntop ve Erdemir, 2013; Akkuş, 2010; Karaca, 2012; Karataş, 2009; Url-8).

### Doğrusal Yoğunlaştırıcılar

Güneş enerjisi, parabolik eğri yüzeye sahip aynalar aracılığı ile toplanır, yansıtıcı yüzey üzerinde boydan boya uzanan siyah absorban boruya yansıtılır. Güneş enerjisi ile ısınan boru içerisindeki çalışma sıvısı ısı eşanjörlerine pompalanarak buhar türbini-jeneratör sistemine aktarılır. Buhar türbinleri kullanılarak elektrik enerjisi elde edilir (Anonim, 2009; Karaca, 2012; Karataş, 2009; Url-8).



**Fotoğraf 2.1.** Doğrusal yoğunlaştırıcı kolektör (Url-8)

### Merkezi Güneş Kuleleri ve Parabolik Çanak Kolektörler

Merkezi güneş kuleleri sisteminde; güneş ışınları, güneş kulesinin etrafına konuşlandırılmış olan parabolik çanak kolektörler yardımıyla, güneş kulesinin tepesinde yer alan merkezi bir alıcıya yansır. Merkezi alıcı, toplamış olduğu güneş enerjisini, ısı enerjisine dönüştürür. Bu ısıl enerji ile buhar üretilir ve buhar türbinlerine verilir. Buhar türbinleri ile ısı enerjisi, elektrik enerjisine dönüştürülmektedir (Anonim, 2009; Karaca, 2012; Karataş, 2009, Url-8).



**Fotoğraf 2.2.** Merkezi alıcılı güneş ısıl elektrik santrali (Url-8).

### Noktasal Yoğunlaştırıcı Kolektörler

Noktasal yoğunlaştırıcı kolektör sistemleri, kolektörler ve motorlardan oluşan bir yapıya sahip olup, güneşi takip edebilen parabolik çanak tipli bir kolektör yardımıyla güneş ışınlarını, odağa yerleştirilen bir alıcıya gönderilmesi ile merkezi alıcıda bulunan çalışma sıvısını ısıtır. Isınan sıvı buhar türbini ile mekanik enerjiye ve daha sonra jeneratör kullanılarak elektrik enerjisine çevrilmektedir (Anonim, 2009; Karaca, 2012; Karataş, 2009; Url-8).



**Fotoğraf 2.3.** Parabolik çanak kolektörler (Url-8).

### **2.2.2.7 Rüzgâr enerjisi**

#### **2.2.2.7.1 Rüzgâr ve rüzgâr enerjisi**

Dünya üzerindeki bölgesel farklılıklar ve dünyanın şekli nedeni ile oluşan sıcaklık farkları alçak ve yüksek basınçların oluşmasına neden olur. Basınç farklılıkları ile

yeryüzünde yönlü hava hareketleri oluşur, bu hareketlere rüzgâr denilmektedir (Akkaya, 2007; Arı, 2007).

Rüzgâr, sahip olduğu hava akımı hareketi nedeni ile mekanik ya da ısı enerjisine dönüştürülebilir. Elde edilebilecek enerji, rüzgâr hızına, gücüne ve esme süresine bağlı olup, rüzgâr hızı yükseklikle, gücü ise hızının küpü ile orantılı biçimde artmaktadır. Rüzgâr türbinleri kullanılarak, rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmektedir (Akkaya, 2007; Arı, 2007; Güler, 2014).

#### **2.2.2.7.2 Rüzgâr enerjisinden yararlanma şekilleri**

Rüzgâr türbinleri, rüzgârın kinetik enerjisini mekanik enerjiye, mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren enerji santralleridir. Rüzgâr türbinlerinin kurulabilmesi için, coğrafi alan ile rüzgâr güç ve hız potansiyel fizibilitesinin yapılmasının ardından, elde edilmesi beklenen enerji ve maliyetlerinin belirlenmesi gerekmektedir (Akkuş, 2010; Karaca, 2012; Tunçbilek, 2015; Url-9).

Rüzgâr türbinleri temel olarak eksenine, rüzgâr alış yönlerine, rüzgâr hızına, güç kontrolüne, kanat sayısına, şebeke bağlantısına göre altı sınıfa ayrılabilir (Çelikdemir ve Özdemir, 2014; Elibüyük ve Üçgül, 2014; Url-9).

Yatay eksenli türbinlerin eksenleri rüzgâr yönüne dik açı ile olmalı ve etrafındaki engellerden en az 10 metre kadar uzakta, yerden ise en az 20 metre yükseklikte çalışabilecek şekilde kurulumunun yapılması gerekmektedir (Elibüyük ve Üçgül, 2014).



**Fotoğraf 2.4.** Yatay eksenli rüzgar türbini (Url-10)

DüŖey yönde çevrimini gerçekleŖtiren türbinler deneysel amaçlar için üretilmektedir. Savonius ve Darrieus gibi iki çeŖidi mevcuttur (Çelikdemir ve Özdemir, 2014) (Fotoğraf 2.5-2.6).



**Fotoğraf 2.5.** DüŖey eksenli rüzgar türbini (Darrieus tipi) (Url-11)



**Fotoğraf 2.6.** DüŖey eksenli rüzgar türbini (Savonius tipi) (Url-12)

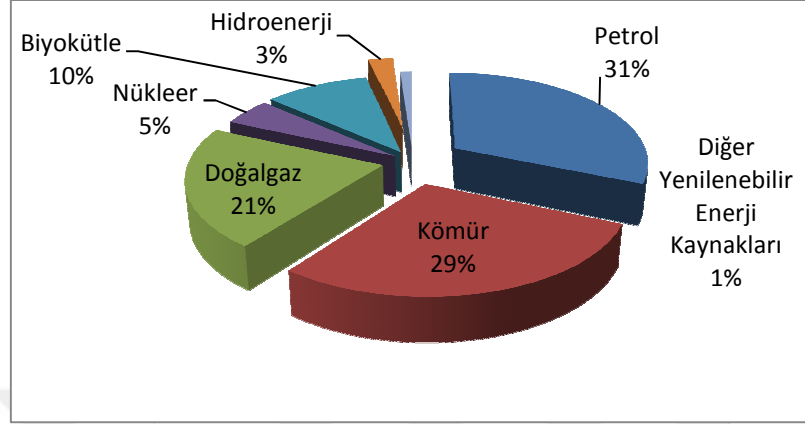
### **2.3 Enerji Kaynaklarının Kullanım Durumlarına Göre Değerlendirilmesi**

Dünya genelinde hızla artmakta olan nüfusların ihtiyaçlarını karşılamak için gerçekleştirilen endüstriyel üretim, enerji tüketim taleplerini arttırmaktadır. Sosyal ve ekonomik anlamda gelişimini tamamlayan veya ilerletmeyi hedefleyen devletler, gerçekleştirdikleri her faaliyet ile enerji tüketmektedirler (Koç ve Şenel, 2013)

Dünya genelinde geçmişten günümüze kadar uzanan süreçte enerji temini için çeşitli kaynaklar kullanılmıştır. Enerji kaynaklarından temin edilen enerji miktarı ve kullanılan enerji miktarı kullanılan birincil enerji kaynaklarına göre aşağıda verilmiştir.

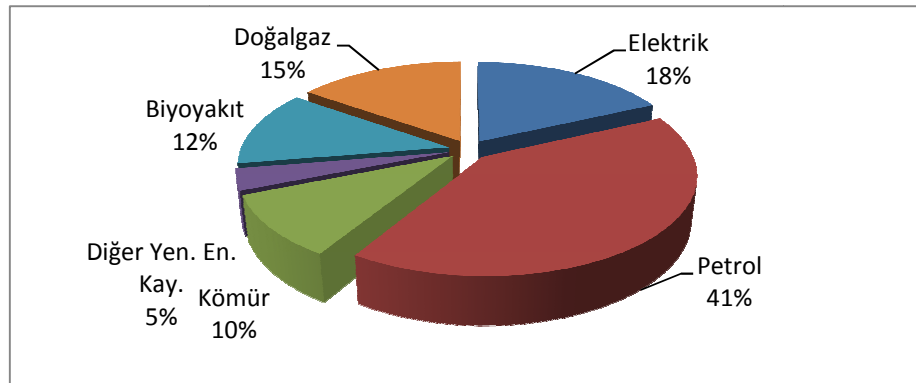
Dünyada birincil kaynaklardan temin edilen enerji miktarı 13.371 Milyon Ton Eşdeğer Petrol (MTEP) (155.505 TWh) (Şekil 2.3) olup, bu enerji miktarı temin edilirken kullanılan kaynaklar sırasıyla; % 31,4 petrol, % 29 kömür, % 21,3 doğalgaz, % 13,5

yenilenebilir enerji kaynakları (biyoyakıt, hidroenerji ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları bir arada gösterilmiştir) ve % 4,8 nükleer enerji olarak ifade edilmiştir (Şekil 2.3).



**Şekil 2.3.** Dünyada enerji üretim kaynaklarının kullanılma oranı (2012 yılı) (Anonim,2014 a).

Dünyada 2012 yılı enerji tüketim miktarı 8.979 MTEP (104.426 TWh) olarak belirtilmiştir (Şekil 2.4). Bu miktarda enerji tüketilirken kullanılan kaynaklar; sırasıyla % 40,7 petrol, % 18,1 elektrik, % 10,1 kömür, % 15,2 doğal gaz ve % 15,9 yenilenebilir enerji kaynakları (biyoyakıt, hidroenerji ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları bir arada verilmiştir) olarak ifade edilmiştir (Şekil 2.4).



**Şekil 2.4.** Dünyada enerji tüketim yüzdesinin enerji kaynaklarına göre dağılımı (2012 yılı) (Anonim, 2014 b).

TEİAŞ 2014 verilerine göre, Türkiye’de elektrik üretimi 251.962,80 GWh olup, enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki paylarına göre; doğal gaz (% 47,85), kömür (% 30,27), yenilenebilir enerji kaynakları (% 21,03) ve sıvı yakıtlar (% 0,85) şeklinde

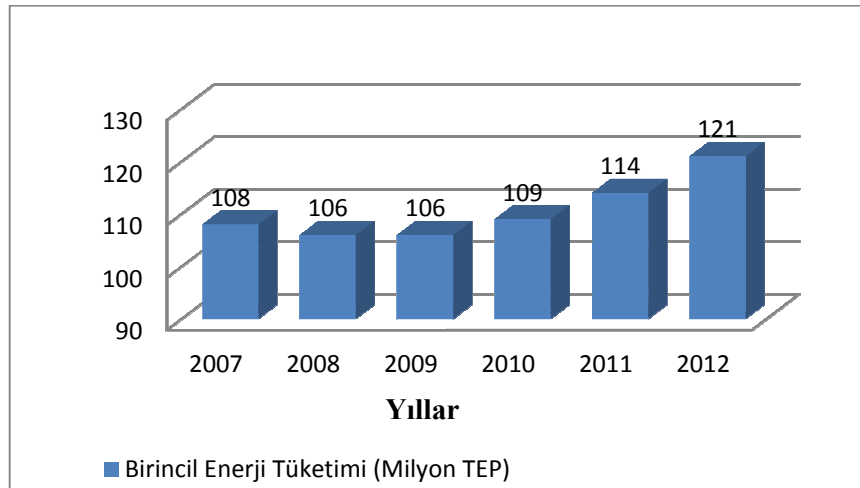
sıralanabilmektedir (Çizelge 2.1). Türkiye'nin 2014 yılındaki elektrik üretimi **251.962,80 GWh/yıl** iken, elektrik tüketimi **257.220,1 GWh/yıl** olarak bildirilmiştir (Anonim, 2014a).

**Çizelge 2.1.** Türkiye elektrik enerjisi üretiminin birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı 2014 (Anonim, 2014a).

<b>Birincil Enerji Kaynakları</b>	<b>Elektrik Üretim (GWh)</b>	<b>Elektrik Üretimindeki Payı ( %)</b>
Kömür	76.262,70	30,27
Sıvı Yakıtlar	2.145,30	0,85
Doğal Gaz	120.576	47,85
Yenilenebilir Enerji Kaynakları*	52.978,80	21,03
<b>TOPLAM</b>	<b>251.962,80</b>	<b>100,00</b>

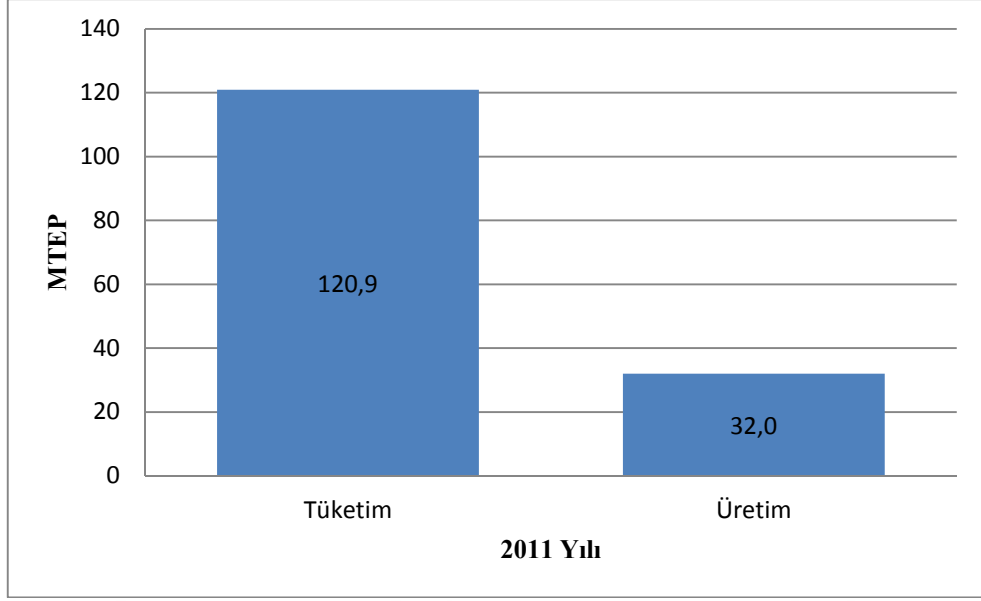
(\*Yenilenebilir enerji kaynakları; hidrolik, jeotermal, rüzgâr, güneş, diğer yenilenebilir kaynaklardır)

Son on yıllık dönemde süren ekonomik büyüme Türkiye'nin ithal enerji kaynaklarına olan bağımlılığını arttıracak etki yapmıştır. Türkiye'nin 2012 yılındaki toplam birincil enerji tüketimi 121 MTEP olmuştur; bu rakam 2011 yılındaki 114 MTEP düzeyine göre yaklaşık yüzde 6 daha yüksektir ve bu arzın büyük bir kısmı ithalat yoluyla sağlanmıştır. (Şekil 2.5).



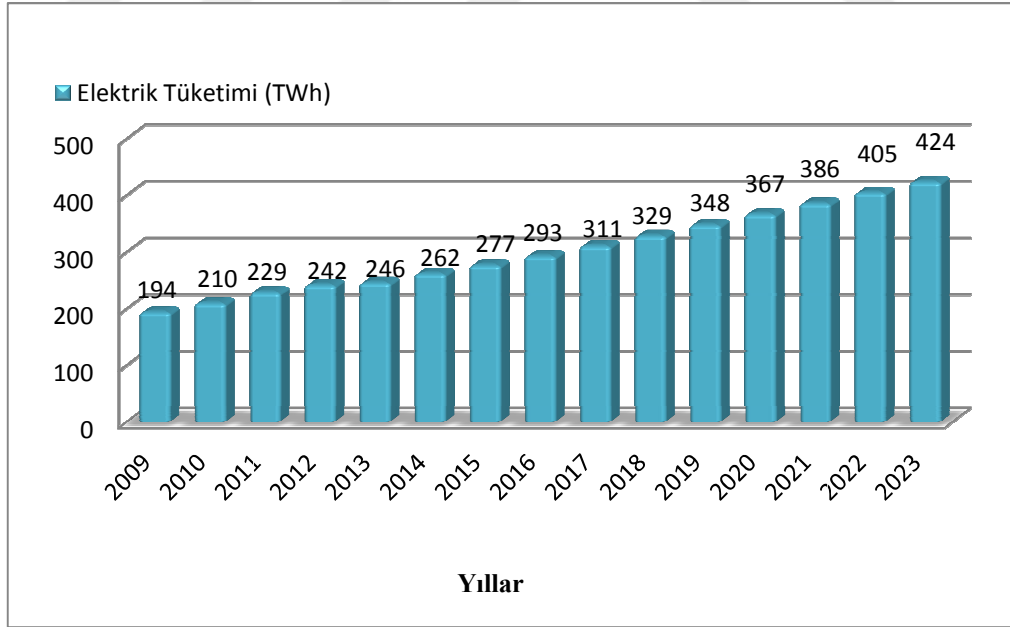
**Şekil 2.5.** Türkiye'nin yıllara göre birincil enerji kaynaklarının tüketimleri (Anonim, 2014 c).

2012 yılında Türkiye'nin yerli kaynaklardan enerji üretimi birincil enerji tüketiminin yaklaşık yüzde 26'sını karşılamaktadır (Şekil 2.6).



**Şekil 2.6.** Türkiye birincil enerji üretim ve tüketim değerleri (2011) (Anonim, 2014 c).

Türkiye'nin enerji tüketiminin önümüzdeki on yıllık dönemde artması beklenmekte olup, birincil enerji tüketimi projeksiyonuna göre; 2023 yılında enerji tüketiminin 424 TWh olacağı tahmin edilmektedir (Şekil 2.7).



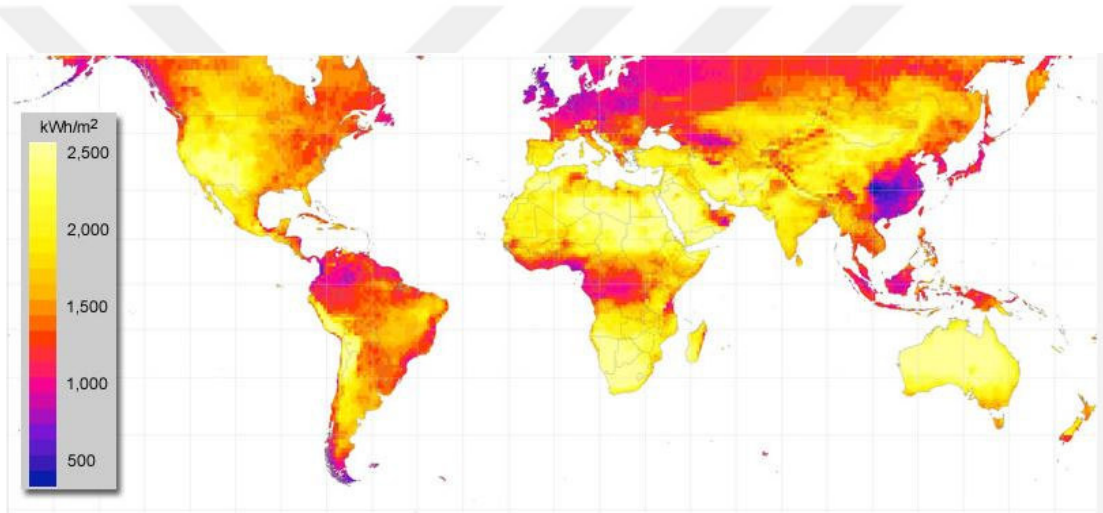
**Şekil 2.7.** Türkiye yıllara göre elektrik tüketimi ve elektrik tüketimi projeksiyonu (Anonim, 2014 c).

### 2.3.1 Güneş ve rüzgâr enerjilerinin kullanımı durumu

Konu kapsamında, dünyada ve ülkemizde çeşitli enerji kaynaklarının elektrik üretimi için kullanımı, enerji üretimi ve enerji tüketimleri hakkında bilgi verilmiştir.

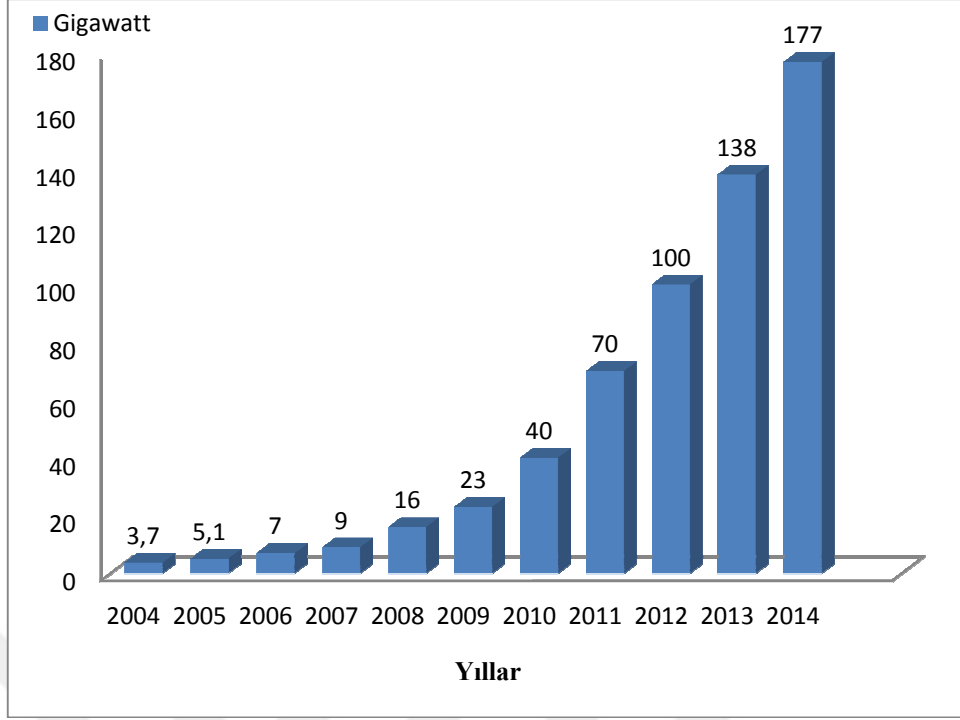
#### 2.3.1.1 Dünyada güneş enerjisinin kullanım durumu

Dünyaya bir günde güneşten gelen enerji miktarı, günlük tüketimin yaklaşık 15.000 katıdır. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisi, güneşin görüldüğü her metrekarede 1.367 Watt'dır (Anonim, 2009). Ülkelerinin güneş enerjisinden etkin yararlanma durumları verilmiştir (Şekil 2.8).



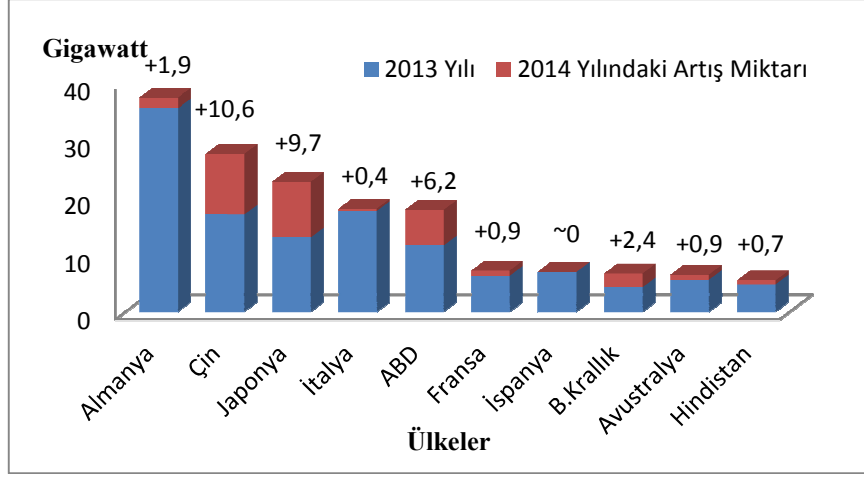
Şekil 2.8. Dünya ışınlım haritası (Url-14)

2004 yılında Dünya genelinde kullanım kapasitesi 3,7 GW olan fotovoltaik piller, 2014 yılında 177 GW'lık kullanım kapasitesine ulaşmıştır. 2013 yılından 2014 yılına kadar olan bir yıllık süreçte fotovoltaik pillerin kullanım kapasitesinin yaklaşık 40 GW'lık bir yükselme göstererek veriler dâhilindeki en büyük artışının meydana geldiği görülmektedir (Şekil 2.9).



**Şekil 2.9.** 2004-2014 yılları arasında global fotovoltaik pil kullanım kapasiteleri (Anonim, 2015).

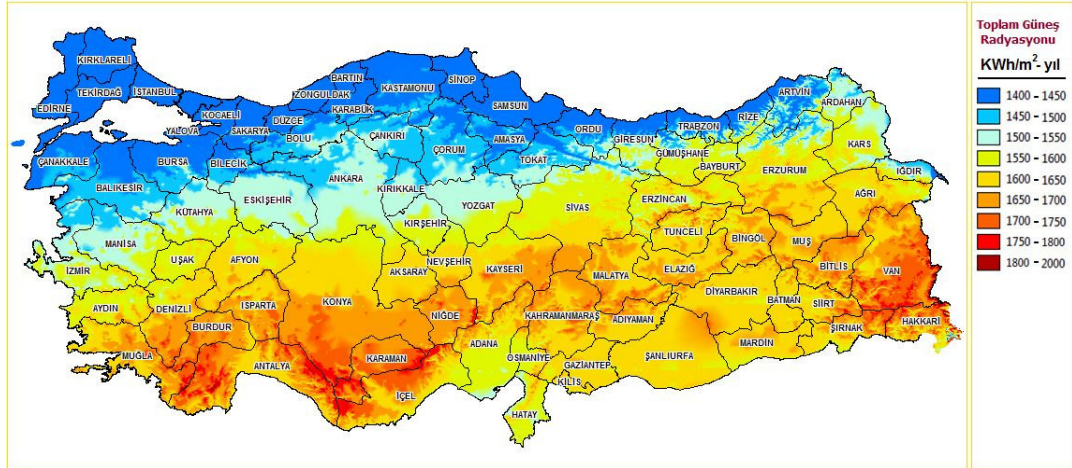
Fotovoltaik pillerin kullanımda lider konumda bulunan ülkelerden birçoğu 2014 yılında kullanım kapasitelerini arttırmışlardır. Fotovoltaik pillerin kullanım kapasitelerini en çok arttıran ülkeler yaklaşık 10,6 GW'lık artış ile Çin, 9,7 GW'lık artış ile Japonya ve 6,2 GW'lık artış ile Amerika Birleşik Devletleri olarak görülmektedir. Fotovoltaik pillerin kullanımında lider konumda bulunan Almanya 2013, yılından 2014 yılına kadar kullanım kapasitesini 1,9 GW, İtalya 0,4 GW, Fransa ve Avustralya 0,9 GW, Birleşik Krallık 2,4 GW ve Hindistan 0,7 GW arttırdığı, İspanya'nın fotovoltaik pil kullanım kapasitesinde ise, 2013 yılından 2014 yılına gelindiğinde neredeyse bir değişim olmadığı görülmektedir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Fotovoltaik pil kullanan bazı ülkelerin 2013-2014 yıllarında kapasiteleri (Anonim, 2015).

### 2.3.1.2 Türkiye’de güneş enerjisinin kullanım durumu

Türkiye’nin, yer aldığı coğrafya nedeni ile güneş enerjisi potansiyeli önemli bir konumdadır. Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2.640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1.311 kWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m<sup>2</sup>) olduğu belirtilmektedir” (Url-15).



Şekil 2.11. Türkiye güneş enerjisi potansiyelleri atlası (Url-16).

Türkiye’nin güney bölgelerinin 1.550-1.800 kWh/m<sup>2</sup>-yıl aralığında, kuzey bölgelerinin 1.400-1.550 kWh/m<sup>2</sup>-yıl aralığında güneş ışınımına maruz kaldığı, özellikle Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgeleri’nin yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip olduğu görülmektedir (Şekil 2.11).

