

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HİDROELEKTRİK POTANSİYELİN TÜRKİYE AÇISINDAN ÖNEMİ

YASİN AKARÇEŞME

2501110014

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. İSMET AKOVA

İSTANBUL – 2019



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MÜDÜRLÜĞÜ

YÜKSEK LİSANS
TEZ ONAYI



ÖĞRENCİNİN;

Adı ve Soyadı : Yasin AKARÇEŞME Numarası : 2501110014
Anabilim Dalı /
Anasanat Dalı / Programı : Coğrafya Danışmanı : Prof. Dr. İsmet AKOVA
Tez Savunma Tarihi : 07.01.2020 Saati : 14:00
Tez Başlığı : "Hidroelektrik Potansiyeli Türkiye Açısından Önemi"

TEZ SAVUNMA SINAVI, İÜ Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin 36. Maddesi uyarınca yapılmış,
sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin KABULÜ'NE OYBİRLİĞİ / OYÇOKLUĞUYLA karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- Prof. Dr. İsmet AKOVA		Kabul
2- Prof. Dr. Cemalettin ŞAHİN		Kabul
3- Doç. Dr. Mehmet BAYARTAN		Kabul

YEDEK JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- Doç. Dr. Ali BALCI		
2- Dr. Öğr. Üyesi Aylin YAMAN KOCADAĞLI		

Versiyon: 1.0.0.2-61559050-302.14.06

ÖZ

HİDROELEKTRİK POTANSİYELİN TÜRKİYE AÇISINDAN ÖNEMİ

YASİN AKARÇEŞME

Bu tezde, enerjinin insan hayatındaki önemi, elektrik enerjisi ve elektrik enerjisine hidroelektrik üretimin katkısı incelenmiştir. Tezin amacı, hidroelektrik potansiyelin değerlendirilmesi sonucunda elektrik üretiminde dışa bağımlılığın azaltılması ve hidroelektrik santrallerin fosil yakıtlara üstünlüklerini ortaya koymaktır. Kişi başına düşen elektrik tüketim değerlerinin sürekli olarak artış göstermesi enerjiye daha fazla ihtiyaç duyulmasının bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Fosil yakıtların çevreye karşı olumsuz etkilerinin yüksek oranlarda olması, ülkeleri alternatif enerji kaynaklarından yararlanmaya yönlendirmiştir. Alternatif enerji kaynakları içerisinde ülke elektrik üretimine en büyük katkıyı hidroelektrik santraller sağlamaktadır. Çalışma içerisinde, Türkiye hidroelektrik potansiyeli, akarsuların hidroelektrik potansiyel üzerindeki etkisi, Çoruh havzasının ve Deriner hidroelektrik santralının Türkiye hidroelektrik üretimine katkısı ve dereler üzerinde kurulacak küçük hidroelektrik santrallerin elektrik üretimine katılmasının gerekliliğinden bahsedilmiştir. Ayrıca hidroelektrik santrallerin, çevreye karşı olumlu ve olumsuz etkileri ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: HES, Baraj, Akarsu, Enerji, Deriner, Çoruh

ABSTRACT

IMPORTANCE OF HYDROELECTRIC POTENTIAL IN TERMS OF TURKEY

YASİN AKARÇEŞME

In this thesis, the importance of energy in human life, electrical energy and electrical energy and the contribution of hydroelectric production is investigated. The aim of the thesis is to determine the hydroelectric potential in dependence on electricity generation and it shows that power plants' superiority. Permanent increase in electricity consumption per capita has led to the need for more energy. The high rates of negative impact of fossil fuels on the environment has led countries to the alternative energy sources. Among the alternative energy sources, hydroelectric power plants contribute to countries' electricity production most. In the study, hydroelectric potential of Turkey, the effect of rivers on hydroelectric potential, the contribution of the Coruh basin and Deriner hydropower plant in Turkey to the production of electricity, and the need for small hydroelectric power plants to be installed on the rivers in electricity generation has been mentioned. In addition, the positive and negative effects of hydroelectric power plants against the environment has been put forward.

Keywords: HEPP, Dam, River, Energy, Deriner, Coruh

ZUSAMMENFASSUNG

DIE BEDEUTUNG DES WASSERKRAFTPOTENTIALS FÜR DIE TÜRKEI

Yasin AKARÇEŞME

In dieser Arbeit untersucht man die Bedeutung von Energie für das menschliche Leben, elektrische Energie und der Beitrag der Wasserkraftproduktion zur elektrischen Energie. Ziel der Arbeit ist es, die Abhängigkeit von ausländischen Quellen bei der Stromerzeugung durch die Bewertung des Wasserkraftpotenzials zu verringern und aufzuzeigen, dass die Wasserkraftwerke besser als die aus fossilen Brennstoffen erzeugte Strom sind. Der stetig steigende Stromverbrauch pro Person hat zu einem erhöhten Energiebedarf geführt. Die hohen negativen Auswirkungen fossiler Brennstoffe auf die Umwelt haben die Länder zu alternativen Energiequellen geführt. Wasserkraftwerke leisten unter den alternativen Energiequellen den größten Beitrag zur Stromerzeugung des Landes. In der Arbeit wird das Wasserkraftpotenzial der Türkei, die Auswirkungen auf das Wasserkraftpotenzial von Flüssen, Coruh und Deriner Wasserkraftwerke in der Türkei erwähnt, die Notwendigkeit der Kleinwasserkraftwerke, die sich an der Stromproduktion auf Wasserkrafterzeugung beteiligen, werden hergestellt. Darüber hinaus wurden die positiven und negativen Auswirkungen der Wasserkraftwerke auf die Umwelt aufgezeigt.

Schlüsselwörter: Wasserkraftwerke (WKW), Staudamm, Fluss, Energie, Deriner, Coruh.

ÖNSÖZ

Enerji, ülkelerin kalkınmasında ve refah seviyelerinin artmasında önemli rol oynamaktadır. Enerjinin yoğun olarak kullanılmaya başlanmasıyla birlikte enerjiye duyulan ihtiyaç artmıştır. Kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların sonlu olması 20.yy'ın son çeyreği ile birlikte insanoğlunu yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmiştir.

Bu çalışmada temiz, yüksek verimli, uzun ömürlü, yakıt gideri olmayan ve en önemlisi dışa bağımlı olmayan, alternatif bir enerji kaynağı olan hidroelektrik enerjinin Türkiye açısından önemi irdelenmeye çalışılmıştır.

Çalışmalarım süresince karşılaştığım problemlerin çözümünde yolumu aydınlatan, bilgisi, tecrübesi, ilgisi ve her daim güler yüzüyle yanımda olup çalışmalarımı titizlikle takip eden saygıdeğer danışmanım Prof. Dr. İsmet Akova'ya, tezin grafik, harita ve tablolarının düzenlenmesinde, yazım ve imla hatalarının düzeltilmesinde yardımlarını esirgemeyen değerli dostlarım Ahmet Bilsel, Emre Hardal, İsmail Tufan ve İshak Demir'e teşekkürü borç bilirim. Hayatımın her döneminde ilgi, sevgi ve sabırlarıyla yanımda olan aileme ve bu çalışmanın tüm sürecinde manevi desteğini eksik etmeyen çok kıymetli ve sevgili eşim Meltem Akarçeşme'ye en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yasin Akarçeşme

İstanbul, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	iii
ABSTRACT	iv
ZUSAMMENFASSUNG	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLO LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
HARİTA LİSTESİ.....	xiii
RESİMLER LİSTESİ.....	xiv
GRAFİK LİSTESİ	xv
KISALTMALAR	xvi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM ENERJİ KULLANIMI

1.1. Dünyanın Enerji Görünümü.....	4
1.2. Türkiye Enerji Görünümü	5
1.3. Türkiye Fosil Enerji Kaynakları.....	6
1.3.1. Petrol	6
1.3.2. Doğalgaz	8
1.3.3. Kömür	10
1.4. Ülkemizin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli.....	12
1.4.1. Jeotermal Enerji	13
1.4.2. Güneş Enerjisi	14
1.4.3. Rüzgâr Enerjisi.....	16
1.4.4. Biyokütle Enerjisi	16
1.5. Alternatif Kaynak Nükleer Enerji	18

İKİNCİ BÖLÜM

DÜNYA SU KAYNAKLARI VE SUYUN ENERJİ KAYNAĞI OLARAK ÖNEMİ

2.1. Dünya’da Su Kaynakları	20
2.2. Türkiye’de Su Kaynakları	21
2.2.1. Su Kaynaklarından Yararlanma	22
2.3. Akarsular	24

2.3.1.	Akarsuların Genel Özellikleri	24
2.3.1.1.	İklim	25
2.3.1.2.	Jeomorfolojik Özellikler	27
2.3.1.3.	Bitki Örtüsü	27
2.3.1.4.	Litolojik özellikler	27
2.3.1.5.	Yeraltı Suları, Kaynaklar ve Göller	28
2.3.2.	Akarsu Rejimi	28
2.3.3.	Türkiye Akarsu Havzaları	30
2.3.3.1.	Meriç-Ergene Havzası	35
2.3.3.2.	Marmara Havzası	36
2.3.3.3.	Susurluk Havzası	36
2.3.3.4.	Kuzey Ege Havzası	36
2.3.3.5.	Gediz Havzası	36
2.3.3.6.	Küçük Menderes Havzası	37
2.3.3.7.	Büyük Menderes Havzası	37
2.3.3.8.	Batı Akdeniz Havzası	38
2.3.3.9.	Antalya Havzası	38
2.3.3.10.	Seyhan Havzası	38
2.3.3.11.	Ceyhan Havzası	38
2.3.3.12.	Asi Havzası	38
2.3.3.13.	Fırat ve Dicle Havzaları	39
2.3.3.14.	Konya Kapalı Havzası	40
2.3.3.15.	Doğu Karadeniz Havzası	40
2.3.3.16.	Çoruh Havzası	40
2.3.3.17.	Yeşilırmak Havzası	40
2.3.3.18.	Kızılırmak Havzası	41
2.3.3.19.	Batı Karadeniz Havzası	41
2.3.3.20.	Sakarya Havzası	42
2.3.3.21.	Van Gölü Kapalı Havzası	42
2.3.3.22.	Aras Havzası	42
2.3.3.23.	Burdur Kapalı Havzası	43
2.3.3.24.	Akarçay Havzası	43
2.3.3.25.	Doğu Akdeniz Havzası	43
2.3.4.	Türkiye Akarsuları Dağılışı	43
2.3.5.	Akarsulardan Faydalanma	45
2.4.	Barajlar	46

2.4.1.	Barajların Çevresel Etkileri.....	47
2.4.1.1.	Biyolojik Çevre Üzerine Etkiler.....	48
2.4.1.2.	Sosyoekonomik Çevre ve Demografi Üzerine Etkileri.....	49
2.4.1.3.	Tarihi ve Kültürel Varlıklar Üzerine Etkiler	50
2.4.2.	Barajların Faydaları.....	50

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

HİDROELEKTRİK SANTRALLER

3.1.	Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması.....	52
3.1.1.	Hidroelektrik Santrallerim Kurulu Güç Potansiyeline Göre Sınıflandırılması	52
3.1.1.1.	Büyük Ölçekli Hidroelektrik Sistemleri.....	52
3.1.1.2.	Küçük Ölçekli Hidroelektrik Sistemler.....	53
3.1.1.2.1.	Küçük Ölçekli Hidroelektrik Sistemlerin Olumlu ve Olumsuz Yönleri	53
3.1.1.3.	Mini Ölçekli Hidroelektrik Sistemleri.....	55
3.1.1.4.	Mikro Ölçekli Hidroelektrik Sistemler	55
3.1.2.	Hidroelektrik Santrallerin Düşülerine Göre Sınıflandırılması.....	55
3.1.3.	Hidroelektrik Santrallerin Depolama Yapılarına Göre Sınıflandırılması.....	56
3.1.3.1.	Akarsu Tipi (Barajsız) Hidroelektrik Santraller.....	56
3.1.3.2.	Depolamalı Hidroelektrik Santraller	56
3.1.3.2.1.	Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santraller	57
3.1.4.	Ulusal Elektrik Sisteminin Yükünü Karşılama Durumuna Göre Sınıflandırılması	59
3.1.5.	Santral Binasının Konumuna Göre Sınıflandırılması.....	59
3.1.6.	Baraj Gövdesinin Tipine Göre Sınıflandırılması	59
3.1.6.1.	Toprak ve kaya dolgu barajları.....	59
3.1.6.2.	Beton (kâgir) barajları	59
3.1.6.2.1.	Ağırlık barajları.....	60
3.1.6.2.2.	Payandalı barajları.....	60
3.1.6.3.	Kemer barajları.....	60
3.2.	Hidroelektrik Santral Yapısı	60

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE’DE ELEKTRİK VE HİDROELEKTRİK ENERJİ

4.1.	Türkiye’ de Elektrik	66
4.1.1.	Elektrikteki Kurulu Gücün Tarihsel Gelişimi	66
4.1.2.	Türkiye Elektrik Üretim ve Tüketimi.....	71
4.1.3.	Elektrik İletim ve Dağıtım Sistemleri	77

4.1.3.1.	Türkiye Hidroelektrik Enerji Potansiyeli	83
4.2.	Sürdürülebilir Enerji Kaynağı Olarak Hidroelektrik.....	87
4.2.1.	Hidroelektrik Enerji'nin Ekonomi Boyutu.....	89
4.2.2.	Çevre ve Hidroelektrik Enerji İlişkisi	91
4.3.	Türkiye'de Hidroelektrik Santraller	94
4.4.	Çoruh Havzasında Deriner Barajı-HES Örneği	96
4.4.1.	Çoruh Havzası.....	96
4.4.1.1.	Çoruh Havzasının Genel Karakteristikler	97
4.4.1.2.	HES Projeleri Açısından Çoruh Havzası	100
4.4.2.	Deriner Barajı ve HES	103
4.4.2.1.	İklim.....	103
4.4.2.2.	Yağış	104
4.4.2.3.	Sıcaklık.....	104
4.4.3.	Jeolojik Yapı	105
4.4.4.	Deriner Barajının Elektrik Üretimi ve Ekonomiye Katkısı.....	106
SONUÇ.....		109
KAYNAKÇA		111

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1: 2018 Yılı sonu İtibariyle Türkiye Ham Petrol Rezervleri	7
Tablo 2: Temel Petrol Verileri.	8
Tablo 3: Temel Doğalgaz Verileri	9
Tablo 4: Yıllara Göre Toplam Doğalgaz Tüketim Miktarları (Milyon Sm ³).....	10
Tablo 5: Türkiye Taşkömürü Üretim, İthalat Ve Tüketim Değerleri(Bin ton)	12
Tablo 6: Türkiye Su Kaynakları Potansiyeli	23
Tablo 7: Havzaların Yüzey Suyu Potansiyeli	33
Tablo 8: Türkiye Elektrik Kurulu Gücünün Yıllar İtibariyle Gelişimi (Birim: MW)	67
Tablo 9: Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Ait Elektrik Üretimi Kurulu Gücünün Yıllar İtibariyle Gelişimi (MW).	69
Tablo 10: 2019 Yılı Kasım Ayı İtibariyle Enerji Kaynaklarının Kurulu Güç Değerleri (MW). 70	
Tablo 11: 2018 Yılı Türkiye Elektrik Üretiminin Kaynaklara Dağılımı.....	71
Tablo 12: 1923-2018 Yılları Arası Ulusal Elektrik Üretimi (GWh)	72
Tablo 13: Türkiye Elektrik Enerjisinin Yıllara Göre Gelişimi (1984-2018).....	74
Tablo 14: Kişi Başı Net Elektrik Tüketimi	74
Tablo 15: İletim ve Dağıtım Sistemi kayıpları.	78
Tablo 16: Türkiye Elektrik Üretimi.	79
Tablo 17: İletim Sistemlerinde Meydana Gelen Kayıplara Örnek	79
Tablo 18: Örnek İl Elektrik Tüketim Oranları	81
Tablo 19: Türkiye Hidroelektrik Enerji Potansiyeli.....	83
Tablo 20: Türkiye'de İnşa Edilmiş ve Edilmekte Olan Barajlar	84
Tablo 21: Hidroelektrik Santraller	86
Tablo 22: Türkiye'de İnşa Edilmiş ve Edilmekte Olan Hidroelektrik Santraller.	94
Tablo 23: Havzaların Teorik HES Potansiyeli	95
Tablo 24: Çoruh Havzasındaki Hidroelektrik Santraller.....	100
Tablo 25: Artvin İli Aylık ve Yıllık Ort. Yağış Değerleri, Ölçüm Periyodu (1949 - 2018). ..	104
Tablo 26: Artvin İli Aylık ve Yıllık Ort. Sıcaklık Değerleri, Ölçüm Periyodu (1949-2018)....	105
Tablo 27: Deriner Barajı Karakteristikler	106
Tablo 28: Deriner Barajı ve HES Yıllık Elektrik Üretimi.....	107

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Dünya Su Kaynakları Kaynak; URL, 13.	20
Şekil 2: Hidroelektrik santral enerji dönüşüm şeması Kaynak: (Üstünel, 2012).	52
Şekil 3: Çoruh Havzası Projeleri Boy Kesiti. Kaynak: DSİ, 2014.	102



HARİTALAR LİSTESİ

Harita 1: Jeotermal Kaynaklar Dağılımı	14
Harita 2: Türkiye Güneş enerjisi Potansiyeli	15
Harita 3: Türkiye Ana Akarsu Havzaları	32
Harita 4: Türkiye Akarsu havzaları.	33
Harita 5: Meriç Havzası.....	35
Harita 6: Gediz Havzası.....	37
Harita 7: Dicle-Fırat Havzası.....	39
Harita 8: Kızılırmak Havzası.....	41
Harita 9: Sakarya Havzası	42
Harita 10: Türkiye Enerji Kaynakları Dağılımı.....	76
Harita 11: Türkiye Elektrik İletim Sistemi	82
Harita 12: Çoruh Nehri Havza Açınım Planı.....	98
Harita 13: Çoruh Havzasındaki (Biriktirilmeli ve Biriktirmesiz) Hidroelektrik Santraller.....	99

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1: Barajlı Hidroelektrik Santral Kaynak: URL, 16.....	57
Resim 2: Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santral Kaynak: URL, 16.....	58
Resim 3: Tipik bir hidroelektrik santral tesisinin şematik gösterimi Kaynak: URL, 17.	61
Resim 4: İletim ve Dağıtım Sistemleri Kaynak:(İbiş, 2019).	77
Resim 5: Deriner Barajı ve HES Görünüm	107



GRAFİK LİSTESİ

Grafik 1: Dünya Enerji Tüketimi (MTP)	5
Grafik 2: Suyun sektörel dağılımı (Türkiye ve Dünya)	22
Grafik 3: Türkiye akarsu havzaları yüzölçümü oranları	31
Grafik 4: 2018 Yılı Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı (GWh) .	72
Grafik 5: 2017 Yılı Türkiye Elektrik Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı (%).....	75
Grafik 6: Türkiye İletim Hat Uzunluklarının Gelişimi (2008-2018)	80
Grafik 7: 2016 Yılı Türkiye Hidroelektrik Enerji Kurulu Gücü	84
Grafik 8: Enerji Kaynaklarının Meydana Getirdiği Karbondioksit Emisyon Miktarları	92



KISALTMALAR LİSTESİ

ATB	: Ankara Ticaret Borsası
BP	: British Petroleum
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
DSİ	: Devlet Su işleri
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
EİGM	: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
GSMH	:Gayri Safı Millî Hasıla
GW	: Gigawatt
GWh	: Gigawatt saat
HES	: Hidroelektrik Santral
IEA	:Uluslararası Enerji Ajansı
İTO	: İstanbul Ticaret Odası
KM	: Kilometre
KV	: Kilovolt
KW	:Kilowatt
KWH	: Kilowatt saat
MVA	:Megavolt amper
MTA	: Maden Tetkik ve AramaGenel Müdürlüğü
MTP	: Milyon Ton Petrol
MW	: Megawatt
MWe	:Megawatt elektrik
MWt	:Megawatt termal

M³	:Metreküp
PDHES	:Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santraller
PİGM	: Petrol İşleri Genel Müdürlüğü
REPA	:Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası
SM³	:Standart metreküp
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TKİ	: Türkiye Kömür İşletmeleri
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TTK	: Türkiye Taş Kömürü Kurumu
TÜİK	:Türkiye İstatistik Kurumu
URL	:Kaynak Konumlayıcı
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEKDEM	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması
YİD	: Yap İşlet Devret

GİRİŞ

İnsan varoluşla birlikte doğayla etkileşim içerisine girmiş ve doğadan çeşitli biçimlerde fayda sağlamıştır. İnsanoğlu gelişme gösterdikçe doğayı büyük oranlarda etkilemiştir. Nüfusun artışı da bu konuda şüphesiz önemli bir paya sahiptir. Geçimlerini tarım ile sağlayan nüfusların sanayileşme ile birlikte artan refah ve üretimdeki büyüme nüfus artışı üzerinde olumlu etki sağlamıştır. Sanayi devrimi (18.ve 19. Yy.) ile birlikte bir milyar civarında olan dünya nüfusu katlanarak büyümüş ve günümüzde yedi milyanın üzerine çıkmıştır. Nüfusartışının en önemli nedenlerinden birisi enerjidir. Dünya nüfusunun artmasında, günümüzde hayatın bu kadar kolaylaşmasında ve her türlü gelişmede enerjiden bahsetmek zorunda kalırız. Enerjinin dünya üzerinde yoğun olarak kullanılmaya başlaması bir fosil yakıt olan kömür ile birlikte başlamış petrol ile devam etmiştir. 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren bu kaynaklara başka bir fosil yakıt olan doğalgaz eklenmiştir. Ancak bu kaynakların sonlu olması ve dünyadaki gelişmelere bağlı olarak tüketimin hızla katlanması 20.yy son çeyreği ile birlikte insanoğlunu bu alanda alternatif kaynaklara diğer şekliyle yenilenebilir kaynaklara (hidrolik, rüzgâr, güneş gibi) yönlendirmiştir.

Enerji kaynaklarına duyulan ihtiyaç enerji kaynakların çeşitlenmesine yol açmıştır. 20. Yüzyılda önce petrolün sonrasında doğalgazın sanayide kullanılmaya başlamasıyla birlikte dünya ölçeğinde yüz yıl gibi kısa bir sürede tarihte görülmemiş gelişmelerin yaşanmasına sebep olmuştur. Dünya petrol ve doğalgaz rezervi incelendiğinde, petrol rezervinin %47,54'ünün doğalgaz rezervinin ise % 37,5'inin Ortadoğu bölgesinde bulunduğu görülmektedir (ETKB,2016). Buna rağmen Ortadoğu devletlerinin birçoğu gelişmemiş ve bağımlı olmayı sürdüren devletler konumundadır. Enerji, dünya üzerindeki her kıtaya her ülkeye eşit oranda dağılmamıştır buna bağlı olarak ta büyük devletler ve bağımlı devletler tabiri ortaya çıkmıştır. Enerjiye ulaşabilen devletler sürekli büyümüş ancak enerji bakımından fakir ya da enerjisini kullanamayan devletler ise gelişmemiştir. Dünya üzerindeki fosil yakıtların çoğunu elinde bulunduran Orta doğu ve Afrika ülkeleri gelişmemiş ve bağımlı olmayı sürdüren devletler konumundadır. Enerji, onu üreten ülkeye değil üretim amacıyla kullanan ülkeye refah getirmektedir.

Petrol, kömür, doğalgaz gibi fosil yakıtların dünya ölçeğinde kısa diyebileceğimiz bir süre daha insanların ihtiyaçlarına cevap verilebilecek seviyede olmaları yenilenebilir enerji

kaynaklarına olan talebin artmasını sağlamıştır. Güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle ve hidroelektrik enerji ülkemizdeki yenilenebilir enerji kaynakları meydana getirmektedir.

Türkiye, elektrik üretiminde fosil enerji kaynaklarına göre alternatif enerji kaynaklarından daha az yararlanmaktadır. Ancak tükettiğimiz enerjinin yanında çok düşük bir oranı oluşturur. Tükettiğimiz enerjinin büyük bir bölümü fosil yakıtlardan oluşmaktadır. Ülkemiz kömür, petrol ve doğalgaz diye sıraladığımız enerji kaynaklarının üçünde de yüksek oranlarda dışa bağımlıdır. Bu sebepten dolayı çok fazla döviz çıkışı olmaktadır ve bütçenin açık vermesinin en önemli sebeplerinden biri de fosil enerji kaynaklarıdır. Türkiye gelişmekte olan bir ülke konumundadır eğer gelişmiş ülkeler statüsünde yer almak istiyorsa tüm gelişmiş ülkeler gibi daha fazla enerjiye ihtiyacı olacaktır. Ancak enerji konusundaki dışa bağımlılık ülke ekonomisinin daha büyük açıklar vermesine neden olabilir. Bu nedenle Türkiye'nin gelişmiş ülkeler gibi alternatif enerjiye daha fazla yatırım yapması gerekmektedir. Ülkemiz coğrafi konumu ve yeryüzü şekilleri itibarıyla alternatif kaynakların aktif olarak enerjide önemli bir rol oynamalarına imkân sunmaktadır. Çalışmamız alternatif bir enerji kaynağı olan temiz, yüksek verimli, uzun ömürlü, yakıt gideri olmayan, en önemlisi dışa bağımlı olmayan hidroelektrik enerji ve hidroelektrik enerjinin kaynağını oluşturan akarsuların Türkiye açısından önemini irdelemeye yöneliktir.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KULLANIMI

Enerji kaynakları genelde iki grup altında toplanır: yenilenebilir ve tükenebilir veya yenilenemez. Yenilenebilir enerji tekrar tekrar kullanılabilen enerjidir. Örneğin güneş enerjisi gibi, güneşten gelir ve elektrik veya ısı enerjisine dönüştürülebilir veya dönüştürülmeden doğrudan kullanılır. Rüzgâr enerjisi, yerküreden gelen jeotermal enerji, bitkilerden üretilen biyokütle ve sudan elde edilen hidroelektrik yenilenebilir enerji grubundadırlar. Yenilenebilir enerji, kısa sürede yerine konulan enerjidir. Tükenebilir enerji ise kullanılan fakat kısa zaman aralığında oluşmayan enerji olarak tanımlanır. Bunlar genelde fosil yakıtlardır; petrol, doğalgaz ve kömür gibi. Bu tür enerjiler, yaşamları milyonlarca yıl önce sona ermiş bitki ve hayvan kalıntılarının yerkürenin içinden gelen ısı ve bu kalıntıların üzerinde bulunan kayalarlardan kaynaklanan basınç altında oluşmuş enerji kaynaklarıdır (Satman, 2006).

Değişen ve dönüşen modern dünyanın motor gücü, enerjidir. Enerjinin aynı zamanda toplumsal ve ekonomik gelişmelerden de etkilenen sistem olma özelliği konunun çok yönlü ele alınması ve analiz gereğini de ortaya koymaktadır. Toplumların enerji konusunda başarması gereken: Çevreye zarar vermeyen, güvenli, ekonomik, sosyal kabulü yüksek kaynakların devreye sokulmasıdır. Diğer ülkeler gibi ülkemiz için de doğru ve yeterli verilerden hareket edilerek yerli kaynaklara önem veren, uygun maliyetle, ekonomik, sosyal, teknolojik ve çevresel boyutlarıyla enerji arz-talep dengesini sağlayacak ‘sürdürülebilir ve güvenilir’ ulusal enerji politikasının belirlenmesi gerekmektedir (Palabıyık, 2010).

Enerji, ülkelerin ekonomik ile toplumsal gelişmelerinin vazgeçilmez girdisi ve gereksinimidir. Enerji kaynakları ile bunlardan elde edilen enerjiye erişim, ülkelerin gelişim düzeyini olduğu kadar, ekonomik ve ulusal güvenliğini de doğrudan etkileyen, yaşamsal bir olgudur. Bunun yanı sıra, kesintisiz, ödenebilir, temiz, kaliteli enerjiye erişebilmek, ayrımsız tüm insanlar için, su ve hava kadar gerekli bir insanlık hakkıdır (Pamir, 2010).

Enerji, ekonomik ve sosyal ilerlemeyi sağlayan, hayat kalitesini iyileştiren en önemli faktördür. Nüfus ve demografik değişiklikler enerji talebinin miktarını ve kompozisyonunu etkileyen önemli parametrelerdir. Dünya nüfusu sürekli artmakta ve 2014’te 7,3 milyar olan nüfusunun 2040’da 9,2 milyara yükselmesi beklenmektedir. Dünya nüfusunun kentleşme oranı ise 2014’te % 53 iken 2040’ta % 63’e yükselecektir. Uzun dönemde (2013-2040 arası) ortalama % 3,4 büyümesi beklenen dünya ekonomisi, dünyadaki nüfus artışı, sanayileşme ve

kentleşme, doğal kaynaklara ve enerjiye olan talebi önemli ölçüde arttırmaktadır (EÜAŞ, 2017).

Yapılan senaryolara göre, 2040 yılına kadar olan dönemde fosil yakıtların paylarının nispeten azalmasına rağmen bu yakıtlar hâkim kaynaklar olmaya devam edecektir. Nükleer enerjinin birincil enerji kaynakları içindeki payının artacağı öngörülmekte, yenilenebilir enerji kaynaklarının günümüzdeki payı yaklaşık %14,5 iken 2040 yılındaki payının %16,1 olacağı beklenmektedir. Mevcut politikalar senaryosuna göre küresel elektrik talebinin 2040 yılına kadar yıllık ortalama %2,3 olmak üzere %80 oranında artacağı beklenmektedir. Yenilenebilir kaynakları yıllık ortalama %9,8 büyüme payları ile en hızlı büyüme oranına sahip enerji kaynaklarıdır. Nükleer enerji yıllık ortalama %2,3 ve hidroelektrik yıllık ortalama %1,8 büyüme oranına sahip olacaktır. Bu üç kaynağın büyüme oranı, toplam birincil enerjinin büyüme oranından daha fazladır (ETKB, 2017).

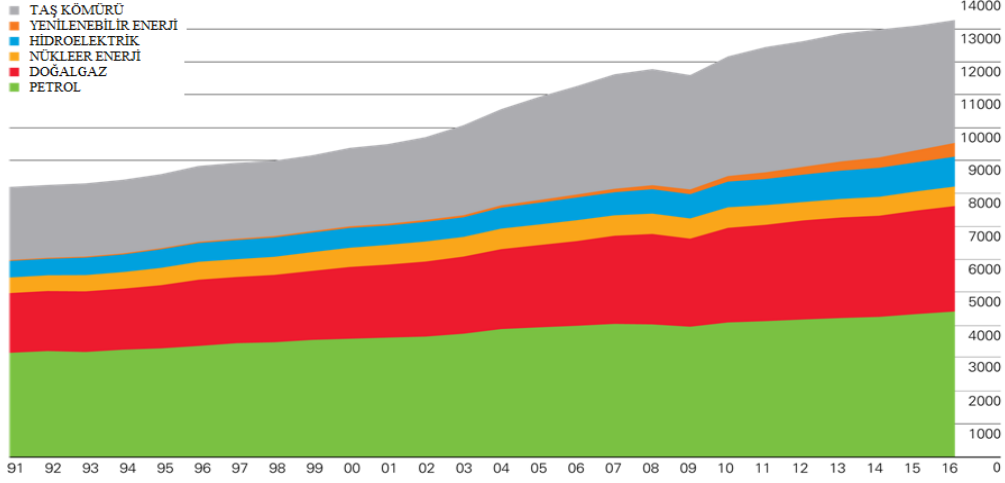
Elektrik üretimi için termik, nükleer, yenilenebilir gibi alternatif üretim ve teknolojileri bulunmaktadır. Bütün bu santrallerin yatırım ve işletme maliyetleri, işletmeye hazır bulunma dönem ve süreleri, işletme giriş-çıkış özellikleri büyük farklılıklar göstermektedir. Sürdürülebilir bir kalkınma yaklaşımı içerisinde, ekonomik ve sosyal gelişimi destekleyecek, çevreyi en az (kabul edilebilir) düzeyde tahrip edecek, en az maliyette enerji tüketimi hedef alınmak durumundadır (Ertürk, 2006).

1.1.Dünyanın Enerji Görünümü

Dünyada endüstri devriminin başlangıcından itibaren geçen süre içinde gelişen dünyanın enerji talebinin gelecekte çok daha büyük hızla artması beklenmektedir. Bu gelişmede iki önemli unsur katkıda bulunmaktadır. Bunlardan birincisi kişi başına enerji tüketiminin artışından dolayı gelecekte daha fazla enerjinin tüketilmesidir. Dünya nüfusu içinde herkes mevcut ortalama kişi başına tüketime ulaşmış olsaydı, ortalama kişi başına enerji tüketimi %60 daha yüksek olurdu. Bu arada dünya nüfusu da artmaya devam etmektedir. 2050 yılından önce dünya nüfusunun %50 artacağı varsayılırsa, dünya bugüne göre 2 katı enerji gereksinimiyle karşı karşıya olacaktır (İTÜ 2007).

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan; rüzgâr, güneş, jeotermal,biyoenerji vb. kaynakların kullanımı her geçen gün artarak devam etmektedir. Elektrik üretimi için gerekli yeraltı kaynaklarına sahip olmayan ülkeler, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak, çevreye verilen zararı en aza indirmeyi, enerji üretiminde dışa bağımlılığı azaltmayı ve elektrik üretim maliyetlerini düşürmeyi hedeflemektedirler.

Grafik 1: Dünya Enerji Tüketimi (MTP)



Kaynak; URL, 11.

Dünya enerji tüketimi incelendiğinde 1990 yılından günümüze gelindiğinde enerji tüketimde önemli miktarda artış görülmektedir. Fosil kaynaklardan doğalgaz ve taş kömürünün enerji sektöründeki kullanımı petrole oranla daha belirgin bir artış göstermiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları ise 2000 yılından sonra enerji üretiminde aktif bir şekilde rol almaya başlamıştır (Grafik 1).

1.2. Türkiye Enerji Görünümü

Günümüzde enerji “gelişmişlik” kavramının simgelerinden biri olmuştur. Enerji tüketimi ile gelişmişlik arasında doğru orantı vardır. Dünyanın bu sisteminde Türkiye gittikçe gelişen ve büyüyen bir ülke konumundadır. Tabi ki gelişim eşittir enerji ise Türkiye’nin enerji durumunu irdelemek gerekmektedir. Gelişmiş her ülkede olduğu gibi enerji tüketimi her geçen gün artmaktadır.

İş yapma kapasitesi olarak tanımlanan enerjiye gelişmiş ülkelerle birlikte gelişmek isteyen tüm ülkelerin gereksinimi vardır. Sanayileşmede geri kalmış bir mirası devralmış olan Cumhuriyet Türkiye’sinde gerçekleştirilen sanayileşme atılımları, çağdaş medeniyetleri yakalama hedefi ve sürdürülebilir bir gelişme ve büyüme politikaları doğal olarak enerjiye olan talebi artırmakta, bütün bunların yanı sıra artan nüfus artışı ve şehirleşme hareketleri enerjiyi olmazsa olmaz bir stratejik kaynak haline getirmektedir. Kişi başına enerji tüketimi dünya ortalamasının altında olan Türkiye, hem daha fazla enerji tüketerek gelişimini hızlandırmak, hem de gelişmiş ülkelerde çağdaş bir parametre olarak gündemde olan enerji

yoğunluğu (birim GSMH başına tüketilen enerji miktarı) değerini yakalamak için enerjiyi verimli şekilde kullanmak durumundadır (İTÜ, 2007).

Ülkemiz için enerji, stratejik konuların başında gelmektedir. Enerjinin, özelde elektrik enerjisinin, kalkınmanın ve yaşam kalitesinin önemli bir unsuru olarak güvenilir biçimde, zamanında, düşük maliyetle temin edilmesi her toplum için büyük önem taşımaktadır.

Her ülkenin enerji kaynakları anlamında zengin olmadığı bununla birlikte yeterli enerji yatırımlarına da sahip olmadığı gerçeğinden hareketle, enerji konusunda önemli olanın planlama olduğu anlaşılmaktadır. Ekonomik, sosyal, teknik ve çevresel özelliklerle birlikte uluslararası nitelikleriyle de öne çıkan konunun, çağdaş politikalar ve doğru stratejiler bağlamında bilimsel bilgi ve veriler ışığında kamu-özel sektör işbirliğiyle kamusal yararın sağlanması amacıyla ele alınması gerekmektedir. Ülkemiz, kalkınma hedeflerini gerçekleştirme, toplumsal refahı artırma ve sanayi sektörünün uluslararası alanda rekabet edebilecek bir düzeye çıkarma çabası içerisinde. Bu durum, enerji talebinde uzun yıllardır hızlı bir artışı beraberinde getirmektedir (Palabıyık, 2010).

Çalışmamızın bu kısmında Türkiye'nin enerji kaynakları olan petrol, doğalgaz ve kömürdeki üretim ve tüketimini, yenilenebilir kaynaklarının günümüzdeki durumlarını irdelemeye çalışacağız.

1.3. Türkiye Fosil Enerji Kaynakları

Ülkemiz enerji kaynakları açısından genel olarak zengin değildir. Maden çeşitliliği fazla olmasına rağmen stratejik öneme sahip enerji kaynaklarının genelinde büyük ölçekte rezervlerimiz mevcut değildir. Ülkemiz genelinin genç oluşumlu bir arazi olması fosil kaynaklar bakımından yetersiz olmasına yol açmıştır.

1.3.1. Petrol

Dünyadaki mevcut enerji kaynaklarına, ispatlanmış rezervleri ve yıllık üretim miktarları açısından bakıldığında, 2016 yılı dünya ispatlanmış petrol rezervi 1.706 milyar varil olarak tespit edilmiştir. Dünya petrol rezerv miktarı 2015 yılına oranla çok düşük oranda artış göstermiştir. 2015 yılında 50,7 yıl olan dünya petrol rezerv ömrü 2016 yılında 50,6 yıla gerilemiştir. Birincil enerji kaynakları arasında stratejik konuma sahip olan ham petrol 2016 yılı itibarıyla dünya enerji talebinin % 33,3'ünü karşılamıştır (URL, 1).

Dünya üretilebilir petrol ve doğalgaz rezervlerinin yaklaşık %72'lik bölümü, ülkemizin yakın coğrafyasında yer almaktadır. Türkiye, jeopolitik konumu itibariyle dünya ispatlanmış petrol ve doğalgaz rezervlerinin dörtte üçüne sahip bölge ülkeleriyle komşu olup enerji zengini Hazar, Orta Asya, Orta Doğu ülkeleri ile Avrupa'daki tüketici pazarları arasında doğal bir “Enerji Merkezi” olmak üzere pek çok önemli projede yer almakta ve söz konusu projelere destek vermektedir. 2030 yılına kadar %40 oranında artması beklenen dünya birincil enerji talebinin önemli bir bölümünün içinde bulunduğumuz bölgenin kaynaklarından karşılanması öngörülmektedir (URL,1).

Türkiye, Dünya petrol ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılayan Ortadoğu ülkelerine komşudur hatta bazı devletler Türkiye’yi Orta doğuya dâhil etmektedir. Bu denli yakın olmasına rağmen ülkemiz petrol konusunda fakirdir. Bunda Alp-Himalaya sistemi üzerinde yer almasının olumsuz etkisi olmuştur çünkü jeolojik devirler boyu bu kuşak çok hareketli bir görünüm sergilemiştir (Tanoğlu, 1971). Türkiye’de üretilen petrol, ihtiyacın düşük bir kısmını sağlamaktadır. Üretilen petrolün tamamına yakını Güneydoğu bölgemizden temin edilmektedir.

2017 yılında 25,8 milyon ton olarak gerçekleştirilen ham petrol ithalatımızın yanı sıra 16,8 milyon ton petrol ürünü ithal edilmiştir. Buna karşın 10,1 milyon ton petrol ürünü ihraç edilmiştir. Yeni keşifler yapılmadığı takdirde, bugünkü üretim seviyesi ile yurtiçi toplam ham petrol rezervinin 18 yıllık bir ömrü bulunmaktadır. 2017 yılının ilk 5 aylık döneminde tüketimin yaklaşık %7,7'si yerli üretimle karşılanmıştır (URL, 1).

Tablo 1: 2018 Yılı sonu İtibariyle Türkiye Ham Petrol Rezervleri

Rezervdeki Petrol	Toplam	7 378 390 401	1074859105
Üretilebilir Petrol		1463997632	208493169
Kümülatif Üretim		1095226352	155617489
Kalan Üretilebilir Petrol		368 771 280	52 875 680

Kaynak:(URL, 2).

Türkiye’de 2018 yılında günlük yaklaşık 745 bin varil petrol tüketimi mevcuttur (Tablo 2). 2018 yılı sonu itibariyle yaklaşık 369 milyon varil ham petrol rezervi bulunmaktadır. Türkiye’nin petrol ithal etmeden ihtiyacını kendi rezervlerinden karşılaması durumunda mevcut rezervler ülkenin ihtiyacını sadece 1,5 yıl karşılayacaktır (Tablo 1).

Tablo 2: Temel Petrol Verileri.

YILLAR	1990	2000	2005	2010	2011	2012	2018
Üretim (Bin varil/ Gün)	72.5	52.8	43.5	48.3	45.6	44.9	43.4
Talep (Bin varil/ Gün)	477.0	662.8	647.5	649.8	655.3	670.5	745.4
İthalat	404.5	610.0	604.0	601.5	609.7	625.6	702
İthalat Bağımlılığı (%)	84.8	92.0	93.3	92.6	93.0	93.3	94

Kaynak;URL, 3.

Enerji kullanımının her geçen gün artış göstermesi, fosil enerji kaynaklarının kullanımının tamamında artışa neden olmaktadır. Buna bağlı olarak petrolde de bağımlılık her geçen yıl artmaktadır (Tablo 2). Enerji kaynaklarının çeşitlenmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimdeki payının artması fosil enerji kaynaklarının kullanım miktarının değil sadece toplam tüketilen enerji içerisindeki oranının düşmesini sağlamaktadır.

