

**ENERJİ KAYNAKLARI VE BATI KARADENİZ'İN HİDROELEKTRİK
ENERJİ POTANSİYELİ**

Özgür Emre PULAT

**Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

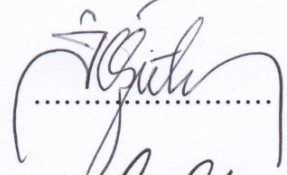
ZONGULDAK

Eylül 2009

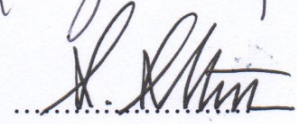
KABUL:

Özgür Emre PULAT tarafından hazırlanan "ENERJİ KAYNAKLARI VE BATI KARADENİZ'İN HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ " başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 25/09/2009.

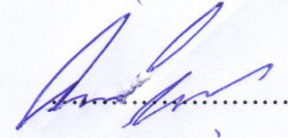
Başkan: Yrd.Doç.Dr. İsmail Hakkı ÖZÖLÇER (ZKÜ)



Üye : Doç.Dr. Ahmet ALTIN (ZKÜ)

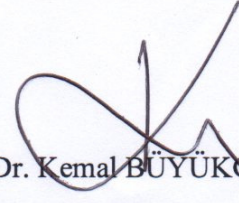


Üye : Yrd.Doç.Dr. Ömer Faruk ÇAPAR (ZKÜ)



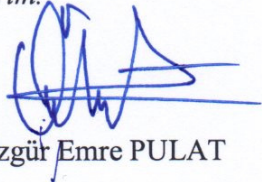
ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım./.../2009



Prof. Dr. Kemal BÜYÜKGÜZEL
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”


Özgür Emre PULAT

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ENERJİ KAYNAKLARI VE BATI KARADENİZ'İN HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ

Özgür Emre PULAT

**Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. İsmail Hakkı ÖZÖLÇER
Eylül 2009, 87 sayfa

Enerji tüketimi, ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin en önemli ölçütü olarak kabul edilmiştir. Enerji tüketimi durmadan artmakta ve gelecekte de artmaya devam edeceği görülmektedir.

Bugün sahip olduğumuz uygarlık düzeyini korumak ve rahat yaşamın devamını sağlamak için enerji tüketmek zorunda olmamız bir gerçektir. Fakat Türkiye kalkınma, nüfus artışı ve sanayileşme nedeniyle artmakta olan enerji talebini karşılamakta güçlük çekmektedir. Bu talebi karşılamak için mevcut enerji kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında enerji kaynaklarının tanımlanması, potansiyelleri ile elektrik üretimindeki maliyetleri araştırılmıştır. Batı Karadeniz Bölgesi'nin su potansiyelinden üretilebilecek brüt elektrik enerjisi miktarı hesaplanmıştır. Ayrıca hesaplanan mevcut brüt elektrik enerjisi potansiyeli belirli oranlarda gelecek yıllardaki tüketim potansiyeli ile karşılaştırılmıştır.

ÖZET (devam ediyor)

Tez çalışmasının sonunda, Türkiye'nin mevcut hidroelektrik enerji potansiyeli, gelecekteki elektrik enerjisi ihtiyacı, olası çözümler, sonuçlar ve öneriler anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Kaynakları, Hidroelektrik Potansiyel, Hidroelektrik Santraller

Bilim Kodu: 624.02.01

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

ENERGY RESOURCES AND THE HYDROELECTRIC POWER POTENTIAL OF THE WESTERN BLACK SEA

Özgür Emre PULAT

**Zonguldak Karaelmas University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

**Thesis Advisor: Assist. Prof. İsmail Hakkı ÖZÖLÇER
September 2009, 87 pages**

The energy consumption has been accepted as the most important criterion of the countries' developing levels. It has been increasing constantly and it will be continuing to increase in the future too.

It's a fact that we have to consume energy to protect the civilization level which we have and provide the continuing of comfort life. But, Turkey has been having difficulty in getting to the energy demand increasing by reason of improvement, increase in population and industrialization. To get this demand, it is necessary to be used the present energy sources effectively.

In this study, the costs at the electric production with the definitions, potentials, of energy sources have been researched. The gross electric energy amount which can be produced from water potential in the West Black Sea Region has been calculated. In addition, the present calculated gross electric energy potential has been compared with the consumption potential in the coming years at the certain proportions.

ABSTRACT (continued)

At the end of this thesis, Turkey's the present hydroelectric energy potential, the need of electric energy in the future, solutions, results and suggestions which can be done have been explained.

Key Words: Energy Resources, Hydroelectric Potential, Hydroelectric Power Plants

Science Code: 624.02.01.