Türkiye’de, Akdeniz ve Ege Bölgelerinde güneş enerjisi genellikle ısıtma amaçlı kullanılmakta olup, güneşten gelen ışınların ısı enerjisine dönüştüren sistemlerden faydalanılmaktadır. Türkiye’de yaklaşık 12 milyon m<sup>2</sup>’lik alanda güneş kolektörü kurulu durumdadır. Güneş enerjisi kullanılarak elde edilen ısı enerjisi yaklaşık olarak 420.000 TEP seviyelerindedir (Url-15).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı web sitesinde Türkiye’de fotovoltaik sistemlerin kullanımını hakkında şu bilgiler verilmiştir (Url-17):

“Fotovoltaik sistemlerin kullanımının yaygınlaşması için gerekli olan 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu 29/12/2010 yılında revize edilmiş ve 2013 yılında mevzuat çalışmaları tamamlanmıştır. Güneş enerjisinden elektrik üretimine yönelik hukuki ve teknik düzenlemelerin tamamlanması sonrasında EPDK tarafından 10-14 Haziran 2013 tarihleri arasında lisans başvuruları alınmıştır. Bu başvurularda, 600 MW olarak belirlenen kapasite için yaklaşık 9.000 MW’lık kurulu güce karşılık gelen 496 adet başvuru yapılmıştır. GES önlisans başvuru yarışmaları sonuçlanmış olup, bugün itibarıyla EPDK tarafından 5 adet güneş enerjisi santraline önlisans, 2 adet güneş enerjisi santraline lisans verilmiştir. Sürecin sonunda toplam 49 adet güneş enerjisi santraline önlisans-lisans verilmiş olacaktır. Önümüzdeki yıllarda kademeli olarak kapasite artırılabilecek ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2023 hedefine göre; en az 3000 MW lisanslı PV santral kurulu gücüne ulaşılacağı beklenmektedir. Lisanssız elektrik üretim santrallerinin kurulmasıyla birlikte 2015 yılı sonu itibarıyla güneş enerjili santral sayısı 362 olarak görülürken bu santrallerin toplam kurulu gücü ise 248,8 MW’dır”.

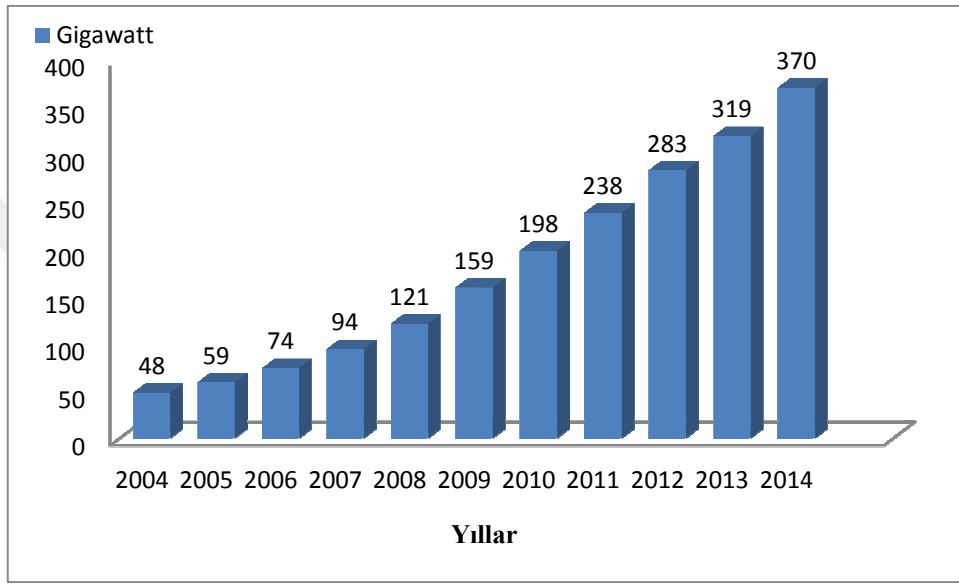
### **2.3.1.3 Dünyada rüzgâr enerjisinin kullanım durumu**

Dünyada rüzgâr enerjisi kullanımını hakkında Şenel ve Koç (2015) tarafından şu bilgiler aktarılmıştır:

“Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından bildirilmiş olan verilere göre; 5,1 m/s üzerinde rüzgâr kapasitesine sahip olan bölgelerin dünya rüzgâr potansiyelleri 53.000 TWh/yıl olarak belirtilmiştir. Rüzgâr enerji potansiyeli yüksek olan kıtalar;

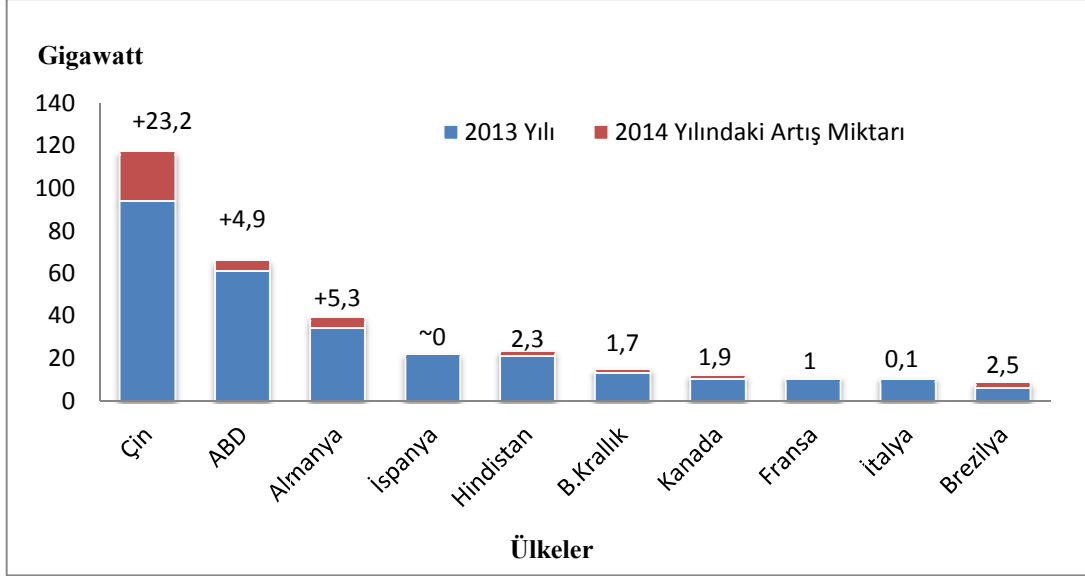
Kuzey Amerika, Kuzey Asya, Afrika, Güney Amerika, Batı Avrupa, Asya (kuzey kesimler hariç) ve Okyanusya kıtaları şeklinde sıralanmaktadır”.

2004 yılında, dünya genelinde kullanım kapasitesi 48 GW olarak belirtilen rüzgâr gücünün, 2014 yılında 370 GW’lık seviyeye ulaştığı, 2013 yılından 2014 yılına kadar olan bir yıllık süreçte, rüzgâr gücü kullanım kapasitesinin yaklaşık 51 GW’lık bir yükselme ile veriler dâhilindeki en büyük artışın olduğu görülmektedir (Şekil 2.12).



**Şekil 2.12.** 2004-2014 yılları arası global rüzgâr gücü kapasiteleri (Anonim, 2015).

Rüzgâr gücü kullanımında lider konumda olan 10 ülkeden birçoğu 2014 yılında kullanım kapasitelerini arttırmışlardır. Rüzgâr gücü kullanım kapasitelerini en çok arttıran ülkeler 23,2 GW ile Çin, 5,3 GW’lık artış ile Almanya ve 4,9 GW’lık artış ile Amerika Birleşik Devletleri olmuştur. 2013-2014 yılları arasında, İspanya’nın rüzgâr gücü kullanım kapasitesinde değişiklik yaşanmadığı, Brezilya’nın 2,5 GW, Hindistan’ın 2,3 GW, Birleşik Krallık’ın 1,7 GW, Kanada’nın 1,9 GW, Fransa’nın 1,0 GW ve İtalya’nın da 0,1 GW’lık bir artış gerçekleştiği belirtilmektedir (Şekil 2.13).



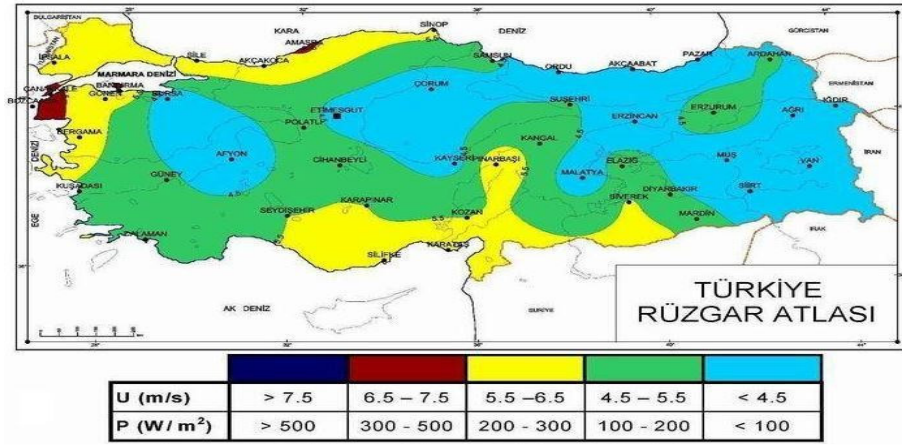
**Şekil 2.13.** Bazı ülkelerin 2013-2014 yıllarında artan rüzgâr gücü kapasiteleri (Anonim, 2015).

#### 2.3.1.4 Türkiye’de rüzgâr enerjisinin kullanım durumu

Türkiye’de rüzgâr enerji potansiyeli hakkında Şenel ve Koç (2015) tarafından;

“Türkiye’de rüzgâr ölçümlerinin, istasyon yetersizliğine rağmen Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından yapılmakta olduğu, Rüzgâr Enerjisi Potansiyelleri Atlaslarından (REPA) güncel olarak verilerin alınabilmesi için istasyon sayılarının artırılması gerektiği, böylece elde edilecek güncel ve net veriler ile yatırım planlaması yapmakta olan kurum ve kuruluşların teşvik edilebileceğini” bildirmektedir.

MGM tarafından, saatlik ham rüzgâr verilerinin istatistiksel analizleri, çalışma için özel olarak hazırlanan bilgisayar programları ve Rüzgâr Atlası Analiz ve Uygulama Programı WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program) yardımıyla yapılmış ve Türkiye Rüzgâr Atlasının hazırlanması için, mümkün olduğunca homojen dağılım gösteren 45 adet Meteoroloji İstasyonu değerlendirilmiş olup, rüzgâr hızı (m/s) ve elde edilebilecek potansiyel enerji ( $W/m^2$ ) parametreleri dikkate alınarak Türkiye REPA hazırlanmıştır (Url-18) Türkiye REPA aşağıda gösterilmiştir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Türkiye rüzgar atlası (Url-18).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı web sitesinde Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli ve yıllık rüzgâr enerjisi üretimi hakkında şu bilgiler verilmiştir (Url-19):

“Türkiye’de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde rüzgâr santrali kurulabileceği kabul edilmiştir. Buna göre, orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak üretilen rüzgâr kaynak bilgilerinin verildiği Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) hazırlanmıştır. Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiştir. Bu potansiyele karşılık gelen toplam alan Türkiye yüz ölçümünün % 1,30’una karşılık gelmektedir. Türkiye’de, 2015 yılı sonu yıllık rüzgâr enerjisi üretim miktarı 11.552 GWh, işletmede olan rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücü ise 4.503 MW’dır”.

## 2.4 Enerji Kaynaklarının Maliyetlerine Göre Değerlendirilmesi

Enerji üretim santrallerinde maliyet unsurları değerlendirilirken, genellikle santralin ilk yatırım, işletme ve değişken işletme maliyetlerinden bahsedilmektedir. Enerji üretim santrallerinin; arazi, inşaat ve santral ekipmanları temini için oluşan sabit giderlerine ilk yatırım maliyeti, enerji üretim santralının kurulum aşamasından sonra; personel, sigorta, yedek parça ve periyodik bakım-onarım giderleri gibi enerji üretimi için önceden planlanabilir/öngörülebilir sabit giderlerine işletme bakım maliyetleri ve enerji üretim santralının, enerji üretmek için kullandıkları hammadde ve ara ürün harcamalarına değişken işletme maliyeti denilmektedir (Kaya ve Koç, 2015).

#### 2.4.1 Güneş enerji kaynaklarının maliyetlerine göre değerlendirilmesi

Güneş enerjisi üretim sistemlerinden olan fotovoltaik sistemlerin, işletme proseslerinin kolay, maliyetlerinin ucuz olması, mekanik olan aksamaların yıpranmaması, sistemin çabuk bir şekilde elektrik üretimine başlayabilecek olması, güneşten başka bir yakıtta ihtiyaç duymaması ve çevre dostu bir enerji üretim sistemi olması nedeni ile hem global pazarda hem de ülkemizde kullanımı yaygınlaşmaktadır (Köroğlu vd., 2010).

5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretim Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'da, "Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretimi" satış bedeli 13,3 \$ cent/kWh olarak belirtilmiş olup, tesis tipinde kullanılacak ekipmanlara yerli katkı ilavesi aşağıda gösterilmiştir (Çizelge 2.2).

**Çizelge 2.2.** Fotovoltaik GES yerli üretim katkı ilavesi (Url-20)

Tesis Tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı İlavesi (\$ cent/kWh)
Fotovoltaik Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi	PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,8
	PV Modülleri	1,3
	PV Modülünü oluşturan hücreler	3,5
	İnvertör	0,6
	PV Modülü üzerine güneş ışığını odaklayan malzeme	0,5

Fotovoltaik GES için satış bedelinin, % 100 yerli imalat ekipmanlar kullanılması durumunda Yerli Üretim Katkı İlavesinin 20 \$ cent/ kWh olabileceği anlaşılmaktadır (Çizelge 2.2). 1 MW'lık GES örnek maliyet hesabı için, PV-GES yaklaşık yatırım maliyeti 890.000 € olarak belirtilmiştir (Url-33). 1 MW'lık GES için 20.000 m<sup>2</sup>'lik (20 da) bir alana ihtiyaç bulunmaktadır (Url-21).

#### 2.4.2 Rüzgâr enerji kaynaklarının maliyetlerine göre değerlendirilmesi

Rüzgârdan elektrik enerjisi için kullanılan rüzgar türbinlerinin ve ekipmanlarının yatırım maliyetleri ile bu ekipmanların toplam maliyetteki yüzde payları verilmiştir (Çizelge 2.3).

**Çizelge 2.3.** 1 MW’lık rüzgâr türbini maliyeti (Ağdere, 2012)

	<b>Yatırım Euro 1000/MW</b>	<b>Toplam Maliyetteki Payı %</b>
Türbin	928	75,6
Şebeke Bağlantısı	109	8,9
Kuruluş	80	6,5
Arazi Kirası	48	3,9
Elektrik Bağlantısı	18	1,5
Danışmanlık	15	1,2
Finansal Maliyetleri	15	1,2
Yol Yapımı	11	0,9
Kontrol Sistemleri	4	0,3
<b>TOPLAM</b>	<b>1.228</b>	<b>100</b>

Yatırım maliyetleri ülkelere göre değişiklik göstermekle birlikte, baz alınan yaklaşık değerler ile 1 MW’lık RES yatırım maliyetinin 1.228.000 € olduğu görülmektedir (Ağdere, 2012).

5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretim Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun’da, “Rüzgâr Enerjisine Dayalı Elektrik Üretimi” satış bedeli 7,3 \$ cent/kWh olarak belirtilmiş olup (Url-20), tesis tipinde kullanılacak ekipmanlara yerli katkı ilavesi gösterilmiştir (Çizelge 2.4). RES yapımında kullanılan ekipmanın tamamının yerli olması durumunda satış bedelinin 11 \$ cent/kWh’e kadar yükselebileceği görülmektedir.

**Çizelge 2.4.** RES yerli üretim katkı ilavesi (Url-20)

<b>Tesis Tipi</b>	<b>Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat</b>	<b>Yerli Katkı İlavesi ( \$ cent/kWh)</b>
Rüzgâr Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi	Kanat	0,8
	Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
	Türbin kulesi	0,6
	Rotor ve nasal gruplarındaki mekanik aksam	1,3

## 2.5 Enerji Kaynaklarının Çevreye Etkilerine Göre Değerlendirilmesi

İhtiyaç duyulan enerjinin karşılanması yenilenemez ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile mümkün olmaktadır. Bu kısımda enerji kaynaklarının çevreye etkilerine göre değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çevre kirliliğinin tanımı Yaşar (2011): “Dünya üzerindeki canlıların sağlıklarını ciddi biçimde tehdit eden, cansız nesnelere yapılarını ya da niteliklerini değiştiren yabancı maddelerin; hava, su ve toprağa karışması olayına kısaca çevre kirliliği denilmektedir” şeklinde ifade edilmiştir.

Gün geçtikçe artmakta olan enerji tüketimi, oluşturduğu atıklar ile yaşam kalitesini düşürmekte ve çevre kirliliğini arttırmaktadır. Enerji tüketiminde yüksek miktarlarda kullanılan fosil yakıtlar, barındırdıkları sera gazlarının salınımı ile de iklim değişikliğine neden olmaktadır (Albayrak, 2011).

Güneşin yeryüzünü ısıtması sırasında atmosferdeki gazlar (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub> ve CFC) ısının bir kısmını tutarak ısı kaybını engeller ve yeryüzünün ısınmasını sağlar. Atmosferin bu ısıtma ve yalıtma özelliğine sera etkisi denilmektedir (Özmen, 2009).

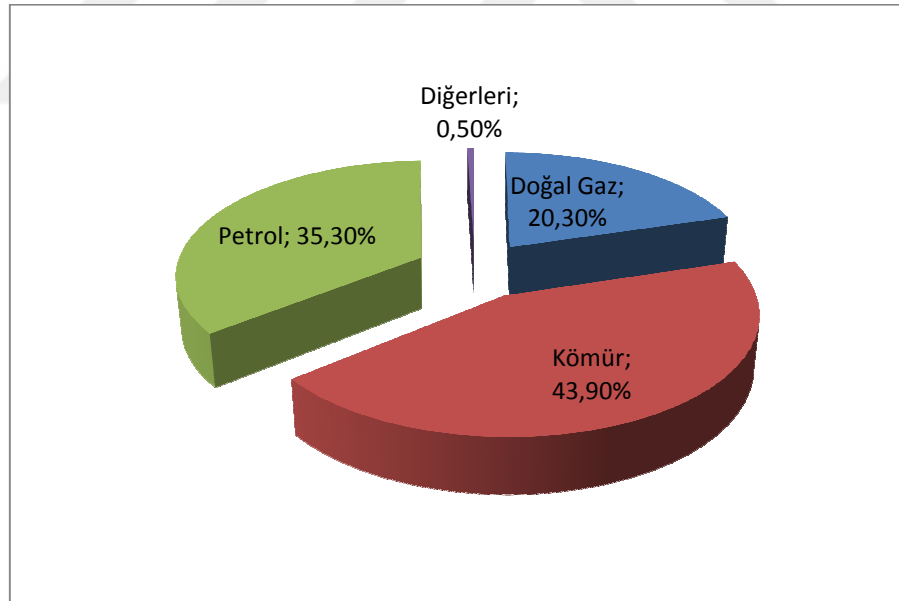
İnsan faaliyetleri ve sanayileşme sonucunda sera gazları olarak adlandırılan gazların artmasına neden olmuştur. Sera gazlarının artması sonucunda güneşten gelen ısının daha fazla tutulması ile dünya genelinde ısı artış meydana gelmiştir. Bu ısı artışına küresel ısınma denilmektedir (Akın, 2006).

Uluslararası kurum ve kuruluşlarca yapılan araştırmalar sonucunda sera gazı üretiminin canlı yaşamı ve dünyanın geleceği için tehlikeli olduğu öngörölmüş, Uluslararası toplantılar yapılarak yayımladıkları bildirgeler, protokoller ve kurdukları çeşitli ajans ve platformlar ile ölkelere yaptırımlar uygulamaya çalışmışlardır. Bu konuda yapılan çalışmalardan bazıları; Stockholm Bildirgesi (1972), Birinci Dünya İklim Konferansı (1979), Rio Deklarasyonu (1992) ve Kyoto Protokolü (1997)'dür.

## 2.5.1 Yenilenemez enerji kaynakların çevreye etkileri

### 2.5.1.1 Fosil yakıtların çevreye etkisi

Fosil yakıtlı enerji kaynakları yanma süreçleri sonucunda yoğun miktarda CO<sub>2</sub> içermektedirler. CO<sub>2</sub> emisyonu % 43,9 ile kömürden, % 35,3 ile petrolden, % 20,3 ile doğalgazdan ve % 0,5 ile de diğer tüm enerji kaynaklarından kaynaklanmaktadır (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. 2012 yılı CO<sub>2</sub> emisyonunun kaynaklara göre dağılımı (Anonim, 2014 b).

#### 2.5.1.1.1 Kömür enerjisinin çevreye etkileri

Geleneksel kömür yakma işlemleri sonucunda oluşan küller, santrale yakın bölgelere rüzgâr ve atmosferik faaliyetler ile çökeliirler. Kömür yakma işlemlerinde oluşan

emisyonların Cu, Co, Zn, Cd, Pb, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve Hg gibi bileşikleri içermesi ile asit yağmurlarının oluşumuna etki ederler (Hung, 2010, Url-34).

#### **2.5.1.1.2 Petrol enerjisinin çevreye etkileri**

Petrol enerjisinin çevreye etkileri hakkında Cholakov (2014) tarafından şu bilgiler verilmiştir:

“Petrol endüstrisinden meydana gelen emisyonlar; yanma emisyonu, proses emisyonu, kaçak emisyonlar, petrol sıvısının kullanımı ve depolanması sırasında oluşan ikincil emisyonlardan kaynaklanan emisyonlar olarak sınıflandırılabilir. Proses emisyonları proses birimlerinde meydana gelirler ve proses bacalarından salınırlar. İşlenmemiş petrolün işlenmesi ve depolanması petrolün anlık ve son türevleri kadar depolama ve kullanım sırasında oluşan emisyonlara katkıda bulunurlar. Üretim ya da proses birimlerinin su sistemleri ikincil kirliliğin ana kaynağıdır”.

#### **2.5.1.1.3 Doğal gaz enerjisinin çevreye etkileri**

Yüksek içerikte metan, geri kalan kısmı ise etan, propan, bütan ve karbon dioksitten oluşan doğal gaz, yakılma işleminin ardından yapısında kükürt ve kükürt içerikli bileşikler bulunmaması nedeniyle, kükürt dioksit gibi zehirli gazlar açığa çıkmamaktadır. İnsan ve doğa için zararlı gaz emisyonuna neden olmayan doğal gaz, temiz bir enerji kaynağı olarak belirtilmektedir (Gültekin ve Örgün, 1993; Kaya, 2012).

#### **2.5.1.2 Nükleer enerjinin çevreye etkileri**

Nükleer enerji elde etmek için, çeşitli cevherlerin özellikle uranyumun çıkarılması gerekmekte, bu işlem sırasında çevresel kirlilik oluşabilmektedir. Çıkarılan cevherlerin, nükleer reaktörlerde işlenmesi sonucunda ortaya çıkan kullanılmış atıkların yarılanma ömürlerinin uzun olması nedeniyle kontrolsüz bir şekilde çevreye bırakılması radyoaktif kirliliğe neden olabilmektedir. Radyoaktif atıkların uygun koşullarda depolanması, uzaklaştırılması ve nakledilmesi gerekir aksi takdirde bu atıklar, radyoaktif kirliliğe neden olabilmektedir (Arıkan, 2014; Ertürk vd., 2006; Url-34).

## **2.5.2 Yenilenebilir enerji kaynakların çevreye etkileri**

Yenilenebilir enerji kaynakları dünya genelinde elektrik üretiminin % 19'unu karşılamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları elektrik üretiminde kullanıldığı gibi ısıtma sistemleri ve ulaşım araçlarında yakıt olarak da kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları değerlendirilirken; enerji kaynaklarının verimliliği maliyeti, kullanım ömrü ve çevresel etkileri değerlendirilmelidir (Klugmann Radziemska, 2014).

### **2.5.2.1 Hidroelektrik enerjisinin çevreye etkileri**

Hidroelektrik santraller hava kirliliğine etki etmezken, santrallerin yapımı ve kullanımını sırasında barajlar, akarsu sistemlerindeki doğal yaşama zarar verebilir. Geniş alanları kaplayabilen hidroelektrik santraller nedeni ile dünya genelinde yaşadığı alandan taşınmak zorunda kalan insan nüfusu azımsanmayacak seviyelerdedir. Hidroelektrik Enerji Santralleri (HES) kuruldukları coğrafyada bitki örtüsü ve yağış düzenini değiştirebilmekte, tarım arazilerinde kuraklık ve tuzluluk gibi sorunlara neden olabilmektedirler (Klugmann Radziemska, 2014; Url-34).

### **2.5.2.2 Jeotermal enerjinin çevreye etkileri**

Jeotermal kaynaklardan elektrik enerjisi üretimi, fosil yakıtlardan elektrik üretimine göre daha düşük miktarda sera gazı emisyonuna neden olmakla birlikte, jeotermal kaynakların kullanımının da çevreye olumsuz etkileri bulunmaktadır. Büyük çapta inşaat alanı gerekliliği, gürültü kirliliği ve atık oluşumu durumları sıklıkla görülmektedir. Jeotermal enerjiye ulaşım sırasında yer altı sularında kirlenmeler olabilmekte, bu durum nedeni ile bazı canlıların doğal habitatlarının bozulması da söz konusu olabilmektedir. Çeşitli çevresel düzenlemeler nedeni ile jeotermal enerji kullanımının zararlı etkileri düşürülebilmektedir (Hunt, 2001).

### **2.5.2.3 Biyokütle enerjisinin çevreye etkileri**

Biyokütle enerji santralleri, fosil yakıt santralleri ile birbirlerine benzemektedirler. Her iki enerji kaynağı da hammaddelerinin yakılmasıyla elektrik enerjisi üretebilmektedir. Biyokütle enerji kaynağının hammaddelerinden olan çöp ve benzeri atıklar yakıldıkları

takdirde içerdikleri karbon bileşenleri ile sera gazı emisyonlarına katkı yapabilirken, depolandıkları zaman yer altı sularına karışma ve görsel anlamda kirliliğe neden olma gibi sorunlara yol açabilmektedirler. Biyokütle hammaddeleri, kullanılırken kontrollü bir şekilde yakılma veya depolanma sağlanması halinde çevreyle uyumlu bir enerji kaynağı olarak kullanılabilir (Klugmann Radziemska, 2014; Url-34).

#### **2.5.2.4 Hidrojen enerjisinin çevreye etkileri**

Hidrojen enerjisinin çevresel etkileri hakkında şu bilgiler aktarılmıştır:

“21. Yüzyılın enerjisi olarak varsayılmaktadır. Giderek ağırlaşan çevre sorunu ve küresel ısınma, tükenen hidrokarbon kaynakları hidrojen gibi sentetik yakıtları cazip duruma getirmektedir. Hidrojen motor yakıtı olarak kullanılabilirliği gibi, sanayide, elektrik üretiminde, konutlarda güvenle kullanılabilir durumdadır. Hidrojen çağına ekonomik koşullara göre 10-15 yılda girilmesi beklenmektedir” (Url-34).

#### **2.5.2.5 Okyanus enerjisinin çevreye etkileri**

Okyanus enerji kullanılırken yüksek hacimlerde su alınması ve işlem sonunda derinlere deşarj edilmesi gerekmektedir. Bu durum, hareket halinde olan ısınmış suyun, daha derinliklerde yer alan soğuk su ile karışması anlamına gelmektedir. Su içerisindeki doğal hayatta, tuzluluk, besin miktarının azalması ve bulanıklık gibi olumsuzluklara neden olabilmektedir (Ertürk vd., 2006).

#### **2.5.2.6 Güneş enerjisinin çevreye etkileri**

Fotovoltaik sistemlerin, diğer tehlikeli elektrik üretim teknolojilerine göre daha güvenli olduğunu kanıtlanmıştır. Fotovoltaik sistemler gürültü kirliliğine ve proses sürerken çevreye herhangi bir kirlilik oluşturmaz. Ancak fotovoltaik pil hücreleri yapılarında trikloroethan, aseton, amonyak ve metanol gibi bazı kimyasalları bulundurur. Çok büyük ölçekli enerji santrallerinde bu kimyasalların havaya, suya ya da toprağa karışması durumunda kirlilik durumu oluşabilmektedir. Fotovoltaik sistemler suya gereksinim duymazken, termal sistemler soğutma amaçlı olarak suyu kullanmaktadırlar.

Bu nedenle, güneş enerji sistemleri atık malzemeleri düzenli olarak toplandığı takdirde çevreye olumsuz bir etki yaratmaz (Klugmann Radziemska, 2014).