1.3.2. Doğalgaz

Bir petrol türevi olan doğalgaz: yanıcı, havadan hafif, renksiz ve kokusuz bir gazdır. Yer altında, genellikle petrol ile birlikte veya gaz rezervuarlarında bulunur. Kaynağından çıkarıldığı haliyle herhangi bir işlemde geçirilmeksizin kullanılabilen doğalgaz, boru hatları ile veya sıvılaştırılarak tankerlerle taşınır. 2017 yılı doğalgaz tüketimimiz 53,5 milyar m³ olarak gerçekleşmiştir (URL, 4).

Doğalgaz, diğer fosil yakıtlar gibi, doğal süreç içerisinde milyonlarca yıl önce yer kabuğunun derinliklerinde bitki ve hayvan artıklarının yüksek sıcaklık ve basınca maruz kalarak kimyasal ayrışmaya uğraması sonucu oluştu.

2016 yılı sonu itibarı ile kalan üretilebilir doğalgaz rezervimiz 18,8 milyar m³'tür. Elektrik enerjisi üretiminde doğalgaza dayalı kurulu gücümüz 2017 yılı Temmuz ayı sonu itibarıyla 26.074 MW olup bu değer toplam kurulu gücümüzün %32,37'sini oluşturmaktadır (URL, 4). Ülkemizde esas olarak Trakya Bölgesi'nde bulunan yataklar düşük kapasiteli olduğundan, ihtiyacın önemli bir kısmı büyük rezervlerin bulunduğu Rusya Federasyonu'ndan karşılanmaktadır (Bayramlı, G.,& Kapan, K., 2018).

Türkiye’de doğalgaz tüketimi 1987 yılından bu yana sürekli artan bir eğilim içindedir. Türkiye’nin 2016 yılında yerli doğalgaz üretiminin tüketime oranı % 0,8 olarak geçtiğimiz yıl ile aynı seviyede gerçekleşmiştir. 2008 yılında 1 milyar metreküpe kadar çıkan doğalgaz üretimi, 2016 yılında, 381 milyon metreküpe düşmüştür. Diğer bir ifadeyle, petrolde ithalata bağımlılık oranı % 93,6 olan Türkiye’nin, doğalgazda ithalata bağımlılık oranı %99,2’dir (Tablo 3). Tüketilen doğalgazın yaklaşık % 50’si ise elektrik üretimi için kullanılmaktadır (TPAO, 2016).

Tablo 3: Temel Doğalgaz Verileri

YILLAR	1990	2000	2005	2010	2011	2012	2018
Üretim (Milyon m³/Yıl)	212	639	897	682	761	632	595
Talep (Milyon m³/Yıl)	3.468	14.835	27.375	38.127	44.686	45.254	59.653
İthalat	3.256	14.196	26.478	37.445	43.925	44.622	59.059
İthalat Bağımlılığı (%)	93.9	95.7	96.7	98.2	98.3	98.6	99

Kaynak; URL, 3.

Diğer fosil enerji kaynaklarına göre doğalgazın enerji sektöründe kullanılmaya başlanması ve yaygınlaşması ülkemizde yakın dönemde gerçekleşmiştir. Petrol ve taş kömürüne göre doğaya verdiği zarar daha düşüktür. Türkiye doğalgaz rezervi bakımından fakir bir ülkedir. Doğalgaz üretimimizin tamamına yakını ithalat yoluyla sağlanmaktadır (Tablo 3).

Tablo 4:Yıllara Göre Toplam Doğalgaz Tüketim Miktarları (Milyon Sm³)

Yıl	Tüketim (milyon sm ³)	Bir önceki yıla göre değişim (%)
2007	35.395	14,24
2008	36.865	4,15
2009	35.219	-4,47
2010	37.411	6,22
2011	43.697	16,80
2012	45.242	3,53
2013	45.918	1,50
2014	48.717	6,10
2015	47.999	-1,47
2016	46.395	-3,34
2017	53.857	15,87
2018	49.329	-8,41

Kaynak;(EPDK, 2018b).

2007 yılından 2018 yılına gelindiğinde doğalgaz tüketiminde yaklaşık %40'lık bir artış gerçekleşmiştir (Tablo 4). Petrol ve taş kömürü tüketiminde bu yıllar arasında görülen artış miktarı çok daha düşük gerçekleşmiştir. Diğer fosil kaynaklara göre olumlu yönlerinin olması doğalgazın kullanım alanının yaygınlaşmasına yol açmıştır.

1.3.3. Kömür

Kömür, fosil kaynaklı yakıt olarak, yüzlerce yıldır enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Roma İmparatorluğu döneminde uluslararası kömür ticaretinin yapıldığı bilinmektedir. Kömür sadece 19. Yüzyılda sanayi devrimini ateşlemekle kalmamış, 20. Yüzyılda elektrik çağını başlatmıştır (TTK, 2013).

Dünya'da petrolden enerji üretimi başlanana kadar geçen süreçte kömür önemli bir kaynak olarak yerini almıştır. Ülkemizde taşkömürü üretimi sınırlı alandan gerçekleştirilmektedir. Ülke genelinde tüketilen taşkömürü miktarı ile ithal edilen kısım kıyaslandığında ise üretim miktarımız tüketiminçok küçük bir bölümü oluşturmaktadır. Diğer fosil kaynaklar gibi kömür de petrol ve doğalgaz gibi ülkemizden döviz çıkışına sebep olmaktadır. Linyit, kalori değeri düşük, barındırdığı kül ve nem miktarı fazla olduğu için genellikle termik santrallerde yakıt olarak kullanılan bir kömür çeşididir. Buna rağmen

yerkabuğunda bolca bulunduğu için sıklıkla kullanılan bir enerji hammaddesidir. Taşkömürü ise yüksek kalorili kömürler grubundadır.

Yerli kaynak potansiyelimizin 17,27 milyar ton linyit, 1,5 milyar tonunu taşkömürü oluşturmaktadır. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde, elektrik enerjisi ve çelik üretimindeki vazgeçilmez konumu nedeniyle kömür, sürdürülebilir kalkınma planlarında ve enerji planlamalarında önemli bir yer almaktadır. Ülkemiz açısından bakıldığında, toplam taşkömürü rezervlerimiz dünya taşkömürü rezervleri ile kıyaslandığında %0.13'lük bir payla önemsiz miktardadır. Toplam taşkömürü rezervlerimiz Çin'in bir yıllık üretiminden daha düşüktür (TTK Sektör Raporu 2018).

Ülkemizde enerji üretiminde önemli bir yer tutan linyitlerimizin ısı değeri düşük olduğundan termik santrallerde kullanımı ön plana çıkmıştır. Ülkemiz linyit rezervinin önemli bir kısmı Afşin-Elbistan havzasında bulunmaktadır.

Ülkemizde en önemli taşkömürü rezervleri Zonguldak Havzasında bulunmaktadır. Havzada bugüne kadar yapılan rezerv arama çalışmalarında -1200 m derinliğe kadar tespit edilmiş toplam jeolojik rezerv 1,518 milyar ton olup, bunun yaklaşık % 48'i görünür rezerv olarak kabul edilmektedir (TTK, 2018).

Tablo 5: Türkiye Taşkömürü Üretim, İthalat Ve Tüketim Değerleri(Bin ton)

Yıllar	Üretim	İthalat	Toplam Tüketim
2000	2.373	12.990	15.363
2001	2.587	8.028	10.615
2002	2.732	11.693	14.425
2003	2.064	16.166	18.230
2004	2.029	16.427	18.456
2005	2.177	17.360	19.537
2006	2.318	20.286	22.604
2007	2.492	22.946	25.438
2008	2.630	19.489	22.119
2009	2.879	20.364	23.243
2010	2.591	21.333	23.924
2011	2.619	23.679	26.298
2012	2.292	29.195	31.487
2013	1.915	28.200	30.115
2014	1.788	29.000	30.788
2015	1.434	31.494	32.928
2016	1.315	34.880	36.195
2017	1.234	36.632	37.866
2018	1.101	37.083	38.184

Kaynak; (TTK, 2018)

2000 yılında taşkömürü üretim miktarımız toplam tüketimin yaklaşık %15'ini karşılarken 2018 yılına gelindiğinde taşkömürü üretim miktarımız toplam tüketimin yaklaşık %3'ünü karşılamaktadır. Üretim miktarımızın düşmesi ve taşkömürüne duyulan talebin artması üretim-tüketim arasındaki farkınbüyümesine yol açmıştır (Tablo 5).

1.4.Ülkemizin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli

Enerji, yaşam kalitemizi arttırdığı gibi bazı konularda da acilen harekete geçilmesini gerektirmektedir. Bu konuda enerji arz güvenliğinin sağlanması ile yerel, ulusal ve küresel

ölçekte oluşabilecek çevresel bozulmaların önlenmesi her ülke için çözüm üretilmesi gereken sorunlar olarak ortaya çıkmaktadır. Artan petrol fiyatları, fosil yakıtların mevcut rezerv ömürlerinde sona yaklaşılması, taşıma maliyetlerinin yüksekliği ve sonuçta yaşanabilecek her türlü kriz vb. büyük ölçekteki sorunlardan başta kirlilik olmak üzere, termik santrallerin zararlı emisyonları vb. olumsuzluklar, hatta yaşanan küresel iklim değişikliği sorunları Dünyanın karşı karşıya kaldığı enerji ağırlıklı sorunlardan bazılarıdır. Sorunların çözümünde ise tek bir çözümün değil, pek çok alternatifin birlikte değerlendirildiği; bu kapsamda da, yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji teminindeki payını arttıran stratejiler dikkat çekmektedir (Palabıyık, 2010).

1.4.1. Jeotermal Enerji

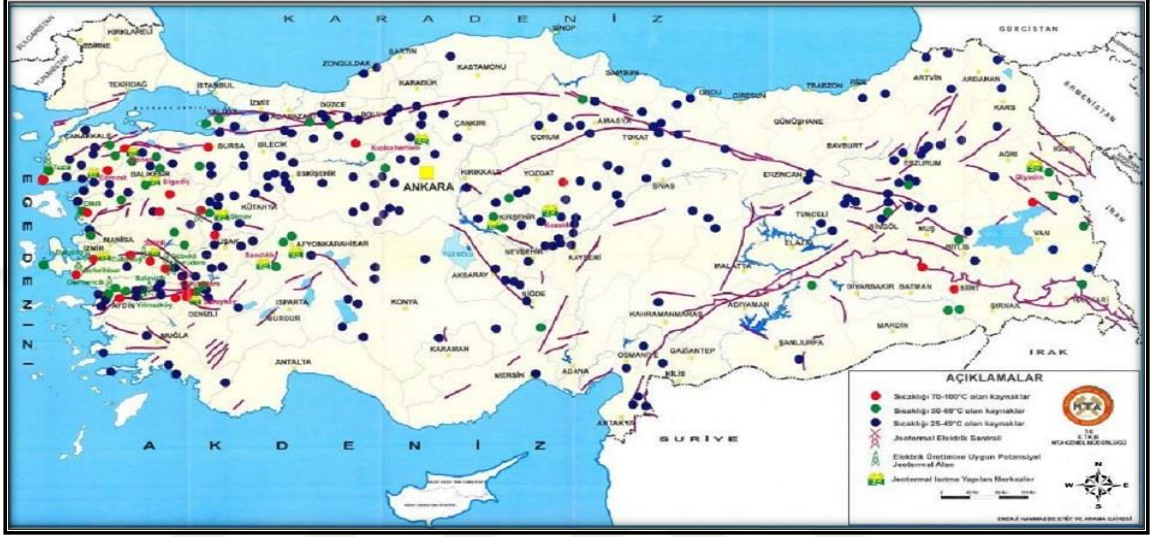
Jeotermal enerji, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş olan ısınn oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buharı olarak tanımlanabilir. Ülkemiz konum olarak genç tektonik kuşakta yer aldığından dolayı jeotermal enerji potansiyeli yüksektir (Külebi,2007).

Jeotermal enerji, Dünya merkezinden kilometrelerce altında bulunan, eriyik kayalar ve kayalardan oluşan magmanın ısısidir. Bu ıyıyı üretmek için kuyular açılır ya da yüzeye yakın yerlerde bulunan su kaynakları veya kayalardan elde edilmektedir. Türkiye, Dünya’da jeotermal zenginliği ile dördüncü sıradadır (Durmuş ve Karakaya, 2018).

2005 yılından itibaren mevcut kaynakların geliştirilmesi ve yeni kaynak alanlarının aranması çalışmalarına ağırlık verilmesi nedeniyle, 2004 sonu itibari ile 3.100 MWt olan kullanılabilir ısı kapasitesi, 2018 yılı Aralık sonu itibari ile ilave 1.900 MWt ısı enerjisi artışıyla 5.000 MWt’e yükselmiştir. 173 adet olan keşfedilmiş jeotermal saha sayısı da sondajlı aramalarla 10 adedi elektrik üretimine uygun olan yeni sahaların keşfiyle 239 sahaya çıkarılmış olup bugüne kadar toplam 634 adet, 412.250 metre sondajlı arama çalışması yapılarak doğal çıkışlar dâhil açılan kuyularla yaklaşık 5.000 MWt ısı enerjisi elde edilmiştir.2008 yılında, Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu’nun yürürlüğe girmesi ve özel sektörün de jeotermal arama, geliştirme ve yatırım çalışmaları ile birlikte ülkemiz toplam jeotermal ısı kapasitesi (görünür ısı miktarı) 35.500 MWt’e ulaşmıştır (URL₁, 27). Jeotermal enerji kurulu güç miktarı 2018 yılı itibariyle 1347 MWe’dir. Ülkemizde elektrik üretimi yapan 61 ünite bulunmaktadır (URL, 28).

Ülkemizin jeotermal potansiyelini oluşturan alanların %78'i Batı Anadolu'da, %9'u İç Anadolu'da, %7'si Marmara Bölgesi'nde, %5'i Doğu Anadolu'da ve %1'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Jeotermal kaynaklarımızın %90'ı düşük ve orta sıcaklıkta olup doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, çeşitli endüstriyel uygulamalar vb.) için, %10' u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur (URL, 5).

Harita 1: Jeotermal Kaynaklar Dağılımı



Kaynak:URL, 6

Jeotermal enerji potansiyelinin önemli bir kısmı Batı Anadolu'da yer almaktadır (Harita 1). Türkiye jeolojik konumu ile jeotermal enerji potansiyeli yüksektir. Jeotermal enerjiden elektrik üretimi, bölgesel ısıtma, kurutma, termal turizm ve seracılık faaliyetlerinde yararlanılmaktadır. Çevre dostu, devamlı kullanılabilme özelliğine sahip, hava koşullarına ve mevsimlere bağımlı olmayan enerji kaynağından yararlanılması Türkiye'nin artan enerji ihtiyacı için önemlidir.

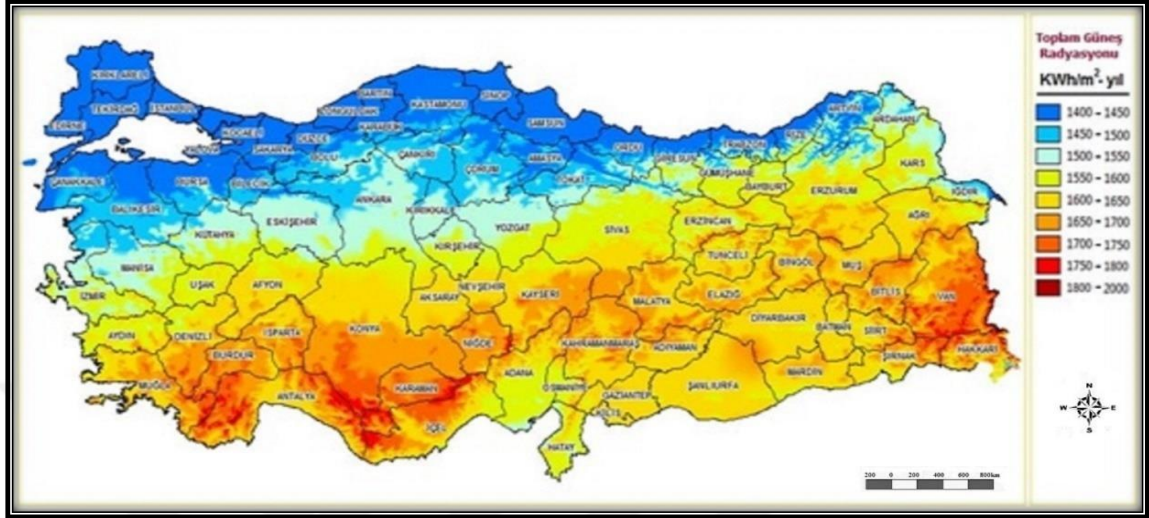
1.4.2. Güneş Enerjisi

Dünyadaki enerji türlerinin kökeni olarak güneş enerjisi gösterilmekte, diğer enerjiler güneş enerjisi kökenli 'dönüşüm enerjileri' olarak tanımlanmakta ve bütün yenilenebilir enerjiler ve hatta fosil yakıtlar enerjilerini güneşten almaktadırlar. Güneş enerjisi güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisidir (Külebi,2007).

Türkiye'de 2014 yılında 55 MW olan fotovoltaik kurulu gücü, 2015 yılında 248,8 MW'a yükselmiştir. 2017 yılı sonu itibariyle, işletmede bulunan 3,421 MW'lık kurulu güce sahip 3.616 adet güneş enerji santrali, Türkiye toplam kurulu gücünün yaklaşık %4'üne karşılık gelmektedir. Güneş enerjisinden elektrik üretimi, 2017 yılında 2.684 GWh olarak gerçekleşmiştir ki bu da elektrik üretimimizin %0,91 oranında güneşten elde edildiği

anlamına gelmektedir. Kurulu güç değerinde gözlenen bu artış umut verici olsa da, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli dikkate alındığında yeterli düzeyde değildir (Koçar ve Eryaşar, 2018).

Harita 2: Türkiye Güneş enerjisi Potansiyeli



Kaynak:URL,7.

Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımına bakıldığında en fazla güneş enerjisi alan bölgenin Güneydoğu Anadolu Bölgesi olduğu, bu bölgeyi Akdeniz Bölgesinin takip ettiği görülmektedir. Türkiye'nin yıllık güneş ışınlam değeri 1.305 kWh-yıl (Karadeniz Bölgesi) ile 1.648 kWh-yıl (Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgesi) arasında değişmektedir. Ortalama güneş ışınlam değeri 1.200 kWh/m²-yıl olan Avrupa ile karşılaştırıldığında, Türkiye'nin güneş enerjisinden elektrik üretimi için oldukça elverişli bir konuma sahip olduğu görülmektedir (Harita 2) (Cebeci, 2017).

Dünya'daki uygulamalara bakıldığında, güneş enerjisinden ısı ve elektrik üretimi şeklinde iki amaçla yararlanıldığı görülmektedir. Üretilen ısı ve elektrik farklı uygulamalarda kullanılmaktadır. Örneğin ısı, kullanım sıcak su, mekân ısıtma, soğutma, kurutma, sera ısıtma, buhar üretimi gibi uygulamalar için üretilmektedir. Elektrik ise aydınlatma, soğutma gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Isı üretiminde düşük ve orta sıcaklıkların elde edilmesi düzlemsel veya vakum borulu kolektörlerin kullanılmasıyla, yüksek sıcaklıkların eldesi ise yoğunlaştırıcı/odaklayıcı kolektörler ile gerçekleştirilmektedir. Elektrik üretimi ise fotovoltaik etkiden yararlanılarak güneş pilleri ile doğrudan gerçekleştirilmektedir (Koçar ve Eryaşar, 2018).

Türkiye güneş enerjisi yönünden de oldukça önemli bir konumdadır. Yenilenebilir ve çevreyle uyumlu enerji kaynağı olan güneş enerjisinden faydalanmak için mutlaka

desteklenmelidir. Bu enerji türü son yıllara kadar masraflı ve uygulama aşamasındaki zorluklardan dolayı ekonomik görülmemesine rağmen katı, gaz ve sıvı haldeki fosil yakıt fiyatlarındaki yüksek artışlar nedeniyle elektrik üretiminde tercih edilir hale gelmiştir.

1.4.3. Rüzgâr Enerjisi

Bir yerde hava soğuyup basınç artarsa veya ısınıp basınç azalırsa çevresiyle oranı arasında bir basınç dengesizliği doğar. Bu durumda hava basıncı ile hava yoğunluğu arasında da bir dengesizlik belirmiştir. İşte bu dengesizlikler hava hareketleri ile giderilmeye çalışılır ve yeryüzünde yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına doğru yatay hava akımları doğar ki bunlara rüzgâr denilir (Erol, 1993).

Temiz, yenilenebilir, enerjiye çevrilmesi kolay olan bir enerji türü olarak rüzgâr enerjisi günümüzde önemli bir yere sahiptir. Rüzgâr enerjisi çevresel değişikliklerden az etkilenen, yakıt ihtiyacı duymayan bitmeyen bir enerji kaynağıdır. Günümüzde kullanımı ve yapım teknolojisi en çok gelişen enerji kaynaklarından biridir.

Rüzgâr enerjisi, ürettiği enerji miktarının değişik göstermesi nedeniyle tek başına enerji sorununa çözüm oluşturamaz. Enerji kaynaklarımızı çeşitlendirmek ve kaynak temini konusunda mümkün olduğunca dışa bağımlılığımızı azaltmak için rüzgâr enerjisi önemlidir.

Türkiye'de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde rüzgâr santrali kurulabileceği kabul edilmiştir. Bu kabuller ışığında, orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak üretilen rüzgâr kaynak bilgilerinin verildiği Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) hazırlanmıştır. Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiştir. Bu potansiyele karşılık gelen toplam alan Türkiye yüz ölçümünün %1,30'una denk gelmektedir. 2018 yılında rüzgâr enerjisinden 19,882 milyar kWh elektrik üretilmiştir (URL, 8).

1.4.4. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle, canlılar tarafından üretilen ve bileşim olarak organik karbon içeren maddelere verilen genel isimdir. Tarım ve orman ürünleri, evsel organik atıklar, tarımsal/hayvansal atıklar ve organik endüstriyel yan ürünler/atıklar, yüksek üretim miktarları nedeniyle gündemde bulunan biyokütle kaynaklarıdır. Biyokütle kaynakları fosil bazlı kaynaklar yerine kullanılarak biyoenerji, endüstriyel kimyasallar ve çeşitli tüketim

maddeleri gibi yüksek katma değerli biyoyürünlerin üretiminde kullanılabilecek olan maddelerdir (Koçar ve Eryaşar, 2018).

Ülkemizdeki yoğun tarım ve hayvancılık faaliyetleri, önemli orman varlığı ve tarıma elverişli topraklar dikkate alındığında, biyokütle enerji teknolojisi ve bu konuyla ilgili kurulabilecek sistemler sürdürülebilirlik kapsamında önem kazanmaktadır. Biyokütle enerjisi potansiyel açısından, ülkemiz için en önemli ve avantajlı yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Ülkemizin coğrafik yapısı ve topraklarının biyokütle üretimi açısından elverişli olması ve başta kırsal bölgeler olmak üzere biyokütle enerjisi ile ilgili taleplerin artması, biyokütle enerjisini ön sıralara taşımaktadır (Koçar ve Eryaşar, 2018).

Başlıca biyokütle kaynakları aşağıda listelenmiştir.

Bitkisel Biyokütle Kaynaklar: Yağlı tohumlu bitkiler (kanola, ayçiçek, soya v.b.), Şeker ve nişasta bitkileri (patates, buğday, mısır, şeker pancarı v.b.), Elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum, miskantus, v.b.), Protein bitkileri (bezelye, fasulye v.b.), Bitkisel ve tarımsal atıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk, v.b.) (URL, 9).

Orman ve Orman Ürünlerinden Elde Edilen Biyokütle Kaynakları: Odun ve orman atıkları (enerji ormanları ve enerji bitkileri, çeşitli ağaçlar) (URL, 9).

Hayvansal Biyokütle Kaynakları: Sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların dışkıları, mezbahane atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar (URL, 9).

Organik çöpler, Şehir ve Endüstriyel Atıklardan Elde Edilen Biyokütle Kaynakları: Kanalizasyon ve dip çamurları, kâğıt, sanayi ve gıda sanayi atıkları, endüstriyel ve evsel atık sular, belediye ve büyük sanayi tesisleri atıkları (URL, 9).

Türkiye'nin biyokütle atık potansiyelinin yaklaşık 8,6 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) ve üretilebilecek biyogaz miktarının 1,5-2 MTEP olduğu tahmin edilmektedir. Toplam 811 MW'lık Kurulu güce sahip biyokütle kaynaklı elektrik üretim santrallerinden, 2018 yılında 3.216 GWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir (URL, 9).

Ülkemizde de biyoyakıt kullanımı, öncelikle tüketici tasarrufunu ve petrol ithalatının azaltılmasını sağlayacak ve temiz çevrenin gelişimine önemli katkıları olacaktır.

1.5.Alternatif Kaynak Nükleer Enerji

Nükleer santraller, nükleer çekirdek bölünmesi reaksiyonları sonucu açığa çıkan enerjiyi, sürekli ve güvenli bir şekilde elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Bir nükleer santral, nükleer reaksiyonların gerçekleştiği reaktör kısmı hariç, herhangi bir termik santrale benzer. Nükleer reaktörde çekirdek bölünmesi sonucu açığa çıkan enerji, yakıt çubuğu ile reaktörün geri kalan kısmında ısı enerjisine çevrilir. Bu ısı enerjisi bir soğutucu tarafından taşınır, bu soğutucu ya faz değiştirerek kaynar ve üretilen buhar türbine yollanır ya da soğutucu faz değiştirmez, ısınır, bir buhar üreticisine gönderilir, buhar, daha sonra türbine gönderilir (Ergün,2010).

Nükleer enerjinin en büyük avantajı verimli, sürekli, güvenilir, güçlü ve temiz enerji olmasıdır. Nükleer santraller en verimli elektrik üretim kaynaklarıdır. Ortalama %92 kapasite faktörü ile 7/24 durmaksızın elektrik üretmektedirler. Nükleer santrallerin yakıt değişimleri 18 ayda bir sonbahar ya da ilkbahar mevsimlerine denk getirilerek yapılır. En kötü hava koşullarından bağımsız bir şekilde elektrik üretimine devam ederler. 1 cm uzunluğundaki bir fıstık büyüklüğündeki bir uranyum yakıt peleti 1 ton kömür ya da 481 m³ doğalgazdan üretilebilecek elektriği üretebilmektedir. Bir nükleer reaktör ile ortalama 782000 evin elektriği karşılanabilmektedir. Akkuyu nükleer elektrik santralının bir ünitesi Adana'nın elektrik ihtiyacını rahatlıkla karşılayabilmektedir (Durmuş ve Karakaya, 2018).

Ülkemiz 1956 yılında kurulan Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın aynı yıl içinde üyesi olmuş 1965'te ilk nükleer santrali kurmak için çalışmalara başlamıştır. 1974 yılında şu anki Akkuyu sahası ilk nükleer santral için 1976 yılında saha lisansı alınmıştır (ETKB,2017).

Türkiye ile Rusya Federasyonu arasında 15 Temmuz 2010 tarihinde, Akkuyu'da nükleer santral tesisi ve işletmesi işbirliği hakkında imzalanan anlaşma TBMM Genel Kurulu'nda kabul edilmiştir. Yapılan bu anlaşma ile Akkuyu Nükleer Santrali 4 reaktör 1200 MW kapasiteye sahip olacak ve toplamda 4800 MW güç üretecektir. 3 Nisan 2018 tarihinde Akkuyu Nükleer Santrali'nin temeli atılmıştır Santral tam kapasite çalışmaya başladığında yıllık ortalama 35 milyar kilovat saat elektrik üretecektir. Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Japonya Hükümeti arasında 3 Mayıs 2013 tarihinde Sinop'ta Nükleer Güç Santrali tesisi ve işletimine dair anlaşma imzalanmıştır. Bu anlaşmaya göre 4 reaktör 1120 MW'lık toplam 4480 MW'lık santral kurulacaktır (Durmuş ve Karakaya, 2018).

3 Mayıs 2013 tarihinde Japonya ile imzalanan milletlerarası anlaşma uyarınca, Sinop ili sınırları içerisinde kurulması planlanan nükleer santralin toplam kurulu gücü 4480 MW

olacaktır. Anlaşma uyarınca, santralin ilk iki ünitesinin 2023 ve 2024 yıllarında, diğer ünitelerinin ise 2027 ve 2028 yıllarında işletmeye alınması planlanmaktadır. Sinop Nükleer Güç Santraline ilişkin sahanın uygunluğunu teyit etmek amacıyla fizibilite çalışmalarına devam edilmektedir (ETKB,2017).



İKİNCİ BÖLÜM

DÜNYA SU KAYNAKLARI VE SUYUN ENERJİ KAYNAĞI OLARAK ÖNEMİ

Su en küçük canlı organizmalardan başlayarak bütün biyolojik sistemi ayakta tutan ve canlı hayatının devamlılığını sağlayan unsurların başında gelir. Su yeryüzünde yaşamın başladığı yer olarak kabul edilir. İnsanın varoluşundan günümüze kadar geçen süreçte doğrudan veya dolaylı olarak insan hayatına yön vermiştir.

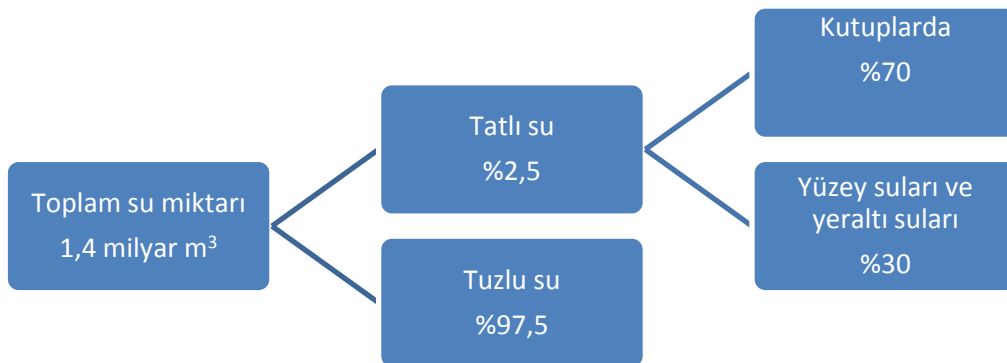
Su, yüzyıllar boyunca tüm medeniyetler için çok önemli bir doğal kaynak olmuş, hemen hemen ilk bütün uygarlıklar su kenarında kurulmuştur. Teknolojinin ilerlemesi ile sudan faydalanma oranı ve şekilleri artış göstermektedir. Su kaynaklarının içme-kullanma, sulama suyu, enerji üretimi gibi pek çok amaç için geliştirilmesi sonucunda su, ülkelerin ekonomik kalkınmasında vazgeçilemez bir yer edinmiştir (Akkaya, Cansen ve Ark. 2006).

Yeryüzündeki bataklık, göl, akarsu, deniz, okyanus gibi su ortamları, içlerinde barındırdıkları, karşılıklı ilişki içerisinde oldukları, bitki ve hayvan toplulukları ile birlikte akvatik ekosistemleri oluştururlar. Su ekosistemlerinin en genişini, okyanuslar ve denizel ekosistemler meydana getirmektedir (Garipağaoğlu, 2011).

2.1. Dünya’da Su Kaynakları

Yeryüzünde oldukça geniş bir yayılım gösteren aynı zamanda doğanın devamlılığında önemli bir rol oynayan su kaynaklarının bilinçsizce kullanılması ve tüketilmesi günümüz dünyasında önemli sorunların başında gelmektedir.

Şekil 1: Dünya Su Kaynakları



Kaynak;URL, 13.

Dünya yüzeyinin yaklaşık %71'nin sularla kaplı olduğu bilinmektedir. Dünyamızın %71'ini örten su tabakasının (hidrosfer) %97,5'ini tuzlu suları olan okyanuslar ve denizler oluşturur. Geri kalan %2,5'ini ise, tatlı sular olan göller, nehirler, ırmaklar yer altı suları, kutuplarda buzullar halindeki sular, atmosferdeki su buharı, bulutlar, düşen yağmur ve kar oluşturmaktadır (URL, 13).

Dünya yüzeyinin önemli bir kısmının sularla kaplı olmasına rağmen insanoğlunun ihtiyaçlarını karşılamak için kullanabileceği su miktarı oldukça kısıtlıdır. Günümüzde tüketimin hız kazanması ekosistemdeki her canlıyı değerli kılmaktadır. Canlı hayatının Post-modern kültürün gelişmesinde ve şekillenmesinde aktif rol alan medya ile birlikte insanların mal ve hizmetlere yaklaşım biçimleri hayatı ikameden ziyade, haz ve mutluluk için bilinçsiz ve kontrolsüz tüketime yol açmıştır. Bu doğal kaynaklara devletlerin ve nüfusun yaklaşım tarzını değiştirerek eko-jeopolitik olarak adlandıracağımız yeni bir güvenlik anlayışının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Eko-jeopolitiğin temel unsurlarını fiziki coğrafya elemanlarından; iklim, hidrografiya, toprak ve bitki örtüsünün maruz kaldığı saldırılar sonucu insanların ana ihtiyaçlarını giderme kabiliyetlerini kaybetmesi olayıdır (Arıbaş, 2007).

Sanayi devrimi ile birlikte uygulanan sınırsız büyüme modeli, su kaynaklarının kirlenmesi, artan nüfus ve artan tüketim baskısı, suyun zaman ve mekândaki eşitsiz dağılımı, artan iklim değişimi etkileri, artan su, enerji ve gıda ilişkisi dünya çapında su yönetimini uluslararası gündemin ön sıralarına çıkartmıştır.

İnsanın ve dolayısıyla toplumun temel ihtiyaçlarından olan suların paylaşımı ve yararlanma kurallarının belirlenmesi de, devletlerarası uyumsuzlukların ve uluslararası hukukun temel konularından biri olarak karşımıza çıkar. Suların önemi; tüm dünyada çevre kirlenmesi, nüfusun ve ihtiyaçların artması, suyun kalitesinin düşmesi gibi nedenlerle artarken, Orta Doğu'da ve dünyanın farklı bölgelerinde bu önemin derecesi çok daha yukarılara tırmanmaktadır. Son elli yıldır su konusu devletlerin yanı sıra uluslararası örgütlerce de titizlikle ele alınmaya başlamıştır (Arıbaş, 2007).

2.2. Türkiye'de Su Kaynakları

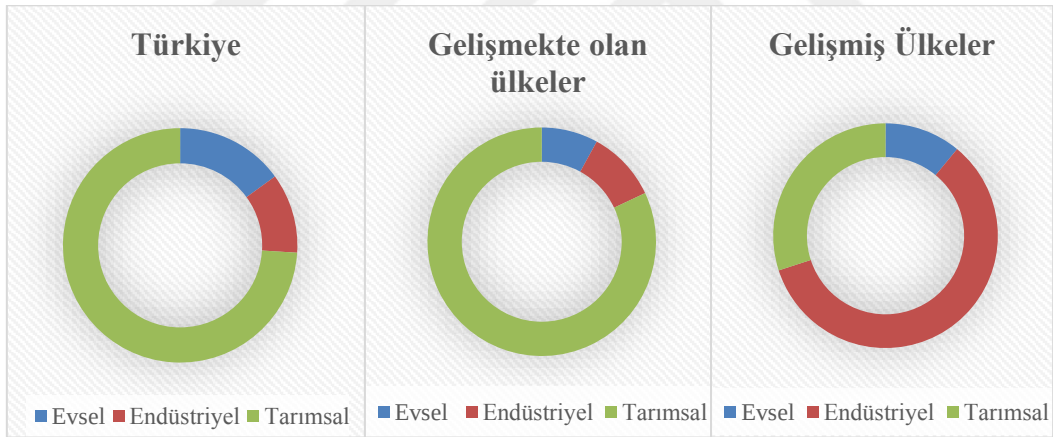
Ülkemiz Karadeniz, Marmara, Ege, Akdeniz tarafından çevrelenmiş bir yarımada ülkesidir. Üç tarafı denizlerle çevrili, akarsu ağı bakımından zengin bir ülkedir. Orta doğu ülkelerine göre su zengini sayılabilir ancak yıllık yağış miktarına bakıldığında zaman Türkiye su fakiri ülkeler sınıfına girmektedir.

Türkiye’de yıllık ortalama yağış yaklaşık 643 mm olup, yılda ortalama 501 milyar m³ suya tekabül etmektedir. Bu suyun 274 milyar m³’ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m³’lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m³’lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m³’lük suyun 28 milyar m³’ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca komşu ülkelerden ülkemize gelen yılda ortalama 7 milyar m³ su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin brüt yerüstü suyu potansiyeli 193 milyar m³ olmaktadır (DSİ, 2018).

2.2.1. Su Kaynaklarından Yararlanma

Suyun sektörel paylaşımında %74 ile tarım ilk sırayı çekerken, %15 ile evsel kullanım ikinci ve %11 ile de endüstri sektörü üçüncü sırada yer almaktadır. Türkiye’de suyun sektörel dağılımı gelişmekte olan ülkelerle benzerlik gösterirken gelişmiş ülkelere oldukça farklıdır (Grafik 2) (Akgün, 2011).

Grafik 2: Suyun sektörel dağılımı (Türkiye ve Dünya)



Kaynak;Akgün, (2011).

Türkiye’de suyun sektörel dağılımı incelendiğinde tarımsal sulamanın ön planda olduğunu, sanayideki su kullanım oranının ise gelişmiş ülkelere göre çok daha düşük olduğu görülmektedir. Ülkelerin su kullanımlarına bakıldığında gelişmiş ülkelerde sanayideki su kullanımının yüksek olduğu gelişmekte olan ülkelere ise tarımın su kullanımında ilk sırada yer aldığını görülmektedir (Grafik 2).

Tablo 6: Türkiye Su Kaynakları Potansiyeli

Yıllık ortalama yağış	643 mm/yıl
Türkiye'nin yüzölçümü	783.577 km ²
Yıllık yağış miktarı	501 milyar m ³
Buharlaşma	274 milyar m ³
Yeraltına sızma	41 milyar m ³
Yüzeysel Su	
Yıllık yüzey akışı	186 milyar m ³
Kullanılabilir yüzey suyu	98 milyar m ³
Yeraltı suyu	
Yıllık çekilebilir su miktarı	14 milyar m ³
Toplam kullanılabilir su	112 milyar m ³
Kullanım yerleri	
Tarımda kullanılan	32 milyar m ³
İçme suyu için kullanılan	7 milyar m ³
Sanayide kullanılan	5 milyar m ³
Toplam Kullanılan Su	44 milyar m ³

Kaynak: DSİ, 2018

Ülkeler kullanılabilir su miktarına göre su fakiri, su azlığı çeken ve su zengini şeklinde sınıflandırılır. Su miktarı yılda kişi başına 1.000 m³'ten az ise su fakiri, 1.000-2.000 m³ arasında su azlığı çeken, 2.000 m³ 'ten çok ise su zengini olarak değerlendirilir. Türkiye'de yıllık kişi başına 1.555 m³ suyun düştüğü ve su azlığı çeken ülkeler arasında olduğu belirtilmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2014 sonuçlarına göre Türkiye nüfusu 77.695.904'tür. Bu durumda yıllık kişi başına düşen su miktarının 1441 m³ 'e düşmesiyle giderek su fakiri ülkeler durumuna yaklaştığı görülmektedir. Türkiye için verilen bazı istatistiklere göre, 2008 - 2014 yılları arasında nüfusun yaklaşık 6 milyon arttığı, tarım alanı miktarlarının çok az olsa düştüğü, belediyelerde çekilen toplam suyun yaklaşık 700.000 m³ (% 15) arttığı görülmektedir (Usta, 2016).

2.3. Akarsular

Doğal bir yatak içinde akan su kütlelerine akarsu ismi verilmektedir. Akarsu terimi, doğal bir yatak içinde akan küçük, büyük bütün su kütlelerini kapsamına alır(Hoşgören, 2004).

Yeryüzüne düşen yağış suları topoğrafik eğim ve çekime bağlı olarak çizgisel veya yüzeysel olarak akışa geçer. Çizgisel akış vadi olarak tanımlanan belirli bir yatak içinde gerçekleşir ve bunlar büyüklüklerine göre sel, dere, çay ırmak veya nehir olarak adlandırılır. Belirli bir yatağa bağlı olmayan ve yamaç yüzeyleri üzerinde gerçekleşen su akışı ise yüzey sellenmesi olarak adlandırılır. Akarsuların yerin şekillenme sürecindeki etkisi akarsu ağının sıklığı, yatakta taşınan su kütlesinin debisi ve enerjisi ile yakından ilgilidir (Dirik, 2018).

Akarsuyun fazla su taşıdığı dönemlerdeki yatağına taşkın yatağı, az su kütlesi taşıdığı zamanlarda kullandığı yatağa ise küçük yatak adı verilir. Boyuna profilde yatağın en düşük kotta yer alan noktalarının birleşmesinden elde edilen enine profile talveg (taban düzeyi) denir. Jeomorfolojide akarsuların drenaj havzaları boy profilleri esas alınarak yukarı, orta ve aşağı çığır olarak üçe ayrılır. Yukarı çığır ya da yatakta talveg eğimi genelde yüksek olup akarsu enerjisinin büyük bölümü aşındırma sürecine harcanır. Orta çığırda taşıma, aşağı çığırda ise biriktirme egemen süreçtir (Dirik, 2018).

Türkiye akarsular açısından zengin bir ülkedir. Kaynakları Türkiye topraklarında olan birçok akarsu değişik denizlere dökülür. Karadeniz'e Sakarya, Filyos, Kızılırmak, Yeşilırmak, Çoruh ırmakları; Akdeniz'e Asi, Seyhan, Ceyhan, Tarsus, Dalaman ırmakları; Ege Denizi'ne Büyük Menderes, Küçük Menderes, Gediz ve Meriç nehirleri; Marmara Denizi'ne Susurluk/Simav Çayı, Biga Çayı, Gönen Çayı dökülür. Ayrıca Fırat ve Dicle nehirleri Basra Körfezi'nde, Aras ve Kura nehirleri ise Hazar Denizi'nde son bulur.

Kızılırmak 1.355 km, Yeşilırmak 519 km, Ceyhan Irmağı 509 km, Büyük Menderes 307 km, Susurluk Irmağı 321 km, Suriye sınırına kadar Fırat Nehri 1.263 km, Dicle Nehri 523 km, Ermenistan sınırına kadar Aras Nehri 548 km uzunluğundadır (DSİ, 2018).