TEŞEKKÜR

Yapılan yüksek lisans tez çalışmasında, öncelikle enerji kaynakları hakkında bilgi verilmiş, hidroelektrik enerji ve Batı Karadeniz'in mevcut su potansiyelinden üretilebilecek elektrik enerjisinin potansiyel-ihtiyaç değişimi ayrıntılı olarak belirtilmiştir.

Bu çalışma bize, elektrik enerjisinin ve Batı Karadeniz Bölgesi'nin mevcut su kaynakları ile elektrik üretiminde ülkemize yapabileceği katkının önemini vurgulamaktadır.

Yüksek lisans tezi çalışmasını hazırlarken bana her konuda yardımcı olan sayın danışman hocam Yrd. Doç. Dr. İsmail Hakkı ÖZÖLÇER'e (ZKÜ) teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca hep yanımda olan, bana güven ve sevgi veren, maddi ve manevi desteklerini her zaman hissettiren, bütün zorluklara katlanarak yetişmemde emeği geçen aileme şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xix
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
1.1 GİRİŞ.....	1
1.2 ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI.....	2
1.3 KONU İLE İLGİLİ YAPILMIŞ OLAN ÇALIŞMALAR.....	3
BÖLÜM 2 GENEL BİLGİLER	5
2.1 ENERJİ KAYNAKLARI.....	5
2.2 BİYOKÜTLE ENERJİSİ.....	5
2.2.1 Biyokütle Enerjisinden Üretilen Yakıt Çeşitleri	6
2.2.1.1 Biyogaz.....	6
2.2.1.2 Biyodizel.....	7
2.2.1.3 Biyoetanol.....	7
2.2.2 Biyokütle Enerjisinin Olumlu ve Olumsuz Yönleri.....	7
2.2.3 Biyokütle Enerjisinin Türkiye’deki Yeri	7
2.3 DALGA ENERJİSİ.....	8
2.3.1 Dalga Enerjisinden Elektrik Üretme Yöntemleri.....	9
2.3.1.1 Daralan Kanal Sistemi (Tapchan).....	9
2.3.1.2 Salımlı Su Kolonu	10

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.3.1.3 Sarkaçlı Düzenek	11
2.3.1.4 Açık Deniz Dalga Enerji Cihazı.....	11
2.3.2 Türkiye’de Dalga Enerjisi Potansiyeli.....	11
2.3.3 Dalga Enerjisinin Olumlu Yönleri	13
2.4 GÜNEŞ ENERJİSİ	13
2.4.1 Güneş Enerji Sistemleri	14
2.4.2 Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	14
2.4.3 Güneş Enerjisinin Olumlu Yönleri.....	15
2.4.4 Güneş Enerjisinin Olumsuz Yönleri	16
2.5 HİDROJEN ENERJİSİ	16
2.5.1 Hidrojenin Üretiminde Kullanılan Yöntemler	17
2.5.2 Hidrojenin Taşınması	17
2.5.3 Hidrojenin Depolanması.....	18
2.5.4 Türkiye’de Hidrojen Enerjisi Potansiyeli	18
2.6 JEOTERMAL ENERJİ	19
2.6.1 Jeotermal Enerjiden Elektrik Elde Etme Yöntemleri.....	20
2.6.2 Türkiye’de Jeotermal Enerji Potansiyeli	20
2.6.3 Jeotermal Enerjinin Avantaj ve Dezavantajları	21
2.7 NÜKLEER ENERJİ	21
2.7.1 Nükleer Santrallerin Sınıflandırılması.....	22
2.7.1.1 Basınçlı Su Reaktörü	22
2.7.1.2 Kaynar Su Reaktörü	22
2.7.1.3 Basınçlı Ağır Su Reaktörü	22
2.7.2 Türkiye’de Nükleer Enerji	22
2.7.3 Nükleer Enerjinin Avantaj ve Dezavantajları	23
2.8 RÜZGAR ENERJİSİ	25
2.8.1 Rüzgar Türbinleri ve Çeşitleri	25
2.8.2 Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli.....	26
2.8.3 Rüzgar Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları.....	27
2.9 TERMİK ENERJİ.....	28
2.9.1 Türkiye’de Termik Enerji Potansiyeli	28

