

T.C
MARMARAÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MALİYE ANABİLİM DALI
MALİ İKTİSAT BİLİM DALI

**SOSYAL YARAR PERSPEKTİFİNDEN JEOTERMAL
KAYNAKLAR: TÜRKİYE İTALYA KARŞILAŞTIRMASI**

Yüksek Lisans Tezi

AYŞE ATEŞ

İstanbul, 2019

T.C
MARMARAÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MALİYE ANABİLİM DALI
MALİ İKTİSAT BİLİM DALI

**SOSYAL YARAR PERSPEKTİFİNDEN JEOTERMAL
KAYNAKLAR: TÜRKİYE İTALYA KARŞILAŞTIRMASI**

Yüksek Lisans Tezi

AYŞE ATEŞ

Danışman: PROF. DR. M. MUSTAFA ERDOĞDU

İstanbul, 2019



T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

TEZ ONAY BELGESİ

MALİYE Anabilim Dalı MALİ İKTİSAT Bilim Dalı TEZLİ YÜKSEK LİSANS
öğrencisi AYŞE ATEŞ'nin SOSYAL YARAR PERSPEKTİFİNDEN JEOTERMAL
KAYNAKLAR: TÜRKİYE İTALYA KARŞILAŞTIRMASI adlı tez çalışması, Enstitümüz
Yönetim Kurulunun 14.03.2019 tarih ve 2019-7/18 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından ~~oy~~
~~birliği~~ / oy çokluğu ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi 24 / 06 / 2019

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

1.	Tez Danışmanı	Prof. Dr. MUSTAFA ERDOĞDU	
2.	Jüri Üyesi	Prof. Dr. BİNHAN ELİF DİNÇ YILMAZ	
3.	Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi ÖZKAN ZÜLFÜOĞLU	

İÇİNDEKİLER

ÖZ	iv
ABSTRACT	v
KISALTMALAR	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	ix
1.GİRİŞ	1
2. SOSYAL YARAR PERSPEKTİFİNDEN ENERJİ KAYNAKLARI	5
2.1. Sosyal Yarar Kavramı	6
2.2. Dışsal Ekonomiler	8
2.2.1 Enerji Dışsallıkları Sonucu Oluşan Çevre ve Sağlık Sorunları	8
2.2.2 Enerji Dışsallıkları Sonucu Oluşan Küresel (Global) Sorunlar	12
2.3. Dışsallıklarla Mücadele Yöntemi Olarak Maliye Politikaları	13
2.3.1 Çevre Vergileri	14
2.3.2 Sübvansiyonlar ve Diğer Uygulamalar	15
2.4. Enerji ve Enerji Kaynakları	16
2.4.1 Fosil Enerji Kaynakları	16
2.4.1.1 Kömür	16
2.4.1.2 Petrol	18
2.4.1.3 Doğalgaz	20
2.4.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları	22

2.4.2.1 Hidrolik Enerji.....	22
2.4.2.2. Güneş Enerjisi.....	23
2.4.2.3 Biyokütle Enerjisi.....	25
2.4.2.4 Rüzgâr Enerjisi.....	25
2.4.2.5 Jeotermal Enerji.....	26
2.5. Fosil Yakıt Rezervleri ve Potansiyeli.....	28
2.6. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli.....	34

3.YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İÇİNDE JEOTERMAL ENERJİNİN YERİ VE ÖNEMİ.....39

3.1. Türkiye’deki Jeotermal Alanlar ve Yapılan Çalışmalar.....	39
3.2 Jeotermal Enerjinin Ekonomik ve Sosyal Yararları.....	45
3.3. Enerji Üretim Maliyetleri.....	48
3.4 Jeotermal Enerji Tesislerinin Çevresel Etkileri.....	50
3.5 Jeotermal Enerjinin Dünya’daki Kullanım Alanları.....	53
3.5.1 Dünyadaki Jeotermal Kuşaklar.....	54
3.5.1.1 Dünyadaki Yüksek Sıcaklıklı Jeotermal Kuşaklar.....	54
3.5.2. Dünyada Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımı.....	55
3.5.3. Dünyadaki Jeotermal Enerjiden Yararlanan Bazı Ülkeler.....	56
3.5.3.1 ABD.....	59
3.5.3.2 Japonya.....	60
3.5.3.3 İzlanda.....	61

4. JEOTERMAL ENERJİDE TÜRKİYE İTALYA KARŞILAŞTIRMASI.....	63
4.1 Uygulama Açısından.....	63
4.1.1 İtalya'daki Jeotermal Uygulamalar.....	63
4.1.2 Türkiye'deki Jeotermal Uygulamalar.....	65
4.2 Kullanım Çeşitliliği Açısından.....	69
4.3 Maliyet Açısından.....	79
5. SONUÇ.....	84
KAYNAKÇA.....	87

GENEL BİLGİLER

Adı ve Soyadı : Ayşe ATEŞ
Danışmanı : M. Mustafa ERDOĞDU
Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans Tez, 2019
Alanı : Mali İktisat
Anahtar Kelimeler : Sosyal Yarar, Enerji Dışsallıkları, Maliye Politikaları, Jeotermal Enerji

ÖZ

SOSYAL YARAR PERSPEKTİFİNDEN JEOTERMAL KAYNAKLAR:

TÜRKİYE İTALYA KARŞILAŞTIRMASI

İnsanoğlunun günümüzdeki en temel ihtiyaçlarından birisi enerjidir. Enerjiye erişim nedeniyle çok büyük savaşların yaşandığı insanlık tarihinde kullanılan enerji kaynaklarının çok büyük bölümünü fosil yakıtlar oluşturmaktadır. Diğer tarafta, fosil yakıtların aktarımlarının zorluğu ve çevreye verdikleri zararlar göz önünde bulundurulduğunda yenilenebilir enerji kaynakları önemli hale gelmektedir. Söz konusu yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi de jeotermal enerjidir. Antik dönemlerden itibaren kullanılan jeotermal enerji günümüzde konut ısıtmasından elektrik üretimine kadar çok farklı alanlarda kullanılmaktadır. Jeotermal enerjinin kullanımı noktasında ilk uygulamaların gerçekleştirildiği ve günümüzde de önemli jeotermal kaynak kullanıcılarından birisi İtalya'dır. Bu çalışmanın amacı İtalya ve Türkiye'nin jeotermal kaynak kullanımının özellikle sosyal yarar açısından karşılaştırılmasıdır. Türkiye jeotermal kaynakların kullanımına İtalya'dan çok daha geç başlamasına rağmen özellikle son 15 yıllık süreçteki yatırımlarla beraber jeotermal kaynakların kullanımında dünyanın en önemli ülkelerinden birisi haline gelmiş ve her yıl jeotermal kullanım oranlarını yükseltmiştir. Dahası, İtalya'da jeotermal kaynaklar ağırlıklı olarak elektrik üretimi için kullanılırken Türkiye'de tarım ve turizm gibi farklı alanlarda da kullanılmakta ve sosyal yarar açısından daha fazla kazanım oluşturulmaktadır.

GENERAL KNOWLEDGE

Name and Surname : Ayşe ATEŞ
Supervisor : M. Mustafa ERDOĞDU
Degree and Date : Graduate / Project 2019
Major : Fiscal Economy
Key Words : Social Benefit, Energy Externalities, Fiscal Policy, Geothermal Energy

ABSTRACT

GEOTHERMAL SOURCES IN TERMS OF SOCIAL BENEFIT: COMPARING TURKEY AND ITALY

Energy is one of the most fundamental needs of mankind in today's world. There have been great wars in the world started in order to reach energy sources and great majority of energy used in the world is classified as fossil fuels. On the other hand, taking into account that fossil fuels are difficult to transfer and they are harmful for environment, renewable energy sources are becoming more and more important day by day. One of the renewable energy sources is geothermal energy. Geothermal energy, has been used since ancient times, is being used today for various areas from heating to electricity production. Italy is a country in which first modern geothermal facilities are built. Furthermore, Italy is also one of the most important geothermal energy users of the world. Aim of this study is to compare Italy and Turkey in terms of usage of geothermal energy especially taking social benefit into account. Turkey started using geothermal energy later than Italy, she has become one of the most significant users of geothermal energy in the world especially as a result of the applications and investments seen during the last 15 years. Moreover, there is a growing trend in Turkey about using geothermal energy sources. That is faster than Italy. Adding to that, geothermal energy is used in Italy mainly for producing electric. On the contrary, geothermal sources are used in Turkey for both electricity production and other targets such as tourism, agriculture etc. That situation can be interpreted as Turkey has a better performance in terms of social benefit.

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
CO₂	Karbondioksit
COP21	Birleşmiş Milletler İklim Değışikliği Konferansı
DME	Devlet Meteoroloji Enstitüsü
EİEİ	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ETKB	Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	Elektrik Üretim Anonim Şirketi
GAP	Güneydoğu Anadolu Projesi
GEA	Jeotermal Enerji Derneği
GSYİH	Gayri Safı Yurtiçi Hasıla
GWh	Gigawatt Saat
HES	Hidroelektrik Santraller
IGA	Ulaslararası Jeotermal Derneği
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
KWh	Kilowatt Saat
LNG	Sıvılaştırılmış Doğalgaz
MBEAE	Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü
MKE	Makine ve Kimya Enstitüsü
MTA	Maden Tetkik Arama Enstitüsü
Mtep	Milyon ton Eşdeğer Petrol
MWe	Megawatt Elektrik

MWt	Megawatt Termal
NCPA	Kuzey Kaliforniya Güç Ajansı
ODTÜ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
Pv	Fotovoltaik
REPA	Türkiye Rüzgâr Potansiyeli Atlası
SEGEP	Güneydoğu Gayzer Atık Geri Dönüşüm Sistemi
SSCB	Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
TANAP	Trans- Anadolu Doğalgaz Boru Hattı Projesi
Tho2	Toryum Dioksit
TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜFE	Tüketici Fiyat Endeksi
TÜPRAŞ	Türkiye Petrol Rafinerileri Anonim Şirketi
TÜSİAD	Türk Sanayicileri ve İş Adamları Derneği
TWh	Terawatt Saat
UNF-CCC	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
U308	Uranyum
WEC	Dünya Enerji Konseyi
WGC	Dünya Jeotermal Kongresi
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No.
Şekil 1: İç ve Dış Hava Kirliliğinin Neden Olduğu Hastalıklar Sonucu Gerçekleşen Ölümler	11
Şekil 2: Türkiye'nin Petrol İthalatının Ülke Bazında Dağılımı	19
Şekil 3: Türkiye'nin Doğalgaz İthalatının Ülke Bazında Dağılımı	21
Şekil 4: Türkiye'nin Bölgesel Açısından Jeotermal Potansiyeli	41
Şekil 5: 2002 – 2017 Jeotermal Uygulamaları Karşılaştırılmasının Grafik Gösterimi	44
Şekil 6: Küresel Jeotermal Enerji Kapasitesi	56
Şekil 7: Türkiye ve İtalya'da Jeotermal Kullanım Alanlarının Yoğunluğu	70
Şekil 8: Türkiye ve İtalya'da Jeotermal Kaynaklardan Elektrik Üretimi	71
Şekil 9: İtalya'da Elektrik Üretiminde Kullanılan Kaynakların Payı	72
Şekil 10: Türkiye'de Elektrik Üretiminde Kullanılan Kaynakların Payı	73
Şekil 11 : Jeotermal Enerjinin Sektörler İtibariyle İtalya'da Kullanım Yoğunlukları	76
Şekil 12: Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanım Alanları İtibariyle Türkiye'de Kullanım Yoğunlukları	78

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No.
Tablo 1 : Türkiye'nin Fosil Yakıt Rezervleri	17
Tablo 2 : Katı Yakıtların Üretim, İthalat ve İhracat Miktarlar	18
Tablo 3 : Türkiye'nin Fosil Yakıt Kurulu Gücü	29
Tablo 4 : Ülkelere Göre Fosil Yakıt Teşvikleri ve Yarattığı Sorunlar	31
Tablo 5 : Yıllara Göre Fosil Yakıt Kullanımı Sonucu Oluşan Karbondioksit Emisyonları	31
Tablo 6 : Çevre Koruma Harcama İstatistikleri	33
Tablo 7 : Fosil ve Yenilenebilir Kaynakların Toplam Kurulu Güç Dağılımı	34
Tablo 8 : Türkiye Elektrik Enerjisi Üretimi ve Tüketimi	35
Tablo 9 : Yenilenebilir Enerji Alanında Ülkelerin İstihdam Durumları	37
Tablo 10: Jeotermal Kaynakların Sıcaklık Değerlerine Göre Kullanım Alanlarını	42
Tablo 11: Türkiye'de Elektrik Üretimi İçin Uygun Jeotermal Alanlar	43
Tablo 12: Türkiye'nin Jeotermal Kaynak Kullanımı	44
Tablo 13: Santral Tiplerine Göre Enerji Üretim Maliyetleri	49
Tablo 14: Ülkelere Göre Jeotermal Enerji Santrallerinin Kurulu Gücü	58
Tablo 15: Türkiye'de Jeotermal Kaynak Kullanımının Tarihsel Gelişimi	66
Tablo 16: İtalya'da Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanım Alanları	75
Tablo 17: Türkiye'de Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanım Alanları	77

1. GİRİŞ

Sanayi devrimi sonrasında “enerji” kavramı toplumları yakından ilgilendiren konulardan birisi olmuştur. Başlarda sanayi üretimi için önemli olan bu kavram ilerleyen dönemlerde ısınma ve ulaşım gibi alanlar için de hayati önem taşımaya başlamıştır. Her geçen yıl daha önemli hale gelen enerjinin temini ve aktarımı gibi konular günümüzde akaryakıt, ısınma, üretim ve benzeri alanlarda toplumların üzerinde titizlikle durdukları bir nokta olmuştur. Enerji kaynaklarına ulaşmak, enerji kaynaklarının taşınması ve kullanılması büyük bir sektörü oluşturmaktadır. Zira insanların hem günlük hayatlarında hem de ekonomi gibi alanlarda yaşam standartlarının yükseltilmesi için enerji kaynaklarına bağımlı oldukları ileri sürülebilir.

Enerji kaynakları iki gruba ayrılmaktadır. Bunlar fosil enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynakları şeklindedir. Fosil enerji kaynakları grubunda petrol, kömür ve doğalgaz gibi enerji kaynakları yer alır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji ve hidrolik enerji gibi enerji kaynaklarıdır.

Son derece önemli olmasına rağmen günümüzde yoğunlukla kullanılan enerji kaynaklarının önemli bir özelliği tükenebilir olmalarıdır. Kömür, petrol ve doğalgaz gibi insanoğlunun hayatının vazgeçilmezi konumundaki enerji kaynakları sonsuz değildir. Dahası, söz konusu enerji kaynakları ithal edildikleri için bu kaynaklara erişim de pahalıdır. Fosil kaynak tüketimi sonucu havada karbondioksit salımı meydana gelmekte bu durum havaya, toprağa ve suya kirlilik verici maddelerin bulaşmasına neden olmaktadır. Oluşan bu çevre kirliliği sonucu hava solunamaz hâle gelerek insan ve canlı sağlığını bozmakta, erken ölümlerin yaşanmasını hızlandırmaktadır. İnsanların yaşam kalitesi ve toplumun refahı da azaldığından fosil enerji tüketimi negatif dışsallık yayarak sosyal yararı olumsuz etkilemektedir. Tüketimleri sonucu havaya karbon salımı veren ve çevre kirliliği, sağlık sorunları ve diğer küresel boyutlu sorunlara neden olup sosyal yararı olumsuz etkileyen bu kaynaklara devlet çevre vergisi, karbon vergisi ve sübvansiyon gibi maliye politikası araçlarıyla müdahale ederek tekrardan sosyal yararı sağlamayı amaçlamaktadır. Termik santrallerden ve evlerin bacalarından çıkan karbon içerikli fosil yakıt sorunlarıyla başa çıkmanın alternatif bir yolu da yenilenebilir enerji

kaynaklarıdır. Bu aşamada yenilenebilir enerji kaynakları kavramının ne anlama geldiğinin açıklanması faydalı olacaktır.

Yenilenebilir enerji kaynakları doğanın kendi evrimi içinde bir sonraki gün aynen mevcut olabilen tükenmeyen, elektrik enerjisi üretilirken çevreye zararı fosil kaynaklara göre çok daha az olan kaynaklardır. Bu kaynaklar doğada hazır bir şekilde var olduğundan enerji ithalatı ve bunun sonucunda ortaya çıkan cari açık sorununa neden olmazlar. Çevre kirliliği, sağlık sorunları ve küresel ısınma, asit yağmurları gibi küresel boyutlu sorunlara da neden olmazlar.

Son yüzyıllık süreçte bilinirliği ve kullanımı artan yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi de jeotermal enerjidir. Jeotermal enerji yer kürenin derinliklerinde toplanan ve basınç altında olan gaz ve su buharının oluşturduğu termal enerjidir. Özellikle de sıcak su olarak kullanılır ve jeotermal suların içerisinde farklı mineral, tuz ve benzeri elementler bulunur. Buradaki temel mantık ise suyun sıcaklığından faydalanılmasıdır. Son yüzyıllık süreçte jeotermal enerjinin kullanımında önemli bir artış meydana gelmiştir. Aslında jeotermal kaynaklar antik dönemlerde dahi kullanılmıştır. Bu dönemlerde sadece banyo ve ısınma amaçlı kullanılan jeotermal kaynaklardan günümüzde sera ısıtması, balıkçılık ve elektrik üretimi gibi çok farklı alanlarda faydalanılmaktadır. Jeotermal enerji temiz, çevre dostu, yenilenebilir ve tükenmeyen bir enerjidir.

Jeotermal enerjinin kullanımı konusunda dikkati çeken önemli ülkelerden birisi İtalya'dır. Zira Tuscany bölgesinde bulunan kaynaklar ilk elektrik üretimi gibi önemli gelişmelerin yaşandığı alanlar olmuştur. Türkiye ise jeotermal kaynaklar açısından oldukça avantajlı bir konumdadır. Alp-Himalaya hattında bulunması sayesinde ülkenin ciddi bir jeotermal potansiyeli vardır.

Bu çalışmanın amacı, jeotermal potansiyel ve jeotermal uygulamalar açısından Türkiye ve İtalya'nın karşılaştırılmasıdır. Bu karşılaştırma esnasında kaynakların kullanım alanları, elde edilen sosyal fayda ve jeotermal kaynakların kullanım maliyetleri üzerinde özellikle durulmaktadır. Çalışmada ulaşılmak istenen bir başka hedef ise dünya genelinde jeotermal enerjinin kullanım alanlarının incelenmesidir.

Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm enerji kaynaklarını sosyal yarar perspektifinden incelemektedir. Bu bölümde fosil enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynakları ayrı ayrı ele alınmaktadır. Fosil yakıt tüketiminin atmosfere saldığı zararlı gazlar nedeniyle hava kirliliği, küresel ısınma ve iklim değişikliği oluşmaktadır. Kirletici gazların havaya, toprağa ve suya karışması nedeniyle çevre kirliliğine bağlı olarak insan sağlığının bozulması, canlıların yaşamlarının tehlikeye girmesi ve erken ölümlerin gerçekleşmesi gibi olumsuz sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Sağlık harcamaların artması ve fosil kaynakların ölkede hazır bir şekilde bulunmamasına bağlı olarak ithalatın artması cari açığın artması gibi olumsuz dışsallıklara yol açmakta ve ekonomi bundan olumsuz etkilenmektedir. Fosil yakıt tüketiminin ekonomi, çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle sosyal fayda azalmakta, devlet azalan bu sosyal faydayı tekrar arttırabilmek için maliye politikası araçlarından olan vergi ve sübvansiyonlarla müdahale ederek negatif dışsallıkları içselleştirmektedir. Fosil yakıt kullanımı sonucu oluşan ekonomik ve çevresel konularla başa çıkmak ve temiz, sürdürülebilir bir gelecek için devlet müdahalesinin yanında yenilenebilir enerji tüketiminin artırılması toplumun sosyal faydasını da arttıracaktır. Bu nedenlerle çalışmada yenilenebilir kaynak kullanımının arttırılması gerektiğinin önemi vurgulanmaya çalışılmıştır. Yenilenebilir enerji kullanımı çevreye ve sağlığa zararı olmayan ve kaynağı ölkeden sağlandığı için cari açık sorununa neden olmayan kaynaktır. Ayrıca bu bölümde yenilenebilir enerji kullanımıyla ölkede yapılan santrallerde istihdam ve işsizliğin azaltılması yönündeki çalışmalarla ilgili konuları da ele alınmaktadır.

İkinci bölümde jeotermal enerji kaynakları ayrıntılı bir şekilde ele alınmakta, jeotermal enerji ile diğer yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki farklılıklara odaklanılmaktadır. Bu enerjinin Türkiye'deki kullanım alanları ve topluma sunduğu ekonomik ve sosyal yararlarıyla birlikte gerekli önlemlerin alınmaması durumunda bu kaynağın da çevre kirliliği ve buna bağlı sorunlara yol açabileceği konusu ele alınmaktadır. Jeotermal kaynağın diğer kaynaklarla ilk yatırım ve işletme maliyeti yönünden karşılaştırması yapılmakta, başlangıçta sondaj çalışmaları nedeniyle maliyeti yüksek olan jeotermal kaynağın ileriki yıllarda kullanımına bağlı olarak maliyetini karşılayabilecek seviyeye geldiği ve kâra geçtiği konularına da değinilmektedir. Ayrıca

jeotermal kaynakların dünyadaki kullanımlarında önde gelen ülkelerden olan ABD, Japonya ve İzlanda'ya yer verilerek bu ülkelerdeki jeotermal kaynaklar ve bu kaynakların hangi alanlarda kullanıldığına ilişkin konular ele alınmaktadır.

Son bölümde ise Jeotermal enerji İtalya ve Türkiye'deki uygulamalar açısından değerlendirilmektedir. Bu bölümde İtalya ve Türkiye'de jeotermal kaynakların ilk kullanımları, kullanım çeşitliliği ve maliyet durumu karşılaştırılmakta ve jeotermal kaynakların iki ülkedeki dikkat çekici uygulama örnekleri, kullanım alanları, sosyal yararları ve potansiyelleri karşılaştırılmaktadır.



2. SOSYAL YARAR PERSPEKTİFİNDEN ENERJİ KAYNAKLARI

Dünya’da nüfus ve buna bağlı olarak üretim ve tüketim arttıkça enerji ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Enerji ihtiyacının büyük bir bölümü daha sonraki bölümlerde değinileceği gibi direkt olarak veya elektrik enerjisine dönüştürülmesi yoluyla petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtlar tarafından, bir bölümü ise rüzgâr, güneş, jeotermal gibi yenilenebilir kaynaklardan karşılanmaktadır.

Nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme gibi faktörler çevre kirliliğine sebep olan sorunların başında gelirken fosil yakıt yanması sonucu atmosferdeki değişim nedeniyle oluşan küresel ısınma ve etkileri de çevresel sorunlara neden olmaktadır (Baytorun, Önder ve Gügercin, 2016, s. 835).

Atmosferde bulunan karbondioksitin oluşturduğu çevre sorunları küresel ısınmanın yanında iklim değişikliğine de neden olmaktadır. İklim değişikliği; sıcaklık, yağış, deniz seviyesi, bitki örtüsü, canlı türleri ve canlı sağlığı, tarım, hayvancılık, balıkçılık, turizm ve dış ticaret gibi birçok alanı olumsuz etkilenmektedir. İklim değişikliğine bağlı olarak sıcaklıkların artması kuraklığa, orman yangınlarına, çeşitli hastalıklara ve ölümlere neden olmaktadır. Kuraklığın artmasıyla su stresi oluşacak ve içme, kullanma ve tarımsal sulama için su bulunmasında sıkıntı yaşanacağından insan yaşamı da bu durumdan etkilenecektir. Ekonomisi tarıma dayalı az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler tarımda meydana gelecek olumsuz etkilerden daha fazla etkilenecektir. Çünkü tarım sektörü istihdam yaratma ve zorunlu gıda ihtiyaçlarını üreten bir sektördür. Sıcaklık artışına bağlı su talebinin karşılanamaması sonucu tarımsal faaliyetler durma noktasına gelecek ve tarımda çalışan işçiler işsiz kalma tehlikesiyle karşı karşıya kalacaktır. Daha geniş bir açıdan da düşünülecek olursa sıcaklık artışına bağlı olarak kutuplardaki buzullar erimekte ve deniz seviyesi yükselerek yerleşme, tarım ve turizm alanları sular altında kalmaktadır (Taşkın ve Varder, 2016, s.181).

Yaşanan iklimsel değişim bazı canlı türlerinin sayısında azalışa, bazı canlı türlerinin göç etmesine veya yaşamlarının tehlikeye girmesine neden olmaktadır. Örneğin buzulların erimeye başlamasıyla kutup ayılarının nesli tükenme tehlikesiyle

karşı karşıya kalmaktadır. Sıcaklık artışı insanlarda olduğu gibi hayvanlarda da hastalıkların ve ölüm oranlarının artmasına neden olmaktadır. Deniz suyunun ısınması deniz ve okyanuslarda yaşayan pek çok türün yaşamını tehdit etmekte, su kirliliğiyle su ürünleri çeşitliliğinde azalma meydana gelmektedir (Bayraç ve Doğan, 2016, s.28).

Yaşamın sürdürülebilir olması için sanayi ülkelerinin atmosfere verdikleri karbondioksit gibi sera gazı salımını azaltması gerekir. Sera gazı salımının azaltılması, çevrenin iyileştirilmesi ve çevreye verilmiş olan zararların giderilmesi amacıyla bir takım harcamalar yapılmaktadır. Karbon içerikli fosil yakıt emisyonlarının azaltılması için filtre, emisyon ölçme aletleri, personel, teknik destek, eğitim gibi harcamalar bunlara örnek olarak verilebilir (Küçüker, 2017, s.77).

Bu harcamalar Parasal Milli Gelir hesaplamalarında ölçülebilirken ölçmenin yapılamadığı alanlar da bulunmaktadır. Çevrede meydana gelen zararların toplumun sosyal ve ekonomik refah kaybına etkisi, insanların hastalıklardan ve çevredeki kirliliklerden dolayı mutsuzluğu, yaşam kalitesinin düşmesi gibi alanlar milli gelir hesaplamalarında ölçülemeyen alanlardır. Fosil yakıt kullanımı nedeniyle bahsedilen refah kaybı alternatif enerji kaynağı olan yenilenebilir kaynaklarda görülmez (Hayaloğlu, 2018, s.25).

Bu nedenle temiz ve sürdürülebilir bir geleceğe ulaşmak için dünyadaki enerji sisteminde bir reform yapılmalıdır. Bu reformlar sosyal yarar sağlayan ve tükenme gibi bir durumu olmayan yenilenebilir enerji politikaları ile gerçekleştirilebilir. Yenilenebilir enerji, üretiminde veya tüketiminde, insan sağlığı ve küresel çevre de dahil olmak üzere yaşamsal ekolojik sistemin sağlıklı bir şekilde işleyişi üzerinde en az olumsuz etkiye sahip olan enerji olarak bilinmektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir bir geleceğe ulaşmak için, ulusal ve bölgesel altyapı için gerçekten önemli olan şey, yenilenebilir enerji politikaları, kamu desteği, teşvikler, teknolojiler ve mali olarak benimsenebilen enerji sistemlerine yönelik pratik ilerlemedir (Eker ve Bülbül, 2016, s.46).

2.1 Sosyal Yarar Kavramı

Herhangi bir olay, etkinlik veya belirli bir ekonomik politika değişikliğinin bir bütün olarak topluma yarar sağlaması sosyal yarar olarak ifade edilmektedir. Bu kavram

sadece devletin aldığı kararların tüm topluma etkisini değil, aynı zamanda bazı tüketici ve üreticiler tarafından alınan kararlar ya da yürütülen ekonomik faaliyetler sonucu toplumsal refahta meydana gelen artışları da ifade eder. Bir kişinin eğitim görmesinden sadece kendisinin değil tüm toplumun fayda sağlaması sosyal yarar olabileceği gibi, kişinin kirlilik veren ürün tüketimini bırakarak çevreyi ve sağlığı koruması da sosyal yarar tanımlamasına girmektedir (Mutlu, 2002, s.13).

Kamu ekonomisinin başlıca amaçlarından birisi, yapılan faaliyetler sonucu sosyal faydayı maximize etmektir. Çünkü devlet tarafından sunulan hizmetlerden tek tek kişiler faydalandığı gibi bunlardan bir bütün olarak toplumda faydalanmaktadır. Toplumun sağladığı fayda kişilerin sağladığı faydadan daha fazladır. Sosyal faydanın artırılması için kamu kesimi faaliyetlerinde fayda-maliyet analizlerinin yapılması gerekmektedir. Bu analize göre belirli bir faaliyet sonucu ortaya çıkan fayda ile neden olacağı maliyet karşılaştırması yapılarak marjinal faydası marjinal maliyetinden yüksek olan girişimlerin yapılmasına karar verilir (Eker, 2005, s.41).

Fosil yakıt yanması sonucu oluşan çevre ve sağlık kirliliği gibi sorunlar sosyal fayda kaybına neden olmaktadır. Fosil yakıtlardan olan kömürün çıkarılmasında kullanılan çeşitli kimyasallar ile kömürün kullanıma hazır hale getirilmesinde yapılacak yıkama işlemleri suya zarar vermektedir. Kirli suların arıtılmadan tarım arazisinde sulama suyu olarak kullanılması sonucu toprak kirlenmesi oluşmakta, toprağın kirlenmesi ile topraktan çıkan ürünler insanın beslenmesi ve sağlığını da olumsuz etkilemektedir. Ayrıca kömür havzalarında oluşan çökmelere bağlı olarak su kaynakları, bitki örtüsü ve tarım sahaları zarar görmekte ve doğada bozulmalar meydana gelmektedir (Çoban ve Kılınç, 2016, s.592).

Kömür yakılmasının bahsedilen olumsuz etkilerinin azaltılması ve sosyal faydanın sağlanması için kalitesiz yakacak kullanımına izin verilmemeli, evlerde ısınma amaçlı kullanılan kömürler belediyelerce kontrol edilmelidir. Ayrıca hava kirliliğinin yoğun olduğu bölgelerde kömür kullanımını azaltmak için evlere belediyelerce verilen kömür yardımı yerine çevreye ve sağlığa daha az zarar veren doğalgaz yardımı yapılmasına ilişkin çalışmalar da yapılabilir. Termik santrallerdeki karbon salımlarında önemli bir azaltma yapılabilmesi için karbon tutma ve depolama

sistemleri ön plana çıkarılmalı, sosyal faydanın arttırılması için çalışmalar yapılarak toplumun bütün kesimleri bilinçlendirilmelidir (Akan ve Morcalı, 2017, s. 109).

2.2 Dışsal Ekonomiler

Dışsallık bir ekonomik birimin faaliyeti nedeniyle diğer ekonomik birim veya birimler üzerinde dolaylı olarak ortaya çıkan olumlu veya olumsuz etkileri ifade etmekte olup, bir üretim veya tüketim faaliyetine bağlı olarak diğer üretim veya tüketim faaliyetleri üzerinde ortaya çıkmaktadır. Başka bir deyimle dışsallık toplumun belirli bir üyesi tarafından yapılan üretim ve tüketim sonucu doğan fayda ve maliyetlerin toplumun diğer üyelerine taşmasıdır (Eker, 2005, s.50).