2.3.1. Akarsuların Genel Özellikleri

Hidroelektrik santrallerden enerji sağlamada en önemli etken akarsuların verimliliğidir. Eğer akarsu yüksek debili ve düzenli rejimde akış gösteriyorsa, üzerinde hareket ettiği arazinin eğimi fazla ve geçirimsizliği az ise o akarsu enerji üretimi için uygundur.

Türkiye'nin dünya üzerindeki yeri göz önüne alındığında, akarsular açısından, pek çok komşusuna göre daha şanslı olduğu görülür. Özellikle, güneyde yer alan Suriye, Irak, İran gibi kurak bir iklimi olan komşularımıza bakacak olursak Türkiye'nin büyük bir yerüstü ve yeraltı su potansiyeline sahip olduğu daha iyi fark edilir (Yiğitbaşoğlu,1996).

Türkiye'nin yağış rejiminin düzensiz olması akarsuların da rejiminin düzensiz olmasına yol açmıştır ancak ülkenin engebeli yapıya sahip olması enerji üretimi için bir avantajdır. Genel olarak dağların kıyıya paralel uzanmasından dolayı akarsularımızın uzunluğu kısadır. Akarsuların debisi ve uzunluğu üzerinde etkili olan faktörler;

-İklim,

-Jeomorfolojik Özellikler,

-Bitki Örtüsü,

-Litolojik Özellikler,

-Yeraltı Suları, Kaynaklar Ve Göller olarak belirtilebilir.

Aşağıda bu faktörler açıklanmaktadır.

2.3.1.1. İklim

İklim, özellikle onun bir elemanı olan yağış, akarsuların oluşumunda rol oynayan en önemli etkidir. Yağmur şeklindeki yağışlar akarsular için gerekli olan suyu temin eder. Kar şeklindeki yağışlar ise erime devrelerinde akarsulara su sağlar. Yine erime devrelerinde akarsuları besleyen buzullarla, yeraltı suları ve kaynakların kökenlerini de yağışlar meydana getirir. Böylece iklim, yağış miktarını ve şeklini tayin etmek suretiyle akarsuların oluşumunda rol oynamış olur. Ayrıca iklim, sıcaklık elemanı ile özellikle buharlaşmanın derecesini ve süresini tayin ederek akarsuların oluşum ve gelişimlerinde olumsuz yönden etkili olur (Hoşgören, 2004).

Türkiye'de yarı kurak iklim özellikleri görülür. Buna karşın Türkiye'nin üç tarafının denizlerle çevrili olması, yüksek sıradağların kıyıları boyunca uzanışı, ani yükselti değişiklikleri ve kıyıya olan uzaklık, iklim özelliklerinin kısa mesafelerde farklılaşmasına sebep olmaktadır. Sıcaklık, yağış ve rüzgârlarda iklim özelliklerine bağlı olarak farklılıklar gösterir. Ülkenin kuzeyi ile güneyi arasındaki enlem farkı da (6°) sıcaklık değişiminde önemli bir rol oynamaktadır. Bu yüzden güney bölgeleri, subtropikal iklimlere benzer Akdeniz

ikliminin etkisi altındadır. Akdeniz ikliminde yazlar kurak ve çok sıcak, kışlar yağışlı ve ılık geçer. Kuzeyde ise her mevsim yağışlı olan Karadeniz iklimi görülür. İç bölgeler step iklimi karakterindedir ve sıradağlarla çevrelenmiş olduğundan az yağış alır. Yıllık ve günlük sıcaklık farkları çoktur. İç ve Doğu Anadolu’da kışlar uzun ve soğuk, kıyı bölgelerindeyse kısa ve ılıktır. Yağış bölgeye ve zamana göre büyük farklılıklar gösterir (DSİ, 2018).

İklimin elemanlardan olan yağış ve sıcaklık akarsu üzerinde etkilidir. Akarsuyu meydana getiren en önemli faktörlerden birisi de yağıştır. Yağışlara paralel olarak akarsuyun taşıdığı su miktarı da genel olarak artar ve bu da hidroelektrik enerji potansiyelinin artması demektir. Yağış kar şeklinde toprağa düşerse, erimesi için belirli bir zaman geçmesi gerekmektedir. Akışa genel olarak ilkbahar ve yaz mevsiminde geçmekte ve süreçte birçok akarsuyu beslemektedir.

Sıcaklık akarsuların rejimi üzerinde son derece etkilidir. Nitekim sıcaklığın artması bir taraftan buharlaşmanın artmasına diğer yandan da kar ve buzların erimesine, sıcaklığın düşmesi yağışların kar şeklinde yerde kalmasına neden olmaktadır. Yüksek kısımlarda ve karlı iklimlerde yağış olmasa bile karların eridiği ilkbahar dönemlerinde akım artmaktadır. Yağışlı iklimlerde yaz döneminde sıcaklığın artması ile akımda düşmeler görülmektedir. Nitekim ülkemizde Karadeniz bölgesindeki akarsuların akımı adeta sıcaklık seyrini takip etmekte olup, bu bölgedeki yüksek akımlar, yağışların az olmasına rağmen sıcaklığın yükselerek yüksek kısımlardaki karların eridiği ilkbahar (Mayıs) aylarıdır. Düşük akımlar ise yağış miktarı fazla olmasına karşılık yağışların kar şeklinde düştüğü kış aylarıdır. İç bölgelerimizde de yüksek akımlar, karların eridiği ilkbahar dönemine (Nisan) tekabül etmektedir (Atalay, 1986).

Ülkemizi genel olarak incelediğimizde bölgelerarası yağışta farklılaşma görmekteyiz. Mesela Karadeniz bölgesi geneli yıl boyunca yağışlı iken Akdeniz iklimi görülen bölge de yazın akarsular çekilmekte hatta bazen kurumaktadır. Bu iki bölgeyi kıyasladığımızda akarsular nitelik ve nicelik bakımından bir olmadığını görmekteyiz buna bağlı olarak hidroelektrik potansiyelleri de farklılık göstermektedir. Sıcaklık ülkemiz akarsuları için genel olarak olumsuz bir etkidir. Sıcaklıkların artmasına bağlı olarak akarsularda buharlaşma artacağından akım miktarları azalacaktır. Ancak yaz aylarında karların erimesini sağlayarak akımda artış meydana getirir (DSİ, 2016).

2.3.1.2. Jeomorfolojik Özellikler

Akarsuya etki eden jeomorfolojik özellikleri yükselti, eğim ve bakı meydana getirir. Yükseltinin iki türlü etkisinden bahsedebiliriz; yükselti arttıkça sıcaklık azalır ve yoğunlaşma artar ve yağış oluşumunu dolaylı yoldan etkilemiş olur. Diğer etkisi ise yükseltinin olduğu araziler genelde eğimin fazla olduğu bölgeleri meydana getirir. Eğimin fazla olduğu bölgelerde suyun hareketinin ve gücünün en fazla olduğu alanlardır ve enerji potansiyeli bakımından çok önemlidir. Akarsu üzerinde suyun toplanmasını sağlayacak çanakların bulunması da önemli bir faktördür. Bakı etkisi ise ülkemiz için güney yamaçlarda ısıнын fazla olması buna bağlı olarak yağışın karakterini ve miktarının belirlenmesinde dolaylı olarak rol oynamaktadır.

Yamaçların kuzey veya güney yönüne bakmaları; yağmuru getiren rüzgârlara dönük olmaları veya yağmur gölgesinde kalmaları, onların sıcaklık ve nemlilik oranları üzerinde etkili olur. Örneğin, kuzey yarım kürede, genellikle kuzeye bakan yamaçlar güneye bakanlara oranla daha nemli ve soğuktur, daha gür bitki örtüsüyle kaplıdır (Hoşgören, 2004).

Eğimi az olan özellikle akarsu havzasının büyük bir bölümünün plato veya aşınım sathı üzerinde bulunduğu alanlarda, yağış sularının zemine sızması için gerekli zamanın fazla olması, yüzeysel akıma geçen suların hızının düşük olması, akımın yavaş olması ve bundan dolayı da buharlaşmanın az da olsa artması akımın yavaş yavaş yükselmesine neden olmaktadır (Atalay, 1986).

2.3.1.3. Bitki Örtüsü

Bitki örtüsünün akarsuya hem olumlu hem de olumsuz etkisinden bahsedebiliriz. Bitki örtüsünün yoğun olduğu bölgelerde terleme olayının meydana getirdiği nem miktarındaki artış ve ağaçların zemine güneş ışınlarını geçirmemesi nedeniyle buharlaşmayı engellemesi olumlu etkilerini oluşturur. Yağan yağmurun bitkiler tarafından tutulup zemine ulaşmadan buharlaşması ise bitki örtüsün akarsuyun akışını olumsuz etkilemesidir.

2.3.1.4. Litolojik özellikler

Zeminlerin ortam koşulları zeminin cinsine göre değişiklik göstermesi nedeniyle, suyun bu değişik ortamlar içindeki hareketlerinde farklılıklar meydana gelmektedir. Eğer zemini oluşturan kayalar gevşek yapıya sahip ve iri taneli ise çakıl taşı gibi daha fazla boşluk

oluşturur ve sızma oranı yükselir. İnce taneli bir zemin ise kil gibi geçirgenliklerin çok küçük olması nedeniyle sızma daha az olur. Yine zeminin mineral yapısı, çatlaklı ve kolay eriyebilen dayanıksız kayalardan oluşması zemin akım koşullarına etki eden diğer bir faktördür. Zeminlerin boşluklarını dolduran suyun hızı ve akım türü değişik olur. Eğer su bir kaya içinden akıyorsa, kayanın çatlaklı bir kaya olup olmadığına, erime boşluklarının bulunup bulunmadığına dikkat etmek gerekir. Çünkü böyle bir ortamda hem akım türü, hem de akım rejimi farklı olmaktadır (Tekinsoy, 2002).

2.3.1.5. Yeraltı Suları, Kaynaklar ve Göller

Yeraltı su seviyesinin yer yüzeyine yakın olduğu yerlerde sızma yoluyla olan yağış kaybı az olacağından bu durum akarsuların oluşumunu kolaylaştıracaktır. Yeraltı sularının belirli koşullar altında yeryüzüne çıkmasıyla oluşan kaynaklar da akarsuların meydana gelmesinde rol oynarlar (Hoşgören, 2004).

Göllerde taşan fazla sular giderek kendilerine bir yatak oluşturur ve bu gideğen aracılığıyla akarsuları meydana getirirler.

2.3.2. Akarsu Rejimi

Akarsuyun herhangi bir noktasındaki kesitinden bir saniyede geçen suyun ortalama hacmine akım (debi) denir (Hoşgören,2004). Akımın zamana ve yere göre gösterdiği değişimler ise akarsuyun rejimini tanımlar. Akım rejimleri açısından akarsular düzenli ve düzensiz olmak üzere iki ana gruba ayrılır.

Yatağa gelen su ile çeşitli yollardan uğranılan kayıplar arasındaki eşitlik veya oynamaların düşük olduğu akarsular düzenli rejimli, su bilançosunda farklılıkların yüksek olduğu akarsular ise düzensiz rejimli olarak tanımlanır (Dirik, 2018).

Akarsu hidrolojisi incelemelerinde, önemle ele alınan, ölçülen ve hesaplanan akarsu bilim konularından biri de, ekonomik amaçlarla sulardan yararlanılması tasarlanan akarsuların; yıllık ortalama, maksimum ve minimum akım değerlerin, uzun yılları içerecek biçimde hesaplanmasıdır. Bu hesaplar akım ölçme verilerinin sonuçlarına dayandırılır. Özellikle çok amaçlı barajların kurulup kurulamayacağı ve ekonomik olup olmayacakları bakımından; akım ölçmelerinin mutlaka yapılmış olması gerekir. Bu gibi ölçmelere hidrometrik ölçmeler de denir (Doğanay, 1999).

Akımı etkileyen, yüksek ya da düşük olmasına yol açan, başlıca doğal çevre faktörleri özetle şunlardır;

-Akarsuyun, su toplama bölgesine(havza) bağlı yıllık yağış miktarının, az veya çok olması

-Akarsu yatağı ve su toplama bölgesi(havza) katmanlarının, geçirimli ya da geçirimsiz oluşu

-Akarsu su toplama bölgesinde(havza), beslenme kaynaklarının; sadece yağmurlar ya da yağmur, kar, buzul ve toktağan kar(kalıcı karlar) olup, olmayışı

-Akımın, yüksek ya da düşük olması; akarsu su toplama bölgesi ve akarsu yatağı boyunca meydana gelen buharlaşma, yani evaporasyon şiddeti ile yakından ilgilidir (Doğanay, 1999).

Beslenme kaynaklarına göre başlıca akarsu rejim tipleri şunlardır;

1-Yağmurlarla Beslenen Akarsular: Debileri genel olarak büyük ölçüde yağmur sularına bağlıdır. Bu rejim tipi; yaz mevsimleri akım düzeyi en düşük ve ilkbahar mevsimi en yüksek okyanusal rejim; Ağustos-Eylül ayları minimum ve maksimum şubat olan subtropikal rejim (Akdeniz rejimi) ile maksimum yaz mevsimine ve minimum kış mevsimine (yaz musonları) rastlayan tropikal rejim olarak üç farklı alt tipe ayrılır. Bütün bu alt tiplere plüviyal rejim de denir (Doğanay, 1999).

Yağmur sularıyla beslenen akarsular genellikle uzunluğu kısa olanlardır. Çünkü kısa mesafelerde bile iklim değişiklikleri görüldüğü için uzunluğu fazla olan akarsularda yağmurun yanı sıra kar erimeleri de etkili olmaktadır. Ege ve Akdeniz bölgelerinde yağışın büyük bölümü kış mevsiminde düşmektedir. Bölge akarsularında akımın en yüksek olduğu dönem ocak ve şubat aylarıdır. Yaz aylarının kurak geçmesi ve buna bağlı olarak buharlaşmanın artması akarsu seviyelerinde düşüşe neden olmaktadır.

2- Karla Beslenen Akarsular: Bu akarsularda akım yükselmeleri, genel olarak kar ve buzulların erimesiyle ilgilidir. Akarsular maksimum akımlarına yazları ulaşır ve uzun bir kış devresinde minimum düzeyde kalırlarsa, bu rejime buzul rejimi denir. Alp Dağları ve polar-subpolar bölgeler akarsularında rejim böyledir (Doğanay, 1999).

Beslenme kaynaklarını yüksek dağların üst kısımlarındaki kar ve buz kütleleri oluşturur. Kar ve buz kütleleri, sıcaklığın artmasıyla eriyerek suya dönüşür ve akarsuları besler. Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu'daki akarsular karla beslenen akarsulara örnek oluştururlar.

3-Karışık Yollarla Beslenen Akarsular: Bu akarsular toplama bölgelerine düşen yağmurlar, oluşan ve eriyen kar örtüsü suları ve kısmen de buzullarla beslenirler. Dönenceler arası bölgelerden kaynaklarını alan akarsular bu kategoriye dâhildir. Maksimumları mayıs ve aralık, minimumları mart ve temmuz ayına rastlar (Doğanay, 1999).

Ülkemizde iklimlerin çeşitlilik göstermesi buna bağlı akarsuların farklı iklim bölgelerinden geçişi karma rejimli akarsuların oluşumuna ortam hazırlamıştır. Örneğin kaynağını iç bölgeden alan Seyhan nehri karasal iklim bölgelerinden geçerek Akdeniz iklim bölgesinden sularını denize ulaştırır.

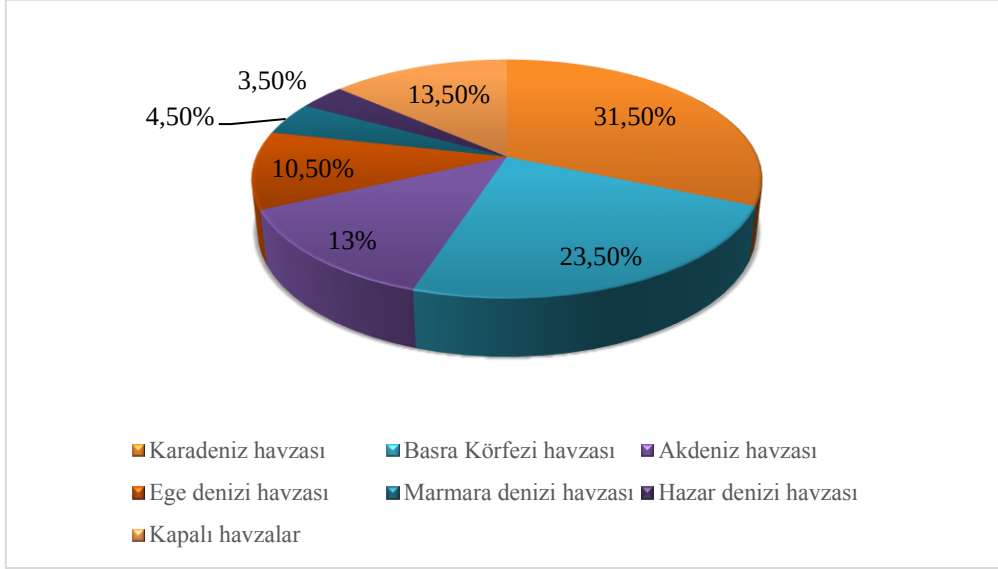
Karstik kaynaklarla beslenen akarsular ise, karstik rejim gösterirler. Yazları çekik düzeyde diğer mevsimler normal ve taşkın düzeyinde olurlar. En yüksek düzeylerine sonbahar ve kışları ulaşırlar (Doğanay, 1999).

2.3.3. Türkiye Akarsu Havzaları

Yağışlarla yeryüzüne düşen, kaynaklardan çıkıp belirli bir yatakta akan, sonra da deniz, göl veya çöllere ulaşan sulara akarsu denir. Bir akarsuyun, bütün kollarının kapsadığı su toplama alanına yağış alanı (havza) denir. Yağış alanında suların aşındırmasından meydana gelen maddelerin sürüklenerek eğimin azaldığı yerlerde birikmesiyle oluşan kıyı ovalarında akarsular menderesler çizerek sürekli yer değiştirirler (Bıyık, 2011).

Atalay'a göre havza, Çevresine nazaran çok alçakta olan oluk ve tekne halinde uzanan çevredeki akarsuların toplandığı, yer yer göl ve bataklıkların yerleştiği sahalar olarak değerlendirilmektedir (Atalay, 1982).

Grafik 3: Türkiye akarsu havzaları yüzölçümü oranları



Kaynak: Hoşgören, 1979.

Akarsu havzalarının Türkiye yüzölçümündeki dağılımları incelendiğinde en büyük paya sahip havzanın Karadeniz havzası olduğu görülmektedir. Marmara denizi havzası ise Türkiye de yer alan en küçük akarsu havzasını meydana getirmektedir (Grafik 3).

Akarsu havzalarından Karadeniz havzasında, Çoruh, Harşit çayı, Melet çayı, İyidere, Yeşilırmak, Kızılırmak, Filyos, Sakarya, Riva; Marmara havzasında, Susurluk, Gönen çayı; Ege denizi havzasında, Meriç, Bakırçay, Gediz, Büyük Menderes ve Küçük Menderes; Akdeniz havzasında, Dalaman çayı, Aksu, Göksu, Seyhan, Ceyhan, Asi; Basra Körfezi havzasında, Dicle, Fırat; Hazar denizi havzasında da Aras nehri gibi belli başlı akarsular yer almaktadır. Van gölü, Tuz gölü ve Göller yöresindeki Eğirdir, Burdur, Akşehir, Eber gölleri gibi kapalı havzalarda ise onların çevrelerinde yer alan yüksek kütlelerden doğup gelen bir takım küçük akarsular yer almaktadır (Hoşgören, 1979).

Toplam su potansiyeli ve yüzey alanı açısından bakıldığında Fırat Havzası diğer havzalardan büyüktür. Aralarında Türkiye'nin en büyük barajı olan Atatürk Barajı'nın da bulunduğu 90 baraj bu havzada yer almaktadır. Fırat'tan sonra su potansiyeli en yüksek olan havza ise Dicle'dir. Dünyanın en büyük projelerinden biri olan Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamındaki bir bölümü tamamlanmış 19 baraj ve 22 hidroelektrik santral (HES) Dicle ve Fırat havzaları içinde yer almaktadır. Nüfus bakımından ise en yoğun havza Marmara Havzası'dır. Ülke endüstrisinin kalbi bu bölgede atmaktadır. Bu da toplam su kapasitesi düşük olan bu havzadaki su kaynaklarının hem tüketim hem de kirlenme olarak

yoğun baskılar altında olması sonucunu doğurmaktadır. En düşük nüfusa sahip olan havzalar ise Burdur, Akarçay ve Çoruh'tur (Akgün,2011).

Türkiye'nin akarsu havzaları aşağıda gösterilmektedir. Basra Körfezi ve Hazar Denizi havzaları, uluslararası nehir havza bölgeleri olarak birleştirilmiştir. Bu havzalar 6 tane nehir havza bölgesi olarak gruplandırılmıştır. Bu nehir havza bölgesi gruplandırması Ekim 2003 tarihinde Ulusal Platform tarafından kabul edilmiştir.

Harita 3: Türkiye Ana Akarsu Havzaları



Kaynak; Grontmij, 2003.

Bu altı nehir havza bölgesi aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır;

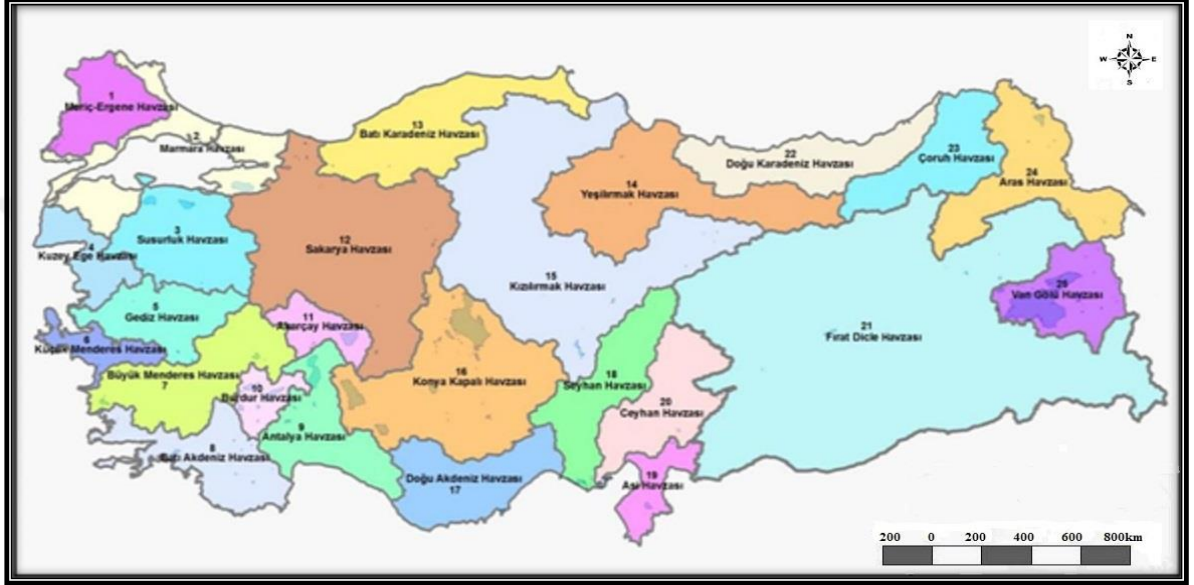
1. Marmara Denizine dökülen havzalar: Marmara ve Susurluk
2. Karadeniz'e dökülen havzalar: Batı Karadeniz, Kızılırmak, Yeşilırmak, Doğu Karadeniz
3. Akdeniz'e dökülen havzalar: Ceyhan, Seyhan, Doğu Akdemiz, Batı Akdeniz, Antalya
4. Uluslararası havzalar:
 - a. Suriye, Irak, İran, Gürcistan ve Ermenistan'a dökülen havzalar: Asi, Fırat, Dicle, Aras, Çoruh.

b. Yunanistan'a dökülen havzalar: Meriç-Ergene.

5. Ege Denizine dökülen havzalar: Büyük Menderes, Küçük Menderes, Gediz, Kuzey Ege

6. Kapalı havzalar: Burdur, Göller, Konya Kapalı ve Van Kapalı havzaları (Grontmij, 2003).

Harita 4: Türkiye Akarsu havzaları



Kaynak; DSI, 2017b.

Türkiye havzalarının yıllık akış miktarı 186 milyar m³ olup, bu akışın yaklaşık yarısı beş havzada(Fırat, Dicle, Doğu Karadeniz, Doğu Akdeniz ve Antalya) bulunmaktadır. Bu beş havza dışındaki 21 havza, toplam su akışının geri kalan yarısını paylaşmaktadır. Sadece Fırat ve Dicle Havzaları'nın payı toplam akışın %30 'unu bulmaktadır (Garipağaoğlu, 2011).

Tablo 7: Havzaların Yüzey Suyu Potansiyeli

Havza No	Havza Adı	Alan (km ²)	Ortalama Akım(1981-2010)(hm ³ /yıl)	Yağış-Akış Oranı(%)	Verim(lt/sn/km ²)
1	Meriç-Ergene Havzası	14.444	1.842	0.21	4.0
2	Marmara Havzası	23.107	7.540	0.47	10.3
3	Susurluk Havzası	24.332	4.226	0.27	5.5
4	Kuzey Ege Havzası	9.973	1.500	0.25	4.8
5	Gediz Havzası	17.034	1.544	0.16	2.9
6	Küçük Menderes	7.059	527	0.12	2.4

7	Büyük Menderes	26.133	2.968	0.19	3.6
8	Batı Akdeniz Havzası	21.223	6.969	0.44	10.4
9	Antalya Havzası	20.330	13.082	0.86	20.4
10	Burdur Göller Havzası	6.306	255	0.08	1.3
11	Akarçay Havzası	7.982	325	0.09	1.3
12	Sakarya Havzası	63.357	5.158	0.17	2.6
13	Batı Karadeniz Havzası	28.929	9.914	0.46	10.9
14	Yeşilırmak Havzası	39.628	6.582	0.30	5.3
15	Kızılırmak Havzası	82.197	6.120	0.16	2.4
16	Konya Kapalı Havzası	50.037	2.647	0.13	1.7
17	Doğu Akdeniz Havzası	21.807	8.240	0.65	12.0
18	Seyhan Havzası	22.241	6.785	0.54	9.7
19	Asi Havzası	7.912	1.813	0.28	7.3
20	Ceyhan Havzası	21.598	7.371	0.54	10.8
	Fırat-Dicle Havzası	176.142	55.419	0.55	10.0
	Fırat Alt Havzası	121.447	30.635	-	8.0
	Dicle Alt Havzası	54.695	24.783	-	14.4
22	Doğu Karadeniz	22.844	16.461	0.75	22.8
23	Çoruh Havzası	20.248	7.047	0.46	11.0
24	Aras Havzası	28.114	4.181	0.29	4.7
25	Van Gölü Havzası	17977	2.263	0.24	4.0
	Toplam	780.965	180.789	0.40	7.3

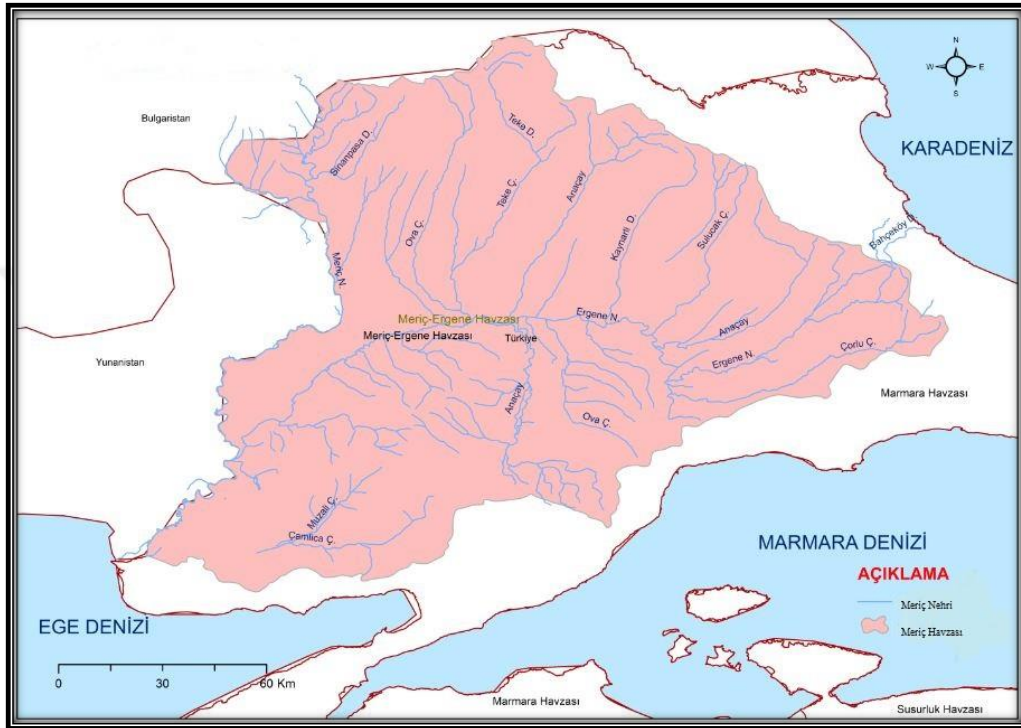
Kaynak; DSİ, 2017b.

En yüksek yüzey suyu potansiyeline ortalama 55.419,3 hm³/yıl ile Fırat-Dicle Havzası sahiptir. Bu değer Türkiye'nin ortalama akımının %22,6'sına karşılık gelmektedir (Fırat Kolu: 30.635,4 hm³/yıl, Dicle Kolu: 24.783,9 hm³/yıl). En düşük yüzey suyu potansiyeline ise ortalama 255,9 hm³/yıl ile Burdur Havzası sahiptir, bu değer Türkiye'nin ortalama akımının %0,1'ine karşı gelmektedir. Havzaların su verimliliği incelendiğinde en yüksek potansiyele Doğu Karadeniz havzası, en düşük potansiyele ise Burdur Göller havzasının sahip olduğunu söylemek mümkündür (Tablo 7).

2.3.3.1. Meriç-Ergene Havzası

Meriç ve kolları vasıtasıyla sularını Ege denizine boşaltan yağış alanını meydana getirmektedir. Kuzeyde Bulgaristan ve Istranca dağları su ayırım çizgisini oluşturmakta, batıda ise Yunanistan ve Bulgaristan sınırlarına doğru uzanmaktadır.

Harita 5: Meriç Havzası



Meriç-Ergene Havzası Trakya'da yaklaşık 14 444 km² 'lik bir alanın drenajını sağlamaktadır. Yıllık ortalama yağış potansiyeli 9,318 milyar m³ civarındadır. Bunlardan Meriç Nehri'nin Türkiye sınırları içerisindeki uzunluğu, yaklaşık 211 km'dir. Rodop kütesinin kenarını boylayan Meriç Nehri, Bir süre Türkiye –Yunanistan sınırını çizdikten sonra, Edirne yakınlarında, Tunca ve Arda Nehirlerini alır. Karaağaç'tan sonra, yeniden Türkiye – Yunanistan sınırını oluşturur. İpsala kuzeybatısında Ergene Nehri ile birleştikten sonra, güneybatıya doğru yoluna devam ederek, Enez güneyinde Ege Denizi'ne ulaşmaktadır. 281 km uzunlukta olan Ergene Nehri'nin kollarını Çorlu Deresi, Hayrabolu Deresi, İncece Deresi, Süloğlu Deresi, Lüleburgaz Deresi, Babaeski Deresi gibi akarsular oluşturmaktadır (Garipağaoğlu, 2011).

2.3.3.2. Marmara Havzası

Yaklaşık 23 107 km² lik bir alanın sularını drene etmekte olup, yıllık ortalama yağış potansiyeli 18,412 milyar m³ ve yıllık ortalama debisi 8,33 milyar m³ civarındadır. Marmara Havzası'na dökülen akarsular genellikle kısa çığırlıdır. En önemli akarsular, havzanın güneybatı kesiminde bulunan Kocabaş ve Gönen çaylarıdır (Garipağaoğlu, 2011).

Marmara havzası, akarsu ağı bakımından zengin değildir. Ayrıca yükseltisinin düşük olması, şehirleşmenin ve nüfusun yüksek oranlarda olması sebebiyle akarsulardan enerji üretiminde yararlanmayı mümkün kılmamaktadır.

2.3.3.3. Susurluk Havzası

Drenaj alanı, 24 332 km² civarında olan Susurluk Havzası, 16,351 milyar m³ yıllık yağış potansiyeline ve 5,543 milyar m³ yıllık ortalama debiye sahiptir. Havza'nın en önemli akarsuyu olan Susurluk yukarı çığırında, Simav Çayı adı ile bilinmektedir. Marmara Bölgesi'ne girdiğinde, Sındırgı yakınlarında, ani bir dirsekle kuzeye dönerek, İçbatı Anadolu Eşiği ile Karasi Tepelik Yöresi arasında oldukça alçak bir alandan geçmektedir. Susurluk Kenti kuzeyinde ise, Karacabey Ovası'na ulaşmaktadır. Susurluk Nehri'nin başlıca kolları, Ulubat ve Manyas Göllerinden geçerek, Karacabey Ovası'nda kendisine karışır (Garipağaoğlu, 2011).

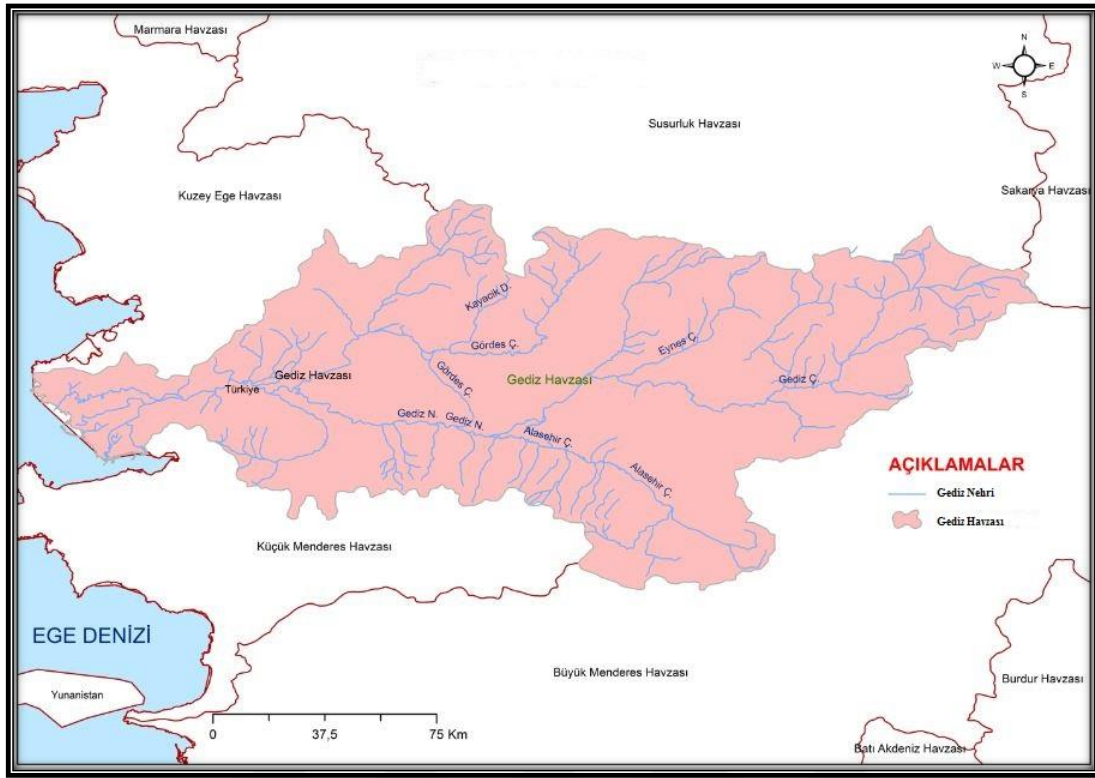
2.3.3.4. Kuzey Ege Havzası

Bakırçay, Karamenderes, Havran ve Akçin Çayları ile Burhaniye ve Güzelhisar Derelerini içine alan Havza'nın drenaj alanı, yaklaşık 9 973 km² civarındadır. 7,302 milyar m³ yıllık yağış potansiyeline ve 2,90 milyar m³ yıllık ortalama debiye sahiptir. Havzada drenaj sisteminin temelini Bakırçay oluşturmaktadır. Maden Çayı, Ilıca Çayı ve Yapıcılar Çayı ile Kabak ve Kestel Dereleri, Bakırçay'ın başlıca kollarıdır (Garipağaoğlu, 2011).

2.3.3.5. Gediz Havzası

Havza'nın drenaj alanı, yaklaşık 17 034 km² civarında olup, 11,412 milyar m³ yıllık yağış potansiyeline ve 1.95 milyar m³ yıllık ortalama debiye sahiptir. Ege Bölgesi'nin İçbatı Anadolu platolarından kaynaklanan Gediz Nehri, Nif, Murat, Medar, Kum, Selendi, Gördes, Alaşehir ve Derbent gibi önemli kolları alarak İzmir Körfezi'ne dökülmektedir (Garipağaoğlu, 2011).

Harita 6:Gediz Havzası.



2.3.3.6. Küçük Menderes Havzası

Batı Anadolu’da bulunan havza Gediz ve Büyük Menderes havzaları arasında yer almaktadır. Havza sularını Küçük Menderes nehri vasıtasıyla Ege denizine ulaştırmaktadır.

7 059 km², lik bir alanın sularını drene etmektedir.5,111 milyar m³ yıllık yağış potansiyeli ve 1,19 milyar m³ yıllık ortalama debisi vardır. Havzanın en önemli suyu, Küçük Menderes Nehridir. Küçük Menderes’in kollarını Kocahavran Çayı, Keleş Çayı, Aktaş Çayı, Ulu Çay, Çamlıçay oluşturmaktadır (Garipağaoğlu, 2011).

2.3.3.7. Büyük Menderes Havzası

26 133 km²,lik bir alanın sularını drene etmektedir. 16,384milyar m³ yıllık yağış potansiyeli ve 3,03 milyar m³ yıllık ortalama debisi vardır. Havza’nın en önemli akarsuyu, Büyük Menderes, kaynağını İçbatı Anadolu Eşiği üzerindeki dağlık alanlardan almaktadır. Nehrin en önemli kolları, Banaz Çayı, Kufi Çayı, Madran Çayı, Çine Çayı, Emir Çayı ve Akçaydır (Garipağaoğlu, 2011).

2.3.3.8. Batı Akdeniz Havzası

Drenaj alanı yaklaşık 21 223 km² olan Batı Akdeniz Havzasının 18,124 milyar m³ yıllık yağış potansiyeli ve 8,93 milyar m³ yıllık ortalama debisi vardır. Havzanın en önemli akarsularını, Dalaman Çayı, Eşençay, Sarıçay, Kocaçay, Alakır Çayı oluşturmaktadır (Garipağaoğlu, 2011).

2.3.3.9. Antalya Havzası

Antalya Havzası'nın drenaj alanı yaklaşık 20 330 km² olup, yıllık yağış potansiyeli 17,815 milyar m³ ve yıllık ortalama debisi 11,06 milyar m³ civarındadır. Antalya Havzası'nın en önemli akarsularını, Manavgat Çayı, Aksu, Köprüçay, Boğa Çayı ve Düden Çayı oluşturmaktadır. Antalya Havzası; Antalya Traverten Platosu, Aksu Çayı, Köprüçay ve Manavgat nehri havzalarından oluşmaktadır (Garipağaoğlu, 2011).

2.3.3.10. Seyhan Havzası

Seyhan Havzası'nın su toplama alanı 22 241 km² büyüklüğündedir. 12,863 milyar m³ yıllık yağış potansiyeli ve 8,01 milyar m³ yıllık ortalama debisi vardır. Havza akarsu sistemi, Seyhan ve kollarından oluşmaktadır. Seyhan'ın en önemli kolu, kaynağı İç Anadolu'da Uzunyayla'ya kadar uzanan Zamantısuyu'dur (Garipağaoğlu, 2011).

2.3.3.11. Ceyhan Havzası

Havzanın, 21 598 km² drenaj alanı, 16,662 milyar m³ yıllık yağış potansiyeli ve 7,18 milyar m³ yıllık ortalama debisi vardır.

Havzanın akarsu sistemini, Ceyhan ve Elbistan Havzası'ndan kaynaklanan Hurma, Göksun ve Söğütlü Çayları ile Aksu ve Savran Dere gibi kollar oluşturmaktadır (Garipağaoğlu, 2011).