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.9.2 Termik Enerjinin Avantaj ve Dezavantajları.....	28
2.10 HİDROELEKTRİK ENERJİ.....	28
2.10.1 Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması	29
2.10.1.1 Düşülerine Göre	30
2.10.1.2 Ürettikleri Enerjinin Karakter ve Değerine Göre.....	30
2.10.1.3 Kapasitelerine Göre	30
2.10.1.4 Yapılışlarına Göre	30
2.10.1.5 Üzerinde Kuruldukları Suyun Özelliklerine Göre	31
2.10.2 Hidroelektrik Santrallerde Kullanılan Türbin Çeşitleri.....	34
2.10.2.1 Pelton Türbini	34
2.10.2.2 Francis Türbini	34
2.10.2.3 Kaplan Türbini	35
2.10.3 Hidroelektrik Santrallerde Enerji İletim Tesisleri.....	36
2.10.3.1 Su Alma Yapıları.....	36
2.10.3.2 İletim Yapıları.....	36
2.10.3.3 Yükleme Haznesi ve Denge Bacası	37
2.10.3.4 Vanalar ve Vana Odası	38
2.10.3.5 Cebri Borular	39
2.10.3.6. Santral.....	40
2.10.3.7 Kuyruk Suyu Kanalı ve Eşiği	40
2.10.4 Hidroelektrik Enerjinin Avantajları Ve Dezavantajları.....	40
2.10.4.1 Avantajları	40
2.10.4.2 Dezavantajları	40
2.10.5 Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Potansiyeli	41
2.10.6 Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretiminde Yatırım ve Birim Maliyetleri	44
BÖLÜM 3 YAPILAN ÇALIŞMALAR	45
3.1 HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ HESAPLAMA YÖNTEMİ.....	46
3.2. ZONGULDAK İLİNİN HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ.....	47
3.2.1 Zonguldak İlindeki Derelerin Brüt Hidroelektrik Potansiyel Değerleri.....	47
3.2.2 Zonguldak İli Mevcut ve İnşa Halindeki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller	48

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.3 KARABÜK İLİNİN HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ	49
3.3.1 Karabük İlindeki Derelerin Brüt Hidroelektrik Potansiyel Değerleri	50
3.3.2 Karabük İli Mevcut ve İnşa Halindeki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller.....	50
3.4 BARTIN İLİNİN HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ	51
3.4.1 Bartın İlindeki Derelerin Brüt Hidroelektrik Potansiyel Değerleri.....	51
3.4.2 Bartın İli Mevcut ve İnşa Halindeki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller	52
3.5 KASTAMONU İLİNİN HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ	53
3.5.1 Kastamonu İlindeki Derelerin Brüt Hidroelektrik Potansiyel Değerleri.....	53
3.5.2 Kastamonu İli Mevcut ve İnşa Halindeki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller	54
3.6 DÜZCE İLİNİN HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ.....	55
3.6.1 Düzce İlindeki Derelerin Brüt Hidroelektrik Potansiyel Değerleri.....	56
3.6.2 Düzce İli Mevcut ve İnşa Halindeki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller	57
3.7 BOLU İLİNİN HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ	57
3.7.1 Bolu İlindeki Derelerin Brüt Hidroelektrik Potansiyel Değerleri.....	58
3.7.2 Bolu İli Mevcut ve İnşa Halindeki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller.....	58
3.8 SİNOP İLİNİN HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ	59
3.8.1 Sinop İlindeki Derelerin Brüt Hidroelektrik Potansiyel Değerleri	60
3.8.2 Sinop İli Mevcut ve İnşa Halindeki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller	60
BÖLÜM 4 BULGULAR VE İRDELEME.....	63
4.1 GİRİŞ	63
4.2 ZONGULDAK BRÜT HİDROELEKTRİK ENERJİSİ ANALİZİ.....	63
4.3 KARABÜK BRÜT HİDROELEKTRİK ENERJİSİ ANALİZİ	66
4.4 BARTIN BRÜT HİDROELEKTRİK ENERJİSİ ANALİZİ.....	68
4.5 KASTAMONU BRÜT HİDROELEKTRİK ENERJİSİ ANALİZİ	71
4.6 DÜZCE BRÜT HİDROELEKTRİK ENERJİSİ ANALİZİ	73
4.8 BOLU BRÜT HİDROELEKTRİK ENERJİSİ ANALİZİ	75
4.9 SİNOP BRÜT HİDROELEKTRİK ENERJİSİ ANALİZİ.....	78

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER	81
KAYNAKLAR	83
ÖZGEÇMİŞ	87