#### **2.5.2.7 Rüzgâr enerjisinin çevreye etkileri**

Rüzgâr enerjisi ile elektrik üretimi için kurulan türbin sistemlerinin operasyonel ömürleri 20-25 yıl arasında değişmekte, hava kirliliğine neden olabilecek herhangi bir kirlenici salınımı oluşmamaktadır. Her ne kadar modernleşen rüzgâr türbinleri, geleneksel türbinlere göre daha az gürültü kirliliğine neden olsa da bu sorun mevcut şartlarda devam etmekte, rüzgâr türbinlerinin, yavaş ve sessiz dönmesi kuşlara zarar verebilmektedir. Rüzgâr türbinlerinin inşa edilmesi ve daha sonra kullanılabilmesi için büyük araziler gerekmektedir. Türbin pervanelerinin yaratabileceği yapay elektromanyetik alan da çevresel anlamda olumsuzluk olarak sayılabilmektedir (Ertürk vd., 2006; Klugmann Radziemska, 2014).

#### **2.5.2.8 Enerji kaynaklarının avantaj ve dezavantajlarının karşılaştırılması**

Enerji kaynaklarının avantaj ve dezavantajlarının karşılaştırılması çizelge 2.5’de verilmiştir.

**Çizelge 2.5. Enerji kaynaklarının avantaj/dezavantajlarının karşılaştırılması**

Enerji Kaynağı	Avantajları	Dezavantajları
<p><b>Kömür</b> (Anonim, 2013b; Ayhan, 2009; Gülsuna, 2007; Kızıltan, 2010; Sideris, 2010)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ekonomik anlamda diğer enerji kaynaklarına göre daha uygun bedellerle elde edilebilir.</li> <li>• Yaygın kullanım alanına sahip olduğu için temin edilmesi kolay bir yakıt türüdür.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İçerdiği SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> gazları ile sera gazı, hava kirliliği gibi çevresel ve bazı solumumsal sağlık sorunlarına neden olur.</li> <li>• Kömür cevheri çıkartırken doğada çeşitli tahribatlara neden olur.</li> <li>• Yenilenemez bir enerji kaynağı olması nedeni ile kaynakları zaman içerisinde tükeneceği tahmin edilmektedir.</li> </ul>
<p><b>Petrol</b> (Anonim, 2016; Ayhan, 2009; Kızıltan, 2010; Sideris, 2010)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yüksek verimlidir.</li> <li>• Taşınması, elde edilmesi ve kullanılması kolay olan yaygın kullanım alanına sahip olan bir yakıt türüdür.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Petrol çıkartmak amacı ile açılan kuyular ve enerji elde etmek için gerçekleştirilen yanma reaksiyonu ile ortaya çıkan yüksek karbon emisyonu çevre kirliliğine neden olmaktadır.</li> <li>• Yenilenemez bir enerji kaynağı olması nedeni ile kaynakları zaman içerisinde tükeneceği tahmin edilmektedir.</li> </ul>
<p><b>Doğalgaz</b> (Anonim, 2006; Anonim, 2016; Ayhan, 2009; Kızıltan, 2010; Sideris, 2010)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fosil yakıtlar içerisinde karbon içeriği en düşük olan yakıt türü olması nedeni ile daha temiz bir enerji kaynağıdır.</li> <li>• Koku ve kül gibi atıklar oluşturmaz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pahalıdır.</li> <li>• Diğer fosil yakıt türlerine göre daha temiz bir yakıt olmasına karşın, çevre kirliliğine neden olacak emisyonlara sahiptir.</li> <li>• Yenilenemez bir enerji kaynağı olması nedeni ile kaynakları zaman içerisinde tükeneceği tahmin edilmektedir.</li> </ul>
<p><b>Nükleer Enerji</b> (Ayhan, 2009; Demirbağ, 2013; Kızıltan, 2010; Mercan, 2011; Temurçin ve Ağaoğlu, 2003)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yüksek enerji potansiyel profili ve rezervleri ile uzun ömürlü ve yüksek verimlilikte elde edilen enerji türüdür. tir. Bugünkü rezervlerin nükleer santralleri 150 yıl besleyebileceği hesaplanmıştır.</li> <li>• Küçük miktarda hammaddeden yüksek miktarda enerji elde edilir ve hammadde maliyetleri uygundur.</li> <li>• Kolay sıkıştırılabilir, taşınabilir ve geri dönüştürülebilir atıklara sahiptir. Sera gazı emisyonu olmadığı için küresel ısınmaya neden olmaz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atıklar radyoaktif özellik gösterdiği ve radyoaktif maddelerin yarılanma ömürleri uzun olduğu için tehlikeli ve bertaraf edilmesi zordur.</li> <li>• Kaza, emniyet ve güvenlik konularında alınması gereken emniyet tedbirleri tam olsa bile doğal afetler sonrasında oluşabilecek sızıntıların olduğu benzer kazalara tamik olmuştur.</li> <li>• Santrallerde gerçekleşen proseslerin soğutma suyuna ihtiyaç duyması nedeni ile yüksek debili akarsu, göl ya da deniz kenarlarına kurulmak gibi coğrafi zorunlulukları vardır.</li> </ul>

**Çizelge 2.5. (Devam) Enerji kaynaklarının avantaj/dezavantajlarının karşılaştırılması**

<p><b>Biyokütle Enerjisi</b> (Ayhan, 2009; Kızıltan, 2010; Çelik, 2012)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sürekli enerji bir enerji kaynağıdır.</li> <li>Yerli ve temiz bir kaynak olup, çevresel kirliliğe yol açmamaktadır.</li> <li>Üretimi için alan kısıtlaması yoktur, her yerde üretim koşulları sağlanabilmektedir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tarım alanları ile rekabet oluşturmaktadır.</li> <li>Yüksek su içeriği ve düşük verimliliği çeşitli sorunlara neden olabilmektedir.</li> </ul>
<p><b>Hidrojen Enerjisi</b> (Ayhan, 2009; Kızıltan, 2010; Özcan, 2015)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temiz bir enerji kaynağı olup, çevreye zarar vermez.</li> <li>Yanma reaksiyonlarında kullanılabilir, yüksek miktarda enerji elde edilebilecek bir yenilenebilir enerji kaynağıdır.</li> <li>Elde edilmesi kolay ve yüksek rezervlere sahiptir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Depolandığı alanlardan kolay sızabilecek bir yapısı olması nedeni ile depolanması zordur.</li> <li>Pahalı bir enerji kaynağıdır.</li> </ul>
<p><b>Okyanus Enerjisi</b> (Ayhan, 2009; Gülsaç, 2009; Kızıltan, 2010)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yakıt maliyeti olmayan, sınırsız ve ucuz bir enerji kaynağıdır.</li> <li>Dalga kuran vazifesi yaparak, yerleşim yerlerinin medcezirlerle karşı korunmasını sağlar.</li> <li>Çevresel bir kirliliğe neden olmadığı gibi, deniz canlıları için yaşam alanı oluşturur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yüksek maliyetli ve sürekliliği olmayan, kesintili bir enerji kaynağıdır.</li> <li>Kıyıya yakın yerleşim yerleri için görüntü kirliliğine neden olabilir.</li> </ul>
<p><b>Güneş Enerjisi</b> (Albayrak, 2010; Ayhan, 2009; Doğan, 2012; Grozdev, 2010; Hung, 2010; Karataş, 2009; Kızıltan, 2010)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taşınması kolay ve sürekli bir enerji kaynağıdır.</li> <li>Çevreyi kirlileti emisyonları ya da katı atıkları olmadığı için ekolojik kirliliğe neden olmaz.</li> <li>Yakıt olarak güneşi kullanması nedeni ile hammadde sorunu olmaz, kolay işletme şartları ile uzun ömürlü olarak adlandırılan bir enerji kaynağıdır.</li> <li>Yerli kaynak kullanımı ile dışa bağımlılığı azaltır.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mevsimsel ve saatlik ışınım sürelerinin ve radyasyon miktarlarının değişimi nedeni ile kış aylarında ve gece saatlerinde verimsizdir.</li> <li>Depolama imkanı kısıtlı, zor ve pahalıdır.</li> </ul>
<p><b>Rüzgâr Enerjisi</b> (Akkaya, 2007; Ari, 2007; Ayhan, 2009; Güler, 2014; Kızıltan, 2010)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sürdürülebilir, hammadde sorunu olmayan, temiz ve çevreci bir enerji kaynağıdır.</li> <li>İlk yatırım maliyeti sonrasında işletme maliyetleri düşüktür.</li> <li>Rüzgâr potansiyelinin uygun olduğu yerlere kara ve deniz üstü tipleri monte edilebilmektedir.</li> <li>Yerli kaynak kullanımı nedeni ile dışa bağımlılığı azaltır.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rüzgâr sürekli sabit hızda esmediği için zaman zaman dengersiz ve kesintili bir profil çizmektedir.</li> <li>Aşırı yüksek hızla sahip olan rüzgârlar nedeni ile santrallerde hasar meydana gelebilir.</li> <li>Gürültü kirliliğine neden olmakta, yerleşim yerlerinin çok yakınına kurulamamaktadır.</li> <li>Göçmen kuşları için tehlikeler yaratmaktadır.</li> </ul>

## BÖLÜM III

### MATERYAL VE METOT

#### 3.1 Materyal

Çalışmada materyal olarak, Niğde iline ait meteorolojik veriler, arazi kullanım durumu ile elektrik üretim ve tüketimine ait veriler kullanılmıştır. Meteorolojik veriler; Niğde iline ait Yıllık Güneşlenme Süresi, Aylık Işınım Süresi ve Ortalama Rüzgâr hızı verileri olup, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) web sitesinden temin edilmiştir. Arazi kullanım verileri; Niğde iline ait Arazi Yetenek Sınıfları Haritası ve Arazi kullanım verileri olup, İl Çevre Müdürlüğü ve Mülga Tarım ve Köy İşleri Genel Müdürlüğü raporlarından, elektrik ile ilgili verileri ise Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) web sayfasından temin edilmiştir.

YEGM, TÜİK ve Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) verileri kullanılarak Türkiye ve Niğde iline ait elektrik üretim ve tüketim durumları ile Niğde iline ait kurulu güç durumu ve enerji tüketim kaynakları hakkında bilgiler verilmiştir.

#### 3.2 Metot

Çalışmada, Niğde ilinin elektrik tüketiminin PV-GES'ler ile karşılanabilmesi durumunda gereken yatırım maliyetleri ve gerçekleştirilebilecek projeler sonucunda ilin ekonomisine etkileri incelenmiştir. Gerçekleştirilen hesaplamalar için kullanılan metotlar verilmiştir:

Niğde ilinde 1 MW gücünde PV-GES Kurulması ile Elde Edilebilecek Elektrik Enerjisinin Hesaplanması;

- 1 MW'lık PV-GES'ten elde edilebilecek elektrik enerjisi üretim miktarı(GWh/yıl): **A**
- PV-GES'in kurulu gücü (MW): **B**
- İl'in ortalama güneşlenme süresi (saat/gün): **C**
- Kurulum ve İşletme sırasında gerçekleşen kayıp oranı: **D**

- Enerji üretim verimi: **E**

$$A = B \times C \times D \times E \times 365 \text{ gün /yıl} \times 1 \text{ GWh/ 1.000 MWh} \quad (3.1)$$

İşlemi ile Niğde ilinde 1 MW gücünde PV-GES kurulması durumunda elde edilebilecek enerji miktarı hesaplanmaktadır.

Niğde ilinde PV-GES'ler için kullanılabilir arazilerin kullanım oranına göre elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarının hesaplanması;

- 1MW'lık PV-GES'ten elde edilebilecek enerji miktarı (GWh/yıl)= **A**
- 1 MW'lık PV-GES'ten üretilen enerji miktarı (GWh/yıl)= **B**
- İl'e ait kullanılabilir arazi miktarı (ha) = **C**
- 1 MW'lık PV-GES için gereken arazi miktarı (ha) = **D**
- Arazi kullanım oranı (%) = **E**

Bir yılda 1 MW'lık PV-GES'ten elde edilebilecek enerji miktarı:

$$A = B \times C/D \times \%E \quad (3.2)$$

İşlemi ile Niğde ilinde 1 MW'lık PV-GES kurulmasının ardından, ilin kullanılabilir arazilerinin oranına göre elde edilebilecek enerji miktarı hesaplanmaktadır.

Niğde ilinde 1 MW kurulu güce sahip PV-GES' ten elde edilebilecek yıllık gelirin hesaplanması;

- Yıllık gelir (€/yıl): **A**
- Yıllık net gelir (€/yıl): **B**
- Yıllık üretilen enerji (kWh/yıl): **C**
- PV-GES sabit tarife bedeli (€ cent/kWh): **D**
- PV-GES yıllık işletme bedeli (€/yıl): **E**
- PV-GES yatırım bedeli (€): **F**
- Yatırımın karşılanma süresi (yıl): **G**

Yıllık Net Gelir

$$A = C \times D \times 1 \text{ €/100 cent} \quad (3.3)$$

$$B = A - E$$

İşlemi ile Niğde ilinde 1 MW gücünde PV-GES kurulması durumunda elde edilebilecek yıllık gelir hesaplanmaktadır.

Yatırımın Karşılama Süresi

(3.4)

$$G = F/B$$

İşlemi ile Niğde ilinde 1 MW gücünde PV-GES kurulması durumunda elde kurulacak santralden elde edilecek gelir ile yatırım maliyetinin karşılama süresi hesaplanmaktadır.

Niğde ilinde 1 MW'lık kurulu güce sahip PV-GES projesinde 25 yıl sonunda elde edilebilecek kâr miktarının hesaplanması;

- 25 Yıllık gelir= **Yıllık gelir (€/yıl) x Faaliyet süresi (yıl)**
- 25 Yıllık kâr= **25 Yıllık gelir (€) - Yatırım maliyeti (€)**

İşlemleri ile proje süresi (25 yıl) sonunda, 1 MW'lık PV-GES'ten Niğde ilinde elde edilebilecek yıllık gelir ve kâr miktarları hesaplanmaktadır.

Niğde ilinin yıllık elektrik tüketimini karşılamak için yapılması gereken yatırım maliyetinin hesaplanması;

- İlin yıllık elektrik tüketimi (MWh) : **A**
- 1 MW'lık PV-GES'in yıllık enerji üretim miktarı (kWh): **B**
- İhtiyaç duyulan PV-GES sayısı (adet): **C**
- Gereken toplam yatırım bedeli (€): **D**
- 1 MW'lık PV-GES için yatırım bedeli (€): **E**
- 1 MW'lık PV-GES geliri (€): **F**
- 25 yıl sonunda elde edilecek toplam gelir (€): **G**

- 25 yıl sonunda elde edilecek toplam kâr (€): **K**
- İl ekonomisine yansıtacak yıllık kâr (€): **N**

Gereken PV-GES sayısı:

$$C = A/B \times 1 \text{ MWh}/1000 \text{ kWh} \quad (3.5)$$

Gereken yatırım bedeli:

$$D = C \times E \quad (3.6)$$

25 yıl sonundaki gelir:

$$G = 25 \text{ yıl} \times C \times F \quad (3.7)$$

25 yıl sonundaki kâr:

$$K = G - D \quad (3.8)$$

Yıllık kâr:

$$N = K / 25 \text{ yıl} \quad (3.9)$$

İşlemleri ile Niğde ilinin yıllık elektrik tüketim miktarını karşılamak için gereken GES sayısı, yatırım maliyeti, 25 yıl sonunda elde edilebilecek toplam gelir ve kâr, il ekonomisine sağlanacak yıllık kâr miktarı hesaplanmaktadır.

Niğde ilinde elektrik yıllık elektrik tüketimini karşılamak amacıyla kurulabilecek PV-GES'lerin yatırımı için gereken alanın hesaplanması;

- Kurulacak PV-GES sayısı (adet): **A**
- 1 MW'lık PV-GES için gereken alan (ha): **B**
- Proje için gerekecek alan (ha): **C**
- İlin kullanılabilir alanı (ha): **D**
- PV-GES projesi için gerekebilecek alanın yüzdesi: **E**

Proje için gereken alan:

$$C = A \times B \quad (3.10)$$

Proje için gereken alanın ilin kullanılabilir alanlarına oranı:

$$E=C/ D \times \%$$

(3.11)



## BÖLÜM IV

### ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde, çalışma kapsamında elde edilen verilerin incelenmesi, değerlendirilmesi ile güneş ve rüzgâr enerji santrallerinin Niğde iline uygulanabilirliklerinin tartışması yapılmıştır.

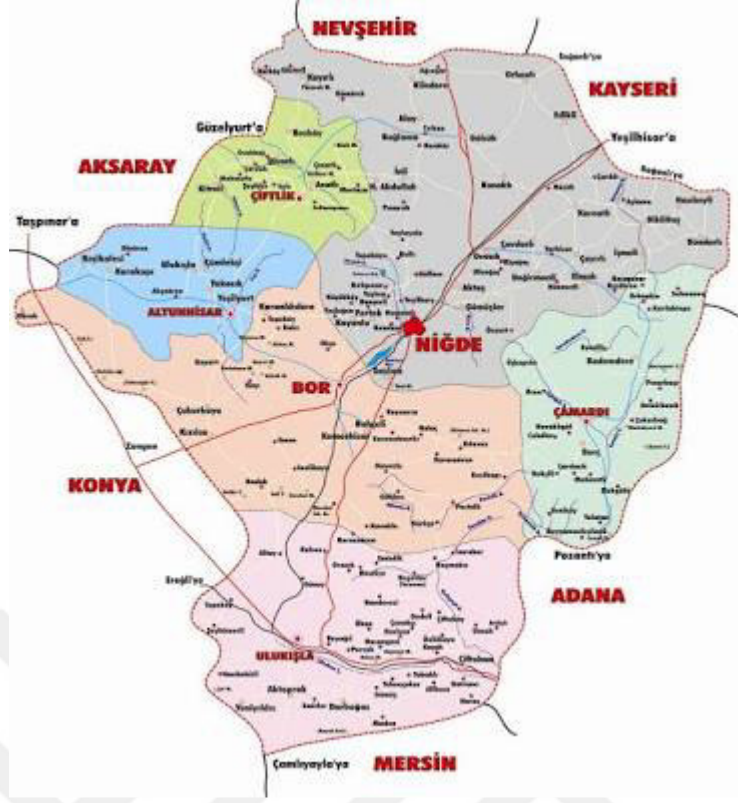
#### 4.1 Niğde İli Hakkında Genel Bilgiler

“Niğde, İç Anadolu bölgesinin Güneydoğusunda Orta Toroslar içinde yer alan Bolkarlar ve Aladağların kuzeye kıvrımlanarak sokuldukları alanın kuzeyinde kalmaktadır. Göller dahil 7.795 kilometrekare alana sahip olan Niğde ilinin, denizden yüksekliği 1.300 metredir. Batı kesimler dalgalı düzlük, diğer kesimler ise dağlık bir yapıya sahiptir. Kuzeybatıda Aksaray, kuzeyde Nevşehir, kuzeydoğuda Kayseri, batı ve güneybatıda Konya, güneyde Mersin, güneydoğu ve doğuda Adana illeri ile komşudur” (Anonim, 2013 a).

“Niğde coğrafi konum itibariyle güneyde 37 derece 10 dakika kuzey paraleli ve kuzeyde 38 derece 58 dakika kuzey paralelleri ile batıda 33 derece 10 dakika doğu enlemi ve doğuda 35 derece 25 dakika doğu enlemleri arasında bulunmaktadır” (Anonim, 2011).



Şekil 4.1. Türkiye haritası üzerinde Niğde ilinin yeri (Url-22)



Şekil 4.2. Niğde ili siyasi haritası (Url-23).

Niğde’de 6 ilçe, 29 belediye ve 130 köy bulunan ilin nüfusu, 2013 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi sonuçlarına göre 343.658 kişidir. Orta Anadolu Bölgesinde yer alan Niğde, 7.795,22 km<sup>2</sup>’lik yüzölçümü ile Türkiye yüzölçümünün % 0,94’üne denk gelmektedir. Niğde ilinin 2013 yılında toplam tarımsal alanı 277.998 hektardır. Bu alanın 247.788 hektarı toplam işlenen tarım alanı, geri kalan 30.210 hektarı ise uzun ömürlü bitkiler alanıdır (Anonim, 2013 a).

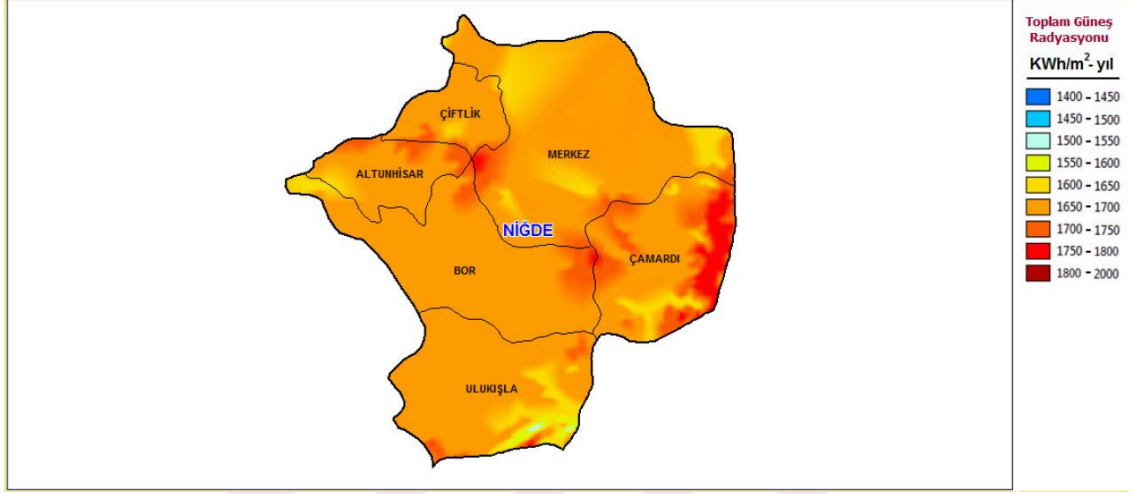
#### 4.2 Niğde İli Meteorolojik Durumu

Bu kısımda Niğde iline ait güneşlenme ve ışınlam süreleri, güneşlenme potansiyeli, rüzgâr hızı ve potansiyeli hakkında bilgiler verilmiştir.

##### 4.2.1 Niğde ili yıllık güneşlenme potansiyeli haritası

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü web sitesinde (Url-23) yer alan, Niğde ili ilçe bazlı güneş enerji potansiyellerini gösteren Güneş Enerjisi Potansiyelleri Atlası (GEPA) verilerine göre, Niğde ilinin güneş enerji potansiyeli; en düşük seviyesi 1.500-1.550

kWh/m<sup>2</sup>-yıl ile Ulukışla ilçesinin güneydoğu kısımları, en yüksek seviyesi 1.750-1.800 kWh/m<sup>2</sup>-yıl ile Çamardı ilçesinin doğu kısmı olarak gösterilmiştir. GEPA'nın tamamının incelenmesi ile genel olarak Niğde ili güneş enerji potansiyeli 1.500-1.800 kWh/m<sup>2</sup>-yıl ve ortalama yıllık güneş enerji potansiyelinin yaklaşık 1.650 kWh/m<sup>2</sup> olduğu görülmektedir (Şekil 4.3).

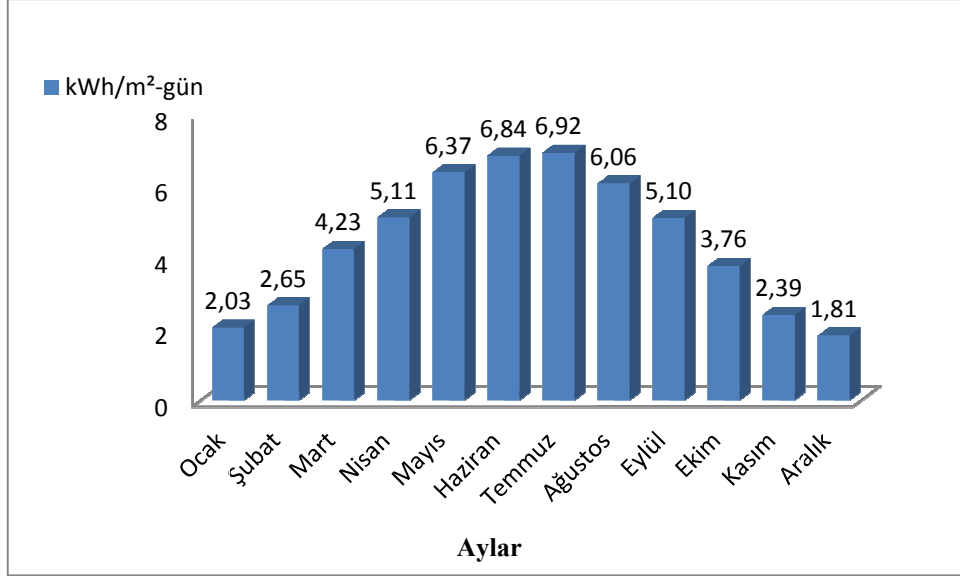


Şekil 4.3. Niğde ili güneş enerji potansiyelleri atlası (Url-24).

#### 4.2.2 Niğde ili global radyasyon (ışınım) değerleri

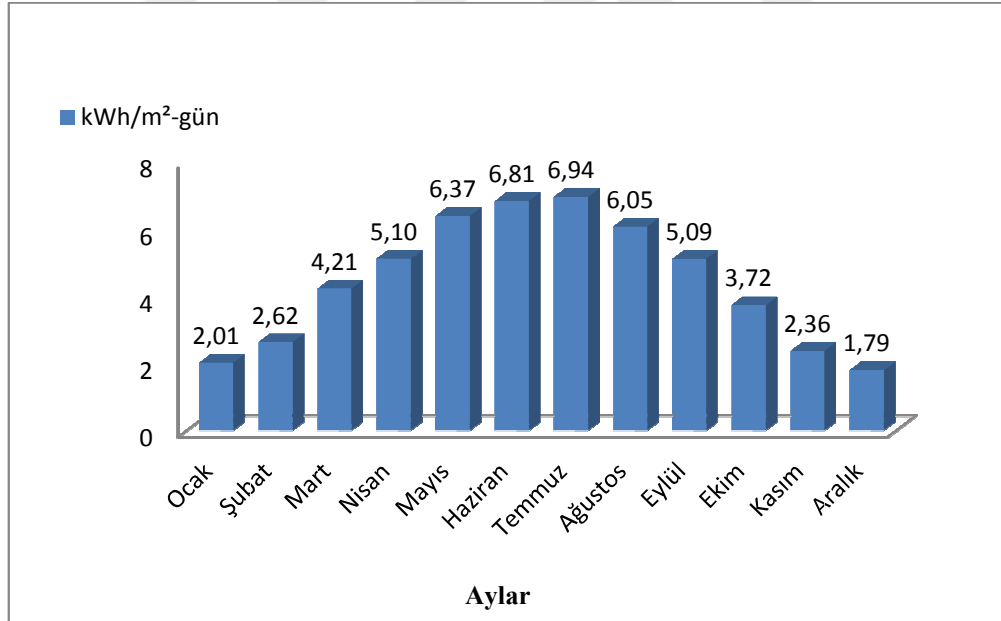
Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü verilerine göre, Niğde ili Global Radyasyon Değerleri grafikler halinde sırasıyla il geneli ve ilçe bazlı aylık global radyasyon değerleri Şekil 4.4 ile Şekil 4.10 arasında verilmiştir. Grafiklerde her ay için metrekare başına düşen günlük ortalama enerji (kWh/m<sup>2</sup>-gün) değerleri ile gösterilmiştir.

*Niğde ili genelinde*, global radyasyon değerleri en yüksek olarak 6,92 kWh/m<sup>2</sup>-gün ile Temmuz ayında, en düşük olarak 1,81 kWh/m<sup>2</sup>-gün ile Aralık ayında olduğu, il genelinde yıllık ortalama ışıınım değeri ise 4,44 kWh/m<sup>2</sup>-gün olarak belirlenmiştir (Şekil 4.4).