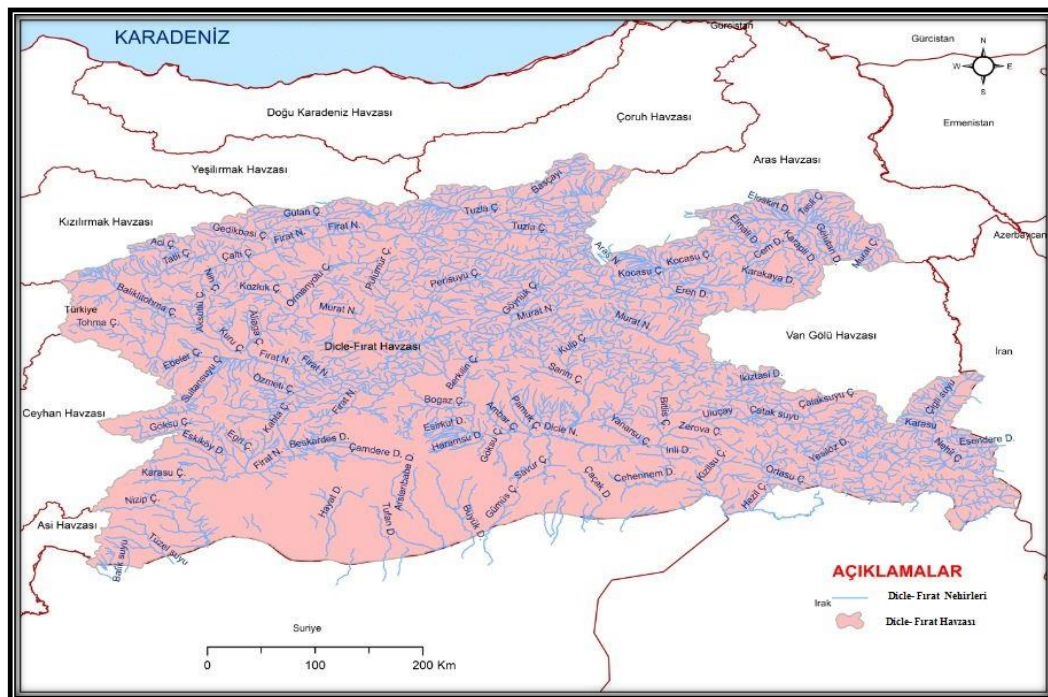
2.3.3.12. Asi Havzası

Asi Nehri ve Afrin, Karasu gibi kolları, havzanın en önemli akarsularıdır. Türkiye, Suriye ve Lübnan topraklarından oluşan Asi Havzası, Ölü Deniz Fay Zonu'nun denetiminde şekillenmiştir. Asi Nehri, Lübnan sınırları içerisindeki Lübnan Dağları'nın doğu yamaçlarından kaynağını alır. Kuzeye doğru akışa geçen Asi Nehri, Lübnan ve Anti Lübnan Dağları arasındaki Bekaa Vadisi'ni geçtikten sonra, Suriye topraklarına girer. Eşrefli köyü yakınlarında ise, tamamen Türkiye topraklarına girer. Amik Ovası'nda 10 km kuzeye doğru

2.3.3.13. Fırat ve Dicle Havzaları

Dicle Havzası'nın su toplama alanı ise yaklaşık 54 695 km² olup, Fırat Havzası'ndan daha küçüktür. Havza, 46,90 milyar m³ yıllık yağış potansiyeline ve 21,33 milyar m³ yıllık ortalamadebiye sahiptir. Havzanın en önemli akarsuyu olan Dicle Nehri, Doğu Anadolu Bölgesi'nde Maden Dağları'ndan kaynaklanarak, Güneydoğu Toroslardan Botan Çayı, Batman Çayı, Garzan Çayı, Ambar Çayı, Zap Suyu, Hezil Suyu gibi önemli kolları almaktadır (Garipağaoğlu, 2011).

Harita 7: Dicle-Fırat Havzası



2.3.3.14. Konya Kapalı Havzası

Yaklaşık 50 037 km²'lik bir alanın sularını toplayan kapalı havzanın yıllık yağış potansiyeli, 23,519 milyar m³ ve yıllık ortalama debisi 4,52 milyar m³ civarındadır. Konya ve Tuz Gölü Havzası'nda çok sayıda su kaynağı bulunmaktadır. En önemli akarsularını, Çarşamba Suyu, Melendiz Suyu ve Peçeneközü Deresi oluşturmaktadır (Garipağaoğlu, 2011).

2.3.3.15. Doğu Karadeniz Havzası

Havzanın su toplama alanı yaklaşık 22 844 km² olup, 31,083 milyar m³ yıllık ortalama yağış potansiyeli ve 14,90 milyar m³ yıllık ortalama toplam debiye sahiptir. Bilindiği üzere, Doğu Karadeniz Bölümü, Türkiye'nin en yoğun akarsu ağına sahip kesimidir. Dolayısıyla, havzada genellikle kısa çığırılı birçok akarsu bulunmaktadır. Ancak, Terme Çayı, Melet Suyu, Yağlı Dere, Harşit Çayı, Kara Dere, İkiz Dere, Pazar Dere bunların en önemlileridir. Doğu Karadeniz Kıyı Dağlarının hemen kıyı alanının gerisinden itibaren yükselmesi nedeniyle, akarsuların birçoğu, bu dağlık alanlardan kaynaklanarak, denize ulaşmaktadır. Bu durum, Doğu Karadeniz Havzası akarsularında düzensiz akışlı bir rejim tipine sebep olmaktadır (Garipağaoğlu, 2011).

2.3.3.16. Çoruh Havzası

Doğu Karadeniz'in iç kısımlarından kaynaklarını alan Çoruh Nehri ve önemli kollarından olan, Oltu, Tortum ve Narman Çayları, havzanın en önemli akarsularıdır. Havza yaklaşık 20 248 km² yağış alanına ve 6,30 milyar m³ yıllık ortalama debiye sahiptir (Garipağaoğlu, 2011).

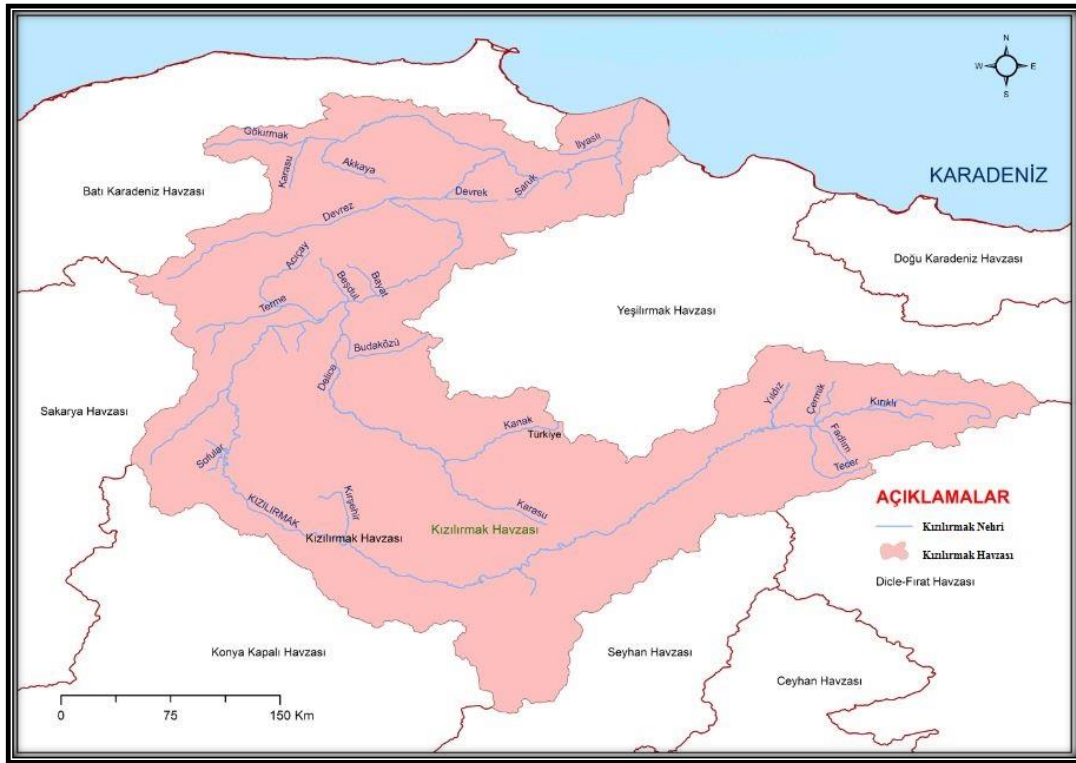
2.3.3.17. Yeşilırmak Havzası

Orta Karadeniz Bölümü'nde yaklaşık 39 628 km² drenaj alanı ve 450 km uzunluğa sahip olan Yeşilırmak Havzası, Yeşilırmak ve kollarını kapsamaktadır. 5,80 milyar m³ yıllık toplam debi ve 20,079 milyar m³ yıllık ortalama yağış potansiyeline sahiptir. Havzanın doğu tarafının sularını Kelkit Çayı, güney ve batı kısımlarının sularını da Bozok Platosu'ndan kaynaklanan Çekerek Suyu ve Alaca Suyu, Mecitözü Deresi, Tersakan Çayı gibi akarsular toplamaktadır (Garipağaoğlu, 2011).

2.3.3.18. Kızılırmak Havzası

Kızılırmak çığırı boyunca birçok kol almakla birlikte, havzanın doğusunda, Tecer Dağı'ndan kaynaklanan Tecer ırmağı, Orta bölümde, Bozok platosunun önemli bir kısmını drene eden Delice Çay, Çankırı Yöresinin sularını toplayan Acı Çay ve havzanın kuzeybatısının sularını toplayan Devres Çayı önemli kollarıdır. Kızılırmak Havzasının su toplama alanı yaklaşık 82 197 km² olup, Fırat Havzası'ndan sonra, Türkiye'nin ikinci büyük su toplama havzasıdır. 35,885 milyar m³ yıllık ortalama yağış potansiyeline ve 6,48 milyar m³ yıllık ortalama debiye sahiptir (Garipağaoğlu, 2011).

Harita 8: Kızılırmak Havzası



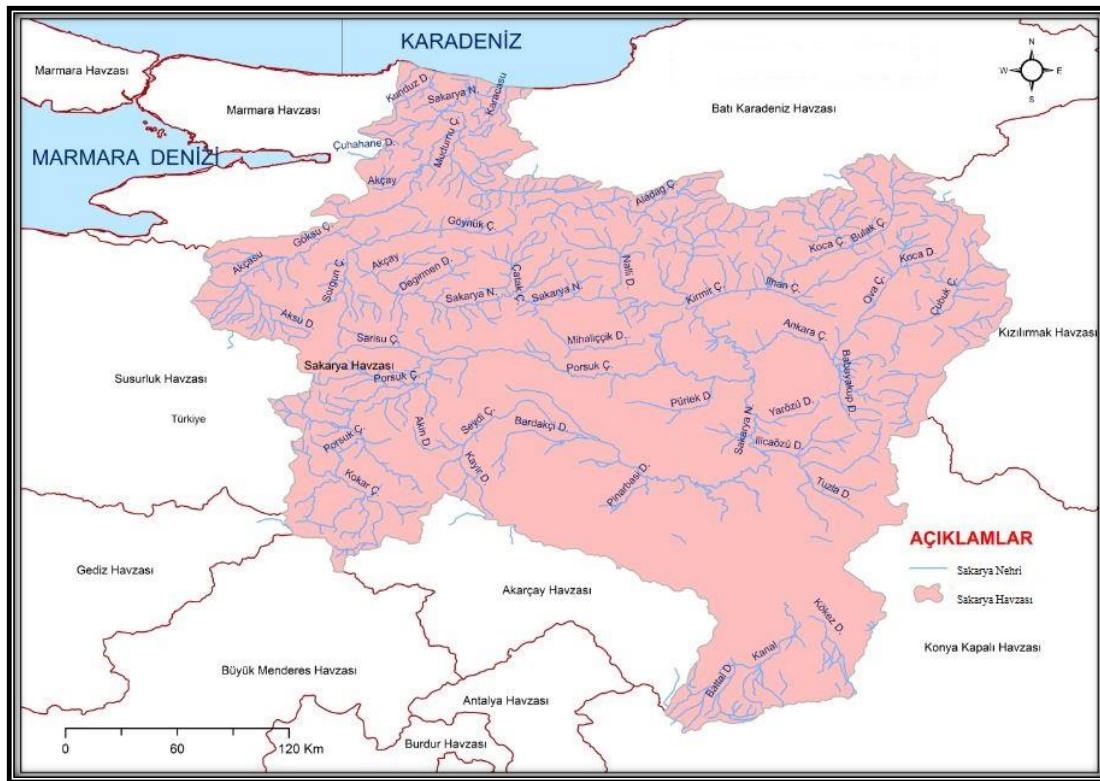
2.3.3.19. Batı Karadeniz Havzası

Batı Karadeniz Kıyı Dağlarından (Küre Dağları) kaynaklanan birçok kısa çığırlı akarsu ile Filyos Çayı ve kollarıyla, Bartın Çayını içine almaktadır. Havzanın yıllık toplam yağış alanı 28 929 km² olup, 9,93 milyar m³ yıllık ortalama debiye sahiptir (Garipağaoğlu, 2011).

2.3.3.20. Sakarya Havzası

Sakarya Havzası yaklaşık 63 357 km²'lik bir alanın sularını toplamakta olup, yıllık ortalama 6,40 milyar m³ debi ve 31,057 milyar m³ yıllık yağış potansiyeline sahip gözükmektedir. Havzanın en önemli su kaynağı Sakarya nehridir (Garipağaoğlu, 2011).

Harita 9:Sakarya Havzası



2.3.3.21. Van Gölü Kapalı Havzası

Türkiye'nin önemli kapalı havzalarından olup, yaklaşık 17 977km² yağış alanına ve 2,39 milyar m³ yıllık ortalama debiye sahiptir. Van Gölü Havzası akarsuları, genelde Van Gölüne dökülmektedir. Havzanın en önemli akarsularını, Bendimahi Çayı, Hoşap Çayı, Karasu Çayı, Zilan Deresi, Deliçay, Memedik Çayı, Kotur Çayı, Çatak Deresi gibi akarsular oluşturmaktadır (Garipağaoğlu, 2011).

2.3.3.22. Aras Havzasi

28 114 km² yağış alanına sahip olup, yıllık ortalama debisi 4,63 milyar m³ civarındadır. Bingöl Dağlarının kuzey-kuzeybatı yamaçlarından kaynaklarını alan Aras Nehri, Havzanın en önemli akarsuyu olup, Kuzeyden Arpaçay ve Kars Çayı gibi kolları almaktadır (Garipağaoğlu, 2011).

2.3.3.23. Burdur Kapalı Havzası

6 306 km² yağış alanına sahip olup, yıllık ortalama debisi 0,50 milyar m³ civarındadır. Burdur Gölü, Acı Göl, Salda Gölü gibi göller ve Burdur Gölünü besleyen Bozcay, Suludere, Keçiborlu akarsuları, havzanın en önemli su kaynaklarıdır (Garipağaoğlu, 2011).

2.3.3.24. Akarçay Havzası

Havza, 7 982 km² yağış alanına sahip olup, yıllık ortalama debisi 0,49 milyar m³ civarındadır. Havzanın en önemli akarsuyu Akarçaydır. Ayrıca, Adıyan Suyu, Nacak Deresi, Kali Çayı, Engilli Deresi, Araplı Deresi, Çay Deresi, Değirmen Deresi gibi akarsularla Akşehir, Eber ve Karamuk Gölleri yer almaktadır (Garipağaoğlu, 2011).

2.3.3.25. Doğu Akdeniz Havzası

Havza, 21 807 km² yağış alanına sahip olup, yıllık ortalama debisi 11,07 milyar m³ civarındadır. En önemli akarsuyu, Göksu Nehri ve kollarından olan Ermenek Çayıdır. Ayrıca, Katadran Dere, Bozyazı Çayı, Lamas Çayı, Alara Çayı, Tarsus Çayı gibi akarsulara sahiptir (Garipağaoğlu, 2011).

2.3.4. Türkiye Akarsuları Dağılışı

Karadeniz Bölgesi akarsuları; ülkemizin akarsu ağı bakımından en zengin bölgesini Karadeniz oluşturur. Kızılbaş'ın güney yamaçlarından doğan Kızılırmak dışında akarsular bölgeden doğar ve Karadeniz'e dökülür. Çoruh, Yeşilirmak, Kızılırmak ve Filyos bölgenin önemli akarsularıdır. Kuzey Anadolu dağlarının kuzey yamaçlarından doğup Karadeniz'e dökülen küçük ölçekli akarsular da bulunmaktadır. Ülkemizin en yağışlı bölgesi olması ve yağışların mevsimlere yayılmasından dolayı akımlarında yaz ile kış mevsimlerinde büyük farklılıklar görülmemektedir.

Marmara Bölgesi akarsuları; bölgenin geniş bir saha kaplamaması nedeniyle, kaynağını İç Anadolu ve İç Batı Anadolu'dan alan Sakarya dışında büyük akarsular yoktur. Belli başlı akarsular; Trakya'da Ergene havzasından kaynağını ala Ergene ile dört ana koldan oluşan Susurluk'tur. Bunun dışında Biga yarımadasında Çanakkale Boğazı'nın çıkışında denize dökülen Karamenderes, Marmara denizine dökülen Kocabaş çayları bulunur. Ergene çayı, Ergene havzası boyunca batıya doğru yönelerek, Bulgaristan'dan gelen ve Yunanistan ile sınırlarımızı oluşturan Meriç'le birleşir. Bölgede Akdeniz akarsu rejimi görülür. Yağışların

arttığı kış döneminde akarsuların akımı yükselir, yazın ise kuraklığın başlamasıyla düşer (Atalay ve Mortan, 1997).

Ege Bölgesi akarsuları; bölgeden kaynağını alıp denize dökülen akarsular; Gediz, Büyük Menderes, Küçük Menderes ve Bakırçay'dır. Bu akarsulardan Gediz ve Büyük Menderes, İç Batı Anadolu dağ ve yaylalarından kaynağını alır; bu nedenle beslenme alanı geniştir. Buna karşılık, Bakırçay ve Küçük menderes oluklara yerleşmiş olduğundan beslenme havzaları küçüktür. Bölge genelinde Akdeniz ikliminin etkisine bağlı olarak Akdeniz akarsu rejimi hâkimdir. Akarsuların akımında yazın yağışların azalması ve buharlaşmanın artmasından dolayı bir çekilme, kışında yağışların artmasından dolayı bir yükselme görülür (Atalay ve Mortan, 1997).

Akdeniz Bölgesi akarsuları; bölgede Göller yöresi dışındaki tüm akarsular, Akdeniz'e dökülür. Önemli akarsular, Orta Anadolu'nun güneydoğusunda Uzunyayla ve Tahtalı dağlarından kaynağını alan Ceyhan ve Seyhan ile Suriye topraklarından gelen Asi nehirleridir. Diğer nehirler ise Göksu, Manavgat, Köprüçayı, Aksu; Teke yarımadasında Eşen veya Kocaçay ve Alakır çaylarıdır. Göksu çayı dâhil, bölgenin batısındaki akarsular kaynaklarını önemli ölçüde karstik kaynaklardan alır. Akarsuların rejimine gelince, bölgenin iklim özelliğine bağlı olarak akarsularında Akdeniz akarsu rejimi gösterdiği görülür. Kış döneminde yağışların başlaması ile yükselen akım yazın buharlaşmanın artması ve yağışların kesilmesi ile azalır (Atalay ve Mortan, 1997).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi akarsuları; Güneydoğu Anadolu'da iki önemli akarsudan biri olan Fırat, Doğu Anadolu'dan kaynağını alır; bölgede sadece küçük akarsularla beslenir. Bunlardan en önemlisi Güneydoğu Toroslar'dan gelen Kahta, diğerleri de Karacadağ volkan konisinden gelen küçük akarsulardır. Dicle nehri, Güneydoğu Toros dağlarının güneye bakan yamaçlarından birçok kollar (Batman, Sason) halinde çıkar. Bunlar Diyarbakır havzasında toplanır, havza çıkışında doğudan gelen Botan çayını aldıktan sonra güneye doğru yönelir; Cizre civarında Türkiye-Suriye sınırını oluşturduktan sonra Irak topraklarına geçer. Her iki akarsuyun rejimi aynıdır. İklim şartlarına bağlı olarak, kışın, yağışın kar şeklinde olması nedeniyle akım düşer; Şubat ayı sonlarından itibaren yavaş yavaş yükselmeye başlayan akım, Nisan ve Mayıs aylarında karların erimesi ve yağmur şeklinde yağışların düşmesi ile en yüksek seviyesine ulaşır (Atalay ve Mortan, 1997).

Doğu Anadolu Bölgesi akarsuları; Doğu Anadolu, ülkemizde akarsu potansiyeli en yüksek bölgedir. Van Gölü kapalı havzası dışında, bölgeden doğan ve nehir halini alan tüm akarsular, bölge dışına çıkar ve başka ülkelerin topraklarından geçerek denizlere kavuşur.

Aras ve Kura nehirleri Hazar gölüne, Fırat ve Dicle, Basra Körfezi'ne dökülür. Fırat nehrinin drenaj alanı çok geniş olduğundan taşıdığı su miktarı da fazladır. İki büyük kolu olan Fırat'ın Karasu kolu Erzurum Ovası'nın doğusundan kaynağını alır; Murat ise, Karasu –Aras dağlarının güney yamaçlarından kaynaklanır. Diğer önemli bir akarsu, Pasinler ovasının çevresindeki dağlardan kaynağını alan ve Iğdır Ovası'ndan Nahcivan'a geçen Aras'tır. Aras'ın kuzey kolu olan Arpaçay ise Çıldır gölünden kaynağını alır. Allahuekber dağlarından kaynaklanan Kura nehri Posof civarından Gürcistan'a geçer. Akarsuların rejimlerine gelince, bölgede karlı dağ tipinde karasal bir akarsu rejimi hâkimdir. Şubat sonundan itibaren yavaş yavaş yükselmeye başlayan akım Nisan ve Mayıs aylarında en yüksek seviyesine ulaşır. Bu dönemde yağışlarla birlikte karların erimesi akımın yükselmesine neden olur (Atalay ve Mortan, 1997).

İç Anadolu Bölgesi akarsuları; bir çanak biçiminde olan İç Anadolu'nun güneyinde Konya, Tuz Gölü, Develi ve Afyon (Akşehir-Eber gölleri) olmak üzere dört kapalı havza yer almaktadır. Bu kapalı havzalara çevreden gelen kısa boylu akarsular boşalır ve bunların çoğu yaz döneminde kurur. Bölgenin diğer kesimlerindeki yerüstü sularını Karadeniz'e boşaltan iki önemli akarsu havzası vardır; Kızılırmak ve Sakarya nehirleri.

Kızılırmak; Orta ve Yukarı Kızılırmak bölümlerinin sularını; Sakarya nehri ise Yukarı Sakarya bölümünün sularını toplar. Seyhan nehrinin Zamanti kolu, Orta Anadolu'nun güneydoğusunda Uzunyayla civarındaki sahaların sularını alır. Böylece güneydeki kapalı havzalar bir tarafa bırakılacak olursa, Kızılırmak nehrinin yukarı ve orta bölümleri ile Sakarya nehrinin de yukarı havzası Orta Anadolu'da yer almaktadır. Bölgeyi karakterize eden Kızılırmak'ın rejimi, karasal bir rejim gösterir. Bölgenin iklim şartlarına bağlı olarak kış mevsiminde yağışların kar şeklinde düşmesi ve donlu dönemin hüküm sürmesi ve yazın da yağış azlığından dolayı bir akım düşmesi görülür; buna karşılık ilkbaharda yağışların artması ve karların erimesi ile akımda yükselme olur (Atalay ve Mortan, 1997).

2.3.5. Akarsulardan Faydalanma

Su hayatın bir parçasıdır; onsuz hayat olmaz. İnsanlar suyu çeşitli amaçlarla kullanırlar ve onun temininde doğal su kaynakları olan akarsulardan geniş çapta yararlanırlar. Bu

yararlanma yollarının başında içme ve evlerde kullanma suyunun tedariki gelir. Bunun yanı sıra akarsular, sanayinin su ihtiyacının karşılanmasında da kullanılırlar. Akarsular büyük bir güç kaynağıdır; onlar vasıtasıyla beyaz kömür adı verilen elektrik enerjisi elde edilir. Akarsular sulamalı tarım ve hayvancılık için gerekli olan suyu da verirler. Akarsulardan bütün bu hizmetlerin dışında ulaşım, turizm, spor, rekreasyon ve balıkçılık gibi alanlarda da yararlanılır (Hoşgören, 1979).

Akarsulardan faydalanmanın diğer bir boyutu da suyun depolanarak farklı alanlarda kullanılmasıdır. Bu kısımda barajların önemi üzerinde durulacaktır.

2.4. Barajlar

İnsanlar tarafından akarsu yatakları üzerinde yapılan setlerin gerisinde suların toplanması amacıyla inşa edilen yapılardır (Hoşgören, 2004b).

Barajlar insanlık tarihi boyunca var olmuşlardır ancak Sanayi devrimi sonrasında teknolojiye ileri adımlar ve dünya nüfusundaki muazzam artış kendisini insanın temel gereksinimlerinin başında gelen su mevzuunda da göstermiştir. Kişi başına düşen su miktarının nüfusun artmasına bağlı olarak her geçen gün azalması, tarımsal alanda tüketime bağlı olarak su ihtiyacının artması ve suyun enerji anlamındaki öneminin fark edilmesi devasa barajların yapılmasına neden olmuştur.

Çeşitli özel amaçlarla yapılanlar olduğu gibi genel olarak suların faydasını arttırmak için vadilerin kapatılması suretiyle yapılan 15 metreden yüksek su depolayan yapay yapılara baraj diyoruz. Barajlar yapımı çok uzun süren (3-10 yıl) ve pahalı olan, yıkılmaları halinde çok büyük can ve mal kaybına sebep olan mühendislik eserleridir. Yükseklikleri 15 metreye kadar olan ve barajlara göre daha basit su depolama tesislerine de gölet denilmektedir (Bilgin, 2008).

Barajlar; sulama ve drenaj, taşkın önleme, içme ve kullanma suyu temini ve enerji üretimi için yapılmaktadır (Satılmış, 2009). Barajlar, enerji üretiminin en doğal ve en ucuz yollarından biridir. Barajlar inşa etmek, ucuz enerji üretimi, rekreasyon olanaklarını artırması, tarımsal arazilerin sulanması, şehir şebekeleri için gerekli olan suyu sağlaması ve taşkın kontrolü açısından büyük önem taşırlar. Bununla birlikte, alansal olarak çok büyük barajlar, havadaki nem oranını artırarak bulunduğu bölgenin iklimini ve ekolojik dengesini değiştirmektedirler (Sarp, Eren, 2017). Aşağıda barajların doğal ve beşeri çevre üzerindeki etkileri ele alınarak değerlendirilecektir.

2.4.1. Barajların Çevresel Etkileri

Enerji üretimi, teknolojik etkileri göz önüne alındığında çevreye etkileri olan bir süreçtir. Su enerjisi enerji üretimi süreçlerinde “temiz enerji üretimi” kapsamında yer almakla birlikte doğa ve doğal yapı üzerinde kaçınılmaz etkileri vardır. Enerjiyi ucuz ya da pahalı üretmek alternatifine karşılık doğa tahribatının ve verilen çevresel zararların paha biçilmesi mümkün olmayan geri dönülemez sonuçları olabilir. Bu nedenle "enerji üretimi – çevresel etkiler" dengesinin kabul edilebilir bir yaklaşım çerçevesinde korunarak yatırımlara karar vermek gerekir. Hidroelektrik Santral(HES) kötüdür demek yerine, bu dengenin gelişmiş ülkelerde görülen örneklerinde olduğu gibi, sürdürülebilir gelişme- sürdürülebilir çevre olguları korunarak sağlanmasına çalışılmalıdır (Allı ve Ark. 2015).

HES’lerin kurulum ve işletme sırasında; baraj oluşumunda doğal yapıya, su kaynaklarına, yaban hayvanlarına, biyoçeşitliliğe, su canlılarına, hafriyat atıkları nedeniyle doğal alanlara, yerleşik nüfusa, kültürel mirasa olumsuz etkileri söz konusudur. Sera gazı etkisi sebebiyle iklime de birçok negatif etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle HES’lerin çevresel boyutu büyük öneme sahip olmaktadır (Allı ve Ark. 2015).

Baraj ve hidroelektrik santral projeleri planlanırken en uygun uygulama alternatifinin seçimi planlama sürecinin en önemli kararını oluşturmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığına göre; baraj ve hidroelektrik santral proje alternatifleri aşağıda belirtilen hususlar göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir:

- Enerji üretim, yatırım ve işletme maliyetlerinin karşılaştırılması
- Çevresel etkilerin karşılaştırılması (hava, su, toprak, biyolojik kaynaklara ve sosyoekonomik çevreye etkileri)
- Su altında kalacak alanlar ve olası etkileri (orman arazileri, askeri alanlar, korunan alanlar, tarım arazileri, yerleşim alanları gibi sular altında kalacak arazilerin özellikleri ve büyüklükleri ve etkilenecek hane sayısı), fiziksel kayıplar ve fiziksel olarak yer değiştirecek nüfus üzerindeki etkilerinin araştırılması
- Bölgesel / ulusal kalkınmadaki faydalarının karşılaştırılması (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı(Csb), 2009).

Barajların; Biyolojik Çevre, Sosyoekonomik Çevre ve Tarihi ve kültürel varlıklar üzerine etkileri ve alınması gereken tedbirler aşağıda irdelenmiştir.

2.4.1.1. Biyolojik Çevre Üzerine Etkiler

Baraj gölü, bir akarsu vadisinin en fazla daraldığı yerde vadinin önüne set çekilmesiyle birlikte suların bu çekilen setin arkasındaki geniş alanlarda birikmesiyle meydana gelir. Bu göllerin büyüklüğü akarsuyun rejimi, taşıdığı su miktarı ve havzasının genişliği gibi faktörlere bağlıdır. Baraj gölünün kapladığı alanın yüzeyinin çıplak olması gerekmekte ve baraj inşaatı esnasında yüzey temizleme çalışmaları yapılmaktadır. Baraj gölünden dolayı meydana gelen tahribattan en fazla etkilenen bitki örtüsü ve karasal ortam şartlarında yaşayan canlılardır. Bu alanda meydana gelecek olan flora ve fauna tahribatı da gölün büyüklüğü oranında büyük olacaktır. Akarsu yatakları yarattıkları özel iklim şartları ile özellikle ender bulunan ağaç türleri, endemik bitkiler ve bazı hayvanların önemli yaşam alanlarıdır. Yüzey çalışmaları esnasında akarsu yataklarında veya yatağa yakın alanlarda yer alan bu bitkiler tahrip edilmekte ve hayvanlar göçe zorlanmaktadır. Bu durum özellikle orman örtüsü bakımından pek zengin olmayan ülkemizde ciddi bir sorun olmaktadır (Sönmez, 2012).

Günümüzde baraj yapımı çok amaçlı (HES, Sel-Taşkın önleme, Sulama) olan büyük projeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Proje kapsamında yer alan bina, yol, servis yolu, tünel vb. amaçlar için gerçekleştirilen her türlü hafriyatlar; bitki örtüsü tahribatlarına, yamaç dengelerinin bozulmasına, kütle hareketlerine ve her türlü erozyonal gelişime, özellikle katılma kayaçları üzerinde hızla gelişen ayrışma faaliyetlerinin şiddetlerinin artmasına ve ayrışma ürünü enkaz örtüsünün kalınlaşmasına neden olacaktır (Turoğlu ve Özdemir, 2005).

Karasal habitatların su altında kalmaları sonucu habitat kayıpları ve mevcut sucul habitatların özelliklerindeki değişiklikler baraj projeleri için kaçınılmazdır. Projenin biyoçeşitlilik ve hassas habitatlar (özellikle nesli tehlike altında olan hayvan ve bitki türlerinin yaşam alanı) üzerindeki etkileri değerlendirilmeli biyoçeşitlilik ve biyolojik elemanların özelliklerine bağlı olarak ekosistem ve doğal kaynaklara etkiler incelenmelidir. Biyolojik çeşitlilik ve biyolojik kaynaklar üzerine etkiler incelenirken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- Proje alanı ve çevresindeki mevcut ekosistemlerin sürekliliğinin incelenmesi gerekir. Tür ilişkileri ve etkilerin türlerin ilişkileri açısından incelenmesi (yırtıcı/avcı – besin ilişkisi, ortak yaşama ilişkisi, habitat ve doğal kaynakları ortak kullanım durumu, vb.).

- Ekosistem ve biyolojik elemanların kullandığı habitatlar ve doğal kaynakların belirlenerek bunlar üzerine etkilerin incelenmesi. Benzer habitat ve ekosistemlerle karşılaştırılması.

- Mevcut habitat ve doğal kaynaklar üzerine etkiler sonucunda ortaya çıkacak kullanım (yaşama alanı, üreme alanı, besin miktarı) dengelerindeki değişimlerin incelenmesi.

- Biyoçeşitlilik üzerine olan etkilerin doğal kaynaklar ve sosyo-ekonomik çevrede yaratacağı değişiklikler ve bu kapsamda; çevrenin kirlilik kaldırma kapasitesi, taşkın kontrolü, erozyon kontrolü, besin döngüsü, iklimsel faktörler gibi etkenlerde olası değişikliklerin incelenmesi.

- Endemik ve nesli tehlike altındaki türlerin bulunduğu hassas ekosistemlerin mevcut olduğu alanlarda incelemelerin daha detaylı şekilde yapılarak etkilerin ele alınması.

- Hassas olarak tanımlanan, biyoçeşitlilik açısından önem taşıyan alanlar, habitatlar (endemik, tehlike altında olarak tanımlanan türleri içeren, tür çeşitliliğinin yoğun olduğu, göçmen türler açısından önemli), erozyon etkisi altındaki alanlar, sulak alanlar, yeraltı suyunu besleyen alanlar, yerel halkın geçim kaynaklarının bağlı olduğu yada bölge ve ülke ekonomisi açısından önemli doğal kaynakların bulunduğu alanlar üzerine etkilerin incelenmesi.

Nesli tehlike altında olan ve/veya endemik tür taksonlarının hassasiyeti için önemli olan bitki türlerinin projeden dolayı yok olmasının söz konusu olduğu durumlarda saha dışı çözümler aranmalıdır. Benzer şekilde, karasal vahşi yaşam türleri üzerindeki etkiler değerlendirilmeli ve bu türlerin (özellikle nesli tehlike altındaki türler) hassasiyet dönemleri (örn; üreme, yavrulama dönemleri) dikkate alınmalıdır.

Baraj gövdesi, akarsu üzerinde bir bariyer oluşturması nedeniyle, membaya göç eden balık türleri (örn. yumurtlama amacıyla) göçünü engeller. Bu da akarsu sistemindeki balık türlerinde ve miktarında değişikliklere neden olur. Bu durumda olabilecek balık türlerinin yerel, bölgesel ve ülke genelinde yayılımı ve koruma statüleri incelenmelidir (Csb, 2009).

2.4.1.2. Sosyoekonomik Çevre ve Demografi Üzerine Etkileri

Yerleşmelerin yer değiştirilmesi veya kaldırılması birçok altyapı, ekonomik ve sosyal soruna neden olmaktadır. Özellikle yeni alışkanlıklara adapte olma gücü ile beraber, tarımsal üretimin hâkim olduğu bu yerleşmelerde tarım arazilerinin sular altında kalması nedeniyle kullanılamaması ekonomik dengenin de bozulmasına yol açmıştır. Dolayısıyla

barajların etkisini sadece bir yerleşmenin yer değiştirmesine neden olarak kabul edilmemesi gerekmektedir. Barajların etkileri ekonomik faaliyetlerle ilgili olduğu gibi aynı zamanda çeşitli sosyal ve kültürel olumsuzluklara da yol açmaktadır. Ortaya çıkan en önemli sorun yeni yerleşmelerde yaşanan ekonomik belirsizlikler nedeniyle meydana gelen göç olaylarıdır (Sönmez, 2012).

Genellikle bölgedeki hizmetlerin (örn; yeni endüstriler, yeni yollar, bölgeye elektrik sağlanması) artmasını sağlayan baraj ve hidroelektrik santral projelerinin gerçekleştirilmesi ile birlikte bölgedeki nüfus yapısının değişmesi ekonomiyi canlandıracaktır. Diğer taraftan; evlerin, gelir getiren varlıkların (örneğin; tarım arazileri, meyve bahçeleri, dükkânlar) ve kamu varlıklarının (orman arazileri, kültürel değerler, kamu alt yapısı) su altında kalması nedeniyle fiziksel kayıplara uğrayan yerel halk üzerindeki etkiler değerlendirilmelidir.

Sosyal bozulmalar ve bölgede yeniden başka bir alana yerleşen insanların yaşam standartlarındaki değişiklikler göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca mevcut nüfus üzerindeki sosyo-ekonomik etkiler de değerlendirme sürecinde dikkate alınmalıdır. Yeniden yerleşimin etkileri, ekonomik faaliyetler, yaşam kalitesi ve sosyal bütünleşme açısından değerlendirilmelidir.

2.4.1.3. Tarihi ve Kültürel Varlıklar Üzerine Etkiler

Proje yerine bağlı olarak rezervuarda su tutulması bazı kültürel ve tarihi varlıkların sular altında kalmasına neden olabilir. Ayrıca, bu alanlar, proje inşaat ve işletme aşaması faaliyetlerinden dolayı hasar görebilir, toprak altında kalabilir ya da bozulabilir. Buna ek olarak, projenin gerçekleştirilmesi ile bu alanlara ulaşım olumsuz yönde etkilenebilir. Bu nedenle, projenin bu alanlara ve yapılara etkisi değerlendirilmelidir. Gerekirse proje alanında kalacak tarihi ve kültürel varlıkların taşınabilirliği alternatifi değerlendirilmelidir. Projenin dinlenme alanlarına ve estetik değerlere etkisinin ve görsel değerlerdeki değişikliklerin de değerlendirme aşamasında göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Csb, 2009).

2.4.2. Barajların Faydaları

- Tarım alanlarının zamanında ve yeterli olarak sulanmasını sağlar.
- Hidroelektrik enerji üretir.
- İçme, kullanma ve endüstri için gerekli suyu düzenli ve sürekli sağlar.
- Yerleşim ve tarım alanlarını taşkınlardan korur.

Barajların yukarıda sayılan doğrudan faydaları yanında aşağıda sayılan dolaylı faydaları da vardır:

- Su üzerinde ulaşım olanağı sağlar,
- Su ürünleri üretimi, özellikle balıkçılığın gelişmesini sağlar,
- Avcılığın gelişmesini sağlar,
- Rekreasyon alanları oluşturur
- Toprak erozyonunun önlenmesi veya azaltılması sureti ile toprak muhafazasını sağlar,
- Milli güvenlik üzerinde olumlu etki yapar,
- İklim üzerinde olumlu etkisi vardır,
- İstihdamda olumlu etkisi vardır,
- Gelir dağılımının düzeltilmesine yardımcı olur,
- Su kalitesinin ve kirlenmenin kontrolü sağlanabilir,
- Su sporları yapılmasına olanak verir (Bilgin, 2008).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

HİDROELEKTRİK SANTRALLER

Hidroelektrik santraller (HES) akan suyun gücünü elektriğe dönüştürürler. Akan su içindeki enerji miktarını suyun akış veya düşüş yüksekliği tayin eder. Akımı yüksek nehirde akan su büyük miktarda enerji taşımaktadır. Ya da su çok yüksek bir noktadan düşürüldüğünde de yine yüksek miktarda enerji elde edilir. Her iki yolla da kanal ya da borular içine alınan su, türbinlere doğru akar, elektrik üretimi için pervane gibi kolları olan türbinlerin dönmesini sağlar. Türbinler jeneratörlere bağlıdır ve mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürürler (Şekil 2) (URL: 18).

Şekil 2: Hidroelektrik santral enerji dönüşüm şeması



Kaynak: (Üstünel, 2012)

3.1.Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması

Hidroelektrik santraller, kurulu güç potansiyeline göre, düşülerine göre, depolama yapılarına göre, santral binasının konumuna göre, baraj gövdesinin tipine göre sınıflandırılır.

3.1.1. Hidroelektrik Santrallerim Kurulu Güç Potansiyeline Göre Sınıflandırılması

Hidroelektrik santraller kurulu güç potansiyeline göre sınıflandırılmaktadır. Kurumlar sınıflandırmalarda farklı limitler belirleyebilmektedir.

3.1.1.1.Büyük Ölçekli Hidroelektrik Sistemleri

Bu sistemlerinin gücü 50 MW'ın üzerindedir. 50 MW güç, her biri 100W olan 500.000 ampulün gerektireceği enerjiyi karşılar. Diğer bir deyişle bir ev için gereken elektriksel güç 5kW olarak kabul edilirse 10.000 evin gereksinimi karşılanabilir. Bir evde ortalama 5 kişinin yaşadığı kabul edilirse 50.000 nüfuslu bir kasabanın elektrik ihtiyacını karşılamaya yetecek bir güçtür bu. Büyük ölçekli hidroelektrik santraller kömür ve doğalgaza dayalı termik santraller gibi konveksiyonel güç santralleri sınıfında değerlendirilir. Üretilen

elektrik enerjisi diğer santrallerden üretilen elektrik enerjisiyle birlikte merkezi enerji nakil hatları ile bir ülkenin birçok bölgesine dağıtılabilir (URL, 15).

3.1.1.2.Küçük Ölçekli Hidroelektrik Sistemler

Küçük, mini ve mikro ölçekli tesislerin temel özelliği baraj gölü gibi büyük yatırımlara gerek duyulmamasıdır. Mevcut akarsudan bir su alma yapıtı ile alınan su akarsuya paralel eğimi çok az bir kanal ile taşınmakta ve uygun düşü sağlandığı yerde tesis kurulmaktadır (Ertuğrul ve Kurt, 2009).

Küçük ölçekli hidroelektrik santraller için maksimum sınır 10-50 MW arasında kabul edilmektedir. Enerji nakil hatları ile ulusal enerji şebekesine bağlanabildiği gibi yerel olarak bir kasabanın, bir yerleşim bölgesinin veya büyük bir fabrikanın enerji ihtiyacını karşılamak içinde kullanılabilir. 10 MW'lık bir güç toplam 10.000 nüfuslu 2.000 evin enerji ihtiyacını karşılamak için yeterlidir. Ülkemiz küçük hidroelektrik santral potansiyeli bakımından oldukça zengindir (URL, 15).

3.1.1.2.1. Küçük Ölçekli Hidroelektrik Sistemlerin Olumlu ve Olumsuz Yönleri

Küçük hidroelektrik santraller tüm şebekeyi besleyen büyük hidroelektrik santrallerin alternatifi değil, şebekeye noktasal olarak destekte bulunan tamamlayıcılardır. Bu santrallerin üstünlüklerini ve zayıf yönlerini ülkemiz açısından aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

a. Olumlu Yönleri: Ulaşımı güç olan ve ulusal sistemden beslenemeyen kırsal bölgelerdeki köy ve diğer ünitelerin enerji ihtiyacını karşılar. Böylece bu bölgelerin sosyoekonomik ve kültürel gelişimlerinin hızlanmasına yardım eder.