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Biyokütle Enerji Akışı.....	6
2.2 Dalga Enerjisi İçin Mevcut Sistemler ve İşlemler.....	9
2.3 Daralan Kanal Sistemi (Tapchan)	10
2.4 Salınlımlı Su Kolonu	10
2.5 Aşgari Dalga Enerji Seviyeleri.....	12
2.6 Azami Dalga Enerji Seviyeleri.....	12
2.7 Türkiye'nin Nükleer Hammadde Kaynakları.....	23
2.8 Nehir Santrali Şeması	32
2.9 Nehir ve Kanal Santrali Şeması.....	33
2.10 Pompaj Rezervuarlı Santral Çalışma Şeması.....	33
2.11 Pelton Türbini.....	34
2.12 Francis Türbini	35
2.13 Kaplan Türbini	35
2.14 Yükleme Haznesi ve Denge Bacası.....	38
2.15 Cebri Boru Kesiti.....	39
3.1 Batı Karadeniz Bölgesi Haritası.....	45
4.1 Zonguldak Elektrik Sarfiyatının Yıllara Göre Değişimi.....	64
4.2 Zonguldak Brüt Hidroelektrik Potansiyelinin Belirli Yüzdelerde Kullanılması Halinde İhtiyacın Karşılıandığı Yıl.....	65
4.3 Karabük Elektrik Sarfiyatının Yıllara Göre Dağılımı	67
4.4 Karabük Brüt Hidroelektrik Potansiyelinin Belirli Yüzdelerde Kullanılması Halinde İhtiyacın Karşılıandığı Yıl.....	68
4.5 Bartın Elektrik Sarfiyatının Yıllara Göre Dağılımı.....	69
4.6 Bartın Brüt Hidroelektrik Potansiyelinin Belirli Yüzdelerde Kullanılması Halinde İhtiyacın Karşılıandığı Yıl.....	70
4.7 Kastamonu Elektrik Sarfiyatının Yıllara Göre Dağılımı	72
4.8 Kastamonu Brüt Hidroelektrik Potansiyelinin Belirli Yüzdelerde Kullanılması Halinde İhtiyacın Karşılıandığı Yıl.....	73
4.9 Düzce Elektrik Sarfiyatının Yıllara Göre Dağılımı.....	74
4.10 Düzce Brüt Hidroelektrik Potansiyelinin Belirli Yüzdelerde Kullanılması Halinde İhtiyacın Karşılıandığı Yıl.....	75

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.11. Bolu Elektrik Sarfiyatının Yıllara Göre Dağılımı	77
4.12 Bolu Brüt Hidroelektrik Potansiyelinin Belirli Yüzdelerde Kullanılması Halinde İhtiyacın Karşılandığı Yıl	78
4.13 Bolu Elektrik Sarfiyatının Yıllara Göre Dağılımı	79
4.14 Sinop Brüt Hidroelektrik Potansiyelinin Belirli Yüzdelerde Kullanılması Halinde İhtiyacın Karşılandığı Yıl	80

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Bölgesel Ortalama Dalga Yoğunlukları	12
2.2 Türkiye'nin Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Aylara Göre Dağılımı.....	15
2.3 Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması.....	29
2.4 Türkiye'de Havzalara Göre Yıllık Akış ve Brüt Hidroelektrik Potansiyel	42
2.5 Hidroelektrik Santral Projelerinin Durumu.....	43
2.6 Elektrik Üretiminde Yatırım ve Birim Maliyet Karşılaştırılması	44
3.1 Zonguldak Su Kaynakları Potansiyeli	47
3.2 Zonguldak İlinin Brüt Hidroelektrik Potansiyeli.....	48
3.3 Zonguldak İli İşletmedeki Barajlar.....	49
3.4 Karabük Su Kaynakları Potansiyeli.....	49
3.5 Karabük İlinin Brüt Hidroelektrik Potansiyeli	50
3.6 Bartın Su Kaynakları Potansiyeli	51
3.7 Bartın İlinin Brüt Hidroelektrik Potansiyeli.....	52
3.8 Bartın İli İnşa Halindeki Baraj ve HES	52
3.9 Kastamonu Su Kaynakları Potansiyeli	53
3.10 Kastamonu İlinin Brüt Hidroelektrik Potansiyeli.....	54
3.11 Kastamonu İli İşletmedeki Barajlar	55
3.12 Kastamonu İli İşletmedeki Barajlar	55
3.13 Düzce Su Kaynakları Potansiyeli	56
3.14 Düzce İlinin Brüt Hidroelektrik Potansiyeli	56
3.15 Düzce İli Mevcut Baraj ve HES	57
3.16 Bolu Su Kaynakları Potansiyeli.....	57
3.17 Bolu İlinin Brüt Hidroelektrik Potansiyeli.....	58
3.18 Bolu İli Mevcut Barajı.	59
3.19 Sinop Su Kaynakları Potansiyeli	59
3.20 Sinop İlinin Brüt Hidroelektrik Potansiyeli	60
3.21 Sinop İli Mevcut Barajı.....	61
4.1 Zonguldak İlinde Yıllara Göre Kullanılan Elektrik Enerjisi Miktarı	63

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.2 Karabük İlinde Yıllara Göre Kullanılan Elektrik Enerjisi Miktarı.....	66
4.3 Bartın İlinde Yıllara Göre Kullanılan Elektrik Enerjisi Miktarı.	68
4.4 Kastamonu İlinde Yıllara Göre Kullanılan Elektrik Enerjisi Miktarı	71
4.5 Düzce İlinde Yıllara Göre Kullanılan Elektrik Enerjisi Miktarı	73
4.6 Bolu İlinde Yıllara Göre Kullanılan Elektrik Enerjisi Miktarı	76
4.7 Sinop İlinde Yıllara Göre Kullanılan Elektrik Enerjisi Miktarı	78