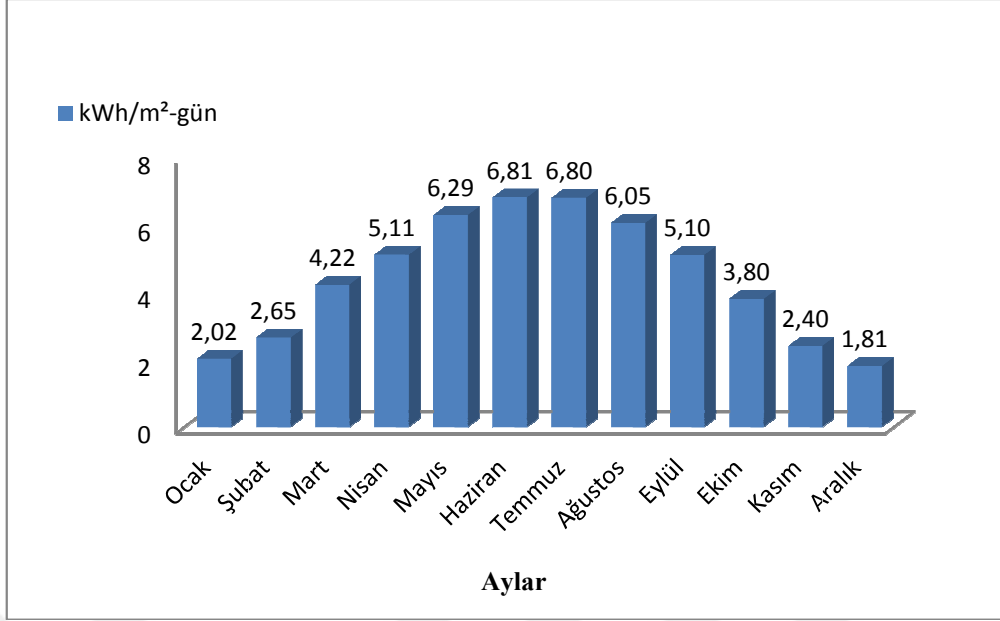
Şekil 4.4. İl geneli global radyasyon değerlerinin aylara göre değişimi (Url-24).

*Niğde ili merkez ilçesinde*, global radyasyon değerleri en yüksek 6,94 kWh/m<sup>2</sup>-gün ile Temmuz ayında, en düşük 1,79 kWh/m<sup>2</sup>-gün ile Aralık ayında sağlanmıştır (Şekil 4.5).



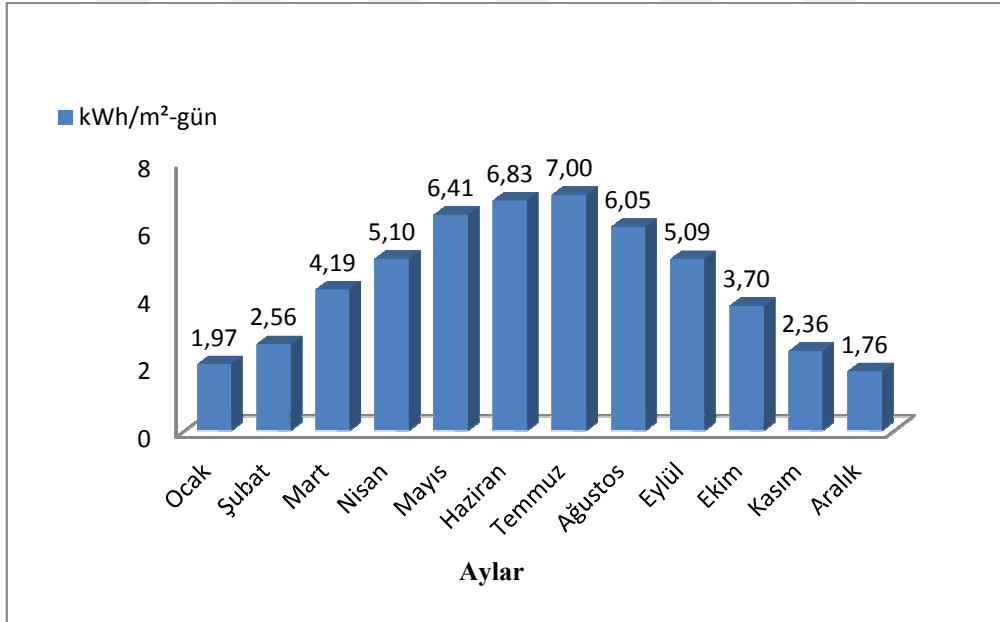
Şekil 4.5. Merkez-global radyasyon değerlerinin aylara göre değişimi (Url-24).

*Bor ilçesinde*, global radyasyon değerleri en yüksek 6,81 kWh/m<sup>2</sup>-gün ile Haziran ayında, en düşük 1,81 kWh/m<sup>2</sup>-gün ile Aralık ayında sağlanmıştır (Şekil 4.6).



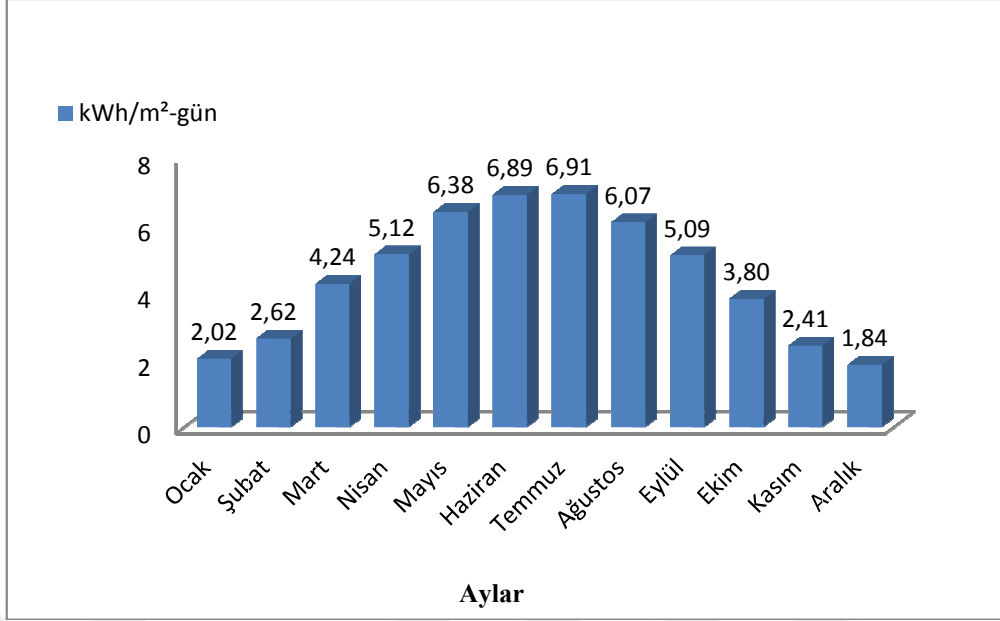
**Şekil 4.6.** Bor-global radyasyon değerlerinin aylara göre değişimi (Url-24).

*Çiftlik ilçesinde*, global radyasyon değerleri en yüksek 7,00 kWh/m<sup>2</sup>-gün ile Temmuz ayında, en düşük 1,76 kWh/m<sup>2</sup>-gün ile Aralık ayında sağlanmıştır (Şekil 4.7).



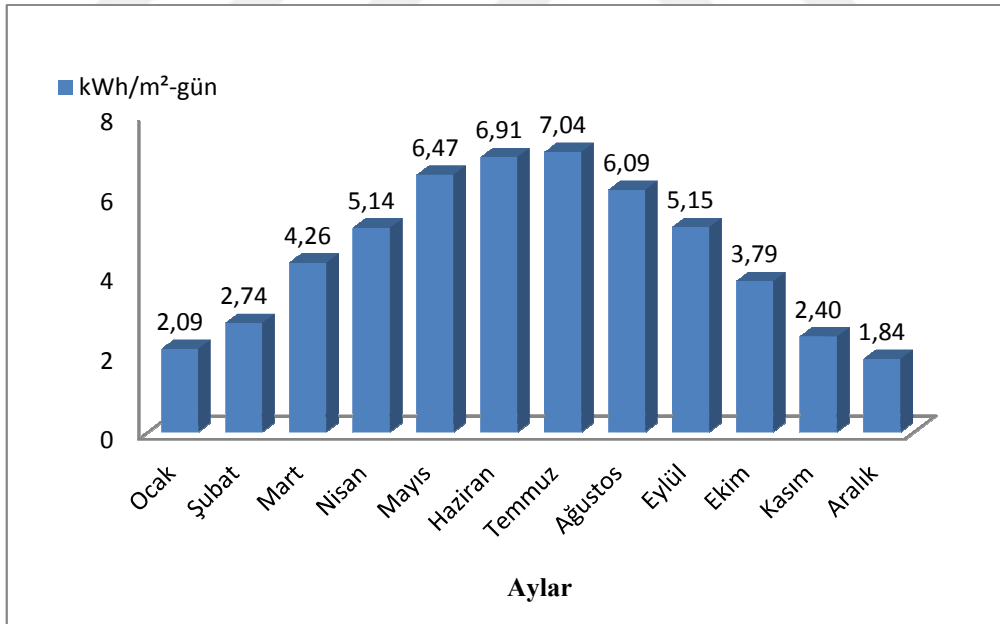
**Şekil 4.7.** Çiftlik-global radyasyon değerlerinin aylara göre değişimi (Url-24).

*Ulukışla ilçesinde*, global radyasyon değerleri en yüksek 6,91 kWh/m<sup>2</sup>-gün ile Temmuz ayında, en düşük 1,84 kWh/m<sup>2</sup>-gün ile Aralık ayında sağlanmıştır (Şekil 4.8).



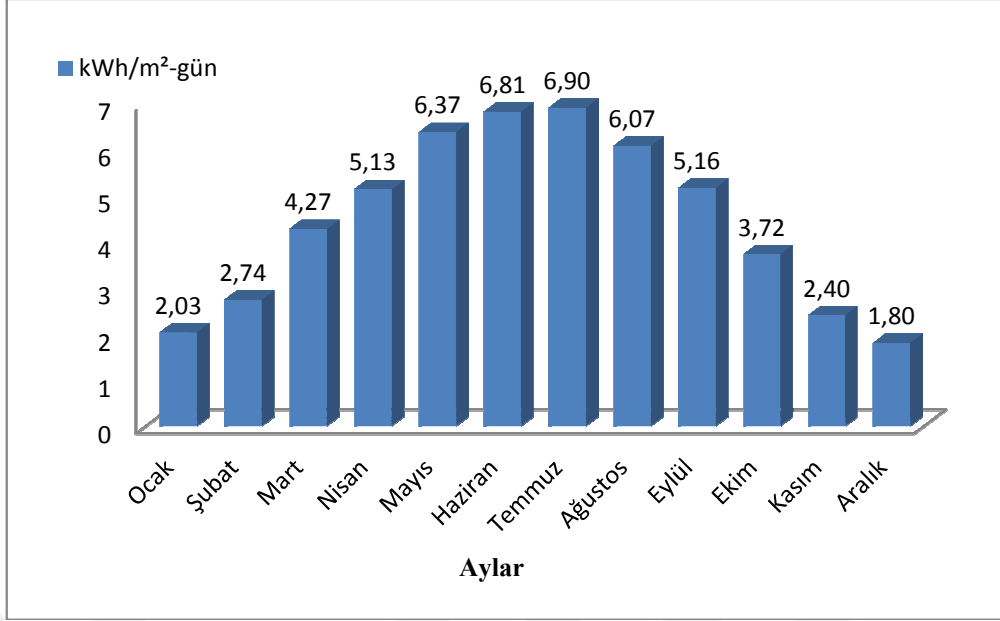
Şekil 4.8. Ulukışla-global radyasyon değerlerinin aylara göre değişimi (Url-24).

Çamardı ilçesinde, global radyasyon değerleri en yüksek 7,04 kWh/m<sup>2</sup>-gün ile Temmuz ayında, en düşük 1,84 kWh/m<sup>2</sup>-gün ile Aralık ayında sağlanmaktadır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Çamardı-global radyasyon değerlerinin aylara göre değişimi (Url-24).

Altunhisar ilçesinde, global radyasyon en yüksek 6,90 kWh/m<sup>2</sup>-gün ile Temmuz ayında, en düşük 1,80 kWh/m<sup>2</sup>-gün ile Aralık ayında sağlanmaktadır (Şekil 4.10).

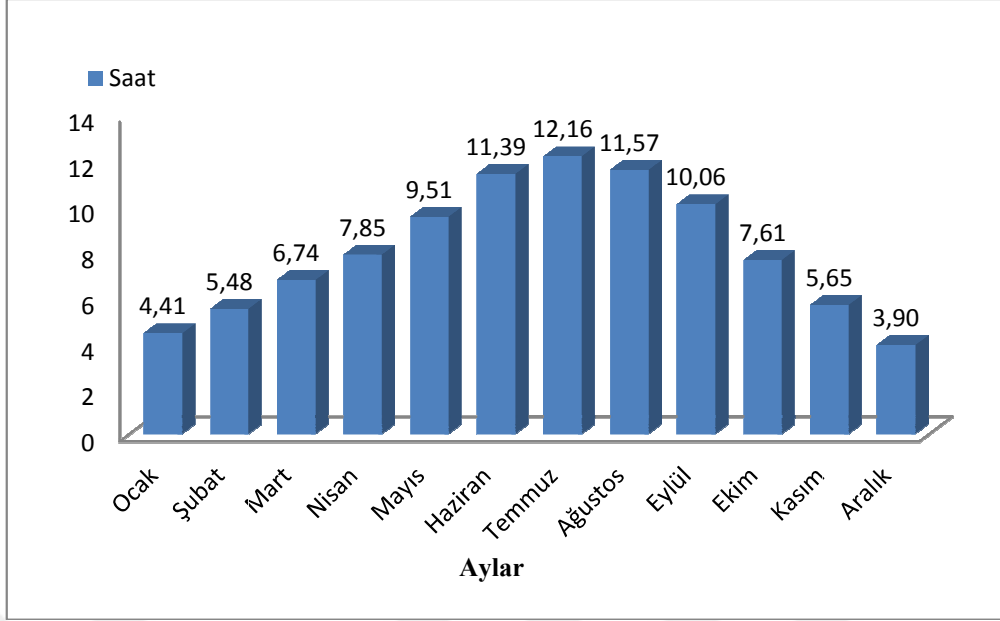


**Şekil 4.10.** Altunhisar-global radyasyon değerlerinin aylara göre değişimi (Url-24).

#### 4.2.3 Niğde ili güneşlenme süreleri

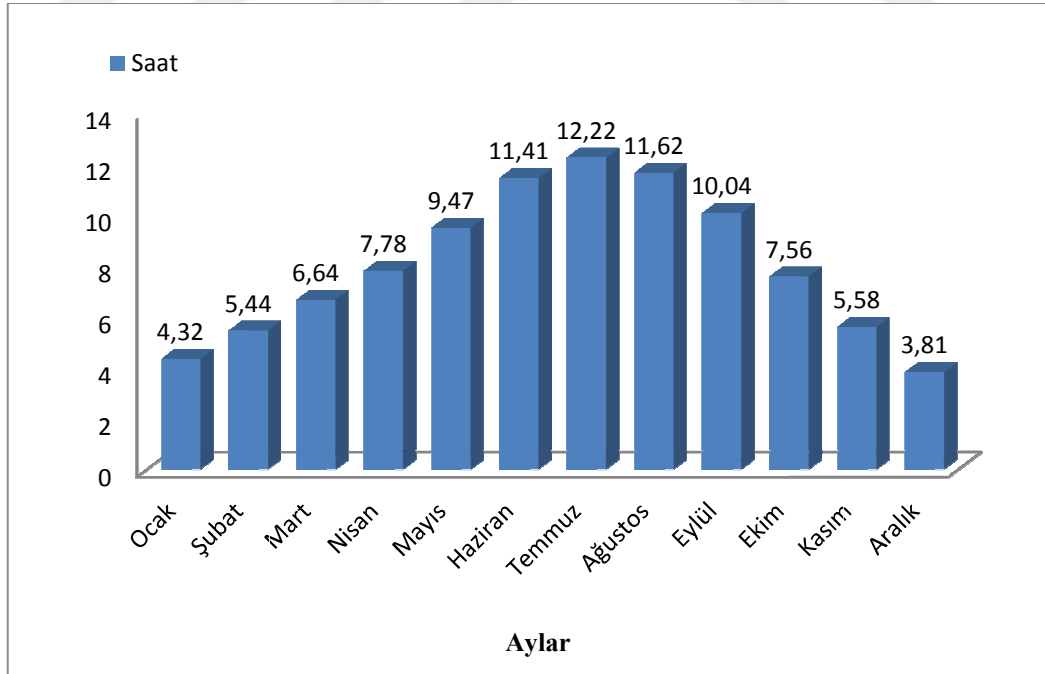
Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü verilerine göre, Niğde Güneşlenme Süreleri; grafikler halinde sırasıyla Şekil 4.11. ile Şekil 4.17. arasında gösterilerek, ilçelerin ve il genelinin en yüksek, en düşük güneşlenme süreleri hakkında bilgiler verilmiştir.

*Niğde genelinde*, aylara göre güneşlenme süresinin en yüksek olduğu ay 12,16 saat ile Temmuz, en düşük olduğu ay 3,90 saat ile Aralık ayları olarak belirlenmiştir. Ayrıca, Niğde genelinde yıllık ortalama güneşlenme süresi 8,03 saat olarak belirlenmiştir (Şekil 4.11).



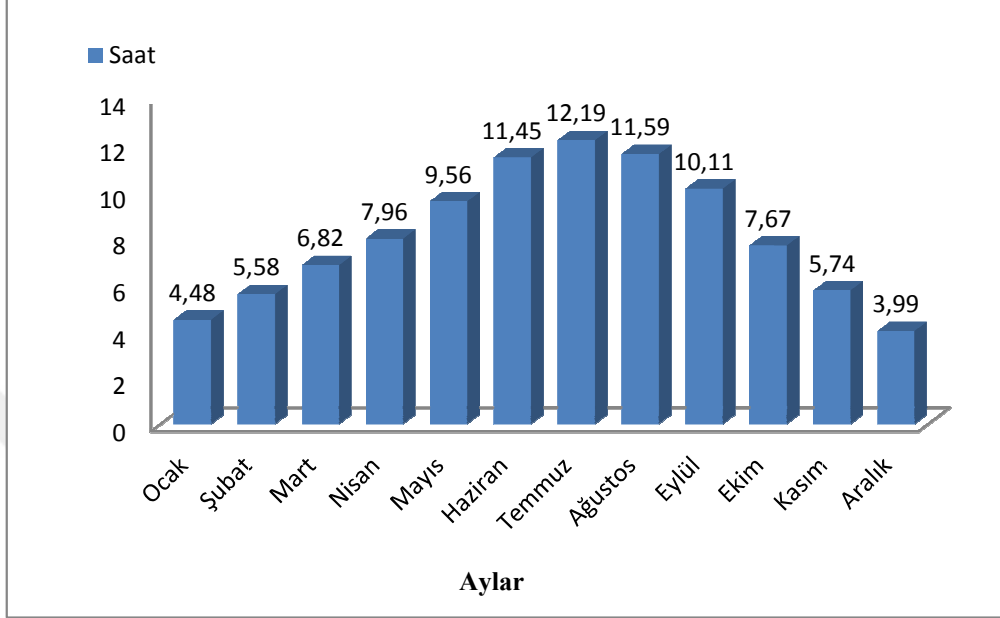
**Şekil 4.11.** Niğde ilinde güneşlenme sürelerinin aylara göre dağılımı (Url-24).

*Niğde merkez ilçesinde*, aylara göre güneşlenme süresinin en yüksek olduğu ay 12,22 saat ile Temmuz, en düşük olduğu ay 3,81 saat ile Aralık ayları olarak belirlenmiştir (Şekil 4.12).



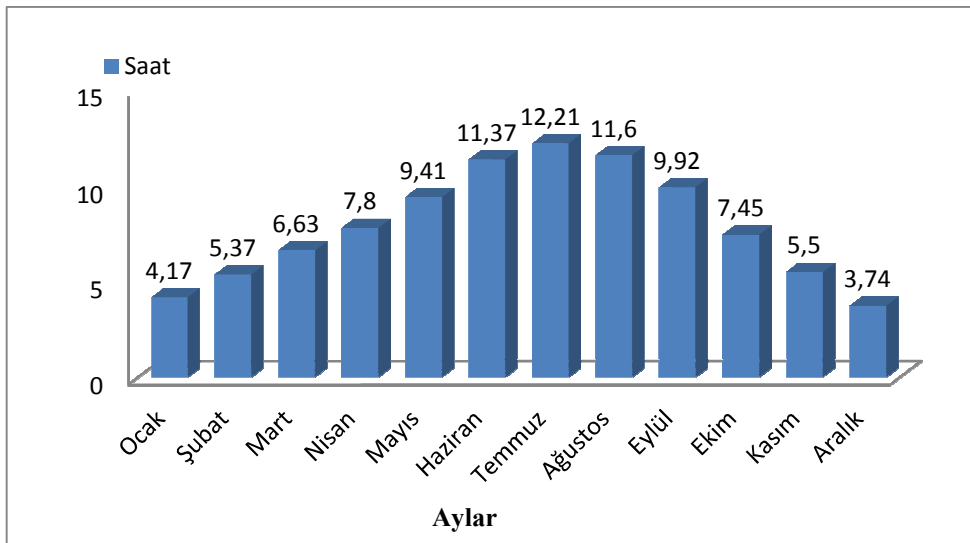
**Şekil 4.12.** Merkez-güneşlenme sürelerinin aylara göre dağılımı (Url-24).

*Bor ilçesinde*, aylara göre güneşlenme süresinin en yüksek olduğu ay 12,19 saat ile Temmuz, en düşük olduğu ay 3,99 saat ile Aralık ayları olarak belirlenmiştir (Şekil 4.13).



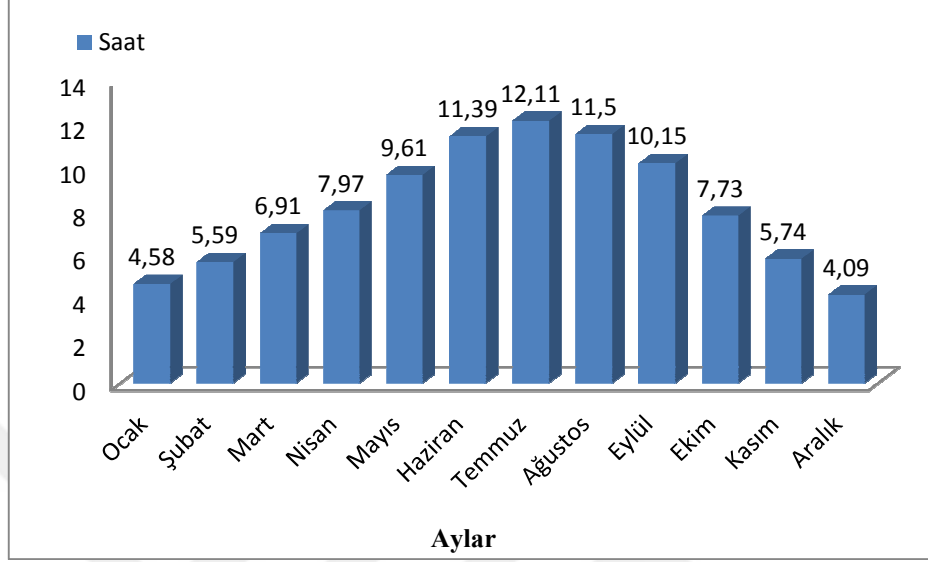
Şekil 4.13. Bor-güneşlenme sürelerinin aylara göre dağılımı (Url-24).

*Çiftlik ilçesinde*, aylara göre güneşlenme süresinin en yüksek olduğu ay 12,21 saat ile Temmuz, en düşük olduğu ay 3,74 saat ile Aralık ayları olarak belirlenmiştir (Şekil 4.14).



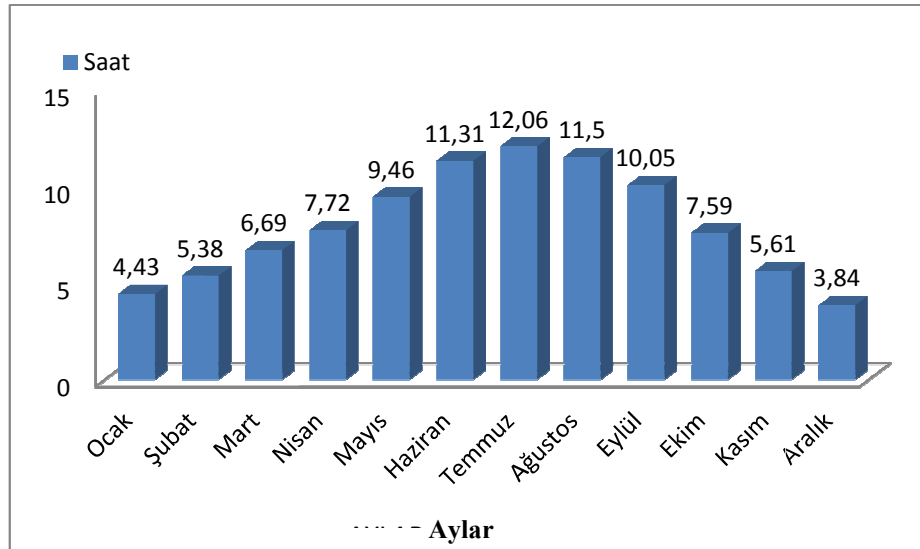
Şekil 4.14. Çiftlik-güneşlenme sürelerinin aylara göre dağılımı (Url-24).

Ulukışla ilçesinde, aylara göre güneşlenme süresinin en yüksek olduğu ay 12,11 saat ile Temmuz, en düşük olduğu ay 4,09 saat ile Aralık ayları olarak belirlenmiştir (Şekil 4.15).



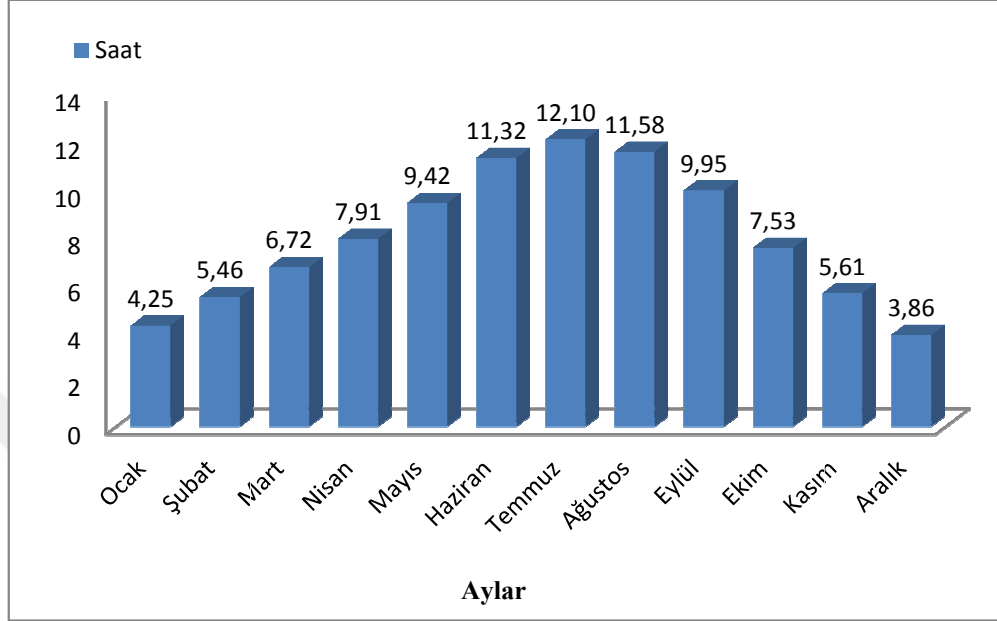
Şekil 4.15. Ulukışla-güneşlenme sürelerinin aylara göre dağılımı (Url-24).

Çamardı ilçesinde, aylara göre güneşlenme süresinin en yüksek olduğu ay 12,06 saat ile Temmuz, en düşük olduğu ay 3,84 saat ile Aralık ayları olarak belirlenmiştir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Çamardı-güneşlenme sürelerinin aylara göre dağılımı (Url-24).

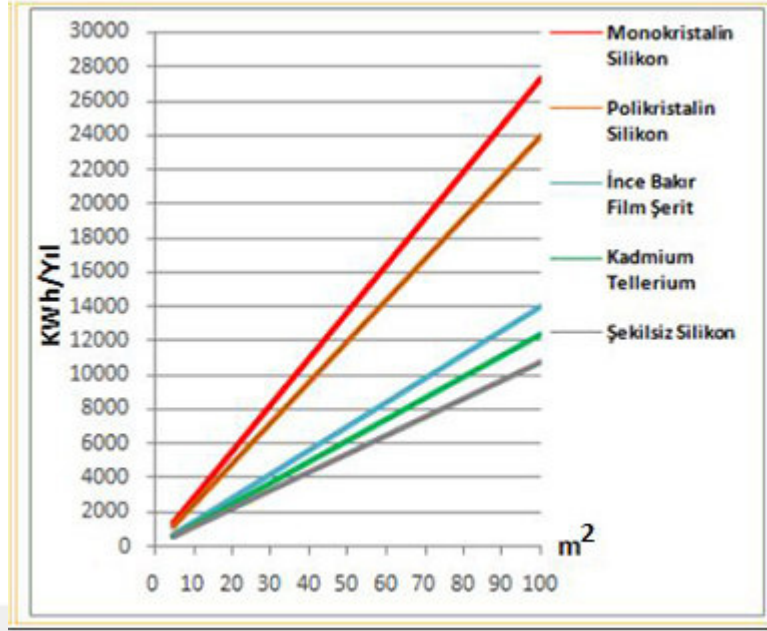
*Altunhisar ilçesinde*, aylara göre güneşlenme süresinin en yüksek olduğu ay 12,10 saat ile Temmuz, en düşük olduğu ay 3,86 saat ile Aralık ayları olarak belirlenmiştir (Şekil 4.17).