- Kırsal bölgelerin artan yakıt bulma ve taşıma problemlerine çözüm getirir.
- Küçük hidroelektrik santrallerin türbin-jeneratör gruplarının tipleştirilerek standart hale getirilmeleri kolaydır, bu durum mekanik ekipmanı ucuzlatır.
- Bakım ve işletme sorunları en aza inecektir. Türbin-jeneratör ve transformatörün bir blok halinde ve otomatik işler şekilde yapılmasıyla aynı bölgedeki çok sayıda santral bir tek teknisyen tarafından kontrol edilebilecektir. Bunun sonucu olarak işletme maliyeti azalacaktır.
- Yakıtlı santrallere göre enerji üretimi işletme maliyeti düşüktür ve işletme sürecinde karbon salınımı yapmaz.

- Küçük hidroelektrik santrallerde üretilen enerji genellikle bölgede kullanıldığı için uzun iletim şebekelerine ihtiyaç duyulmaz. Bu durum büyük oranda enerji kayıplarını engellemektedir

- Su türbinleri yapımı ile ilgili endüstri kurma çalışmaları günümüzde son aşamaya ulaşmıştır. Mini, mikro ve hatta küçük hidroelektrik tesislerin mekanik aksamının tümü kendi endüstriyel tesislerimizde imal edilebilir. Küçük kapasiteli ünitelerin imal edilmesi, bu konuda bilgi birikimini artırır ve yakın bir gelecekte daha büyük kapasiteli ünitelerin imalatlarının yerli endüstri ile yapılması sağlar.

- Bakımları kolay, ucuz ve hizmet süreleri ise uzundur (Gökdemir ve Ark, 2012).

b. Olumsuz Yönleri: Sel kontrolü, içme ve kullanma suyu sağlamak gibi ek işlevleri yoktur.

- Üretilen kWh enerji başına etütler için yapılan harcama masrafları fazladır.

- Küçük hidroelektrik santrallerin işletme giderleri büyük santrallere göre fazladır. Ancak türbin, jeneratör ve transformatörde standardizasyona gidilmesi, üretilen kWh enerji başına işletme ve personel maliyetlerini azaltacaktır.

- Ülkemizde bu konuda yetişmiş teknik eleman sıkıntısı vardır. Bu da uygulamalarda çevresel ve ekonomik açıdan problemler ortaya çıkarmaktadır.

- Depolama özellikleri olmadığından enerji üretimi akıma bağlıdır. Bu sebepten dolayı küçük hidroelektrik santrallerin verimleri düşüktür.

- Üretimde devamlılığın sağlanabilmesi, sistemin teknolojik özelliklerine bakım ve işletme politikalarına bağlıdır.

- Akarsudaki su rejimini azaltmakta, akarsu çevresindeki fauna, flora ve dolayısıyla insan yaşamı olumsuz etkilemektedir.

- İnşaat aşamasında, akarsu yatağı ve çevresinde birçok sorunlarla karşılaşılır (Gökdemir ve Ark, 2012).

3.1.1.3. Mini Ölçekli Hidroelektrik Sistemleri

Güç bölgeleri 101kW ile 10.000kW arasındadır. Bu sistemler ulusal enerji şebekesine daha az katkıda bulunurlar. Genellikle balık çiftliklerinin, akarsu kenarlarındaki küçük yerleşim bölgelerinin elektrik ihtiyacını karşılamak üzere yerel olarak tasarlanırlar. 100kW'lık bir güçle toplam 100 nüfuslu 20 evin enerji ihtiyacını karşılamak mümkündür (URL, 15).

3.1.1.4. Mikro Ölçekli Hidroelektrik Sistemler

Mikro hidroelektrik sistemler çok daha küçük ölçekte olurlar ve ulusal enerji şebekesine elektrik enerjisi sağlamazlar. Ana yerleşim bölgelerinden uzaktaki alanlarda yani ulusal enerji şebekesinin ulaşmadığı bölgelerde kullanılır. Güçleri, genellikle sadece bir yerleşim yeri veya çiftlik için yeterlidir. Güç bölgeleri, 200 W'tan başlayarak bir grup evin veya çiftliğin yeterli aydınlanma, pişirme ve ısınma enerjisini sağlayacak şekilde 100 kW'a kadar çıkabilir. Küçükfabrikaların veya balık çiftliklerinin enerji ihtiyacını karşılayacak şekilde ve ulusal enerji sisteminin bir parçası olmaksızın çalışabilirler.

Küçük, mini ve mikro ölçekli hidroelektrik santrallerin avantajları; merkezi enerji nakil sisteminden bağımsız olarak da çalışabilmeleri, ilk kurulum maliyetlerini düşük, işletme ve bakım masraflarının az olması, çevre kirliliğine neden olmamaları ve yerel olanaklarla yapılabilmeleridir (URL, 15).

3.1.2. Hidroelektrik Santrallerin Düşülerine Göre Sınıflandırması

Hidroelektrik santraller düşülerine göre; alçak düşülü santraller, orta düşülü santraller ve yüksek düşülü santraller olmak üzere üç bölümde sınıflandırılmaktadır. Alçak düşülü santraller ($H < 15m$) genellikle debisi büyük, düz arazilerde akan, yatak eğimi az nehirler üzerinde kurulan ve çoğunlukla kaplan türbini kullanılan santrallerdir. Orta düşülü santraller: ($15m < H < 50m$) çeşitli debilerdeki nehirler üzerinde kurulan kaplan veya francis türbini kullanılan santrallerdir. Bu santrallerin uzunca bir cebri boru sistemi yoktur. Yüksek düşülü santraller: ($H > 50m$) genellikle engebeli veya dağlık araziden akan nehirler veya barajlar üzerinde kurulan santrallerdir. Debiler değişken olup bir yaklaşım kanalı veya tüneli ile bir cebri borusu vardır. Francis veya pelton türbinleri ile donatılmışlardır (Koçak, 2011).

Kaplan türbini: Suyun aksenal akışla çarkı çevirmesi esasına dayanır, küçük düşüler ve büyük debilerde kullanılan türbinlerdir.

Francis (fransis) türbini: Eğri çark kanatları sayesinde suyun radyal olarak girdiği ve eksenel olarak çıktığı türbinlerdir.

Pelton türbini: Pelton türbinleri hız çarklarından çıkan suyun çark kepçelerine çarparak yaptığı etki ile çarkın dönmesinin sağlandığı türbinlerdir (Üstünel,2012).

3.1.3. Hidroelektrik Santrallerin Depolama Yapılarına Göre Sınıflandırılması

Hidroelektrik santraller depolamasız veya depolamalı olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Bunlardan kanal ve nehir santralleri depolamasız olup gelen suya göre çalışırlar. Bu tip santrallerde, akarsu üzerinde tesis edilen bir çevirme (regülatör) yapısından alınan suyun, su iletim hattı sonunda yer alan santralde türbinlenerek enerjisi alınmaktadır. Barajlı santraller ise depolamalı grubu oluşturmaktadır. Depolamalı olan bu santrallerin büyük bir kısmı günlük yük talebine göre çalışmakta olup pik (en yoğun) enerji üretirler. Türbinlenen suyun debisinde önemli bir değişiklik olmayan santraller (baz santraller) yıl boyunca baz enerji üretirler. Kanal (veya nehir) santrallerinde üretilecek enerjinin miktarı, su çevirme eksenindeki suyun debi-süreklilik eğrisine, maksimum çevirme debisine ve temin edilen düşü miktarına bağlıdır (Cofcof, 2008).

3.1.3.1.Akarsu Tipi (Barajsız) Hidroelektrik Santraller

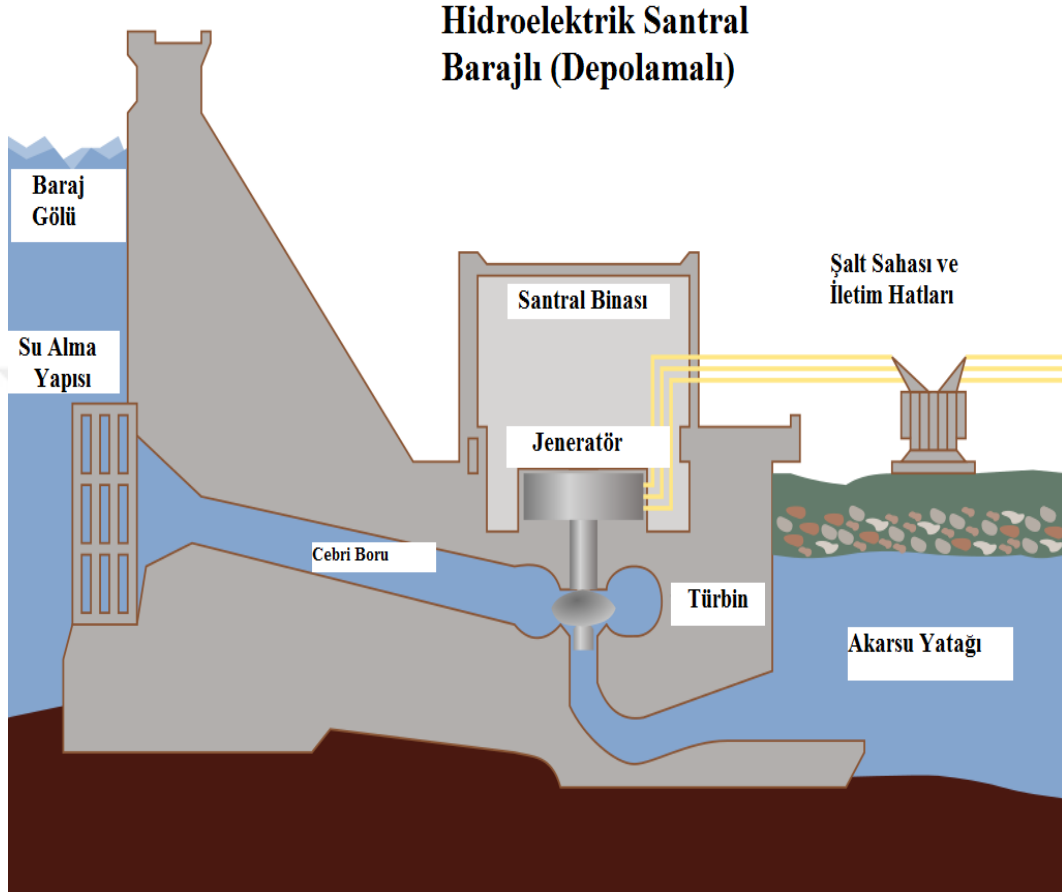
Akarsu, bir kanal veya tünele alınarak belli bir meyil kazandırılır. Türbin ise bir köprü gibi kanalın üzerine kurulur. Barajsız hidroelektrik santrallerin kurulacağı akarsuyun türbin milini çevirebilecek potansiyele ve yıllık debisinin asgari elektrik üretimine yetecek kadar olması gerekir. Akarsu tipi santrallerde, pik saatlerdeki yükü karşılamak için yükleme havuzları yapılır. Bu havuzlara yükün az olduğu saatlerde su pompalanır. Daha sonra pik saatlerinde bu havuzlardaki su ek enerji üretilmesinde kullanılır (Üstünel, 2012).

3.1.3.2.DepolamalıHidroelektrik Santraller

Akarsu üzerine baraj yapılarak önce büyükçe bir yapay göl meydana getirilir ve burada su biriktirilir. Bu suyun belli bir potansiyel enerjisi vardır. Dolayısıyla kurak geçen yıllarda bile bu tip hidroelektrik santrallerde elektrik üretilir. Barajlı hidroelektrik santraller her an yeterli su potansiyeline sahiptir. Santralin kuruluş maliyeti pahalıdır ve yapımları uzun zaman gerektirir. Günümüzde dünyada en yaygın kullanılan hidroelektrik santral çeşididir (Üstünel, 2012).

Baraj gölünde biriken su, su alma yapısından cebri boru aracılığıyla türbine ulaştırır. Türbinler jeneratörlere bağlıdır ve mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürürler. Üretilen elektrik santral binasından iletim hatlarına verilir (Resim 1).

Resim 1:Barajlı Hidroelektrik Santral



Kaynak:URL, 16.

3.1.3.2.1. Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santraller

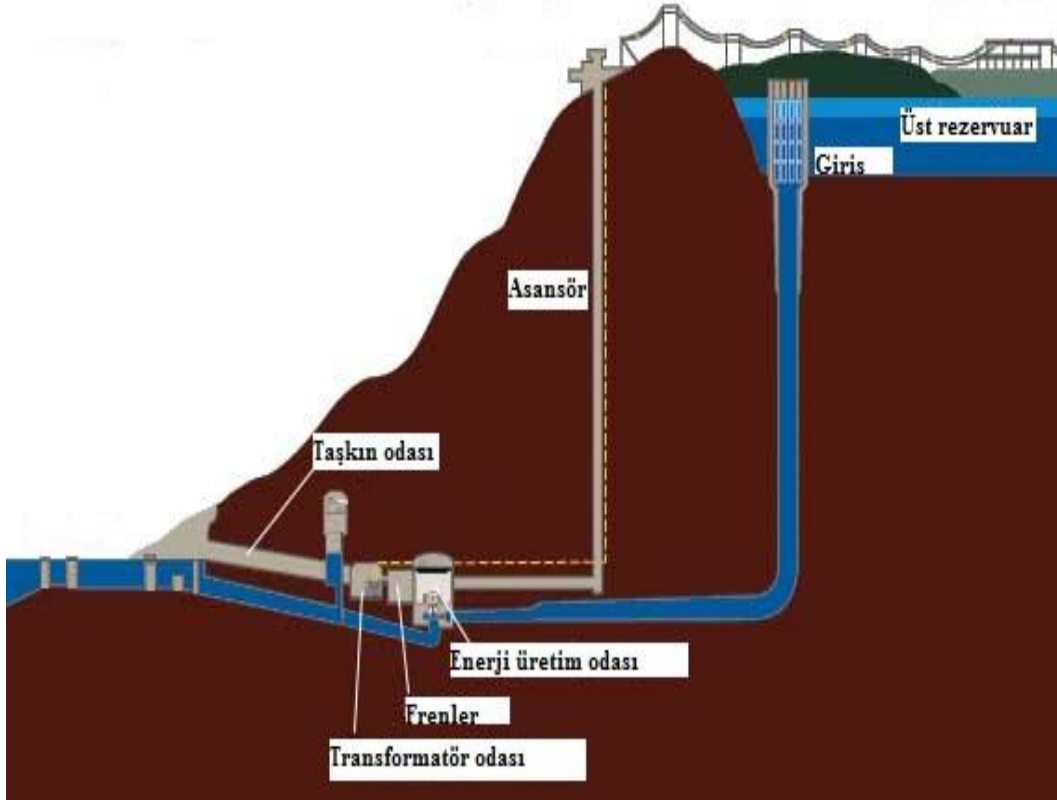
Pompaj depolamalı hidroelektrik santraller (PDHES'ler) bir tür elektrik enerjisi depolama biçimidir. PDHES'lerde suyun önemli miktarı tekrar tekrar elektrik üretiminde kullanılmaktadır. PDHES, elektrik fiyatının yüksek olduğu zaman dilimlerinde türbin modunda çalışmakta ve potansiyel enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülen su aşağı gölette tutulmaktadır. Resim 2'de görüldüğü gibi elektrik enerjisinin ucuz olduğu, yani talebin düşük olduğu zaman dilimlerinde, PDHES pompa modunda çalıştırılarak, aşağı göletteki suyu baraj göletine basarak, elektrik enerjisini suyun potansiyel enerjisi olarak depolamaktadır (Ayder, 2015).

PDHES'ler, üretimi durdurulamayan/durdurulması pratik olmayan elektrik enerjisinin (Örneğin Nükleer Santraller ve Termik Santraller) ya da tüketim ihtiyacı çok fazla olmadığı

zamanlarda elde edilen elektrik enerjisinin (örneğin gece yarısı rüzgâr türbinlerinden) depolanarak ihtiyaç duyulduğunda (puant zamanlarda) kullanıma sokulması amaçlıdır. Bu sayede en az olumsuz çevre etkisi ile arz ve talep arasındaki denge sağlanabilmektedir (Ayder, 2015).

Enerjiyi depolamanın bir yolu da sistemin güç talebinin düşük olduğu zamanlarda suyu yüksekte bir hazneye pompalayarak depolamak ve bu şekilde biriktirilen sudan pik zamanlarda hidroelektrik enerji elde etmektir. Pompaj depolamalı santraller (PHES) hidrolik, termik, nükleer ve rüzgâr santrallerinden kurulu bağlaşımlı sistemin günlük, haftalık veya sezonluk işletme şartlarını düzenlemektedir. Ülkemizde işletmede olan pompaj depolamalı HES bulunmamaktadır. Sistem işletmecisi olan TEİAŞ 2016 Ocak ayında hazırladığı “Türkiye Elektrik Sistemi İçin Yenilenebilir Üretim Kaynakları ve Enerji Depolama Sitemleri Değerlendirme Raporu”nda ülkemiz için 2025 yılından itibaren PHES gerekliliğini belirtmiştir (DSİ, Ormanlık ve Su Şurası, 2017a).

Resim 2: Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santral



Kaynak: URL, 16.

3.1.4. Ulusal Elektrik Sisteminin Yükünü Karşılama Durumuna Göre Sınıflandırılması

- Baz Yük HES: Devamlı olarak enerji üreten santrallerdir
- Puant (Pik)Yük HES: Enerjinin gün içinde en çok ihtiyaç duyulduğu zaman dilimlerinde çalışan santrallerdir.

3.1.5. Santral Binasının Konumuna Göre Sınıflandırılması

- Yer Üstü HES: Jeneratörün bulunduğu bölümün ve üst yapının yerüstünde kurulduğu santrallerdir.
- Yer Altı HES: Güvenlik, topoğrafya ve jeoloji gibi sebeplerle yeraltına kurulan santrallerdir.
- Yarı Gömülü veya Batık HES: Santralin kurulacağı büyüklükte alanın olmadığı dar, kayalık yerlerde bir kısmının yeraltına kurulduğu santrallerdir.

3.1.6. Baraj Gövdesinin Tipine Göre Sınıflandırılması

Baraj, suyun biriktirilmesi için gerekli hazneyi meydana getirmek amacıyla akarsu yatağında inşa edilmiş bir tesisidir. Barajlar yapı malzemelerine göre; dolgu barajlar ve kâgir barajlar olarak iki gruba ayrılır.

3.1.6.1.Toprak ve kaya dolgu barajları

Dolgu barajlarda esas bent, toprak veya kaya dolgu olmakta; sızdırmazlık çoğunlukla kil, çakıl, ender olarak da beton, asfalt perde ile sağlanmaktadır. Toprak dolgu barajlarına örnek olarak Demirköprü, Aslantaş, Kesikköprü ve Tercan barajları verilebilir. Kaya dolgu barajlara örnek olarak da Hirfanlı, Atatürk, Hasan Uğurlu ve Adıgüzel barajları verilebilir.

3.1.6.2.Beton (kâgir) barajları

Bu tip barajlar inşa edilmesinde kullanılan tekniğe göre üç farklı grupta sınıflandırılmaktadır.

3.1.6.2.1. Ağırlık barajları

Su yüzeyi düz, diğer yüzeyi eğik ağırlık barajlarıdır. Ağırlık barajları genellikle plânda düz, bazen de hafif kemer bileşiminde yapılmaktadır. Beton ağırlık barajlarına örnek olarak Keban, Sarıyar ve Kemer barajları verilebilir.

3.1.6.2.2. Payandalı barajları

Alttan taban suyu basıncını azaltmak, beton tasarrufu sağlamak amacıyla geliştirilen baraj çeşididir. Beton miktarı, düşey boşluklu tiplerde % 90, sürekli kemerli tiplerde %80, düz döşemeli tiplerde %70 seviyesinde azalmaktadır. Elmalı II. Barajı payandalı baraj tipine örnek olarak verilebilir (Üstünel, 2012).

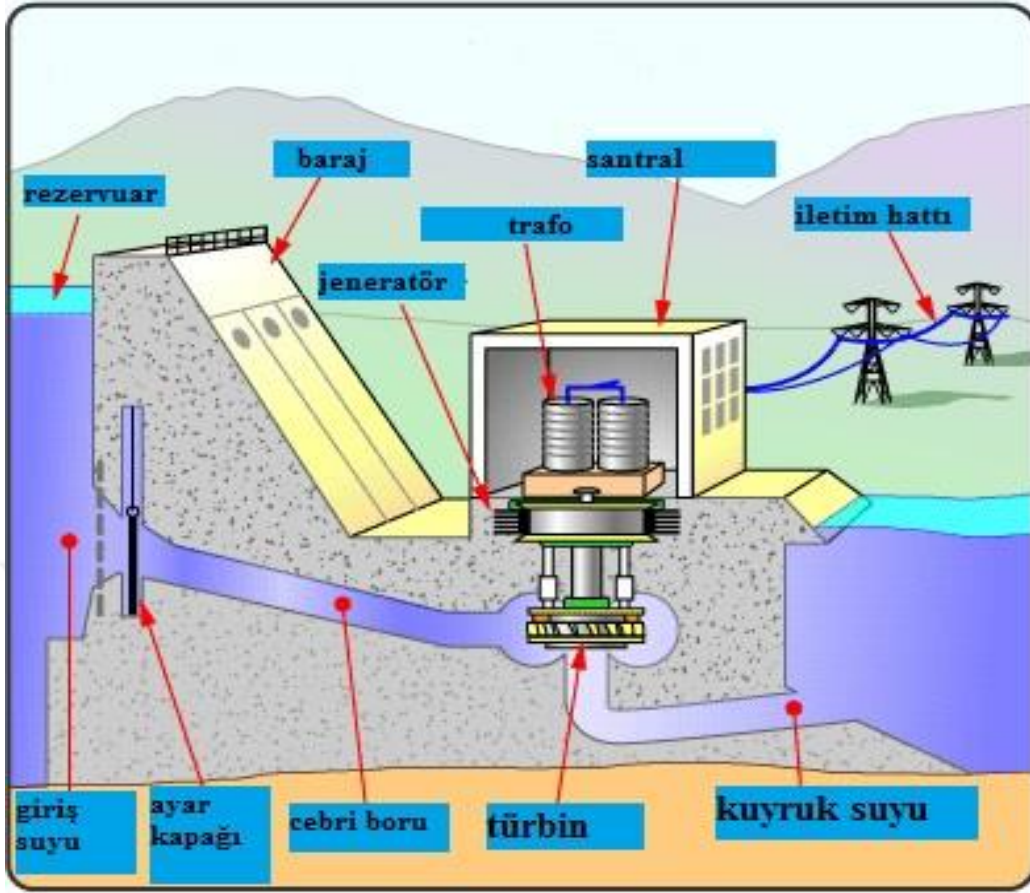
3.1.6.3.Kemer barajları

Dar U, özellikle V biçiminde vadilerde, yamaçlar dayanıklı olduğu takdirde, tek açıklıklı kemer barajlarda çok narin kesitler uygulamak ve beton miktarını ağırlık barajının %25'i seviyesinde tutmak mümkündür. Beton kemer barajlara örnek olarak Gökçekaya, Oymapınar, Karakaya, Sır ve Gezende barajları verilebilir (Üstünel, 2012).

3.2.Hidroelektrik Santral Yapısı

HES'lerin ana bölümleri; baraj seti arkasındaki rezervuar suyu, su girişkapıları, tüneller, cebri borular, hidrolik türbinler, jeneratörler, türbinden geçtikten sonra suyun dışarıa çıkış kısımları, transformatörler ve su akışını ve elektrik enerjisi dağıtımını denetleyen yardımcı donanımlardır. HES'lerde girişgücü, suyun potansiyel ve kinetik enerjisinden oluşmaktadır. Rezervuardan cebri boru içine akan su, sahip olduğu potansiyel enerji ve türbine kadar kazanmış olduğu kinetik enerji ile türbini çevirir ve çıkışta elektrik enerjisi elde edilmiştir. Cebri borular, suyu türbinlere ileten büyük borular ya da tünellerdir. Türbinler, akan suyun hidrolik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürürler. Transformatörler, jeneratörler ile üretilen alternatif gerilimi uzak mesafelere iletmek üzere, gerilimi yükseltmek için kullanılırlar (Resim 3) (Özbay ve Gençoğlu, 2009).

Resim 3: Tipik bir hidroelektrik santral tesisinin şematik gösterimi



Kaynak: URL, 17.

Baraj gövdesi ve gölü: Nehir suyunun depolanması ve su düşüşünün elde edilmesi için gereklidir.

Su alma tesisleri: Baraj gölündeki veya nehir yatağındaki suyun su iletim tesislerine alınması için gereklidir.

Bir hidroelektrik tesiste, enerji amacı için kullanılacak suyun kaynağından alınarak iletim kanalı, kuvvet tüneli veya cebri boruya geçişini sağlayan yapıya su alma yapısı denir. Su alma yapıları, su alınacak yerin nehir, dere, sulama kanalı veya rezervuar (baraj) oluşuna göre değişik özellikler gösterir. Bununla beraber su alma yapılarının fonksiyonları bakımından ortak özellikleri vardır. Bu özellikler şunlardır:

a) Bir su alma yapısı, bağlandığı iletim yapısına (iletim kanalı, kuvvet tüneli veya cebri boru) gerekli suyu kontrollü olarak verebilmelidir.

b) İstenilen suyu sedimentten (silt, kum, çakıl) ve yüzer haldeki türbine kadar girebilecek zararlı maddelerden (tomruk, kütük, buz) arıtarak verebilmelidir.

c) En az düşü kaybıyla çalışacak şekilde ve ekonomik olarak projelendirilmiş olmalı ve belirtilen ömrü süresince işlevlerini yerine getirebilmelidir (Akdoğan, 2006).

Suyolları tesisleri: Su iletim kanalı veya iletim tüneli (basıncsız) veya enerji tüneli (basıncı) veya cebri boru v.s gibi tesisler suyun türbinlere iletilmesinde kullanılır.

Santral tesisleri: İçinde türbinler ve yardımcı ekipmanlar ile jeneratörler ve yardımcı ekipmanlar gibi elektromekanik teçhizatın ve koruma kontrol- kumanda gibi elektrik teçhizatın ve diğer yardımcı teçhizatın yerleştirilmesi için gereklidir (URL, 18).

Santral çıkış suyu kanalı: Türbinlerden çıkan suyun nehir yatağına intikalini sağlayan tesistir (Şimşek, 2014).

Şalt tesisleri: Transformatörler, kesiciler ve ayırıcılar gibi elektrik teçhizatının monte edildiği mahaldir (Şimşek, 2014).

Dip savak tesisleri: Baraj gölünün suyunu gerektiğinde nehir yatağı mansabına bırakmaya yarayan tesislerdir.

Dolu savak tesisleri: Aşırı yağışlı yıllarda baraj maksimum su seviyesine kadar dolduğunda, baraj gövdesinin zarar görmemesi için fazla gelen suların nehir yatağının mansabına atılmasına yarayan tesislerdir. Feyazan mevsiminde fazla gelecek olan suyun kontrollü bir şekilde bırakılmasını temin etmek maksadıyla yapılır. Maksimum debiyi karşılayacak şekilde dizaynedilir. Dolu savağın en önemli elamanları, Batardo kapağı, Radyal Kapak ve bunları tespit etmek için inşaat yapısı mevcuttur (URL, 18).

Santral Çıkış Suyu Kanalı:Türbinlerden çıkan suyun nehir yatağına intikalini sağlayan tesistir (URL, 16).

Cebri borular:Baraj gölü ile türbinler, yükleme odası ile türbinler veya denge bacası ile türbinler arasındaki basınçlı borulara cebri boru denir.Cebri borular basınçlı borular olması dolayısıyla HES tesislerin toplam maliyeti içerisindeki payı yüksek olabilir. Bu nedenle uzun cebri borulu bir santralde cebri boru ekonomik çap tespiti önemlidir. Borular statik ve dinamik zorlanmaları nedeniyle malzeme kalitesi yüksek, borunun et kalınlıklarının fazla olması, iç yüzey pürüzlülüğü, iç ve dış yüzeyler korozyona dayanıklı olması gibi etkenlerden dolayı pahalı malzemelerdir (URL, 18).

Denge Bacası: HES tesislerinde enerji tüneli veya cebri borularda oluşabilecek ani basınç (Su koçu darbesi) yükselmeleri sönmölemek için cebri borunun veya enerji tünelinin baş kısmına veya sonuna yakın bir noktasına tesis edilen yapıdır.

Denge bacasını gerektiren şartlar:

- Cebri boruda oluşan su koçu darbesi mertebesinin türbinin net düşüşüne oranının;
- 50m düşüye kadar olan HES’de %50
- 150m düşüte kadarki HES’de %25
- 250m düşüye kadarki HES’de %15
- 250m ve yukarısı için %5 değerini aşmaması gerekir (URL, 18).

Enerji Tünelleri: Barajdan su alma yapısıyla alınan suyun enerji üretilecek yerlere (santraldeki türbinlere) iletimi sağlayan tünellerdir (DSİ, Barajlar Sunumu, 2019).

Salyangoz: Cebri borunun sonuna montajı yapılır. Salyangoza benzeyen basınçlı su haznesine denilir. İletim suyunun türbin çarklarına eşit debide girmesini sağlar. Salyangozda bulunan sabit kanatçıklar suyun yönünü belirler, hareketli kanatçıklar ise türbin çarkına iletilen suyun debisini ayarlar. Birçok hidroelektrik santralde cebri boru ile salyangoz bağlantı noktasında vanalar bulunur. Bu vanalar kelebek veya küre biçimde hidrolik basınç ile hareket ederler (Dağhan, 2018).

Alternatör: Alternatör yapısal olarak mekanik enerjiyi alternatif akıma dönüştürür. Bu enerji dönüşümünü manyetik alan sayesinde yapar. Bu hareketi yapan içten yanmalı motorların sağladığı yapılara alternatör denilir (Dağhan, 2018).

Transformatörler (trafo): Trafo ismi ile bilinen gelen gerilimi frekans seviyesi değıştirmeden arttırmak veya azaltmak için çalışan yapıdır. Transformatörler çoğunlukla enerji iletim ve dağıtım kanallarında kullanılır, tek veya üç fazlı yapıdadır. Bir üniteye tek transformatör kullanılabileceği gibi birden daha çok üniteye tek transformatörde kullanılabilir (Dağhan, 2018).

Şalt Sahası: Elektrik enerjisini dağıtmaya ve toplamaya yarayan yapıdır. Transformatörlerden gelen yüksek gerilim enerjinin dağıtım ve iletim kanallarına bağlantı sağlamasına yarayan alt yapı elamanlarıdır (Dağhan, 2018).

Türbinler: Baraj gölünde birikmiş olan yüksek seviyede debisi ve potansiyel enerjisi bulunan su, cebrî borular vasıtası ile yüksek bir su düşüsü elde edilerek türbin kanatlarına veya çarklarına verilir. Türbinde suyun kinetik enerjisinden meydana gelen mekanik dönme enerjisi, türbine akuple olan alternatörde elektrik enerjisine çevrilmiş olur (Üstünel, 2012).

Bir hidroelektrik santralinde kullanılan türbin tipinin belirlenmesinde, türbini döndürecek olan suyun basıncı ile debisi etkili olur. Bütün türbinlerde duran kısma salyangoz, dönen kısma ise rotor denir. Günümüz hidroelektrik santrallerinde kullanılan üç çeşit türbin vardır:

- **Kaplan türbini**

Suyun aksel akışla çarkı çevirmesi esasına dayanır, küçük düşüler ve büyük debilerde kullanılan türbinlerdir. Aynı düşü ve debi değerleri için türbine daha büyük bir hız sağlar. Bu nedenle türbin ve alternatör boyutları küçülür. Kaplan türbinlerinin devirleri 300-1000 devir/dakika arasındadır (Üstünel, 2012).

- **Francis (fransis) türbini**

Eğri çark kanatları sayesinde suyun radyal olarak girdiği ve aksel olarak çıktığı türbinlerdir. Genellikle 300 m'ye kadar su düşülerinde kullanılır. Francis türbinlerinde su girişi cebrî borudan türbine geçişte kelebek vana kullanılır. Vana oldukça yüksek basınç altında bulunacağından açış kolaylığı için by-pass sistemi bulunmalıdır. Francis türbinlerinin devirleri 65-300 d/dk arasındadır. Gökçekaya, Hirfanlı ve Sarıyar Hidroelektrik Santrallerinin türbinleri francis tipi türbindir (Üstünel, 2012).

- **Pelton türbini**

Pelton türbinleri hız çarklarından çıkan suyun çark kepçelerine çarparak yaptığı etki ile çarkın dönmesinin sağlandığı türbinlerdir. Pelton türbinlerinin özgül hızları küçük olup francis türbinlerine oranla yüksek düşülerde kullanılmaya elverişlidir. Buna karşılık debileri küçüktür. Pelton türbinleri genellikle büyük güçlerde düşey, küçük güçlerde yatay aksel

olarak tertiplenmektedir. Dakikada 32 devire kadar dönebilir. Pelton türbinlerinin kullanıldığı santrallere örnek olarak Hazar-I ve Kovada-II santralleri verilebilir (Üstünel, 2012).



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE’DE ELEKTRİK VE HİDROELEKTRİK ENERJİ

Ülkemiz kullandığı enerjinin önemli bir kısmını ithal etmektedir. Refah seviyesinin yükselmesiyle birlikte tüketilen enerji miktarı da her geçen yıl artış göstermektedir. Türkiye enerji bakımından dışa bağımlılığı azaltmak için yerli ve yenilenebilir kaynakların önemli bir kısmını oluşturan hidroelektrik enerjiye daha fazla önem vermesi gerekmektedir. Hidroelektrik santrallerin ekosistemin işleyişine verdiği zararlar en aza indirilerek üretilen enerji miktarının artırılması hedeflenmelidir.

Üretimin, makine gücü ile yapıldığı çağdaş bir üretim şekli olarak tanımlanan modern sanayi, yüksek oranda enerji tüketmeyi gerektirir. Ülkelerin kalkınmasında, enerji kaynaklarının varlığı ve yüksek miktarlarda tüketilmesi etkilidir (Doğanay,1991).

Enerji ekonominin lokomotifidir. Başarılı ve büyük bir ekonominin ilk koşulu bol ve ucuz enerjidir. Enerji maliyetlerinin düşürülmesi ve üretilen enerji miktarının artırılması, üretimin büyümesine yol açacaktır. Enerji, ülke ekonomisinin kalkınmasının ve refah seviyesinin yükselmesinin en önemli ön koşullarındandır (Veziroğlu, 2001).

4.1.Türkiye’ de Elektrik

Elektrik sektöründe, kârlılık ve verimliliğin artırılması amacıyla mevcut tesislerin daha verimli çalıştırılmasında ve yeni üretim tesislerinin yapımında özel sektörün katkısının sağlanması için Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) bünyesinde özelleştirme çalışmaları da sürmektedir. Şu an enerji sektöründe izlenen politika: Ülke enerji ihtiyacının amaçlanan ekonomik büyüme ve sosyal kalkınma hızını destekleyecek ve yönlendirecek şekilde zamanında, yeterli, güvenilir, ekonomik koşullarda ve çevresel etki de dikkate alınarak karşılanmasıdır (Bahar, 2005).

4.1.1. Elektrikteki Kurulu Gücün Tarihsel Gelişimi

Türkiye’de ilk defa 15.09.1902 tarihinde Tarsus kasabasında bir su değirmeni milinden transmisyonla çevrilen 2 kW’lık bir dinamodan kasabaya elektrik verilmiştir. Tarsus’a 1800 metre uzaklıktaki Bentbaşı mevkiinde bulunan Berdan Nehri üzerinde su değirmeni milinin transmisyon kayışıyla çevrilerek 2 kW’lık bir dinamo ile oluşturulan santral

daha sonra hidroelektrik santraline dönüştürülerek gücü 60 kW'a çıkartılmıştır. Ülkemiz için hidroelektriğin gelişiminde önemli bir basamak olmuştur (Özdemir, 2011).

1930 yılından itibaren endüstrinin gelişmesiyle birlikte elektrik enerjisi aydınlatma dışında da kullanılmaya başlamıştır. 1932 yılında Atatürk'ün önderliğinde Bayındırlık Bakanlığına bağlı olarak su ile ilgili işler başlatılmış Türkiye'nin enerji ihtiyacını belirlemek, su ve diğer enerji kaynakları ile ilgili inceleme ve araştırmalar yapmak amacıyla 1935 yılında Elektrik İşleri Etüt İdaresi kurulmuştur. Dönemin en önemli projeleri Seyhan, Sarıyar, Hirfanlı, Kesikköprü, Demirköprü ve Kemer Barajları ve HES'leridir. 1940 yılına kadar 28 adet hidroelektrik santral kurulmuştur. Aynı dönemde kurulmuş olan Etibank ve İller Bankası ise küçük ölçekli hidroelektrik santrallerin inşası, köy ve kasabaların elektrifikasyonu ile ilgili işleri yürütmüştür. 1954 yılında su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesi amacıyla Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) 'nin kuruluşuyla birlikte hidroelektrik projelere ağırlık verilmiştir (Tutuş, 2006).

Ülkede artan üretim, dağıtım ve iletim ihtiyaçları kurumsal bir yapıyı gerekli kılmış bu ihtiyaçtan dolayı 1970 yılında yürürlüğe giren TEK yasası ile Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) kurulmuş ve sektördeki dağınıklık kısmen giderilmiştir. TEK'in kurulmasıyla birlikte genellikle üretim alanlarının tüketim alanlarından çok uzakta olduğu hidroelektrik projeler için çok önemli olan bağlaşımlı sistem geliştirilmiştir. Türkiye'nin Keban (1330 MW), Karakaya (1800 MW), Atatürk (2400 MW), Altınkaya (700 MW), Oymapınar (540 MW) gibi birçok büyük projesi bu dönemde projelendirilmiş veya gerçekleştirilmiştir. Bu dönemde hidroelektrik projeler altın çağını yaşamıştır (Tutuş, 2006).

Yap-İşlet-Devret (YİD) modeli ile 1989-2005 yılları arasında 15 adet santral faaliyet göstermeye başlamıştır. Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ)'a bağlı ortak santrallerin kurulu güçteki payları 3 bin 284 MW gibi büyük bir değerle sisteme dâhil olmuştur. 2002 yılından sonra serbest üretim şirketleri başlangıçta 153,6 MW ile piyasaya giriş yapmış, iki yıl içerisinde ise bu rakam 13 kat artarak 2 bin 246 MW seviyesine ulaşmıştır. Bu artış oranı serbest piyasa teşvikleri ile artmaya devam etmektedir (Karagöl ve Tür, 2017).

Tablo 8: Türkiye Elektrik Kurulu Gücünün Yıllar İtibariyle Gelişimi (Birim: MW)

YILLAR	TERMİK	HİDROLİK	JEOTERMAL+RÜZGÂR+GÜNEŞ	TOPLAM
1923	32,7	0,1		32,8
1930	74,8	3,2		78,0
1935	121,2	5,0		126,2

1940	209,2	7,8		217,0
1945	237,7	8,2		245,9
1950	389,9	17,9		407,8
1955	573,5	38,1		611,6
1960	860,5	411,9		1272,4
1965	985,4	505,1		1490,5
1970	1509,5	725,4		2234,9
1975	2407,0	1779,6		4186,6
1980	2987,9	2130,8		5118,7
1985	5229,3	3874,8	17,5	9121,6
1990	9535,8	6764,3	17,5	16317,6
1995	11074,0	9862,8	17,5	20954,3
2000	16052,5	11175,2	36,4	27264,1
2005	25902,3	12906,1	35,1	38843,5
2010	32278,5	15831,2	1414,4	49524,1
2015	41903,0	25867,8	5375,9	73146,7
2018	46908,6	28291,4	13350,8	88550,8

Kaynak:URL,29.

1960 yılı ile 2018 yılı karşılaştırıldığında ülke kurulu gücünde yaklaşık yetmiş kat artış olduğu görülmektedir. 2000 yılından 2018 yılına kadar olan dönemde ülke kurulu gücünde üç katından fazla büyüme gerçekleşmiştir. 1930 yılında toplam kurulu gücün %96'sını termik santraller meydana getirirken %4 'ünü hidroelektrik santraller oluşturmaktadır. 1960 yılına gelindiğinde termik kurulu güç %68'e düşerken hidroelektrik kurulu güç %32'ye ulaşmıştır. 1980 yılına gelindiğinde hidroelektrik kurulu güç, toplam kurulu güç içerisinde %42'lik kısmı oluşturmaktadır. 2000 yılına gelindiğinde hidroelektrik kurulu güç 1980 yılına göre yaklaşık beş kat artış göstermiştir. Ancak 2000 yılındaki hidroelektrik gücün toplam kurulu güç içerisindeki payı %41 olarak gerçekleşmiştir. 2000 yılından 2018 yılına gelindiğinde hidroelektrik kurulu güç yaklaşık 2,5 kat artış göstermiştir. Ancak toplam kurulu güç içerisindeki hidroelektrik payı %41'den yaklaşık %32'ye düşmüştür. Son yıllarda ise jeotermal, güneş ve rüzgâr enerji santrallerinin kurulu güç miktarında önemli artışlar olduğu görülmektedir. 2018 yılında toplam kurulu güç içerisindeki jeotermal, güneş ve rüzgâr enerjisi kurulu güç payları yaklaşık %15 olarak gerçekleşmiştir (Tablo 8).

Tablo 9:Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Ait Elektrik Üretimi Kurulu Gücünün Yıllar İtibariyle Gelişimi (MW).

YILLAR	HİDROLİK	JEOTERMAL	RÜZGÂR	GÜNEŞ	YENİLENEBİLİR ATIK+ATIK ISI	TÜRKİYE TOPLAM KURULU GÜCÜ
2000	11.175,20	17,5	18,9		23,8	27.264,10
2001	11.672,90	17,5	18,9		23,6	28.332,40
2002	12.240,90	17,5	18,9		27,6	31.845,80
2003	12.578,70	15	18,9		27,6	35.587,00
2004	12.645,40	15	18,9		27,6	36.824,00
2005	12.906,10	15	20,1		35,3	38.843,50
2006	13.062,70	23	59		41,3	40.564,80
2007	13.394,90	23	147,5		42,7	40.835,70
2008	13.828,70	29,8	363,7		59,7	41.817,20
2009	14.553,30	77,2	791,6		86,5	44.761,20
2010	15.831,20	94,2	1.320,20		107,2	49.524,10
2011	17.137,10	114,2	1.728,70		125,7	52.911,10
2012	19.609,40	162,2	2.260,60		168,8	57.059,40
2013	22.289,00	310,8	2.759,70		235	64.007,50
2014	23.643,20	404,9	3.629,70	40,2	299,1	69.519,80
2015	25.643,20	404,9	4.503,20	248,8	370,1	73.146,70
2016	26.681,10	820,9	5.751,30	832,5	496,4	78.497,40
2017	27.273,1	1.063,7	6.516,2	3.420,7	641,9	85.200,0
2018	28.291,4	1.282,5	7.005,4	5.062,8	818,9	88.550,8

Kaynak: URL, 29.