Ortaya çıktığı faaliyete göre dışsallıklar üretim dışsallığı ve tüketim dışsallığı olarak ikiye ayrılır. Üretim dışsallığı bir üretim faaliyetinin bir diğer üretim ya da tüketim faaliyetini etkilemesidir. Tüketim dışsallığı ise bir tüketim faaliyetinin bir diğer tüketim ya da üretim faaliyetini etkilemesidir (Batırel, 2007, s.38).

Neden oldukları etkinin sonucuna göre ise dışsallıklar pozitif dışsallıklar ve negatif dışsallıklar olarak ikiye ayrılır. Üretim ve tüketim faaliyeti sonucunda, başka kişi ya da firmaların fayda fonksiyonlarının olumlu olarak etkilenmesi durumunda pozitif dışsal ekonomiler meydana gelmektedir. Pozitif dışsal ekonomilere dış kazanç ya da dış fayda da denilmekte olup bu ekonomilerde marjinal sosyal fayda marjinal özel faydadan daha hızlı artmaktadır. Bir üretim ya da tüketim faaliyeti sonucunda, başka kişi ya da firmaların fayda fonksiyonlarının olumsuz etkilenmesi durumunda ise negatif dışsal ekonomiler oluşmaktadır. Başka bir deyişle bu durumda toplum üyelerinin büyük bir bölümü belirli malların üretim ya da tüketiminden zarar görmektedir. Negatif dışsal ekonomilere dış zarar ya da dış kayıp da denilmekte olup bu ekonomilerde marjinal sosyal maliyet marjinal özel maliyetten daha hızlı artmaktadır (Bülbül, 2018, s. 45).

2.2.1 Enerji Dışsallıkları Sonucu Oluşan Çevre ve Sağlık Sorunları

Bir üretim faaliyeti sonucunda tüketicilerin fayda fonksiyonlarının olumsuz etkilenmesi durumunda üreticiden tüketiciye doğru negatif dışsal ekonomiler oluşmaktadır. Petrol ve kömür yakıtlı termik santrallerden karbon içeren fosil yakıtların

yanması sonucu çıkan zehirli ve kirliliğe yol açan maddelerin nehir, göl ve akarsulara salınması sonucu su kirliliği oluşmaktadır. Bu kirli sulardan içen hayvanlara mikrop bulaşarak hayvan hastalıklarına ve ölümlerine neden olurken suyun bünyesindeki zararlı maddeler sulama ile toprağa ve toprak üzerinde yetişen bitkilere, sebzelere buluşmaktadır. Kirlenen toprak üzerinde yetişen bitkilerle beslenen insanoğlu ve canlılar çeşitli hastalıklara maruz kalarak halkın sağlığı bozulmaktadır. Petrol rafinerilerinin yer aldığı yerleşmelerde yaşayan insanlarda kanser hastalığının artması gazların havayı soluyan ve toprak ürünlerinden faydalanan canlıları etkilediğinin önemli bir göstergesidir (Erden ve Koyuncu, 2014, s.17). Ayrıca fosil yakıt yanması sonucu fabrikalardan çıkan zehirli gaz görüntü kirliliğine yol açarak insanların güzel bir manzara görmesini engellemektedir (Menteşe, 2017, s.383).

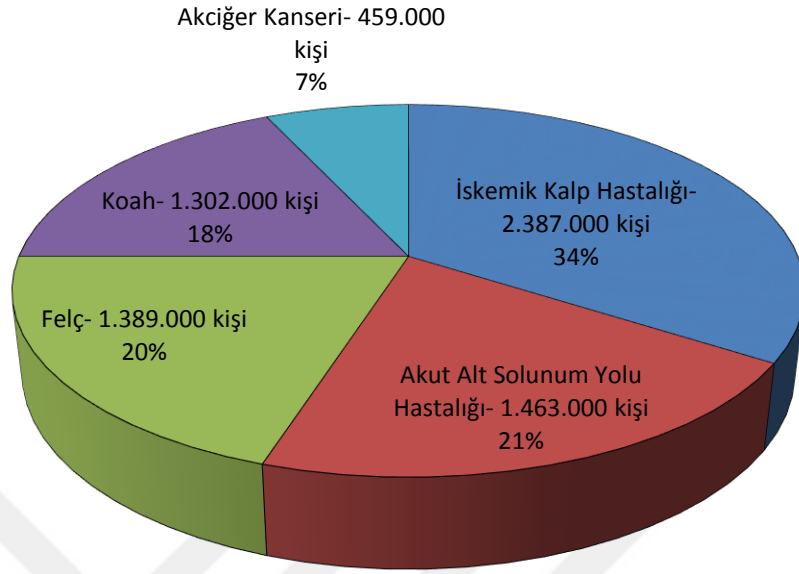
Bir üretim faaliyeti sonucunda başka bir üreticinin faydasında azalma meydana gelerek üreticiden üreticiyi doğru negatif dışsal ekonomiler de gerçekleşmektedir. Kirliliğe yol açan maddelerin akarsulara salınması sonucu su yatağının alt kesiminde faaliyette bulunan firma olumsuz şekilde etkilenecektir. Termik santrallerden çıkan zehirli gazların sulama yoluyla tarımsal faaliyetlere geçmesi tarımda verim düşüklüğüne, hayvancılıkla uğraşan çiftçinin hayvanlarını telef olmasına ve su arıtma maliyetlerinin pahalı olmasına neden olarak termik santral üreticisinden başka bir üretici olan çiftçilere zarar vermektedir. Ayrıca zehirli gaz atıkları balıkların ölümüne yol açmakta ve balıkçılık üretimine zarar vermektedir (Batırel, 2007, s.39).

Ayrıca ısınma amaçlı linyit ve kömürün yanarak evlerin bacalarından atılması sonucu kükürdioksit ve partikül madde denilen hava kirleticileri oluşmaktadır. Hava kirliliği görüntü kirliliğine neden olarak o bölgede yaşayan insanları rahatsız ederken insanlar üzerinde öksürük, bronşit, kalp hastalığı, astım, akciğer, karaciğer rahatsızlığı ve solunum yolu hastalıklarına neden olup canlı sağlığını da tehlikeye sokmaktadır (Küçüker, 2017, s.7).

Görüldüğü gibi fosil yakıt yanması sonucu oluşan çevre kirliliği, insanların üretim ve tüketim sürecinde ürettiği ve tükettiği ürünlerle birlikte ortaya çıkan, toplumun ve çevrenin doğal yapısının bozulmasını ve canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen doğal güzelliklerin tahrip edilmesine yol açan sosyal maliyetlerdir

(Kete, Aydın ve Kaya, 2017, s.174). Bu tahribat ya da katlanılan maliyet fosil kaynaklardan elektrik enerjisi üretmenin dışsallığıdır. Enerji üreten tesis doğrudan herhangi bir mali yük altında kalmaksızın hava, su ve toprak kapasitesini israf etmektedir. Burada görüldüğü gibi çevre kirliliği olayları toplumun sağlığını bozarak topluma da bir maliyet yüklemektedir. Çevre kirliliği, üçüncü şahıslara zararlı etki ve maliyet yüklediği için, negatif dışsallığın en önemli örneğidir. Bu durumda marjinal sosyal maliyet marjinal özel maliyetin üstünde olup özel ve sosyal fayda arasındaki sapma meydana gelmektedir (Akdoğan, 2011, s.56).

Çevre kirliliğinin sağlık açısından olumsuz etkilerine ayrıntılı bakmak gerekirse, 2016 yılında kömür yakıtlı termik santrallerden elektrik üretimi nedeniyle atmosfere 9,5 milyar tonluk karbondioksit (CO_2) salımı gerçekleşmiştir. Termik santrallerde kullanımının yanında ısınmada kalitesiz kömürlerin yakılması karbondioksit, kükürt dioksit ve partikül madde gibi sera gazı salımı oluşturmakta ve havanın kirlenmesine neden olup havayı solunamaz hale getirmektedir. Hava kirliliği birçok yeni hastalıklara, eski hastalıkların ağırlaşmasına, erken ölümlere, çalışma veriminde azalmaya ve hastalıkları tedavi etmek için yeni sağlık harcamalarına neden olmaktadır. Bu olumsuz sonuçlardan en fazla vücut direnci hassas olan çocuklar, hamileler ve yaşlılar etkilenmektedir (Brundtland, 2017, s.3).



Şekil 1:İç ve Dış Hava Kirliliğinin Neden Olduğu Hastalıklar Sonucu Gerçekleşen Ölümler (2016)

Kaynak: TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, (2018). Dünya Çevre Günü Türkiye Raporu. Ankara

Hava kirliliği 2016 yılında 3,8 milyon kişinin iç ortam hava kirliliği, 3,2 milyon kişinin ise dış ortam hava kirliliği nedeniyle Dünya nüfusunda yukarıdaki şekilde de gösterildiği gibi 7 milyon insanın erken ölümüne neden olmuştur. Türkiye’de ise kömürlü termik santrallerden çıkan kirleticiler 2015 yılında en az 28.881 kişinin erken ölümüne, yetişkinlerde 3.823 kronik bronşit vakasına neden olmuştur (TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, 2017, s.12). Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi insanların damarlarındaki tıkanmalar kalbin beslenmesini engelleyerek nüfusun %34’ü gibi büyük bir kesiminde iskemik kalp rahatsızlıklarına neden olmuş, solunum yolu hastalıkları, felç ve kanser gibi hastalıklar sonucu birçok insan sağlıklı bir şekilde yaşayamadan hayatını erken yitirmiştir. Kömür ocaklarında çalışan işçilerin genellikle akciğer hastalıklarına maruz kalması kömürün sağlığını ne derece etkilediğinin ve negatif dışsalılık yarattığının önemli göstergesidir.

2.2.2 Enerji Dışsallıkları Sonucu Oluşan Küresel (Global) Sorunlar

Çevresel dışsallık sonucu oluşan etkilerin, gerek sağlık gibi hayati önem taşınması, gerekse ölçeğinin küresel boyutlarda olması nedeniyle çevresel dışsallıklar negatif dışsallıklarla ilgili çalışmaların önemli bir kısmını oluşturmaktadır.

Petrol, kömür gibi kendini yenileme durumu olmayan fosil kaynakların bilinçsizce kullanılması daha önceki anlatılanlardan da görüldüğü gibi çevreye ve atmosfere zarar vererek insan, hayvan ve canlılardaki sağlık problemlerinin ve ölümlerin yaşanmasına, tarım alanlarının kirlenmesine ve tarımın durma noktasına gelmesine neden olmaktadır. Çevre kirliliğinin ülke içinde yarattığı negatif dışsallıklarının yanında ülke dışına da yansıyan sınır ötesi ve küresel dışsallık problemleri bulunmaktadır. Bu problemler sadece fosil yakıt yanması sonucu oluşan çevre kirliliğinin bulunduğu ülkede sorun olmamakta, negatif dışsallıklardan dolayı uluslararası bir boyut kazanmaktadır. Bunun sonucunda ise ülkeler kendilerinin neden olmadığı küresel çevre sorunları sonucu oluşan dışsallıkların maliyetlerine katlanmak zorunda kalmaktadırlar. Çevresel sorunlarında ülke dışına yansıyan en önemli problem ise küresel ısınmadır (Kete, Aydın ve Kaya, 2017, s.174).

Sanayi devriminden beri fosil yakıtların hayatın her alanında kullanılması ve yoğun sanayi üretim faaliyetleri ile atmosfere salınan zehirli gazların birikimi artmaktadır. Fosil yakıtların ısınma, sanayi ve enerji üretimi sektörlerinde kullanımına bağlı olarak karbondioksit (CO₂) gibi sera gazları atmosferde birikmeye başlamış ve küresel ısınmanın hızlanmasına neden olmuştur. Bunun sonucunda sera etkisi kuvvetlenmiş ve dünyanın yüzey sıcaklıkları tehlikeli sayılabilecek boyutlara ulaşmıştır (Eker ve Bülbül, 2016, s.46).

Asit yağmurları da küresel ısınma gibi önemli global dışsallıklardan biridir. Bu dışsallıkların özelliği, negatif etkilerinin salımın gerçekleştirildiği ülke dışındaki yerlerde doğmasıdır. Örneğin A ülkesinin toprakları, komşu ülkede yer alan bir termik santralin meydana getirdiği kirlilikten dolayı asit yağmurlarına maruz kalabilmektedir. Karbondioksit gibi gazların üretiminden kaynaklanan ve çoğunlukla orta ve üst gelişme düzeyindeki ülkelere kaynaklanan bu tür sınır ötesi dışsallıklar da piyasa başarısızlığı

sorunu yaratmaktadır. Ayrıca asit yağmurları binalara, köprülere ve açık havadaki tarihi kalıntılarda aşınma ve erime yaptığı için inanç ve kültür turizmine de yara vererek negatif dışsallıklara neden olmaktadır (Ürün ve Soyu, 2016, s.39).

İnsan sağlığı üzerinde ciddi zararları olan hava kirliliği ozon tabakasının incilmesi gibi tüm Dünya'yı ilgilendiren çevre sorunlarına da yol açmaktadır. Fosil yakıt yanması sonucu oluşan karbonlar ve sera gazları, zararlı radyasyonun yeryüzüne ulaşmasını engelleyerek dünyada yaşanabilmesini mümkün kılan atmosferdeki ozon tabakasının incelmeye ve böylece ozon tabakasının işlevini tam olarak yerine getirememesine, iklim değişikliği ve kanser vakalarının artmasına neden olmaktadır. Bu sorunlar çoğu zaman nesiller arası bir nitelik de taşımaktadır. Bu kadar geniş çerçevede etkileri olan küresel varlıkların yeterince ve etkin bir şekilde sunulabilmesi ve negatif dışsallıkların azaltılması uluslararası işbirliğini zorunlu kılmaktadır. Hükümetlerin düzenlemeler yapma yoluyla piyasalara müdahale etmesi yönündeki çalışmalar bu yönde yapılan bir adım olabilir. Mal ve hizmetlerin marjinal özel faydası veya maliyetinin sosyal fayda veya maliyetine eşitlenecek şekilde düzenlemelerin yapılması dışsallığın içselleştirilmesini ifade eder (Erdoğan, 2006, s.279).

Yukarıdaki bahsedilen konulardan da görüldüğü gibi yenilenebilir enerji kullanılmadığında bu enerjiye alternatif olarak fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Karbon içeren fosil yakıt tüketimi çevre, sağlık sorunlarına ve global sorunlardan olan ozon tabakasının incilmesi, asit yağmurlarının oluşumu gibi negatif dışsal maliyetlere neden olmaktadır. Fosil yakıt kullanımı yerine yenilenebilir kaynak kullanımı sonucu sağlık ve çevre kirliliği sorunlarında azalma meydana gelecektir. Görüldüğü gibi fosil yakıtlar olumsuz dışsallıklara yol açarlar. Olumsuz dışsallıkları azaltmak ise bir musibetten kurtulma yoluyla çevre ve sağlık sorunlarını azaltacağından sosyal yarar sağlamak anlamına gelir.

2.3 Dışsallıklarla Mücadele Yöntemi Olarak Maliye Politikaları

Bir ekonomik birimin faaliyetlerinin diğer ekonomik birimi etkilemesi sonucunda ortaya çıkan etki, piyasa dışıdır. Piyasa dışında oluşan bu etkinin piyasaya kazandırılması için devletin müdahale etmesi gerekir (Kalenderoğlu, 2010, s.41).

Kirlenmenin çevreye ve sağlığa verdiği dışsal maliyeti piyasa kendiliğinden içselleştirmeyeceği için zararlar üretilen ürünlerin fiyatlarına dâhil edilerek negatif dışsallıkları içselleştirmek gerekmektedir. Kirleten öder ilkesi, çevreye verilen zararların azaltılması için devletin kirletici ürünlerin maliyetini, kirletenlerden karşılamasını amaçlamaktadır. Devlet dış kayıp doğuran malların üreticilerinden düzeltici vergi olarak sosyal maliyeti özel maliyete eşitleyecek, böylece ürünün fiyatı, malın marjinal sosyal maliyetini yansıtacaktır. Devlet dışsallık sonucu ortaya çıkan zararları azaltmak, faydaları arttırmak veya dışsallıkları toplumsallaştırmak için çeşitli yöntemler kullanmaktadır (Batirel, 2007, s.43).

2.3.1 Çevre Vergileri

Bir negatif dışsallık olan çevre kirliliğinin içselleştirilmesi hususunda akla gelen ilk kamu ekonomisi çözümü vergiler olmaktadır.

Çevre vergileri, kirliliğe neden olan firmaların topluma yüklediği maliyetleri ortadan kaldırmak için konulan ve fiyatları arttırarak kirlilik yaratan ürünlerin üretilmesini önleme amacı taşıyan mali yükümlülüklerdir. Negatif dışsallıklarla mücadele etme konusunda düzenleme amacı taşıyan bu vergiler ilk olarak Pigou tarafından önerildikleri için bu vergiler Pigouvian vergiler olarak da isimlendirilir. Bu vergiler birim başına, sera gazı salımına ya da kirliliğe uygulanan vergiler olup, olumsuz dışsallıkların azaltılması amaçlanmaktadır. Pigou'ya göre, olumsuz dışsallık yaratan üretim faaliyetlerinin oluşturduğu maliyetler fiyatın içine dâhil edilmediği için aşırı tüketim gerçekleşebilir ve bu durumda toplumsal maliyet artabilir (Bülbül, 2018, s.47). Düzenleyici- düzeltici vergi olarak da adlandırılan bu vergilerde vergi oranı marjinal sosyal maliyete eşit olup marjinal sosyal maliyetleri marjinal özel maliyetlere eşitlemek için kullanılmaktadır. Eğer devlet bu eşitlemeyi sağlarsa sosyal yarar açısından etkin düzeyde üretim yapılması da sağlanmış olur (Kargı ve Yüksel, 2010, s. 189).

Pigou tipi vergiler, sosyal maliyeti yansıtmak için kirliliğin fiyatını yükselterek kirleten kişilerin özel ve sosyal maliyetleriyle yüzleşmesini sağlar. Ayrıca çevre

maliyetleri bu vergiler aracılığıyla azaltılabilir. Bu durum “maliyet etkisi” olarak ifade edilir (Kargı ve Yüksel, 2010, s. 192).

Üretim faaliyetleri sonucu atmosfere salınan sera gazları, devletleri çevre vergilerinin yanında bir takım önlemler almaya zorlamıştır. Bu önlemlerden biri de karbon vergileridir. Karbon vergisi, karbondioksit atığı nedeniyle ortaya çıkan küresel çevre kirliliğini azaltmak ve küresel ısınmayı yavaşlatmak için uygulanmaktadır. Karbondioksit atığı en etkin şekilde fosil yakıtların vergilendirilmesi ile azaltılabilir (Kete, Aydın ve Kaya, 2017, s.171).

Fosil yakıt kullanımının fazla olduğu bir ürün üzerine konulan karbon vergisi, bu ürünün maliyetini arttırarak fosil yakıtın daha az kullanılmasını sağlayabilir. Üreticinin ödeyeceği vergi, çevreye salınan karbondioksit gazı ile orantılı olduğundan, firma ürünün maliyetine söz konusu sosyal maliyeti de ekleyerek bu sayede negatif dışsallıkların içselleştirilmesi sağlanmaktadır (Erdoğan, 2006, s.280).

2.3.2 Sübvansiyonlar ve Diğer Uygulamalar

Çevre sorunlarını azaltmada sübvansiyonlara diğer araçlardan daha az başvurulmaktadır. Bu yöntemde, belli bir düzeyin altında kirletme faaliyetinde bulunanlara sübvansiyon sağlanacağı gibi negatif dışsallık yayan bir üretim sonucunda zarar görenlere ödeme yapılması şeklinde de sağlanabilir. Olumsuz dışsallıkların azaltılması ile ilgili önlemler alınması amacıyla tesis oluşturma, denetim yapma, engelleme gibi doğrudan fonksiyon görülebileceği gibi devlet dışsal zarar yayan faaliyet yerine, dışsal fayda sağlayan faaliyeti teşvik ederek dışsal zararı da azaltabilir (Bülbül, 2018, s.48).

Negatif dışsal zarar gören tarafa verilen zarar nedeniyle tazminat ödenmesi yoluyla da dışsal zarar fiyatlandırılmış olmaktadır. Ayrıca zarar veren tarafa tanınmayan bazı hak ve imkânların zarara uğrayan tarafa tanınması şeklinde bir uygulama yapılarak negatif dışsallıkların içselleştirilmesi sağlanabilir. Çevreye yarar sağlayan projelerin faiz oranını, çevreye zarar veren projelere göre azaltma bu uygulamaya örnek verilebilir (Nadaroğlu, 2000, s.63).

2.4. Enerji ve Enerji Kaynakları

İş yapabilme, ısıtılabilme ya da aydınlatılabilme yeteneği olarak tanımlanan enerji kaynak olarak yenilenebilir ve yenilenemeyen (fosil) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kömür, petrol, doğalgaz yenilenemeyen enerji kaynağı iken güneş, rüzgâr, hidrolik, biokütle ve jeotermal kaynaklar yenilenebilir enerji kaynaklarıdır (Haykır ve Demir, 2017, s. 253).

2.4.1 Fosil Enerji Kaynakları

Fosil kaynaklar insanlar tarafından sürekli tüketilen, tüketildikçe de yeniden oluşamayan kaynaklardır. Türkiye için önemli bir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkan fosil enerji kaynakları kömür, petrol ve doğalgazdan oluşmaktadır. Her ne kadar Türkiye’de yoğun bir biçimde bulunmasa da başta Ortadoğu olmak üzere birçok yerde zengin petrol ve benzeri kaynaklar bulunmaktadır. Türkiye’de söz konusu kaynaklardan fazlaca bulunmamasının nedeni jeolojik özelliklerdir. Benzer bir durumun maden kömüründe de söz konusu olmasına rağmen linyit kömürü kaynakları ülkede yeterince bulunmaktadır (Köse, Genç ve Demiralp, 2015. s.13).

2.4.1.1 Kömür

Türkiye’de var olan ve işletmeye alınmış olan mevcut fosil enerji kaynakları içerisinde en önemlisi kömürdür. Üretimi yapılan kömürler çoğunlukla termik santraller, demir-çelik endüstrisi, çimento sektörü ve binaların ısıtılması maksadıyla kullanılmaktadır. Devletteki yerli kömür üretimi 7,38 milyar ton olup, bu üretim değeri 32,2Mtep olan toplam birincil enerji kaynakları üretiminin %55,5’lik kısmını giderebilmektedir. Dünya Enerji Konseyi’nden (WEC) alınan verilere göre dünya kömür rezervleri 892 milyar ton olup rezervin %57,1’ine karşılık gelen 509 milyar ton kömür ABD, Rusya ve Çin’de bulunmaktadır. Türkiye 15,2 milyar tonluk rezervi ile dünyadaki toplam kömürün yaklaşık olarak %1,7’sini elinde bulundurmaktadır. Türkiye’deki kömürün 1,3 milyar tonunu maden kömürü, 13,9 milyar tonunu da linyit kömürü oluşturmaktadır (ETKB, 2017).

Zonguldak ili önemli ölçüde maden kömürü rezervine sahiptir. Osmanlı kurulduğundan beridir işletilen Zonguldak havzasında Armutçuk, Üzülmüş, Kozluk, Karadon ve Amasra bölgelerinde üretim vardır. Kömür madeninin keşfedilmiş olduğu günden günümüze kadar süren kömür çıkarımı yapılan bölgelerde, 1975'te 4,8 milyon tonla en yüksek yıllık üretim değerine erişilmiştir. Kömür tüketim değerleri incelendiğinde Türkiye'de 2008 yılında 22.864 ton kömür tüketilmişken bu rakam 2016 yılında 49.117 tona ulaşmıştır (Türkiye Taş Kömürü Kurumu, 2018, s. 34).

Tablo 1

Türkiye'nin Fosil Yakıt Rezervleri (Milyon Ton)

KAYNAK	BİLİNEN	MUHTEMEL	MÜMKÜN	TOPLAM
Maden Kömürü	525	424	368	1.123.000.000
Linyit	13.442	450	7	8.378.360.000
Petrol	42	-	-	43.100.000
Doğalgaz (milyar m ³)	7	-	-	8,8 Milyar m ³
Asfaltit (milyon ton)	45	29	8	81.752.000

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2017). *Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü*, Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, s. 2.

Türkiye'de fosil yakıt rezervlerinin gösterildiği yukarıdaki tabloda linyit 8.378.360.000 milyon ton rezerve sahip olup en fazla çıkarılan fosil yakıt iken onu taş kömürü izlemektedir. Petrolün ise katı yakıtlarla yarışamayacak kadar az rezervi bulunmaktadır. Elektrik enerjisi üretiminde kömürün diğer fosil yakıtlara göre daha fazla kullanılmasının nedeni diğer kaynaklara göre daha ucuz olmasıdır. Ancak kömür elektrik üretiminde doğalgaza göre daha fazla salım gerçekleştirerek çevreye daha fazla zarar vermektedir.

Katı yakıtların 2018 yılı Mart ayı toplam satılabilir üretim miktarlarının gösterildiği aşağıdaki tabloda taşkömürünün 88.558 ton, linyitin 6.961,683 ton olarak gerçekleştiği görülmektedir. Tabloda kömür ithalatı ihracatının neredeyse 165 katı olup yoğun bir biçimde ithalat gerçekleştirilmiştir. İthalatın hızla artması yakıtta dışa bağımlı hale gelmemize neden olarak cari açığı artırmış ve ekonomik büyümemizi olumsuz yönde etkilemiştir.

Tablo 2

Katı Yakıtların Üretim, İthalat ve İhracat Miktarları (2018)

	TAŞKÖMÜRÜ (Ton)	LİNYİT(Ton)
Satılabilir Üretim	88.558	6.961,68
İthalat	2.333,53	-
İhracat	14.176	-

Kaynak: TÜİK, 2018, TÜİK Haber Bülteni, www.tuik.gov.tr (25.04.2019)

Yenilenebilir enerji kaynakları sadece çevre kirliliği ve sağlık açısından değil aynı zamanda ülke ekonomisinin düzelmesi ve enerjide dışa bağımlılığımızın azalması için de gereklidir.

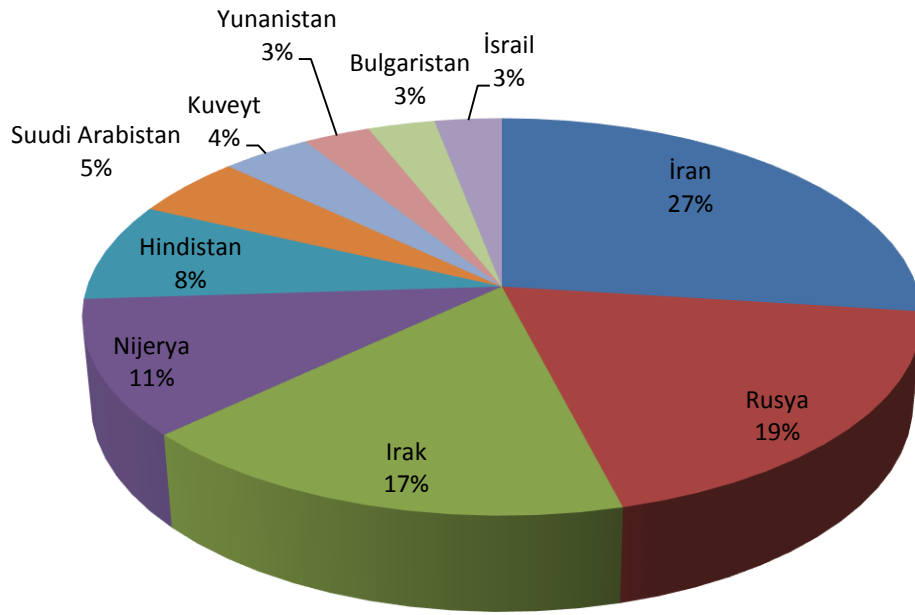
2.4.1.2 Petrol

Osmanlı İmparatorluğu'nun son dönemlerinde Türkiye'de petrol arama çalışmaları aktif bir şekilde başlamıştır. İmparatorluk içerisinde petrol ilk defa İskenderun, Trakya ve Musul'da aranmaya başlamıştır. Petrol üretimi Türkiye'de ilk olarak 1940'ların ilk yıllarında başlamıştır. Bu dönemde Raman 1 kuyusu devreye girmiştir (Haykır ve Demir, 2017, s. 256).

1946 senesine gelindiğinde 544 tonluk bir üretim değeri elde edilmiştir. 1954 senesinde Petrol Yasası hazırlanmıştır. Bu yasa ile beraber hem yerli hem de yabancı firmalara petrol arama izni verilmiştir. Yasa kapsamında ülke 18 farklı petrol sahasına ayrılmıştır. Günümüzde ise çok sayıda firma arama faaliyetleri gerçekleştirmektedir. Özellikle TPAO arama faaliyetlerinde bulunmaktadır. İlerleyen yıllarda üretim değerinde artışlar meydana gelmiştir. 1991 senesinde 4,4 milyon tonla en üst düzeyine erişmiştir. Bu seneden itibaren petrol üretimi aynı oranda düşmeye başlamış ve 2012 senesinde 2,3 milyon tona kadar düşmüştür. 2017 yılında günlük ortalama 49.000 varil ham petrol üretimi yapılırken 550.000 varil ham petrol tüketilmiştir. Petrol üretiminde Güneydoğu Anadolu Bölgesi ilk sırada gelmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018).

Dünya petrol üretiminin yaklaşık olarak yarısı Orta Doğu Bölgesinde, %19'u Güney ve Orta Amerika Bölgesinde, %18'i Venezuela'da %16'sı ise Suudi Arabistan'da bulunmaktadır (ETKB, 2017).

2017 Yılında Türkiye 16,8 milyon ton petrol ürünü ithal etmiş, 25,8 milyon ton ham petrol ithal etmiştir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018). 2017 yılında Türkiye'nin petrol ithalatının %89'u aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi on ülkeyle yapılmaktadır. Daha önceki yıllarda Irak'ın petrol ithalatındaki payı yüksek olup birinci sırada yer alırken 2017 yılında İran'ın payı önemli miktarda artarak en fazla petrol ithalatının yapıldığı ülke olmuştur. Petrol ithalatında İran'ı Rusya, Irak, Nijerya ve Hindistan gibi ülkeler takip etmiştir.



Şekil 2: Türkiye'nin Petrol İthalatının Ülke Bazında Dağılımı (2017)

Kaynak: TPAO, (2018), *Türkiye Petrolleri* ,www.tpao.gov.tr (25.04.2019)

Dünya'da yaşanan petrol krizleri, petrol fiyatlarının sürekli artması, petrolün hava ve deniz kirlenmesi yoluyla çevreye ve insan sağlığına verdiği zararlar ve petrol ithalatı bu kaynakların kullanımını tartışılır hale getirmektedir. Ayrıca petrol üretiminin

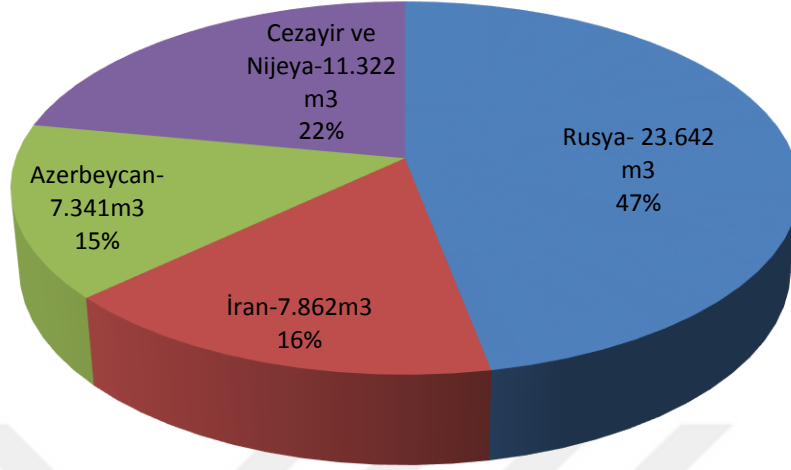
büyük bir bölümünün Orta Doğu, Orta ve Güney Amerika gibi çok az sayıda bölge tarafından yapılması, enerji üretiminde sıkıntı çeken ülkeleri bu az sayıda ülkeye bağımlı hale getirmektedir (Önder ve Ocak, 2018, s. 905). Bu bağımlılıktan kurtulmak, petrolün çevreye ve sağlığa yarattığı olumsuz etkileri telafi edebilmek için petrol tüketiminin azaltılması ve temiz, zararı bulunmayan yenilenebilir kaynak kullanımının artırılması gerekmektedir.