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

E	Taranan rotor alanı başına yıllık enerji çıktısı (cent/kWh)
$E_{brüt}$	Su kaynağının brüt enerjisi(kWh)
H	Kot Farkı (m)
H_0	Tünelde iç basıncı oluşturan su yüksekliği (m)
H_{ort}	Havzanın ortalama kotu(m)
N	Güç (tm/sn)
$N_{brüt}$	Su kaynağının brüt gücü(kW)
Q	Debi (m^3/sn)
Q_{ort}	Su kaynağının ortalama debisi(m^3/sn)
δ_{jen}	Jeneratörde enerji kaybı oranı
δ_{trans}	Transformatörde enerji kaybı oranı
$\delta_{tür}$	Türbinde enerji kaybı oranı
γ	Suyun birim hacim ağırlığı (t/m^3)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 GİRİŞ

Ekonomik sosyal hayatın ve sanayileşmenin en önemli faktörü olan elektrik enerjisi; kullanım kolaylığı istenildiği anda diğer enerji türlerine dönüştürülebilmesi ve günlük hayattaki kullanılabilirliği ile günümüzde vazgeçilmez ihtiyaç maddesi haline gelmiştir. Yılda kişi başına tüketilen enerji, ülkelerin gelişmişlik seviyelerinin saptanmasında kabul edilen önemli ölçütlerden birisi halini almıştır. Her şeye rağmen büyümek zorunda olan ve kişi başına tüketilen yıllık enerji miktarı dünya ortalamasının çok altında olan ülkemiz, enerji krizini son yıllarda sürekli olarak yaşamaktadır.

Dünya ekonomisinde küreselleşmenin bir sonucu olarak, enerjide, arama, üretim, kaynak geliştirme çalışmalarında, amaca ulaşmak için uluslararası yatırım ve teknoloji transferinde ve dünya enerji ticaretinde büyüme görülmektedir. Enerji verimliliğinin artırılması ve çevre konularında tüm dünyada duyarlılık da aynı oranda artış göstermiştir. Son dönemlerde gerek gelişmiş gerekse gelişmekte olan ülkelerde tasarruf, çevre, arz güvenliği ve sürdürülebilir enerji kavramlarının yanı sıra özelleştirme ve yeniden yapılanma, enerji sektörünün gündemine ağırlıklı olarak girmektedir. Politikalar, özel girişimcinin yatırımlara katkısının artırıcı ve uluslararası rekabeti sağlayıcı yönde formüle edilmektedir.

Artan enerji ihtiyacının güvenilir bir şekilde karşılanabilmesi için tüm ulusal kaynaklardan yararlanmak gerekmektedir. Ülkemiz, Avrupa ülkeleri arasında Norveç'ten sonra en büyük hidroelektrik potansiyele sahip olan bir ülkedir. Hidroelektrik enerji; yenilenebilir enerji kaynaklarından olması, çevre iklimini olumlu yönde etkilemesi, temiz olması, işletme ve bakım masraflarının az olması, uzun ömürlü olması, pik talepleri karşılayabilmesi ve en önemlisi de ulusal olması nitelikleri ile güvenilir enerji arzı sağlamaktadır. Ayrıca, kömür yakıtlı santraller ile kombine çevrimli gaz santrallerinin ekonomik ömrü 25 yıl iken, hidroelektrik santrallerin ömrü 50 yıl civarındadır (Özkök 2006).

Türkiye’de pek çok akarsu veya kolunun hidroelektrik potansiyeli henüz belirlenmemiş, ayrıca küçük hidroelektrik potansiyeli de ortaya konmamıştır. Bununla beraber Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz gibi arazi eğimlerinin yüksek olduğu dağlık bölgelerdeki küçük akarsular önemli sayılabilecek hidroelektrik potansiyele sahiptirler (Özkök 2006).

Ülkemizin başlıca ulusal ve yenilenebilir enerji kaynağı olan hidroelektrik potansiyelin değerlendirilmesi için gerçekleştirilen hidroelektrik santrallerin (HES) yakıt masrafları bulunmamaktadır. Dolayısıyla işletme maliyetinin çok düşük olması, yük taleplerine kolaylıkla uyum göstermesi ve alternatif enerji kaynaklarına göre çevresel etkilerinin en az olması nedeniyle, inşa edilerek işletmeye alınmaları ülkemiz için büyük önem arz etmektedir (Yavuz 2007).

1.2 ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI

Hidroelektrik enerji, Türkiye'nin kullanılabilir en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından birini oluşturmaktadır. Gelişmiş ülkelerin potansiyellerini büyük ölçüde değerlendirmiş olmalarına karşın, halihazırda Türkiye'de işletmeye açılan tesislerle söz konusu potansiyelin ancak %35.4'lük bölümü kullanılmış durumdadır. Türkiye'nin brüt hidroelektrik enerji potansiyelinin 433 milyar kWh/yıl, teknik yönden değerlendirilebilir potansiyelinin 216 milyar kWh/yıl, ekonomik potansiyelinin ise 129.9 milyar kWh/yıl civarında olduğu öngörülmektedir.