Ülkemiz toplam kurulu gücüne bakıldığında 2000 yılından 2018 yılına kadar olan dönemde yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu gücünde yaklaşık dört katlık bir büyüme gerçekleşmiştir. Hidroelektrik santrallerin kurulu gücü 2000 yılına göre 2018 yılında yaklaşık % 150 oranında artış göstermiştir. Buna bağlı olarak ülkemizdeki hidroelektrik santrallerin sayılarının ve üretim kapasitelerinin arttığı söylenebilir. Enerji üretimde hidroelektrik santrallerin fosil yakıtlara karşı en büyük alternatif oluşturduğu görülmektedir. Enerjiye duyulan ihtiyacın giderek artması jeotermal kaynakların ısınma amacının dışında enerji üretimde aktif rol oynamasını sağlamıştır. 2000 yılındaki kurulu gücü 17,5 MW iken 2018 yılına gelindiğinde 1.282 MW 'a ulaşmıştır. Rüzgâr enerjisinin 2000 yılında 18,9 MW

Kurulgücü mevcut iken 2018 yılına gelindiğinde kurulu gücüyaklaşık 370 kat büyüyerek 7.005 MW'a ulaşmıştır (Tablo 9).

Güneş enerjisinin ise 2014 yılına gelene dek yenilenebilir enerji üretiminde herhangi bir payı olmadığı görülmektedir. Ancak teknolojiadaki gelişmelere ve her geçen gün artan enerji ihtiyacı bağlı olarak alternatif enerji kaynak arayışlarının bir sonucu olarak son yıllarda güneş enerjisinin kurulu güç miktarında önemli artışlar görülmektedir. 2014 yılından itibaren gelişme gösteren güneş enerjisinin 2018 yılına gelindiğinde ülke toplam kurulu gücünün % 6'sını meydana getirdiği görülmektedir. Yenilenebilir atık kurulu gücü incelendiğinde, 2000 yılında 23,8 MW iken 2018 yılına gelindiğinde 818,9 MW' a ulaşmıştır. Ülke toplam kurulu gücü içerisinde ise yaklaşık % 1'i Yenilenebilir atık oluşturmaktadır (Tablo 9).

Tablo 10: 2019 Yılı Kasım Ayı İtibariyle Enerji Kaynaklarının Kurulu Güç Değerleri (MW)

ENERJİ KAYNAKLARI	KURULU GÜÇ (MW)
AKARSU	7.857,5
ASFALTİT KÖMÜR	405
ATIK ISI	354,8
BARAJLI	20.642,5
BİYOKÜTLE	791,6
DOĞALGAZ	25.929,5
FUEL OİL	438,5
GÜNEŞ	5.894
İTHAL KÖMÜR	8.966,9
JEOTERMAL	1.514,7
LİNYİT	10.101
LNG	2
MOTORİN	1
NAFTA	4,7
RÜZGÂR	7.555,7
TAŞKÖMÜR	810,8
TOPLAM	91.269,6

Kaynak: URL, 29.

Türkiye'nin enerji kaynaklara göre 2019 yılı kurulu gücü incelendiğinde yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam elektrik enerjisi kurulu gücünün yaklaşık %47'sini oluşturduğu görülmektedir. Hidroelektrik güç yenilenebilir kaynaklar içerisinde en büyük paya sahiptir. Toplam elektrik enerjisi kurulu gücünün yaklaşık %31 'ini hidroelektrik kurulu güç meydana getirmektedir. Fosil enerji kaynakları içerisinde ise en büyük kurulu güce sahip

enerji kaynağını ise doğalgazdır. Toplam kurulu gücün yaklaşık %28'ini doğalgaz kurulu gücü oluşturmaktadır (Tablo 10).

4.1.2. Türkiye Elektrik Üretim ve Tüketimi

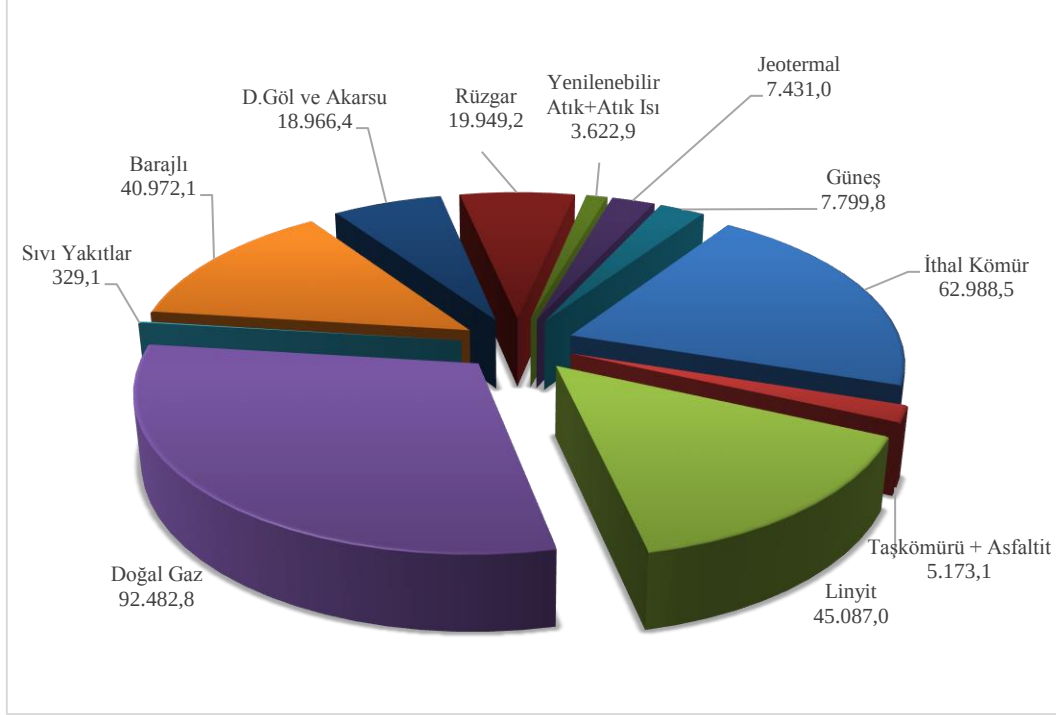
2018 yılında Türkiye elektrik üretimi 304,8GWh olarak gerçekleşmiştir. 2018 yılında Türkiye elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı incelendiğinde, toplam üretimin yaklaşık %30'unu doğalgazın oluşturduğu görülmektedir. İthal kömürün toplam üretimdeki payı yaklaşık %20'dir. Türkiye'nin 2018 yılı elektrik enerjisi üretiminde kullanılan ithal enerji kaynaklarının toplam oranı yaklaşık % 52'dir. Elektrik üretimde kullanılan yerli fosil enerji kaynaklarından linyit ve taş kömürünün toplam enerji üretimindeki payı yaklaşık %16'dır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam elektrik enerjisi üretimindeki payı yaklaşık %32'dir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki en büyük pay yaklaşık %20 ile hidroelektrik enerjiye aittir (Tablo 11, Grafik 4). Elektrik Enerjisi Piyasası, Arz Güvenliği Strateji Belgesine göre 2023 yılına kadar doğalgazın toplam üretimdeki payının % 30'un altına çekilmesi hedeflenmektedir.

Tablo 11: 2018 Yılı Türkiye Elektrik Üretiminin Kaynaklara Dağılımı

KAYNAK	ÜRETİM (GWh)
İthal Kömür	62.988,5
Taşkömürü + Asfaltit	5.173,1
Linyit	45.087,0
Doğal Gaz	92.482,8
Sıvı Yakıtlar	329,1
Barajlı	40.972,1
D.Göl ve Akarsu	18.966,4
Rüzgâr	19.949,2
Yenilenebilir Atık+Atık Isı	3.622,9
Jeotermal	7.431,0
Güneş	7.799,8
TOPLAM	304.801,9

Kaynak: URL,12.

Grafik 4: 2018 Yılı Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı (GWh)



Kaynak: URL,12.

Tablo 12: 1923-2018 Yılları Arası Ulusal Elektrik Üretimi (GWh)

YILLAR	TERMİK	HİDROLİK	JEOTERMAL+RÜZGÂR+GÜNEŞ	TOPLAM
1923	44,3	0,2		44,5
1930	104,4	1,9		106,3
1935	205,9	7,0		212,9
1940	383,1	13,8		396,9
1945	504,0	23,8		527,8
1950	759,4	30,1		789,5
1955	1490,7	89,1		1579,8
1960	1813,7	1001,4		2815,1
1965	2773,7	2179,0		4952,7
1970	5590,2	3032,8		8623,0
1975	9.719,2	5.903,6		15.622,8
1980	11.927,2	11.348,2		23.275,4
1985	22.168,0	12.044,9	6,0	34.218,9

1990	34.315,3	23.147,6	80,1	57.543,0
1995	50.620,5	35.540,9	86,0	86.247,4
2000	93.934,2	30.878,5	108,9	124.921,6
2005	122.242,3	39.560,5	153,4	161.956,2
2010	155.827,6	51.795,5	3.584,6	211.207,7
2015	179.366,4	67.145,8	15.271,0	261.783,3
2018	209.683,5	59.938,4	35.180,0	304.801,9

Kaynak: URL,12.

Türkiye'nin 1923'ten 2018'e kadar olan süreci incelendiğinde elektrik üretiminde büyük bir artış yaşandığı görülmektedir. 1923 yılından 1960 yılına kadar olan süreçte elektrik üretiminin önemli bir bölümü termik santraller tarafından karşılanmıştır. 1970 yılına gelindiğinde ise hidroelektrik enerjinin toplam üretilen enerji içerisindeki payı %35 olarak gerçekleşmiştir. Hidroelektrik enerji üretim 1970 'den 2018' e gelindiğinde yaklaşık yirmi kat artış göstermesine rağmen hidroelektrik enerjinin toplam enerji üretimindeki payı %19,6 olarak gerçekleşmiştir. Hidroelektrik enerji üretiminin artış gösterip toplam enerji üretimi içerisindeki oranın düşmesinde, ülke elektrik üretiminin 1970 yılına göre 2018 yılındaki yaklaşık otuz beş kat olarak gerçekleşen artışı etkili olmuştur. Jeotermal, güneş ve rüzgâr enerjilerinden ancak 1980 yılından sonra elektrik üretiminde yararlanılmaya başlanmıştır. Jeotermal, güneş ve rüzgâr enerji santrallerinden üretilen elektriğin toplam elektrik üretimi içerisindeki payları 2010 yılına göre 2018 yılında on kat artış göstermiştir. 2018 yılında jeotermal, güneş ve rüzgâr enerji santrallerinden üretilen elektrik miktarı aynı yıl üretilen toplam elektrik miktarının yaklaşık %11,5'ini meydana getirmektedir (Tablo 12).

Tablo 13:Türkiye Elektrik Enerjisinin Yıllara Göre Gelişimi (1984-2018).

TÜRKİYE ÜRETİMİ			İthal Edilen (GWh)	İhraç Edilen (GWh)	Brüt Arz (GWh)	Net Tüketim (GWh)
Yıllar	Kurulu Güç (MW)	Ulusal Üretim (GWh)				
1984	8.462	30.614	2.653	-	33.267	27.635
1990	16.318	57.543	176	907	56.812	46.820
1995	20.954	86.247	-	636	85.552	67.394
2000	27.264	124.922	3.791	437	128.276	98.296
2005	38.844	161.956	636	1.798	160.794	130.263
2009	44.761	194.813	812	1.546	194.079	156.894
2013	64.007	240.154	7.429	1.227	246.356	198.045
2016	78.497	274.408	6.330	1.452	279.286	231.203
2017	85.200	297.277	2.728	3.303	296.702	249.022
2018	88.500	304.801	2.476	3.111	304.166	254.863

Kaynak; URL, 12.

Not:1-1984 yılından itibaren Türkiye üretiminde Kurulu Güç (MW), enerji (GWh) toplam değerlerine rüzgâr ve jeotermal enerjisi dâhil edilmiştir.

Tablo 13’de görüldüğü gibi, 1984 yılından 2018 yılına kadar olan veriler incelendiğinde kurulu güç potansiyelinin yaklaşık on kat arttığı görülmektedir. İthal ve ihraç enerjideki dengeye bakıldığında bu dönem içerisinde önemli miktarda belirgin değişiklikler meydana gelmemiştir. Aynı şekilde ülkedeki refah seviyesinin artışına paralel olarak tüketim miktarında sürekli artış yaşanmıştır. 1984 yılında yaklaşık 30GWh olan elektrik üretimimiz 2018 yılında gelindiğinde 304GWh’ulaşarak yaklaşık %900 oranında artış göstermiştir. Bu dönem içerisinde elektrik tüketimimiz yaklaşık 9,5 kat artış göstermiştir.

Tablo 14: Kişi Başı Net Elektrik Tüketimi

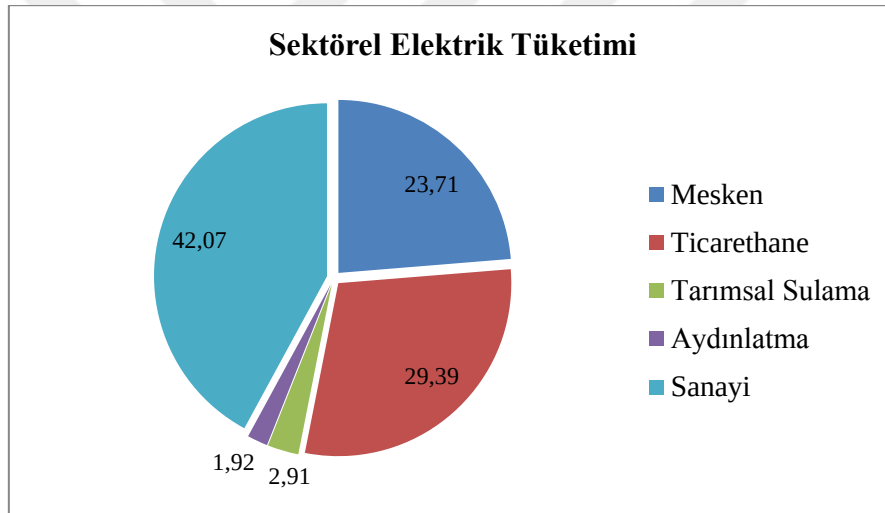
YILLAR	KİŞİ BAŞI NET TÜKETİM (kWh)
1975	334
1980	455
1990	829
2000	1448
2007	2197
2008	2264
2009	2162

2010	2333
2011	2490
2012	2577
2013	2583
2014	2669
2015	2759
2016	2896
2017	3081
2018	3108

Kaynak: URL, 12.

Teknolojinin gelişme göstermesine bağlı olarak yeni ihtiyaçların ortaya çıkması ve tüketimin çeşitlenmesi kişi başına düşen elektrik tüketiminin her geçen yıl artmasına yol açmaktadır. 1975 yılından 2018 yılına gelinde kişi başına tüketilen elektrik miktarı yaklaşık olarak on kat artış göstermiştir (Tablo 14).

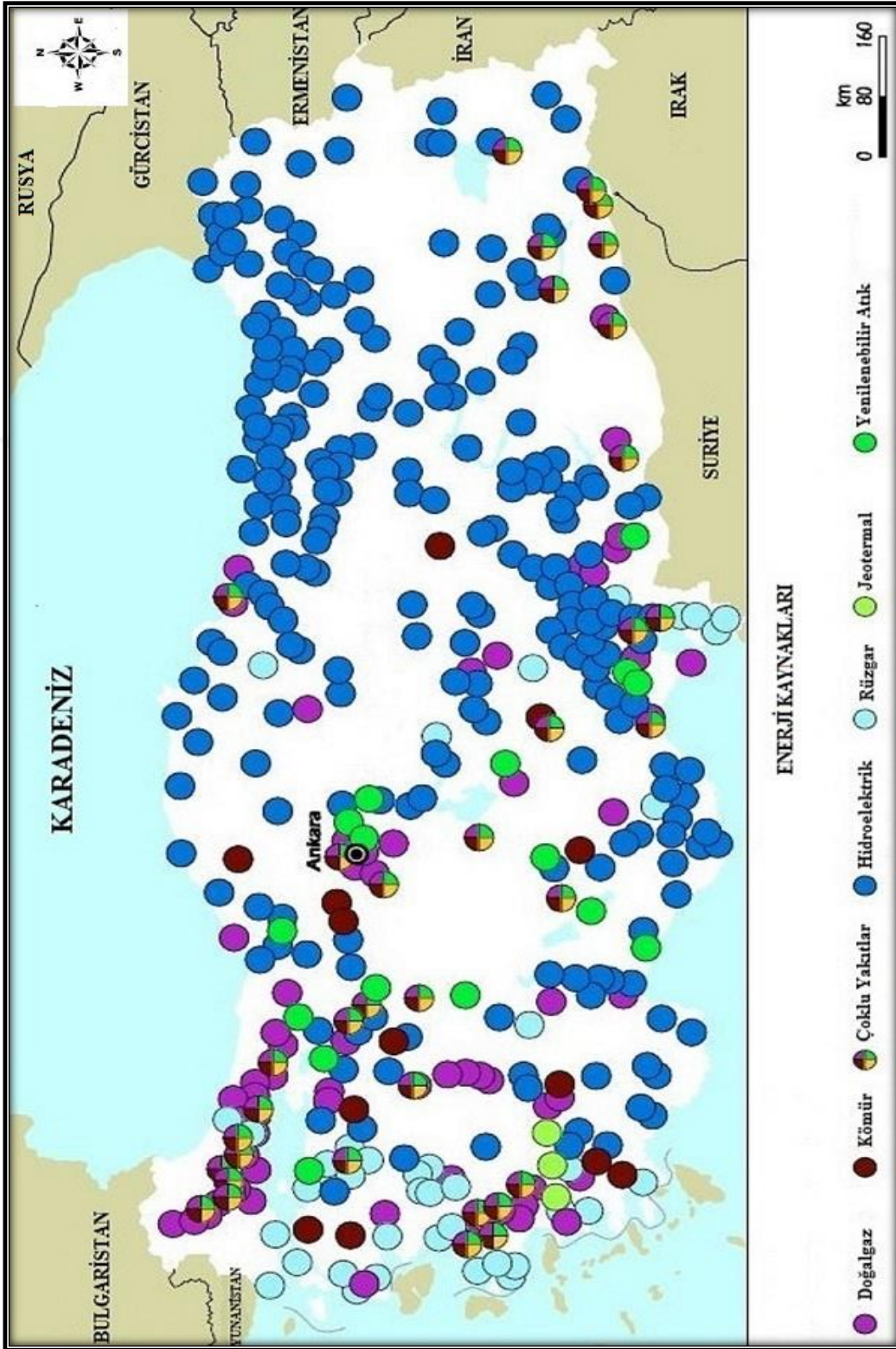
Grafik 5: 2017 Yılı Türkiye Elektrik Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı(%).



Kaynak:(EPDK,2017).

2017 yılında tüketimde en büyük pay sanayi sektörüne aittir. Sanayi'nin gelişmiş olduğu şehirlerin elektrik tüketimi diğer şehirlere oranla daha yüksek olmuştur (Tablo 18). Ülke genelinde tarımsal sulama için kullanılan elektrik tüketiminde ise oran oldukça düşüktür (Grafik 5).

Harita 10: Türkiye Enerji Kaynakları Dağılımı



Kaynak: IEA, 2016.

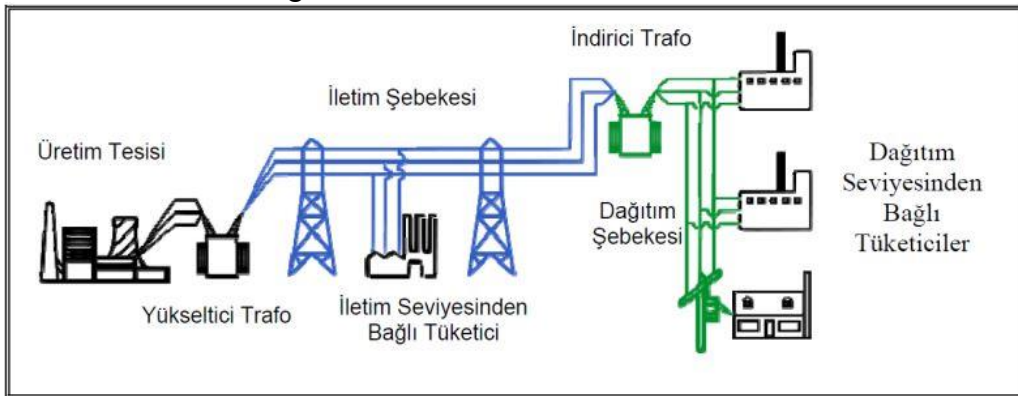
4.1.3. Elektrik İletim ve Dağıtım Sistemleri

İletim sistemi, üretim tesislerinden itibaren gerilim seviyesi 36 kV üzerindeki hatlar üzerinden elektrik enerjisinin iletiminin gerçekleştirildiği tesislerdir. İletim tesislerinin bileşenleri olarak, İletim Hatları ve Kabloları ve iletim trafo ve anahtarlama merkezleri (indirici trafo merkezleri ve transformatör bulunmayan şalt sistemleri) tanımlanır. İletim Sistemi elektrik sisteminin ana omurgasını teşkil etmekte olup iletim tesisleri yatırımları pahalı ve yapımı uzun süre alan, işletilmesi ülke ekonomisine etkileri açısından büyük önem taşıyan sistemler olduğundan bölgesel gelişim hedeflerinin, yük tahminlerinin, arz kaynak noktalarının önceden uygun olarak belirlenmesi gerekmektedir. Ülkemizin nüfus yoğunluğu, arz kaynaklarının yeri ve coğrafi koşullarına uygun olarak Avrupa standartlarına göre dizayn edilen iletim sistemi kayıpları, uluslararası performans düzeyindedir (TEİAŞ, 2016).

2017 yılı sonu itibariyle iletim sisteminde 1.234 adet trafo merkezi, 193.961 Megavolt amper(MVA) kapasiteli 2.164 adet trafo bulunmaktadır. İletim hatlarının uzunluğu 66.285 km'dir. 2017 yılında iletim sistemi kayıp oranı ise %1,9 olarak gerçekleşmiştir (EPDK, 2017).

İletim tesislerinin ve dağıtım gerilim seviyesinden bağlı üretim ve tüketim tesislerine ait şalt sahalarının bittiği noktadan sonraki nihayet direğinden itibaren, alçak gerilim seviyesinden bağlı tüketicilerin yapı bina giriş noktalarına kadar olan yerler dağıtım sistemlerini meydana getirmektedir (Resim 4) (İbiş, 2019).

Resim 4: İletim ve Dağıtım Sistemleri



Kaynak:(İbiş, 2019).

Tablo 15: İletim ve Dağıtım Sistemi kayıpları.

YILLAR	İletim Sistemi Kayıpları		Dağıtım Sistemi Kayıpları	
	GWh	%	GWh	%
2007	4,523	2,5	22,123	12,0
2008	4,388	2,3	23,093	12,1
2009	3,973	2,1	25,018	13,3
2010	5,690	2,8	24,531	12,0
2011	4,189	1,9	28,180	12,7
2012	6,024	2,6	29,632	12,7
2013	5,639	2,4	31,495	13,3
2014	6,271	2,5	31,059	12,6
2015	5,338	2,1	31,190	12,1
2016	5,607	2,1	30,004	11,2
2017	5,503	1,9	29,156	10,2
2018	5,120	1,7	29,883	10,2

Kaynak: URL, 12.

2017 yılı toplam elektrik üretimi 292,588 GWh olarak gerçekleşmiştir. İletim ve dağıtım sistemlerinde aynı yıl meydana gelen toplam kayıp ise 34,659 GWh olarak gerçekleşmiştir. Üretimi gerçekleştirilen elektriğin yaklaşık %12'si iletim ve dağıtım sistemleri tarafından son kullanıcıya ulaşmadan kaybolmuştur. Deriner barajı ve hidroelektrik santralinin 2017 yılı üretimi 1,3 GWh olarak gerçekleşmiştir. Yaklaşık 26 adet Deriner barajı ve hidroelektrik santrali kadar üretim yapan santral Türkiye'nin iletim ve dağıtım sistemlerinden kaynaklı kayıpları karşılamak için çalışmaktadır (Tablo 15).

2017 yılı sonu itibarıyla dağıtım sistemini kullanan tüketici sayısı 42,51 milyon olmuştur. En yüksek tüketici sayısına sahip bölgeler 5.04 milyon ile Boğaziçi, 4.21 milyon ile Başkent dağıtım bölgeleri olmuştur. Yılsonu itibarıyla dağıtım şirketlerinin bölgelerindeki toplam faturalanan tüketim miktarı 171,53 TWh olarak gerçekleşmiştir. En yüksek tüketim miktarına sahip bölgeler 24,84 TWh ile Boğaziçi, 15,23 TWh ile Toroslar dağıtım bölgeleri olmuştur. En yüksek kayıp oranları % 64,82 ile Dicle, % 53,30 ile Vangölü ve % 24,55 ile Aras bölgelerinde gerçekleşmiştir. En düşük kayıp oranları %4,14 ile Uludağ, %5,09 ile Trakya, % 5,26 ile ADM dağıtım bölgelerinde gerçekleşmiştir. Dağıtım şirketlerinin çalıştığı bölgeler incelendiğinde, meydana gelen kayıp oranlarının ülkenin doğu bölgelerinde batı bölgelerine oranla oldukça yüksek olduğu anlaşılmaktadır (EPDK 2017).

Tablo 16: Türkiye Elektrik Üretimi.

2018 Yılı	GWh
TÜRKİYE ÜRETİMİ	304,801
Dış Alım	2,476
Dış Satım	3,111
TÜRKİYE BRÜT TÜKETİMİ	304,166
Santrallerin İç Tüketimi	13,020
İletim Kaybı	5,120
Dağıtım Kaybı	29,883
TÜRKİYE NET TÜKETİMİ	254,863

Kaynak: URL, 12.

Türkiye elektrik üretim, iletim ve dağıtım değerleri incelendiğinde toplam üretimin % 4,38'ini üretim aşamasındaki iç ihtiyaç kullanımı ve kayıplarda, % 1,85'ini iletim aşamasında, % 9,83'ünü dağıtım aşamasındakaybettiği görülmektedir. Üretimi sağlanmış ancak herhangi bir fayda sağlamadan yok olan yüksek oranda bir kayıp söz konusudur (Tablo 16),(Sakarya, 2019) .

Tablo 17: İletim Sistemlerinde Meydana Gelen Kayıplara Örnek

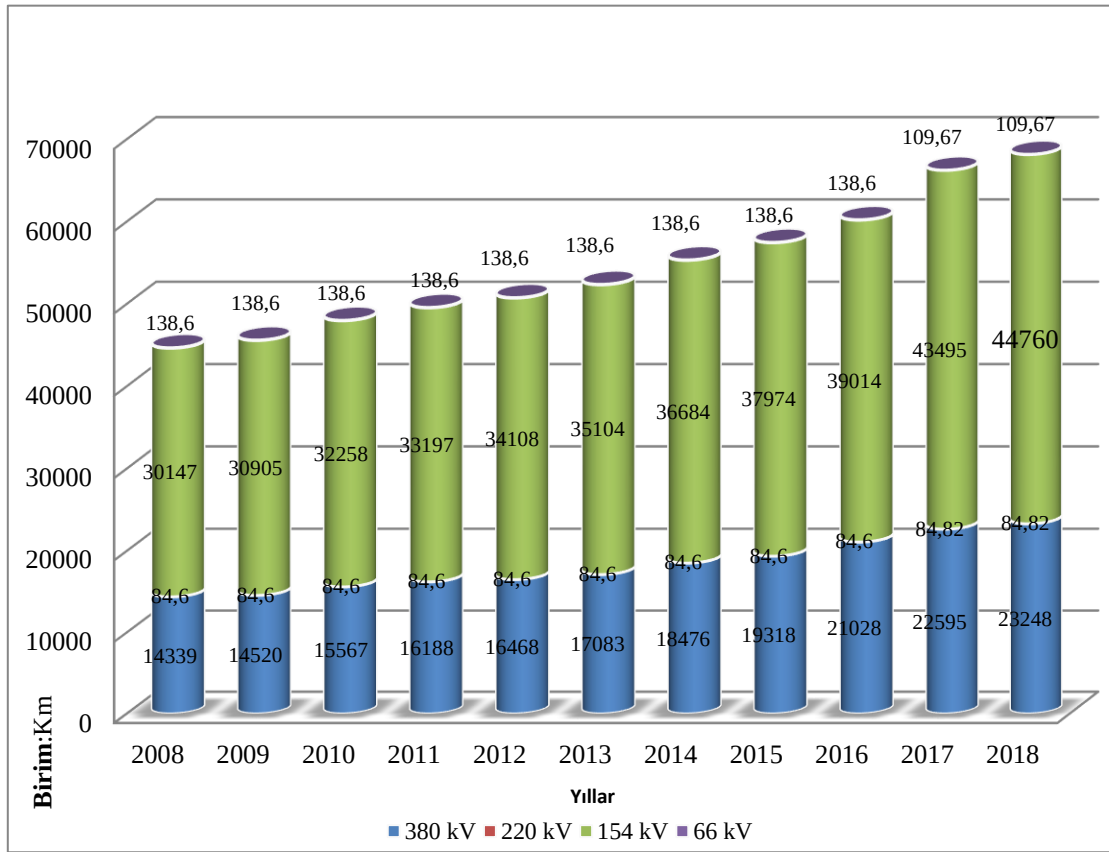
	Kuş Uçuşu Uzaklık	Şebekeye Verilen Elektrik Miktarı	İletim Sisteminde Meydana Gelen Kayıp
İstanbul	900 km	2000 MW	956 MW
Ankara	540 km	2000 MW	573 MW

Kaynak; (Şanlı,2019).

Türkiye İletim Sistemi gerilim seviyesi 400 kV ve 154 kV ile standartlaştırılmıştır (TEİAŞ,2016). Ancak gelişmiş ülkelerin bir kısmında Türkiye'den daha yüksek gerilim hatları kullanılmaktadır. Örneğin, büyük bir yüzölçümüne sahip olan Rusya'da 500kV gerilimler kullanılmaktadır (Lebedev, 1966). Ülkemizde enerji üretildiği ve tüketildiği alanlar arasında büyük mesafelerin bulunması mevcut hatlarda yüksek kayıplara neden olmaktadır. 345 kV hatlarda İstanbul'a ulaştığında 956 MW kaybetmiş yani yaklaşık %48 kayıp oranına, Ankara'ya ulaştığında ise 573 MW kaybetmiş yani %29 kayıp oranına denk gelmektedir. Eğer 500 kV ile taşınsaydı tablo 17'ye göre Ankara için kayıp %7, İstanbul için %11 olacaktır. Enerji nakil hatlarındaki taşıma esnasında meydana gelen kayıp yaklaşık 1 kilometre'de 1

MW' tır. Türkiye hidroelektrik potansiyelinin tamamının kullanılması durumunda, enerji üretiminin önemli bir kısmının ülkenin doğu bölümlerinde gerçekleşmesine rağmen nüfus ve sanayinin batıda toplanmasına bağlı olarak enerji tüketiminin önemli bir kısmının ülkenin batı bölümlerinde gerçekleşmesi enerji iletim hatlarında meydana gelen kayıp miktarını arttıracaktır.

Grafik 6: Türkiye İletim Hat Uzunluklarının Gelişimi (2008-2018)



Kaynak:URL, 30.

Türkiye'nin iletim hat uzunluğu 2008 yılında 44.710 km iken 2018 yılında gelindiğinde 68.203 km ulaşmıştır. Ülke genelindeki iletim hatlarında 2008-2018 yılları arasında yaklaşık %52 oranında artış söz konusudur. Bu artışı meydana getiren iletim hatları 154 kV ve 380 kV'luk hatlardır. 380 kV'luk hatlarda 2008-2018 yılları arasında yaklaşık %62 'lik artış meydana gelmiştir. 154 kV'luk hatlardaki artış oranı ise yaklaşık %48'dir (Grafik 6).

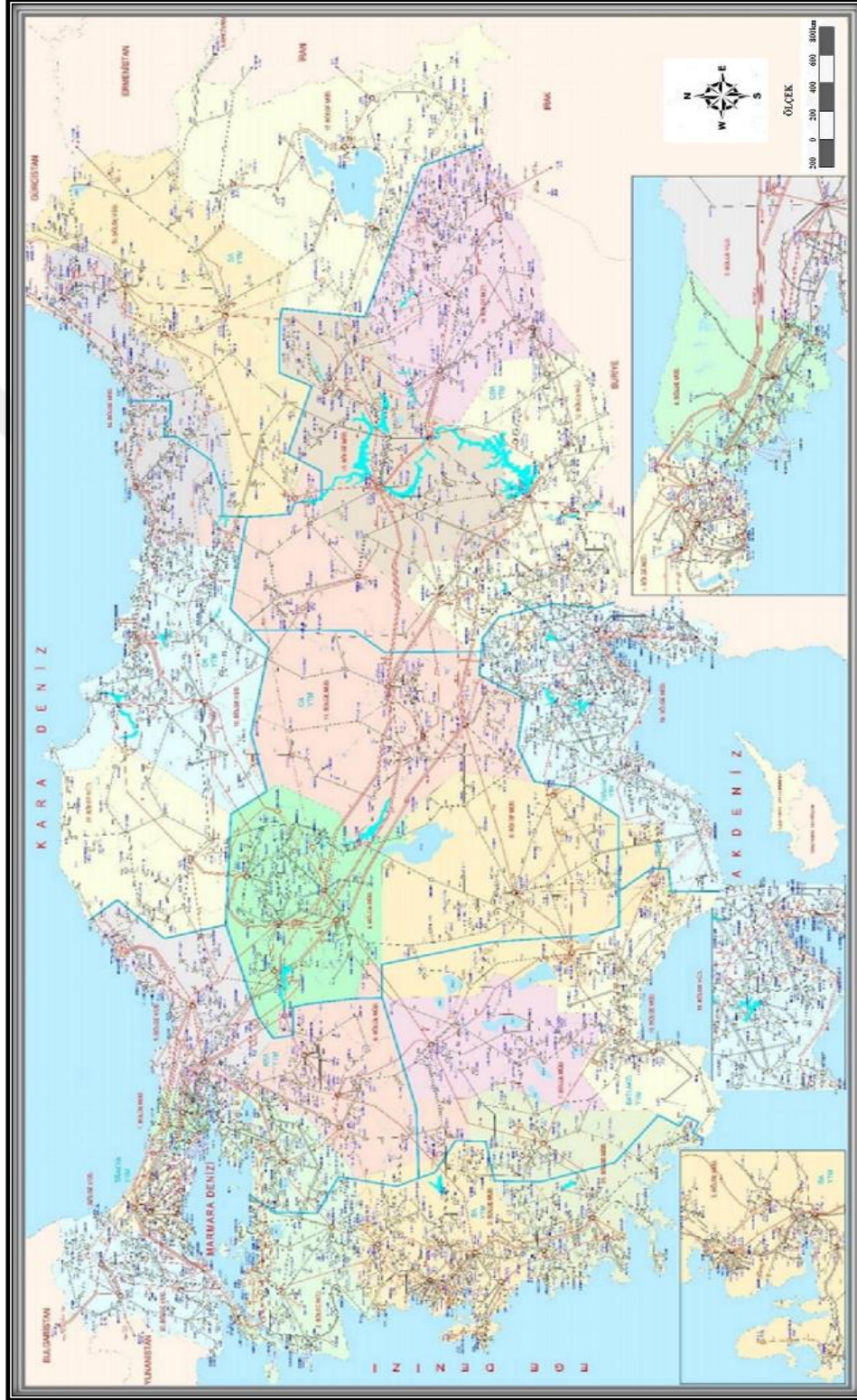
Tablo 18:Örnek İl Elektrik Tüketim Oranları

İL	İLLERİN 2017 YILI TOPLAM TÜKETİMDEKİ PAYI (%)
İstanbul	17,33
İzmir	7,27
Ankara	5,89
Bursa	5,21
Kocaeli	4,30

Kaynak; (EPDK,2018)

Türkiye içerisinde elektrik tüketimi dengeli bir dağılım göstermemektedir. Elektrik tüketiminin en yüksek olduğu alanlar ülkenin batısında toplanmıştır. Tablo 18’de Türkiye içerisinde en yüksek elektrik tüketimi olan şehirler yer almaktadır. İstanbul, İzmir, Ankara, Bursa, Kocaeli şehirlerinin elektrik tüketim oranlarının toplamı Türkiye elektrik tüketiminin yaklaşık %40’ını oluşturmaktadır.

Harita 11:Türkiye Elektrik İletim Sistemi



Kaynak:TEİAŞ,2016b

4.1.3.1. Türkiye Hidroelektrik Enerji Potansiyeli

Sürekli artan enerji talebini karşılamak ve dışa bağımlılığı azaltmak için var olan bütün potansiyellerimizi en kısa sürede devreye almak, yerli ve yenilenebilir kaynaklarımızın önemli bir bölümünü oluşturan hidroelektrik enerjinin tamamından faydalanmak mecburiyetindeyiz (DSİ, Ormancılık ve Su Şurası, 2017a).

Hidroelektrik santrallerin inşası, büyük bir başarı, refah ve medeniyet yolunda ileriye dönük çok büyük bir hamledir. İnşa edilen büyük barajların hidroelektrik üretiminin yanında, yapıldıkları sahalarda bir kısım en verimli topraklarımızı su taşkınlarından koruma ve tarımda sulama imkânlarını arttırmaya yönelik sağladıkları faydalar son derece önemlidir (Tanoğlu, 1971).

Fosil kaynaklara göre hidroelektrik enerjinin bazı ekonomik avantajları vardır. Bunlardan en önemlisi, harcamanın bir kez yapılması ve üretilen enerjinin tükendikçe yenilenebilmesidir. Akarsulardaki enerji, güneş enerjisinin potansiyel enerjiye dönüşmüş bir şeklidir. Hidrolik devrenin devamı güneş enerjisine bağlı olup, bu gök cismi varlığını sürdürdükçe hidrolik enerji, tükenmez ve yenilenebilir olma niteliğini sürdürecektir (Doğanay, 1991).

Türkiye, Akdeniz iklim kuşağında yer almaktadır. Bu nedenle akarsuların debileri düşük ve rejimleri düzensizdir. Ancak buna karşılık Türkiye kademe kademe yükselen ovalar, yaylalar ve dağların meydana getirdiği, ortalama yükseltisi 1132 metreyi bulan yüksek bir ülkedir. Akarsulardan akan su miktarları ve miktarların düzenliliği ile değilse bile, morfometrik ve jeomorfolojik şartları hidroelektrik santrallerin kurulması için gayet uygundur (Tanoğlu, 1971).

Tablo 19: Türkiye Hidroelektrik Enerji Potansiyeli

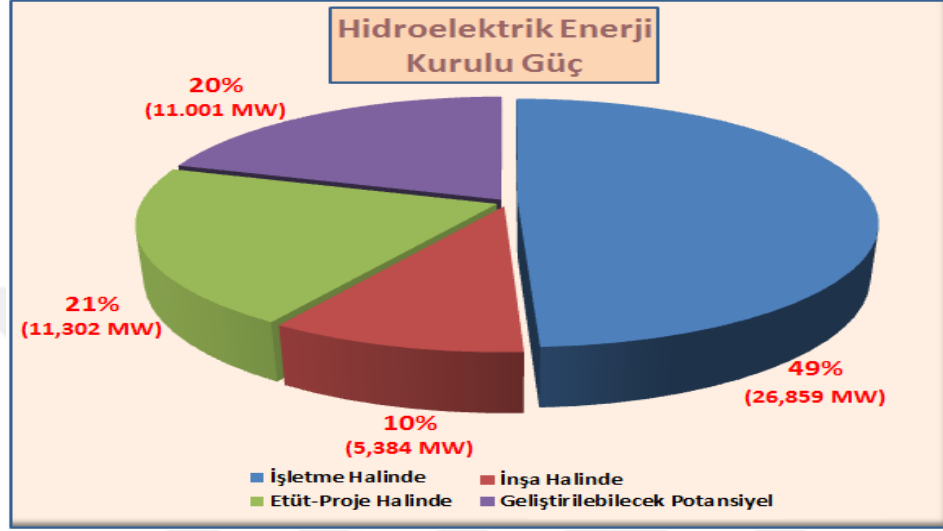
Ülkemizin Hidroelektrik Enerji Brüt Potansiyeli	433 milyar kWh / yıl
Ülkemizin Hidroelektrik Üretim Ekonomik Potansiyeli	216 milyar kWh / yıl
Mevcut Teknik Potansiyel	165 milyar kWh/ yıl
2018 yılında Hidroelektrik Enerji Üretimi	59,6 milyar kWh/yıl

*2018 yılı hidroelektrik enerji üretim verisinin alındığı kaynak: URL, 19.

Kaynak: (DSİ, Ormancılık ve Su Şurası, 2017a).

Ülkemiz Hidroelektrik üretim ekonomik potansiyelimizin yaklaşık %27 'sini kullanmaktayız. Hidroelektrik üretim ekonomik potansiyelinin tamamının kullanılması durumunda Türkiye'nin 2018 yılı elektrik tüketim miktarı olan 304 GWh enerjinin yaklaşık %71'i karşılanacaktır (Tablo 19).

Grafik 7: 2016 Yılı Türkiye Hidroelektrik Enerji Kurulu Gücü



Kaynak: (DSİ, Ormancılık ve Su Şurası, 2017b).