2.4.1.3 Doğalgaz

Doğalgaz ana bileşenleri karbon ve hidrojen olan, yer altında serbest veya petrol ile birlikte bulunabilen ve her geçen gün stratejik değeri artan bir yakıttır (Dünya Enerji Konseyi, 2018, s.24).

1976 senesinde Türkiye’de doğalgaz ilk kez üretilmiştir. Üretilen doğalgaz Hamitabat çevresinde kullanılmıştır (TPAO, 2019). Fakat üretim değerleri yüksek seviyede bulunmadığından çok fazla yaygınlaşmamıştır. Rusya’dan 1987 senesinde başlayan ithalat ile birlikte Türkiye’deki doğalgaz tüketimi hızlı bir artış göstermiş ve 2012 senesinde 45.886 milyon m³ seviyesine erişmiştir. Bu miktarın yalnızca 686 milyon m³’ü yerli kaynaklardan üretilmiştir. Türkiye doğalgaz gereksiniminin sadece %1,5’luk miktarını ülke içerisinden temin etmektedir. Neredeyse tamamı dışa bağımlı bir enerji kaynağı olan doğalgaz Türkiye birincil enerji kaynakları tüketimi içinde %32,2 seviyesi ile ilk sırada gelmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017).

2015 yılı sonu itibariyle Dünya doğalgaz rezervi 186,9 trilyon m³ olup bu rezervin %42,8’i İran ve Katar gibi önemli rezervlere sahip ülkelerin yer aldığı Orta Doğu Bölgesinde bulunmaktadır. %30,4’lük rezervi ile Avrupa ve Avrasya Bölgesi ikinci sırada yer almaktadır (ETKB, 2017, s.10).



Şekil 3: Türkiye'nin Doğalgaz İthalatının Ülke Bazında Dağılımı (2018)

Kaynak: TPAO, (2018), *Türkiye Petrolleri*, www.petform.org.tr (26.04.2019)

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi Türkiye 2018 yılında Rusya'dan %47, İran'dan %16, Azerbaycan'dan %15, Cezayir, Nijerya ve spot piyasalardan ise %22 oranında doğalgaz ithal etmiştir. Doğalgaz Türkiye'ye boru hatları ve sıvılaştırılmış doğalgaz olan (Liquified Natural Gas) LNG şeklinde gelmektedir. Türkiye'de 2008 yılında 1 milyar m³ olan doğalgaz üretimi 2017 yılında 354 milyon m³' e düşmüştür. Başka bir deyişle Türkiye gaz talebinin %99,3'ü ithalatla karşılanmaktadır.

Türkiye doğalgaz rezervlerinin %75'inden fazlasını elinde bulunduran Orta Doğu ve Kafkas ülkelerine komşu durumunda olduğundan ve diğer fosil yakıtlara göre daha temiz ve çevreci olduğundan dolayı doğalgaz tüketimini daha fazla tercih etmektedir. Ancak doğalgazda ithalatçı durumunda olduğumuz için bu durum ülkemiz ekonomisi için sorunlar çıkarabilir. Doğalgaz ithalatın %47'sini yaptığımız ülke olan Rusya ile herhangi bir siyasi problem yaşanıp doğalgaz vanasının kapanması durumunda enerjide dışa bağımlı olan ülkemiz için enerji darboğazının yaşanmasına ve talebi karşılayacak yeni kaynakların aranmasına neden olacaktır. Kısa bir sürede başka bir kaynakla ikame edilemeyecek olan doğalgaz talebi için başka bir ülkenin kapısı

çalınma durumunda kalınabilir. Ülkenin bu durumlara maruz kalmaması ve güçlü bir ekonomi için enerjide dışa bağımlı olunan kaynaklar yerine milli kaynaklar kullanılmalıdır. Milli kaynakların kullanımı dövizin daha az harcanmasını sağlayarak ek döviz açığı yaşamamak anlamına gelecektir (Güner ve Turan, 2017, s. 51).

2.4.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Doğanın kendi evrimi içinde bir sonraki gün aynen mevcut olabilen tükenmeyen, elektrik enerjisi üretilirken çevreye zararı fosil kaynaklara göre çok daha az olan kaynaklardır. Yenilenebilir enerji kaynakları (biokütle, hidroenerji, rüzgâr, güneş, jeotermal) incelendiğinde ise her ne kadar Avrupa Birliği toplam birincil enerji tüketimi içerisindeki paylarını arttırabilme isteğinde olsa dahi üretim henüz yeterli miktara erişememiştir. Bu bağlamda tıpkı kömürdeki nedenlere benzer bazı problemler mevcuttur. Pek çok yenilenebilir enerji kaynaklarının üretim maliyetleri petrol, doğalgaz ve kömür gibi geleneksel yakıtlara oranla oldukça yüksektir. Keza bu enerji kaynaklarının ticari yönden işletilmesi üye olan ülkelerin sübvans etme isteklerine bağlıdır. Son durumda da ileri teknoloji gereksinimi acil bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Bütün bu aktarılanlar sebebiyle kısa vadede arzu edilen amaca erişmek oldukça zor olmaktadır. Hali hazırda %6'lık bir payı elinde bulunduran yenilenebilir enerjilerin elektrik üretimine katkısı ise yaklaşık %15 seviyesindedir (Çavaş, 2017, s.138).

2.4.2.1 Hidrolik Enerji

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları arasında en önemli potansiyele hidrolik enerji sahiptir. Akarsuların taşkınlarını önlemek ve rejimlerini kontrol altına almak amacıyla ülkemizde birçok hidroelektrik santral yapılmıştır. Yapılan santrallerdeki depolanan sulardan içme suyu ve tarımsal sulamada yararlanıldığı gibi enerji de üretilmektedir. 2012 yılı itibariyle Türkiye’nin brüt hidroelektrik potansiyeli yılda 433 milyar kWh olup Avrupa’da Norveç’ten sonra ülkemiz ikinci sırada yer almaktadır. Ülkedeki ekonomik hidroelektrik potansiyel 47.497 MW/yıl bir kurulu güce karşılık gelmektedir ve bu gücün 19.619 MW/yıl bölümü (%41,3) işletme durumundadır. 2018 Haziran ayı sonu itibariyle 636 Hidroelektrik Santral (HES)

bulunmaktadır ve söz konusu HES'ler 28.391,4MW kapasiteye sahip olup Türkiye toplam kurulu gücünün %32'sine karşılık gelmektedir (ETKB, 2018).

Ülkede söz konusu santraller toplamda 26 akarsu havzasında bulunmaktadır. Bu havzalar içerisinde Fırat ve Dicle ciddi manada önem taşımakta ve bu alanlarda uygulanan Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP 1989 - 2019) Türkiye'nin en büyük elektrik üretim, sulama ve bölgesel kalkınma çalışması olarak karşımıza çıkmaktadır. GAP çalışması tamamlandığında 22 adet baraj, 19 adet HES'de toplam 7476 MW bir kurulu güçte 27 milyar kWh/yıl bir elektrik üretimi yapılması planlamaktadır. Bu duruma ek olarak 1,82 milyon hektar tarım arazisi de sulama imkânlarına kavuşacaktır (GAP, 2015).

Hidroelektrik enerji çeşitli enerji kaynakları içerisinde düşük potansiyel risk taşımaları ve çevre dostu olmaları nedeniyle tercih edilmektedir. Yakıtlı bir santral olmadığı için sera gazı salım oluşturmaz, çevreye uyumlu, temiz, uzun ömürlü, enerjide dışa bağımlı olmayan, yerli, yenilenebilir bir kaynaktır (ETKB, 2018). Üretimi ana kaynağı su olduğu için üretim maliyeti çok düşük, verimi de yüksektir. Ülkemizde dağılmış olan suların değerlendirilmesini sağlayarak yöre halkına tarım, su sporları, turizm gibi alanlarda kazanç sağlar. Ayrıca santrallerin kurulma esnasında ve işletilmesi sırasında istihdam sağlar. Böylece ülkemizdeki işsizlik sayısı azalarak insanların refahı, yaşam kalitesinin artma potansiyeli ortaya çıkar. Kısacası işsizlikten kurtulan bireylerin mutlu olmasına ve toplumsal refaha katkı sağlanmış olur.

2.4.2.2. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde bulunan füzyon süreciyle (hidrojen gazının helyuma dönüştürülmesi) açığa çıkan ışıma enerjisidir. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, yaklaşık olarak 1370 W/m² değerindedir, ancak yeryüzüne uzanan miktarı atmosferin etkisiyle 0-1100 W/m² değerleri arasında değişiklik gösterir. Bu enerjinin dünyaya ulaşan ufak bir kısmı dahi Dünya'da bir senede harcanan enerjiden 20 bin kat fazladır (YEGM, 2019).

Güneş ışınımının %50'lik kısmı atmosferi aşarak dünya yüzeyine ulaşmakta, bu enerjiyle Dünya yüzeyinde sıcaklık yükselmekte bu da yeryüzünde yaşamı mümkün

kılmaktadır. Rüzgâr hareketlerine ve okyanustaki dalgalanmalara işte bu ısınma sebep olmaktadır. Güneş'ten gelen ışıının %20'lik kısmı ise atmosferde ve bulutlarda tutulmakta, yer yüzeyine gelen güneş ışıının %1'den daha az bir kısmı da bitkiler tarafından fotosentez olayında kullanılmaktadır. Bitkiler, fotosentez esnasında güneş ışığının yanında karbondioksit ve su kullanarak, oksijen ve şeker üretirler. Fotosentez, yeryüzündeki bitkisel yaşamın kaynağıdır. Güneş, nükleer enerji hariç tüm enerji olaylarında direkt veya dolaylı yoldan enerji kaynağı olarak kullanılır (YEGM, 2019).

Türkiye'de Güneş enerjisinin gelişiminin tarihçesine değinmek gerekirse; Güneş enerjisi, zirai ürünlerin kurutulmasında, soğuk mevsimlerde mahal ısıtmasında, konutlarda havalandırma amacıyla kullanılmaktadır. Türkiye'de 1960'ların başlarında güneş enerjisi ilk kez alternatif enerji kaynağı olarak gündeme gelmiştir. 1970'lerin ortalarında, dünyadaki güneş enerjisi teknolojisindeki ilerlemelere paralel olarak, ülkemizde de özellikle güneş enerjisinin ısı uygulamaları üniversiteler, devlet ve endüstri bakımından önem kazanmış ve güneş enerjisi çalışmaları bu tarihten itibaren hız kazanmıştır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi'de güneş enerjisiyle su ısıtma, aktif ve pasif mahal ısıtması, yoğunşturan toplayıcılar ve güneş pilleri konusundaki çalışmalara olanak tanınmaktadır. Bu kuruluş 1982'den beri yenilenebilir enerji kaynaklarının ve özellikle güneş ve rüzgâr enerjisinin geliştirilmesiyle yükümlüdür (Kılıç, 2015).

Güneş enerjisi doğada bol bulunan ve tükenmeyen enerji kaynağıdır. Çevreyi kirlilemeyen, temiz, güvenilir, sürekli ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak yaşamımızda önemli bir yere sahiptir. Enerjiye ihtiyaç duyulan her yerde güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Enerji gereksinimi olan her bölgeye kurulabildiğinden dışa bağımlılığı bulunmamaktadır. Çevreye zarar veren atıklara ve sera gazına neden olmaz. Kurulum ve kullanımı kolay olduğundan her ev kurduğu güneş pilleri ile kendi enerjisini ve ısınmasını karşılayabilir. Böylece enerjiyi taşıma maliyetleri ve kayıplar ortadan kalkarak enerji konusunda büyük bir adım atılmış olur (Kaya, 2018, s. 57).

2.4.2.3 Biyokütle Enerjisi

Biyokütle, biyolojik kökenli fosil şekilde bulunmayan organik madde kütesinden meydana gelmektedir. Biyokütle, kavram olarak değerlendirildiğinde yaşamını devam ettiren organizmalardan elde edilen maddeler anlamına gelmektedir. Hayvansal ve bitkisel bütün doğal maddelerden bu enerji türü elde edilebilmektedir. Bu maddelerin temel bileşenleri karbonhidrat bileşikleridir. Bu konuda bir örnek vermek gerekirse, odun, tarımsal atıklar, şehirlerdeki kanalizasyon atıkları, endüstriyel organik atıklar biyokütle enerji kaynaklarını meydana getirmektedir (Balcı ve Evren, 2015, s. 231).

Biyokütle enerjisi, birincil enerji kaynakları içerisinde dünya genelinde %10 oranında ciddi bir paya sahiptir. Bu oranın büyük çoğunluğu geleneksel yakacak olarak kullanılmaktadır. Türkiye’de ise üretim açısından %11, tüketim açısından %3,1’lik bir pay söz konusudur. Çoğunlukla köylerde ısınma amaçlı kullanılmaktadır. 2016 yılı itibarıyla çöp ve hayvansal atıklar dâhil toplam biyokütle kaynaklı elektrik santrali sayısı 18, kurulu güç ise 43 MW düzeyinde olmuştur (ETKB, 2017, s. 25).

Biyokütle enerjisi ucuz, çevre dostu, zararlı salımlara neden olmayan bir kaynaktır. Atıkların geri kazanılmasını sağlayarak kırsal bölgelerde istihdamı artırır. Bu enerji odun, bitki gibi orman ürünlerinin atıklarından meydana geldiği için hemen her alanda bulunabilen dışa bağımlılığı olmayan bir enerjidir. Biyokütle enerjisinden ancak yüksek yatırım yapıldığı takdirde verim kazanılabilir. Yüksek tutarlı bir yatırımın yapılmaması durumunda diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha düşük enerji üretimi gerçekleşebilir (Şaban ve Küçüker, 2017, s.109).

2.4.2.4 Rüzgâr Enerjisi

Türkiye 784.347 km² yüz ölçümüyle geniş bir alana sahiptir ve ülke genelinde önemli ölçüde rüzgâr potansiyeli bulunmaktadır. Rüzgârın gücü ise farklı bölgelerde farklı düzeylerde. Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından gerçekleştirilen bir araştırma sonuçlarına göre Türkiye’de elektrik üretimi yapabilecek rüzgâr enerjisi potansiyeli rüzgâr hızı 7,0 m/sn zeri değerlere göre hesabı yapıldığında 10.463 MW deniz, 37.386

MW kara olmak üzere toplam 47.849 MW olarak belirlenmiştir. Marmara ve Ege bölgesi bu alanda ciddi bir potansiyele sahiptir (YEGM, 2015).

Rüzgâr enerjisi kaynaklı elektrik üretiminin ilk yatırım maliyetleri yüksek olması gibi dezavantajlarının yanında bir takım üstünlükler de bulunmaktadır. Rüzgâr, atmosferde bol olarak bulunan, enerji üretiminde hammadde ve yakıt ihtiyacı olmayan, hammaddesi doğada ücretsiz bulunan bir enerji olduğundan enerjide dışa bağımlılık yoktur. Tükenme ve zamanla fiyatının artma riski bulunmayan yerli ve milli bir kaynaktır. Kaynağı güvenilir olduğundan salıma neden olmaz, temiz ve çevre dostu, iklim değişikliğine neden olmayan bir enerji çeşididir. Kırsal alanda kurulan rüzgâr türbinlerinin arazisi için ödenen kira veya satın alma bedelleri santral bölgesinde yaşayan insanlara kazanç sağlamaktadır. Türbinlerin inşaatına başlanmasından faaliyete geçmesine kadar olan yapım ve sonraki süreçlerdeki bakım ve onarım işlerinde çalışan insanlara da iş olanağı sağlamaktadır. Rüzgâr kaynaklı üretim tesislerinde gürültü kirliliği olabilir ancak tesisin kurulduğu yer ve yerleşim şekline göre ayarlamalar yapılarak bu kirlilik önlenebilir (Karaca, Ulutaş ve Eşgünoğlu, 2017, s. 118).

2.4.2.5 Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji yer kürenin doğal ısısı olup yerkabuğunun derinliklerinde toplanan basınç altındaki sıcak akışkan (su, buharı, gaz) ve sıcak kuru kayaların içermiş olduğu termal enerjidir. İnsanlığın yeryüzüne gelmesinden sonra yıllar boyunca jeotermal enerji sağlık amacıyla kullanılmıştır. Son dönemlerde ise jeotermal enerjinin kullanım alanları genişlemiştir. Sanayi ve elektrik alanlarında jeotermal enerjinin kullanılmaya başlanması bu enerji türünün önemli ölçüde değer kazanmasını sağlamıştır (Özsoy ve Dinç, 2016, s.41).

Türkiye jeotermal açısından son derece zengin bir noktadadır. Zira ülke Alp-Himalaya şeridi üzerindedir. Alp-Himalaya fay hatları üzerinde bulunması sayesinde ülkede jeotermal su akışı yoğun olmaktadır. Jeotermal su kaynakları farklı katmanlarda bulunur ve mineral ve benzeri konularda farklı özelliklere sahiptirler. Farklı özelliklerin bulunması farklı kimyasal ve sıcaklık değerleri ile tanımlanmasını sağlamaktadır. Kullanım türü açısından ise iki farklı gruba ayrılmaktadır. Bunlar doğrudan kullanım ve

dolaylı kullanım şeklindedir. Doğrudan kullanım alanları çoğunlukla düşük (20-70°C) ve orta sıcaklıklı sahalardaki (70-150°C) kaynakların kullanılması biçiminde olmaktadır. Bu kaynaklar bölgesel olarak ısıtma, soğutma, tarımsal ürün kurutma, mineral tuz eldesi, termal turizm ve endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır. Yüksek sıcaklıklı (150°C ve üzeri) sahalardan ise elektrik elde etmek için yararlanılmaktadır (Kayabaşı, 2018, s. 27-28).

Türkiye genelinde 1.000 civarında kaynak bulunmaktadır. Maden Tetkik Arama Enstitüsü çalışmalarına göre 198 adet jeotermal alan bulunmuştur. Toplam jeotermal ısı potansiyeli ise 31.500 MW olarak hesaplanmaktadır. Araştırmalardan elde edilen bilgilere göre Türkiye'deki en büyük jeotermal potansiyele Batı Anadolu Bölgesi (%78) sahiptir. Onu İç Anadolu (%9), Marmara (%7), Doğu Anadolu (%5) ve diğer bölgeler (%1) takip eder. Türkiye'deki jeotermal kaynakların %90'ı düşük ve orta sıcaklıklı olup, doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, mineral elde etmek vb.) için, %10'u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur (Maden Tetkik Arama Enstitüsü, 2018).

Dünya'da jeotermal elektrik üretiminde ABD ilk sırada gelmektedir. Bunu Endonezya, Filipinler, Türkiye ve Yeni Zelanda takip etmektedir. Elektrik dışı uygulamalarda ise ABD, Çin, İsveç ve Norveç ön plandadır. Görüldüğü gibi ABD hem elektrik enerjisi üretiminde hem de doğrudan kullanımında jeotermal kaynaklardan en fazla yararlanan ülkedir. Türkiye'de ise Batı Anadolu bölgesi jeotermal kaynaklardan elektrik enerjisi üretimi için uygun konumdadır. Bölgede buna uygun yirmi nokta bulunmaktadır. Toplam potansiyelin 640 MW olmasına rağmen 2017 yılı itibarıyla kullanılan miktar 162,2 MW düzeyindedir. Bu jeotermal elektrik üretimi noktasında potansiyelin yeteri kadar kullanılmadığını göstermektedir (ETKB, 2018).

Doğrudan kullanım bakımından Türkiye'de yaygın olarak konut, termal tesis ve seraların ısıtılmasında faydalanılmaktadır. Türkiye'nin 31.500 MW doğrudan kullanım kapasitesi dikkate alındığında potansiyelinin sadece %6,6'sını kullanabildiği görülmektedir. Kapasitenin tamamı kullanıldığında 5 milyon konut eşdeğeri bir ısıtma elde edilmiş olacaktır. Bu konut ısıtmak için büyük ölçüde doğalgaza bağlı bir politika takip eden Türkiye için çok büyük bir değerdir. Türkiye'de ısıtma yapmaya uygun 120

saha tespit edilmiş olup bunlardan 18'inden ısıtma amaçlı faydalanılmaktadır. Ülkemizde yüksek potansiyele sahip olan jeotermal kaynakların merkezi ısıtmada kullanılması ilerleyen zamanlarda doğalgaz ithalatını azaltarak ısınmada jeotermalin kullanılmasını sağlayabilir. Böyle bir durum söz konusu olduğunda enerjide dışa bağımlılığımız azalarak milli kaynak kullanımımız ve ısınmada enerji arz güvenliğimiz artar (Onat, 2018, ss.8-15).

Jeotermal enerjide kömür, petrol, doğalgaz gibi tükenbilir kaynaklara kıyasla kurulum aşamasında daha yüksek bir yatırım maliyeti gözükmektedir. Ancak sonrasında santralin kullanımından uzun süre faydalandığından ortalama yatırım maliyetleri düşmektedir. Aynı zamanda yakıta bağlı olan yenilenemeyen kaynaklarda çevre kirliliği daha çok görüldüğünden bu, doğal çevrede yaşayan canlıların sağlığını ve yaşam kalitesini tehlikeye sokmakta ve telafisi mümkün olmayan sorunlara yol açmaktadır (Şanlı ve Armağan, 2017, s.101).

2.5. Fosil Yakıt Rezervleri ve Potansiyeli

Çok kaliteli çıkmamasına karşın Türkiye’de yüksek miktarlarda linyit çıkarılmakta ve linyit üretimi devlet tarafından desteklenmektedir. 150 MW’tan çok daha büyük ölçüde kömür santralleri dikkate alındığında, 16000-17000MW kurulu gücü bulunan linyit potansiyelinin henüz sadece %37’sinin değerlendirildiği gözlemlenmektedir. Kömür rezervimizde 9 milyar tonun üzerinde rezerv artışı sağlanmıştır. 2005 yılında 8,3 milyar ton olan linyit rezervimiz 2017 yılında 7,9 milyar tona ulaşmıştır (ETKB, 2018).

Türkiye, Orta Asya ülkelerindeki zengin petrol ve doğalgaz kaynaklarının batı pazarlarına taşınmasında “Enerji Koridoru” olmaya hazır önemli bir adaydır. Teorik hesaplara göre, Türkiye’deki petrol rezervi 977,2 milyon ton olup, bunun 190,6 milyon tonu ekonomik olarak çıkartılabilir durumdadır. 1998 yılı sonuna kadar 106,6 milyon ton petrol çıkartılmış olup, 2018 Ağustos ayına kadar da toplamda 144,3 milyon ton ham petrol çıkartılmıştır. Ağustos sonu itibarıyla Türkiye'nin 46,3 milyon ton çıkartılabilir ham petrolü kalmıştır (TÜPRAŞ, 2018).

Türkiye’de 1970’li senelerin son çeyreğinde kullanılmaya başlayan doğalgazın tüketimi çok hızlı bir şekilde artış göstermiştir. Türkiye’de doğalgaz rezervinin az olmasından dolayı Türkiye daha çok transfer merkezi konumundadır. Bu durumda ithalatı çok hızlı şekilde artırmaktadır. Aşağıdaki tabloda Türkiye’nin 2016 ve 2018 yılı fosil yakıt kurulu güçleri incelenmektedir. Tabloya bakıldığında 2018 yılına gelindiğinde kömür ve doğalgazın 2,500 MW kadar kurulu güçlerinin arttığı görülmektedir. Bu artış en fazla doğalgazda olmuş, bunu kömür takip etmiştir. Sıvı yakıtlarda ise iki yıl içinde üçte ikilik bir oranda azalma görülmüştür.

Tablo 3

Türkiye’nin Fosil Yakıt Kurulu Gücü

	2016 YILI (MW)	2018 YILI (MW)
Kömür	17.316,6	19.996,7
Doğalgaz	22.217,0	25.565,6
Sıvı Yakıtlar	4.878,0	1.481,3
Toplam	44.411,6	47.043,6

Kaynak: TEİAŞ (2018)*Türkiye Elektrik Enerjisi 5 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu.2018-2022.*Ankara: Planlama ve Yatırım Yönetimi Daire Başkanlığı.

Fosil kaynakların kurulu güçlerindeki artışa karşın yakıtlarının zamanla tükeneyeceği uzun süredir bilinmektedir. Dünya’da toplam petrol rezervleri 1,7 trilyon varil civarında olup bu miktar yaklaşık 51 yıllık tüketimi karşılayabilecek kadar az kalmıştır. Dünya doğalgaz rezervi 2017 yılı sonunda 187 trilyon m3 olarak belirlenmiş olup bu miktar küresel üretimi 53 yıl gibi bir süre boyunca karşılamak için yeterlidir. Mevcut üretim koşullarına göre kömürün ise 114 yıl aktif şekilde kullanılabilecek bir rezervi bulunmaktadır (ETKB, 2017). Buna göre doğadaki hammaddesi sınırlı olan fosil kaynakların az bir ömrü kalmıştır. Bu süre sonunda yaşanacak enerji talebi ve yaşanacak enerji darboğazı alternatif enerji kaynaklarına yönelmeyi gerekli kılacaktır. Gücünü doğadan alan, temiz ve sürdürülebilir nitelikteki alternatif enerji kaynakları kendilerini yenileyebildiklerinden tükenmeleri de mümkün değildir. Bu bakımdan yenilenebilir enerji kaynaklarının devreye girerek enerji talebini karşılaması son derece gereklidir.

Hükümetler kömür, doğalgaz, petrol gibi enerji kaynaklarının zamanla tükeneyeceğini bilmelerine rağmen bu kaynakların fiyatını erişilebilir bir seviyeye indirerek bir takım teşvikler sağlar. Sağlanan bu teşviklerle kısıtlı kamu gelirleri bu teşviklere aktarıldığında halkın cebinden bir maliyet ödenirken, fosil yakıt kullanımına bağlı sağlık sorunlarının oluşması sonucu yapılan sağlık harcamalarıyla halkın cebinden ikinci kez bir maliyet çıkmaktadır. Görüldüğü gibi fosil yakıt teşviki ülkelerin sağlık hizmetleri için ayrılan bütçelerine yük bindirmektedir (Brundtland, 2017, s.3).

G20 üyesi ülkeler 2015 yılında petrol, doğalgaz ve kömüre 444 milyar dolar değerinde teşvik sağlamıştır. Ancak fosil yakıt kullanımı nedeniyle oluşan hava kirliliği 2,76 trilyon dolar değerinde olup bu rakamın neredeyse 6 katı kadar sağlık harcamalarına yol açmıştır (Pala, 2017, s.5).

Türkiye’de ise petrol, doğalgaz ve kömüre verilen teşvikler aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi 2016 yılında 1,9 milyar dolardır. Fosil yakıtlara bağlı hava kirliliği ise 19,4 milyar dolar sağlık harcaması yaratmaktadır. Görüldüğü gibi halkın cebinden ödenen sağlık maliyeti fosil yakıt teşviklerinin yaklaşık 10 katı kadardır. Bu kaynaklara yapılan teşvikler sağlık harcamalarını artırarak devlet bütçesine yük bindirmektedir. 2016 yılında hükümetler tarafından sağlanan fosil yakıt teşvikleri kaldırılıysaydı devlet bütçesinde sağlık harcamalarının payı azalabilir bu pay birçok yeni alana aktarılabilirdi.

Tablo 4

Ülkelere Göre Fosil Yakıt Teşvikleri ve Yarattığı Sorunlar (2016)

ÜLKE	FOSİL YAKIT TEŞVİKLERİ (Milyar Dolar)	HAVA KİRLİLİĞİNE BAĞLI ERKEN ÖLÜM SAYISI	FOSİL YAKITLARIN SAĞLIK MALİYETİ (Milyar Dolar)
Çin	96,5	1.625,164	1.785,4
Hindistan	16,9	1.403,136	140,7
Rusya	79,2	104,379	196,4
ABD	24,2	91,045	219,2
Japonya	19,7	64,428	57,8
Almanya	5,4	41,485	42,7
Türkiye	1,9	28.881	19,4
İngiltere	6,5	19,803	30,7

Kaynak: Sağlık ve Çevre Birliği, (2017), *Fosil Yakıt Teşviklerini Sonlandırmanın Sağlık Faydaları*. www.healthoverfossilfuels.org (20.04.2019)

Tablo 5

Yıllara Göre Fosil Yakıt Kullanımı Sonucu Oluşan Karbondioksit Emisyonları

YIL	MİKTAR (Milyon Ton)
2014	361,7
2015	381,3
2016	401,2
2017	425,3

Kaynak: TÜİK, (2018), TÜİK Haber Bülteni, www.tuik.gov.tr (25.04.2019)

Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi kömür ve petrol gibi fosil yakıt tüketimi sonucu ev ve sanayi bacalarından çıkan gazlar 2017 yılında 425,3 milyon ton karbondioksitin salımına neden olmuştur. Karbondan arındırılmış temiz hava için ve hava kirliliğine bağlı sağlık harcamalarının ve erken ölümlerin azalması için fosil yakıt

teşviklerinin sonlandırılması gerekir. Teşviklerin sonlandırılmasıyla hava kirliliğine bağlı erken ölümlerin yarısından fazlası önlenabilir ve CO₂ gibi kirli gaz salımlarında azalma sağlanabilir. Fosil yakıt teşviklerinin sonlandırılması kamu gelirlerinde tasarrufu sağlayacak, sosyal açıdan faydalı politikaların geliştirilmesi için yeni gelir kaynakları yaratacaktır. Bu fonlar ile yenilenebilir enerji kaynaklarının desteklenmesi, bu sektörde iş olanaklarının geliştirilmesi, dış ve iç ortam hava kalitesinin artırılması, çevrenin ve sağlığın iyileştirilmesine katkı sağlanacak, eğitim, sağlık, ulaşım gibi altyapı hizmetlerine ayrılan bütçelerin artırılmasına katkıda bulunulabilecektir. Anlatılan olumlu etkilerin gerçekleşebilmesi için kömürün çıkarılması ve kömür madenlerinin genişletilmesine yönelik fosil yakıt teşvikleri sonlandırılmalıdır (Turan, Erkurt ve Balcı, 2017, s. 84).

Çin, ABD, Hindistan, Rusya ve Japonya CO₂salımı yapan ülkelerin başında gelmekte olup Türkiye ise CO₂ salımıyla 15. sırada yer almaktadır (TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, 2018, s.15). Sera gazı salımını azaltmak ve Türkiye'yi daha aşağı sıralara çekebilmek için sera gazı salımlarının kontrol altına alınması ve azaltılmasına yönelik tedbirler alınmalı, yeni stratejiler geliştirilmelidir. Bu da ancak insanların bilinçlendirilmesi ile ve fosil yakıt teşviklerinin ortadan kaldırılması ile mümkün olur.