Bu çalışmanın öncelikli amacı, Düzce, Bolu, Zonguldak, Bartın, Karabük, Kastamonu ve Sinop illerini kapsayan Batı Karadeniz Bölgesi brüt hidroelektrik enerji potansiyelinin hesaplanmasıdır. İkincil amacı ise, söz konusu illere ait potansiyellerin değerlendirilmesi halinde bölgede gelecekteki elektrik enerjisi tüketiminin belirlenmesi, potansiyelin tüketimi karşılama oranlarının ve enterkonnekte sisteme verilecek elektrik enerjisinin belirlenmesidir.

İllerin brüt hidroelektrik enerji potansiyelleri, akarsuların akım değerleri ve ortalama yükseklik değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Akarsuların akım değerleri DSİ Bölge Müdürlüklerinden alınmış, ortalama yükseklik değerleri ise 1/25000'lik haritalardan karelej yöntemi esas alınarak belirlenmiştir.

Bahsi geçen illerin geçmiş yıllarda kullandıkları elektrik enerjisi tüketim grafikleri çizilmiş, zamanla değişimlerinin denklemleri regresyon analizi ile elde edilmiş ve bu denklemler kullanılarak geleceğe yönelik muhtemel elektrik enerjisi tüketimi hesaplanmıştır.

1.3 KONU İLE İLGİLİ YAPILMIŞ OLAN ÇALIŞMALAR

Türkiye'deki enerji kaynakları, Hidroelektrik enerji ve potansiyeli ile ilgili yapılmış olan lisansüstü tez çalışmaları, yayınlanmış makaleler ve bildiriler incelenmiş, özetlenerek sonuçları aşağıda verilmiştir:

Yumurtacı (1994) Türkiye genelinde EİE'ne ait toplam 217 AGİ'ni verilerini kullanarak küçük hidroelektrik potansiyeli hesaplamıştır. Erdem (1996) Türkiye'nin ve özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin hidroelektrik potansiyelini incelemiştir. Gürbüz (1999) Kızılırmak havzası üzerindeki 14 AGİ'ni verileri ile hidroelektrik potansiyeli hesaplamıştır. Kaygusuz (1999) Türkiye'nin hidroelektrik potansiyelini ortaya koymuş ve hidroelektrik enerjinin elektrik üretimindeki payını göstermiştir. Ediger and Kentel (1999) Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynakları ve bu kaynakların potansiyelleri üzerine bir çalışma yapmışlardır. Akım (2002) Türkiye ve dünyada enerji üretimine ilişkin bilgiler ve planlamalar hakkında geniş çapta bir inceleme yapmıştır. Bu bağlamda Türkiye'de enerji ile ilgili kuruluşlar, bu alanda yapılan anlaşmalar ve Türkiye'nin enerji politikası konusunda önem taşıyan ilkeleri belirtilmeye çalışmıştır. Çakay (2003), çalışmasını 2023 yılında Türkiye'nin enerji konusundaki vizyonuna yön çizebilmek için hazırlamıştır. Kıyaslama yapabilmek için hem dünya ülkeleri hem de Türkiye'nin 2003 yılındaki durumunu karşılaştırmıştır. Kavak (2003) dünya ve Türkiye'nin mevcut enerji durumlarını gözden geçirmiş; Türkiye'nin mevcut, muhtemel ve mümkün enerji kaynaklarını incelemiş; sorunlar ve enerji piyasasındaki gelişmeleri tahlil etmiş ve son olarak, enerji talep tahminlerinin ışığında bir stratejik planın ana hatlarını göstermiştir. Sevimli (2003) DSİ'ye ait AGİ'leri verilerini kullanarak Karadeniz bölgesinin hidroelektrik potansiyelini hesaplamıştır. Ertekin and Evrendilek (2003) Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelini ve bunların değerlendirilmesini yapmışlardır. Yanık (2004) doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde küme analizi kullanarak Doğu Karadeniz bölgesi için bölgesel debi süreklilik eğrilerini elde etmiştir. Yılkırkan (2004) çalışmasında, enerji ve Türkiye'deki alternatif enerji kaynakları ile bu kaynakların kullanım potansiyelini belirlemeye çalışmıştır. Yüksek et al. (2006) Türkiye'nin hidroelektrik ve küçük hidroelektrik potansiyelini incelemişler ve gerçekleştirilen