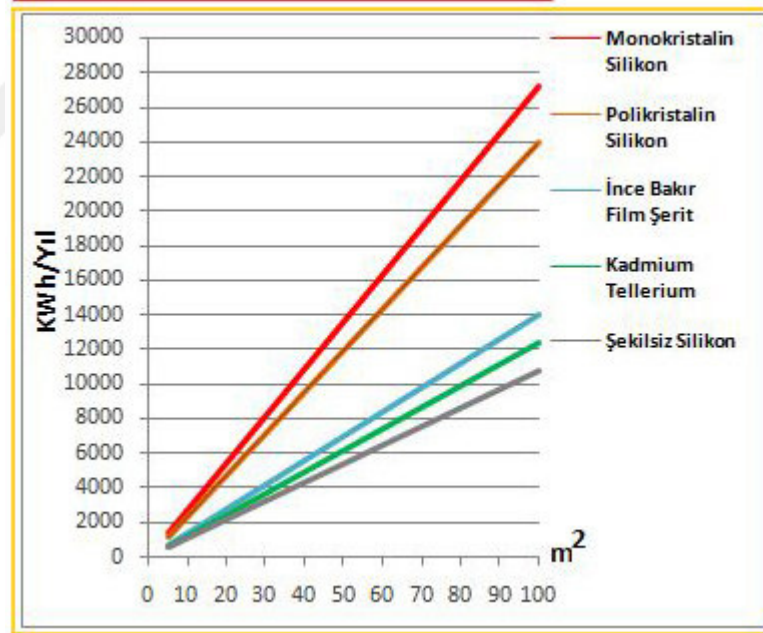
Şekil 4.17. Altunhisar-güneşlenme sürelerinin aylara göre dağılımı (Url-24).

#### 4.2.4 Niğde ilinde kullanılabilir fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları

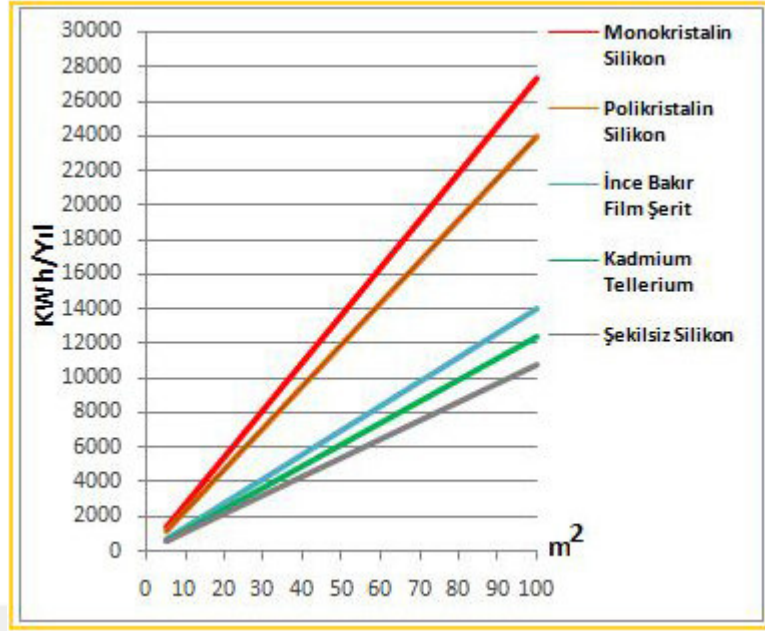
Çalışmanın bu kısmında, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından (Url-24) belirtilmiş olan fotovoltaik pil malzemelerinin kullanımı durumunda, Niğde ili geneli ve ilçelerine göre elde edilebilecek enerji miktarları hakkında bilgileri Şekil 3.18 ile Şekil 3.24 arasında gösterilmiştir. Fotovoltaik pil malzemeleri; Monokristalin (Tekkristal) Silikon, Polikristalin (çokkristal) Silikon, İnce Bakır Film Şerit, Kadmiyum Tellerium ve Şekilsiz Silikon olarak belirtilmiştir. Niğde ili geneli ve ilçelerinde fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları grafikleri incelendiğinde, kullanılan fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları, il geneli ve ilçelerde yaklaşık olarak aynı değerlere sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.18-Şekil 4.24).



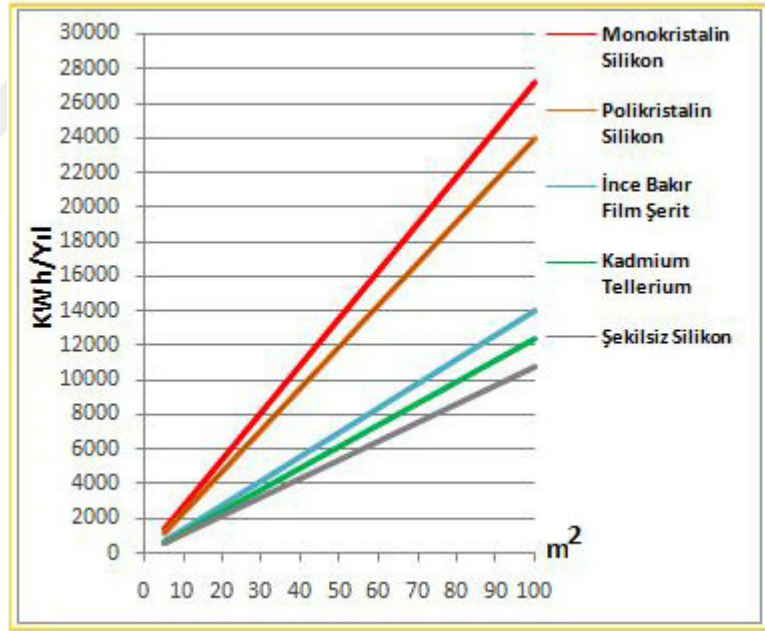
Şekil 4.18. Niğde il geneli fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları (Url-24).



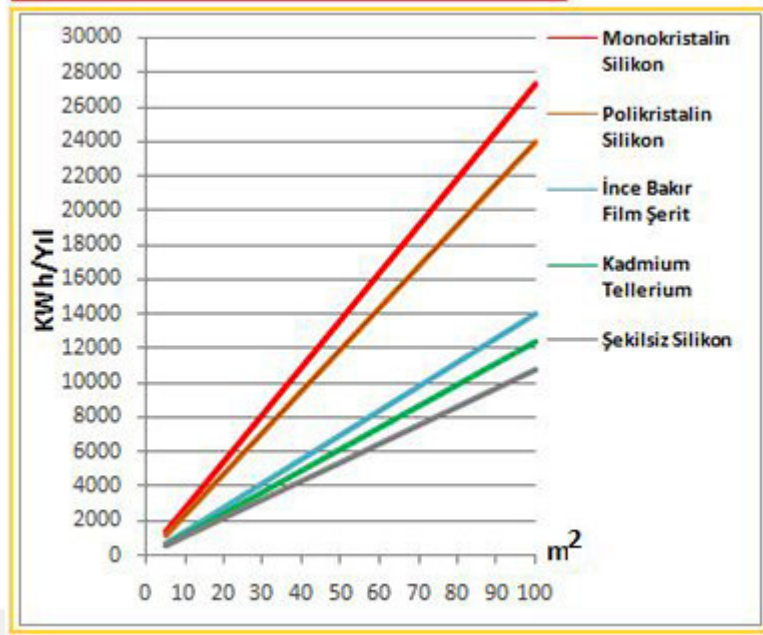
Şekil 4.19. Niğde merkez ilçesi fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları (Url-24).



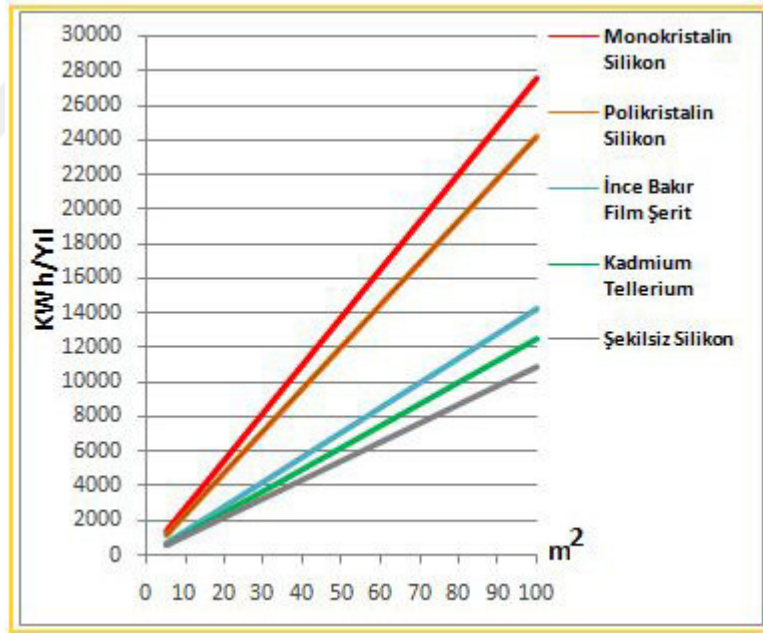
Şekil 4.20. Bor ilçesi fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları (Url-24).



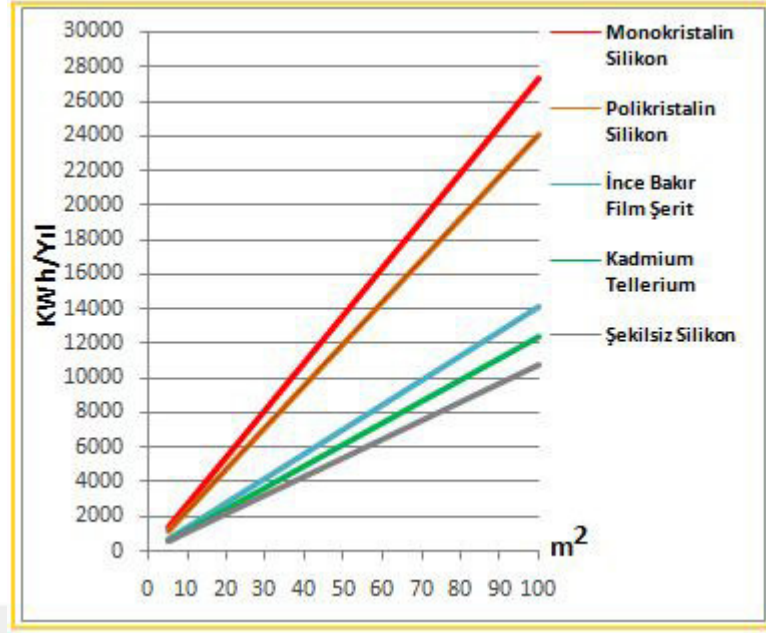
Şekil 4.21. Çiftlik ilçesi fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları (Url-24).



Şekil 4.22. Ulukışla ilçesi fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları (Url-24).



Şekil 4.23. Çamardı ilçesi fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları (Url-24).



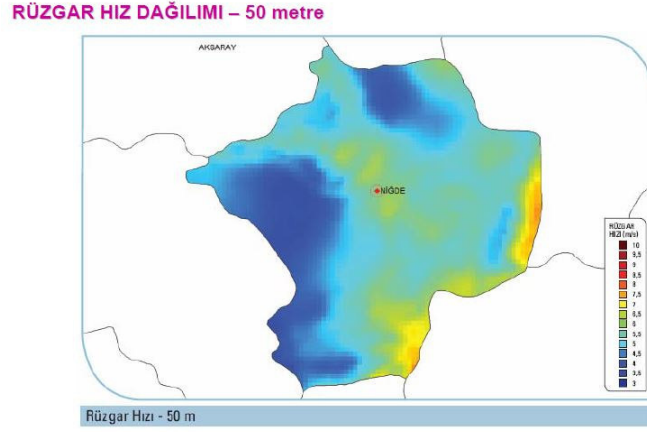
**Şekil 4.24.** Altunhisar ilçesi fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları (Url-24).

Niğde geneli ve ilçeleri fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları aynı fotovoltaik pil malzemesi kullanımı durumunda il geneli ve ilçelerde yaklaşık olarak aynı değerlerde oldukları belirlenmiştir. Kullanılabilecek fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları 100 m<sup>2</sup>'lik alanlar esas alınarak çoktan aza doğru yaklaşık olarak şu şekilde belirtilmiştir:

- Monokristalin Silikon 27.000 kWh/yıl,
- Polikristalin Silikon 24.000 kWh/yıl,
- İnce Bakır Film Şerit 14.000 kWh/yıl,
- Kadmiyum Tellerium 12.000 kWh/yıl
- Şekilsiz Silikon 11.000 kWh/yıl (Url-24)

#### 4.2.5 Niğde ili ortalama rüzgâr hızı

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü REPA'na göre 50 metrede-rüzgâr hız dağılım haritası Şekil 4.25'te gösterilmiştir. Ekonomik RES yatırımı için 7 m/s veya üzerinde rüzgâr hızı gerektiği belirtilmektedir (Url-25).



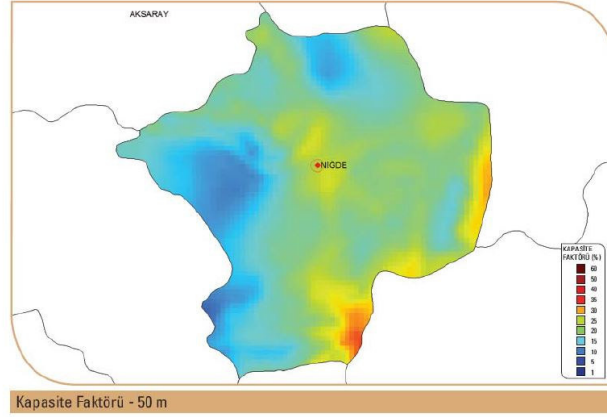
**Şekil 4.25.** Niğde ili rüzgâr hızı dağılım (50 m) haritası (Url-25).

Şekil 4.25’te gösterilen ekonomik RES haritasına göre Niğde ilinin (Altunhisar, Bor ve Ulukışla ilçelerinin) güneybatı ve batısı ile Niğde Merkez ilçesinin kuzeyi 3-5 m/s arasında rüzgâr hızı potansiyeline, Bor ilçesinin doğusu, Ulukışla ilçesinin güneyi, Çamardı ilçesinin tamamı (doğu kısımlar hariç), Çiftlik ilçesinin tamamı, Altunhisar ilçesinin kuzeyi ile Niğde Merkez ilçesinin güneyi ve kuzeydoğusu 3-6,5 m/sn arasında rüzgâr hızı potansiyeline, Çamardı ve Ulukışla ilçelerinin doğusunun 6,5-7,5 m/s rüzgâr hızı potansiyeline sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.25).

#### **4.2.6 Niğde ili rüzgâr kapasite faktör dağılımı**

Kapasite faktörü hem üreticiler hem de kullanıcılar açısından bilinmesi gereken önemli bir performans parametresidir. Kapasite Faktörü belirli bir zaman diliminde üretilen enerjinin o zaman diliminde üretilebilecek maksimum enerjiye bölümüdür (Çetin vd., 2011). Ekonomik RES yatırımı için % 35 veya üzerinde kapasite faktörü gerekmektedir (Şekil 4.26).

#### KAPASİTE FAKTÖRÜ DAĞILIMI – 50 metre

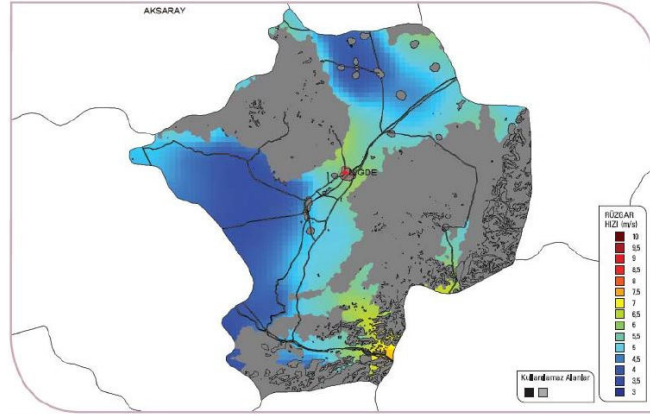


Şekil 4.26. Niğde ili kapasite faktörü dağılım (50 m) haritası (Url-25).

#### 4.2.7 Niğde ilinde rüzgâr enerji santrali (RES) kurulabilir alanlar

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Rüzgâr Enerji Potansiyel Atlası 50 metrede-rüzgâr hız dağılım haritası Şekil 4.27’de gösterilmiştir. Haritada verilen bilgilere göre gri renk ile gösterilen bölgelerde rüzgar santrali kurulamayacağı kabul edilmiştir (Url-25).

#### RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALI KURULABİLİR ALANLAR



Şekil 4.27. Niğde ilinde RES kurulabilir alanlar haritası (Url-25).

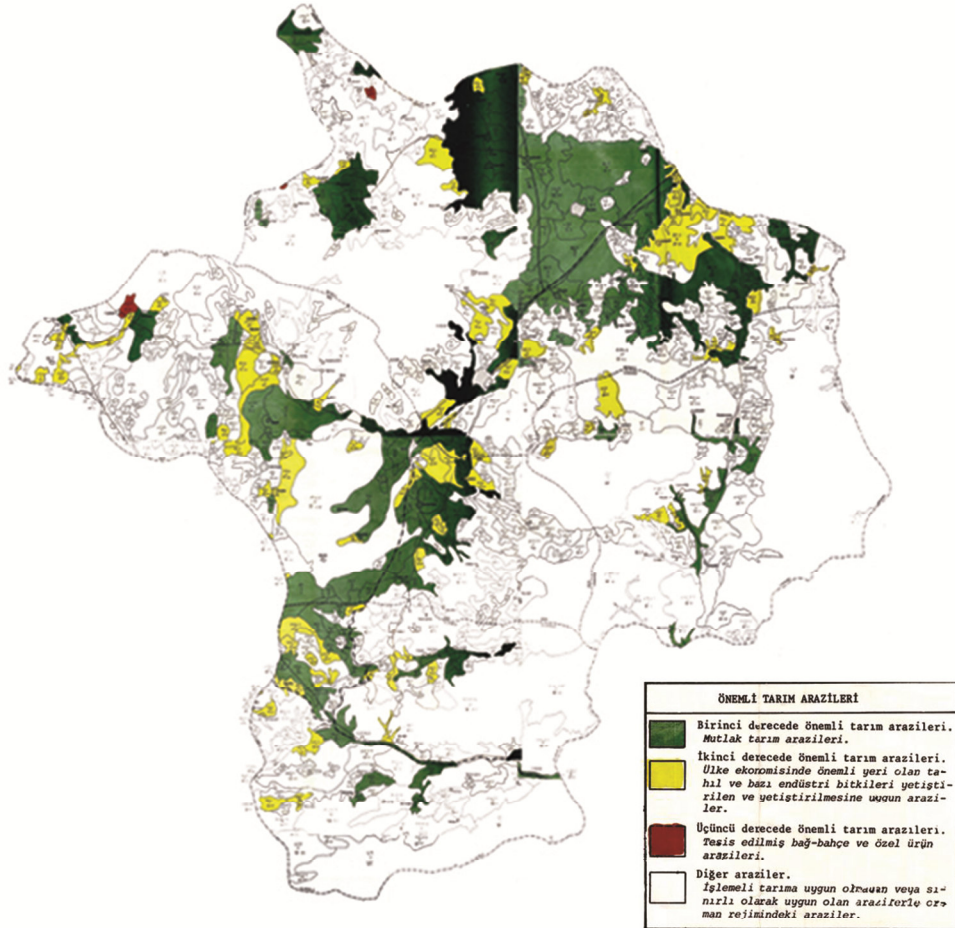
#### 4.3 Niğde İlinin Arazi Durumu

Çevre ve Şehircilik Niğde İl Müdürlüğü’nce 2011 yılında yayımlanmış olan Niğde İl Çevre Durum Raporu ve mülga Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü’nce 1993 yılında yayınlanmış Niğde ili Arazi Varlığı Rapor’u verileri

kullanılarak Niğde iline ait arazilerin kullanım durumu ve arazi yetenek sınıfları hakkında bilgi verilmiştir.

#### 4.3.1 Arazi yetenek sınıfları

Niğde ilinde 779.522 ha arazi vardır. İlde görülen iklim ve jeolojik yapı farklılıkları ile vejetasyondaki çeşitlilik, değişik özelliklerde toprak oluşumuna neden olmuştur. Niğde’de I-IV. sınıf tarım arazileri 262.577 ha olup, genelde tarım bu araziler üzerinde yapılmaktadır. 516.945 ha fazla alanı olan V-VIII. sınıf arazilerde de işlemeli tarım yapıldığı görülmektedir. Ancak, bu araziler işlemeli tarıma uygun değildir. Kullanma kabiliyet sınıfları sekiz adet olup, toprak zarar ve sınıflandırmaları I. sınıftan VIII. sınıfa doğru giderek artmaktadır (Anonim, 2011).



Şekil 4.28. Niğde ili arazi varlığı (Anonim, 1993).

Niğde ili Arazi Varlığı Raporu'nda (Anonim, 1993) bulunan haritada tarım arazileri birinci derecede önemli tarım arazileri, ikinci derecede önemli tarım arazileri, üçüncü derecede önemli tarım arazileri ve 1., 2. ve 3. derecede önemli araziler dışında kalan araziler olarak belirtilmiştir (Şekil 4.28).

Çevre ve Şehircilik Niğde İl Müdürlüğü tarafından 2011 yılında yayımlanmış olan Niğde İl Çevre Durum Raporu'na göre, İl topraklarının arazi kabiliyet sınıflarına göre dört alt bölgeye ayrılmıştır. Arazi kabiliyet sınıflarının toplam alana oranı sırasıyla I. sınıf araziler % 5,85 (45.674 ha), II. sınıf araziler % 11,70 (91.053 ha), III. sınıf araziler % 6,30 (49.061 ha), IV. sınıf araziler % 9,85 (76.789 ha) ve V.-VIII. sınıf araziler % 66,30 (516.945 ha) olarak belirtilmiştir (Çizelge 4.1).

**Çizelge 4.1.** Niğde ili arazilerinin arazi kabiliyet sınıflarına göre dağılımı (Anonim, 2011).

Alt Bölgeler	Alan (ha)	Alanın Arazi Kabiliyet Sınıflarına Göre Dağılımı (ha)				
		I	II	III	IV	V-VIII
<i>I.Alt Bölge</i>	40,50%	8,40%	19,50%	7,60%	5%	59,50%
<b>Merkez-Çiftlik</b>	315.293	26.436	61.558	23.893	15.693	187.713
<i>II.Alt Bölge</i>	24,80%	8,60%	7,80%	8,20%	25,30%	50,10%
<b>Bor-Altunhisar</b>	193.546	16.570	15.050	15.853	49.008	97.065
<i>III.Alt Bölge</i>	19,20%	1,30%	6,70%	4,10%	5,40%	82,50%
<b>Ulukışla</b>	150.247	1.957	10.137	6.112	8.144	123.897
<i>IV.Alt Bölge</i>	15,50%	0,60%	3,50%	2,70%	3,30%	89,90%
<b>Çamardı</b>	120.436	711	4.308	3.203	3.944	108.270
<b>Toplam Alan</b>	<b>779.522</b>	<b>45.674</b>	<b>91.053</b>	<b>49.061</b>	<b>76.789</b>	<b>516.945</b>
<b>Top.Alana Oranı</b>	<b>100%</b>	<b>5,85%</b>	<b>11,70%</b>	<b>6,30%</b>	<b>9,85%</b>	<b>66,30%</b>

#### 4.3.2 Arazi kullanım durumu

Niğde'nin ekonomik yapısını tarım faaliyetleri oluşturmaktadır. Toprakların % 35,38'i tarım arazisi olarak değerlendirilmekte olup, nüfusun % 32'si tarım sektöründe çalışmaktadır. Yaklaşık % 44 gibi bir orana sahip olan çayır ve meralarda ise, hayvancılık yapılmaktadır. Bölgede sanayi kolunun gelişmesini sağlayabilecek doğal kaynakların yetersizliği, tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin Niğde ekonomisinde ağırlıklı yer edinmesine neden olmuştur. Ekili ve dikili alanlar içinde patates, elma, hububat tarımı ön sıralarda yer almaktadır (Anonim, 2011).

Çalışma kapsamında Niğde iline ait arazi varlıkları; arazi yetenek sınıfları ve arazi kullanım durumlarına göre incelenmiştir. Çevre ve Şehircilik Niğde İl Müdürlüğü'nce 2011 yılında yayımlanmış olan Niğde İl Çevre Durum Raporu ile Mülga Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nce 1993 yılında yayınlanmış Niğde Arazi Varlığı Rapor'u verileri kullanılmıştır.

2011 yılı verilerine göre; Niğde'de toplam 275.783 ha tarım arazisi mevcut olup; bunun, % 47 sinde hububat, % 8'inde endüstri bitkileri, % 3 ünde baklagil bitkileri,, % 2 sinde yem bitkileri, % 2 sinde sebze ürünleri, % 2 sinde bağ, % 10'unda ise meyve ürünleri tarımı yapılmaktadır. Ayrıca ilde nadas arazilerinin oranı yüksek olup, bu oran % 26'dır (Anonim, 2011).

**Çizelge 4.2.** Niğde ili arazi varlığının kullanıma göre dağılımı (Anonim, 2011)

Niğde iline ait araziler	Km <sup>2</sup>	ha	%
Tarım Arazisi	2.757,83	275.783	35,38
Çayır-Mera Arazisi	3.437,49	343.749	44,10
Orman Arazisi	618,15	61.815	7,93
Kullanılmayan Arazi	981,75	98.175	12,59
<b>TOPLAM</b>	<b>7.795,22</b>	<b>779.522</b>	<b>100,00</b>

Niğde iline ait arazilerin sınıflandırması ve bu arazilerin kullanım alanlarının büyüklüğüne göre, çayır-mera arazisi (343.749 ha), tarım arazisi (275.783 ha), kullanılmayan arazi (98.175 ha) ve orman arazisi ( 61.815 ha) şeklinde sıralanmaktadır (Çizelge 4.2). İl'de toplam 779.522 ha arazi bulunup, bu arazilerin; I-IV. sınıf yetenek sınıfına giren kısmı 262.577 ha, V-VIII. yetenek sınıfına giren kısmı 516.945 ha olup, Niğde ilinde tarımın I-IV. sınıf arazilerde yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 4.28 ve Çizelge 4.1). İl'de, Çayır-Mera arazisi 343.749 ha, Tarım arazisi 275.783 ha, Orman arazisi 61.815 ha ve Kullanılmayan arazi 98.175 ha olarak belirtilmiştir (Çizelge 4.2). Kullanılmayan arazilerin (98.175 ha) konumsal, topoğrafik ve mülkiyet durumuna göre gelecekte gerçekleştirilebilecek güneş enerji ve rüzgâr enerji santralleri projeleri için kullanılabilmesi öngörülebilmektedir.

### 4.3.3 Ekim paterni haritası

Çalışmada, Niğde iline ait tarım arazilerinin; yerlerinin tespiti, alanları, ekili durumları ve gelecekte tarım vasıflarını kaybetmeleri durumunda yerlerine kurulabilecek enerji santralleri ile ilgili araştırma ve değerlendirme yapmak amacı ile Niğde ili Ekim Patern Haritası'na ihtiyaç duyulmuştur. Konu ile ilgili olarak Niğde Valiliği İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'ne başvurulmuştur. Konu ile ilgili müdürlüğün yapılmış harita çalışması olmaması nedeniyle çalışmanın küçük bir kısmını oluşturacak ekim paterni araştırması gerçekleştirilememiştir. Konu ile ilgili cevap, 66125436 sayılı, 16.06.2016 tarihli yazı ile tarafımıza iletilmiş olup, **EK-A'da** gösterilmiştir.

### 4.4 Niğde İli Elektrik Üretim ve Tüketim Durumu

TEİAŞ 2014 yılı verilerine göre; Türkiye'nin elektrik tüketiminin 257.220,1 GWh/yıl ve elektrik üretiminin 251.962,8 GWh/yıl olduğu bildirilmektedir (Anonim, 2014a).