Fosil yakıt kullanımı sadece ölümlere, sağlık harcamalarının artmasına neden olmamakta ayrıca hava kirlenmesine bağlı su ve toprak kirlenmesine bağlı sorunlar için de bir takım harcamaların yapılmasına neden olmaktadır. Aşağıdaki tablo fosil yakıt kullanımı sonucu oluşan kirliliğin iyileştirilmesi ve çevrenin korunması için yapılan harcamaları göstermektedir. Eğer fosil yakıt kullanımı yerine yenilenebilir enerji kullanılmış olsaydı çevreye verilen zararlar bu kadar yüksek boyutlara ulaşmamış olacaktı.

Tablo 6
Çevre Koruma Harcama İstatistikleri (TL)

YILLAR	Dış Ortam Havası ve İklimi Koruma	Kirli Su Yönetimi	Toprak, Yeraltı ve Yüzey Sularının Korunması ve Kalitesinin İyileştirilmesi	Toplam
2015	341.655,419	9.428.163,808	723.835,013	10.493.654,24
2016	363.499,519	10.389.430,077	935.608,362	11.688.537,958
2017	571.057,686	12.011.607,673	1.207.600,493	13.790.265,852

Kaynak: TÜİK, (2018), TÜİK Haber Bülteni, www.tuik.gov.tr (25.04.2019)

Hava kirlenmesi daha önceden de anlatıldığı gibi çevre ve sağlık sorunlarına neden olmakta hem de oluşan kirlilik görüntüsüyle insanları rahatsız etmektedir. Kirlenen sular, küresel ısınma nedeniyle yanan ormanlar ve yeşil alanların azalması insanlarda mutsuzluk ve bezginlik meydana getirmekte karamsar bir ruh hallerinin olmasına neden olmaktadır. Oluşan bu mutsuzluk ve bezginlik hali eğer mali açıdan ölçülebilseydi bu harcanan rakamlar artarak devam ediyor olacaktı.

Fosil yakıt kullanımı ayrıca karbondioksit gibi sera gazlarının atmosferde birikmesiyle küresel ısınmanın hızlanmasına neden olmaktadır. Atmosferde bulunan karbondioksitin oluşturduğu çevre sorunları küresel ısınmanın yanında ozon tabakasının incelmesine ve iklim değişikliğine de neden olmaktadır. İklim değişikliği kuraklığa neden olabileceği gibi sel ve su baskınlarına da neden olabilir. Kuraklık bitki ve hayvanlara zarar verip tarım topraklarının tuzlanmasına, su sıkıntısının yaşanmasına ve ürün azalmasına yol açar. Ülkemizde sayılan bu sorunlara rağmen enerji ihtiyacı hala yüksek oranda petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Oysa yenilenebilir enerjinin çevreye, sağlığa, iklim değişikliğine vereceği zararlar fosil yakıtlara göre çok daha azdır (Çavaş, 2017, s. 139).

2.6.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli

Yenilenebilir enerji kaynaklarının avantajlarına başlamadan önce fosil ve yenilenebilir kaynakların toplam kurulu gücü ve elektrik enerjisi üretimi üzerine kısaca değinilecektir. Yıllar itibariyle yenilenebilir ve yenilenemeyen kaynak kurulu güçlerinin gösterildiği aşağıdaki tabloda fosil yakıtlı termik santraller toplam kurulu gücün hemen hemen yarısını elinde bulundurmaktadır. Ancak tabloda 2016 yılından 2018 yılına geçildiğinde termik santrallerde 2500 MW kadar bir artış yaşanırken yenilenebilir kaynaklardan 8000 MW'a yakın bir artış görülmüştür. Bu artışta en fazla pay güneş enerjisine düşmektedir. 2016 yılında 832 MW kurulu gücü olan güneş enerjisi yaklaşık altı kat artarak 5,300 MW'a ulaşmıştır. Jeotermal enerjide de %60'a yakın bir artışın yaşandığı görülmektedir. Yenilenebilir kaynakların fosil kaynaklara göre daha fazla artması ilerleyen zamanlarda enerji kaynaklarında fosil yakıtlardan yenilenebilir kaynaklara doğru bir geçişin yaşanacağını göstergesidir.

Tablo 7
Fosil ve Yenilenebilir Kaynakların Toplam Kurulu Güç Dağılımı

	2016 YILI (MW)	2017 YILI (MW)	2018 YILI (MW)
Termik	44.411,6	46.926	47.043,6
Hidrolik	26.681	27.273	28.391,4
Jeotermal	820,9	1.064	1.302,5
Rüzgâr	5.751	6.516	7.078,1
Güneş	832,5	3.421	5.316,1
TOPLAM (MW)	78.497	85.200	89.131,7

Kaynak: TEİAŞ, (2019), *Kurulu Güç Raporu*, Ankara: YÜK Tevzi Daire Başkanlığı

Türkiye’de 2016 ve 2017 yılları elektrik enerjisi üretim ve tüketiminin karşılaştırıldığı aşağıdaki tabloda 2017 yılı Türkiye elektrik enerjisi üretimi bir önceki yıla göre %8,3’e karşılık gelen 22.869,8 milyon KWh artış ile 297.277,5 milyon KWh olmuştur. Tüketim ise %6,2’ye karşılık gelen 17.415,8 KWh artış ile 296.702,1 milyon KWh olmuştur. Oysa 2016 yılına bakıldığında elektrik üretiminin tüketimi

karşılayamayacak seviyede olduğu görülmüş ve 6,330 GWh'lik bir enerji ithalatı yapılmıştır. 2017 yılında enerji üretiminin tüketimi karşılamasının ve dış alımın az yapılmasının sebebi dışa bağımlı olmayan yenilenebilir kaynaklarla enerji üretimine ağırlık verildiği şeklinde bir yorum yapılabilir. 2017 yılında termik santrallerden ürettiğimiz elektrik enerjisinin toplam elektrik enerjisi üretim içerisindeki oranı %71,4'tür. Bu oran içerisinde ilk sırayı 37,6 payı ile doğalgaz alırken onu 32,4 pay ile kömür takip etmektedir. Termik santralleri ise 19,6 pay ile hidrolik santraller takip etmektedir.

Tablo 8
Türkiye Elektrik Enerjisi Üretimi ve Tüketimi

	2016 YILI		2017 YILI	
	GWh	%	GWh	%
Kömür	91.975,2	32,50	98.476,3	32,4
Doğalgaz	89.525,0	30,0	108.690,0	37,6
Diğer	4.297,9	1,5	4.972,2	1,4
Hidrolik	67.230,9	24,5	58.218,5	19,6
Jeotermal	4.818,5	1,8	6.127,5	2,1
Rüzgâr	15.517,1	5,7	17.903,8	5,9
Güneş	1043,1	4	2.889,3	1
BRÜT ÜRETİM	274.407,7	-	297.277,6	-
Dış Alım	6.330,3	-	2.728,3	-
Dış Satım	1.451,7	-	3.303,7	-
BRÜT TÜKETİM	279.286,3	-	296.702,2	-

Kaynak: TEİAŞ, (2018), *Türkiye Elektrik Enerjisi 5 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu. 2018-2022*, Ankara: Planlama ve Yatırım Yönetimi Daire Başkanlığı

Türkiye'nin petrolü Orta Doğu ülkelerinden, doğalgazı ise en fazla Rusya'dan ithal ettiği düşünüldüğünde yenilenebilir kaynaklar ülke içinde doğal bir şekilde var olduğundan yerli kaynaklara öncelik verilecek ve bu durum da enerjide dışa bağımlılığı

büyük ölçüde azaltacaktır. Yurtdışında ithal edilen enerjinin ithal maliyeti enerji üretim maliyetini artırdığından yüksek fiyatlar enerji sektöründeki yerel firmaların rekabet fırsatını olumsuz etkileyecektir. Enerjide ithalatın azalmasıyla sermaye ülke içinde kalacak, cari açık azalacak, ödemeler dengesi rahatlayacak ve sürdürülebilir kalkınma sağlanacaktır. Ayrıca çevrenin ve doğanın kirlenmesi önlenecek, gelecek kuşaklara temiz, sağlıklı ve güvenilir bir yaşam alanı bırakılacaktır. Havanın kirlenmesine bağlı küresel ısınma ve iklim değişikliği olayları görülmeyecek devletin kirliliğe bağlı yaptığı harcama miktarları azalarak devlet bütçesine katkı sağlanacaktır (Önder ve Ocak, 2018,s. 904).

Yenilenebilir kaynak kullanımında üzerinde durulması gereken diğer önemli bir konu ise iş gücü faktörüdür. Yenilenebilir kaynak yatırımları için farklı aşamalarda işgücü temini yapılabilir. Kaynak kurulumunda gerekli olan malzemelerin imalatı aşamasında, santralin projelendirilmesi, kurulması, santralin üretime başlaması ve bu santrallerin bakım ve onarımının yapılmasında işgücü gereksinimi ortaya çıkacaktır. Bunlar dışında Ar-Ge ve danışmanlık aşamalarında, yenilenebilir enerji sektöründe çalışanların yeme, barınma, ulaşım gibi ihtiyaçlarının karşılanması aşamalarında da dolaylı olarak çalışacak kişilere gereksinim duyulacaktır (Karalı, 2017, s. 64). Bu sayede yerel işgücü istihdamı artacak, o bölgedeki işsizlik de azalmış olacaktır. Yerel iş alanı oluşturulacağından dolayı işsizlere istihdam imkânı sağlanacak ve bölgesel kalkınmaya destek verilecektir. İnsanların bulunduğu bölgeden göç etmeleri olasılığı azalacaktır. Yenilenebilir enerji ne kadar yerelleştirilirse o kadar yerli istihdam da artmış olur. İşsizlik azalır, işsiz insanların yaşadığı psikolojik sorunlar, dışlanmalar, kültürel etkinliklere gidememe, zorunlu harcamalar dışında istediği şekilde tüketim yapamama, kenarda para biriktirerek yatırım yapamama v.b gibi birçok faaliyetler tamamen ortadan kalkabilir. Bireylerin kendine güveni gelir ve bireysel ihtiyaçlarıyla daha fazla ilgilenebilecek bir alan yaratılabilir.

Aşağıdaki tablo 2015 yılında yenilenebilir enerji santrallerinin ülkeler imalat, kurulum, üretim, bakım ve onarım bölümlerinde çalışarak bu sayede istihdamın artırılmasına katkı sağlayan kişilerin sayısını göstermektedir. Tabloya göre 2015 yılında Dünya’da en fazla istihdam yaratan yenilenebilir kaynak güneş enerjisidir. Güneş

enerjisinde en fazla istihdam yaratan ülke ise Çin'dir. Çin'i sırasıyla Japonya, ABD, Hindistan ve Brezilya takip etmektedir.

Tablo 9
Yenilenebilir Enerji Alanında Ülkelerin İstihdam Durumları (2015)

	DÜNYA (Bin Kişi)	ÇİN (Bin Kişi)	BREZİLYA (Bin Kişi)	ABD (Bin Kişi)	HİNDİSTAN (Bin Kişi)	JAPONYA (Bin Kişi)
Güneş Enerjisi	2.772	1.652	4	194	103	377
Sıvı Biyoyakıt	1.678	71	821	277	35	3
Rüzgâr Enerjisi	1.081	507	41	88	48	5
Güneş ısı /soğutma	939	743	41	10	75	0,7
Katı Biyokütle	822	241	-	152	58	
Biyogaz	382	209	-	-	85	
Hidrolik Enerji	204	100	12	8	12	-
Jeotermal Enerji	160	-	-	35	-	2
Toplam	8.038	3.523	918	764	416	388

Kaynak: Karalı, Ş. (2017).Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye ve Dünya Ekonomisine Katkısı, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi SBE.

Değinilen konulardan da anlaşılacağı gibi sosyal yarar açısından çevreye, insan sağlığına, doğaya zararı en az seviyede olan yenilenebilir kaynak kullanımı artırılmalıdır. Bu artış sayesinde ülkemizde var olan doğal kaynaklar kullanılacağı için enerji üretiminde dışarıdan kaynak ithal etmeye gerek kalmayacak ithal kaynak talebi zamanla azalacaktır. Sermaye yurtdışına gitmeyecek, ithal kaynaklara gönderilecek para

ise farklı ve yeni alanlarda kullanılabilecektir. Ülke içinde yapılan santrallerde işçi çalışması sağlanacak, dışarıya yapılan göçlerin önüne geçilmiş olacaktır. Sağlanan bu sosyal faydalardan dolayı tükenen kaynak olan fosil yakıt yerine sonsuz kaynaklı yenilenebilir kaynak kullanımı yapılmalıdır. Bu sayede hem bireylerin hem de ülkenin faydası en yüksek seviyede tutulmuş olacaktır.



3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İÇİNDE JEOTERMAL ENERJİNİN YERİ VE ÖNEMİ

Nüfus artışı ve sanayileşme küresel enerji ihtiyacını her geçen gün artırmaktadır. Devletler gerek bu gereksinimi karşılayabilmek, gerekse de tükenebilir olan fosil kaynakların maliyetlerini ve çevre koşullarını da göz önünde tutarak, enerji politikalarını yenilenebilir enerji kaynaklarının iyileştirilmesi ve kullanımına yönelik olarak oluşturmaya çalışmaktadır. Doğanın kendi çevrim yapısı kapsamında sürdürülebilirliğini sağlayan yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerji, son dönemlerde ülkelerin enerji gereksiniminin karşılanmalarında önemli pay sahibi olmaya başlamıştır. Dünya'daki ve Türkiye'deki jeotermal kaynakların ele alındığı bu bölümde jeotermal kaynaklardan hangi alanlarda yararlanıldığına ilişkin açıklama yapılarak bazı ülkelerin jeotermal kaynak kullanımlarının tarihsel gelişimlerine değinilmiştir.

Enerji gereksinimini ulusal ve iç pazardaki yer altı kaynaklarıyla karşılayamayan Türkiye, enerji açısından fazlasıyla dışarıya bağımlı ve enerji arzını büyük ölçüde ithalat yoluyla gerçekleştiren bir ülke konumundadır. Dışa bağımlılık oranı da göz önüne alındığında, yakın geleceğin de sorunsuz olmayacağı anlaşılmaktadır.

Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi ve arayışlar, olumlu sonuçlar göstermeye başlamış, jeotermal kaynaklara yapılan bütün yatırımlar çok hızlı bir şekilde artış kaydetmiş, kullanımları da oldukça yaygınlaşmıştır. Bilhassa elektrik üretimi, çok hızlı büyüme gösteren sektördür. Bunun yanında da, ülkenin elinde bulundurduğu kapasite değerine erişebilmesi maksadıyla netleştirilecek olan bir strateji yöneliminde mevcut alanların geliştirilmesi, yeni kaynakların bulunmasını sağlayacakken üst düzeyde bilgilerin üretilmesine yönelik geniş bakış açılı projeler oluşturulması öncelik taşıyan bir zarurettir (Akkuş, 2017, s.127).

3.1.Türkiye'deki Jeotermal Alanlar ve Yapılan Çalışmalar

Türkiye'de 1960'lı yılların ilk çeyreğinde Türkiye Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü'nün (MTA) başlatmış olduğu jeolojik araştırmalar ve uluslararası işbirliğiyle yürütülen projeler ve mineralli sular envanteri yenileme çalışması jeotermal enerji

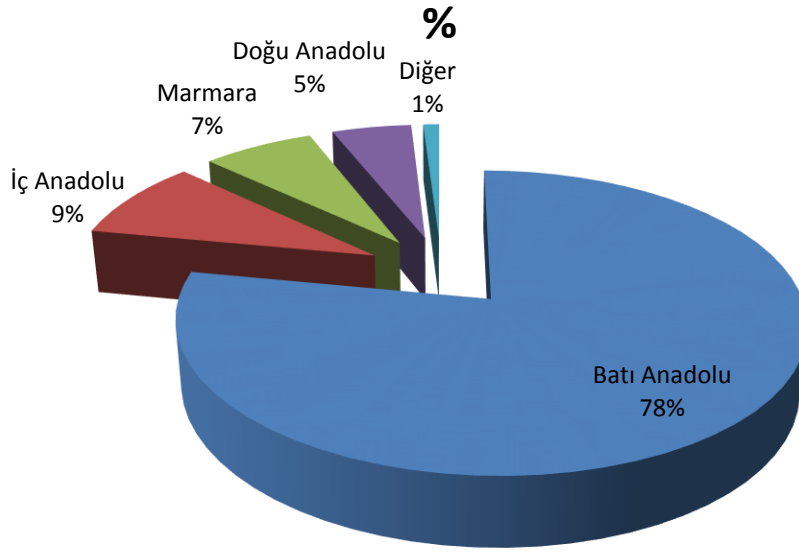
araştırmalarının ilki olduğu varsayılmaktadır. Türkiye’de jeotermal aramaların en önemli kurumlarından birisi olan MTA’nın araştırmalarında 1970-1980 seneleri içerisindeki asıl süreç, yüksek sıcaklıktaki sahaların keşfedildiği zamandır (Akkuş, 2017, s. 129).

Türkiye'nin ilk Jeotermal enerji santrali olan Kızıldere Jeotermal enerji santrali, 1984 yılında kurulmuş olup ortalama brüt 20,4 MW kapasiteli ve 10 MW kapasiteli olarak inşa edilmiştir. Kızıldere Jeotermal enerji santrali, 2006 yılına kadar tek Jeotermal enerji santrali olmuştur. Yenilenebilir Enerji Kanunu (2005) ve Elektrik Enerjisi retimi Amacıyla Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı Hakkında Kanun (2007) sonrasında, jeotermal enerji santrali yatırımları cazip hale gelmiştir. O zamandan beri 79,2 MW jeotermal enerji santrali inşa edilmiş ve 2010 yılında Türkiye'nin jeotermal enerji santrali kapasitesi% 388 artmıştır. EPDK tarafından 6 ayrı lokasyonda 8 jeotermal enerji santrali için 153 MW kapasiteli lisans eklenmiştir. 2017 yılında jeotermal enerjiden 6,1 milyar kWh elektrik üretilmiştir (Azim ve avşı, 2019, s.49).

Türkiye, jeotermal elektrik üretimi için yaklaşık 1200 jeotermal kuyu açmış ve bu jeotermal alanlarda 1960 yılından beri doğrudan kullanım uygulamaları yapmıştır. 2009 yılından beri bu kuyuların yaklaşık üçte biri açılmıştır. 2013 yılı itibarıyla 59 yeni jeotermal proje tamamlanmış veya şu anda yapım aşamasındadır. Yeni ilavelerle Türkiye'de 290'dan fazla jeotermal alan keşfedilmiş ve bunların yaklaşık %95'i çoğunlukla direkt kullanım uygulamaları için uygun olan düşükten ortaya doğru entalpi alanlarındandır. Türkiye jeotermal enerji potansiyeli teorik olarak 31.500 MWt, son zamanlarda 60.000 MWt olarak tahmin edilmesine rağmen, sondaj faaliyetleri (4209 MWt) ve doğal deşarjlar (600 MWt) ile kanıtlanmış potansiyel sadece 4809 MWt'dir. (Baytorun, nder ve Ggerdin, 2016, s.835).

Jeotermal enerji aramalarında ciddi manada artışlar yaşanırken, bu alanda pek çok da yatırım yapılmaya başlanmıştır. Ayrıca devreye alınan yeni mevzuatla beraber yatırımcıların n açılmış olup jeotermal arama, geliştirme ve yatırım çalışmaları geliştirilmiştir. Bu alışmalar neticesinde ülkemiz toplam jeotermal ısı kapasitesi (görünür ısı miktarı) 15.500 MWt’e ulaşmıştır. Ülkemizin 2018 yılı jeotermal

potansiyeli 31.500 MWt olup bu durum aşağıdaki tabloda ülkemiz bölgeleri itibariyle gösterilmiştir. Tabloya göre jeotermal kaynakların %78'i Batı Anadolu'da, %9'u İç Anadolu'da, %7 si Marmara Bölgesinde, %5'i Doğu Anadolu'da ve %1'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Batı Anadolu'da bu kaynakların çok olmasının nedeni bölgenin kırıklı yapısından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4: Türkiye'nin Bölgesel Açından Jeotermal Potansiyeli (2018)

Kaynak: ETKB, 2018

Jeotermal kaynaklarımızın %90'ı düşük ve orta sıcaklıklı olup, doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, mineral eldesi v.s.) için uygun olup, %10'u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur (ETKB,2019). Yüksek sıcaklıklı alanlar 150⁰C den fazla bir sıcaklığa sahip olurken düşük ve orta sıcaklıklı alanlar ise 150⁰C den düşük bir sıcaklığa sahiptirler. Aşağıdaki tabloda gösterildiği gibi sıcaklığın düşük olduğu alanlarda merkezi ısıtma başta olmak üzere sera ısıtması tarımsal kurutma, termal banyo, balıkçılık ve konservecilik gibi faaliyetler yapılmaktadır.

Tablo 10**Jeotermal Kaynakların Sıcaklık Değerlerine Göre Kullanım Alanları**

SICAKLIK (°C)	KULLANIM ALANLARI
160	Kereste ve balıkların kurutulması
140	Çiftlik ürünlerinin kurutulması ve konservecilik
130	Şeker endüstrisi ve tuz elde edilmesi
120	Damıtma ile su eldesi
110	Çimento kurutulması
100	Organik malzemelerin, yiyeceklerin, deniz yosunu ve çimenin kurutulması, yünün yıkanması ve kurutulması
90	Balık kurutma
80	Ev ve sera ısıtması
70	Soğutma
60	Kümes ve ahır ısıtma
50	Mantar yetiştirme, termal banyolar
40	Toprak ısıtma, kent ısıtma, sağlık tesisleri
30	Yüzme havuzları, sağlık tesisleri
20	Balık çiftlikleri

Kaynak: Sığirtmaç, E. (2017). *Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Durumu*, Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bitirme Çalışması

Sıcaklığın daha fazla arttığı alanlar ise elektrik enerjisi üretimi için daha uygundur. Aşağıdaki tablo yüksek sıcaklıktaki alanlarda jeotermal kaynaklardan elektrik enerjisi üretiminin yapıldığı yerleri göstermektedir. Tabloya göre 2017 yılında Kızıldere santrali en yüksek sıcaklığa sahip alan olduğu için jeotermal elektrik üretimine oldukça uygundur. Bunu Ömerbeyli, Göbekli, Tuzla ve diğer yerlerdeki santraller takip etmekte olup sıcaklıklar azalarak devam etmektedir. Yüksek sıcaklığın olmadığı alanlarda ise daha önce de değinildiği gibi elektrik üretimi yerine ısınma ve ürün kurutması amaçlı bir kullanım yapılabilir.

Tablo 11
Türkiye'de Elektrik Üretimi İçin Uygun Jeotermal Alanlar

JEOTERMAL ENERJİ SANTRALİ	SICAKLIK (° C)
Denizli-Kızıldere	212-242
Aydın-Germencik/Ömerbeyli	232
Manisa-Salihli-Göbekli	213-182
Çanakkale-Tuzla	174
Aydın-Salavatlı	171
Kütahya-Simav	162
İzmir-Seferihisar	153
İzmir-Balcova	136
İzmir-Dikili	130

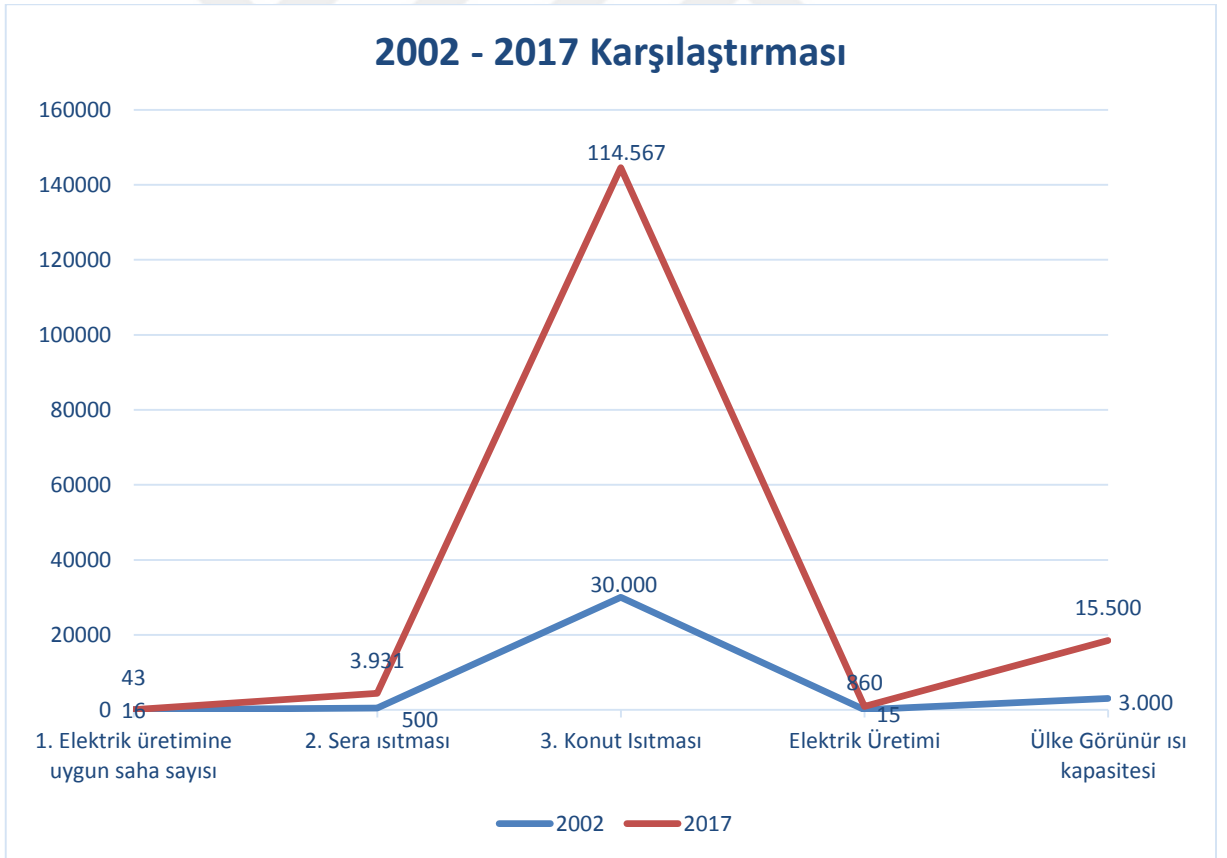
Kaynak: Azim, A. ve Çavşı, H. (2018). Türkiye'deki Jeotermal Enerji Santrallerinin Durumu, *Mühendis ve Makine*, 59, 45-58, s. 49.

Türkiye'de aşağıdaki tabloda gösterildiği gibi 2017 yılında toplam 43 sahada elektrik üretimi yapılmışken 747 sahada ise merkezi ısıtma, sera ve termal ısıtma, tarımsal kurutma gibi birçok alanda doğrudan kullanım yapılmıştır. Doğrudan kullanımda saha sayıları birbirine yakın ve 100'ün üzerinde iken 43 sahada elektrik enerjisi üretimi yapılmıştır. Elektrik enerjisi üretiminin yapıldığı sahaların az olması sıcaklıkların yüksek değerlerde olmadığına göstergesidir.

Tablo 12
Türkiye'nin Jeotermal Kaynak Kullanımı (2017)

DOĞRUDAN KULLANIM	SAHA SAYISI	UYGULAMA	KURULU GÜÇ
Merkezi Isıtma	153	18	1033
Termal Kullanım	135	-	1005
Sera Isıtması	153	-	820
Termal Tesis ve Otel Isıtması	153	-	420
Tarımsal Kurutma	153	2	1,5
Toplam	747	-	3.279,5
ELEKTRİK ÜRETİMİ	43	19	1053

Kaynak: Akkuş İ. (2017). Neden Jeotermal Enerji?, *Mavi Gezegen*, 23, 123-145.



Şekil 5: 2002 – 2017 Jeotermal Uygulamaları Karşılaştırılmasının Grafik Gösterimi

Kaynak:ETKB, (2018), *Jeotermal*. [http:// www. enerji. gov.tr](http://www.enerji.gov.tr) (19 Şubat 2018).

Yukarıdaki şekil Türkiye'nin 2002 ve 2017 yılındaki jeotermal kaynak uygulama alanındaki gelişmeleri göstermektedir. Tabloya göre 2012 yılında elektrik üretimine elverişli 16 saha varken 2017 yılında 43 sahaya çıkarak yaklaşık üç kat bir artış göstermiştir. Sera ısıtması ise yaklaşık yedi kat artarak 500 dönümden 3.931 dönüme çıkmıştır. Bu jeotermal kaynağın doğrudan ve dolaylı kullanımının da arttığını, ancak sera ısıtması olan doğrudan kullanımın daha fazla arttığını göstermektedir.

Türkiye, 2020 yılına kadar yıllık enerji talebinde %6 ile %8 arasında bir büyüme öngörmekte ve toplamda ise 50.000 MW'luk enerji sağlamayı planlamaktadır. Avrupa'da jeotermal için "en sıcak" pazarlarından biri olarak düşünülen Türkiye, jeotermal enerji potansiyeli açısından dünyadaki yedinci derecede önemli ülkedir. Avrupa, Avrupa'daki kapasitenin %50'inden fazlasını İtalya'ya pazarlar (Baytorun, Önder ve Gügerdin, 2016, s.832-839).

Türkiye sahip olduğu jeolojik özellikler sayesinde jeotermal enerji açısından oldukça şanslıdır. Ülke genelinde çok sayıda kaynak bulunmaktadır. Söz konusu kaynaklar günümüzde yaygın bir biçimde kullanılmaktadır.

3.2 Jeotermal Enerjinin Ekonomik ve Sosyal Yararları

Ülke genelinde insanlar jeotermal enerji endüstrisinin gelişiminden ekonomik olarak faydalanmayı sürdürmektedir. Jeotermal fabrikalar uzun vadeli, istikrarlı, iyi ödeme yapan işler sağlamaktadır. Neredeyse sıfır hava salımı sağlayarak havayı kirletmemekte, buna bağlı sağlık sorunlarına ve devletin bütçesinden ayrılan sağlık harcamalarına neden olmamaktadır. Güvenilir, yenilenebilir ve tutarlı enerji üretimi yoluyla ekonomilere milyonlarca dolar katkı sağlamakta ve jeotermal santrallerde çalışan kişilere istihdam imkânı sağlayarak işsizliğin de önüne geçmektedir (Can, 2017).

Jeotermal enerji, günümüz ekonomisindeki en acil sorunlardan bazılarını uzun vadeli cevaplar sağlar. Kömür ve doğalgazdan farklı olarak sera gazı salımı oluşturmadığından toprak bozulması, hayvanların ve bitkilerin zorla yok edilmesi ve insanlara olumsuz sağlık etkileri gibi hiçbir gizli maliyeti ve olumsuz yansımaları da bulunmamaktadır. Jeotermal santral, ekonominin önceden düşünülmesi durumunda

geliştiricilere ve müşterilere en fazla fayda sağlayacak olan enerji üretimi sağlayacak projedir (Mertoğlu, 2017).