bir model yardımıyla Türkiye'nin uzun süreli elektrik enerjisi talebini tahmin etmişlerdir. Akdoğan (2006), Doğu Karadeniz Bölgesi'nin su potansiyelinden üretilebilecek brüt elektrik enerjisi miktarını hesaplamış ve hesaplanan mevcut brüt elektrik enerjisi potansiyelinin belirli oranlarda kullanılması halinde, gelecek yıllardaki tüketim potansiyeli ile karşılaştırmasını yapmıştır. Avcı (2006), Türkiye'deki küçük hidroelektrik santrallerin gelişimini ve bugünkü durumunu incelemiştir. Özkök (2006) Hidroelektrik potansiyel belirleme metotları ve uygulamaları üzerine bir araştırma yapmıştır. Hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan debi süreklilik eğrisi metodu ve ardışık akım öteleme metodu irdelenerek Çoruh havzasında uygulamalarını yapmıştır. Yüksek et al. (2006), Türkiye'nin uzun vadeli elektrik enerji talebinde hidroelektrik enerjinin rolünün araştırdıkları çalışmada; MAED modeline göre uzun vadeli elektrik enerjisi talebini tahmin etmek için 3 farklı senaryo uygulanmış ve Türkiye'nin elektrik enerji talebi 2010 yılında 217-270 TWh, 2015 yılında 294-410 TWh ve 2020 yılında ise 407-571 TWh arasında değişecek olduğu bulunmuştur. Balat (2007) Türkiye'nin küçük hidroelektrik potansiyelini, tarihi gelişimini ve bugünkü durumu araştırmıştır. Yavuz (2007), Ordu ve Samsun illeri su potansiyelinden üretilebilecek brüt elektrik enerji miktarını hesaplamış ve hesaplanan mevcut brüt elektrik enerjisi potansiyelinin gerçekleştirilen projeler ile uyumlarını incelemiştir Akpınar et al. (2008) Türkiye'nin enerji kaynakları arasında, Jeotermal enerjinin yerinin araştırıldığı çalışmada, Türkiye'nin enerji kaynaklarıyla Jeotermal enerji karşılaştırılmış ve potansiyeli belirlenmiştir. Jeotermal potansiyelinin yalnızca %4'ünün kullanıldığı görülmüştür. Yüksek (2008) Türkiye'nin hidroelektrik potansiyelini yeniden değerlendirerek ileriye dönük tahminleri yenilemiş ve değerlendirmiştir. Küçükali and Barış (2009) Türkiye'deki küçük Hidroelektrik santraller, potansiyelleri ve enerji ihtiyacındaki yerleri konusunda çalışmışlardır.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

2.1 ENERJİ KAYNAKLARI

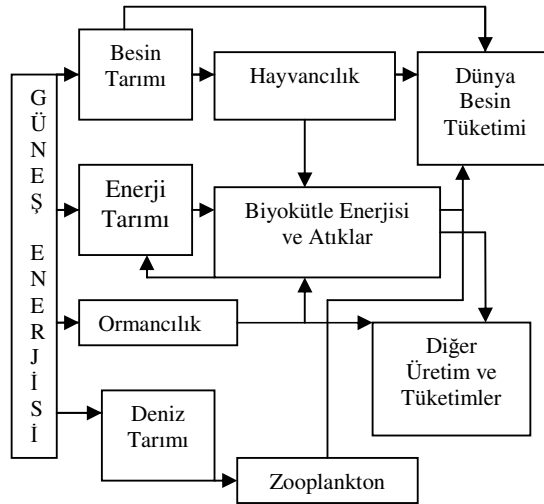
Günümüz dünyasında kömür, petrol ve doğalgaz; dünya enerji gereksiniminin büyük bir kısmını karşılamaktadır. Geriye kalan kısmını da nükleer, hidrolik, biomas ve yenilenebilir kaynaklar karşılamaktadır. Enerji bütçelerinin ağırlıkla fosil yakıtı dayanması nedeniyle, fosil yakıt üretici ve satıcı ülkeler ile fosil yakıt alıcı ülkeler arasındaki ilişkiler, dünya stratejik dengesinin önemli unsurları olmuştur (Akdoğan 2006).

Küresel ısınma dünyanın en önemli çevre sorunlarından bir tanesidir. Küresel ısınmanın oluşmasındaki en önemli etkenlerden biri fosil yakıt kullanımınıdır. Fosil yakıt yanma emisyonlarının karbondioksit gibi sera gazlarını içermesi, atmosferin artan sera etkisi ile iklim değişikliklerine neden olabilecek bir küresel ısınma sürecini başlatmıştır. Çözüm nükleer enerji ile yenilenebilir alternatif enerji kaynaklarında aranmalıdır. Ancak bu kaynakların da belli ölçüde çevre sorunlarına neden olduğu unutulmamalı, bu sorunları azaltıcı ve giderici önlemler eksiksiz uygulanmalıdır. Tüm enerji kaynaklarından yapılan üretimlerde az ya da çok çevre ve sağlık riski vardır. Aşağıda enerji kaynakları ile ilgili genel bilgiler verilmiştir (Akdoğan 2006).