Türkiye hidroelektrik kurulu gücü incelendiğinde yaklaşık 27GWh' lik enerji üreten aktif hidroelektrik santral bulunmaktadır. Yaklaşık %31'lik kısmı etüt-proje halinde ve inşa halindedir. Toplam hidroelektrik kurulu güç içerisinde %20 yi oluşturan 11 GWh'lik geliştirilebilecek potansiyel mevcuttur (Grafik 7).

Tablo 20: Türkiye'de İnşa Edilmiş ve Edilmekte Olan Barajlar

Çeşitli Yıllarda İnşa Edilen Barajlar	Baraj Sayısı	Kurulu Güç (MW)	Üretilen Enerji (GWh)
A- DSİ Tarafından Yapılanlar			
a) 1923-2016 Yılları Arasında Tamamlananlar	310	16892	57338
b) İnşaatı 2016 Yılından 2017 Yılına Geçenler	95	208	625
c) Yatırım Programında Olup, Henüz İhale edilmeyenler	4		
TOPLAM	409	17100	57963
B- DSİ Dışı Kuruluşlar			

a) 2016 Sonuna Kadar Tamamlananlar	19	2238,2	7147
TOPLAM	19	2238,2	7147
GENEL TOPLAM	428	19338,2	65110

Kaynak; Dsi, 2017c.

Türkiye’de bulunan barajlardan yaklaşık 65GWh yıllık enerji üretimi sağlanmaktadır. 2018 yılı Türkiye enerji üretiminin yaklaşık %21’ini meydana getirmektedir. Devlet Su İşleri tarafından inşa edilen barajların 310 aktif olarak çalışmaktadır. İnşaatı devam eden ve henüz ihale edilmeyen barajların sayısının toplam baraj sayısına oranı yaklaşık %23’ü oluşturmaktadır. Özel sektör tarafından inşa edilen baraj sayısı da on dokuzdur (Tablo 20).

Yılda ortalama 186,05 km³ olarak hesaplanan akarsularımızın su potansiyelinin tamamını kullanmak genelde teknik yönden imkânsızdır. Bu akarsuların bir miktarı, belli ölçülerde komşu ülkelerin hak ve ihtiyaçlarını karşılamak üzere devletler hukuku yönünden de mecburiyet olduğu için bırakılmakta veya proje hesabında bu durumlar dikkate alınmaktadır. Deniz suyunun iç kısımlarına geçmemesi, sulardaki canlıların yaşamının korunması, suların kirlenmesinin önlenmesi ve sonunda nehir taşımacılığına imkân verilebilmesi için yeterli ölçüde suyun da sürekli olarak akarsu yataklarına verilmesi gerekir. Diğer taraftan bazı havzalarda topoğrafik ve jeolojik şartlar, barajlar inşa ederek suların depolanması ve gereksinime göre tüketici amaçlarla kullanılmasına imkân vermeyebilir. Akarsulardan faydalanmak için gereksinime bağlı olarak sularımıza düzen vermek ve bu amaçla depolama tesisleri, yani barajlar inşa etmenin gerekli olduğu aşikârdır (DSİ, 2017c).

Tablo 21:Hidroelektrik Santraller

SANTRAL ADI	BULUNDUĞU İL	TİPİ	KURULU GÜCÜ (MW)
ADIGÜZEL	DENİZLİ	BARAJ	62,000
AKKÖPRÜ (DALAMAN)	MUĞLA	BARAJ	115,000
ALMUS	TOKAT	BARAJ	27,000
ALPASLAN-1	MUŞ	BARAJ	160,000
ALTINKAYA	SAMSUN	BARAJ	702,550
ANAMUR	İÇEL	KANAL	0,840
ASLANTAŞ	OSMANİYE	BARAJ	138,000
ATATÜRK	ŞANLIURFA	BARAJ	2.405,000
BATMAN	DİYARBAKIR	BARAJ	198,475
BERKE	OSMANİYE	BARAJ	510,000
BİRECİK	ŞANLIURFA	BARAJ	672,000
BORÇKA	ARTVİN	BARAJ	300,600
BOTAN	SİİRT	KANAL	1,584
BOZYAZI	İÇEL	KANAL	0,424
ÇAMLICA-1	KAYSERİ	REGÜLATÖR	84,000
ÇAMLIGÖZE	SİVAS	BARAJ	32,000
ÇATALAN	ADANA	BARAJ	168,900
ÇİNE	AYDIN	BARAJ	46,260
DEĞİRMENDERE	OSMANİYE	KANAL	0,500
DEMİRKÖPRÜ	MANİSA	BARAJ	69,000
DERBENT	SAMSUN	BARAJ	56,400
DEREİÇİ	KARS	KANAL	0,400
DERİNER	ARTVİN	BARAJ	669,600
DİCLE	DİYARBAKIR	BARAJ	110,000
DİNAR 2	AFYON	KANAL	3,000
ERİK	KARAMAN	KANAL	6,480
ERMENEK	KARAMAN	BARAJ	302,400
GEZENDE	İÇEL	BARAJ	159,375
GÖKÇEKAYA	ESKİŞEHİR	BARAJ	278,400
HASAN UĞURLU	SAMSUN	BARAJ	500,000
HİRFANLI	KIRŞEHİR	BARAJ	128,000
KAPULUKAYA	KIRIKKALE	BARAJ	54,000
KARAÇAY	OSMANİYE	KANAL	0,400
KARAKAYA	DİYARBAKIR	BARAJ	1.800,000
KARKAMIŞ	GAZİANTEP	BARAJ	189,000
KEBAN	ELAZIĞ	BARAJ	1.330,000
KEMER	AYDIN	BARAJ	48,000
KEPEZ 1	ANTALYA	KANAL	26,400
KEPEZ 2	ANTALYA	KANAL	6,000
KESİKKÖPRÜ	ANKARA	BARAJ	76,000

KILAVUZLU	K.MARAŞ	BARAJ	54,000
KILIÇKAYA	SİVAS	BARAJ	120,000
KOYULHİSAR	SİVAS	KANAL	0,200
KÖKLÜCE	TOKAT	BARAJ	90,000
KRALKIZI	DİYARBAKIR	BARAJ	94,500
KUZUCULU	HATAY	KANAL	0,272
MANYAS	BALIKESİR	BARAJ	20,250
MENZELET	K.MARAŞ	BARAJ	124,000
MURATLI	ARTVİN	BARAJ	115,000
MUT – DERİNÇAY	İÇEL	KANAL	0,880
OBRUK	ÇORUM	BARAJ	210,800
ÖZLÜCE	ELAZIĞ	BARAJ	170,000
SARIYAR H.P.	ANKARA	BARAJ	160,000
SEYHAN 1	ADANA	BARAJ	60,000
SEYHAN 2	ADANA	KANAL	7,500
SİR	K.MARAŞ	BARAJ	283,500
SİLİFKE	İÇEL	KANAL	0,400
SUAT UĞURLU	SAMSUN	BARAJ	69,000
SUÇATI	K.MARAŞ	BARAJ	7,000
ŞANLIURFA	ŞANLIURFA	KANAL	51,000
TORTUM	ERZURUM	GÖL	26,200
YENİCE	ANKARA	BARAJ	37,890
YÜREĞİR	ADANA	KANAL	6,000
ZEYNE	İÇEL	KANAL	0,328
Toplam			13.146,708

Kaynak: URL, 14.

2018 yılında Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ) tarafından elektrik üretimi yapılan 64 adet HES bulunmaktadır. Toplam kurulu gücü 13.146,708 MW olan 64 HES'in 45 adedi rezervuarlı, 17 adedi kanal, 1 adedi de göl tipi ve 1 adedi ise regülâtör tipidir (Tablo 21).

4.2.Sürdürülebilir Enerji Kaynağı Olarak Hidroelektrik

Enerji ülkeler için stratejik bir kaynaktır. Ülkelerin gelişiminde ve kalkınmasında enerji vazgeçilmez bir etkidir. Enerjinin verimliliği ve sürdürülebilirliği günümüzde enerjinin en önemli unsurlarını oluşturmaktadır.

Enerji talebinin yeteri kadar yedekli bir arz ile karşılanmasında yerli kaynakların katkısı büyük olmaktadır. Hidrolik enerjinin yerli ve yenilenebilir bir kaynak oluşu, çevre etkisindeki olumsuzlukların azlığı, işletme ve bakım masraflarının düşüklüğü, olabildiğince

geliştirilmesini zorunlu duruma getirmiştir. Türkiye’de su kaynaklarının kullanılmasına öncelik verilmesi bir ulusal politika olarak benimsenmiştir (Ültanır,1998).

Enerji sanayi toplumlarının en temel ihtiyaçlarındandır. Dünya da nüfus artışı, kentsel gelişim ve sanayileşmeye bağlı paralel olarak enerji tüketimi de giderek artmaktadır. Bir ülkenin gelişmişlik seviyesi, o ülkenin kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimi ve enerji yoğunluğuyla belirlenir. Kişi başına elektrik enerjisi tüketiminin yüksek olması, o ülkenin ekonomik kalkınmışlık seviyesini ve refah düzeyinin yüksekliğini gösterir (Özsoy,2016).

Yenilenebilir enerji kaynaklarına gösterilen ilgi, ithalat bağımlılığının azaltılmasına, çevrenin korunmasına, kaynak çeşitlendirmesine olan olumlu katkıları, tarım ve imalat sanayi gibi ilişkili olduğu sektörlerde yeni iş alanlarına imkân tanınması, yerel bazda ve modüler olarak istenilen miktarda enerji talebini karşılayacak şekilde kurulabilmesi, daha çok kırsal ve dağınık yerleşim yerlerinin enerji talep yapısıyla uyum gösterebilmesi gibi nedenlerle önem kazanmaktadır. AB ülkeleri ve dünyada pek çok ülke 1980’li yılların sonlarından itibaren yenilenebilir enerji üretimini desteklemektedir (Kapluhan, 2016).

Fosil yakıt rezervlerinin azalması ve tüketim hız kazanması ülkeleri alternatif enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Dünyadaki toplam petrol rezervleri 1,7 trilyon varil civarında olup bu miktar, yaklaşık 51 yıllık tüketimi karşılamaktadır. Dünya doğal gaz rezervi 2015 yılı sonunda 187 trilyon m³ olarak belirlenmiş olup bu miktar küresel üretimi 53 yıl gibi bir süre boyunca karşılamak için yeterlidir. Dünya kömür rezervleri küresel üretimi 114 yıl boyunca karşılamaya yeterli olup tüm yakıtlar arasında en yüksek rezerv üretim oranına sahiptir (ETKB, 2017).

Sürdürülebilir kalkınma kavramını Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu, 1987 yılında yayınladığı Ortak Geleceğimiz başlıklı raporunda; “bugünün gereksinim ve beklentilerini, gelecek kuşakların kendi gereksinim ve beklentilerini karşılayabilme olanaklarını tehlikeye atmadan karşılayabilmektir.” şeklinde açıklamaktadır.

Enerji kullanımını, çevresel etkileri ve sürdürülebilir gelişme açısından değerlendirildiğinde aralarında güçlü bir ilişki olduğu açıktır. Sürdürülebilirliğin oluşabilmesi için yenilenebilir enerji kaynak kullanımının artırılması, çevre kirliliğinin azaltılması, enerji kaynaklarının verimli kullanılması gerekmektedir. Enerjinin üretim ve tüketim esnasında ortaya çıkan çevresel problemleri en aza indiren ve kaynakların ekonomik ve güvenilir bir şekilde optimum planlaması yapılmalıdır (Selici ve Ark.,2005).

Hidroelektrik enerjinin avantajları

- Ekonomik ömrü uzundur.
- Geri ödeme süresi kısadır.
- Çevre dostudur.
- İşletme- bakım giderleri düşüktür.
- Yakıt gideri yoktur
- İşletmede esneklik ve kolaylık sağlayarak pik talepleri karşılayabilir.
- Yüksek verimlidir (%90'nın üzerinde, termik santrallerde % 30 civarında).
- Yöre halkına da ekonomik ve sosyal katkılar sağlar.
- Dışa bağımlı olmayan yerli bir kaynaktır.
- Hidroelektrik santraller diğer üretim tipleri ile kıyaslandığında en düşük işletme maliyetine, en uzun işletme ömrüne ve en yüksek verime sahiptirler (Özsoy,2016).

4.2.1. Hidroelektrik Enerji'nin Ekonomi Boyutu

Türkiye, enerji açısından kendine yetecek seviyede kaynaklara sahip şanslı bir ülke değildir. Kullandığı enerjinin çoğunu ithal etmesi ülke ekonomisini olumsuz yönde etkilemektedir. Aynı zamanda enerjideki dışa bağımlılık sürekli bir tehdit oluşturmaktadır. Ekonomimizin açık vermesinin en önemli sebebi enerji ithalatıdır. Siyasi olarak da enerji alışverişinde bulunulan ülkelerle sorunlar yaşadığında çeşitli sebepler üretilerek enerji üretiminde kullanılan petrol ve doğalgaz temininde sıkıntılar yaşanabilir. Petrol, doğalgaz ve kömür yataklarımızın kıtlığı ülkemizi hem ekonomik hem de siyasi olarak bağlamaktadır. Bu konuda çıkış bulmak için ya enerji tüketimini azaltılmalı ya da enerji kaynaklarında değişime gidilmelidir. Gelişen bir ülkede enerji tüketimi gittikçe artacağına göre diğer bir çıkış olan enerji kaynaklarında değişime gitmek daha kolay ve uygulanması mümkün bir seçenektir.

Hidroelektrik santrallerinde üretilen elektrik enerjisinin birim maliyetinin, diğer bütün seçeneklerden daha ucuz olmasının nedeni olarak, bu kaynağın aynı zamanda yenilenebilir bir kaynak olmasından ileri geldiği söylenebilir. Ancak baraj yapımı ve enerji üretimi için gerekli harcamalar karşılandıktan sonra hidroelektrik santrallerden elde edilen enerjinin maliyeti sadece işletme giderlerinden oluşur ki, bu durumda üretilen birim başına maliyet minimum düzeyde gerçekleşir. Bu örnek ise yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanılması gerektiğinin kanıtı olarak kabul edilebilir ve bundan sonra yapılacak çalışmalarda yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla önem verilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır (Akova, 2008).

Ülkemizde cari açığın büyük bir kısmının birincil enerji ithalatı kaynaklı olduğu bilinen bir gerçektir. Örneğin bütüncül veriye erişilebilen 2016 yılı için toplam 32,6 Milyar \$ olarak gerçekleşen cari açığın %74'üne denk gelen 24 Milyar \$'ın enerji ithalatı kaynaklı olduğu bilinmektedir (TÜSİAD, 2018).

1970'lerde kullanımına başlanan ve enerji talebindeki artışa paralel olarak diğer fosil yakıtlara göre sahip olduğu avantajlar nedeniyle kullanım miktarı ve alanları artan doğalgazın, mevcut ve potansiyel kullanımının karşılanmasında yurt içi rezerv ve üretim miktarlarının oldukça sınırlı düzeylerde kalması, Türkiye için doğalgaz ithalatını zorunlu hale getirmiştir. Elektrik enerjisi üretiminden hâlâ en büyük paya sahip olan enerji kaynağı doğalgazdır. Elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynakların üretim miktarlarının artış göstermesi ülke ekonomisi açısından olumlu sonuçlar doğurması kaçınılmazdır. Ülkemiz, doğalgazda önemli ölçüde ithalata bağımlı bir ülkedir. İthalatın önemli bir kısmı Rusya'dan karşılanmaktadır.

Dünya teknik yapılabilir hidroelektrik potansiyelinde ülkemiz %1,53 paya sahiptir. Ayrıca ekonomik açıdan yapılabilir hidroelektrik potansiyeli Rusya Federasyonu ve Türkiye'nin hesaba katılmadığı Avrupa coğrafyasının % 16,1 'ine ve 27 Avrupa ülkesinin %28,3'üne eş değerdedir. Ülkemiz hidroelektrik üretiminde Norveç, Fransa, İsveç ve İtalya'nın ardında olmasına rağmen potansiyel açısından Norveç'ten sonra ikinci sıradadır (Alemdaroğlu, 2007).

Çeşitli enerji kaynakları içerisinde hidroelektrik enerji santralleri çevre dostu olmaları ve düşük potansiyel risk taşımaları sebebiyle tercih edilmektedir. Hidroelektrik santraller; çevreye uyumlu, temiz, yenilenebilir, yüksek verimli, yakıt gideri olmayan, enerji fiyatlarında sigorta rolü üstlenen, uzun ömürlü, işletme gideri çok düşük dışa bağımlı olmayan yerli bir kaynaktır.

Ülkemizin yenilenebilir enerji potansiyeli içinde en önemli yeri tutan hidrolik kaynaklarımızın teorik hidroelektrik potansiyeli 433 milyar kWh olup teknik olarak değerlendirilebilir potansiyel 216 milyar kWh ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyel 140 milyar kWh/yıl'dır. 2016 yılı sonu itibariyle, işletmede bulunan lisanslı ve lisanssız 597 adet HES ile 26.681 MW'lık kurulu güce ve toplam kurulu gücün yaklaşık %34'üne karşılık gelmektedir. 2016 yılında elektrik üretimimizin, %24,7'si hidrolikten elde edilmiştir. Hidroelektrik üretimi 2016 yılında 67,3 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir (URL, 10).

Sürekli artan enerji ihtiyacının yanında, kaynakların kısıtlı olması ve mevcut teknolojiler, enerji ihtiyacının karşılanması ve sürekliliğin sağlanması için doğru ve etkin bir

enerji politikasının oluşturulması ve işletilmesini gerekli kılmaktadır. Bunun için de bilinmesi gereken en öncelikli veri, ülkenin enerji ihtiyacı ve enerji üretiminde kullanılacak kaynaklarının potansiyelidir. Enerji kaynaklarının etkin kullanımı ancak mevcut potansiyelin bilinmesi ve doğru bir dağılımın uygulanmasıyla gerçekleşebilir. Arz ve talep birbiriyle paralellik göstermeli, arz talebi karşılayabilmelidir. İleriye dönük enerji yatırımları bu gerçek göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Türkiye'nin mevcut enerji kaynaklarından hiçbiri tek başına ülkenin toplam enerji ihtiyacını karşılayabilecek düzeyde değildir. Bu sebeple enerji kaynaklarının uygun bir kombinasyonu ile enerji üretiminin ve sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir (Ertürk, 2006).

31.12.2016 tarihi itibarıyla Türkiye'nin tamamının Hidroelektrik Enerji Üretimi 93 milyar kWh/yıl düzeyindedir. Deriner Barajından elde edilen verilerle karşılaştırıldığında Türkiye'deki hidroelektrik santrallerin milli ekonomiye katkısı yıllık yaklaşık olarak 23 milyar TL'dir (DSİ, 2017a).

Türkiye elektrik enerjisi tüketimi 2018 yılında 304 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. Elektrik üretimimizin %37,3'ü kömürden, %29,8'i doğalgazdan, %19,8'i hidroelektrik enerjiden, %6,6'sı rüzgârdan, %2,6'sı güneşten, %2,5 jeotermal enerjiden ve %1,4'ü diğer kaynaklardan elde edilmiştir (URL,19).

Temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından olan hidrolik güç, günümüzde fosil enerji kaynaklarına karşı en fazla tercih edilen alternatif kaynak durumundadır. Fosil enerji kaynakları bakımından ülkemizin dışa bağımlı olması yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi bir ihtiyaç olarak karşımıza çıkarmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarında kurulum maliyetlerinin karşılanabilmesi için sistemin belirli bir süre yatırım maliyetini karşılamak için çalışması gerekmektedir. Kurulum maliyetleri karşılandıktan sonraki süreçte üretilen enerji hem ülkenin teknolojik ve sanayi anlamında kalkınması için önemli bir güç hem de milli ekonominin üzerinde yer alan büyük bir yükün hafiflemesine yol açacaktır.

4.2.2. Çevre ve Hidroelektrik Enerji İlişkisi

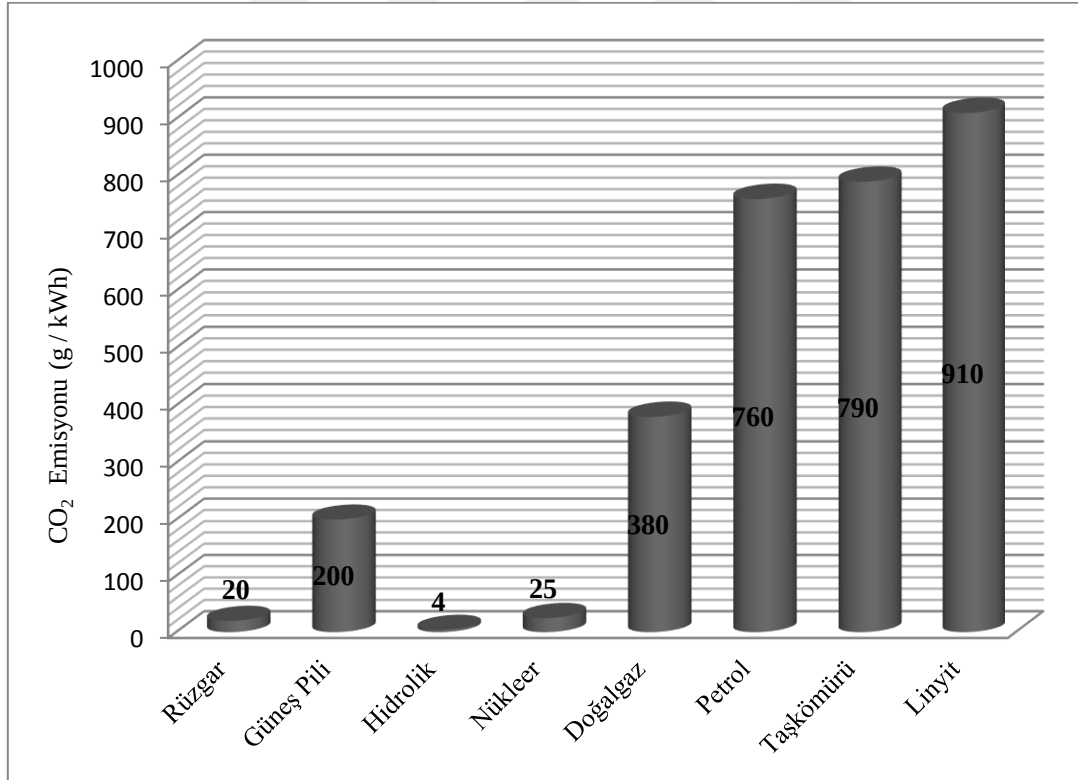
Çevre, insanın veya herhangi bir canlının yaşadığı ortam olarak tanımlanabilir. Bu da, toprak, su ve hava küre olarak üç geniş ortamı ifade eder (Özey, 2001).

Günümüz dünyasında canlı ve cansız varlıklar ile bunlar arasında var olan dengeli ilişkiler insanların bir takım olumsuz etkileri sonucunda hızla bozulmaktadır. Hâlbuki yaşam, canlı ve ortamı arasındaki madde ve enerji alışverişi sürdürüldüğü sürece devam eder. Bu

nedenle, başta insan olmak üzere tüm canlılar, yaşamlarını düzenli olarak sürdürebilecekleri bir ortama gereksinim duyarlar. İnsanlar kendi rahatları için doğal dengeyi bozabilecek çeşitli işlevlerde bulunmaktadır. Bunun sonucu olarak hava, su, toprak gibi en önemli yaşam mekânları kıt varlıklar haline gelmişlerdir. Konunun ciddiyeti ve önemi gelişmiş hatta gelişmekte olan birçok ülke tarafından anlaşılmış olup, insanlar tarafından bozulan ekolojik dengenin yine insanlar tarafından yeniden kurulabileceği ve korunabileceği bilincine varılmıştır (Kocataş, 1994).

Hidroelektrik enerji, günümüz sorunlarından olan küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir yer tutmaktadır. Fosil yakıtların enerji üretiminde kullanılmasına bağlı olarak ortaya çıkan karbondioksit(CO₂) salınımı, küresel ısınmanın en önemli nedenlerinden birini meydana getirmektedir. Hidroelektrik santraller, karbon emisyonunun azaltılması ve hava kirliliğinin önlenmesi açısından alternatif bir enerji kaynağı olarak son derece önemlidir (Grafik 8).

Grafik 8: Enerji Kaynaklarının Meydana Getirdiği Karbondioksit Emisyon Miktarları



Kaynak:IAEA, 1998.

Yenilenebilir enerji kullanımındaki gelişmeler en yeni teknolojilerin kullanılması sayesinde gerçekleştirilebilmektedir. Böylece yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin maliyeti, geleneksel enerji kaynaklarıyla rekabet edebilir duruma gelmektedir.

Dünya genelinde çevre sorunlarına olan duyarlılığın artması ve yeryüzünde sera etkisinin yaşanması, yenilenebilir enerji kaynaklarının ise çevre sorunları açısından en temiz olması nedeniyle, bu kaynaklara olan ilgi, çeşitli ülkelerde gün geçtikçe artmaktadır. Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarının çevre açısından sahip olduğu bütün avantajlarına rağmen enerji üretim maliyetlerinin yüksekliği, aşılması gereken en önemli sorun olarak hâlâ karşımıza çıkmaktadır (Akova, 2008).

Kalkınmanın doğal kaynaklarla sınırlı olduğunun kavranmasıyla birlikte, kalkınmanın merkezine çevre yerleştirilmiştir. Böylelikle de çevre - kalkınma ilişkisi bağlamında kalkınmaya, sürdürülebilir kalkınma adı altında yeni bir bakış açısı getirilmiştir. Kalkınma uğruna çevrenin feda edilmemesi gerektiği genel kabuldür (Parlak, 2007).

Doğal çevreyi tüm insan faaliyetleri etkilemektedir. Bu faaliyetlerin en etkililerinden biri enerji alanıdır. Sanayi devriminin başlangıcından beri giderek artan ve aşırı boyutlara ulaşan, artışı tükenme pahasına sürdürülen fosil yakıt kullanımı, enerji-çevre sorunlarının oluşmasının temel nedenidir. Diğer enerji kaynaklarının da doğal çevre üzerinde etkileri vardır. Onların kullanımı fosil yakıtlar düzeyine ulaşmadığından, teknolojilerinin farklılığından etkileri daha sınırlı bulunmaktadır. Ancak teknik ve teknolojik açıdan, “enerjinin kirlisi yoktur, ama üretim teknolojisinin kirlisi vardır.” Dolayısı ile temiz üretim, temiz ürün çözüm yolu görülmelidir (Ültanır, 1998).

Çeşitli ülkelerin, sanayileşebilmek ve ekonomik kalkınmalarını gerçekleştirebilmek için, vazgeçilmez kaynak olarak kabul ettiği enerjinin, üretiminden tüketimine kadar geçen her aşamasında, çevre sorunlarına neden olan atıklar ortaya çıkmaktadır. Enerji üretimi ve tüketimi aşamalarında karşılaşılan çevre sorunlarının giderek arttığı yadsınamaz bir gerçeklik olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca gerek artan nüfus, gerekse her geçen gün artan ihtiyaçların karşılanması zorunluluğu dikkate alındığında çevre sorunlarının çözümü zorlaştırmaktadır. Klasik enerji kaynakları kullanıldığında atmosfere ciddi oranlarda atık bırakırken, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımları esnasında çevreye çok az miktarda atık salınır. Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarından bazılarının çevre üzerinde olumsuz etkileri söz konusudur. Örneğin akarsular üzerinde kurulan barajların su toplama havzalarının altında kalan topraklar kullanım dışı kalmaktadır. Barajın bulunduğu bölgedeki flora ve fauna etkilenmektedir (Akova, 2008).

4.3.Türkiye’de Hidroelektrik Santraller

Türkiye’de 2017 yılı sonu itibariyle DSİ tarafından, 30 m’den yüksek su yapısı olarak yapılmış toplamda 820 Baraj ve HES yapısı mevcuttur. Ayrıca inşaat halinde 63 Baraj ve HES bulunmaktadır (Orman, 2019).

Türkiye’nin elektrik enerjisi üretim sektöründe uzun vadeli hedeflerini ortaya koyan Elektrik Enerjisi Piyasası, Arz Güvenliği Strateji Belgesi, Yüksek Planlama Kurulu Kararı ile uygulamada olup söz konusu Strateji Belgesi’ne göre; 2023 yılına kadar elektrik üretimi için belirlenen hedefler aşağıda sıralanmıştır.

- Tüm yerli kömür ve hidrolik potansiyelimizin elektrik üretiminde kullanılacaktır.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarımızın elektrik üretimi içindeki payının en az % 30’a çıkarılacaktır.
- Doğalgazın elektrik üretimindeki payının %30’un altına düşürülecektir (DSİ, 2017a).

Tablo 22:Türkiye’de İnşa Edilmiş ve Edilmekte Olan Hidroelektrik Santraller.

Çeşitli Yıllarda Yapılmış Hidroelektrik Santraller	Santral Türü	Sayısı	Kurulu Güç (MW)	Ortalama Enerji (GWh)
	Barajlı	67	12564	44547
	Nehir	612	26964	93824
TOPLAM		679	39528	138371
	Barajlı	5	905,85	2613,19
	Nehir	61	1907,98	2967,73
K.Gücü 2 MW Altında Olan 61 Baraj Toplamı			51,88	201,61
TOPLAM		66	2865,71	5782,53
	Barajlı	4		
	Nehir			
TOPLAM		4	0	0
GENEL TOPLAM		749	42393,71	144153,53

Kaynak; DSİ, 2017c.

2016 yılı sonunda tamamlanmış olan hidroelektrik santrallerde depolamasız akarsu HES tarafından üretilen enerjinin toplam HES enerji üretimi içerisindeki payı yaklaşık %68’dir. İnşası devam eden 61 nehir tipi ve 5 barajlı HES bulunmaktadır. Kurulu güç olarak,

inşası devam eden hidroelektrik santrallerin, inşası tamamlanan hidroelektrik santrallere oranı yaklaşık % 7 civarındadır (Tablo 22).

Tablo 23: Havzaların Teorik HES Potansiyeli

Havza Adı	Ort. Akım Milyar m3/ Yıl	Teorik HES Potansiyeli GWh/ Yıl	Havza HES Potansiyeli %
Fırat	31,61	84,11	19,5
Dicle	21,33	48,71	11,3
D.Karadeniz	14,9	48,48	11,2
D.Akdeniz	11,07	27,45	6,4
Antalya	10,06	23,08	5,3
B. Karadeniz	9,93	17,91	4,2
B. Akdeniz	8,93	13,6	3,2
Marmara	8,33	5,18	1,2
Seyhan	8,01	20,88	4,8
Ceyhan	7,18	22,16	5,1
Kızılırmak	6,48	19,55	4,5
Sakarya	6,4	11,34	2,6
Çoruh	6,3	22,6	5,2
Yeşilırmak	5,8	18,69	4,3
Susurluk	5,43	10,57	2,4
Aras	4,63	13,11	3
Konya Kapalı	4,52	1,22	0,3
B. Menderes	3,03	6,26	1,4
Kuzey Ege	2,9	2,88	0,7
Van Göl. Kap.	2,39	2,6	0,6
Gediz	1,95	3,92	0,9
Meriç Ergene	1,33	1	0,2
K. Menderes	1,19	1,38	0,3
Asi	1,17	4,9	1,1
Burdur Göller HESB.	0,5	0,89	0,2
Akarçay	0,49	0,54	0,1
TOPLAM	186,06	432,98	100

Kaynak: Yılmaz, 2016.

Bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin kuramsal üst sınırını gösteren brüt teorik hidroelektrik potansiyeli, deniz seviyesine kadar olan (sınır aşan sularda sınırı kadar) mevcut düşü ve ortalama debinin oluşturduğu potansiyelin % 100 verimle türbinlenerek elde edileceği varsayılan yıllık ortalama enerji potansiyelini ifade etmektedir.

Topografya ve hidrolojinin bir fonksiyonu olan brüt hidroelektrik enerji potansiyeli, ülkemiz için 433 milyar kWh/yıl mertebesinde. Türkiye'deki akarsu havzalarının teorik hidroelektrik potansiyelleri incelendiğinde Fırat ve Dicle akarsu havzalarından sonra en yüksek potansiyelin Doğu Karadeniz' de olduğu görülmektedir. Çoruh havzası tek başına 22,6 GWh/ yıl teorik potansiyeli ile toplam ülke potansiyelinin %5,2 'sini karşılamaktadır (Tablo 23) (Yılmaz, 2016) .

Teknik yönden değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyel, bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin mevcut koşullardaki teknolojik üst sınırını göstermektedir. Uygulanan teknolojiye bağlı olarak düşü, akım ve dönüşümde oluşabilecek kaçınılmaz kayıplar hariç tutulduğunda, teknik açıdan uygulanabilmesi mümkün hidroelektrik projelerin ekonomik veya diğer şartlar gözetilmeden havzanın tümünde gerçekleştirilmesiyle elde edilecek hidroelektrik üretimin sınırlarını temsil etmektedir. Teorik potansiyelin yarısının teknik olarak geliştirilebileceği kabul edilerek ülkemizin teknik yönden değerlendirilebilir hidroelektrik enerji potansiyeli 216 milyar kWh/yıl olarak tahmin edilmektedir (Yılmaz, 2016).

4.4.Çoruh Havzasında Deriner Barajı-HES Örneği

Bu bölüm içerisinde, Çoruh havzasının genel karakteristik özellikleri ve hidroelektrik enerji potansiyeli ortaya konulmaya çalışılacaktır. Bu bölümün ikinci kısmında ise Çoruh havzasında yer alan Deriner Barajı ve Hidroelektrik enerji santralinin ekonomiye katkısı, bölgenin jeolojik yapısı ve iklim özellikleri ortaya konulmaya çalışılacaktır.

4.4.1. Çoruh Havzası

Türkiye'nin en yağışlı (yılık ort.2100 mm) bölgesi olan Karadeniz Bölgesinin doğu bölümünde yer almaktadır. Üzerine bir dizi baraj ve hidroelektrik santralin kurulacağı Çoruh nehri Türkiye'nin 26 hidrolojik havzasından en önemlilerinden bir tanesidir. Çoruh havzası su kaynaklarını geliştirme projesi çok amaçlı bir proje olup, 7 adet baraj, 18 adet baraj ve nehir tipi hidroelektrik santrali ve iletim tüneli ile 9 adet regülatör içermektedir. Proje kapsamındaki barajlar mansaptan memba doğru Muratlı, Borçka, Deriner, Artvin, Yusufeli baraj ve hidroelektrik santralleri ile Berta çayı kolu üzerindeki Bayram ve Bağlık baraj ve hidroelektrik santralleri olarak sıralanmaktadır (Öztürk, 2006).

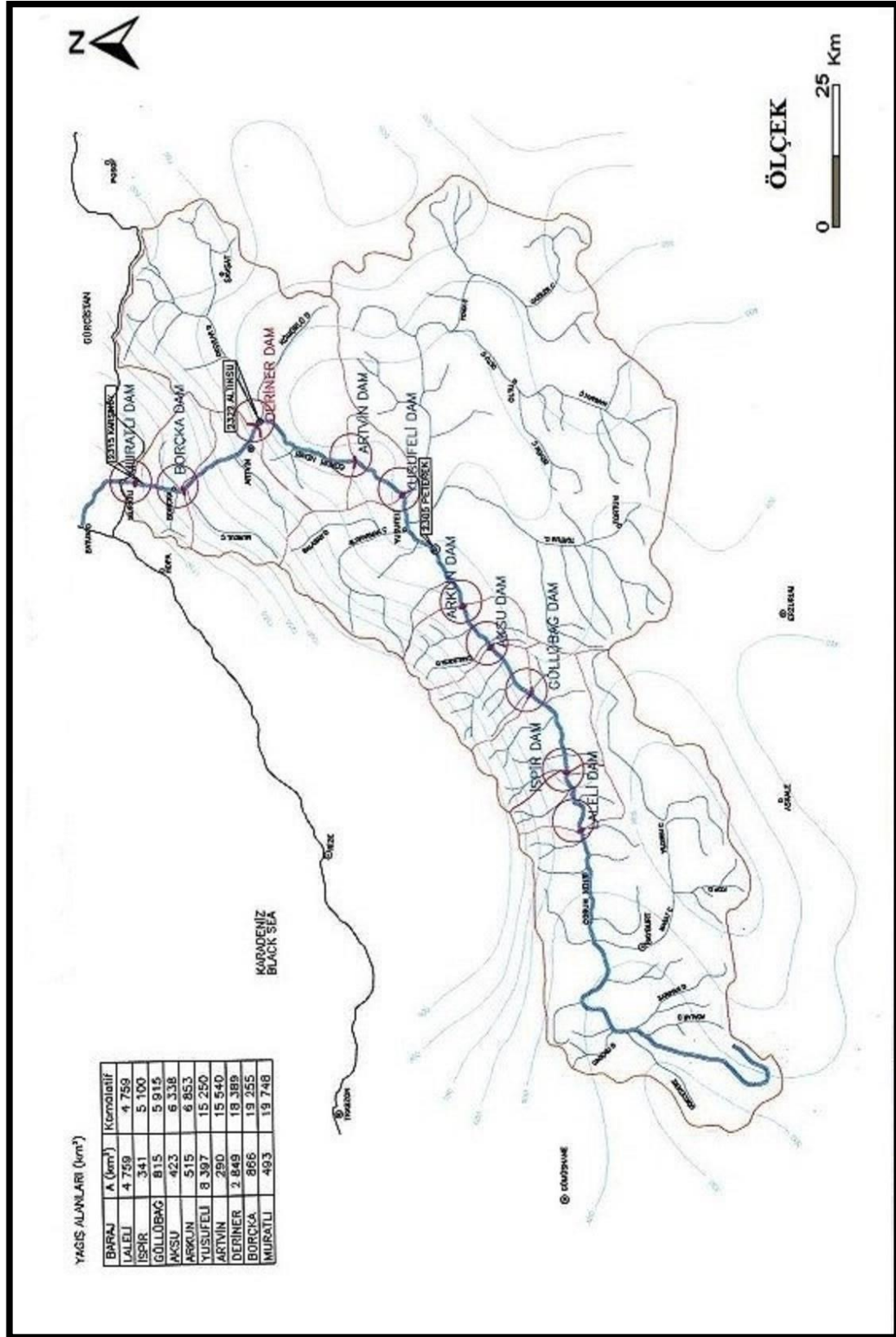
4.4.1.1.Çoruh Havzasının Genel Karakteristikler

Çoruh nehri, Erzurum Platosu'nun kuzeyinde Mescit dağlarında yer alan Çivilikaya Tepesi'nden doğmakta ve Türkiye'nin Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgelerine doğru akarak sonuçta Gürcistan'ın Batum şehri yakınlarından Karadeniz'e ulaşmaktadır. Ancak, havzanın drenaj alanının (21100 km²) yaklaşık % 91'i Türkiye'de yer alırken geri kalan yalnızca %9'luk kısım Gürcistan sınırları içerisinde bulunmaktadır. Toplamda 427 km uzunluğunda olan Çoruh nehrinin ana kolları, Türkiye'de Tortum ve Oltu nehirleri ile Gürcistan'da Adzharis nehridir. Çoruh nehrinin 400 km'lik kısmı Türkiye sınırları içerisinde yer alırken, Gürcistan ile Türkiye arasında 3 km'lik kısım kısa bir sınır oluşturmakta ve geri kalan 24 km'lik kısım da Gürcistan sınırları içerisinde akışını sürdürerek denize dökülmektedir. Çoruh nehri, 3000 m'lik bir yükseklikte Mescit Dağları'nın batı kıyısından doğmakta ve Erzurum Kars Platosu'nun kuzey batısına doğru uzanmaktadır. Batıya doğru aktıktan sonra, Bayburt ovasında keskin bir kavisle doğuya dönmekte ve daha sonra sahile yakın dağ silsilesini daha iç kesimdeki dağ zincirinden ayıran tektonik bir hat boyunca akışını sürdürmektedir. İspir'in doğu bölümünde yer alan Çoruh vadisi, Türkiye'deki en derin vadilerden biridir. Tektonik bir hat boyunca akışını sürdüren Çoruh nehri, Yusufeli ilçesini geçerek ve Oltu nehri ile kesişerek kuzeye doğru akmakta ve derin kanyonlara sahip dağlık bir araziye şekillendirmektedir. Artvin ilçe merkezine ve Borçka ilçesine doğru ilerledikten sonra Muratlı beldesi yakınlarında Türkiye'nin sınırlarını terk etmektedir. Gürcistan'ın yarı özerk ili Ajaria'nın başkenti olan Batum yakınlarında, çoğunlukla biriktirmiş olduğu alüvyonun oluşturduğu bir delta vasıtasıyla da Karadeniz'e dökülmektedir (Akpınar ve Ark, 2009).Çoruh Nehri, ülkemizin en hızlı akan Nehri olup, yıllık ortalama 6,3 Milyar m³ 'lük akış hacmine sahiptir. Nehir yılda 5,8 milyon m³sediment taşımaktadır (Sucu ve Dinç, 2008).

Havza 19.748 km² 'lik yüzölçümü ile Türkiye yüzölçümünün % 2,53 'ünü kaplar. Çoruh Nehri yağış alanı içinde; Artvin Erzurum ve Gümüşhane illerinin büyük bölümü ile Kars ve Erzincan'ın küçük bölümleri yer alır (DSİ, 2008).