Jeotermal kaynak yakıt alımı gerektirmez ve bir taban yükü kaynağı olduğu için jeotermal enerji güvenilirdir ve fiyatları istikrara kavuşturmaya yardımcı olur. Aynı zamanda, rüzgâr veya güneş enerjisinden kaynaklanan aralıkların telafi edilmesi için sevk edilebilir veya hızlı bir şekilde yukarı veya aşağıya doğru rampa yapılabilir. Jeotermal tesisin ömrü boyunca ortalama maliyeti, geleneksel güç kaynaklarından çok daha düşüktür. Jeotermal kaynağında içinde yer aldığı yenilenebilir enerji kaynakları ve fosil yakıtların enerji üretimi sırasında oluşacak maliyetler ilerleyen bölümlerde ele alınmıştır.

Jeotermal enerji yerel olarak üretilmekte, dışa bağımlı olduğumuz petrol ithalatını azaltmaktadır. Bir jeotermal enerji projesinin geliştirilmesi, yüzlerce kişiyi kapsayacak ve yerel insanlara tam zamanlı olarak istihdam yaratacaktır.

Jeotermal Enerjinin ekonomik ve sosyal yararından kısaca bahsetmek gerekirse;

- Jeotermal Enerji yenilenebilir, sürdürülebilir, tükenmeyen enerji kaynağıdır. Yeraltından çıkan ve yeraltına geri verilen enerji kaynağı olduğu için uygun koşullarda işletilmesi halinde sonsuz ömre sahiptir. Fosil kaynaklar gibi belirli bir yıl sonra tükenmezler.
- Temiz, çevre dostu bir enerji sistemi bulunmaktadır. Fosil yakıtın kullanılmaması hava su ve toprakta kirlilik oluşturmayacak, çevre sorunları yaşanmayacaktır.
- Jeotermal enerji özvarlığımız doğal kaynağımız olduğu için ucuzdur. Çünkü dışa bağımlılığı yoktur, ulusaldır. Döviz tasarrufu sağlamaktadır. Yerli paranın ülke dışına çıkmasını önler. Yıllık fiyat artışı TÜFE ile sınırlı olup petrol ve döviz fiyatlarındaki artıştan etkilenmez.
- Çok amaçlı ısıtma uygulamaları için idealdir. Konutta, tarımda, endüstride, sera ısıtmasında ve termal turizmde kullanılan ısıtma uygulamaları için ideal bir enerji türüdür. Jeotermal kaynaklardan elektrik üretiminin yanında ısınma gibi birçok alandan da yararlanır.

- Rüzgâr, güneş, yağmur gibi meteorolojik koşullardan bağımsız bir enerji kaynağıdır. Yağmurlu havalarda güneş enerjisinden, rüzgârın kuvvetli esmediği alanlarda da rüzgâr enerjisinden yeterli verimde yararlanılamayabilir. Oysa jeotermal enerji yerin içyapısındaki ısınmayla gerçekleştiğinden meteorolojik olaylardan etkilenmez.
- Yanmaya, patlamaya ve zehirlenmeye karşı ciddi bir güvenlik sunmaktadır. Doğalgazda zehirlenme ve patlama gibi insan yaşamını tehlikeye sokan olaylar gerçekleşebilirken jeotermal kaynaklarda bu tür güvenlik sorunları bulunmamaktadır (Afjet, t.y.).
- Jeotermal bölgesel bir enerji olmasından ötürü, ithalatı ve ihracatından uluslararası bir fiyatta bulunmamakta ve bu durumdan kaynaklı da enerji savaşlarına ve uluslararası problemlere neden olmamaktadır.
- Jeotermal enerji kullanıldığında ısıtma için evlere, işyerlerine fuel-oil, mazot, kömür, odun atıklarının taşınma durumlarını tamamen bertaraf edeceği için şehir içerisindeki trafiğin yükünü de azaltacaktır (Türkiye Jeotermal Derneği, t.y.).

Bahsedilen konulardan da anlaşılacağı gibi enerji, toplumların hemen her yerde karşılarına çıkan ve dışarıya bağımlı kalınması istenmeyen bir ihtiyaçtır. Aynı zamanda enerji ilgili ülkenin sosyal ve ekonomik olarak gelişmesinin önemli bir göstergesidir. Gelişme ve kalkınmaya bağlı olarak ülkemizde her geçen gün artan enerji kullanımı, yerli kaynaklardaki eksikliklerden dolayı yurt dışından ithal edilmektedir. Birbirlerini zincirleme etkileyen tüketim ve talep artışları akabinde, toplam enerji kapsamında %72 dışa bağımlılığımızın ekonomiye getirmiş olduğu yükün her geçen sene daha çok kendini hissettirmesi, ülkemiz ekonomisinin en başta gelen problemleri arasında enerjinin bulunduğunu somut olarak göstermektedir. Böylesi bir durumda ülkemiz; dışa bağımlı olmayan enerji kaynaklarını farklılaştırmak, iyileştirmek, üretimini artırmak zorundadır. Bu durumdan kaynaklı ülkemizin jeolojik zenginliği ve kendi öz varlığımız olan, termal kapasite büyüklüğü, yüksek verimlilik, düşük yatırım maliyeti, yenilenebilir, sürdürülebilir vb. özelliklere sahip jeotermal kaynaklardan enerji gereksiniminin giderilmesinde yararlanılması ciddi önem taşımaktadır. Bunun yanı sıra, olumsuz çevre etkilerinin önlenabilir ve çok düşük seviyelerde olması, başarılı uygulamalarıyla

jeotermal enerjiyi ülkemiz için önemli bir enerji kaynağı haline getirmektedir (Ürün ve Soyu, 2016, s.43).

Jeotermal enerji doğa dostu olarak da bilinir. Bu sayede hem ihtiyaçların giderilmesi hem de doğanın zarar görmemesi sağlanmaktadır. İnsanlar tükenmeyen bu enerji kaynağı ile doğaya zarar vermeden üretimini yaparak doğanın ve toplumun sağlıklı bir şekilde yaşamsal faaliyetlerini sürdürmesini sağlar. Jeotermal kaynağın doğa dostu olmasının yanında bu kaynak çevreye bir takım zararlar da vermektedir. Jeotermal kaynak kullanımında sosyal yarar kavramının tam olarak değerlendirilebilmesi için topluma sunulan faydaların yanında kurulum maliyetlerinin ve çevresel etkilerinin de tam olarak ele alınması gerekmektedir. Çünkü maliyetler ve çevresel kirlilikler tam olarak bilinirse bu zararların azaltılmasına ilişkin çalışmaların yapılmasına yönelik uygulamalar da topluma yarar sağlayacaktır.

3.3. Enerji Üretim Maliyetleri

Elektrik enerjisi üretimi amacıyla santrallerde makine-teçhizat, bina ve arazi için ilk yatırım maliyeti ve santral kurulumu sonrası işletme/bakım maliyetleri gibi masraflar yapılmaktadır. İşletme maliyetleri sabit ve değişken işletme maliyeti olarak ikiye ayrılmaktadır. Çalışanların maaşları ve primler, santralde yapılan genel ve idari harcamalar sabit işletme maliyeti sayılırken santralde kullanılan yakıtlar, tükenebilir malzeme ve kaynaklar değişken işletme maliyetleri sayılmaktadır (Kaya ve Koç, 2015, s.64).

Aşağıdaki tablo yenilenebilir ve fosil yakıtların 2014 yılı için enerji santrali kurulumu, işletilmesi ve işletilmesinden sonraki maliyetleri göstermektedir. Tabloya göre ilk yatırım maliyeti en fazla olan santral rüzgâr enerji santralidir. Bunu nükleer santral, jeotermal enerji santrali ve biyokütle santralleri izlemektedir. Doğalgaz yakıtlı termik santral, hidroelektrik santral ve kömür yakıtlı termik santralin ilk yatırım maliyetleri ise düşüktür. Ayrıca tabloya bakıldığında rüzgâr, biyokütle ve jeotermal santralin sabit işletme maliyeti adı altında toplanan işletme ve bakım maliyetlerinin yüksek olduğu, doğalgaz yakıtlı termik santral, hidroelektrik santral ve güneş enerji santralinin ise sabit işletme maliyetinin düşük olduğu görülmektedir. Enerji santralleri

içerisinde yakıt maliyeti en yüksek olan santraller ise kömürlü termik santraller ve doğalgazlı termik santrallerdir. Yakıt kullanımı gerektirmeyen rüzgâr, jeotermal, güneş ve hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji santrallerinin değişken işletme maliyetleri bulunmamaktadır. Bu santraller için personel giderleri, diğer işletme giderleri ve ilk yatırım giderleri maliyeti belirler.

Tablo 13
Santral Tiplerine Göre Enerji Üretim Maliyetleri (2014)

Santral Tipi	İlk Yatırım Maliyetleri(\$/kW)	Sabit İşletme Maliyetleri (\$/kW-yıl)	Değişken İşletme Maliyetleri (\$/MWh)
Rüzgâr Santrali	8443	113,55	-
Nükleer Santral	5530	93,28	2,14
Jeotermal Enerji Santrali	4362	100	-
Biyokütle Eneji Santrali	4114	105,63	5,26
Güneş Enerji Santrali	3873	24,69	-
Kömür Yakıtlı Termik Santral	3246	37,8	4,47
Hidroelektrik Santral	2936	14,13	-
Doğalgaz Yakıtlı Termik Santral	917	13,17	3,6

Kaynak: Kaya, K. ve E. Koç. (2015). Enerji Üretim Santralleri Maliyet Analizi. *Mühendis ve Makina*. 56.660, s.65

Jeotermal enerji uygulamalarında kuyu açma, yüzey araştırma ve santral kurulumu ile ilgili işlemlerden dolayı ilk yatırım ve sabit işletme maliyetleri fosil yakıtlı santrallere göre yüksektir. Fosil yakıtların özellikle doğalgaz yakıtlı termik santrallerin ilk yatırım maliyetlerinin düşük olması kıyaslamalarda jeotermal enerjiyi

pahalı kılmaktadır. Oysa doğalgaz ve kömür yakıtlı termik santrallerde bu maliyetlerin düşük olmasına rağmen kendi ihtiyacımızı karşılayacak yeterli doğalgaz rezervine sahip olmadığımızdan dolayı kurulan doğalgaz santralleri ülkemizi enerjide dışa bağımlı hale getirmiştir. Bu yüzden alternatif enerji kaynaklarının değerlendirilip enerjide dışa bağımlılığımızın azaltılması gerekmektedir. Bir başka deyişle fosil yakıtların rezervlerinin sınırlı olması ve çevreye ve sağlığa zarar vermesi ülkelerin alternatif enerji arayışına girmesini hızlandırmaktadır. Fosil yakıtlara alternatif olabilecek enerji kaynağı ise yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Fosil yakıt kullanımı sonucu oluşacak zararları ortadan kaldırmak için kurulan arıtma sistemleri, sağlık ve tedavi harcamaları gibi maliyetler ekonomik açıdan alternatif enerji kullanımının daha verimli olduğunu göstermektedir.

Rüzgâr enerjisi sistemlerinin 10 yıl bir geri dönüş süresi bulunmakta iken jeotermal enerjide bu süre 6 yıla, hidroelektrik santralde ise 4 yıla düşmektedir. Yenilenebilir projelerin ilk yatırım maliyetleri yüksek ve geri dönüş sürelerinin uzun olması nedeniyle fosil enerji yatırımlarına kıyasla daha kârlı olabilmesi için zamana ihtiyaç vardır. Bu geri dönüş süreleri sonunda santraller hem ilk yatırım ve değişken işletme maliyetlerini karşılamış hem de fosil yakıt kullanımının neden olduğu çevre kirliliği ve sağlık problemleri gibi olumsuz dışsallıkların önüne geçilmiş olur. Ayrıca ilk yatırım maliyetleri yüksek olan rüzgâr güllerinin ortalama ömrünün 25 yıl olduğu düşünüldüğünde enerji üretiminde ve tüketiminde yenilenebilir kaynak kullanımının daha verimli olduğu sonucuna ulaşılır. Ayrıca yenilebilir enerji kullanılmadığında çevreye ve sağlığa verilen zararlar fosil yakıt kullanan enerji şirketlerine ilave maliyet olarak yansıtılmalıdır. Şirketlerin daha fazla vergi ödemesi yada caydırıcı yöntem olarak yüksek cezaların verilmesi sağlanarak yenilenebilir enerjinin önü açılabilir (Kandır ve Yakar, 2017 s.100).

3.4. Jeotermal Enerji Tesislerinin Çevresel Etkileri

Çevreye doğrudan veya dolaylı bazı zararlar vermeden enerjiyi kullanabilmenin herhangi bir yöntemi bulunmamaktadır. Doğa dostu olarak ifade edilmesine rağmen jeotermal enerji kullanımının da çevreye bazı olumsuz etkileri vardır. Ancak bu

kullanım petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıt kullanımına kıyasla daha az çevre sorunlarına neden olmaktadır.

Jeotermal enerji doğru kullanım koşulları altında çevre ile uyumludur. Ancak kötü uygulamalar, jeotermal ile ilgili bu düşüncüyü yok etmektedir. Özellikle ülkemizde jeotermal araştırma ve üretim faaliyetleri esnasında ortaya çıkan bazı sorunlar çeşitli olumsuzlukların yaşanmasına neden olmuştur.

Jeotermal enerjinin yüzeye çıkarılması ve kullanımı ile ortaya çıkan atıkların yeterli önlem alınmadan doğaya boşaltılması çevresel kirlilik problemlerinin yaşanmasına yol açmaktadır. Yeterli önlem alınmadan doğaya salınan bu sular; akarsuları, gölleri, yeraltı sularını olumsuz olarak etkilerken bu alanlarda yaşayan canlıların sağlığını da tehlikeye sokmaktadır. Ayrıca jeotermal suda bulunan karbondioksit, hidrojen sülfür, amonyak ve civa gibi gaz salımlarının atmosferi kirlilmesi ve bu metallerin kullanıldıktan sonra arıtılmadan doğaya salınması başta toprağı etkilemekte olup topraktan çıkan ürünlerden beslenen insan, hayvan ve bitki sağlığına da zarar vermektedir. Bununla birlikte turistik tesislerin kullanılan jeotermal akışkanın doğaya salındığı yerlerin yakınında yapılması bölgeye şifa amacıyla gelen insanların sağlığını da tehlikeye sokmaktadır (Kervankıran, 2012,s.120).

Jeotermal kuyuların çevre üzerine diğer bir etkisi sondaj kuyularının açılması sırasında oluşan gürültü kirliliğidir. Ancak susturucu olarak adlandırılan aletlerle bu gürültü kirliliği önlenebilir.

Yeraltında büyük miktarda jeotermal akışkan çıkarılır ve yerine başka bir şey konulmazsa yüzeydeki arazide çökmelere neden olabilir ve deprem oluşumu olasılığını artırabilir. Ne kadar dikkatli olursa da çeşitli jeotermal sahalarda doğal olaylar sık sık oluşmaktadır. Fakat zarar verici sarsıntılar yok denecek kadar azdır. Bu nedenle kuyu ve üretim tesislerinin tarımsal üretim yapılan bölgelere ve halkın yaşam alanlarına uzakta kurulması önerilmektedir (Gündüz, 2018).

Jeotermal suların seralarda kullanıldıktan sonra yakınından geçen bir akarsu veya göllere verilmesi bu kaynakların da tarımsal sulama özelliklerinin yitirilmesine neden olmakta ve özellikle sularda yaşayan canlılar bu atıklardan olumsuz yönde

etkilenmektedir. Jeotermal suların yakınlardaki akarsu ve göllere verilmesi yerel ekolojiyi etkileyebilir (Erkul, 2012, s.132).

Jeotermal enerjinin sürdürülebilirliği, jeotermal rezervuarının beslenme -boşaltım dengesinin korunmasına bağlıdır. Bundan dolayı hem rezervuardaki suyun korunması hem de yüzeye çıkarılan suların çevreye zararlı etkilerinin azaltılması ve arazideki çökmelerin önlenmesi için, jeotermal sahalarda reenjeksiyon (jeotermal kaynakların çıkarıldığı noktanın altına soğumuş suyun yeniden enjekte edilmesi) sisteminin kurulması zorunludur. İzlemelerin doğru yapılabilmesi için bu kuyularının yakınlarına gözlem kuyularının da açılması gerekmektedir. Sıkı denetim sayesinde sorunların en aza indirilebilir. Kullanılan jeotermal sularda arıtma sistemlerinin uygulanması ise kısa vadede doğal ortamın korunması açısından önemlidir. Bu tür önlemler alınmazsa akarsu, göl ve yer altı sularına ağır metaller karışacak, toprak kirliliği ve doğal dengenin tehlikeye girmesi gibi problemler artacak ve oluşan çevre sorunları insan sağlığını tehdit etmeye devam edecektir (Kervankıran, 2012, s.124).

Jeotermal alandan işlenmiş sıcak su nehre boşaltılmadan önce dinlendirme havuzlarına alınmalı bor çökeltiye su arıtılmalı ve su nehir suyu sıcaklığına düşürüldükten sonra nehre verilmelidir. Jeotermal alandan çıkarılan ve kullanıldıktan sonra nehre bırakılan sıcak su nehirde ilk olarak oksijensizleşmeye ve bor kirliliğine neden olmakta ve bu da suda yaşayan canlıları tehdit etmekte ve ekolojik dengeyi bozmaktadır (Gündüz, 2018).

Jeotermal enerjinin fosil yakıtların yerine kullanılması atmosferde oluşan zararlı gaz salımlarının azalmasına neden olmaktadır. Fakat bununla birlikte jeotermal enerji kullanımı çevreye zararlı etkiler yapabilir. Jeotermal enerjinin çevreye verebileceği zararlara karşı jeotermal araştırma ve uygulamalarda gerekli olan jeolojik, jeofizik ve kimyasal veriler toplanmalı ve bunların değerlendirilmesi yapılarak çeşitli önlemler alınmalıdır. Bu sayede kaynağın çevreye dost olması sağlanmış olur. Pek çok doğal kaynaklara göre jeotermal kaynakların çevreye etkisi olumsuz değildir. Ancak eğer uygun ölçümler yapılmaz ve kontroller sağlanmazsa jeotermal enerji her ne kadar diğer enerji kaynakları gibi zararlı olmasa da çevreye negatif etkiler yapabilir. Sosyal yarar

açısından uygun ölçüm ve denetimin yapıldığı alanda jeotermal kaynaklar kullanılmalıdır.

3.5.Jeotermal Enerjinin Dünya'daki Kullanım Alanları

Jeotermal kelimesi Yunanca geo (earth) ve therme (heat) kelimesinden gelir. Jeotermal enerji, dünyanın derinliklerinden gelen enerjidir. Yeryüzünün erimiş iç kısmından ve yeraltı kayalarındaki radyoaktif materyallerin çürümesinden kaynaklanır. Isı kabuk plakalarının hareketleri, yer altı sularının derin sirkülasyonu ve erimiş magmanın sızmasına maruz bırakılarak yüzeyin yakınına getirilir. Bazı yerlerde ısı doğal buhar veya sıcak su akıntılarında yüzeye yükselir. Tarihte, jeotermal kaynaklar şifa ve fizik tedavi, pişirme, alan ısıtma ve banyo gibi birçok açıdan kullanılmıştır. Jeotermal kaynakların bilinen ilk insan kullanımından biri, 10.000 yıl önce Paleo-Kızılderelilerin yemek pişirmek için kaplıcalara yerleşmesiydi. İlk insanlar muhtemelen doğal havuzlarda meydana gelen jeotermal suyu, yemek pişirmek, banyo yapmak ve sıcak tutmak için kaplıcaları kullanmışlardır. Amerika kıtalarının bu jeotermal kaynakların etrafında, 10.000 yıldan uzun süredir savaş alanlarından sıyrılmak ve sığınmak için sit alanları kullandıklarına dair arkeolojik kanıtlarda vardır. Sözlü efsanelerin birçoğu bu yerleri ve diğer volkanik olguları tanımlamaktadır. Romalıların, Japonların, Türklerin, İzlandalıların, Orta Avrupalıların ve Yeni Zelanda Maori'lerinin banyo, yemek pişirme ve yerden ısıtma için jeotermal suyu kullandıklarından bahsedilmiştir. Roma imparatorluğundaki küvetler, Çin'in orta krallığı ve Osmanlı hamamları jeotermalin ilk kullanımları olarak karşımıza çıkmaktadır (Tiftikçigil ve Yesevi, 2015, s.85).

Prince Piero Ginori Conti, 1904 yılında İtalya'daki Larderello kuru buhar alanındaki ilk jeotermal enerji santralini kurmuştur. 1958'de küçük bir jeotermal enerji santrali Yeni Zelanda'da faaliyete geçmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki ilk jeotermal enerji santralleri, 1960'da Sonoma County, Geysers'de, 11 MW kapasiteli olarak kurulmuşlardır. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki en eski jeotermal bölge ısıtma projesi, Idaho'nun Boise şehrindeki Warm Springs Bulvarında olup, 1892'de hizmet vermeye başlamış ve 450 eve kadar alan ısıtması sağlamaya devam etmiştir. Fransa'nın merkezindeki Chaudes-Aigues'de, dünyanın ilk jeotermal bölge ısıtma sistemi 14.

yüzyılda faaliyete geçirilmiştir ve halen bu merkez güçlü bir şekilde sürdürülmektedir (Ali, 2019).

Jeotermal kaynakların kullanılması petrol, kömür, odun yakma veya nükleer reaksiyon yoluyla üretilen buhar veya sıcak su kullanımından çok farklı değildir. Ana farklılıklar, bazı jeotermal kaynakların kimyasal bileşiminden kaynaklanan korozyon veya pullaşma problemlerinde yatmaktadır. Bu da malzeme seçimini kritik hale getirmekte ve jeotermal kaynağın kısa bir iletim mesafesinde kullanılmasını gerektirmektedir (Mertoğlu, 2017).

3.5.1. Dünyadaki Jeotermal Kuşaklar

Jeotermal kaynaklar rezervuar sıcaklığına göre yüksek sıcaklıklı alanlar ve düşük sıcaklıklı alanlar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Yüksek sıcaklıklı alanlar 150°C den fazla bir sıcaklığa sahip olduklarından bu alanlar başlıca elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Düşük sıcaklıklı alanlar ise 150°C den düşük bir sıcaklığa sahip olduklarından bu alanlar merkezi ısıtma başta olmak üzere sera ve kaplıca ısıtması tarımsal kurutma, termal banyo, balıkçılık gibi alanlarda kullanılmaktadır (Sığırtmaç, 2017).

3.5.1.1 Dünyadaki Yüksek Sıcaklıklı Jeotermal Kuşaklar

Son yıllarda, jeotermal kaynaklardan enerji üretiminde ivme artmaya devam etmektedir. 2010 yılı itibariyle, 35 ülke jeotermal enerji kaynaklarından elektrik üretmektedir.

Dünyadaki Yüksek Sıcaklıklı Jeotermal Kuşaklar aşağıda aşağıdaki gibidir.

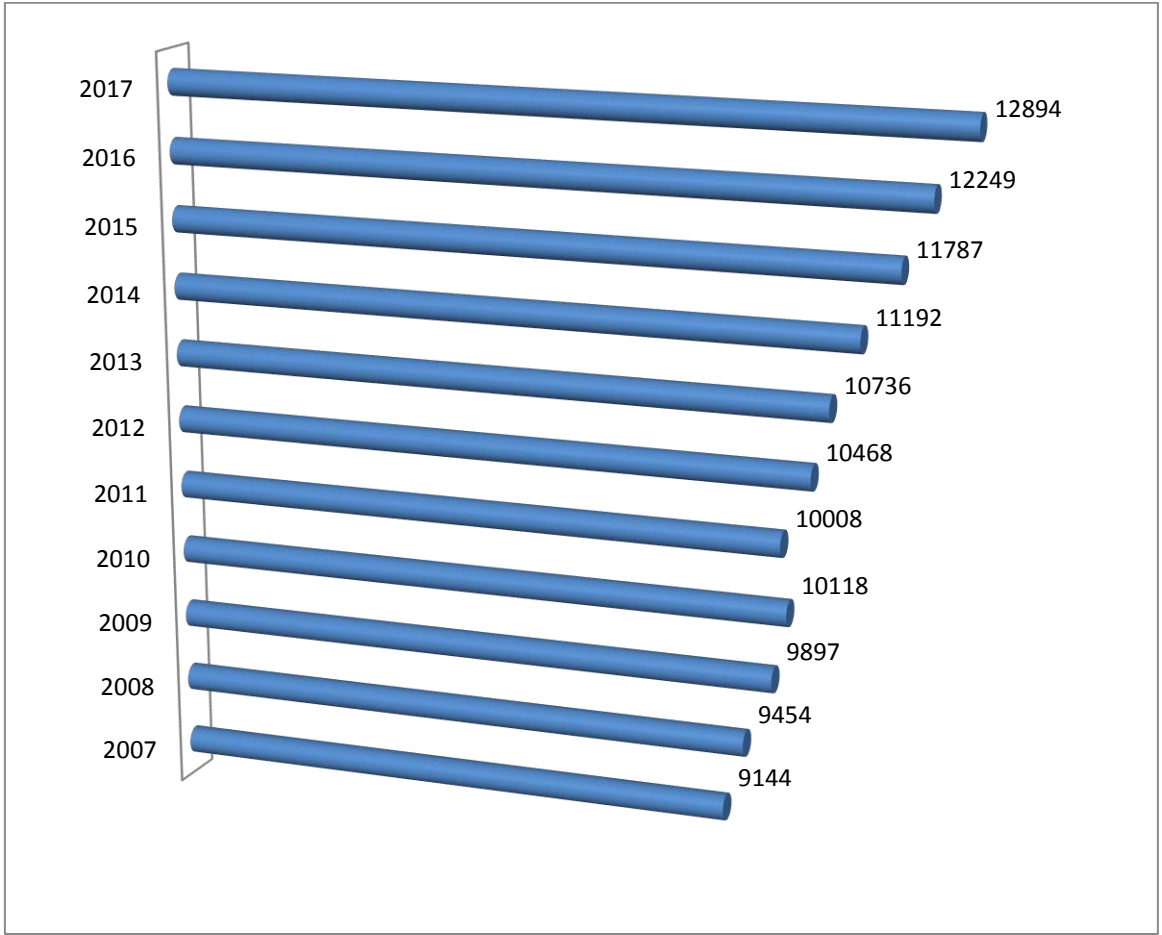
- Okyanus ortası ve riftzonları (İzlanda)
- Volkanik ada yayları ve yitim zonları (Japonya, Filipinler, Endonezya, Yeni Zelanda, A.B.D. El Salvador, Nikaragua, Şili vb.)
- Genç orojenik Kuşaklar (Alp kuşağı; Fas, Cezayir, İtalya, Yugoslavya, Yunanistan, Türkiye, İran, Hindistan, Çin)
- Sıcak Noktalar (Hawaii vb.) (Onurbaş, 2017, s. 4).

Dünyada;

- Filipinler’de toplam elektrik üretiminin %27’si,
- Kaliforniya Eyaleti’nde %7’si,
- Papua Yeni Gine’de 56 MWe kapasiteli jeotermal elektrik üretimi gerçekleşmekte olup,
- Altın Madenciliği İşletmesinin enerji ihtiyacının %75’i jeotermalden giderilmektedir.
- Aynı zamanda bir ada ülkesi olan İzlanda’da toplam ısı enerjisi (şehir ısıtma) gereksiniminin %86’sı jeotermalden karşılanmaktadır (Sığırtmaç, 2017).

3.5.2. Dünyada Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımı

Türkiye’de düzenlenen Dünya Jeotermal Kongresine (WGC 2005) sunulan 68 ülkenin güncel belgelerine dayanarak, dünya çapında jeotermal elektrik ve doğrudan kullanım kapasitesi üzerine aşağıdaki rakamlar rapor edilmektedir. WGC 2000 ve WGC 2005’ten elektrik, doğrudan kullanım ya da her ikisinden bazı kullanım bildiren 72 ülke mevcuttur. Jeotermal enerji kullanım kapasitesi aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi yıllar itibariyle sürekli artmaktadır. 2007 yılında 9144 MW olan jeotermal enerji 2017 yılına gelindiğinde ise yaklaşık %40 artmıştır.



Şekil 6: Küresel Jeotermal Enerji Kapasitesi

Kaynak: Statistia (2019). *Global Geothermal Energy Capacity From 2007 to 2017 (in megawatts)*, <https://www.statista.com/statistics/476281/global-capacity-of-geothermal-energy/> (14 Şubat 2019).

Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı noktasında dünya genelinde öne çıkan bazı ülkeler bulunmaktadır. İlk sırada ABD gelirken ikinci sırada Çin yer almaktadır. İzlanda, Japonya, Macaristan, Türkiye ve Yeni Zelanda jeotermal enerjide doğrudan kullanım noktasında yüksek rakamlara ulaşan diğer ülkelerdir (World Energy Council, 2017).

3.5.3. Dünyadaki Jeotermal Enerjiden Yaralanan Başlıca Ülkeler

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2019) tarafından sunulan verilere göre dünyada jeotermal enerji kurulu gücü 2018 yılı sonu verilerine göre 14,369 GWe

düzeyindedir. Dünyada jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarındaki ilk 5 ülke A.B.D, İsveç, Çin, İzlanda ve Türkiye şeklindedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk beş ülke; ABD, Filipinler, Endonezya, Türkiye ve Yeni Zelanda şeklindedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018).

Jeotermal enerji dünya üzerinde homojen bir şekilde dağılmamıştır. Amerika kıtası, Orta Amerika ülkeleri, Anadolu'da Ege Bölgesi ve Avrupa'da İtalya, jeotermal enerji santrallerinin en fazla bulunduğu coğrafyalardır. Ülkelere göre jeotermal enerji santrali kurulu güçlerinin gösterildiği aşağıdaki tabloda ABD açık ara farkla liderliğini korurken ABD'yi, Endonezya, Filipinler ve son dönemlerde birçok yeni jeotermal enerji santrallerinin devreye girdiği Türkiye takip etmektedir. Ayrıca tabloda ABD'nin jeotermal santral kurulu gücü ikinci sırada yer alan Endonezya'nın kurulu gücünün yaklaşık iki katı olduğu görülmektedir.

Tablo 14
Ülkelere Göre Jeotermal Enerji Santrallerinin Kurulu Gücü)

	ÜLKE	YIL	KURULU GÜÇ (MW)
1	Amerika Birleşik Devletleri	Aralık 2018	3.639
2	Endonezya	Aralık 2018	1.948
3	Filipinler	Aralık 2018	1.868
4	Türkiye	Ocak 2019	1.303
5	Yeni Zelanda	Aralık 2018	1.005
6	Meksika	Aralık 2018	951
7	İtalya	Aralık 2018	944
8	İzlanda	Aralık 2018	755
9	Kenya	Aralık 2018	676
10	Japonya	Aralık 2018	542
11	El Salvador	Mart 2016	205
12	Kosta Rika	Mart 2016	204
13	Nikaragua	Mart 2016	109
14	Rusya	Mart 2016	97
15	Papua Yeni Gine	Mart 2016	56
16	Guatemala	Mart 2016	42
17	Almanya	Aralık 2016	38
18	Portekiz	Mart 2016	29
19	Çin	Mart 2016	27
20	Şili	Temmuz 2017	24
21	Etiyopya	Mart 2016	8
22	Avusturya	Aralık 2016	1

Kaynak: Ülkelere Göre Jeotermal Enerji (t.y.) <https://www.enerjiatlası.com.tr>
(06.04.2019)

Çalışmada jeotermal kaynaktan yararlanan bazı ülkeler ele alınmıştır. Bunlardan ilki yukarıdaki grafikten de görüldüğü gibi kurulu gücü 3639 MW ile en önde yer alan ülke olan ABD'dir. Bu ülke kurulu gücünde ilk sırada yer almasıyla birlikte elektrik üretiminin ve doğrudan kullanımın en fazla yapıldığı ülkedir. Ele alınan diğer bir ülke ise yerden ısıtma için jeotermal enerjinin kullanımında öncülük eden ve enerjinin %66'sını bu kaynaklardan elde eden İzlanda'dır. Japonya ise jeotermal kaynağı doğrudan kullanımda önde gelen ülkedir. Çalışmanın ana konusu jeotermal kaynağın sosyal yararı ve Türkiye - İtalya karşılaştırması olduğundan İtalya ve Türkiye'nin jeotermal kaynak kullanımlarının tarihsel gelişimi ve sosyal yarar açısından jeotermal kaynağın kullanım alanları konuları ilerleyen bölümlerde ele alınmaktadır.