YEGM'den elde edilen verilerde Niğde ilinin; 2014 yılı elektrik tüketimi 984.394 MWh (984,4 GWh), Türkiye tüketim payı % 0,50, kurulu gücü 10,35 MW ve Türkiye kurulu güç payı 0,01 olarak belirtilmektedir (Url-26).

Niğde ili kurulu gücü; 0,069 MW hidrolik ve 10,28 MW termik santrallerden oluşmakta olup, toplam 10,35 MW olarak belirtilmektedir (Url-27).

Toplam yıllık tüketimin 984.394 MWh olduğu ilde, şantiye işletmeleri 387.567 MWh, ticarethaneler 218.696 MWh, konutlar 150.450 MWh, tarımsal sulama 135.956 MWh, sokak aydınlatması 24.596 MWh'lik tüketim değerlerine sahipken, kişi başına düşen hane elektrik tüketimi 437 kWh olarak belirtilmektedir (Url-28).

Niğde ilinde resmi olmayan verilere göre 9 adet lisanssız GES bulunmakta olup, bu santrallerin 7'sinin aktif (18,08 MW), 2'sinin yapım aşamasında (9,72 MW) olduğu, tamamlanacak GES'lerin ardından ilin kurulu GES gücünün 27,8 MW'a ulaşacağı bildirilmektedir (Url-29).

#### 4.4.1 Niğde ilinin enerji kullanım durumunun değerlendirilmesi

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü ve TÜİK verileri kullanılarak Niğde iline ait elektrik üretim ve tüketim, kurulu güç durumu ve enerji tüketim kaynakları hakkında elde edilen verilere aşağıda yer verilmiştir.

2014 yılı verilerine göre toplam nüfusu 346.114 olan Niğde ilinin elektrik tüketimi 984.394 MWh/yıl olarak bildirilmiş, kurulu gücü 10,35 MW olarak belirtilmiştir. Kurulu gücün 10,28 MW'lık kısmı Termik Kurulu Güç, 0,069 MW'lık kısmı ise Hidrolik Kurulu Güç olup, Niğde ilinin Türkiye Tüketim payındaki oranı % 0,50, Türkiye Kurulu güç payı ise % 0,01 olarak belirtilmiştir. İlin elektrik tüketim değeri 984.394 MWh olarak belirtilirken, bu miktarda tüketilen enerji Türkiye'deki tüketim payı ise % 0,50 olarak belirtilmektedir (Çizelge 4.3).

**Çizelge 4.3.** Niğde ili enerji üretim ve tüketim miktarları (Url-25).

<b>Nüfus</b>	346.114	<b>Rüzgar Kurulu Güç</b>	0 MW
<b>Tüketim</b>	984.394 MWh	<b>Hidrolik Kurulu Güç</b>	0,069 MW
<b>Türkiye Tüketim Payı</b>	% 0,50	<b>Jeotermal Kurulu Güç</b>	0 MW
<b>Kurulu Güç</b>	10,35 MW	<b>Termik Kurulu Güç</b>	10,28 MW
<b>Türkiye Kurulu Güç Payı</b>	% 0,01	<b>Güneş Kurulu Güç</b>	0 MW

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nden alınan verilere göre, Niğde ili üzerinde üç adet kurulu enerji santrali bulunmaktadır. Bu üç santralden ikisi Termik Santral olup yaklaşık 10,28 MW'lık kurulu güce ve üçüncü enerjisi santralinin ise Hidrolik Enerji Santrali olup 0,069 MW'lık kurulu güce sahip oldukları görülmektedir (Çizelge 4.4).

**Çizelge 4.4.** Niğde ilinde mevcut enerji santralleri (Url-26).

<b>Santral No</b>	<b>Santral Adı</b>	<b>Kurulu Güç (MW)</b>	<b>Yakıt Cinsi</b>	<b>Enerji Türü</b>
1	Çamardı (Erciyes Enerji Üretim San. ve Tic. A.Ş.)	0,069	Akarsu	Hidrolik
2	Göknur Gıda Mad. En. İm. İt. İh. Tic. ve San. A.Ş.	1,55	İthal Kömür	Termik
3	Noren Enerji	8,73	Doğalgaz	Termik
<b>Toplam Kurulu Güç:</b>		<b>10,35</b>		

Niğde ilinde 2014 yılına ait kullanım yerlerine göre elektrik tüketimi verilerinde, ilin toplam tüketim değeri 984.349 MWh/yıl olup, ilde en yüksek elektrik tüketiminin olduğu kullanım yerleri sırasıyla; şantiye işletmeleri (387.567 MWh/yıl), ticarethaneler (218.696 MWh/yıl), yaşam alanları (150.450 MWh/yıl), tarımsal sulama alanları (135.956 MWh/yıl), resmi kurumlar (45.889 MWh/yıl) ve diğer kullanım alanları (21.240 MWh/yıl) olarak sıralanmaktadır. Niğde ili kişi başına düşen toplam elektrik tüketimi 2.862 kWh/yıl olarak belirtilmiş olup, kişi başına sanayi elektrik tüketimi 1.127 kWh/yıl iken, hane bazında kişi başına düşen elektrik tüketimi 437 kWh/yıl olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

**Çizelge 4.5.** Niğde ilinde kullanım yerlerine göre elektrik tüketimi 2014 (Url-27).

Yıl	İl	Toplam Tüketim (MWh)	Resmi Kurum (MWh)	Şantiye İşletmesi (MWh)	Ticarethane (MWh)	Konutlar (MWh)
2014	Niğde	984.394	45.889	387.567	218.696	150.450
Tarımsal Sulama (MWh)	Şantiye (MWh)	Sokak Aydınlatma (MWh)	Diğer (MWh)	Kişi Başına Toplam Elektrik Tüketimi (kWh)	Kişi Başına Sanayi Elektrik Tüketimi (kWh)	Kişi Başına Hane Elektrik Tüketimi (kWh)
135.956	-	24.596	21.240	2.862	1.127	437

Resmi olmayan verilere göre (Çizelge 4.6), Niğde ilinde 9 adet lisanssız GES mevcut olup, bu santrallerin 7'sinin aktif olduğu, 2'sinin yapım aşamasında olduğu görülmektedir. İlin aktif GES kurulu gücünün 18,08 MW, yapım aşamasında olan GES gücünün 9,72 MW olduğu görülmektedir. Yakın gelecekte, yapım aşamasının tamamlanmasının ardından GES'lerin aktif hale gelmesi ile ilin kurulu güneş enerjisi gücünün 27,8 MW'a ulaşacağı öngörülmektedir.

**Çizelge 4.6.** Niğde ili lisanssız kurulu güneş enerji santralleri (Url-29)

<b>SANTRAL ADI</b>	<b>İl-İlçe</b>	<b>Firma</b>	<b>Durum</b>	<b>Kurulu Güç</b>
Niğde Bor Badak GES	Niğde-Bor	Niğde Bor Badak	Aktif	6,68 MW
T Dinamik Niğde Gölcük GES	Niğde-Merkez	T Dinamik Enerji	Aktif	5,00 MW
Leben ve Cıngıllı Organik Tarım GES	Niğde-Bor	Leben ve Cıngıllı Tarım	Aktif	2,00 MW
RNT Enerji GES	Niğde-Merkez	RNT Enerji	Aktif	2,00 MW
Niğde Ada Harita GES	Niğde-Bor	Ada Harita	Aktif	1,00 MW
Kehrüba Enerji GES	Niğde-Bor	Kehrüba Enerji	Aktif	1,00 MW
Niğde İl Özel İdaresi GES	Niğde	Niğde İl Özel İdaresi	Aktif	0,40 MW
HNC Enerji Niğde GES	Niğde-Merkez	Espe Enerji	Yapım Aşaması	7,76 MW
Epis Otomotiv GES	Niğde-Bor	Epis Otomotiv	Yapım Aşaması	1,96 MW

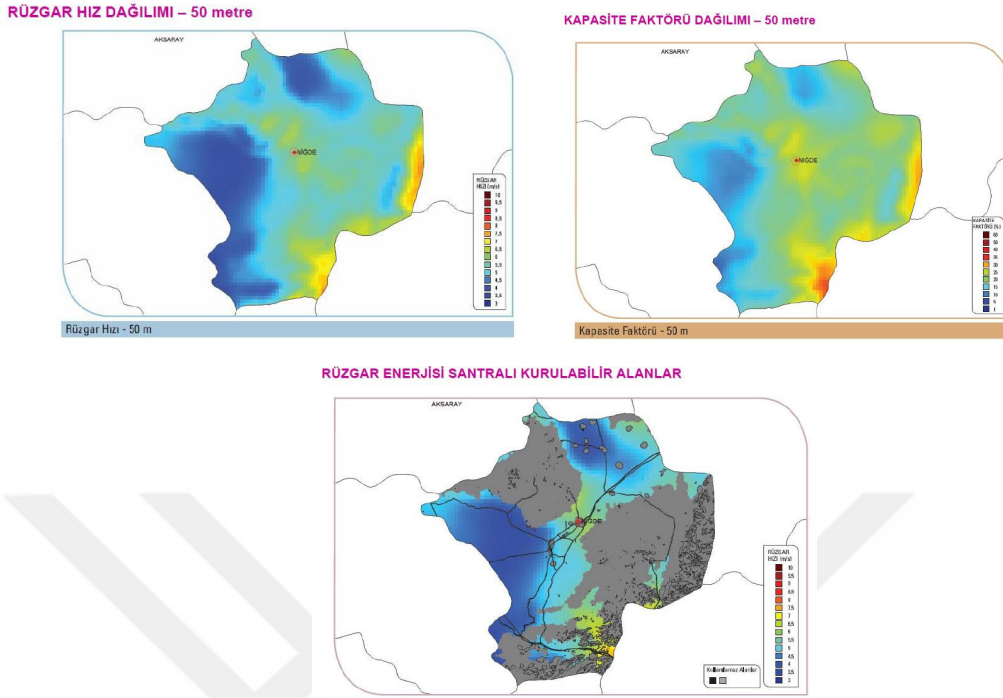
#### **4.5 Niğde İlinde Rüzgâr ve Güneş Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi**

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr ve güneş enerji kaynaklarının potansiyelleri, uygulanabilirlikleri, çevresel etkileri ve maliyetleri Niğde ili koşulları için incelenmiştir. Çalışmada, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü kurumlarından temin edilen verilerin yanı sıra daha önce yapılmış çalışmalardan faydalanılmıştır.

##### **4.5.1 Niğde iline ait rüzgâr ve güneş enerjisi potansiyel verilerinin değerlendirilmesi**

Çalışmanın bu kısmında, Niğde iline ait REPA ve GEPA verileri incelenmiş, rüzgâr ve güneş enerji potansiyelleri hakkında bilgiler verilmiştir.

#### 4.5.1.1 Niğde iline ait rüzgâr enerji verilerinin değerlendirilmesi



**Şekil 4.29.** Rüzgâr hız dağılımı, rüzgar kapasite faktörü dağılımı ve RES kurulabilir alanlar haritalarının birlikte gösterimi (Şekil 4.25, Şekil 4.26 ve Şekil 4.27)

Niğde ili merkez ve ilçeler bazında incelendiğinde genel rüzgâr hızı ortalamasının 3-6 m/s arasında olduğu görülmektedir. Niğde ili ilçelerinden Çamardı ve Ulukışla'nın doğusunda rüzgâr hızının 6,5-7,5 m/s'lik potansiyele sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.29).

Niğde ili merkez ve ilçeler bazında incelendiğinde rüzgâr kapasite faktörünün genel ortalamasının % 1-25 arasında, Çamardı ve Ulukışla'nın doğusunda ise rüzgâr kapasite faktörünün % 20-35 arasında olduğu görülmektedir (Şekil 4.29).

Kapasite faktörünün birim zamanda elde edilen verim ile ilgili bir kavram olması nedeniyle, rüzgâr hız potansiyelinin arttığı bölgelerde daha yüksek, rüzgâr hız potansiyelinin düşük olduğu bölgelerde azaldığı görülebilmektedir (Şekil 4.29).

Ekonomik RES yatırımı için 7 m/s veya üzerinde rüzgâr hızı ve % 35 veya üzerinde kapasite faktörü gerekmektedir. İlin çok büyük bir bölümünün, rüzgâr hızı ve rüzgâr kapasite faktörü bakımından bu gerekliliklerin altında olduğu ve bu gerekliliği

karşılamaya yakın rüzgâr hızına ve rüzgar kapasite faktörüne sahip olan bölgelerin RES kurulabilir alanların dışında kaldığı görülebilmektedir (Şekil 4.29). Bu verilere istinaden, Niğde ilinin rüzgâr enerji santrali işletimi bakımından tercih edilebilir illerden olmadığı söylenebilir.

#### 4.5.1.2 Niğde iline ait güneş enerji verilerinin değerlendirilmesi

Niğde ilinin yıllık güneşlenme potansiyelinin il merkezi ve ilçelere göre 1.500-1.800 kWh/m<sup>2</sup>-yıl arasında değişkenlik gösterdiği, ortalama yıllık güneşlenme potansiyelinin ise yaklaşık 1.650 kWh/m<sup>2</sup>-yıl olduğu görülmektedir (Şekil 4.3).

Niğde ilinin, il geneli ve ilçelere göre güneş ışınımına (radyasyonuna) ait aylık verilerine göre, Niğde ilinde güneş ışınımı Temmuz ayında 6,80-7,04 kWh/m<sup>2</sup>-gün arasındaki değerler ile maksimumda, Aralık ayında ise 1,76-1,84 kWh/m<sup>2</sup>-gün değerleri ile minimumda olduğu, il genelinde yıllık ortalama ışınım değerinin 4,44 kWh/m<sup>2</sup>-gün olduğu görülmektedir (Şekil 4.4 ile Şekil 4.10 arasında gösterilmiştir).

Niğde iline ait güneşlenme süreleri, il merkezi ve ilçelerde güneşlenme süresi en uzun 12,05 - 12,22 saat ile Temmuz ayında, en kısa güneşlenme süresi 3,74 - 4,09 saat ile Aralık ayında olup, il genelinde yıllık ortalama güneşlenme süresi 8,03 saat olarak bildirilmektedir (Şekil 4.11 ile Şekil 4.17 arasında gösterilmiştir).

Niğde ilinin yıllık ortalama güneşlenme süresi 8,03 saat olarak bildirilmiştir ve mevsimsel faktörler ile enerji santrallerinin kullanım süresi nedeniyle PV-GES veriminin % 20 olduğu varsayılmıştır.

Niğde ilinde tarımsal kullanım dışı ve orman vasfını taşımayan arazilerin, kullanılmayan araziler olarak tanımlandığı ve bu arazi büyüklüğünün 98.175 ha olduğu bildirilmiştir (Anonim, 2011). Bu arazilerde, arazinin % 100'lük, % 50'lik, % 10'luk ve % 1'lik kapasiteler ile kullanılması durumunda GES'ler ile elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarı örnek olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar şu şekildedir:

Niğde ilinde 1 MW'lık PV-GES kurulması ile elde edilebilecek elektrik enerjisi  
(3.1 numaralı formül kullanılmıştır)

$$1 \text{ MW/yıl} \times 8,03 \text{ saat/ gün} \times 365 \text{ gün/yıl} \times 1 \text{ GWh/1.000 MWh} \times \% 20 = \mathbf{0,59 \text{ GWh/yıl}}$$

1 MW'lık kurulu gücü olan GES ile yaklaşık olarak **0,59 GWh/yıl** elektrik enerjisi elde edilebilmektedir.

Niğde ilinde PV-GES'ler için kullanılabilir arazilerin kullanım oranına göre elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarı (3.2 numaralı formül kullanılmıştır)

1 MW'lık GES için 2 ha'lık (20 da) alana ihtiyaç duyulduğu bilinmektedir, buna göre;

Tarımsal ve Orman vasfını taşımayan PV-GES'ler için kullanılabilir arazinin (98.175 ha) % 100 kapasite ile kullanımı durumunda;

$$\frac{0,59 \text{ GWh/yıl}}{2 \text{ ha}} \times 98.175 \text{ ha} \times \% 100 = \mathbf{28.962 \text{ GWh/yıl}}$$

Tarımsal ve Orman vasfını taşımayan PV-GES'ler için kullanılabilir arazinin (98.175 ha) % 50 kapasite ile kullanımı durumunda;

$$\frac{0,59 \text{ GWh/yıl}}{2 \text{ ha}} \times 98.175 \text{ ha} \times \% 50 = \mathbf{14.481 \text{ GWh/yıl}}$$

Tarımsal ve Orman vasfını taşımayan PV-GES'ler için kullanılabilir arazinin (98.175 ha) % 10 kapasite ile kullanımı durumunda;

$$\frac{0,59 \text{ GWh/yıl}}{2 \text{ ha}} \times 98.175 \text{ ha} \times \% 10 = \mathbf{2.896 \text{ GWh/yıl}}$$

Tarımsal ve Orman vasfını taşımayan PV-GES'ler için kullanılabilir arazinin (98.175 ha) % 1 kapasite ile kullanımı durumunda;

$$\frac{0,59 \text{ GWh/yıl}}{2 \text{ ha}} \times 98.175 \text{ ha} \times \% 1 = \mathbf{290 \text{ GWh/yıl}}$$

Gerçekleştirilen bu örnek hesaplama ile Niğde ilinde bulunan tarımsal ve orman vasfını taşımayan arazilerin GES ile değerlendirilmesi durumunda yaklaşık olarak **290 – 28.962 GWh/yıl** aralığında elektrik enerjisi elde edilebilecek potansiyele sahip olduğu görülmektedir.

Türkiye'nin elektrik enerjisi tüketimi (257.220,1 GWh/yıl) ile üretimi (251.962,8 GWh/yıl) arasındaki fark **5.257,3 GWh/yıl** olarak belirlenmiştir (Anonim, 2014a). Niğde ilinde kurulacak GES'lerin sahip olduğu potansiyel elektrik enerjisi, Türkiye'nin elektrik tüketim-üretim arasındaki farkı kapatmak için yardımcı olabileceği söylenebilmektedir.

#### **4.6 Rüzgâr ve Güneş Enerjisi Kaynaklarının Niğde İlinde Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi**

Çalışma kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr ve güneş enerjisi kaynakları kullanılarak elektrik enerjisi elde edilmesi ve bu işlemlerin Niğde ilinde uygulanabilirliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

##### **4.6.1 Rüzgâr enerjisinin Niğde ilinde uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi**

Rüzgâr türbinlerinin eksenine, rüzgâr alışı yönüne, rüzgâr hızına, güç kontrolüne, kanat sayısına ve şebeke bağlantısına göre çeşitlendirilebildiği ve ihtiyaca uygun şekilde kullanımının gerçekleştirilebileceği belirtilmiştir (Akkuş, 2010; Çelikdemir ve Özdemir, 2014; Elibüyük ve Üçgül, 2014; Şenel ve Koç, 2015; Url-6; Url-24;).

Yapılan önceki çalışmalara göre; “Ekonomik RES (Rüzgâr Enerji Santrali) yatırımı için 7 m/s veya üzerinde rüzgâr hızı ve % 35 veya üzerinde kapasite faktörü gerekmektedir” (Url-25) ifadesinde belirtilen kriterlerin, Niğde ili potansiyellerinin üzerinde olması nedeni ile gereksinimlerin karşılanamadığı görülmekte olup, Niğde ilinin rüzgâr enerji santrali projeleri için uygun olmadığı söylenebilir.

#### 4.6.2 Güneş enerjisinin Niğde ilinde uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi

Konuyla ilgili kaynak taramasında edinilen bilgilere göre, güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edebilmek için esas olarak fotovoltaik sistemler veya yoğunlaştırıcı ısı sistemlerinin kullanıldığı görülmektedir (Doğan, 2012; Anonim, 2009; Karamanav, 2007; Karataş, 2009).

Fotovoltaik sistemlerin kullanılmasında uygun malzemenin seçimi ile verimin artacağı belirtilmektedir (Karataş, 2009; Url-4.). Materyal ve Metot bölümünde Niğde ili geneli ve ilçeleri fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları Şekil 4.18 ile Şekil 4.24 arasında verilmiştir (Url-24).

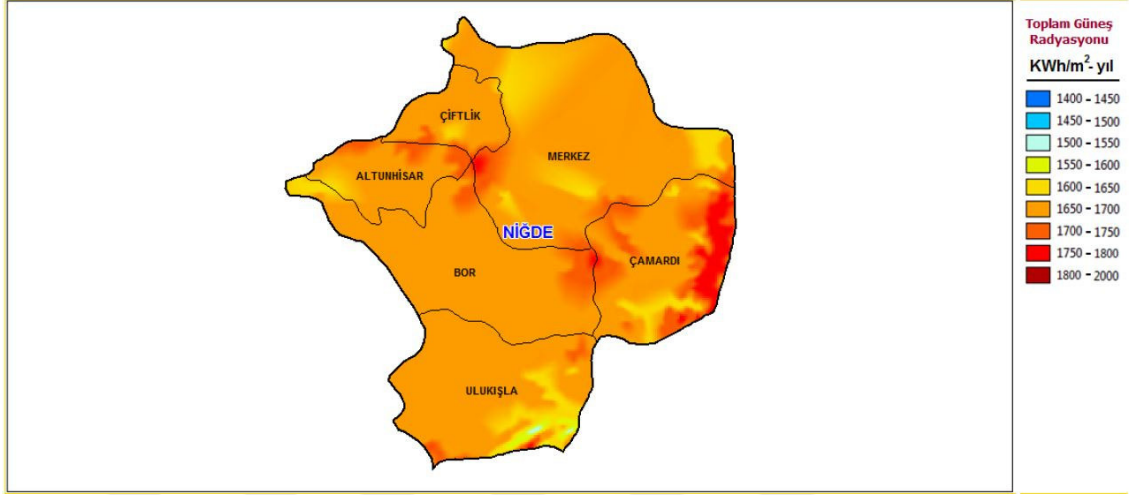
Çalışma konusu ile ilgili yapılan araştırma sonucunda, Niğde il geneli ve ilçelerde aynı fotovoltaik pil malzemesi kullanımı durumunda yaklaşık olarak aynı değerlerin elde edildiği görülmüş, kullanılacak fotovoltaik pil malzemesine göre elde edilebilecek enerji miktarları 100 m<sup>2</sup> 'lik alanlar esas alınarak çoktan aza doğru yaklaşık olarak şu şekilde belirtilmiştir (Url-24):

- Monokristalin Silikon 27.000 kWh/yıl,
- Polikristalin Silikon 24.000 kWh/yıl,
- İnce Bakır Film Şerit 14.000 kWh/yıl,
- Kadmiyum Tellerium 12.000 kWh/yıl
- Şekilsiz Silikon 11.000 kWh/yıl (Url-24).

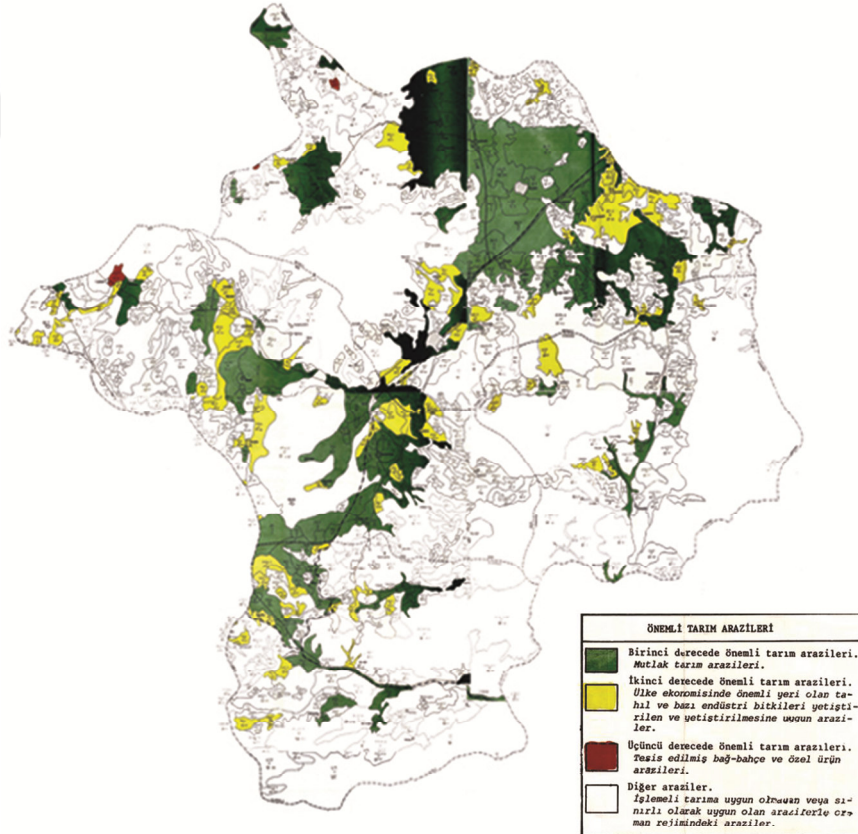
Elde edilen bu sonuçlara göre, Niğde genelinde gerçekleştirilecek herhangi bir güneş enerjisi santrali projesinde Monokristalin Silikon malzemeli pillerin kullanılması durumunda, elde edilebilecek yıllık enerji miktarının en yüksek olacağı söylenebilir.

Türkiye'nin, dünya üzerinde güneş ışınımı yüksek olan ülkelerden biri olduğu (Şekil 2.8), Niğde ilinin ise, Türkiye üzerinde güneş ışınımı yüksek olan illerden biri olduğu görülmektedir (Şekil 2.11). İlin sahip olduğu yıllık ortalama radyasyon değeri 4,44 kWh/m<sup>2</sup>-gün, yıllık ortalama güneşlenme süresi 8,03 saat olarak belirtilmektedir. İlin konumu ve sahip olduğu potansiyel güneşlenme süresi ile yıllık ortalama ışınım

değerleri nedeni ile güneş enerjisi kullanımı için uygun bir il olduğu söylenebilir. Belirtilen nedenlerle, Niğde ilinin, hem fotovoltaik ısı sistemler hem de yoğunlaştırıcı ısı sistemlerin kullanımı açısından uygun durumda olduğu da söylenebilir.



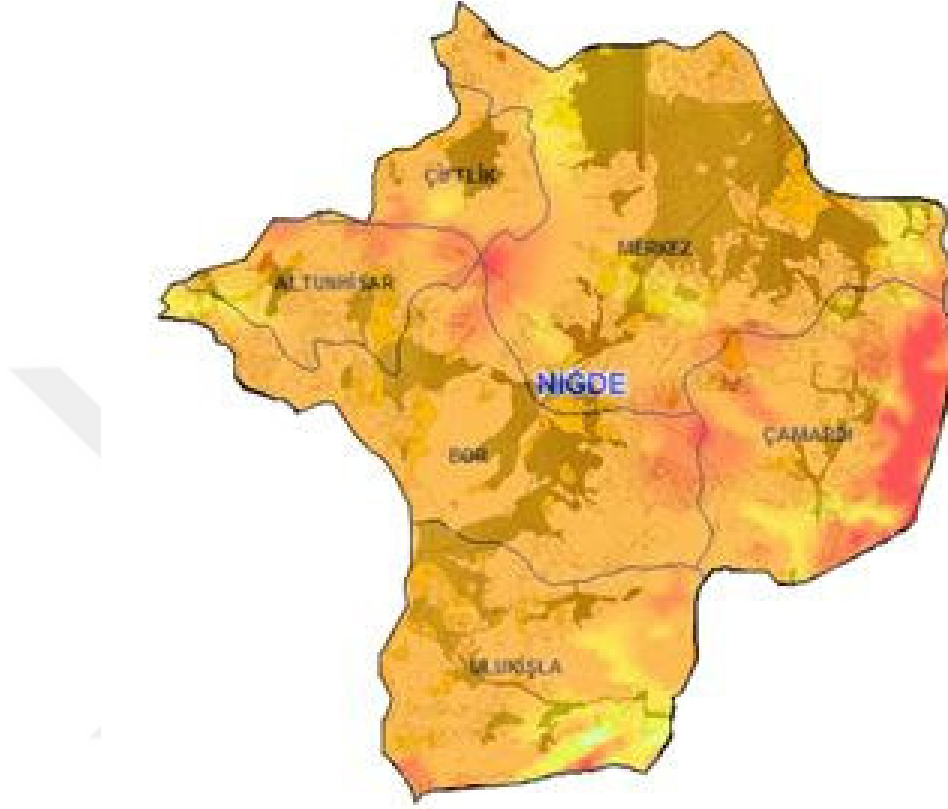
(a)



(b)

Şekil 4.30. Niğde GEPA(a) ve arazi varlığı haritası (b) birlikte gösterimi

Niğde ili GEPA (Şekil 4.3) ve Arazi Varlığı'nı (Şekil 4.28) gösteren haritalar birlikte verilmiştir (Şekil 4.30). Şekil 4.31'de verilmiş olan temsili birleştirilmiş haritayı daha rahat inceleyebilmek için Şekil 4.30'deki lejanttan faydalanılmıştır.