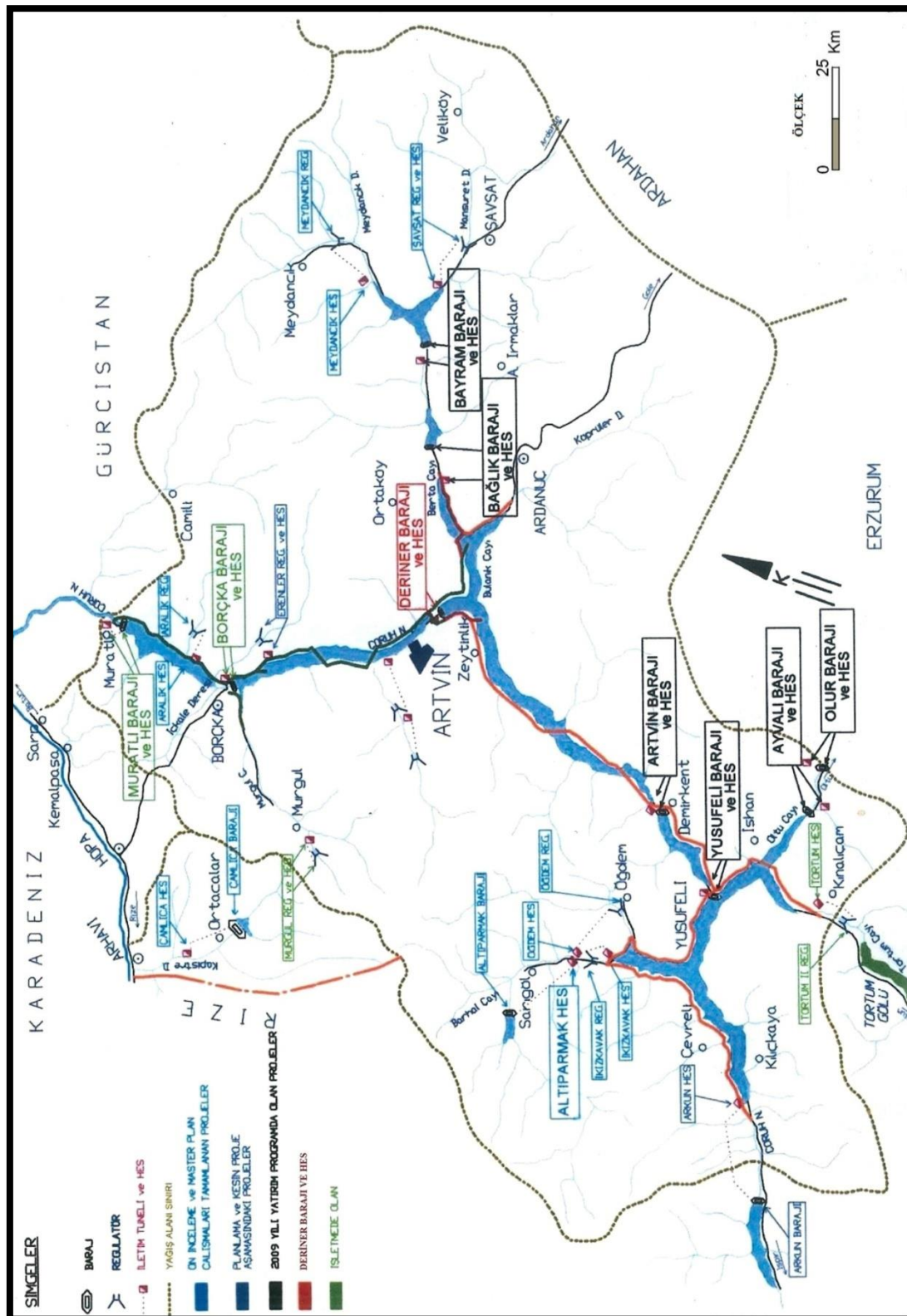
Çoruh nehrinin, maksimum ve minimum su akış miktarı nehir ve yan kollarında önemli farklılık göstermektedir. Çoruh nehrinin geçtiği yatak oldukça dar olup derindir. Bu sebeple, Çoruh nehrinin akıntısı çok hızlıdır. Çoruh nehrinde su akışı ilkbaharda çok yüksek, yazın çok düşük ve sonbahar ve kışın oldukça azdır (ÇOB, 2004).

Harita 12: Çoruh Nehri Havza Açınım Planı.



Kaynak:(DSİ,2014)

Harita 13: Çoruh Havzasındaki (Biriktirilmeli ve Biriktirmesiz) Hidroelektrik Santraller.



Kaynak: DSI, 2014.

Tablo 24: Çoruh Havzasındaki Hidroelektrik Santraller

ÇORUH HAVZASI MASTER PLAN PROJESİ			
İşin Adı	Kurulu Güç (MW)	Yıllık Enerji Üretimi (GWh/yıl)	Mevcut Durumu
İspir Enerji Grubu	97	252	Planlama
Aksu Barajı ve HES	160	364	Planlama
Yusufeli Barajı ve HES	558	1.888	İnşaat Halinde
Artvin Barajı ve HES	332	1.026	İşletmede
Arkun Barajı ve HES	245	842	İşletmede
Güllübağ Barajı ve HES	96	314	İşletmede
Deriner Barajı ve HES	670	2.188	İşletmede
Borçka Barajı ve HES	301	1.039	İşletmede
Muratlı Barajı ve HES	115	444	İşletmede
Toplam	2.574	8.287	İşletmede

Kaynak:DSİ 2019.

Deriner hidroelektrik santrali, Çoruh havzasında yer alan hidroelektrik santraller arasında en yüksek enerji üretimini gerçekleştirmektedir.Çoruh havzasında yer alan hidroelektrik santraller Türkiye enerji üretiminin yaklaşık % 2,5'ini karşılamaktadır. Havzada üretilen enerjinin yaklaşık %61'i Yusufeli hidroelektrik santrali, Artvin hidroelektrik santrali ve Deriner hidroelektrik santrali tarafından karşılanmaktadır (Tablo 24).

4.4.1.2.HES Projeleri Açısından Çoruh Havzası

Çoruh nehrini besleyen irili ufaklı birçok dere bulunmaktadır. Bu derelerin 2000 m kotlarından itibaren başlaması ve Çoruh nehrinin Ülkemizi 50 m kotundan terk etmesi, kısa mesafede yüksek düşüleri sağlaması tarımsal su kullanımlarının çok az olması sebebiyle havza; hem baraj hem de nehir tipi santraller için en uygun havzalardan bir tanesi olarak kabul edilmektedir (Fakıoğlu ve Kağnıcıoğlu, 2009).

Havzayı kuzeyden Doğu Karadeniz Dağları batıdan Giresun Dağları güneyden Otlukbeli, DumluKargapazarı, Güllü, Allahüekber Dağları doğudan ise Yanlızçam Dağları ve Gürcistan sınırlar. Çoruh nehrinin toplam uzunluğu 431 km'dir. Türkiye sınırlarını terk

etmeden önceki ortalama debisi 192 m³/sn'dir. Enerji üretilebilecek toplam düşü ise 1.420 m'dir. Bayburt ilindeki Mescit Dağları'ndan doğan ve Gürcistan'ın Batum ilinden Karadeniz'e dökülür. Bu havza Türkiye'de en fazla erozyona maruz kalan havzalardan biridir. Çoruh havzası, havza bazında Türkiye'de 18 inci sırada yer almaktadır (DSİ, 2008).



ÇORUH HAVZASI PROJELERİ BOY KESİTİ



4.4.2. Deriner Barajı ve HES

Bu bölümde Deriner Barajı ve Hidroelektrik santralinin iklim ve iklim elemanlarından sıcaklık ve yağış, jeolojik yapı, hidroelektrik santralinin elektrik üretimi ve Türkiye ekonomisine katkısı ortaya konulacaktır.

4.4.2.1.İklim

İklim barajlar üzerinde yağış ve sıcaklık faktörüyle doğrudan etkilidir. Deriner Barajının bulunduğu bölgenin genel iklim karakteristikleri Doğu Anadolu 'da hâkim olan karasal iklim şartları ile Karadeniz iklimi arasında bir geçiş göstermektedir. Doğu Karadeniz'in yüksek dağları denizin iç kesimler üzerindeki yumuşatıcı etkisini kısmen azaltırken, yağış alanını güneyden çevreleyen yüksek dağ sıraları da Doğu Anadolu'nun sert karasal ikliminin kuzeye doğru yumuşamasına neden olmaktadır. Bu nedenle, sahilden başlayarak Çoruh Nehri boyunca yukarı kesimlere çıkıldıkça nemli havanın etkisinin azaldığı görülmektedir. Güneye doğru gidildikçe, özellikle Oltu ve Narman yörelerinde ise deniz etkisi tamamen kaybolur ve kara iklimi egemen olur. Vadi tabanından itibaren yükseldikçe, tabanda görülen yumuşak iklim sertleşmeye başlar, gece ve gündüz sıcaklık farkları artar. Bölgeyi etkileyen hava sistemleri ise şu şekildedir; yağış alanında hem yüksek basınç hem de alçak basınç sistemlerinin etkisi görülebilmektedir. Doğu Anadolu üzerinde bulunan yüksek basınç merkezinden gelen soğuk hava kütlesi orta ve aşağı Çoruh Vadisinde alçalarak fön karakterinde ılık hava akımı doğurmaktadır. "Güney Fön" olarak adlandırılabilen bu akım vadi tabanını ve sahil kesimini bir miktar ısıtmaktadır (Çelebi, 2014).

4.4.2.2.Yağış

Tablo 25: Artvin İli Aylık ve Yıllık Ortalama Yağış Değerleri, Ölçüm Periyodu (1949 - 2018).

AYLAR	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	EMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YILLIK
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	13.2	12.8	13.3	12.8	14.3	12.7	8.2	8.2	8.6	11.1	11.0	11.9	138.1
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	85.5	71.9	60.0	53.2	53.2	49.7	30.6	29.0	36.4	61.6	76.0	87.7	694.8

Kaynak: URL, 21.

Drenaj alanının yıllık yağış ortalaması 694,8 mm'dir. Havzada her mevsim yağış görülmektedir. Yağışların 245,1 mm kış aylarında (Aralık, Ocak, Şubat), 166,4 mm ilkbahar aylarında (Mart, Nisan, Mayıs), 109,3 mm yaz aylarında (Haziran, Temmuz, Ağustos) ve 174 mm sonbaharda (Eylül, Ekim, Kasım) düşmektedir. Yağışların yaklaşık %35'i kış, %24'ü ilkbahar, %16'sı yaz ve %25 sonbahar mevsiminde düşmektedir (Tablo 25).

4.4.2.3.Sıcaklık

Proje sahasının genel iklim karakteristiği, Karasal Doğu Anadolu ve mutedil Karadeniz iklimleri arasında geçiş bölgesi özelliklerini göstermektedir. Yıllık ortalama yağış 694,8 mm'dir. En yüksek sıcaklık Ağustos ayında 43 °C, en düşük sıcaklık Ocak ayında -16,1C° olarak ölçülmüştür. Yıllık ortalama sıcaklık ise 12,4 °C'dir(DSİ, 2014).

Tablo 26: Artvin İli Aylık ve Yıllık Ortalama Sıcaklık Değerleri, Ölçüm Periyodu(1949 - 2018)

AYLAR	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YILLIK
Ortalama Sıcaklık (°C)	2.8	4.0	7.1	12.0	15.9	18.8	20.9	21.1	18.2	14.0	9.1	4.5	12.4
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6.2	8.3	12.4	17.9	21.9	24.2	25.8	26.3	23.9	19.6	13.3	7.8	17.3
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-0.2	0.4	2.9	7.2	11.2	14.3	16.9	17.1	14.2	10.2	5.7	1.7	8.5
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.3	3.4	4.4	5.3	6.4	7.1	6.8	6.9	6.4	4.7	3.2	2.1	4.9

Kaynak:URL, 21.

4.4.3. Jeolojik Yapı

Artvin Kuzey Anadolu organik kuşağında yer almaktadır. Bölgenin en eski arazisini meydana getiren metamorfik seri, Çoruh nehrinin aşağı kesimlerinde başlayarak Sibiryâ üzerinden Kuzeydoğuya doğru uzanır. Doğu Karadeniz Dağları arasındaki en büyük geçit olan Çoruh Vadisi, doğudaki Karçal Dağları ile Doğu Karadeniz Dağları'nın büyük bir bölümünü birbirinden ayırır. Biraz güneyde Çoruh Nehri ve kolları genellikle batı-güneybatı/doğu-kuzeydoğu yönünde Karadeniz Dağları'na paralel akar ve bu dağların devamı olarak güneyde uzanan dağ silsilelerini birbirinden ayırır. Güneyde Doğu Karadeniz Dağları'na paralel uzanan dağlar arasında en yüksekleri, Mescit Dağları (Mescit Tepesi, 3239m) ve Yalnızçam Dağları'dır (Çadır Dağı, 3054m). Fazla yüksek olmayan Çoruh Vadisi'nin tabanının yüksekliği İspir'de 450m iken (İspir'in kuzey ve güneyindeki dağlar, 15km içinde 2.883 ve 3.186 m'ye çıkar) Gürcistan sınırında 75 m'ye kadar düşer Alanın jeolojisi, içerdiği Paleozoik, Kretase ve Eosen kayalarıyla oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Çoruh Nehri, aralarında yer yer bazalt kayalar görülmekle birlikte çoğunlukla andezit, lav, tuf ve aglomera gibi volkanik kaynaklı kayalar arasında akar. Vadide daha

lokalolarak yer alan diğer kayalar arasında kalkerli marn, serpantin, kuvarsit ve şist kayalar sayılabilir (Toker, 2010).

4.4.4. Deriner Barajının Elektrik Üretimi ve Ekonomiye Katkısı

Deriner Barajı inşaatına 08.01.1998 yılında başlanmış olup 2014 yılında tamamlanmıştır. 2013 yılında ilk etap üretime açılmış ve yaklaşık 0,6 GWh elektrik üretimi gerçekleştirmiştir. Deriner Barajı ve Hidroelektrik Santrali Türkiye'nin kuzeydoğusunda bulunan Doğu Karadeniz bölgesinde Artvin sınırları içerisinde Çoruh nehri üzerinde yer alır. Deriner Barajı'nın temelden yüksekliği 249 metre uzunluğu 720 metredir. 1969 hektometre küp su toplanacak olan barajda yılda 2 Milyar 300 milyon KWh elektrik enerjisi üretimi hedeflenmiştir. Deriner Barajı, Türkiye'nin birinci, Avrupa'nın dördüncü ve dünyanın altıncı en yüksek çift eğrilikli beton kemer barajıdır. (DSİ, 2014) Bu Proje Kapsamında 8078 parsel kamulaştırılmış ve 184.129.119 TL kamulaştırma bedeli ödenmiştir (Yazıcı, 2011).

Tablo 27: Deriner Barajı Karakteristikler.

Kurulu Güç	670 MW
Yıllık Üretim	2300 GWh
Yükseklik	249 m
Kret Uzunluk	720 m
Rezervuar Alanı	26,4 km ²
Rezervuar Uzunluğu	70 km
Rezervuar Hacmi	2 milyar m ³
Aktif Hacim	963 milyon m ³
Yağış Alanı	18.389 km ²
Ortalama yağış	651 mm
Yıllık Ortalama Akım	4. 84 milyar m ³
Barajın Tipi	İki Eğrilikli Kemer Baraj
Maliyeti	1,4 Milyar USD

Kaynak:URL, 22

Resim 5:DerinerBarajı ve HES Görünüm



Tablo 28: Deriner Barajı ve HES Yıllık Elektrik Üretimi

Yıl	Üretim (kWh)	İl Tüketimine Oranı	Ülke Tüketimine Oranı
2013	591.643.046	%160,98	%0,24
2014	1.136.751.585	%297,09	%0,44
2015	1.557.220.081	%392,42	%0,59
2016	1.986.501.000	%484,44	%0,72
2017	1.368.690.905	%0,00	%0,47

Kaynak:URL, 23.

2017 yılında Türkiye’de kişi başı elektrik tüketimi ortalama 3081 kWh olarak gerçekleşmiştir. Aynı yıl Deriner hidroelektrik santrali 1milyar 368 milyon kWh elektrik üretmiştir. Deriner barajından elde edilen elektrik ile 2017 yılında yaklaşık 444 bin kişinin elektrik ihtiyacı karşılanmıştır. Deriner Barajı ve HES, Artvin, Ardahan, Bayburt ve Tunceli’nin toplam nüfusunun tamamının elektrik ihtiyacını karşılayacak kadar elektrik üretmiştir (Tablo 28) (URL, 24).

Deriner Barajı 2018 yılında, 2.03 milyar kilovat saat enerji üreterek bugüne kadarki yıllık en yüksek enerji üretimini gerçekleştirmiştir. 2013 yılı sonundan itibaren üretime başlanan barajda bugüne kadar toplam 8,7 milyar kilovat saat enerji üretildi. Deriner Barajı’nda 1 Ocak 2019 tarihine kadar toplam 8,7 milyar kilovat saat enerji üretilmiş olup, karşılığında 2,009 milyar TL milli ekonomiye katkıda bulunmuştur (URL, 25).

SONUÇ

Ülkemiz coğrafi konumu ve yeryüzü şekilleri itibariyle alternatif kaynakların aktif olarak enerjide önemli bir rol oynamalarına imkân sunmaktadır. Çalışmamızda alternatif bir enerji kaynağı olan temiz, yüksek verimli, uzun ömürlü, yakıt gideri olmayan, en önemlisi dışa bağımlı olmayan hidroelektrik enerji ve hidroelektrik enerjinin kaynağını oluşturan akarsuların Türkiye açısından önemini ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Türkiye,enerji kurulu gücüne bakıldığında 2000 yılından 2018 olan süreçte yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerjideki üretim miktarı üç katından fazla artış göstermiştir. Hidroelektrik santrallerin 2000 yılındaki üretim gücü 11.175,2 MW iken 2018 yılına gelindiğinde 28.291,4MW 'a ulaşmıştır. Ülkemiz hidroelektrik üretim potansiyelimizin yaklaşık %27 'sini kullanmaktayız. Hidroelektrik üretim potansiyelinin tamamının kullanılması durumunda Türkiye'nin 2018 yılı elektrik tüketim miktarı olan 304 GWh enerjinin yaklaşık %71'inin karşılanacağı görülmüştür.

Temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından olan hidrolik güç, günümüzde fosil enerji kaynaklarına karşı en fazla tercih edilen alternatif kaynak durumundadır. Fosil enerji kaynakları bakımından ülkemizin dışa bağımlı olması yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi bir ihtiyaç olarak karşımıza çıkarmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarında kurulum maliyetlerinin karşılanabilmesi için sistemin belirli bir süre yatırım maliyetini karşılamak için çalışması gerekmektedir. Kurulum maliyetleri karşılandıktan sonraki süreçte üretilen enerji hem ülkenin teknolojik ve sanayi anlamında kalkınması için önemli bir güç hem de enerji ithalatından kaynaklanan, milli ekonomi üzerindeki büyük yükün hafiflemesine yol açacaktır.

Türkiye elektrik üretimindeki enerji kaynaklarının payları karşılaştırma yapılarak Türkiye hidroelektrik enerji potansiyelinin, doğal çevre üzerindeki etkisi ve enerji üretimindeki yeri ortaya konulmuştur. Bu karşılaştırma yapılırken Çoruh havzası ve Deriner hidroelektrik santralindeki veriler kullanılmıştır.

Türkiye elektrik üretim, iletim ve dağıtım değerleri incelendiğinde toplam üretimin % 4,38'ini üretim aşamasındaki iç ihtiyaç kullanımı ve kayıplarda, % 1,85'ini iletim aşamasında, % 9,83'ünü dağıtım aşamasında kaybetmektedir. Üretimi sağlanmış ancak herhangi bir fayda sağlamadan yok olan yüksek oranda bir kayıp söz konusudur. Enerji nakil hatlarındaki taşıma

esnasında meydana gelen kayıp yaklaşık olarak 1 kilometre’de 1 MW’ tır. Türkiye enerji tüketiminin tamamının Hidroelektrik’ten karşılanması durumunda, enerji üretiminin önemli bir kısmının ülkenin doğu bölümlerinde gerçekleşmesine rağmen, enerji tüketiminin önemli bir kısmının ülkenin batı bölümlerinde gerçekleşmesi enerji iletim hatlarında meydana gelen kayıp miktarının artacak olması büyük bir kısıtlılık oluşturduğu ortaya konmuştur.

Teknolojinin gelişme göstermesine bağlı olarak yeni ihtiyaçların ortaya çıkması ve tüketimin çeşitlenmesi kişi başına düşen elektrik tüketiminin her geçen yıl artmasına yol açmaktadır. 1975 yılında kişi başına tüketilen elektrik miktarı 334 kWh iken 2018 yılında 3108 kWh düzeyine ulaşmıştır. Bu dönem içerisinde kişi başına tüketilen elektrik miktarı yaklaşık olarak on kat arttığı görülmüştür. Enerji tüketiminin hızla yükselmesi alternatif kaynaklara yönelmenin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

2017 yılında kişi başı elektrik tüketimi ortalama 3081 kWh olduğuna göre aynı yıl Deriner hidroelektrik santrali 1.368.000.000 kWh elektrik üretmiştir. Deriner barajından elde edilecek elektrik ile 2017 yılında yaklaşık 444.000 kişinin elektrik ihtiyacı karşılanmıştır. Deriner Barajı ve HES, Artvin, Ardahan, Bayburt ve Tunceli’nin toplam nüfusunun tamamının elektrik ihtiyacını karşılayacak kadar elektrik üretimi gerçekleştirdiği ortaya konmuş ve buradan yola çıkarak hidroelektrik santrallerin ülke ekonomisi için gerekli bir alternatif kaynak olduğu vurgulanmıştır.

Çeşitli enerji kaynakları içerisinde hidroelektrik enerji santralleri çevre dostu olmaları ve düşük potansiyel risk taşımaları sebebiyle tercih edilmektedir. Hidroelektrik santraller; çevreye uyumlu, temiz, yenilenebilir, yüksek verimli, yakıt gideri olmayan, enerji fiyatlarında sigorta rolü üstlenen, uzun ömürlü, işletme gideri çok düşük dışa bağımlı olmayan yerli bir kaynaktır.

Enerji kullanımını, çevresel etkileri ve sürdürülebilir gelişme açısından değerlendirildiğinde aralarında güçlü bir ilişki olduğu açıktır. Sürdürülebilirliğin oluşabilmesi için yenilenebilir enerji kaynak kullanımının artırılması, çevre kirliliğinin azaltılması, enerji kaynaklarının verimli kullanılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

AKDOĞAR, Mustafa (2006)	Enerji Kaynakları ve Doğu Karadeniz'in Hidroelektrik Potansiyel Dengesi Etüdü, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Trabzon.
AKGÜN, İlhan (2011)	Yeni Bir Su Politikasına Doğru: Türkiye'de Su Yönetimi, Alternatifler ve Öneriler, Sosyal Değişim Derneği, Su Hakkı Kampanyası, Baskı: 1. İstanbul.
AKOVA, İsmet (2008)	Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Ankara.
AKPINAR ve Ark. (2009)	Çoruh Havzası'ndaki Küçük Hidroelektrik Santrallerin Durumu.
ALEMDAROĞLU, Nusret (2007)	Enerji Sektörünün Geleceği Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye'nin Önündeki Fırsatlar, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul.
ALLI, Büşra ve Ark. (2015)	Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Boyutu, Su Yapıları ve İTÜ'lü Süleyman Demirel, İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Yayını Ekim - Aralık 2015 Sayı 70.
AKKAYA, Cansen ve Ark. (2006)	Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve Türkiye'de Uygulanabilirliği. TMMOB Su Politikaları Kongresi.
ARIBAŞ, Kenan (2007)	Küresel Çağda Siyasi Coğrafya, Çizgi Kitabevi 2007.
AYDER, Erkan (2015)	Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santraller (PDHES'ler) https://web.itu.edu.tr/aydere/PDHES_raporu_v2.pdf Erişim Tarihi: 05.03.2019.

ATALAY, İbrahim MORTAN, Kenan (1997)	Türkiye Bölgesel Coğrafyası, 1997 İnkılâp Kitabevi, ss. 33-361.
ATALAY, İbrahim (1986)	Uygulamalı Hidrografiya 1, Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi yayınları no: 38 1986 İzmir s:21.
ATALAY, İbrahim (1982)	Türkiye Jeomorfolojisine Giriş, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Fakültesi yayınları no: 9 1982 İzmir s: 80.
BAHAR, Ozan (2005)	Türkiye’de Enerji Sektörü Üzerine Bir Değerlendirme, Muğla Üniversitesi SBE Dergisi Bahar, Sayı 14.
BAYRAMLI, G. KAPAN, K. (2018)	Energy Resources Of The Arctic Region: Current Status And Problems. Journal of International Social Research, 11(58).
BİLGİN, Ayla (2008)	Türkiye’de İnşa Edilmiş Olan Barajlar, Kullanım Amaçları Ve Mevcut Durum, Çevre Yüksek Mühendisi; 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, Su ve Enerji Konferansı Bildiriler Kitabı.
BIYIK, Cemal (2011)	Akarsu Yataklarının Kullanımı İle İlgili Mevzuat ve Uygulamaya İlişkin Öneriler, Doğu Karadeniz Bölgesi Heyelan ve Taşkınları Sempozyumu, Trabzon, 1-2.
COFCOF, Şefik (2008)	Kanal Santrallerinde Su İletim Hattı ve Yükleme Havuzları, DSİ Yayınları
CSB (2009)	ÇED Rehberi- Barajlar ve Hidroelektrik Santraller, Çevresel Etki Değerlendirmesi, Sektörel Rehberleri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

ÇELEBİ, Servet (2014)	Deriner Barajı ve HES (Artvin) Baraj Gövdesi Derz Enjeksiyon Çalışmaları, Yüksek Lisans Tezi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Isparta
ÇOB (2004)	Türkiye Cumhuriyeti Çoruh Nehri Katılımcı Havza Rehabilitasyonu Master Plan Çalışması, Türkiye Cumhuriyeti, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ocak.
DAĞHAN, M. Murat (2018)	Hidroelektrik Enerji Üretimi İçin Baraj Yeri Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (Cbs) Kullanılması Ve Uygulamaları, Seydisuyu Havzası, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi.
D İ R İ K, Kadir (2018)	Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü güz dönemi ders notları; http://yunus.hacettepe.edu.tr/~kdirik/courses.htm Erişim Tarihi; 18.01.2018.
DOĞANAY, Hayati (1991)	Enerji Kaynakları, Erzurum.
DOĞANAY, Hayati (1999)	Coğrafyaya Giriş, 5.baskı, Konya 1999 s: 534.
DSİ, (2008)	Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Hazırlık Toplantıları, Taşkın, Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı, Trabzon.
DSİ, (2014)	Deriner Barajı HES Projesi Katalogu.
DSİ, (2017a)	2.Ormancılık ve Su şurası, 5-7 Mayıs 2017 Barajlar Çalışma Grubu Taslak Raporu.

DSİ, (2017b)	2. Ormancılık ve su Şurası, 5-7 Mayıs 2017, Su kaynaklarının geliştirilmesi ve Hidroloji Çalışma grubu raporu. http://sura.ormansu.gov.tr/sura/AnaSayfa/Surabelgeleri.aspx?sflang=tr
DSİ, (2017c)	Haritalı İstatistik Bülteni, Dsi, Ankara.
DSİ, (2016)	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2016 Yılı Faaliyet Raporu http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2016-faaliyet-raporu.pdf?sfvrsn=2 Erişim Tarihi; 05.03.2018
DSİ, (2018)	Toprak Su Kaynakları http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari
DSİ, (2019)	2018 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara.
DSİ, (2019)	Barajlar Sunumu, T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü DSİ 4. Bölge Barajlar ve HES Şube Müdürlüğü, https://docplayer.biz.tr/27708512-Barajlar-t-c-orman-ve-su-isleri-bakanligi-devlet-su-isleri-genel-mudurlugu-dsi-4-bolge-barajlar-ve-hes-sube-mudurlugu-1-33.html Erişim Tarihi: 04.03.2019.
DURMUŞ, Aydın KARAKAYA, Hakan, (2018)	Enerji Üretimi ve Milli Enerji, Enerji ve Maden Potansiyeli.
EPDK, (2017)	Petrol Piyasası 2016 Yılı Sektör Raporu, Ankara.
EPDK, (2017)	Elektrik Piyasası Gelişim Raporu

EPDK, (2018)	Elektrik Piyasası 2017 Yılı Piyasa Gelişim Raporu
EPDK, (2018b)	Doğalgaz Piyasası 2018Yılı Sektör Raporu. Ankara, 2018.
ERGÜN, Şule (2010)	Nükleer santraller ve Türkiye’de 5000MWe kurulu gücünde bir nükleer santral yapılmasının Türkiye elektrik piyasasına etkilerinin incelenmesi, Avrupa’da Türkiye, Avrupa Parlamentosu Yeşiller/Ahb Grubu Kasım 2010 Toplantısı, İstanbul Kongre Merkezi.
EROL, Oğuz (1993)	Genel Klimatoloji, Ankara.
ERTUĞRUL, Ömer Faruk KURT, M. Bahattin (2009)	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Maliyet Analizi ve Sürdürülebilir Yek Uygulamaları, YEKSEM, 2009, 5.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Bildiriler Kitabı.
ERTÜRK, Ferruh (2006)	Türkiye’nin Alternatif Enerji Üretim İmkânları ve Fırsatları, Türkiye’de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu.
ETKB, (2016)	Dünya ve Ülkemiz Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, sayı:13, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.
ETKB, (2017)	Dünya ve Türkiye Enerji Ve Tabii Kaynaklar Görünümü, sayı:15, T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı.
EÜAŞ, (2017)	Araştırma Planlama ve Koordinasyon Dairesi Başkanlığı, İstatistik ve Araştırma Müdürlüğü, Mayıs, 2017, Elektrik Üretim Sektör Raporu.

FAKIOĞLU, Salim KAĞNICIOĞLU, Nazmi (2009)	Doğu Karadeniz ve Çoruh Havzalarının Hidroelektrik Enerji Üretimi Açısından Değerlendirilmesi, Doğu Karadeniz Bölgesi Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve Bunun Ülke Enerji Politikalarındaki Yeri, 13-15 Kasım Trabzon.
GARİPAĞAOĞLU, Nuriye (2011)	Türkiye Ortam Sorunları Coğrafyası, İstanbul.
GÖKDEMİR, Murat ve Ark. (2012)	Türkiye’de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış”, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Yayını, Ankara.
GRONTMİJ, Advies & TECHNIEK BV. (2003)	Vestiging Utrecht Houten, December 2003; Uygulama El Kitabı Su Çerçeve Direktifi’nin Türkiye’de Uygulanması Project number: 105774 Document number: 13/99047338/MJH
HOŞGÖREN, M. Yıldız (1979)	Hidrografyanın Ana Çizgileri 1, İstanbul 1979 s: 94-95.
HOŞGÖREN, M. Yıldız (2004)	Hidrografya’nın Ana Çizgileri 1, Çantay Kitabevi, İstanbul.
HOŞGÖREN, M. Yıldız (2004)	Hidrografya’nın Ana Çizgileri II Göller, Çantay Kitabevi, İstanbul.
İBİŞ, Mehmet (2019)	Türkiye Elektrik Piyasası ve İdari Yaptırımlar, Dek Atölye, EPDK, Ankara.

İTÜ, (2007)	Türkiye’de Enerji ve Geleceği, İstanbul Teknik Üniversitesi, Nisan, 2007, www. İtu.edu.tr.
IAEA, (1998)	Choosing the Nuclear Option: Factorsto be Considered.
IEA, (2016)	Policies of IEA Countries 2016 Review Turkey.
KAPLUHAN, Erol (2016)	Türkiye’de Sürdürülebilir Enerji Politikaları Kapsamında Yenilenebilir Enerjinin Konumu, 2 nd International Conference on the Changing Word and Social Research, Spain.
KARAGÖL, Erdal Tanas TÜR, Mehmet Rıda (2017)	Türkiye’de Elektrik Enerjisi, Seta.
KOCATAŞ, Ahmet (1994)	Ekoloji ve Çevre Biyolojisi, Ege Üniversitesi Basımevi.
KOÇAK, Mehmet Erdem (2011)	Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Hidroelektrik Santraller ve Sırakonaklar HES Projesi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri.
KOÇAR, Günnur ERYAŞAR, Ahmet (2018)	Biyokütle ve Güneş Enerjisinin Kırsal Alanlarda Hibrit Kullanım Olanakları, Şırnak Enerji ve Maden Potansiyeli.
KÜLEBİ, Ali (2007)	Türkiye’nin Enerji Sorunları ve Nükleer Gerekliklik, Bilgi Yayınları, Haziran.

LEBEDEV, B. P. (1966)	Sovyet Rusya'daki Enerji Şebekelerinde Çok Yüksek Gerilimli Enerjinin Taşınması, Çeviren: Ahmet ALKAN.
ORMAN, (2019)	Tarım ve Orman Bakanlığı Ulusal Su Planı (2019-2023).
OSİB, (2013)	Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Çoruh Nehri Havzası Rehabilitasyon Projesi, Ankara.
ÖZDEMİR, Naziye (2011)	Türkiye'de Elektriğin Tarihsel Gelişimi (1900- 1938), Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Türk İnkılâp Tarihi Enstitüsü.
ÖZEY, Ramazan (2001)	Çevre Sorunları, İstanbul.
ÖZSOY, Ahmet, (2016)	Çevre ve Enerji, Editör: Aysel Aydın KOCAEREN
ÖZTÜRK, Turgut (2006)	Çoruh Havzası Su Kaynaklarını Geliştirme Projelerinin Çevresel Etkileri, TMMOB Su Politikaları Kongresi.
ÖZBAY, Ebru GENÇOĞLU, Muhsin (2009)	Hidroelektrik Santrallerin Modellenmesi, YEKSEM.
PALABIYIK, Hamit ve Ark. (2010)	Nükleer Enerji ve Sosyal Kabul, Usak yayınları, ANKARA.
PAMİR, Necdet (2010)	Türkiye'de ve AB'de Enerji Güvenliğine Türkiye Perspektifinden Bakış, Avrupa'da Türkiye, Avrupa Parlamentosu Yeşiller/Ahb Grubu Kasım 2010 Toplantısı, İstanbul Kongre Merkezi.

PARLAK, Zuhale (2007)	Yaşamın Suyu Dansı, Ankara.
SAKARYA, Olgun (2009)	Elektrik ve Gaz Fiyatlarının 2018’de Değişimi ve Enerjiye Erişebilirlik, TMMOB.
SARP, Gülcan, ERENER, Arzu (2017)	Barajların Çevresel Etkilerinin Zamansal Ve Mekânsal Olarak Uzaktan Algılama İle Değerlendirilmesi: Atatürk Barajı Örneği, Geomatik Dergisi, Journal of Geomatic Engineering Research 2017; 2(1);1-10).
SATILMIŞ, Mustafa (2009)	Baraj ve Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Etki Değerlendirmesi, Doğu Karadeniz Bölgesi Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve Bunun Ülke Enerji Politikalarındaki Yeri, Forum 2009 Trabzon.
SATMAN, Abdurrahman (2006)	Dünya’da Enerji Kaynakları, Türkiye’de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu, İstanbul, 2006
SELİCİ, Tülay ve Ark. (2005)	Enerji Kullanımının Çevresel Etkileri ve Sürdürülebilir Gelişme Açısından Değerlendirilmesi.
SÖNMEZ, Mehmet Emin (2012)	Barajların Mekân Üzerindeki Olumsuz Etkileri ve Türkiye’den Örnekler, Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi.
SUCU, Sezai DİNÇ, Talha (2008)	TMMOB 2. Su politikaları Kongresi, Çoruh Havzası, Dsi 26. Bölge müdürlüğü, Artvin.
ŞİMŞEK, Ozan (2014)	Akım Öteleme Metodu İle Hidroelektrik Potansiyelin Farklı Barajlar İçin Karşılaştırılması, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İnşaat Mühendisliği Programı.

TANOĞLU, Ali (1971)	Enerji Kaynakları, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
TPAO, (2016)	2016 Yılı Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu, Türkiye Petrolleri Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı.
TEKİNSOY, M.A. (2002)	Doymamış Zeminlerin İndeks ve Hidrolik Özellikleri, S.D.Ü. Yayın No.22. Tek. Ey. Fak. Isparta, Türkiye.
TEİAŞ, (2016)	Türkiye Elektrik Enerjisi 5 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2016-2020).
TEİAŞ, (2016b)	2016 Yılı Faaliyet Raporu.
TOKER, Erdal (2010)	Borçka ve Deriner barajlarının Çoruh havzasında neden olduğu arazi kullanım değişiminin ve arazi tahribatının irdelenmesi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı.
TUROĞLU, H. ÖZDEMİR, H. (2005)	Bartın'da Sel ve Taşkınlar: Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri, Çantay Kitabevi, İstanbul.
TUTUŞ, Ayla (2006)	Türkiye'de Elektrik Enerjisinin Tarihsel Gelişimi Ve Yeni Piyasa Düzeni İçerisinde Hidroelektrik Enerjinin Yeri, TMMOB Su Politikaları Kongresi.
TÜSİAD, (2018)	Sürdürülebilir Gelecek İçin Sürdürülebilir Enerji.

TTK, (2013)	Türkiye Taşkömürü Kurumu Sektör Raporu, Enerji ve Tabii kaynaklar Bakanlığı.
TTK, (2018)	Türkiye Taşkömürü Kurumu Sektör Raporu, Enerji ve Tabii kaynaklar Bakanlığı.
USTA, Ayhan (2016)	Türkiye'nin Su Potansiyelinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Küresel Mühendislik Çalışmaları Dergisi, Cilt 3: Sayı:2 (2016) 01-09.
ÜLTANIR, Mustafa Özcan (1998)	21.Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi, TÜSİAD.
ÜSTÜNEL, Mustafa (2012)	Enerji Üretimi İletimi ve Dağıtımı, MEB Mesleki ve Teknik Açık Öğretim Okulu Ders Notu, Ankara.
VEZİROĞLU, Nejat (2001)	Türkiye'nin Yeni Enerji Stratejileri, Forum Kitabı.
YAZICI, Nuray (2011)	Çoruh nehri üzerinde yapılan Deriner barajı kamulaştırma Çalışmalarının İncelenmesi: zeytinlik köyü örneği, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim DALI, Artvin, s. 27.

YEKSEM, (2009)	5.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Bildiriler Kitabı.
YILDIZ, Dursun (2015)	Su Politikaları ve Sürdürülebilir Su Yönetimi” Su Yapıları Ve İTÜ’lü Süleyman Demirel, İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Yayını Ekim - Aralık 2015 Sayı 70.
YILMAZ, Şayende (2016)	Türkiye Hidroelektrik Potansiyeli ve Gelişme Durumu, Türkiye Enerji Görünümü, TMMOB.
YİĞİTBAŞIOĞLU, Hakan (1996)	Türkiye’deki Barajlar, AÜ Türkiye Coğ. Arş. ve Uyg. Merk. Der. No:5, 1996, Ankara.

İNTERNET KAYNAKLARI

URL, 1	https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol Erişim Tarihi: 02. 02. 2017
URL, 2	http://www.mapeg.gov.tr . Erişim Tarihi: 16.03.2019
URL, 3	https://www.iea.org Erişim Tarihi: 06.03.2018
URL, 4	https://www.enerji.gov.tr/tr-tr/sayfalar/dogal-gaz Erişim tarihi: 19.03.2019
URL, 5	https://www.enerji.gov.tr/tr-tr/sayfalar/jeotermal . Erişim tarihi:26.03.2019.
URL, 6	http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeotermal-harita . Erişim Tarihi:26.03.2019
URL, 7	http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/gunes.aspx Erişim tarihi: 05.03.2019
URL, 8	https://www.enerji.gov.tr/tr-tr/sayfalar/ruzgar , Erişim Tarihi: 27.03.2019
URL, 9	https://www.enerji.gov.tr/tr-tr/sayfalar/biyokutle .Erişim Tarihi:28.03.2019
URL, 10	http://www.eie.gov.tr/HES/index.aspx . Erişim Tarihi: 03.06.2017.
URL, 11	https://www.bp.com/content/dam/bp/businesssites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf . Erişim tarihi: 05.03.2019.
URL, 12	https://www.teias.gov.tr/tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri . Erişim tarihi: 05.03.2019.
URL, 13	http://www.worldwaterforum5.org/fileadmin/WWF5/Media_corner/suve_rileri.pdf . Erişim tarihi: 05.03.2019.
URL, 14	http://www.euas.gov.tr/Sayfalar/Santral_Listeleri.aspx Erişim Tarihi, 02.11.2018.
URL, 15	https://www.erbakan.edu.tr/storage/files/department/elektrikelektronik_muhendisligi/Editor/DERS/YElkEnrUrt/Hidroelektrik_Enerji_T%C3%BCrbinleri.pdf . Erişim tarihi: 05.03.2019.
URL, 16	https://en.wikiversity.org/wiki/Power_Generation/Hydro_Power Erişim Tarihi: 02. 02. 2019.
URL, 17	https://science.howstuffworks.com/environmental/energy/hydropower-plant1.htm Erişim tarihi: 21.01.2019.
URL, 18	http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h_hidrolik_nedir.aspx Erişim tarihi: 05.03.2019.
URL, 19	www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik . Erişim Tarihi; 21.07.2019.
URL, 20	http://gooenergy.com/projeler/hidroelektrik.html .Erişim Tarihi;19.07. 2019.
URL, 21	www.mgm.gov.tr . Erişim Tarihi; 20.07.2019.
URL, 22	http://www.dsi.gov.tr/projeler/deriner-baraj%C4%B1 . Erişim Tarihi; 18.07.2019.

URL, 23	https://www.enerjiatlası.com/hidroelektrik/deriner-barajı.html . Erişim Tarihi; 20.07.2019.
URL, 24	https://www.bik.gov.tr/turkiyenin-en-buyuk-ilcesi-nufus-buyuklugunde-57-ili-solladi . Erişim Tarihi; 21.07.2019.
URL, 25	https://www.enerjiportali.com/dort-barajdan-ekonomiye-dev-katki . Erişim Tarihi; 20.07.2019.
URL, 26	http://www.yegm.gov.tr/genc_cocuk/Enerji_Nedir.aspx . Erişim Tarihi; 20.07.2019
URL, 27	https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal . Erişim Tarihi; 20.07.2019.
URL, 28	http://evf.gov.tr/content/files/Konusmaci_Sunumlari/turk-konusmacilar/Omer-Harun-ORGE-ZORLU-Enerji%20-eotermal.pdf) Erişim Tarihi; 21.07.2019.
URL, 29	https://www.teias.gov.tr/tr/i-kurulu-guc . Erişim Tarihi; 21.11.2019.
URL, 30	https://www.teias.gov.tr/tr/vi-enerji-nakil-hat-ve-trafolari-1 Erişim Tarihi; 21.07.2019.