3.5.3.1 ABD

Kuzey Kaliforniya'daki Geysers jeotermal alanında yüzey jeotermal belirtileri, termal özelliklerde akarsu ve sıcak suyla yemeklerini pişiren Hintliler tarafından kullanılmıştır. Aynı zamanda tedaviler içinde kullandığı bilinmektedir. 1880'lerin ortalarında Avrupalı yerleşimciler bölgeyi keşfedip Hades'in Kapıları olarak adlandırdılar. Daha sonra The Geysers Hotel'in yapımı ile turistler için bu bölge geliştirildi. 1880'li yıllara gelindiğinde otel, bir dinlenme yeri ve spa olarak uluslararası bir üne kavuştu. 1920'lerin başına kadar kaynak, elektrik enerjisi üretimi için düşünülmekteydi. Büyük bir patlama ile sondajlama çalışması yapılmış ve 1921 yılında 1 No'lu kuyu açılmıştır. 1922 yılında açılmış olan ikinci kuyu, ancak 1922 yılında delindi ve kontrol edilmeden patlatıldı bu durumda pek çok sıkıntıyı beraberinde getirdi. Kayalar, yüksek ısıdaki buhar, çamur gibi pek çok sıkıntı yaşandı. Dünyanın ilk başarılı jeotermal kuyusu, Larderello'nun dışında elektrik enerjisi üretimi için delinmiştir. Buhar yaklaşık 60 metrede ikinci bir kuru buhar alanı bulunmuştur. 153 °C ve 4 bar basınçta 1923 yılında 97 m derinliğe kadar tamamlanmıştır (Tiftikçigil ve Yesevi, 2015, s.84).

John Grant, ilk santrali 1930'ların başında Geysers'de 1. ve 2. kuyucukların yakınında kurdu. General Electric'in iki pistonlu, buhar-motor tahrikli türbin jeneratörü içeren 35 kilovat bir elektrik santraliydi. Larderello'daki erken dolaylı buhar tesislerinden farklı olarak, çeşitli metal alaşımları, türbin bıçakları için en iyi bileşimi belirlemek için ısıtıldı. Enerjiyi yakınlardaki Healdsburg Şehrine satmak için bir

anlaşma imzalandı. Bununla birlikte, ABD'nin West Coast'ına isabet eden bir petrol glutası, bu yakıttan üretilen elektriği daha çekici hale getirdi. Sözleşme 1934'te iptal edildi ve iki orijinal jeneratörden en az birisi Geysers Resort'a taşındı. Burada oteller, evler, hamamlar ve zeminler için 1950'lerde elektrik üretildi. M.Ö. Magma Power Company'yi yaratan Mc Cabe, 1955'te ilk modern kuyu olan Magma 1'i açtı. Dan Mc Millan Jr, 1956'da Thermal Power Company'yi kurdu ve birlikte bu iki şirket önümüzdeki iki yıl içinde 427 metre derinliklerinde olmak üzere beş kuyu açmaya başladı. 1958'de Kuzey Kaliforniya'da büyük bir kamu hizmeti sunan Pacific Gas & Electric Company, Birleşik Devletlerde jeotermal elektrik enerjisi üretimi için yapılan ilk modern ticari anlaşma olan Magma-Thermal girişiminden buhar almak için bir sözleşme imzaladı. PG & E, Birim santrali inşa etti ve 1960'da faaliyete başladı. ABD'de jeotermal buhardan elektrik üreten ilk modern enerji santrali oldu (Gupta ve Roy, 2006, s.23).

1968 yılına gelindiğinde alanın kapasitesi 82 MW'a, kuyu alanları 600 metre derinliğe ulaştı. 1967 yılında California Union Oil Company, saha operatörü oldu. 1989 yılına kadar, 2,098 MW kurulu gücü ile 29 adet imalat yapılmıştır. Bugün, Calpine Corporation ve Kuzey Kaliforniya Güç Ajansı (NCPA), 22 üniteden 936 MW brüt kapasiteye sahip olan alanı işletmektedirler. Kapasitenin azaltılması, birçok ünitenin sökülmesi ve tedavülden kalkmasından ve rezervuardan çok fazla enerji çekilmesi nedeniyle buhar üretiminde bir azalmaya ve üretilen sıvının sadece % 20'sinin rezervuara geri enjekte edilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu azalma, Güneydoğu Gayzer atık geri dönüşüm sistemi (SEGEP) tarafından birkaç birimde tersine çevrilmiştir. Bu proje ve Santa Rosa şehrinden daha yeni olanı, geri dönüşümlü atık suyu reaktöre enerji üretimi için daha fazla buhar kazandırmak için enjekte edilmektedir. Toplam 820 litre / saniye, iki büyük boru hattı vasıtasıyla enjekte edilmektedir. Bugüne kadar SEGEP'in enjekte edilen suyu 77 MW geri kazandırdı ve Santa Rosa projesinden 100 MW'luk bir artış beklenmektedir (Çapar, 2009, s.20).

3.5.3.2 Japonya

Küçük jeotermal test tesisleri, güneydeki Kyushu adasındaki Beppu (1925) ve Otake (1926) jeotermal alanlarında yapılmıştır. Ancak bu denemeler başarılı değildi. İlk

ticari enerji santrali, 1966 yılında Kuzey Honshu'da Matsukawa'da çevrimiçi duruma getirildi. Bu 23 MW'lık yoğunlaştırma santrali bir kuru buhar kaynağı kullanıyor. Larderello ve Geysers gibi, bu kuru buharın bulunduğu dünyanın birkaç yerinden birisidir. Bu santral, bir sağlık spa tedarik etmek için bir sıcak su kaynağı keşfetmek umuduyla 1953 yılında yapılan sondaj sonucu kurulmuştur. Enerji santrali kurulmadan önce, jeotermal buhar ve kondense maruz kalma ile ilgili çeşitli materyaller üzerindeki korozyon etkilerini değerlendirmek için 450-kW atmosferik egzoz (geri basınç) türbininde 18 ay boyunca testler gerçekleştirilmiştir. Beş kuyu 4,4 barg'lık bir basınçta ve 153 ila 190°C arasında değişen sıcaklıklarda süper ısıtılmış buhar üretmektedir. Japonya'da tek olan doğal bir taslak kulesi doğrudan temaslı kondansatöre su sağlamaktadır (Okamoto vd., 2018, s.15).

3.5.3.3 İzlanda

İzlanda dünyanın en dinamik volkanik bölgelerinden birisidir. Geniş doğal güçler tarafından şekillendirilen, Orta-Atlantik Sırtını birbirine bağlayan, farklı tektonik plakaların aktivitesinin ısıyı ve magmayı yeryüzüne yakınlaştırdığı İzlanda, muazzam jeotermal kaynakları içinde barındırmaktadır. İzlanda, yerden ısıtma için jeotermal enerjinin kullanımında öncüdür. Son yıllarda jeotermal enerjiyle elektrik üretimi önemli derecede artmıştır.

20. yüzyıl boyunca İzlanda, enerjisi için turba ve ithal kömüre bağımlı olan Avrupa'nın en yoksul ülkelerinden biri iken, pratik olarak tüm durağan enerjinin yenilenebilir kaynaklardan üretildiği yüksek bir yaşam standardına sahip bir ülke konumuna erişmiştir. İlk jeotermal enerji santrali, 1969'da Kuzey İzlanda'daki Namafjall'da faaliyet göstermeye başlamıştır. Bu 3 MW yoğunlaşmayan tesis, inşaat süresini azaltmak için ikinci el olarak İngiltere'den satın alınmıştır. Enerji, Myvatn Gölü yanında bulunan diatomlu toprak kurutma tesisine verilir. Nem içeriği%80 olan bu toprak, döner tambur kurutucularında kurutulur ve bira üretiminde bir filtre olarak kullanılmak üzere Almanya'ya sevk edilir. Yoğunlaşma özelliği bulunmayan santralde verimlilik oldukça düşüktür ve yaklaşık %14 olarak tahmin edilmektedir (Dinçer ve Aslan, 2009, s.92).

İzlanda, tekil jeolojik konumu nedeniyle jeotermal enerji üretmek için gerekli olan özel şartlara sahiptir. Yüksek derecedeki volkanizmanın yanı sıra, jeotermal enerji kullanımı alanında İzlandalı uzmanların dünyaca ünlü uzmanlığı İzlanda'nın çevre dostu, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerjinin üretiminde dünya lideri olmasını sağlamaktadır. İzlanda'da jeotermal enerji, ısıtma ve elektrik üretimi için kullanılan çeşitli şekillerde kullanılmaktadır. Enerji oldukça ucuza gelmektedir. Böylece, kışın Reykjavik ve Akureyri'deki kaldırımlar ısıtılır ve Reykjavik ile Keflavik'teki Uluslararası Havaalanı arasındaki 40 km uzunluğundaki yolda, lambalardaki ışıklar bütün gece açık kalır. (Júlíusson ve Axelsson, 2018, s.249-257).

Jeotermal enerji santralleri Hengill'in kuzeydoğu kıyısında deniz seviyesinden 177 m yükseklikte bulunan Nesjavellir Santrali, 1,110 l / sn 82-85 °C sıcak suyu tedarik etmektedir. Su, yola sadece 2°C ısı kaybıyla 27 km uzunluğundaki bir boru hattından yol almaktadır (Cook ve Kristófersson, 2018, s.97). Bu, kombine bir ısı ve enerji santralidir ve Büyük Reykjavik Bölgesi'nin büyük bir bölümünde alan ısıtma ve sıcak su sağlar. Dünyanın en güçlü jeotermal kuyusudur. İzlanda'da, birkaç önemli jeotermal enerji santrali, ülkenin elektriğinin yaklaşık %30'unu üretmektedir. Buna ek olarak, jeotermal ısıtma, ülkedeki konutların yaklaşık %87'sinin ısıtma ve sıcak su gereksinimlerini karşılamaktadır. Aşağıda listelenen bazı tesisler ısıtma amacıyla hem elektrik hem de sıcak su üretmektedirler. Diğerleri ise sadece elektrik üretmektedir (Çapar, 2009, s.29).

Svartsengi Santrali, ülkenin güneybatısındaki Reykjanes yarımadasında Keflavik'teki Uluslararası Havaalanı yakınlarında yer almaktadır. 2012 yılı itibarıyla, 75 MWe elektrik üretmekte ve neredeyse kaynar suyun (90 °C) saniyede 475 litre üretmektedir. Su yakınlardaki BláaLóni'ün (Mavi Lagün) gölünü ısıtmak için de kullanılır. (Lund vd., 2018, s.108).

Krafla Santrali, İzlanda'nın kuzeydoğu köşesinde, Mivatn Gölü ve adını alan yanardağ Krafla'nın yakınında bulunmaktadır. Hellisheidi Santrali, Nesjavellir Jeotermal Santralinden 11 km uzaktaki Hengill'de bulunmaktadır. Tesis 303 MW elektrik ve 133 MW sıcak su kapasitesine sahiptir (Ruggero, 2017).

4. JEOTERMAL ENERJİDE TÜRKİYE İTALYA KARŞILAŞTIRMASI

Bu başlık altında Türkiye ve İtalya jeotermal enerji kaynaklarının kullanımları açısından karşılaştırılmaktadır. Bu bölümde tarihsel süreç, kullanım alanları, kullanım yoğunlukları ve maliyeti etkileyen unsurlar iki ülke açısından karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmektedir.

4.1 Uygulama Açısından

4.1.1 İtalya'daki Jeotermal Uygulamalar

Erken dönemde görülen endüstriyel uygulamalar, İtalya'nın Larderello bölgesinde buharın, havuzların ve maden yatakları gibi doğal tezahürlerin kimyasal ekstraksiyonunu içermektedir. 18. yüzyılın sonlarında borik asit, Avrupa'da önemli bir sanayi olarak kabul edilmiş olup 1800'lü yılların başında lagoni ya da lagonkopoğlu borat sularını buharlaştırmak için jeotermal ısı kullanarak yerel borat bileşiğinden ticari olarak çıkarılmıştır (Bartolozzi, Rizzi ve Frey, 2017, s.417). 1800'lü yılların başında bor konsantrasyonlarına erişmek için fümolatların ve doğal sıcak havuzların yakınında delikler açılarak ülkede araştırmacılar buharın mekanik enerjiye dönüştürülmesi ve türbin ev jeneratörlerle elektrik enerjisi üretimi konusunda önemli çalışmalar yapmış ve teknikler geliştirmişlerdir. Tuscany'de bulunan Larderello ilk jeotermal enerji tesisinin kurulduğu yer olmuştur. Buradaki boraks endüstrisi, jeotermal kaynakların çokluğu ve bilim adamlarının bu bölgede yoğun çalışmalar yapması ile beraber Larderello dünya genelinde jeotermal enerjinin modern kullanım alanlarının başlangıç noktası olmuştur (Pellizzzone, 2016, s. 1).

1827 yılında Francesco Larderel düşük basınçlı buhar kazanını jeotermal su ile kaynatarak ilk jeotermal enerji dönüşümünü gerçekleştirmiştir. Jeotermal kaynakla elde edilen ısı ile beraber hem bor zengini suyun içindeki bor madeninin elde edilmesi sağlanmış hem de pompaların ve diğer makinelerin çalıştırılması sağlanmıştır. Bu sayede bölgede odunların kullanılmasının önüne geçilmiş ve ormanların tahrip edilmesi engellenmiştir (Stober ve Butcher, 2013, s. 27).

19. yüzyılın başlarında, Larderello kimya endüstrisi Prince Piero Ginori Conti'nin yönetiminde kalmıştır. Prince Piero Ginori Conti 10 kilowat dinamo ile birleştirilmiş pistonlu bir motor kullanarak elektrik üretiminde jeotermal buharın bir enerji kaynağı olarak kullanılmasını denemiştir. Motor, Larderello yakınlarındaki bir kuyudan ıslak buharla beslenen küçük bir ısı eşanjöründe üretilen saf buharla çalıştırılmıştır (Bartolozzi, Rizzi ve Frey, 2017, s.417).

1913 yılına gelindiğinde, İtalyan elektrikli demiryolu sistemi için güç sağlayan 250kW güç istasyonu inşa edilmiştir. Larderello 1 olarak adlandırılan ilk ticari enerji santrali, Tosi Elektromekanik Şirketi tarafından üç atmosfere kadar iyi akışkan basınçlarla çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Türbin, iki kuyudan 200 ila 2500 °C'de jeotermal akışkanlarla sağlanan bir ısı eşanjöründen elde edilen saf buhar ile tahrik edilmiştir. Bu santralden gelen enerji ile Larderello'nun tüm kimyasal üretim tesislerine, ana yapılarına ve bölgenin köylerine hizmet verilerek sosyal yarara katkı sağlanmıştır. 1923 yılına gelindiğinde, dolaylı çevrim kullanan iki adet 3,5 megavat turbo alternatör ünitesi kurulmuştur. Bu ünite zamanın kurulu olduğu hidroelektrik ve termik santrallere eşit seviyededir. 1923'te Serrazano'da, 23 kilovat kapasiteli kuyulardan veya doğrudan çevrimden üretilen doğal buharla doğrudan beslenen ilk pilot türbin kurulmuştur. Dolayısıyla 1930'da kurulu gücü 12.15 MW olan bu Boracifer bölgesinin kurulu gücü 12.15 MW, bunun için 7.25 MW dolaylı döngü ve 4.90 MW doğrudan döngü kullanılmıştır. Dolaylı döngü bitkileri popüler kalmıştır. Çünkü kuyulardan üretilen doğal buhar Lardarello, değerli kimyasal yan ürünlerin çıkarılması için daha değerli olmuştur (Liao, 2018).

1943 yılı sonunda Boracifer bölgesindeki toplam kurulu güç 132 MW idi ve bunlardan 107 MW dolaylı çevrim kullanıyordu. Diğerleri yorucu atmosfere sahip birimler ya da doğrudan çevrim idi. Ne yazık ki 1944'de Larderello bölgesi doğrudan II. Dünya Savaşı'nda yer aldı. Larderello enerji santralleri, merkezi İtalya'nın tüm demiryolu ağına elektrik sağladığı için stratejik önem taşıyordu. Larderello'dan uzak olmayan 1944 ilkbaharında çekilen ordu, o sırada İtalya'da iki savaşıran grubu birbirinden ayıran Gotik Çizgi'yi kurdu. Bölgedeki tüm jeotermal enerji santralleri ve kimyasal tesisler ağır bombalandı ve yok edildi. Hemen hemen tüm üretim kuyuları ana kapının

tabanına yerleştirilen yüklerle patlatıldı. 1925'ten beri teknik okul personelinin eğitmek için şirket okulunda kullanılan 23 kW direkt çevrim tesisi kurtuldu (Limberger vd., 2018, s.963).

Tuscany bölgesinde Larderello'nun haricinde Pisa, Siena ve Grosseto yerleşkelerinde de toplamda 843 MW kapasitesinde jeotermal enerji tesisleri kuruludur. Ayrıca gerçekleştirilen incelemelerde South Tyrrhenian Sea ve bazı diğer bölgelerde yer altı volkanik hareketlerinin sayesinde yeni kaynakların bulunduğu yönelik sonuçlar elde edilmektedir (Armani ve Paltrinieri, 2013, s. 2).

4.1.2 Türkiye'deki Jeotermal Uygulamalar

Türkiye açısından bakıldığında jeotermal enerji açısından oldukça avantajlı bir konuma sahip olduğu görülmektedir. Türkiye Alp-Himalaya kuşağında bulunmaktadır ve bu kuşak dünyanın en önemli jeotermal kuşaklarından birisidir. Türkiye'de tahmini 31500 MW'lık bir jeotermal potansiyel bulunmaktadır (Avcıoğlu, 2017, s. 7).

Bu durum, jeotermal kaynakların kullanımı noktasında Türkiye'nin İtalya'dan çok daha sonra faaliyete başlamasına rağmen elektrik üretimi haricindeki konularda İtalya'dan daha iyi durumda olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Tablo 15
Türkiye`de Jeotermal Kaynak Kullanımının Tarihsel Gelişimi

YIL	
1963	İzmir Balçova`da ilk sondaj kuyusu faaliyete geçti.
1968	Denizli`de elektrik üretimi amacıyla ilk sondaj çalışması yapıldı.
1982	Türkiye`de Germencik, Aydın jeotermal alanı keşfedildi.
1983	Türkiye`de kuyu içi eşanjörlü ilk jeotermal ısıtma sistemi Balçova, İzmir`de kuruldu.
1984	Türkiye`nin ilk ve Avrupa`nın İtalya`dan sonra ikinci jeotermal enerji santrali (20.4 MWe kapasiteli) Kızıldere, Denizli`de hizmete açıldı.
1987	Gönen, Balıkesir ve Kozaklı`da ısıtma amaçlı ilk jeotermal tesis işletmeye açıldı.
1996	Türkiye`de 15.000 konut ana kapasiteli Balçova, İzmir jeotermal merkezi ısıtma sistemi devreye girdi.
2001	Türkiye`nin jeotermal kurulu ısıtma gücü 493 MWt`e ulaştı.
2009	Türkiye`nin en büyük jeotermal santrali olan (47,4 MWe) Aydın-Germencik Jeotermal Enerji Santrali`nin devreye alımı gerçekleştirildi.

Kaynak: Arslan, S. (2013). *Jeotermal Enerji ve Balçova Bölgesel Isıtma İşletmesi*. İzmir: TMMOB 2. İzmir Kent Sempozyumu, 28-30 Kasım

Jeotermal enerjinin kullanım tarihi incelendiğinde Türkiye`nin özellikle 1980`li yıllarda ciddi bir gelişme kaydettiği anlaşılmaktadır. 1980`li yıllarda Türkiye sadece elektrik üretimi ile sınırlı kalmayıp, elektrik harici alanlarda da ciddi gelişmeler kaydetmiştir. İtalya ile kıyaslandığında Türkiye`nin 1980`li yıllara kadar İtalya`nın oldukça gerisinde kaldığı, bu tarihlerden itibaren ise ciddi bir yükseliş gösterdiği anlaşılmaktadır. İtalya ve Türkiye`nin jeotermal kaynakların kullanımı konusundaki kıyaslanması ilerleyen sayfalarda sayısal veriler dikkate alınarak detaylı bir biçimde incelenmektedir.

İtalya ve Türkiye`deki jeotermal enerjinin tarihsel gelişiminin yanında bu kaynağın hangi alanlarda kullanıldığına ilişkin konuları da ele almak, jeotermal kaynak kullanımını açıklayabilmek açısından önemlidir. İtalya`da jeotermal enerjinin

hamamlarda kullanımı Roma dönemine kadar uzanırken günümüzde Ferrara gibi alanlardaki ısıtma sistemleri ve ısı pompası gibi yöntemler tercih edilmiştir (Pellizzzone, 2014, s. 1). Türkiye’de ise jeotermal enerjinin kullanımı oldukça eskidir. Anadolu toplumlarında Hititler döneminde kaplıcalar kullanılmaktaydı. Toplumsal farkındalık açısından bakıldığında İtalya ve Türkiye arasında önemli bir farklılık bulunmaktadır. Türkiye’de toplum jeotermal enerjiye eski çağlardan beri önem vermektedir. Zira iç turizmde özellikle kaplıcalar her zaman hem ısınma hem de sağlık/turizm amacıyla kullanılmıştır (Akbulut, 2010, s. 37).

Sosyal yarar açısından bakıldığında bu durum Türkiye’de jeotermal enerjinin İtalya’ya kıyasla daha iyi durumda olduğu şeklinde yorumlanabilir. İtalya’da toplum jeotermal kaynak kullanımının önemini yeterli düzeyde kavrayamamış durumdadır. Zira jeotermal enerji konusunda Türk halkının farkındalığı yüksektir ve bu, aynı zamanda sağlık açısından olumlu sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır. Toplumun sağlık açısından iyi oluş düzeyinin yükselmesi jeotermal enerjinin Türkiye’deki yaşama olumlu katkı sunduğu şeklinde yorumlanabilir. Jeotermal enerjinin Türk toplumundaki öneminin yüksek olması turizm açısından da olumlu katkı sunmaktadır. Özellikle de otel ve benzeri işletmelerin kurulması ve kaplıca turizminin gelişmesine paralel olarak istihdam ve ticarete kaplıca alanlarında bir hareketlilik yaşanması ekonomik kazanımlar sunmaktadır.

Jeotermal enerji kullanımının önemli getirilerinden birisi de ormanların korunması olduğu dikkate alındığında ikinci bir önemli konu ortaya çıkmaktadır. Zira çevresel kazanımlar açısından Türkiye’de jeotermalden faydalanma noktasında çok geç kalınmıştır. Türkiye’de jeotermal kaynakların fazla olması, petrol ve kömür gibi fosil yakıtların kullanımının azaltılmasını sağlayabilecektir. İtalya’daki ilk jeotermal uygulamalarına benzer bir biçimde jeotermal kaynakların bulunduğu bölgelerde yapılacak olan uygun tesisler hanelerde olduğu kadar sanayi tesislerinde de fosil yakıtların kullanımını azaltabilecek ve enerji tasarrufu sağlayabilecektir. İtalya’daki Larderello örneğine benzer bir biçimde jeotermal kaynakların bulunduğu bölgelerde sanayi yatırımlarının jeotermal enerjiden faydalanılacak bir biçimde düzenlenmesi hem ekonomik hem de çevresel kazanımların elde edilmesini sağlayacaktır.

Jeotermal enerjinin kaplıca harici alanlarda kullanımı açısından değerlendirildiğinde İtalya'nın Türkiye'den çok daha önde hareket ettiği anlaşılmaktadır. Dünyanın ilk jeotermal enerji tesisi İtalya'da kurulmuştur. Jeotermal enerjinin dönüştürülmesi ile beraber jeotermal enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesinin de önünün açıldığı ifade edilebilir. Jeotermal enerjiden elektrik enerjisinin elde edilmesine yönelik ilk araştırmalar daha önce de bahsedildiği gibi İtalya'da 1904 yılında Larderello, Tuscany'de gerçekleştirilmiştir. 1913 yılına gelindiğinde bu bölgede bir 250 kWe jeotermal enerji üretim tesisi kurulmuştur (Kutscher, t.y. s. 1).

Yine Türkiye'nin aksine İtalya'da jeotermal enerjinin dönüştürülmesi ve kullanılması yöntemleri hızlı bir gelişme göstermiştir. Yukarıda bahsedilen enerji üretim tesisi 2015 yılına gelindiğinde 15 MW'lık bir üretim gücüne sahip olmuştur. 1931 yılında açılan derin çukurlar sayesinde sıcaklığı 200 °C'ye ulaşan kaynaklar sayesinde elektrik üretimi hızlanmıştır. Bu tarihlerde ısı dönüşüm sistemlerine duyulan gereksinim de azalmıştır (Stober ve Butcher, 2013, s. 21).

Türkiye jeotermal kaynakların kullanımı noktasında bir diğer atılımı 2000'li yıllarda göstermiştir. Sera ısıtması 2002 yılında 500 dönüm iken 2017 yılında 3931 dönüme çıkmış, %686 artış olmuştur. Konut Isıtması 2002 yılında 30.000 konuttan 2017 yılında 114.567 konut eşdeğerine çıkmış, %281 artış olmuştur. Elektrik üretiminde kurulu güç 2002 yılında 15 MW iken 2017 yılı Kasım ayı itibariyle kurulu güç 1052 Mwe' e çıkmış, %7000 artış olmuştur. Ülke görünür ısı kapasitesinde ise 2002 yılında 3000 Mwt den 2017 yılında 15.500 Mwt e çıkmış %416 artış sağlanmıştır (Maden Tetkik Arama Enstitüsü, 2018).

Bu rakamlar günümüzde Türkiye'yi jeotermal enerjinin kullanımı noktasında önemli bir seviyeye ulaştırmıştır. Bu rakamlar sosyal fayda açısından da Türkiye'de önemli kazanımların elde edildiğini göstermektedir. Sera ve konut ısıtma ihtiyaçlarının giderilmesinde fosil yakıtların yerine jeotermal kaynakların kullanımı ile beraber insanların daha fazla fayda sağladıkları bir gerçektir. Jeotermal enerji kaynaklarının kullanımı ile beraber hem sağlık hem de çevresel konularda toplumun daha çok fayda elde etmesi sağlanmıştır. Çalışmanın amacına uygun bir biçimde, bu aşamada Türkiye

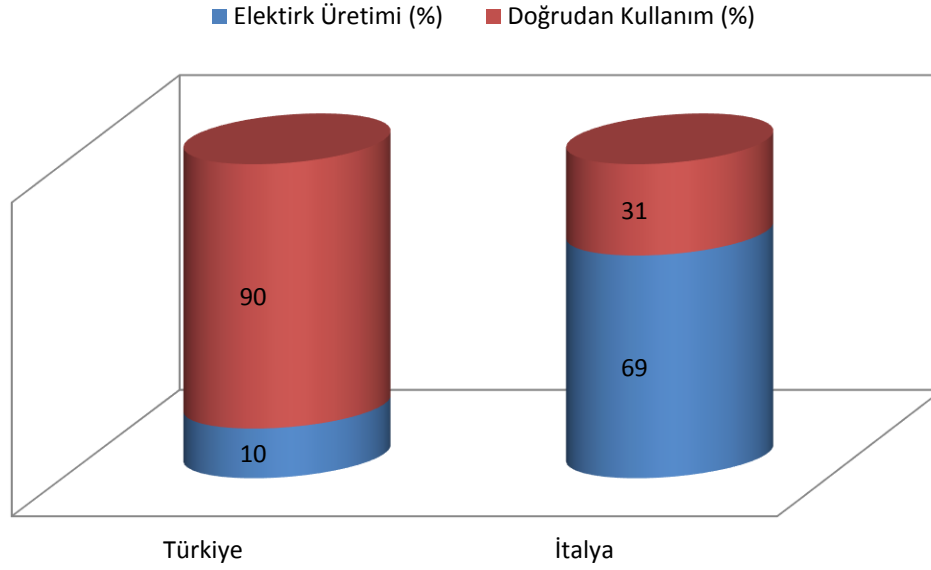
ve İtalya'nın jeotermal kaynakların kullanım düzeyleri ve kullanım alanları açısından karşılaştırılmaları faydalı olacaktır.

4.2 Kullanım Çeşitliliği Açısından

Türkiye'de özellikle son on yılda jeotermal enerji üretiminde ciddi bir artış meydana gelmiştir. Bunun başlıca nedenleri arasında yeni çıkarılan kanunlar, teşvik edici uygulamalar, vergi uygulamaları ve 2023 yılında ulaşılması hedeflenen 1 GW'lık jeotermal güç kapasitesi amacı bulunmaktadır. 2015 yılında 225 yeni jeotermal alan keşfedilmiş ve 10 yeni güç ünitesi tamamlanmıştır. On yeni güç ünitesi 159 MW düzeyinde bir katkı oluşturmuş ve toplam kurulu güç kapasitesi 624 MW'a yükseltilmiştir. 2015 yılında jeotermal kaynaklardan elektrik üretiminde de %50 düzeyinde bir artış gerçekleşmiş ve 3,37 TWh düzeyine ulaşılmıştır. 2014 yılında 16 tane jeotermal ısıtılmalı bölge bulunmaktaydı. Toplam ısıtılan hane sayısı 77.543 adet olmuştur. Diğer doğrudan kullanım alanlarında 2.886.3 MWt'lik bir kurulu kapasite oranına ulaşılmıştır. Elektrik üretimi yıllık 203 ktoe düzeyinde, doğrudan kullanım oranı yıllık 1.08 Mtoe düzeyinde, elektrik kapasitesi 624 MW düzeyinde ve doğrudan kullanım kapasitesi 2.89 GW düzeyindedir. İtalya'daki tesislerin neredeyse tamamı Tuscany bölgesinde yer almaktadır. İtalya'da kaynaklar ağırlıklı olarak elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Elektrik üretimi yıllık 509 ktoe düzeyinde, doğrudan kullanım oranı yıllık 207 ktoe düzeyinde, elektrik kapasitesi 824 MW düzeyinde ve doğrudan kullanım kapasitesi 1.01 GW düzeyindedir (Dünya Enerji Konseyi, 2019).