**Şekil 4.31.** Niğde ili birleştirilmiş GEPA ve arazi varlığı haritası

Şekil 4.31'de verilmiş olan haritalar (GEPA ve Arazi Varlığı) Niğde ili arazisi üzerinde düşen güneş ışınımını daha rahat değerlendirebilmek için temsili olarak birleştirilmiştir. Arazi Varlığı haritası lejantında beyaz renk ile gösterilen alanlar tarım dışı araziler olarak belirtilmiş olup, GEPA'da bu tarım dışı arazilere denk gelen bölgeler incelenmiştir. Altunhisar ilçesinin kuzeyi ile kuzeydoğusu, Merkez ilçenin güneybatısı ve Çamardı ilçesinin doğusunun tarım dışı arazi olması ve yüksek ışınımına maruz kalması nedeni ile GES projeleri için uygun yerler olacağı, kurulacak GES'ler için bu alanların tercih edilmesi durumunda hem tarım arazilerinin korunacağı hem de daha yüksek miktarda güneş radyasyonu ile daha yüksek miktarda enerji elde edilebileceği söylenebilir.

#### 4.7 Rüzgâr ve Güneş Enerjisinin Niğde İline Çevresel Etkileri

Konuyla ilgili yapılan kaynak taramasında rüzgâr ve güneş enerjisinin çevresel etkileri ile avantaj ve dezavantajları incelenmiş, rüzgar ve güneş enerjisinin Niğde iline sağlayabileceği çevresel etkiler bu kısımda açıklanmıştır (Akkaya, 2006; Albayrak, 2010; Arı, 2007; Avinç, 1998; Ayhan, 2009; Doğan, 2012; Ertürk vd., 2006; Grozdev, 2010; Güler, 2014; Hung, 2010; Karataş, 2009; Kızıltan, 2010; Klugmann Radziemska, 2014).

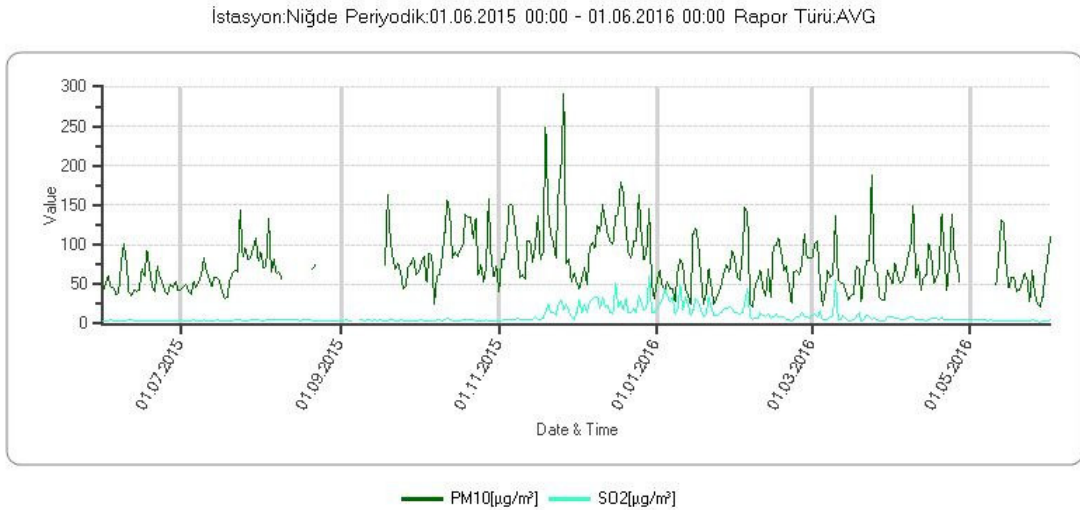
Hava kirliliği, sülfür dioksit, solunabilir partiküller, azot oksitler ve ozon gibi hava kirleticilerinin insan ve çevre için belirlenmiş negatif limit değerinin üzerinde olması olarak tanımlanabilir. Ülke çapında, otomatik gözlem istasyonları partikül madde (PM<sub>10</sub>) ve SO<sub>2</sub> raporlamasını gerçekleştirmektedir. Havada bulunan bu partiküllerin insanların solunum sistemleri için zararlı oldukları bilinmektedir. Anadolu kentleri genellikle vadilerin tabanlarında yerleşik durumdadırlar. Eğer kentte ısınma, endüstri ve trafik gibi çeşitli kaynakların emisyonları nedeniyle kentsel hava kirlenmişse, bu durum sıklıkla atmosferik inversiyona neden olmaktadır. Trafiğin yanı sıra, inşaat ve diğer sektörlerde, bazı ölçümler hava kalitesindeki zararlı etkileri azaltmak ya da kontrol etmek için yardımcı olmaktadır. Hava kirliliğinin artması özellikle solunum rahatsızlıklarına neden olabilmektedir. Niğde'de yapılan bir çalışmada hava kirliliğinin astım ve bronşit hastalığına neden olduğu ortaya konmuştur. (Kara vd., 2013).

İlde, konut ve işyerlerinin ısıtılmasında yakıt olarak kömür, odun, özel kalorifer yakıtı, motorin ve 2006 Eylül ayından itibaren doğalgaz kullanılmaktadır (Anonim, 2011).



**Şekil 4.32.** Niğde ili hava kalitesi indeksi (anlık) (Url-30).

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonları web sitesinden alınan verilere göre, Niğde ilinin güncel (12.06.2016 tarih ve 22.00 saat) değerleri Şekil 4.32’de verilmiştir.  $\text{PM}_{10}$  Ulusal Sınır Değeri  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , AB Üye Ülkeleri Sınır Değeri  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak belirtilmiş, Niğde ilinin güncel  $\text{PM}_{10}$  değeri  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak belirtilmiştir.  $\text{SO}_2$  Ulusal Sınır Değeri  $440 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , AB Üye Ülkeleri Sınır Değeri  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak belirtilmiş olup, Niğde ilinin güncel  $\text{SO}_2$  değeri  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak bildirilmiştir. Hava Kalite İndeksi Niğde ili için “orta” olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.32).



**Şekil 4.33.** Niğde ili hava kalitesi indeksi (dönemlik) (Url-30).

Niğde ili hava kalitesi raporunda (Şekil 4.33) PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> parametreleri (01.06.2015-01.06.2016 tarihleri arasında) gösterilmiş olup, kış aylarında PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> parametrelerinin yükseldiği görülmektedir. Bu yükselişin, kış aylarında ısıtma yakıtı olarak kullanılmakta olan kömür, odun, özel kalorifer yakıtı ve motorin (Anonim, 2011) kaynaklı olduğu söylenebilir.

Rüzgâr enerjisi kullanılırken, atmosferdeki havanın kullanılması nedeni ile herhangi bir şekilde sera gazına neden olacak bir emisyon ve atık oluşmayacağı, sistem içerisinde kullanılan malzemelerin geri dönüşümünün doğru yapılması halinde rüzgâr enerjisi ile elektrik üreten sistemlerin çevreye olumsuz bir etki bırakmayacağı belirtilmektedir. Diğer taraftan, ses, titreşim, elektromanyetik alan etkisi ve kuşların göç yollarını etkilemesi gibi olumsuzlukların olduğu da kabul edilmektedir (Ertürk vd., 2006; Klugmann Radziemska, 2014).

Güneş enerjisi kullanılırken herhangi bir şekilde sera gazına neden olacak bir atık oluşumunun ortaya çıkmayacağı, güneş enerjisi ile elektrik üreten sisteminin içerisinde kullanılan malzemelerin geri dönüşümünün doğru yapılması durumunda çevreye olumsuz bir etki bırakmayacağı belirtilmektedir (Avinç, 1998; Ertürk vd., 2006; Klugmann Radziemska, 2014).

Rüzgâr ve güneş enerjisi santrallerinin kullanımının artması durumunda, fosil kökenli yakıtların yoğun olarak kullanıldığı ilde oluşan hava kirliliğinin önlenilebileceği, halk sağlığı konusunda il genelinde iyileşmelerin olacağı tahmin edilebilir.

#### **4.8 Rüzgâr ve Güneş Enerji Kaynaklarının Kullanımın Maliyetleri**

Rüzgâr ve güneş enerjisinin maliyetleri ve avantaj-dezavantajları incelenerek, rüzgâr ve güneş enerjisi santrallerinin maliyetleri çalışmanın bu kısmında değerlendirilmiştir (Ağdere, 2012; Kaya ve Koç, 2015; Köroğlu vd., 2010; Url-20; Url-21).

Enerji santrallerinde maliyet unsurlarının değerlendirilmesinde, genellikle santralin ilk yatırım maliyeti ve birim enerji üretim maliyeti dikkate alınmaktadır. Santralin birim enerji üretim maliyeti, santralin kullanım ömrü boyunca yapılan bütün harcamaları (ilk yatırım maliyeti, işletme/bakım maliyetleri) kapsayan, santralden birim enerji elde

edilmesi için gerekli olan maliyeti ifade eden ekonomik bir değerlendirme kriteridir. Enerji santrallerinde elektrik enerjisi üretimine etki eden faktörler, santralin ilk yatırım maliyeti ve işletme/bakım maliyetidir (Kaya ve Koç, 2015).

#### **4.8.1 Rüzgâr enerji kaynaklarının kullanımın maliyetleri**

Rüzgârdan elektrik enerjisi için kullanılan rüzgâr türbinlerinin ve ekipmanlarının yatırım maliyetleri ve bu ekipmanların toplam maliyetteki yüzde payları yukarıda belirtilmiş olup, 1 MWh üretim kapasiteli rüzgâr türbini kurabilmek için gerekli parametreler yatırım maliyetleri ile birlikte gösterilmiştir (Çizelge 2.3). Rüzgâr türbinlerinin yerli üretim katkı ilavesi, rüzgâr türbini imalinde yerli üretim malzeme kullanımı durumunda RES Yerli Üretim Katkı İlavesi göstermektedir (Çizelge 2.4).

Ancak, Niğde ilinin RES yatırımları için uygun bir lokasyonda yer almadığı görülmüştür (Şekil 4.27). Bu nedenle, RES yatırımının il için maliyet durumları değerlendirilmeye alınmamıştır.

#### **4.8.2 Güneş enerji kaynaklarının kullanımın maliyetleri**

Niğde ilinde kurulabilecek GES'lerin; 1 MW'lık santral bedelleri, yatırım maliyetlerini karşılama süreleri, ilin elektrik tüketimini karşılama durumları ile potansiyel enerji üretim durumunun ile ve Türkiye'ye katkı durumları örnek bir hesaplama ile verilmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi için elektrik tarife bedeli projenin ilk 10 yılı için 13,3 \$ cent/kWh'dır (Url-20). GES ekipman ve malzemelerinin tamamının yerli olması durumunda Fotovoltaik GES Yerli Üretim Katkı İlavesi ile tarife bedelinde değişiklikler olacaktır (Çizelge 2.2). Ancak çalışma kapsamında elektrik tarife bedelinin proje süresince sabit kalacağı varsayılarak örnek hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen örnek hesaplamada para birimi kargaşası oluşmaması amacı ile bütün bedeller € birimine çevrilmiş, hesaplamalar € cinsinden yapılmıştır. Euro/Dolar paritesi 1,1034 (Url-31, 28.06.2016-03.03) olarak kabul edilmiştir. Bir GES santralının tam verim ile çalışabileceği ömrü 25 yıl olup, 25 yıldan sonra da daha düşük verimle çalıştığı belirlenmiştir (Url-21). 1 MW'lık GES kurulum maliyeti 890.000 € olarak

belirtilmiştir (Url-33). Güneş enerjisi santrallerinin yıllık işletme maliyeti ortalama olarak 5.440 € (4.000-8.000 \$) kabul edildiği belirtilmiştir (Url-32). Hesaplamalar yapılırken Url-21’da gösterilen örnek hesaplamalardan faydalanılmıştır.

Hesaplamalarda güneş enerjisi için elektrik tarife bedeli (sabit fiyat garantisinin GES çalışma süresi boyunca devam edeceği varsayılmıştır) **12,05 € cent/kWh** (13,3 \$ cent/kWh), yıllık işletme maliyeti **5.440 €** olarak kabul edilmiştir. 1 MW’lık GES ile 0,59 GWh/yıl (590.000 kWh/yıl) elektrik enerjisi üretilebileceği bölüm **4.5.1.2’** de gösterilmiştir.

GES’ten Elde Edilebilecek Yıllık Gelirin Hesaplanması (3.3 numaralı formül kullanılmıştır);

- (1 MW’lık GES ile üretilen yıllık enerji) x (Tarife Bedeli) x (Birim Çevirme)

$$590.000 \text{ kWh/ yıl} \times 12,05 \text{ € cent/kWh} \times 1 \text{ €}/100 \text{ cent} = 71.095 \text{ €}/\text{yıl}$$

- (1 MW’lık GES ile elde edilen yıllık gelir) – (İşletme bedeli)

$$71.095 \text{ €}/\text{yıl} - 5.440 \text{ €}/\text{yıl} = \mathbf{65.655 \text{ €}/\text{yıl}}$$

Niğde ilinde 1 MW’lık PV-GES ile yılda 65.655 € gelir elde edilebileceği hesaplanmıştır.

Yatırım Maliyetinin Karşılama Süresi (3.4 numaralı formül kullanılmıştır);

Yatırım Maliyeti / Yıllık Gelir

$$890.000 \text{ €} / 65.655 \text{ €} = \mathbf{13,5 \text{ yıl}}$$

yatırım maliyetinin karşılanması süresi 13,5 yıl olarak hesaplanmıştır.

Niğde ilinde 25 yıl sonunda 1 MW’lık GES’ten elde edilebilecek toplam kâr;

- (Yıllık Gelir) x (Faaliyet Süresi)

$$65.655 \text{ €} \times 25 \text{ yıl} = \mathbf{1.641.375 \text{ €}}$$

- (Faaliyet Süresi Sonunda Elde Edilecek Gelir) – (Yatırım Maliyeti)

$$1.641.375 \text{ €} - 890.000 \text{ €} = \mathbf{751.375 \text{ €}}$$

25 yıl sonunda Niğde ilinde 1 MW'lık GES ile elde edilebilecek kâr miktarı 751.375 € olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalara göre:

1 MW'lık GES maliyet hesaplamalarında; 1 MW'lık GES'nin maliyetinin 890.000 €, yıllık gelirin 65.655 €, yatırım maliyetinin karşılanma süresinin 13,5 yıl olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen verilere (Url-21) göre gerçekleştirilen bu örnek hesaplamada; kullanılan malzemelerin birim fiyatlarının, üretim menşelerinin, işletme maliyetlerinin ve Euro/Dolar paritesinin değişimi durumunda, gerçekleştirilen örnek hesaplamada bulunan yıllık gelir ve yatırım maliyetlerinin karşılanma sürelerinin değişeceği söylenebilir.

Niğde ilinin (2014 yılı) elektrik tüketimi 984.394 MWh/yıl olduğu (Çizelge 4.4) ve 1 MW'lık GES ile yıllık 590.000 kwh elektrik üretildiği belirtilmiştir. İlin yıllık elektrik tüketiminin karşılanabilmesi için gereken GES sayısının, toplam yatırım maliyetinin ve 25 yıllık kâr hesaplanması örnek olarak şu şekilde yapılmıştır:

İlin elektrik tüketiminin karşılanabilmesi için gereken GES sayısı (3.5 numaralı formül kullanılmıştır);

- (İlin Yıllık Elektrik Tüketimi) / (1 MW'lık 1 GES'in Elektrik Üretimi) x (Birim Çevirme)

$984.394 \text{ MWh} / 590.000 \text{ kWh} \times (1000 \text{ kWh} / 1 \text{ MWh}) = \mathbf{1.670 \text{ adet 1 MW'lık GES'e}}$  ihtiyaç duyulacaktır.

İlin elektrik tüketiminin karşılanabilmesi için yapılması gereken yatırım bedeli (3.6 numaralı formül kullanılmıştır);

- (GES sayısı) x (Yatırım Maliyeti)

$$1.670 \times 890.000 \text{ €} = \mathbf{1.486.300.000 \text{ €'luk}}$$
 yatırıma ihtiyaç duyulacaktır.

İlin elektrik tüketiminin karşılanabilmesi için kurulacak GES'lerden 25 yılda elde edilecek toplam gelir (3.7 numaralı formül kullanılmıştır);

- (Faaliyet Süresi) x (Gereken GES Sayısı) x (Yıllık Gelir)

$$25 \times 1.670 \times 65.655 \text{ €} = \mathbf{2.741.096.250 \text{ €}}$$

25 yıl sonunda toplam 2.741.096.250 € gelir elde edilebilecektir.

25 yıl sonunda tamamlanmış yatırımlardan elde edilebilecek toplam kâr (3.8 numaralı formül kullanılmıştır);

- (25 Yıl Sonunda Elde Edilen Gelir) – ( Toplam Yatırım Gideri)

$$2.741.096.250 \text{ €} - 1.486.300.000 \text{ €} = \mathbf{1.254.796.250 \text{ €}}$$

25 yıl sonunda toplam 1.254.796.250 € kâr elde edilebilecektir.

Niğde ili ekonomisine yansıtacak yıllık kâr (3.9 numaralı formül kullanılmıştır);

- (Yatırım Sonun Elde Edilecek Kâr) / (Faaliyet Süresi)

$$1.254.796.250 \text{ €} / 25 \text{ yıl} = \mathbf{50.191.850 \text{ € /yıl}}$$

Niğde ilinde GES'ler ile yılda 50.191.850 € kâr elde edilebilecektir.

Niğde ilinde tarımsal kullanım ve orman vasfında olmayan arazilerde (98.175 ha) yapılması muhtemel GES'ler için gereken alanın hesaplanması (3.10 numaralı formül kullanılmıştır);

1 MW'lık GES için 2 ha (20.000 m<sup>2</sup>)'lık bir alana ihtiyaç vardır.

- (Kurulacak GES Sayısı) x ( 1 MW'lık GES için Gereken Alan)

$$1.670 \times 2 \text{ ha} = \mathbf{3.340 \text{ ha}} \text{ (33.400.000 m}^2\text{)}$$

- (1.670 adet 1 MW'lık GES'in kurulması için gerek alan) / (ilin Tarımsal Kullanım ve Orman Vasfının Dışında Kalan Alanlar) x (Yüzde)

$$3.340 \text{ ha} / 98.175 \text{ ha} \times \% = \mathbf{\% 3.40}$$

Yapılan hesaplamalarda, Niğde ilinin elektrik tüketimini (984.394 MWh/yıl) karşılayabilmesi amacıyla, ile 1 MW'lık **1.670** adet GES kurulması gerektiği, GES'lerin kurulabilmesi için **1.486.300.000 €'luk** yatırıma ihtiyaç olduğu, yatırımın 25 yıllık verimli şekilde çalışacağı düşünülerek il ekonomisinin **50.191.850€ /yıl** kâr elde edilebileceği, bu yatırımın yapılabilmesi için gereken alanın **3.340 ha** olduğu; bu alanın, ilin tarımsal kullanım dışı ve orman vasfında olmayan arazilerine oranı **% 3,40** olduğu hesaplanmıştır. Bu hesaplama, örnek bir hesaplama olup; vergiler, ulaşım ve diğer yan ödeme giderleri dahil edilmeden sadece ortalama işletme ve yatırım maliyetleri değerlendirilerek ve GES'lerin tamamının aynı anda yapılacağı varsayılarak konu hakkında fikir oluşturmak amacı ile yapılmıştır.

## BÖLÜM V

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Rüzgâr ve güneş enerjisi teknolojilerinin irdelenmesi ve Niğde iline uygulanabilirliklerinin değerlendirilmesinin amaçlandığı bu çalışmada, rüzgâr ve güneş enerjisi teknolojilerinin ildeki potansiyelleri, ilde uygulanabilirliği, çevresel etkileri ve maliyetleri incelenmiştir. Yapılan araştırmalar ve değerlendirmeler ile elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

Niğde ilinin mevcut durumu hakkında elde edilen sonuçlar:

Niğde ili arazi varlığı; arazi yetenek sınıfları ve arazi kullanım durumları ile ilgili olarak şu sonuçlara ulaşılmıştır:

Niğde ilinde toplam 779.522 ha arazi bulunup, bu arazilerin; I-IV. yetenek sınıfına giren kısmı 262.577 ha, V-VIII. yetenek sınıfına giren kısmı 516.945 ha olup, tarımın I-IV. sınıf arazilerde yoğunlaştığı, ilde 343.749 ha Çayır-Mer'a, 275.783 ha Tarım arazisi, 61.815 ha Ormanlık alan ve 98.175 ha da Kullanılmayan arazi olduğu ortaya konmuştur. Kullanılmayan araziler, tarımsal kullanım dışı ve orman vasfı olmayan araziler kapsamında bulunup, gelecek dönemlerde mali parametreler, konumsal, topoğrafik, hukuki ve mülkiyet durumlarına göre, güneş ve rüzgâr enerji santralleri projeleri için kullanılacak alanlar olarak öngörülmektedir.

Çalışmada, Niğde ili Güneş Enerjisi Potansiyelleri Atlası ve Arazi Varlığı incelenmiş; Altınhisar ilçesinin kuzeyi ile kuzeydoğusu, Merkez ilçenin güneybatısı ve Çamardı ilçesinin doğusunun tarım dışı arazi olması ve yüksek ışınımına maruz kalması nedeni ile GES projeleri için uygun yerler olduğu belirlenmiştir. GES projelerinde yatırımcıların daha yüksek güneş potansiyeline ulaşabilmeleri için, bu bölgelerde yer alan uygun arazileri tercih etmeleri önerilmiştir.

İlin Rüzgâr Enerji Potansiyelleri Atlası, rüzgar hızı ve rüzgar kapasite faktörü haritaları incelenmiş, “Ekonomik RES (Rüzgar Enerji Santrali) yatırımı için 7 m/s veya üzerinde rüzgar hızı ile % 35 veya üzerinde kapasite faktörü gerekliliği” (Url-25) şartını

sağlayamadığı için ve RES kurulabilir alanlar açısından uygun olmadığı ortaya konulmuştur.

Çalışma kapsamında, Niğde iline ait enerji üretim, tüketim ve kurulu güçleri incelenmesi ile elde edilen sonuçlara göre;

İlin elektrik tüketiminin 984.394 MWh olduğu, 10,35 MW olarak belirtilmiş olan kurulu gücün 10,28 MW'lık kısmının Termik Kurulu Güç, 0,069 MW'lık kısmının ise Hidrolik Kurulu Güç olduğu, gayri resmi verilere göre ilde mevcut olan 9 adet GES santrallerinin 7'sinin aktif, 2'sinin yapım aşamasında olduğu, aktif GES kurulu gücünün 18,08 MW, yapım aşamasında olan GES gücünün 9,72 MW olduğu belirlenmiştir. Yakın gelecekte, yapım aşamasındaki santrallerin tamamlanmasının ardından GES'lerin aktif hale gelmesi ile ilde kurulu güneş enerjisi gücünün 27,8 MW'a ulaşacağı öngörülmektedir.

İle ait rüzgar hızı ve rüzgar kapasite faktörlerine göre yapılan değerlendirme sonucunda;

Niğde ili merkez ve ilçelerinde genel rüzgar hızı ortalamasının 3-6 m/s arasında değiştiği, Çamardı ve Ulukışla ilçelerinin doğusunda rüzgar hızının 6,5-7,5 m/s'lik potansiyele sahip olduğu, il genelinde kapasite faktörü genel ortalamasının % 1-25 arasında bulunduğu, Çamardı ve Ulukışla ilçelerinin doğusunda rüzgar kapasite faktörünün % 20-35 arasında olduğu belirlenmiştir. Ekonomik RES yatırımı için 7 m/s veya üzerinde rüzgar hızı ile % 35 veya üzerinde rüzgar kapasite faktörü gerekliliği nedeni ile, ilin çok büyük bir bölümünün rüzgar hızı ve rüzgar kapasite faktörü bakımından bu gerekliliği karşılayamadığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, Niğde ilinin rüzgâr enerji santrali işletimi bakımından tercih edilebilir iller arasında olmadığı söylenebilir.

İle ait güneşlenme potansiyeli, güneş ışınımı ve güneşlenme süresi verilerinin değerlendirilmesi sonucunda;

İlin yıllık güneşlenme potansiyelinin il merkezi ve ilçelere göre 1.500-1.800 kWh/m<sup>2</sup>-yıl arasında değişiklik gösterdiği, ortalama yıllık güneşlenme potansiyelinin yaklaşık

1.650 kWh/m<sup>2</sup>-yıl olduğu, güneş ışınımının Temmuz ayında 6,80-7,04 kWh/m<sup>2</sup>-gün arasındaki değerler ile maksimumda, Aralık ayında ise 1,76-1,84 kWh/m<sup>2</sup>-gün değerleri ile minimumda olduğu, il genelinde yıllık ortalama ışınım değerinin 4,44 kWh/m<sup>2</sup>-gün olduğu görülmüştür. İlde, il merkezi ve ilçelerde güneşlenme süresi en uzun 12,05 - 12,22 saat ile Temmuz ayında, en kısa güneşlenme süresi 3,74 - 4,09 saat ile Aralık ayında belirlenmiş olup, il genelinde yıllık ortalama güneşlenme süresinin 8,03 saat olduğu ortaya konulmuştur.

Niğde il geneli ve ilçelerde aynı fotovoltaiik pil malzemesi kullanımı durumunda yaklaşık aynı değerde enerji elde edildiği, kullanılabilir fotovoltaiik pil malzemesine göre, elde edilebilecek enerji miktarları 100 m<sup>2</sup> 'lik alanlar esas alınarak çoktan aza doğru sıralandığında en yüksek verimin Monokristalin Silikon (27.000 kWh/yıl), en düşük verimin Şekilsiz Silikon (11.000 kWh/yıl) ile elde edilebileceği görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlara göre, Niğde ili genelinde gerçekleştirilecek herhangi bir güneş enerjisi santrali projesinde, Monokristalin Silikon malzemeli pillerin kullanılması ile elde edilebilecek yıllık enerji miktarının yüksek olacağı söylenebilir.

Çalışma sonucunda, Türkiye'nin dünya üzerinde, Niğde ilinin de Türkiye üzerinde yüksek seviyelerde güneş enerjisi potansiyeline sahip olduğu, ilin güneş enerjisi santralleri ile elektrik üretimine uygun konuma ve potansiyellere sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Yenilenemez ve yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreye etkileri ile Niğde ilinde trafik, endüstri ve kullanılan fosil yakıtlar nedeni ile oluşan mevcut hava kalitesi incelenmiş olup, güneş ve rüzgâr enerji kaynakları kullanımının Niğde ilindeki çevresel etkileri hakkında şu şekilde ortaya konulmuştur;

İlde, konut ve işyerlerinin ısıtılmasında yakıt olarak kömür, odun, özel kalorifer yakıtı, motorin ve doğal gaz kullanıldığı, PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> değerlerinin kış aylarında yükseldiği belirlenmiştir.

Rüzgâr ve güneş enerjisi kullanılırken, atmosferdeki havanın kullanılması nedeni ile herhangi bir şekilde sera gazına neden olacak bir atık oluşmayacağı, sistem içerisinde kullanılan malzemelerin geri dönüşümünün doğru yapılması halinde rüzgâr enerjisi ile

elektrik üreten sistemlerin çevreye olumsuz etki yapmayacağı, bununla birlikte, RES'lerin; ses, titreşim, elektromanyetik alan etkisi ve kuşların göç yollarını etkilemesi gibi olumsuzlukların yanında; rüzgâr ve güneş enerjisi santrallerinin kullanımının artması durumunda, ilde oluşan hava kirliliğinin önlenilebileceği ve halk sağlığı konusunda il genelinde iyileşmelerin olacağı öngörülmektedir.