Türkiye'nin elektrik enerjisi üretimi haricindeki alanlarda jeotermal enerjiyi kullanması toplumun elektrik enerjisi haricinde ısıtma ve turizm gibi konularda jeotermal kaynaklardan daha fazla fayda elde ettiği anlaşılmaktadır. Aslında bu durum Türkiye'de toplum açısından bir kazanım olarak görülebilir. Zira sağlık, seracılık, ısıtma gibi alanlarda jeotermal enerjinin kullanılması hem bireylerin yaşam standartlarını olumlu yönde etkilemekte hem de istihdam ve çevre gibi alanlarda olumlu katkılar sunmaktadır. İtalya'da ise sosyal fayda açısından toplumun elektrik ihtiyacının karşılanması dışında jeotermal kaynakların kullanımı çeşitliliği söz konusu olduğunda Türk toplumu kadar kazanım elde ettiği söylenemez. Aşağıdaki şekil Türkiye'de ve İtalya'da Jeotermal üretim alanlarını karşılaştırmaktadır.

Jeotermalin Kullanım Çeşitliliği

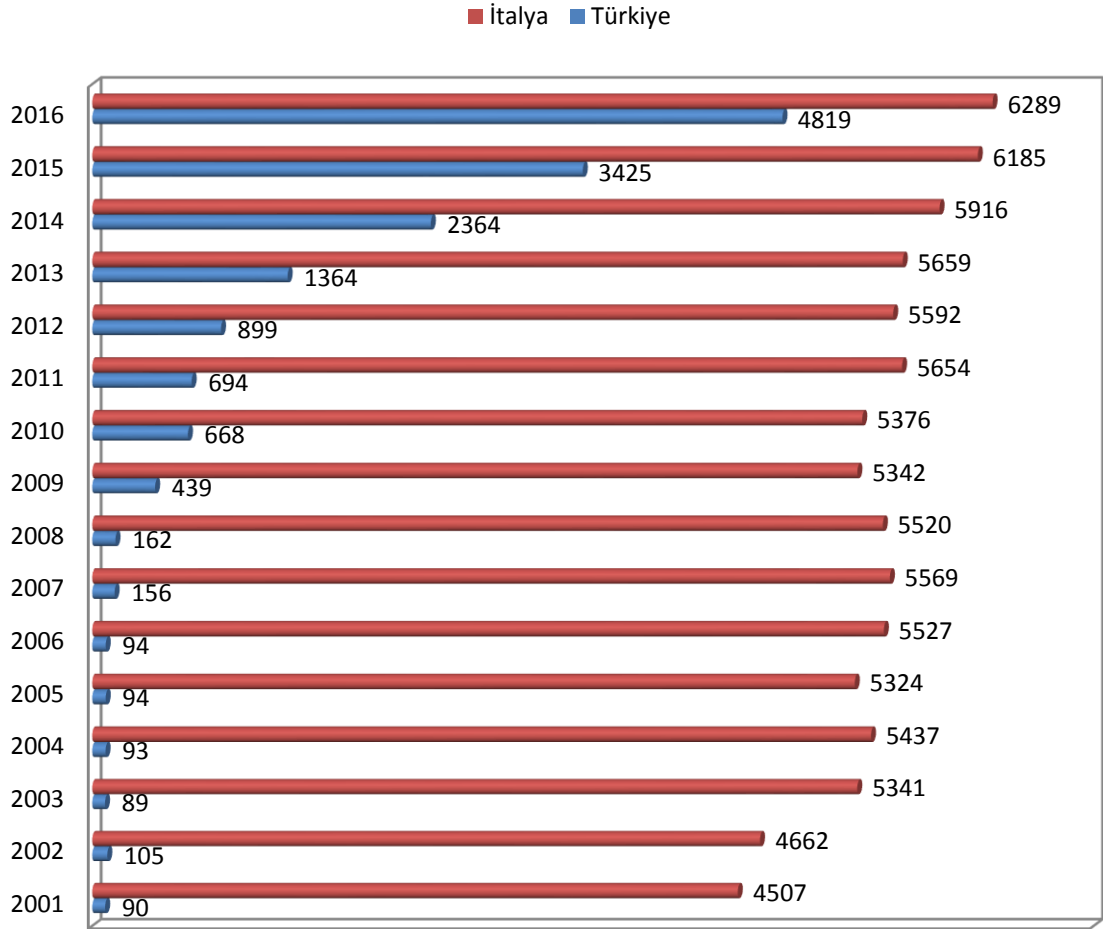


Şekil 7: Türkiye ve İtalya'da Jeotermal Kullanım Alanlarının Yoğunluğu (2018)

Kaynak: World Energy Council (2019). *Geothermal*. London: World Energy Council verilerinden faydalanılarak hazırlanmıştır.

Bu noktada Türkiye ve İtalya'nın farklı yaklaşımları benimsedikleri görülmektedir. Türkiye kullanım çeşitliliğine önem vermişken İtalya daha çok elektrik enerjisi üzerinde durmuştur. Son dönemlerde ise Türkiye jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi konusuna da önem vermeye başlamıştır. Aşağıdaki grafik İtalya ve Türkiye'yi jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi açısından karşılaştırmaktadır.

Jeotermalden Elektrik Üretimi

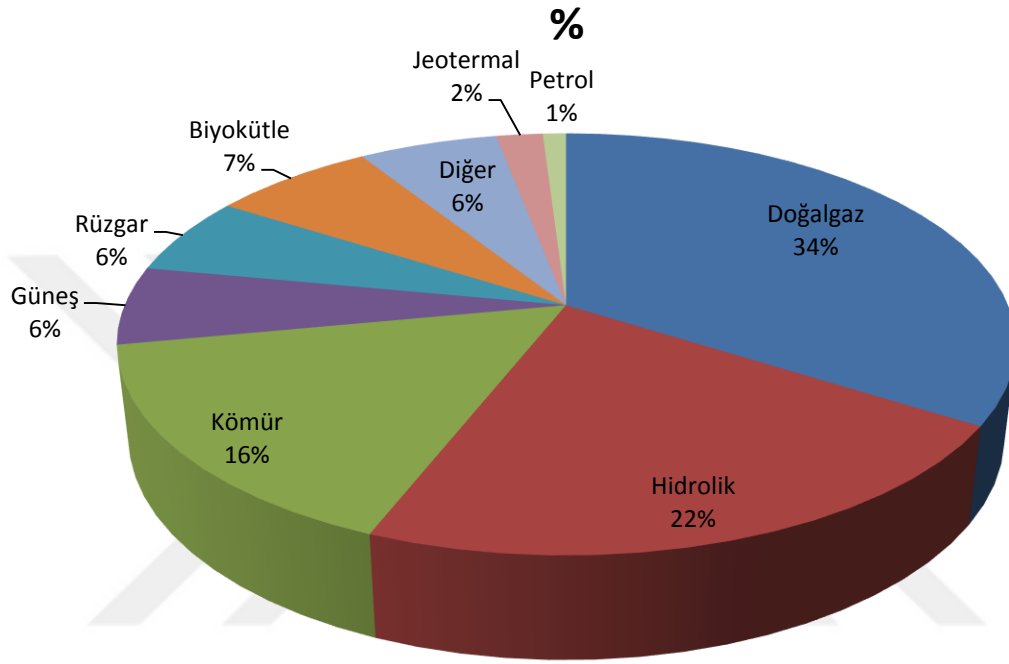


Şekil 8: Türkiye ve İtalya’da Jeotermal Kaynaklardan Elektrik Üretimi (Gigawatt/Saat)

Kaynak: World Energy Council (2017). *Geothermal*. London: World Energy Council verilerinden faydalanılarak hazırlanmıştır.

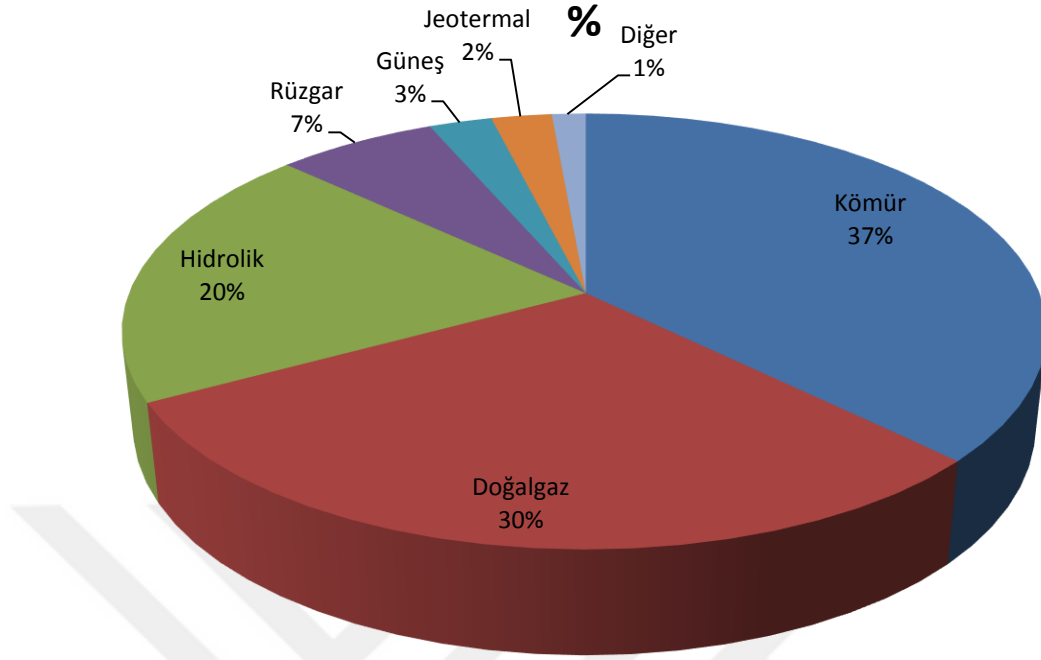
Yukarıdaki grafik Türkiye’nin jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi konusunda İtalya’nın çok gerisinde kaldığını göstermektedir. Buna rağmen özellikle 2006 yılından itibaren jeotermal kaynaklardan elektrik üretiminde bir artış yaşandığı, bu artışın 2009 yılından itibaren hızlandığı ve 2016 yılına gelindiğinde İtalya’nın elektrik üretim rakamlarına yaklaştığı görülmektedir. Ayrıca İtalya’da jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi noktasında hızlı artışlar yaşanmazken Türkiye’de hızlı artışların yaşandığı anlaşılmaktadır. Bu veriler, bir önceki grafikte görülen “Elektrik üretimi için kullanılan jeotermal kaynak” konusunda yapılan “Türkiye’nin elektrik üretimine İtalya’dan daha az önem verdiği” yorumunun ilerleyen dönemlerde geçersiz

olabileceğine yönelik işaret vermektedir. Elektrik üretiminde kullanılan kaynakların tümü incelendiğinde de Türkiye ile İtalya arasında farklılıkların bulunduğu görülmektedir. Aşağıdaki grafikler İtalya ve Türkiye’de elektrik üretiminde kullanılan kaynakların ağırlıklarını görselleştirmektedir.



Şekil 9: İtalya’da Elektrik Üretiminde Kullanılan Kaynakların Payı (2016)

Kaynak: CEIC (2018). *Italy Electricity Production*, <https://www.ceicdata.com/en/indicator/italy/electricity-production> (11.01.2019)



Şekil 10: Türkiye’de Elektrik Üretiminde Kullanılan Kaynakların Payı (2018)

Kaynak: TEİAŞ (2018) *Türkiye Elektrik Enerjisi 5 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu.2018-2022*. Ankara: Planlama ve Yatırım Yönetimi Daire Başkanlığı

Elektrik üretiminde jeotermal ve diğer kaynakların kullanım oranları incelendiğinde İtalya’da doğalgazın elektrik üretim kaynağı olarak ağırlıklı kullanıldığı anlaşılmaktadır. Türkiye’de ise ağırlıklı olarak kömür kullanılmaktadır. Hidrolik enerjinin elektrik üretimindeki payı İtalya’da %22 iken bu oran Türkiye’de %20 düzeyindedir. Rüzgâr enerjisinin elektrik üretimindeki payları İtalya’da %6 iken bu oran Türkiye’de %7 düzeyindedir. Jeotermal enerjinin kullanımı da iki ülke arasında aynı ağırlığa sahiptir. Diğer tarafta İtalya’da elektrik üretiminde %7 düzeyinde biokütle kullanılırken Türkiye’de elektrik üretiminde biokütle kullanımı söz konusu değildir. Biokütle kullanımının elektrik üretimi açısından incelenmesi faydalı olabilecektir.

Türkiye’de yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtların payı toplam enerji üretiminin yarıdan fazlasını kapsamaktadır. Jeotermal, güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir kaynakların elektrik üretimindeki payı ise düşüktür.

Şekilde Türkiye'nin elektrik üretiminde fosil yakıtlara bağımlı durumda olduğu görülmektedir. Oysa ısınmada ve sanayide kömür kullanımı hava kirliliğine neden olmakta, bu da hava kirliliğinden kaynaklı solunum yetmezliği, akciğer kanseri gibi hastalıkların artmasına ve erken ölümlerin yaşanmasına yol açmaktadır. Hava kirliliğinden kaynaklı görüntü kirliliği insanların ruhsal yapılarının bozulmasına neden olarak insanları mutsuz etmektedir. Enerji üretiminde kömürün kullanılmasının oluşturacağı olumsuz etkilerin giderilebilmesi ancak yenilenebilir kaynak kullanımıyla mümkün olmaktadır. Yenilenebilir kaynak kullanmamak demek fosil yakıt ve zararlı etkilerine maruz kalmak demek olduğundan sosyal bilincin geliştirilerek çevreye ve sağlığa olumsuz etkileri bulunmayan yenilenebilir kaynak kullanımının artırılması gerekmektedir.

Jeotermal kaynakların kullanımı noktasında İtalya'nın gerçekleştirdiği bir uygulamanın Türkiye tarafından da dikkate alınması faydalı olacaktır. 2015 yılında Cornia 2 tesisinde yenilenmeye gidildi ve biokütle yakıtlı kazan sistemi entegre edildi. Bu sayede buharın sıcaklığı 150 °C'den yaklaşık 380 °C'ye yükseltildi (Dünya Enerji Konseyi, 2019). Bu tür bir uygulamanın Türkiye'de de kullanılması jeotermal kaynaklardan elde edilen kazanımların niteliğinin daha iyi hale gelmesini kolaylaştırabilir.

İtalya'da jeotermal tesisler çoğunlukla Tuscany bölgesine odaklanmıştır. Türkiye'de ise farklı bölgelerde farklı kullanım alanları mevcuttur. Aslında bu durum İtalya'da jeotermal açısından bir kolaylık olarak görülebilir. Zira üretimin tek bölgede oluşması jeotermal işletmelerin daha kolay bir biçimde işletilmesini sağlayabilir. Örnek vermek gerekirse, konu ile ilgili yan sanayilerin ve paydaşların işleri kolaylaşacaktır. Diğer tarafta, bu tür bir yaklaşımın Türkiye'de benimsenmesinin doğru olacağını iddia etmek güçtür. Öncelikle Türkiye'de birçok farklı yerde jeotermal kaynaklar bulunmaktadır. Bunun haricinde, ısıtma ve turizm gibi alanlarda farklı yerlerde bulunan kaynakların kullanılması insanların jeotermal kaynaklara erişimini kolaylaştırabilir. Turizm için çok fazla yol kat etmek, sadece belirli bölgelerdeki seralarda ve konutlarda ısınma olanağına sahip olmak gibi durumlar daha az insanın sosyal hayatlarında

jeotermal enerjiden faydalanmasına neden olabilecektir. Bu açıdan değerlendirildiğinde İtalya'daki uygulamanın sosyal fayda açısından yeterli olduğu söylenemez.

Elektrik üretimi haricindeki doğrudan kullanım alanları incelendiğinde ortaya çıkan bir sorun, İtalya'da jeotermal enerjinin doğrudan kullanım alanları hakkında yeterli sayısal veri bulmanın zor olmasıdır. Dünya Enerji Konseyi, İtalya devlet istatistik kurumları, OECD ve benzeri kurumların veri tabanları incelendiğinde İtalya'da jeotermal enerjinin doğrudan kullanım alanları hakkında yeterli veriye ulaşılamamıştır.

Aşağıdaki tablo 2014 yılında İtalya'da jeotermal enerjinin doğrudan kullanım alanları hakkında sayısal veriler sunmaktadır.

Tablo 16
İtalya'da Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanım Alanları

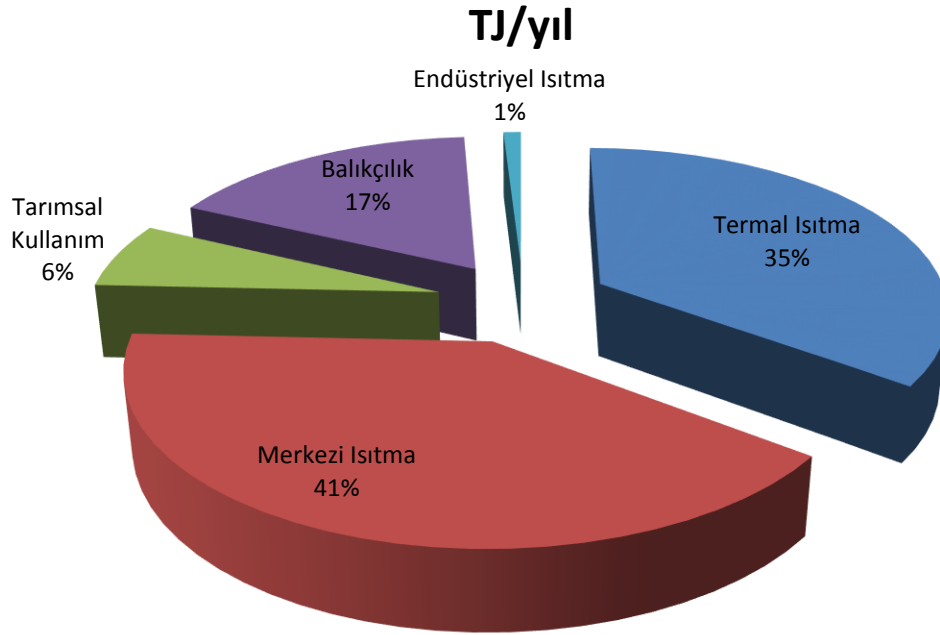
KULLANIM	KURULU KAPASİTE (MW)	YILLIK ENERJİ KULLANIMI (TJ/yıl=10 ¹² J/yıl)
Kişisel Alan Isıtma	78	606
Dış Alan Isıtma	79	683
Soğutma	-	-
Sera Isıtma	69	725
Balık Çiftliği	122	1927
Hayvan Çiftliği	-	-
Tarımsal Kurutma	-	-
Endüstri Isıtma	18	108
Kar Eritme	-	-
Banyo ve Yüzme	421	3,698

Kaynak: Conti, P., Grassi, W., Passaleva, G. ve Cataldi, R. (2015). *Geothermal Direct Uses in Italy: Country Update for WGC 2015*. Melbourne: Proceedings World Geothermal Congress 2015, s. 6.

Yukarıdaki tablo İtalya'da 2014 yılı itibariyle tarımsal kurutma alanında jeotermal enerjinin hiç kullanılmadığını göstermektedir. Jeotermal enerji elektrik

enerjisi haricinde genellikle balık çiftliklerinde ve yüzme/banyo ihtiyaçlarının giderilmesinde kullanılmaktadır.

Sektörler itibariyle İtalya'da jeotermal enerjinin elektrik hariç kullanım yoğunluğu aşağıdaki şekilde görselleştirilmiştir.



Şekil 11: Jeotermal Enerjinin Sektörler İtibariyle İtalya'da Kullanım Yoğunlukları (TJ/yıl) (Elektrik Üretimi Hariç)

Kaynak: Conti, P., Grassi, W., Passaleva, G. ve Cataldi, R. (2015). *Geothermal Direct Uses in Italy: Country Update for WGC 2015*. Melbourne: Proceedings World Geothermal Congress 2015, s. 6.

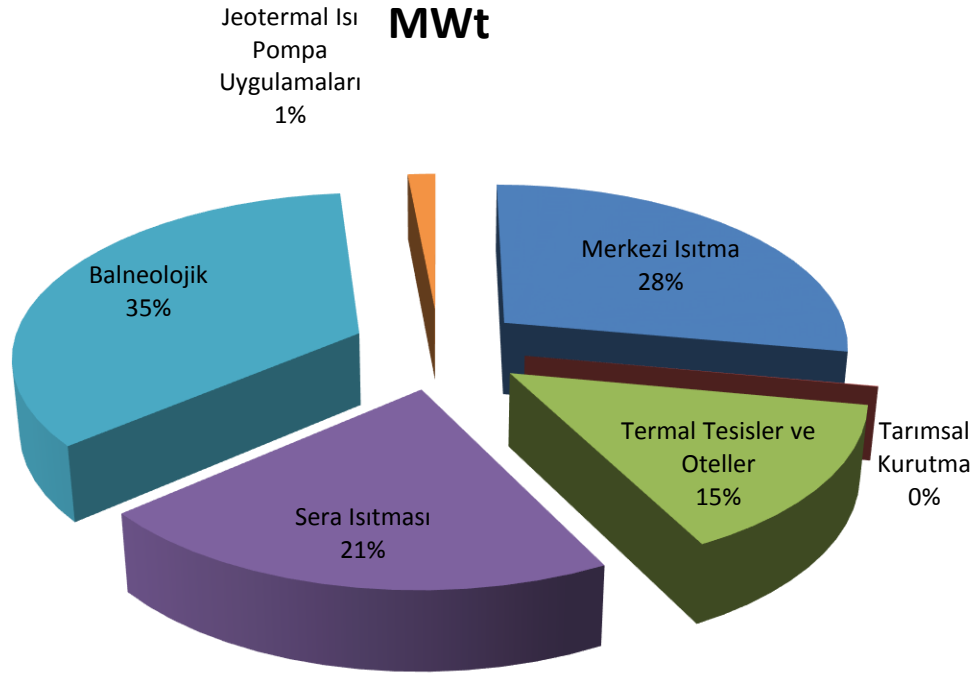
Yukarıdaki grafikte de görüleceği üzere tarım ve sanayide jeotermal enerji İtalya'da çok az düzeyde kullanılmaktadır. Ağırlıklı olarak ise kaplıca ve kapalı alanların ısıtılmasında jeotermal enerji kullanılmaktadır. Türkiye'de jeotermal enerjinin doğrudan kullanım alanları aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.

Tablo 17**Türkiye`de Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanım Alanları**

Merkezi Isıtma (Şehir, Konut)	115.000	Konut Eşdeğeri(1033 MWt)
Kaplıca Tesisleri, Termal Oteller, Devre Mülk Tesislerinin Isıtılması	46.000	Konut Eşdeğeri(420 MWt)
Sera Isıtması	4249	Dönüm (770 MWt)
Jeotermal Isı Pompası	42,8	MWt
Tarımsal kurutma	1,5	MWt
Toplam Jeotermal Isı Kullanımı	2267,3	MWt (252.000 konut eşdeğeri)
Kaplıca, termal tesis ve spa kullanımı	400	Adet (1005 MWt)(Yılda 18,5 Milyon Kişi)
Karbondioksit Üretimi	240.000	Ton/Yıl

Kaynak: Akkuş, İ. ve Alan, H. (2016). *Türkiye`nin Jeotermal Kaynakları, Projeksiyonlar, Sorunlar ve Öneriler Raporu*. Ankara: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, s. 34.

Doğrudan kullanım alanları itibariyle Türkiye`de jeotermal enerjinin elektrik hâriç kullanım yoğunluğu şekilde görselleştirilmiştir.



Şekil 12: Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanım Alanları İtibariyle Türkiye’de Kullanım Yoğunlukları (MWt) (Elektrik Üretimi Hariç)

Kaynak: Akkuş, İ. (2015). *Türkiye’de Jeotermal Kaynakların Güncel Durumu ve Yaşanan Sorunlar*. Ankara: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, s. 5.

Yukarıdaki grafik İtalya ile ilgili verilerle karşılaştırıldığında İtalya’nın jeotermal kaynakların kullanımında merkezi ısıtma alanına daha fazla önem verdiği anlaşılmaktadır. Merkezi kapalı alan ısıtması söz konusu olduğunda İtalya mevcut doğrudan jeotermal kullanımının %41’lik bir kısmını kullanırken Türkiye % 28’lik bir kısmını kullanmaktadır. Termal banyo açısından ise iki ülke de jeotermal kaynaklarının doğrudan kullanımı noktasında %35’lik bir kısmını kullanmaktadır.

Sera ısıtması söz konusu olduğunda Türkiye’de jeotermal enerjinin doğrudan kullanım payı noktasında %21’lik bir kullanım görülmektedir. Bu oran İtalya’da %6 gibi düşük bir paya sahiptir. Bu durum Türkiye’nin tarımda jeotermal kaynakların kullanımına daha fazla önem verdiğini göstermektedir.

Sera alanında Türkiye'nin mevcut jeotermal kaynaklarından daha fazla pay ayırmasına rağmen İtalya'da jeotermal enerji balıkçılık alanında %17 gibi önemli bir oranda kullanılmaktadır. Türkiye'de ise bu konuda veri bulunmamakta olup kültür balıkçılığında jeotermal kaynakların kullanılması faydalı olacaktır. Birçok balık çeşidi belirli sıcaklıklarda verimli bir biçimde üretilmektedir. Dahası Türkiye'de kültür balıkçılığının yapılabileceği jeotermal alanlar bulunmaktadır. Söz konusu jeotermal alanların İtalya'da olduğu gibi kullanılması ülkemizdeki balıkçılık açısından faydalı sonuçları ortaya çıkarabilecektir (Günerhan, 2009, s. 130).

Bu durumda Türkiye'de İtalya'da yapıldığı gibi kültür balıkçılığının desteklenmesi için projelerin oluşturulması gerekir. Devlet tarafından teşviklerin verilmesine ek olarak yatırımcılar bu konuda bilgilendirilebilir. İtalya'da uygulanan bu yöntem Türkiye'de insanların hayatlarına katkılar sunacaktır. Balık fiyatları, balık çeşitli, istihdam ve ihracat alanlarında sosyal fayda sağlanabilecektir. Bir taraftan ihracat rakamlarının artması, diğer taraftan istihdam olanaklarının elde edilmesi ekonomi üzerinde olumlu etkiler oluşturabilecektir. Jeotermal konusunda Türkiye'nin İtalya'dan öğrenebileceği en iyi konulardan birisinin jeotermal enerjinin balıkçılıkta kullanılması olduğu iddia edilebilir.

4.3 Maliyet Açısından

Bu bölüme başlamadan önce belirtmek gerekiyor ki jeotermal kaynaklardan faydalanmak amacıyla kurulan tesislerin ülkeler bazında maliyet açısından karşılaştırılması imkânsıza yakın derecede zordur. Zira jeotermal tesislerin kurulması ve işletilmesi sürecinde ortaya çıkan masraflar ve boyutları farklı değişkenlerden etkilenmektedir. Bu başlık altında iki ülke söz konusu değişkenlerin bazıları açısından karşılaştırılacaktır. Jeotermal tesislerin kurulması ve işletilmesi sürecinde maliyetleri etkileyen unsurlar şu şekilde listelenebilir:

- Tesisin büyüklüğü,
- Enerji üretim tesis teknolojisi,
- Kaynak bilgisi,
- Kaynağın sıcaklığı,

- Jeotermal suyun kimyası,
- Kaynak derinliği ve geçirgenlik,
- Çevre politikaları,
- Vergi teşvikleri,
- Pazar,
- Finans kaynağı alternatifleri,
- Gecikme süreleri (Geothermal Energy Association, 2019).

Yukarıdaki değişkenler göz önünde bulundurulduğunda, herhangi bir ülke veya aynı ülke içerisindeki farklı jeotermal kaynakların kullanımında ortaya çıkan maliyetlerin birbirleri ile uyumlu olmayacakları anlaşılmaktadır. Diğer tarafta, incelenen bazı kaynaklarda ortalama bazı rakamlar verilmektedir. Öncelikle bahsedilmesi gereken konulardan birisi ilk yatırım maliyetleri ve üretim maliyetleri ve üretim maliyetleri arasındaki farktır. İlk yatırım maliyetleri jeotermal enerjide oldukça yüksektir. Kaynağın kendisini ispatından ve üretim sürecinin başlamasından sonra ise diğer enerji kaynakları ile kıyaslandığında oldukça az bir üretim maliyeti ortaya çıkmaktadır (Britannica, 2019).

İlgili kaynaklar incelendiğinde İtalya ve Türkiye’de gerçekleştirilmiş maliyet araştırması çalışmasına ve verilerine ulaşılamamıştır. Ortalama değerler incelendiğinde, Avrupa’da üretim maliyetleri şu şekilde özetlenebilir:

- Jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi açısından bakıldığında toplam üretim masrafları Avrupa genelinde ortalama kWh (e) için 5,7 Eurocent düzeyindedir.
- Jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi açısından bakıldığında toplam üretim masrafları Avrupa genelinde en fazla kWh (e) için 7,7 Eurocent düzeyindedir.
- Jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi açısından bakıldığında sermaye masrafları büyük işletmeler (1-5 MW_e) için 1500-2000 Euro/kWe düzeyindedir.
- Jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi açısından bakıldığında sermaye masrafları küçük işletmeler (400-500 kW_e) için 2000-3000 Euro/kWe düzeyindedir.

- Jeotermal kaynaklardan ısıtma amaçlı üretim açısından bakıldığında ilk yatırım maliyetleri 200-1000 Euro/kW(th) düzeyindedir.
- Jeotermal kaynaklardan ısıtma amaçlı üretim açısından bakıldığında bakım ve işletme maliyetleri % 2 ile % 4 düzeylerindedir.
- Jeotermal kaynaklardan ısıtma amaçlı üretim açısından bakıldığında enerji üretim maliyetleri 0,005-0,035 Euro/kW(th) düzeyindedir.
- Genel finansal parametreler açısından bakıldığında ilk yatırım maliyetleri 500-2000 Euro/kW(th) düzeyindedir.
- Genel finansal parametreler açısından bakıldığında bakım ve işletme maliyetleri 0,015-0,028 Euro/kW(th) düzeyindedir.
- Genel finansal parametreler açısından bakıldığında enerji üretim maliyetleri (ilk 15 yıl için yüzde 5 düzeyinde sermaye amortisman dahil) 0,032-0,052 Euro/kW(th) düzeyindedir (Karytsas, 2009, s. 20).

Bu aşamada maliyetler açısından İtalya'da gerçekleştirilen bazı uygulamalar Türkiye açısından değerlendirilecektir. İtalya'da uygulanan ve Türkiye'de de uygulanması durumunda maliyetleri azaltma olanağı sunabilecek uygulamalardan birisi Larderello'da bulunan uzaktan gözetleme sistemidir. Bu sistem bölgede bulunan tüm tesislerin bir merkezden gözetlenmesi amacıyla kurulmuştur. Toplamda 12 kişi çalışmaktadır ve tesisler 7-24 gözlem altında tutulmaktadır. Burada çalışan üretim tesislerinin tüm birimlerini tüm parametreler açısından takip etmekte ve gerekli analizler gerçekleştirmektedirler. İhtiyaç duyulduğunda bazı birimler merkezi bir biçimde kapatılmaktadır. Bu sayede hem tesislerin yönetim süreçleri daha kolay hale gelmekte hem de maliyetlerde önemli ölçüde düşüşler meydana gelmektedir (Bertani ve Romaglioni, 2017, s. 6).

Türkiye açısından bakıldığında bu sistemin faydalı olacağı ileri sürülebilir. Diğer tarafta, sistemin boyutunun daraltılması gerekmektedir. Önceki sayfalarda da belirtildiği üzere İtalya'da jeotermal tesisler belirli alanlarda yoğunlaşmaktadır. Türkiye'de ise ülkenin farklı yerlerinde jeotermal kaynaklar farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Çok fazla sayıda tesisin beraber denetlenmesinden ziyade daha küçük çaplı gözlem ve

kontrol merkezlerinin kurulması özellikle de maliyetlerin azalması açısından olumlu sonuçları ortaya çıkarabilecektir.

İtalya'da 2015 yılında çok taraflı kaynak (Multilateralwell) uygulamalarının ilk örneği gerçekleştirilmiştir. Başarılı bir biçimde iki adet sondaj gerçekleştirilmiştir. Bu teknoloji sayesinde tek bir kaynaktan birden fazla çıkış noktası oluşturulması sağlanmıştır (Bertani ve Romagnoli, 2017, s.8). Böyle bir uygulamanın gerçekleştirilmesi Türkiye'de de özellikle sondaj maliyetlerinin oldukça azalmasını sağlayabilir.

Maliyetlerin en aza indirilmesinin doğal sonucu yatırımcıların jeotermal kaynaklara yönelmesidir. Maliyetlerin düşürülmesi noktasında atılabilecek en önemli adımlardan birisi teşviklerdir. Hem İtalya'da hem Türkiye'de yenilenebilir enerjilerin desteklenmesi için bir takım teşvikler uygulanmaktadır. Günümüzde İtalya'da bulunan teşvikleri 145/2013 ve 91/2014 nolu kanunlar şekillendirmektedir. Söz konusu kanunlara göre teşvikler şu şekildedir:

- Elektrik alımında fiyat desteği,
- Tesisin üretim miktarına göre vergi desteği,
- 200 kW'den fazla üretim yapan tesislerde 24 yılı doldurduktan sonra tarife garantisi,
- 200 kW'den fazla üretim yapan tesislerde 20 yılı doldurduktan sonra tarife garantisi,
- Yeşil Sertifikası bulunan işletmelere özel destekler,
- 1 MW düzeyinde üretim yapan tesisler için özel teşvikler.

Bu teşviklerin yanında, İtalya'da söz konusu tesisler % 27,5 oranında kurumlar vergisi ve %3,9 ile %4,8 arasında değişen gelir vergisi ödemek durumundadır. Bunların yanında Robin Hood Vergisi ödeme zorunluluğu da bulunmaktadır.

Türkiye'de ise günümüzde geçerli olan teşvikleri 2012 tarihli Genel Yatırım Teşvik Rejimi şekillendirmektedir. Bu rejime göre söz konusu teşvikler şu şekilde özetlenebilir:

- Gerekli donanımların alımında ve ithalatında KDV muafiyeti,
- Gerekli donanımların ithalatında Gümrük Vergisi muafiyeti,
- Sürşarj muafiyetleri,
- Elektriğin aktarımı maliyetlerine katkı noktasında işletmenin kuruluşundan itibaren 5 yıl boyunca yüzde 50 vergi indirimi,
- İşletmenin kuruluş aşamasındaki değerli kâğıt ve benzeri masrafların vergiden muaf tutulması,
- Jeotermal enerji için 10 yıllık devlet satın alım garantisi,
- 10 yıl boyunca enerji nakil hatlarının kullanılması maliyetlerinin % 85`lik kısmını ödememe,
- Yenilenebilir enerjilerde kullanılan malzemelerin Türkiye`de üretilmiş olması durumunda fazladan destekler,
- 1 MWe ve daha düşük miktarlarda üretim yapan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında işletme lisansına gerek duyulmaması (KPMG, 2015).

Yukarıdaki teşvikler ve vergi indirimleri dikkate alındığında, İtalya`da teşviklerin daha çok üretim miktarlarına odaklandığı anlaşılmaktadır. Türkiye`de ise teşvikler daha geniş kapsamlı bir yapıya sahiptir. Zira malzeme temininden muafiyetlere, enerji nakil masraflarından satın alma garantilerine kadar birçok konuda teşvikler uygulanmaktadır. Aslında bu durum, Türkiye`nin son yıllarda başta elektrik üretimi olmak üzere jeotermal kaynakların kullanımı noktasında neden hızlı bir yükseliş gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Diğer tarafta, önceki sayfalarda da görüleceği üzere İtalya`da yıllık üretim miktarları belirli bir yoğunlukta devam etmekteydi. Türkiye`de ise yıllar itibariyle hızlı bir yükseliş söz konusudur. Teşvik sistemlerinin daha çeşitli olması bu durumun temel nedenlerinden birisi olarak gösterilebilir. Ek olarak, İtalya`da olduğu gibi belirli bir üretim miktarının üzerindeki işletmeler için fazladan teşviklerin sunulması özellikle çok uluslu şirketlerin Türkiye`de jeotermal enerjiye büyük çapta yatırımlar yapmaları açısından faydalı olabilecektir.

5. SONUÇ

Günümüzde elektrik, akaryakıt, doğalgaz ve benzeri enerji kaynakları hayatın her alanında kullanılmaktadır. Gerek ısınma gerekse de elektrik enerjisi üretiminde kullanılan söz konusu enerji kaynaklarının en önemli özelliklerinden birisi tükenebilir kaynak olmalarıdır. Ülkemizde petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtların üretim miktarı, tüketim miktarını karşılayamadığından bu kaynaklar dışarıdan ithal edilmektedir. Oysa yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olan jeotermal enerjinin ısınma ve enerji üretimi gibi alanlarda kullanımıyla fosil enerji kullanımı azalacak ve enerji yönünden dışa bağımlılığın azalmasına katkı sağlanacaktır. Jeotermal enerjinin üretimi ve tüketimi sayesinde ülkemizin cari açığı azalarak bu durumun da ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etki yaratması mümkün olabilecektir.

Çevre gibi konular dikkate alındığında jeotermal, güneş ve rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla önem verilmesi gerekmektedir. Bu kaynakların kullanımı sayesinde bir taraftan fosil yakıtlara olan bağımlılık azalırken diğer taraftan fosil yakıtların ortaya çıkardığı maddi sorunlar ve çevre sorunlarının olumsuz etkilerinin azaltılması sağlanacaktır. Başka bir açıdan daha düşünülürse fosil yakıt tüketimi sera gazını artırarak küresel iklim değişikliğine yol açmaktadır. Enerji üretimi sürecinde fosil yakıtların yakılmasıyla çıkan karbondioksit çevre ve insan sağlığı açısından olumsuz etkilere yol açmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ile fosil yakıtların çevre üzerinde etkileri en aza indirmek amaçlanmaktadır. Yenilenebilir enerji, üretiminde ve tüketiminde insan sağlığı ve küresel çevre de dahil olmak üzere ekolojik sistemin sağlıklı işleyişi üzerinde en az olumsuz etkiye sahip olan enerjidir. Bu nedenle temiz ve sürdürülebilir bir geleceğe ulaşmak için dünyadaki enerji sisteminde bir reform yapılmalıdır. Sosyal perspektifler açısından da zararı bulunmayan ve tüketim gibi bir durumu olmayan bahsi geçen reformlar ancak devam eden yenilenebilir enerji politikasıyla gerçekleştirilebilir. Fosil yakıtın neden olacağı çevresel kirlilikler ve ekonomide oluşturacağı olumsuzluklar ancak jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesiyle ortadan kaldırılacak ve bu sayede topluma daha fazla sosyal fayda sunumu yapılmış olacaktır.

Çalışma sürecinde elde edilen veriler incelendiğinde ortaya çıkan en önemli sonuçlardan birisi Türkiye'nin son dönemlere kadar jeotermal kaynaklardan yeterince faydalanmadığıdır. Özellikle 2005 yılından itibaren Türkiye'de jeotermal kaynakların kullanımı noktasında önemli bir artış meydana gelmiştir. Bu artış trendi günümüzde de devam etmektedir. Bu durumun ortaya çıkmasının temel nedeninin ilgili yasalarda yapılan değişiklikler ve oluşturulan teşvik sistemleri olduğu ileri sürülebilir.

Bu durum Türkiye açısından önemli bir kazanım olarak değerlendirilmelidir. Zira jeotermal enerji kaynaklarının kullanımı ile beraber tükenmeyen bir enerji kaynağına sahip olmak mümkün olmaktadır. Oldukça temiz ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri düşük bir enerji türü kullanılmakta, dışa bağımlılık azalmakta ve öz varlıklardan enerji elde edilmesinin yolu açılmakta ve önemli bir ısıtma kaynağı edinilmektedir. Elde edilen tüm bu kazanımlar sosyal yarar açısından bakıldığında topluma önemli kazanımlar sunmaktadır. Başta ekonomiklik ve çevresel faktörler olmak üzere sağlık, turizm, istihdam, ucuz ısınma gibi kazanımlar toplumun yaşam standardına katkı sunmaktadır.

Dünya geneli ile kıyaslandığında Türkiye jeotermal kaynakların kullanımı noktasında oldukça iyi bir konumdadır. Fakat sahip olduğu potansiyel ve son yıllarda görülen gelişmeler dikkate alındığında ilerleyen yıllarda dünyada jeotermal enerjilerin kullanımı noktasında çok daha iyi noktalara gelebileceği görülmektedir. Jeotermal enerji kullanımında en önemli ülkelerden biri olan İtalya ile kıyaslandığında Türkiye'nin son yıllardaki gelişimi ile beraber daha iyi bir konuma yaklaştığı anlaşılmaktadır. İtalya'da ilk uygulamaların Türkiye'den yaklaşık yarım asır önceye dayanmasına rağmen günümüzde iki ülke ile ilgili sayısal veriler incelendiğinde Türkiye'nin oldukça hızlı bir yükseliş sergilediği anlaşılmaktadır. 2008 yılında Türkiye jeotermal kaynaklardan 439 Gigawatt/Saat elektrik üretirken İtalya 5,342 Gigawatt/Saat elektrik üretmiştir. 2016 yılına gelindiğinde ise İtalya 6,289 Gigawatt/Saat elektrik üretmişken Türkiye jeotermal kaynaklardan elde ettiği elektrik üretimini 4,819 Gigawatt/Saat'e yükseltmiştir. Dahası, İtalya bu alanda oldukça yavaş bir gelişim gösterirken Türkiye her geçen yıl çok daha fazla elektrik üretmektedir.

İki lke kıyaslandığında ortaya çıkan bir diğerk önemli sonuç, Türkiye'nin jeotermal enerji kullanım alanlarında daha fazla eşitliliğesahip olmasıdır. İtalya'da büyük çoğunlukla elektrik üretimi üzerinde durulmaktadır. Türkiye'de ise turizm, tarım ve benzeri alanlarda jeotermal enerji kullanımı yüksektir. Doğal olarak sosyal yarar açısından farklı alanlarda jeotermal enerjinin kullanımının topluma daha fazla kazanım sunduğudşnlebilir. İtalya'da ise jeotermal kaynaklar toplum açısından daha çok elektrik üretimi noktasında kazanım sunmaktadır.

Sahip olduğutarihsel birikimin bir sonucu olarak İtalya'da görülen bazı uygulamaların Türkiye'ye aktarılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Öncelikle, elde edilen veriler İtalya'da jeotermal kaynakların balıkçılık alanında kullanılmasına rağmen Türkiye'de böyle bir uygulama ya bulunmamakta ya da oldukça düşük seviyede bulunmaktadır.

Maliyet açısından iki ülke arasındaki en belirgin fark teşviklerde ortaya çıkmaktadır. İtalya ve Türkiye jeotermal kaynakların kullanımı noktasındaki teşvik sistemlerinde farklı yaklaşımlara sahiptirler. İtalya'da daha çok elektrik üretimi ve büyük firmalar üzerinde durulurken Türkiye'de elektrik üretimine ek olarak daha farklı alanlarda ve daha küçük çaplı yatırımlarda çeşitli teşvik destekleri oluşturulmuştur.

KAYNAKÇA

- Akan, S.D. ve M. H. Morcalı (2017). Kahramanmaraş Hava Kirliliği Kaynaklarının İzlenmesi ve Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20.2, 105-115.
- Akbulut, G. (2010). Türkiye`de Kaplıca Turizmi ve Sorunları. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9.1, 35-54.
- Akdoğan, A. (2011). *Kamu Maliyesi*. 14. Baskı. Ankara: Gazi Yayınevi.
- Akkuş İ. (2017). Neden Jeotermal Enerji?, *Mavi Gezegen*, 23, 123-145.
- Akkuş, İ. (2015). *Türkiye`de Jeotermal Kaynakların Güncel Durumu ve Yaşanan Sorunlar*. Ankara: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası.
- Akkuş, İ. ve H. Alan.(2016). *Türkiye`nin Jeotermal Kaynakları, Projeksiyonlar, Sorunlar ve Öneriler Raporu*. Ankara: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası.
- Ali, M. (2019). *Geysers Jeotermal Sahası, Bir Enjeksiyon Başarı Hikayesi*. [https://www.researchgate.net/publication.\(14 Şubat 2019\).](https://www.researchgate.net/publication.(14%20Şubat%202019).)
- Antics, M.,R. Bertani, ve B. Sanner. (2016). *Summary of EGC 2016 Country Update Reports on Geothermal Energy in Europe*, European Geothermal Congress.
- Armani, F. B. ve D.Paltrinieri. (2013). Perspectives of Offshore Geothermal Energy in Italy. *EPJ Web of Conferences*, 54, 1-11.
- Arslan, S. (2013). *Jeotermal Enerji ve Balçova Bölgesel Isıtma İşletmesi*. İzmir: TMMOB 2. İzmir Kent Sempozyumu, 28-30 Kasım.
- Avcıoğlu, A. O. (2017). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Teknolojileri Dersi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Azim, A. ve H. Çavşı. (2018). Türkiye`deki Jeotermal Enerji Santrallerinin Durumu, *Mühendis ve Makine*, 59, 45-58, s. 49.

- Balcı, P. ve Y. Evren. (2015). Biyokütle Enerjisi Karacabey'in Kırsal Kalkınması İçin Bir Potansiyel Olabilir mi?, *Planlama*, 25.3, 227-237.
- Bartolozzi, I.,F. Rizzi and M. Frey. (2017). Are District Heating Systems and Renewable Energy Sources Always an Environmental Win-win Solution? A Life Cycle Assessment Case Study in Tuscany, Italy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 408-420.
- Batırel, Ö.F. (2007). *Kamu Maliyesi ve Yönetimi*. İstanbul: İstanbul Ticaret Üniversitesi Yayınları
- Bayraç, N.H.ve E.Doğan (2016). Türkiye İklim Değişikliğinin Tarım Sektörü Üzerine Etkileri. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 11.1, 23-48.
- Baytorun, N. A., D. Önder ve Ö. Gügercin. (2016). Seraların Isıtılmasında Kullanılan Fosil ve Jeotermal Enerji Kaynaklarının Karşılaştırılması, *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(10): 832-839.
- Bertani, R. ve P. Romagloni. (2017). *2016 Italy Country Report*. Pisa: IEA Geothermal.
- Britannica (2019). *GeothermalEnergy*,<https://www.britannica.com/science/geothermal-energy> (13 Ocak 2019).
- Brundtland, H.G. (2017). Fosil Yakıt Teşviklerini Sonlandırmanın Sağlık Faydaları. *Gizli Maliyet*.1-18, [www.healthover fossilfuels.org](http://www.healthoverfossilfuels.org) (20 Nisan 2019).
- Bülbül, D. (2018). *Devlet Maliyesi*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Can, H. (2017). Yenilenebilir Enerjinin Makroekonomik Etkileri: Türkiye Örneği, *Yüksek Lisans Tezi*. Tekirdağ: Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- CEIC (2018). *Italy Electricity Production*, <https://www.ceicdata.com/en/indicator/italy/electricity-production> (11 Ocak 2019)

- Conti, P., W. Grassi., G.Passaleva ve R.Cataldi. (2015). *Geothermal Direct Uses in Italy: Country Update for WGC2015*. Melbourne: Proceedings World Geothermal Congress.
- Cook, D., B. Davíðsdóttir and D.M. Kristófersson. (2018). Willingness to Pay Forth Reservation of Geothermal Areas in Iceland–The Contingent Valuation Studies of Eldvörp and Hverahlíð. *Renewable Energy*, 116, 97-108.
- Çapar, N. (2009). Landsat Uydu Görüntüleri Kullanılarak Jeotermal Kaynakların Araştırılması: Ankara Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çavaş, M. (2017). *International Congress on Vocational and Technical Sciences*. Batumi: UMTEB-I
- Çoban, O. ve N. Ş. Kılınç. (2016). Enerji Kullanımının Çevresel Etkilerinin İncelenmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi*. 1.42, 589-606
- Dinçer, Z.M. ve Ö.Aslan. (2009). *Sürdürülebilir Kalkınma, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Hidrojen Enerji: Türkiye Değerlendirmesi*. Ankara: Gazi Yayınları.
- EBRD.(2016). *Determination of Soil Diffuse CO2 Degassing from Geothermal Reservoirs in Turkey*, İstanbul.
- Eker, A. (2005). *Kamu Maliyesi*. İzmir: Birleşik Matbaa Ltd.Şti.
- Eker, A. Ve D.Bülbül. (2016). *Kamu Maliyesi*. 2. Baskı. Ankara: Gazi Kitabevi.
- ETKB. (2017). *Doğalgaz Boru Hatları ve Projeleri*.<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz-Boru-Hatlari-ve-Projeleri> (10 Aralık 2017).
- ETKB.(2017). *Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü*, Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı.

- ETKB. (2018). *Jeotermal*. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal> (19 Şubat 2018).
- ETKB. (2018). *Petrol*, Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.
- ETKB.(2016). *Bilgi Merkezi – Enerji Jeotermal*. <http://web.archive.org/web/20160722123350/http://www.enerji.gov.tr:80/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal>(15 Kasım 2017).
- Erden, C. ve T. Koyuncu.(2014). Kalkınma ve Çevresel Sağlık Riskleri: Türkiye İçin Ekonometrik Bir Analiz. *Aksaray Üniversitesi İİBF Dergisi*. 6.2, 9-23.
- Erdoğan, M. (2006). Küresel Kolektif Varlıklar, Finansman Problemleri ve Düzeltici Vergileme Temelli Çözüm Yolları, *Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*. 21.1, 269-294.
- Erkul, H.(2012). Jeotermal Enerjinin Ekonomik Katkıları ve Çevresel Etkileri: Denizli-Kızıldere Jeotermal Örneği, *Yönetim Bilimleri Dergisi*. 10.19, 115-133
- GAP(2013). *Güneydoğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı*, Ankara: Güneydoğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı.
- GEO (2017). *Geothermal Education Office*. <http://geothermaleducation.org/>(14 Şubat 2018).
- Geothermal Energy Association. (2019). *Geothermal Energy Association*, <http://www.geo-energy.org/> (13 Ocak 2019).
- Geothermal Energy Association. (2019). *Geothermal: International Market Overview Report*. Washington, DC: Geothermal Energy Association.
- Gupta, H and S. Roy. (2006). *Geothermal Energy: An Alternative Resource for Th 21st Century*, Amsterdam, Hollanda: Elsevier.
- Gülmez, F. (2018). *Türkiye Enerji Sektöründe Jeotermal Enerjinin Payı ve İstihdam*. Ankara: WinG Çalıştayı.

- Gündüz, O.(2018). Jeotermal Enerji Tesislerinin Çevresel Etkileri. *İzmir Bölgesi Enerji Forumu*. İzmir
- Güner, D.E.ve E.S.Turan. (2017). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Küresel İklim Değişikliği Üzerine Etkileri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*. 3.1, 48-55.
- Hayaloğlu, P.(2018). İklim Değişikliğinin Tarım Sektörü ve Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*. 9.25-43.
- Haykır, Y. ve Ö. Demir. (2017). 6326 Sayılı Petrol Kanunu ve Demokrat Parti Dönemi Petrol Politikası, *SUTAD*, 41, 251-269.
- International Geothermal Association (t.y.). *Electricity Generation Philippines*. https://www.geothermalenergy.org/geothermal_energy/electricity_generation/philippines.html. (14 Şubat 2018).
- Jeotermal Enerji*. (t.y.). <http://www.afjet.com.tr/sayfa/jeotermal-hakkında/24>(19 Şubat 2018).
- Jeotermal Enerji*. (t.y.) .<http://cografyamiz.blogcu.com/jeotermal-enerji/3595565> (19 Şubat 2018).
- Júlíusson, E. and G. Axelsson. (2018). Stock Models for Geothermal Resources. *Geothermics*, 72, 249-257.
- Kalenderoğlu, M. (2010). *Kamu Maliyesi, Bütçe ve Borçlanma*. 9. Baskı. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Kandır, Y.S ve S.Yakar.(2017). Yenilenebilir Enerji Yatırımları İçin Yeni Bir Finansal Araç: Yeşil Tahviller, *Maliye Dergisi*, 172,s.85-110

- Karaca, C., A. Ulutaş ve M. Eşgünoğlu. (2017). Türkiye’de Optimal Yenilenebilir Enerji Kaynağının Copras Yöntemiyle Tespiti ve Yenilenebilir Enerji Yatırımlarının İstihdam Artırıcı Etkisi. *Maliye Dergisi*. 172. 111-132.
- Karalı, ř.(2017). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye ve Dünya Ekonomisine Katkısı. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi SBE.
- Kargı, V. ve C. Yüksel. (2010). Çevresel Dışsalılıklarda Kamu Ekonomisi Çözümleri. *Maliye Dergisi*. 159.2, 183-202
- Karytsas, C. (2009). *Low Temperature Geothermal Energy*. Atina: Centre for Renewable Energy Sources and Saving.
- Kaya, K.ve E. Koç.(2015). Enerji Üretim Santralleri Maliyet Analizi. *Mühendis ve Makine*. 56.660, s.61-68
- Kaya, O.T. (2018). Sürdürülebilirlik Kapsamında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Önemi. *Yüksek Lisans Tezi*. Aksaray: Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kayabaşı, R. (2018). Jeotermal Enerji Kaynaklı Atıl Isının Seralarda Kullanılması ve Sera Yetiştiriciliğine Etkisi, *MCBU Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi*, 27 (3), 24-38.
- Kervankıran, İ.(2012). Afyonkarahisar İlinde Jeotermal Enerji Kullanımı ve Sorunları. *Marmara Coğrafya Dergisi*.25,108-126.
- Kete, H., M. S. Aydın ve H. Kaya. (2017). Çevre Sorunları ile Mücadelede Maliye Politikaları. *Journal of Life Economics*. 4.2, 167-190.
- Kılıç, F. Ç.(2015). Güneş Enerjisi, Türkiye’deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri, *Engineer &The Machinery Magazine*, 56,28-40.
- Köse, İ.İ, İ.Genç ve B.Demiralp.(2015). Türkiye Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin İncelenmesi. *Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*. 1.1,10-19.

- KPMG. (2015). *Jeotermal*. <https://home.kpmg/tr/tr/home/industries/energy.html> (15Ocak 2019).
- Kutscher, F.C. (t.y.) *The Status and Future of Geothermal Electric Power*. Golden: National Renewable Energy Laboratory.
- Küçüker, H.(2017). Sürdürülebilir Çevre Açısından Bir Çevresel Maliyet unsuru olan Karbon Maliyetlerin İncelenmesi: Çanakçılar Seramik Fabrikası Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*. Bartın: Bartın Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Liao, Z. (2018). *TheFuture of Geothermal Energy in Qingzang Plateau. In Thermal Springs and Geothermal Energy in the Qinghai-Tibetan Plateau and the Surroundings*, Singapore: Springer.
- Limberger, J.,T.Boxem, , M.Pluymaekers, D.Bruhn, A.Manzella, P.Calcagno and J. D.Weese, (2018). Geothermal Energy in Deepaquifers: A Global Assessment of There Source Basefor Direct Heatutilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82,961-975.
- Lund, H., P. Sorknæs, B. V. Mathiesen and, K. Hansen (2018). BeyondSensitivityAnalysis:AmethodologytohandFuelandElectricityPricesWhe nDesigningEnergyScenarios. *Energy Research &Social Science*, 39, 108-116.
- Maden Tetkik Arama Enstitüsü (2017).*Maden Dış Ticareti*, <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/2016-maden-ithalat-degerleri>(14 Şubat 2019).
- Maden Tetkik Arama Enstitüsü (2017). *Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Arama Çalışmaları*,[http://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji](http://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari) *arastirmalari* (14 Şubat 2019).
- Maden Tetkik Arama Enstitüsü (2019). *Kömür Arama Araştırmaları*, <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/2016-maden-ithalat-degerleri> (14 Şubat 2019).

- Maden Tetkik Arama Enstitüsü, (2018). *Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Arama Çalışmaları (Kasım 2017)*. Ankara: Maden Teknik Arama Enstitüsü.
- Menteşe, S.(2017). Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Toprak, Su ve Hava Kirliliği: Teorik Bir İnceleme. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*. 10.53, 381-389.
- Mertoğlu, O. (2017). *Jeotermal Enerjinin Değerlendirilmesi, Yatırımlarının Teknolojisi ve Ekonomisi*, Ankara: Makine Mühendisleri Odası
- Metu, E.Y. (2016). *Türkiye’de Doğal Kaynaklar Bazlı CO2’nin Ticari Amaçlar İçin Kullanımının Değerlendirilmesi*. EBRD- Pluto Programı.
- Mutlu, A. (2002). *Çevre Ekonomisi Politikalar, Uygulamalar ve Türkiye*. İstanbul: Marmara Üniversitesi Maliye Araştırma ve Uygulama Merkezi.
- MTA (2013). *Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli*.www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/enerji/index.php?...jeotermal (20 Aralık 2017)
- Nadaroğlu, H. (2000). *Kamu Maliyesi Teorisi*. 11. Baskı. İstanbul: Beta Basım A.Ş.
- Okamoto, K., L.Yi, H. Asanuma, T.Okabe, Y.Abeand, M. Tsuzuki. (2018). Triggering Processes of Microseism İcevent Sas Sociated with Water İnjection in Okuaizu Geothermal Field, Japan. *Earth, Planetsand Space*,70.1, 15.
- Onat, N. (2018). Türkiye’de yenilenebilir kaynaklardan elektrik enerjisi üretimi: Mevcut durum ve gelecek beklentileri. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 1 (1), 8-15.
- Önder,S. ve R.Ö.Ocak. (2018). Sürdürülebilir Enerji Kaynaklarının Avantajları. *Uluslararası Yeşil Başkentler Kongresi*. Konya, 901-909.
- Özsoy, E.C. ve A.Dinç. (2016). Sürdürülebilir Kalkınma ve Ekolojik Ayak İzi. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar Dergisi*. 53.619, 35-55.

- Pala, K. (2017). Fosil Yakıt Teşviklerini Sonlandırmanın Sağlık Faydaları. *Gizli Maliyet*. 1-18. [www.healthover fossilfuels.org](http://www.healthoverfossilfuels.org).(20 Nisan 2019)
- Pellizzzone, A. (2014). *Public Engagement with Geothermal Energy: Two Italian Case Studies*,Milano: Universita Degli Studi Di Milano.
- Pellizzzone, A. (2016). *Brief History of Geothermal Energy*,http://www.eniscuola.net/wpcontent/uploads/2016/11/Pdf_BreveStoriaGeotermia_EN.pdf(11.12.2017)
- Ruggero, B. (2017). *Perspectives for Geothermal Energy in Europe*. World Scientific.
- Rybach, L. ve B.Sanner. (2017). *Geothermal Heat Pump Development: Trends and Achievements in Europe*. In *Perspectives for Geothermal Energy in Europe*, 215-253.
- Sağlık ve Çevre Birliği. (2017). *Fosil Yakıt Teşviklerini Sonlandırmanın Sağlık Faydaları*.[www.healthover fossilfuels.org](http://www.healthoverfossilfuels.org).(20 Nisan 2019)
- Sığırtmaç, E. (2017). *Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Durumu*, Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bitirme Çalışması,
- Stober, I. ve K. Butcher. (2013). *Geothermal Energy*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Şaban, M. ve H.Küçüker.(2017). Kurumsal Sürdürülebilirlik ile İlgili Raporlama Çerçeveleri ve Sürdürülebilir Raporlamada Muhasebelerin Rolü. *İşletme Bilimi Dergisi*. 1.3, 101-115
- Şanlı, D.İ. ve R.Armağan. (2017). Sürdürülebilir Kalkınma Perspektifinden Yenilenebilir Enerji: Kamu Politikalarının Gerekliliği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*. 8.19,93-109
- Taşkın, O. ve A. Varder. (2016). Tarımsal Üretimde Bazı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanımı. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*.30.1,179-184.

- TEİAŞ. (2018). *Türkiye Elektrik Enerjisi 5 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu.2018-2022*.Ankara: Planlama ve Yatırım Yönetimi Daire Başkanlığı
- TEİAŞ. (2019). *Kurulu Güç Raporu*. Ankara: YÜK Tevzi Daire Başkanlığı
- TEİAŞ. (2017). *2017 Yılı Faaliyet Raporu*.www.teias.gov.tr. (15 Mayıs 2019)
- Tiftikçigil, Y.B. ve Ç.G.Yesevi. (2015). *Türkiye'nin Enerji Görünümü Stratejiler ve İlişkiler*. İstanbul: Derin Yayınları.
- TMMOB Çevre Mühendisleri Odası.(2018). Dünya Çevre Günü Türkiye Raporu.Ankara
- TMMOB Çevre Mühendisleri Odası.(2017). Hava Kirliliği Raporu. Ankara.
- TPAO. (2019). *Doğalgaz, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı*,
www.tpao.gov.tr/tp5/?tp=m&id=82 (14 Şubat 2019)
- TPAO. (2018). *Türkiye Petrolleri*,www.tpao.gov.tr. (25 Nisan 2019).
- Turan, S.E, F. E. Erkurt ve B.Balcı.(2017). Yeşil Ekonomi Kavramının Çevrenin Korunması Açısından Değerlendirilmesi. *Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*. 1.3, 81-87.
- TÜİK. (2018). *TÜİK Haber Bülten*.www.tuik.gov.tr.(25 Nisan 2019)
- TÜPRAŞ. (2018).*Türkiye Petrolleri* .<https://www.tupras.com.tr/rafineriler> (15.04.2019)
- Türkiye Jeotermal Derneği (t.y.). Jeotermal Enerji Nedir?, [http://www.jeotermaldernegi.org.tr/sayfalar-Jeotermal-Enerji-Nedir-\(19 Şubat 2018\)](http://www.jeotermaldernegi.org.tr/sayfalar-Jeotermal-Enerji-Nedir-(19%20Şubat%202018)).
- Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (2016). *2015 Kömür (Linyit) Sektör Raporu*, Ankara: Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu.
- Türkiye Taşkömürü Kurumu (2018). *2017 Yılı Taş Kömürü Sektör Raporu*, Ankara: Türkiye Taşkömürü Kurumu.

- Ürün, E. ve E.Soyu. (2016). Türkiye'nin Enerji Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Üzerine Bir Değerlendirme. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 1.3, 31-45.
- World Energy Council (2016). *World Energy Sources Geothermal 2016*. London: World Energy Council.
- World Energy Council (2017). *Geothermal*. London: World Energy Council.
- World Energy Council (2019). *Geothermal*. London: World Energy Council.
- YEGM (2015) Türkiye'nin Hidroelektriklik Potansiyeli, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/h_turkiye_potansiyel.aspx (20 Aralık 2017).
- YEGM(2019)*Güneş Enerjisi ve Teknolojileri*, http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx(14 Şubat 2019).
- Yılmaz, M. (2019). Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4 (2), 33-54.