Niğde ilinde kurulacak GES'lerin il ve Türkiye için öneminin değerlendirilmesi;

Niğde ilinde kurulacak GES'lerin maliyetlerinin değerlendirilmesi sonucunda;

**Çizelge 5.1.** Niğde ilinde kurulabilecek 1 MW'lık GES'ne ait bilgiler

<b>1 MW'lık GES</b>	
Yatırım Maliyeti (€)	890.000
İşletme Maliyeti (€/yıl)	5.440
Yıllık Gelir (€/yıl)	<b>65.655</b>
Yatırımın Karşılanma Süresi (yıl)	<b>13,5</b>
25 yıl Sonunda Elde Edilecek Kâr (€/yıl)	<b>751.375</b>

1 MW'lık GES maliyet hesaplamaları sonucunda (Çizelge 5.1); 1 MW'lık GES'nin yatırım maliyetinin 890.000 €, işletme maliyetinin 5.440 €, yıllık gelirin 65.655 €, yatırım maliyetinin karşılanma süresinin 13,5 yıl ve santral faaliyet süresi olan 25 yıl sonunda elde edilebilecek kârın 751.375 € olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Hesaplamalar gerçekleştirilirken, elektrik satın alma bedelinin (12,05 €/kw) santralin faaliyeti süresince geçerli olduğu varsayılmıştır. Santral kurulumu sırasında, kullanılacak malzemelerin birim fiyatlarının, üretim menşelerinin, işletme maliyetlerinin ve Euro/Dolar paritesinin değişimi durumunda, gerçekleştirilen örnek hesaplamada bulunan yıllık gelir ve yatırım maliyetlerinin karşılanma sürelerinin değişeceği söylenebilir.

Niğde ilinde kurulacak GES'lerin Niğde iline ve Türkiye'ye sağlayacağı avantajların değerlendirilmesi sonucunda;

**Çizelge 5.2.** Niğde ilinin yıllık elektrik tüketimini karşılamak için kurulacak GES'lere ait bilgiler

<b>İlin Elektrik Tüketiminin Karşlanması İçin Gereken Veriler</b>	
İlin (2014 yılı) elektrik tüketimi (GWh/yıl)	984,4
Kullanılması gereken alan (ha)	<b>3.340</b>
İlin proje için kullanılabilir alanı (ha)	98.175
Proje için gereken alanın, İl'in kullanılabilir alanına oranı (%)	<b>% 3,40</b>
GES sayısı (1 MW'lık) (adet)	<b>1.670</b>
Toplam yatırım maliyeti (€)	1.486.300.000
Elde edilecek toplam gelir (€)	2.741.096.250
25 yıl sonunda elde edilecek kâr (€)	1.254.796.250
Niğde ilinin yıllık kârı (€/yıl)	50.191.850

Hesaplama sonuçlarında (Çizelge 5.2), Niğde ilinin elektrik tüketimini (984.394 MWh/yıl) karşılayabilmesi amacıyla, ilde 1 MW'lık **1.670** adet GES kurulması gerektiği, GES'lerin kurulabilmesi için **1.486.300.000 €'luk** yatırıma ihtiyaç olduğu, yatırımın 25 yıllık verimli şekilde çalışacağı düşünülerek il ekonomisinin **50.191.850 € /yıl** kâr elde edilebileceği, bu yatırımın yapılabilmesi için gereken alanın **3.340 ha** olduğu; bu alanın, ilin tarımsal kullanım dışı ve orman vasfında olmayan arazilerine oranı **% 3,40** olduğu hesaplanmıştır. Bu hesaplama, örnek bir hesaplama olup; vergiler, ulaşım ve diğer yan ödeme giderleri dahil edilmeden sadece ortalama işletme ve yatırım maliyetleri değerlendirilerek ve GES'lerin tamamının aynı anda yapılacağı varsayılarak konu hakkında fikir oluşturmak amacı ile yapılmıştır.

**Çizelge 5.3.** Niğde kullanılmayan arazilerde GES'lerden elde edilebilecek elektrik enerjisinin karşılaştırılması

Tarım Dışı Ve Orman Vasfı Dışındaki Arazilerin (98.175 ha) Kullanım Kapasitesi Oranı	100%	50%	10%	1%
Arazi Büyüklükleri (ha)	98.175	49087,5	9817,5	981,8
Yıllık Enerji Üretimi Potansiyeli (Gwh/Yıl)	28.962	14.481	2.896	290
<b>Türkiye Üzerindeki Üretim Payı (%)</b>	<b>11,5</b>	<b>5,74</b>	<b>1,15</b>	<b>0,12</b>
Niğde İli İçin Tüketimi Karşılama Oranı (%)	2942	1471	294	29,4
<b>İthal Edilen Doğal Gazdan Üretilen Elektrik Enerjisine Oranı (%)</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>2,4</b>	<b>0,24</b>
<b>Kömür Kullanılan Termal Tesislerden Elde Edilen Elektrik Enerjisine Oranı (%)</b>	<b>38</b>	<b>19</b>	<b>3,8</b>	<b>0,38</b>
Yenilenebilirler Enerji Tesislerinden Elde Edilen Elektrik Enerjisine Oranı (%)	55	27,5	5,5	0,55

Niğde ilinde kullanılmayan (tarımsal kullanım dışı ve orman vasfında olmayan) arazilerin toplamı 98.175 ha'dır. Bu arazilerin kullanılma kapasitelerinin yüzdelere Niğde iline ve Türkiye'ye sağlayacağı avantajlar ortaya konulmuştur (Çizelge 5.3).

GES ile elektrik enerjisi üretilirken, bu arazi kapasitelerinin kullanılma durumunda elde edilen enerji miktarları; % 100'lük kullanım ile 28.962 GWh/yıl, % 50'lik kullanım ile 14.481 GWh/yıl, % 10'luk kullanım ile 2.896 GWh/yıl, % 1'lik kullanım ile 290 GWh/yıl olduğu görülmüştür. İlin tarım dışı ve orman vasfında olmayan arazilerinin 3,40'lık kısmının kullanılması durumunda ilin yıllık elektrik tüketimi olan 984,4 GWh/yıl'ı tamamen karşılayabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

İldeki arazilerin kullanım kapasitesinin %100, % 50, % 10 ve % 1'lik kısımlarının değerlendirilmesi ile Türkiye üzerindeki toplam üretim payları sırasıyla % 11,5, % 5,74, % 1,15 ve % 0,12 şeklinde sıralanmaktayken, Mevcut koşullarda Niğde ilinin Türkiye üzerindeki toplam üretiminin % 0,01 olduğu bilinmekte olup, bu arazilerin % 1'lik kısmının kullanılması dahi bu üretim payının yükseleceği sonucuna ulaşılmıştır.

Niğde ilinin elektrik tüketimini karşılama oranları sırasıyla; % 2.942, % 1.471, % 294 ve % 29,4 olarak hesaplanmış olup, bu arazilerin **% 3,40'lık** kısmının kullanılması durumunda ise ilin elektrik tüketimini tamamen karşılayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Bu arazilerin % 100-50-10-1'lik kullanımına göre ithal edilen doğal gaz ile karşılanan elektrik üretimine oranları sırasıyla; % 24, % 12, % 2,4 ve % 0,24 olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Bu arazilerin % 100-50-10-1'lik kullanımına göre kömür ile karşılanan elektrik üretimine oranları sırasıyla; % 38, % 19, % 3,8 ve % 0,38 olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Bu arazilerin % 100-50-10-1'lik kullanımına göre yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanan elektrik üretimine oranları sırasıyla; % 55, % 27,5, % 5,5 ve % 0,55 olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre;

Niğde ili için, rüzgâr enerjisi potansiyellerinin RES kurulumu ve işletimi için yeterli olmadığı, güneş enerjisi potansiyellerinin GES kurulumu ve işletimi için uygun bir olduğu, çevresel ve ekonomik kriterlerin doğru analiz edilmesinin ardından gerçekleştirilecek GES projelerinin Niğde ili için uygulanabilir olduğu ortaya konulmuştur.

İlin güneş enerji potansiyelleri değerlendirilip, diğer enerji kaynaklarının Türkiye elektrik üretimindeki oranları ile karşılaştırılmıştır. Özellikle kömür ve doğal gaz gibi tükenir, dışa bağımlık oluşturan, içerdikleri bileşiklerin emisyonları çevre kirliliğine neden olan kaynakların yerine güneş enerjisi kullanılarak bu kaynaklara olan ihtiyaçların azaltılmasına, en azından zaman içerisinde kademeli geçişler ile ekonomik ve çevresel faydalar sağlayacağı ortaya konulmuştur.

GES yatırımının Niğde ili kullanılmayan alanlarında % 3,40'lık bir dilimde gerekli şartların sağlanarak kullanılması durumunda dahi, ilin elektrik tüketimini karşılayabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

GES kullanımının istihdamı arttırıp, il ve ülke ekonomisine katkı sağlayacağı, enerji talebi için dışa bağımlılıktan kurtarıp; yerli, sınırsız ve temiz kaynakların kullanımını sağlayarak ile ekonomik ve sürdürülebilirlik anlamında uzun vadeli avantajlar sağlayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmada, GES'lerin kurulabileceği alanlar olarak, tarım dışı kullanım ve orman vasfı olmayan arazilerin seçilmesi ve hesaplamaların bu alanlar üzerinden gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Bu sayede, GES'lerin tarımsal üretimde kullanılacak alanlar ve orman vasfında olmayan alanlar ile rekabete girmemesi ile tarım arazilerinin ve ormanların korunması gibi avantajlar sağlayacağı sonuçlarına ulaşılmıştır.

Gelişen teknolojik koşullar, verimliliğin artması, maliyetlerin düşmesi ve yatırımcı-devlet teşviki konularında aşama kaydedilmesi durumunda yakın gelecekte Niğde

ilinin GES projelerine daha fazla önem vereceği ve mevcut enerji üretiminin artacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışmanın sonucuna göre öneriler;

İlgili kurum ve kuruluşların birlikte hareket edip çevre ile ilgili düzenleme ve yaptırımları sağlamak ve GES projelerine önem verilmesine teşvikler sağlayarak temiz enerji kaynaklarının kullanılması ile çevre sağlığına katkı sağlamaları,

Yatırımcıların daha yüksek verimde elektrik enerjisi üretebilmeleri için, daha kapsamlı araştırmalar yaparak, tarımsal ve orman vasıflı araziler dışında kalan arazilerde güneş enerjisi potansiyellerinin daha küçük projeksiyonlarda sağlayacağı enerji miktarlarını belirleyip, yatırımlarını o bölgelere yönlendirmeleri,

Tarımsal ve hayvansal üretime dayalı olan il ekonomisinin canlanması ve elektrik üretimi ile ekonomik kazanç elde edebilecek yatırımcıların Niğde iline çekilmesi sağlanarak, ilin ülkenin enerji üretiminde cazibe haline getirilmesi konusunda kamusal ve özel sektör çalışmalarının yapılması gerektiği,

önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

Adıyaman, Ç., Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları, Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Niğde, s. 7-12, 2012.

Ağdere, E., Rüzgar enerji sistemlerinde maliyet analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, s. 62-69, 2012.

Akın, G., "Küresel ısınma, nedenleri ve sonuçları", *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi* 46(2), 29-43, 2006.

Akkaya, S., Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye açısından önemi ve bir rüzgar enerjisi uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, s. 45-50, 2007.

Akkuş, M. S., Türkiye'nin enerji kaynakları ve alternatif bir kaynak olarak rüzgar ve güneş enerjisinin değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Konya, s. 65-100, 2010.

Albayrak, B., Elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji kaynakları ve finansmanı: Bir uygulama, Doktora Tezi, *Kadir Has Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, s. 21-30, 2011.

Altuntop, N. ve Erdemir, D, "Dünyada ve Türkiye'de güneş enerjisi ile ilgili gelişmeler," *Mühendis ve Makine* 54 (639), 69-77, 2013.

Anonim, 1993; T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Tarım ve Köyişleri Niğde ili arazi varlığı raporu, *Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Rapor No:51*, Ankara, Türkiye, 1993.

Anonim, 2001; Devlet Planlama Teşkilatı Enerji Maddeler Alt Komisyonu Kömür Çalışma Grubu, Madencilik özel ihtisas komisyon raporu, **DPT: 2605 - ÖİK: 616**, Ankara, Türkiye, 2001.

Anonim, 2006; Türk Mühendis ve Mimar Odalar Birliği Makina Mühendisleri Odası, Türkiye'nin doğal gaz temin ve tüketim politikalarının değerlendirilmesi raporu, **TMMOB-MMO/2006/408**, Ankara, Türkiye, 2006.

Anonim, 2009; Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Dünya'da ve Türkiye'de güneş enerjisi raporu, **DEK-TMK, 978-605-89548-2-3**, Ankara, Türkiye, 2009.

Anonim, 2011; T.C. Niğde Valiliği Çevre ve Şehircilik Niğde İl Müdürlüğü, Niğde il çevre durum raporu, **Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü**, Niğde, Türkiye, 2011.

Anonim, 2013a; Türkiye İstatistik Kurumu, Seçilmiş göstergelerle Niğde 2013 raporu, **TÜİK-Yayın No: 4252- ISSN:1307/0894**, Ankara, Türkiye, 2014.

Anonim, 2013b; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye Kömür İşletmeleri kurumu kömür sektör raporu (Linyit) 2013, **TKİK Stratejik Planlama Koordinasyon Birimi**, Ankara, Türkiye, 2014.

Anonim, 2014a; Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, Faaliyet raporu 2014, **TEİAŞ**, Türkiye, 2014.

Anonim, 2014b; International Energy Agency, Key World Energy Statistic 2014 report, **IEA**, Paris, France, 2014.

Anonim, 2014c; T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı, **ETKB**, Türkiye, 2014.

Anonim, 2015; Renewable Energy Policy Network for 21st Century, Renewables 2015 global status report, **REN21-ISBN 978-3-9815934-6-4**, Paris: REN21 Secretariat, France, 2015.

Anonim, 2016; Türkiye Petrolleri Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı, Ham petrol ve doğal gaz sektör raporu 2016, *TPAO*, Türkiye, 2016.

Arı, V., Türkiye enerji kaynakları, enerji planlaması ve enerji stratejileri, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, s. 38-43, 2007.

Arıkan, Y., Yenilenebilir enerji sistem yatırımlarında enerji potansiyeli ve ekonomik analiz tabanlı yazılım tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale, s. 12-13, 2014.

Avinç, A., "Değişik enerji kaynakları ve çevreye etkileri", *Ekoloji* 7 (27), 19-23, 1998.

Ayhan, E. A., Enerji kaynakları, dünya enerji güvenliği ve Orta Asya jeopolitiği çerçevesinde Türkiye'nin enerji politikaları ve ekonomik yansımaları, Yüksek Lisans Tezi, *Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Kars, s. 4-22, 2009.

Bozkurt, A. U., Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji verimliliği açısından değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İzmir, s. 58-81, 2008.

Can, C., Enerji piyasalarında türev araçlar ve muhasebesi, Yüksek Lisans Tezi, *Okan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, s. 3-4, 2015.

Cholakov, G. S., Pollution Control Technologies- Vol. III- Control Of Pollution in the Petroleum Industry, *EOLSS Publishers*, Oxford, 2014.

Chowdhury, N.M., Uddin,S. and Saleh, S., "Present scenario of renewable and non-renewable resources in Bangladesh: A compact analysis", *International Journal of Sustainable and Green Energy* 3(6), 164-178, 2014.

Çelik, S. N., Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığının azaltılmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi, Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Eskişehir, s. 14-19, 2012.

Çelikdemir, S. ve Özdemir, M., “Rüzgar türbin sistemlerinin karşılaştırılması”, **URSI-Türkiye’2014 VII.Bilimsel Kongresi**, Elazığ, Türkiye, 28-30 Ağustos, 2014.

Çetin, N. S., Çelik, H. ve Başaran, K., “Rüzgar türbinlerinde kapasite faktörü ve türbin sınıfı ilişkisi”, **6<sup>th</sup>International Advanced Technologies Symposium (IATS’11)**, Elazığ, Türkiye, 16-18 Mayıs, 2011.

Demirbağ, A. İ., Yerel bir kaynağımız olarak toryum madeninin nükleer enerji üretiminde kullanılabilirliğinin incelenmesi ve fizibilite analizi, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü**, İstanbul, s. 7-11, 2013.

Doğan A. R., Güneş enerjisi destekli alternatif ısınma sistemlerinin enerji ve ekonomi yönünden karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, s. 18-36, 2012.

Elibüyük, U. ve Üçgül, İ., “Rüzgâr türbinleri, çeşitleri ve rüzgâr enerjisi depolama yöntemleri”, **Yekarum E-dergi** 2 (3), 1-14, 2014.

Ertürk, F., Akkoyunlu, A. ve Varınca, K. B., Enerji üretimi ve çevresel etkileri raporu, **TASAM Stratejik Rapor No:14**, İstanbul, Türkiye, 2006.

Grozdev, M., Alternatif enerji kaynakları: güneş enerjisi ve güneş pilleri, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, s. 12-30, 2010.

Güler, S., Orta ölçekli hayvancılık işletmelerinde yenilenebilir enerji kullanım olanakları ve örnek bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, **Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tekirdağ, s. 2-14, 2014.

Gülsaç I. I., “Okyanuslardan gelen enerji dalga enerjisi”, **Bilim ve Teknik** 498, 58-61, 2009.

Gülsuna, G., Linyit kömürü ara ürünün flotasyon ile zenginleştirilmesinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, **Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Adana, s. 2-7, 2007.

Gültekin, A .H. ve Örgün, Y., “Doğal gaz ve çevre”, *Çevre Dergisi* 9, 37-41, 1993.

Güneş, M. A., Türkiye'nin enerji sorunu için alternatif çözüm önerileri ve rüzgâr enerjisinin önemi, Yüksek Lisans Tezi, *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Aydın, s. 3-7, 2009.

Hung, C., Environmental impacts of renewable energy: a overview of life-cycle results, Master Thesis, *Norwegian University of Science and Technology Department of Energy and Process Engineering*, Norway, s. 5-10, 2010.

Hunt, T. M., Five lectures on environmental effects of geothermal utilization reports 2000, *The United Nations University No: 1*, Reykjavik, Iceland, 2001.

Kara, E., Özdilek, H. G. ve Kara, E. E., “Ambient air quality and asthma cases in Niğde, Turkey”, *Environmental Science Pollution Research* 20, 4225-4234, 2013.

Karaca, C., Güneş ve rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretimi sistemi tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, s. 15-30, 2012.

Karamanav, M., Güneş enerjisi ve güneş pilleri, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, s. 6-31, 2007.

Karaosmanoğlu, F., “Enerjinin önemi, sınıflandırılması ile kaynak ihtiyaç dengesi ve gelecekteki enerji kaynakları”, *Dünya ve Türkiye'deki Enerji ve Su Kaynaklarının Ulusal ve Uluslararası Güvenliğe Etkileri Sempozyum Bildirileri*, Harp Akademileri Yayınları, s. 14-15, 2004.

Karataş, S., Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde rüzgar ve güneş enerjilerinin yeri, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, s. 97-145, 2009.

Kaya, K. ve Koç, E., “Enerji üretim santralleri maliyet analizi”, *Mühendis ve Makina* 56 (660), 61-68, 2015.

Kaya, R., Petrol ve doğal gaz üretim atıksularının pilot ölçekli ters osmoz arıtma tesisi ile arıtılabilirliğinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, s. 2-10, 2012.

Kızıltan, O., Nükleer enerjinin Türkiye’de enerji ihtiyacını karşılamadaki rolü, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, s. 7-18, 2010.

Klugmann Radziemska, E., “Environmental impacts of renewable energy technologies”, *5th International Conference on Environmental Science and Technology*, Singapore, 2014.

Koç, E. ve Şenel, M. C., “Dünyada ve Türkiye’de enerji durumu - genel değerlendirme,” *Mühendis ve Makine* 54 (639), 32-44, 2013.

Köroğlu, T., Teke, A., Bayındır, K. Ç. ve Tümay, M.,” Güneş paneli sistemlerinin tasarımı”, *Elektrik Mühendisliği* 439, 98-104, 2010.

Mercan, K., Türkiye için nükleer enerjinin gerekliliği, Yüksek Lisans Tezi, *Kadir Has Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, s. 7-20, 2011.

Mutlu, E., Türkiye’de yenilenebilir enerji ekonomisi ve Ankara iline ait SWOT analizi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Kültür Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, s. 48-52, 2013.

Özcan, H. H., Rüzgar enerjisi yatırımları ve Isparta ilinde kurulabilecek rüzgar enerjisi santralının ekonomik analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Isparta, s. 6-8, 2009.

Özcan, B., Yenilenebilir enerjide mevzuat: mevzuat sorunlarına yönelik bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Türk Hava Kurumu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara, s. 3-8, 2015.

Özmen, M. T., “Sera gazı- küresel ısınma ve Kyoto protokolü”, *Türkiye Mühendislik Haberleri (TMH)* 453, 42-26, 2009.

Sideris, S. V., Advantages and Disadvantages of Energy Sources, *Kenya Service Provision Assessment Survey*, Georgia, USA, 2010.

Şenel, M. C. ve Koç, E., “Dünyada ve Türkiye’de rüzgâr enerjisi durumu-genel değerlendirme,” *Mühendis ve Makina* 56 (663), 46-56, 2015.

Temurçin, K. ve Aliağaoğlu, A., “Nükleer enerji ve tartışmalar ışığında Türkiye’de nükleer enerji gerçeği”, *Coğrafi Bilimler Dergisi* 1(2), 25-39, 2003.

Tunçbilek, Ö. F., Yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımda ve kırsal kalkınmada kullanımı: Kütahya Simav jeotermal seracılık örneği, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Kütahya, s. 13-15, 2015.

Uluoğlu, A., Solar-hydrogen stand- alone power system design and simulations, The Degree of Master of Science, *Middle East Technical University Graduate School of Natural and Applied Sciences*, Ankara, s. 12-22, 2010.

Umut, İ., Yenilenebilir enerji kaynaklarını elektrik enerjisine dönüştürmede kullanılan yöntemler ve örnek uygulamalar, Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne, s. 11-13, 2008.

Yaşar, N., Kentsel enerji politikaları bağlamında konutlarda enerji verimliliği algısı: Isparta örneği, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Isparta, s. 9-29, 2011.

Yılmaz, O., Yenilenebilir enerjiye yönelik teşvikler ve Türkiye, Yüksek Lisans Tezi, *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, s. 35-36, 2015.

**Url-1:** <http://www.space.com/17170-what-is-the-sun-made-of.html>, 21 Haziran 2016.

**Url-2:** [http://www.altenergymag.com/content.php?post\\_type=1868](http://www.altenergymag.com/content.php?post_type=1868), 21 Haziran 2016.

**Url-3:** <http://www.solarpowernotes.com/solar-energy-applications.html>,  
21 Haziran 2016.

**Url-4:** <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/gunespv.html>, 19 Nisan 2016.

**Url-5:** <http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/solarcells/>,  
11 Nisan 2016.

**Url-6:** [http://www.synergyenviron.com/resources/solar\\_photovoltaic\\_systems.asp](http://www.synergyenviron.com/resources/solar_photovoltaic_systems.asp),  
13 Mart 2016.

**Url-7:**  
<http://www.gensed.org/CF/CD/15929964a2018dbf6bee06f95410b57dcb81422351680.pdf>, 12 Haziran 2016.

**Url-8:** <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/yogunlastiricilar.html>,  
7 Nisan 2016.

**Url-9:** [http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar\\_enerjisi.aspx](http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx), 7 Nisan 2016.

**Url-10:** <https://wall.alphacoders.com/big.php?i=667690>, 7 Nisan 2016.

**Url-11:**  
[http://www.windworks.org/cms/index.php?id=64&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=2194&cHash=d1b21f3bd1f35d9e4804f1598b27bd86](http://www.windworks.org/cms/index.php?id=64&tx_ttnews%5Btt_news%5D=2194&cHash=d1b21f3bd1f35d9e4804f1598b27bd86), 7 Nisan 2016.

**Url-12:** <http://www.solar-constructions.com/wordpress/verticale-windmolen/>,  
7 Nisan 2016.

**Url-13:** [http://www.emo.org.tr/ekler/5772daf7f62a692\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/5772daf7f62a692_ek.pdf), 27 Mart 2016.

**Url-14:** <http://www.greenrhinoenergy.com/solar/radiation/empiricalevidence.php>,  
4 Nisan 2016

**Url-15:** <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgunes.html>,  
28 Mayıs 2016.

- Url-16:** <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>, 24. Mayıs 2016.
- Url-17:** <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>, 13 Mayıs 2016.
- Url-18:** <http://www.mgm.gov.tr/arastirma/yenilenebilir-enerji.aspx?s=ruzgaratlası>, 11 Mayıs 2016.
- Url-19:** <http://enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>, 21 Haziran 2016.
- Url-20:** <http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.5346.pdf>, 27 Haziran 2016.
- Url-21:** <http://humartas.com.tr/1-mw-lisanssiz-ges-projeleri/>, 27 Haziran 2016.
- Url-22:** <http://www.lafsozluk.com/2012/01/nigde-ilinin-turkiye-haritasindaki-yeri.html>, 4 Mayıs 2016.
- Url-23:** <https://cografyabilim.files.wordpress.com/2011/06/nigde-harita-1.jpg>, 4 Mayıs 2016.
- Url-24:** <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/51.aspx>, 2 Nisan 2016.
- Url-25:** <http://www.eie.gov.tr/YEKrepa/NIGDE-REPA.pdf>, 2 Nisan 2016.
- Url-26:** [http://www.eie.gov.tr/il\\_enerji\\_ayr.aspx?nigde](http://www.eie.gov.tr/il_enerji_ayr.aspx?nigde), 6 Mayıs 2016.
- Url-27:** <http://www.yegm.gov.tr/document/nigde.pdf>, 6 Mayıs 2016.
- Url-28:**  
<https://biruni.tuik.gov.tr/bolgeselistatistik/tabloYilSutunGetir.do?durum=acKapa&menuNo=213&altMenuGoster=1#>, 6 Mayıs 2016.
- Url-29:** <http://www.enerjiatlası.com/gunes-enerjisi-haritasi/nigde>, 10 Haziran 2016.
- Url-30:** <http://www.havaizleme.gov.tr/Default.ltr.aspx>, 10 Haziran 2016.

**Url-31:** <http://www.tcmb.gov.tr/kurlar/201606/27062016.xml>, 28 Haziran 2016-03:03.

**Url-32:** <http://energyinformative.org/solar-panels-cost/#operational-costs>,  
28 Haziran 2016.


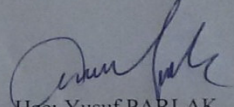
**Url-33:**<http://www.enerjigazetesi.com/gunes-enerjisi-santrali-ges-kurulumu-yapan-firmalar/> , 14 Ağustos 2016.

**Url-34:** <http://www.trntp.org/pdf/enerjikitabi/20.pdf>, 15 Ağustos 2016.



## EKLER

EK-A T.C. Niğde Valiliği İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nce yazılmış ekim patemi ile ilgili dilekçe

	<p>T.C. NİĞDE VALİLİĞİ İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü</p>	<p>Niğde İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müd. TUFAK SAK Ekl. GİRİŞ TARİH-SAAAT: 16.06.2016 15:53:02 KONU: EKİM DESENİ SUBE: KOOR TAR VER ŞB CİNSİ: * GELEN TARİH-SAYI: K - 16.06.2016 S.NO: 5625 DOSYA NO: <b>GİDEN</b> EAPUZ016 R N P A S Y A</p>
SAYI : 66125436- KONU : Ekim Deseni		16.06.2016
Sayın:Tufan SAK		
İlgi : 16.06.2016 tarih ve bila sayılı dilekçeniz.		
İlgi dilekçenizde belirtmiş olduğunuz, İl Müdürlüğümüz tarafından hazırlanmış, ilimize ait bitki patemi haritası bulunmamaktadır.		
Rica ederim.		
 Hacı Yusuf PARLAK İl Müdürü a. İl Müdür Yardımcısı		
Adana Karayolu Üzeri 51100 – NİĞDE Santral : 211 31 00 e-mail : <a href="mailto:nigde.cey@tarimnet.gov.tr">nigde.cey@tarimnet.gov.tr</a>	Ayrıntılı bilgi için irtibat: Mehmet COŞKUN - Mühendis Müdür : 211 31 01 Fax :211 31 03 Elektronik Ağ : <a href="http://www.nigdetarim.gov.tr">http://www.nigdetarim.gov.tr</a>	

## ÖZ GEÇMİŞ

Tufan Sak 04.10.1988 tarihinde Niğde’de doğdu. İlköğrenimini Kayseri’de, lise öğrenimini Niğde’de tamamladı. 2007 yılında girdiği Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nden Haziran 2013 yılında mezun oldu. Eylül 2014’te Niğde Üniversitesi Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda yüksek lisansa başladı. O tarihten beri yüksek lisans eğitimi devam etmektedir.