2.2 BİYOKÜTLE ENERJİSİ

Biyokütle, yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yolu ile kimyasal enerjiye dönüştürerek depolaması sonucu meydana gelen biyolojik kütle ve buna bağlı organik madde kaynakları olarak tanımlanmaktadır. Şekil 2.1' de biyokütle enerji akışı gösterilmiştir. Karbon içeren organik maddeler oksijenle reaksiyona girdiklerinde ısı açığa çıkartırlar. Biyokütle enerjisinin materyalleri bitkisel ve hayvansal ürünlerdir. Klasik ve modern anlamda olmak üzere iki grupta ele almak mümkündür. Birincisi, ormanlardan elde edilen yakacak odun ve yine

yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvan atıkları (tezek), ikincisi ise biyogaz, biyomotorin gibi organik maddelerin bozunmasıyla elde edilen enerji çeşididir. Organik madde ihtiva eden artıkların mikrobiyolojik yönden değerlendirilmesi hem çevre kirliliğine yol açmaması, hem de temiz enerji üretimi sağlaması bakımından önem taşımaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde kullanımı en yaygın olan kaynak biyokütledir. Dünya enerji tüketiminin yaklaşık % 15'i, gelişmekte olan ülkelerde ise enerji tüketiminin yaklaşık %43'ü biyokütleden sağlanmaktadır. Biyokütle; her yerde yetiştirebilmesi, çevre korunmasına katkısı, elektrik üretimi, kimyasal madde ve özellikle taşıtlar için yakıt olabilmesi nedeni ile stratejik bir enerji kaynağı olarak sayılmaktadır. Biyokütle kaynakları arasında yer alan odun, hayvan ve bitki artıkları ülkemizde uzun yıllardan beri (özellikle kırsal kesimdeki konutlarda) ısıtma ve yemek pişirme amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu geleneksel enerji kaynağı ülkemizde konutlardaki enerji tüketiminin % 40 kadarını oluşturmaktadır (URL-1 2009).



Şekil 2.1 Biyokütle enerji akışı (URL-3 2009).

2.2.1 Biyokütle Enerjisinden Üretilen Yakıt Çeşitleri

2.2.1.1 Biyogaz

Biyogaz, hayvansal ve bitkisel atıkların oksijensiz ortamda ayrışması sonucu ortaya çıkan bir gaz katışımdır. Bileşiminde %60-70 metan (CH₄), %30-40 karbondioksit (CO₂), %0-2 hidrojen sülfür (H₂S) ile çok az miktarda azot (N₂) ve hidrojen (H₂) bulunmaktadır (Yılmaz 1995).

2.2.1.2 Biyodizel

Bitkisel yağlardan transesterifikasyon reaksiyonu (alkoliz) ile biyomotorin elde edilmektedir. Üretimdeki en önemli nokta biyomotorinin saflık derecesidir. Bu nedenle rafinasyon aşaması önem kazanmaktadır. Biyomotorin %99 değeri üzerinde saf üretilmelidir (URL-2 2009).

2.2.1.3 Biyoetanol

Etanol günümüzde en yaygın kullanımı olan biyolojik kökenli sıvı yakıttır. Etanol şekerin fermantasyonu ile elde edilmektedir. Daha sonra distile edilen alkol son şeklini almaktadır (Yılmaz 1995).

2.2.2 Biyokütle Enerjisinin Olumlu ve Olumsuz Yönleri

Dünyanın çoğalan nüfusu ve sanayileşmesi ile giderek artan enerji gereksinimi çevreyi kirletmeden ve sürdürülebilir olarak sağlayabilecek kaynaklardan belki de en önemlisi biyokütle enerjisidir. Ayrıca biyokütle içinde, fosil yakıtlarda bulunan kansorejen madde ve kükürt olmadığı için, çevreye zararı son derece azdır. Bütün bunların ötesinde güneş var olduğu süre için biyokütle tükenmez bir enerji kaynağıdır. Biyokütlenin enerji kaynağı olarak kullanımındaki olumlu yönleri; hemen her yerde yetiştirilebilmesi, üretim ve çevrim teknolojilerinin iyi bilinmesi, her ölçekte enerji verimi için uygun olması, düşük ışık şiddetlerinin yeterli olması, depolanabilir olması sosyo-ekonomik gelişmelerde önemli olması, çevre kirliliği oluşturmaması, sera etkisi oluşturmaması ve asit yağmurlarına yol açmamasıdır. Olumsuz yönleri ise düşük çevrim verimine sahip olması, tarım alanları için rekabet oluşturmaması ve su içeriğinin fazla olmasıdır (URL-3 2009).

2.2.3 Biyokütle Enerjisinin Türkiye'deki Yeri

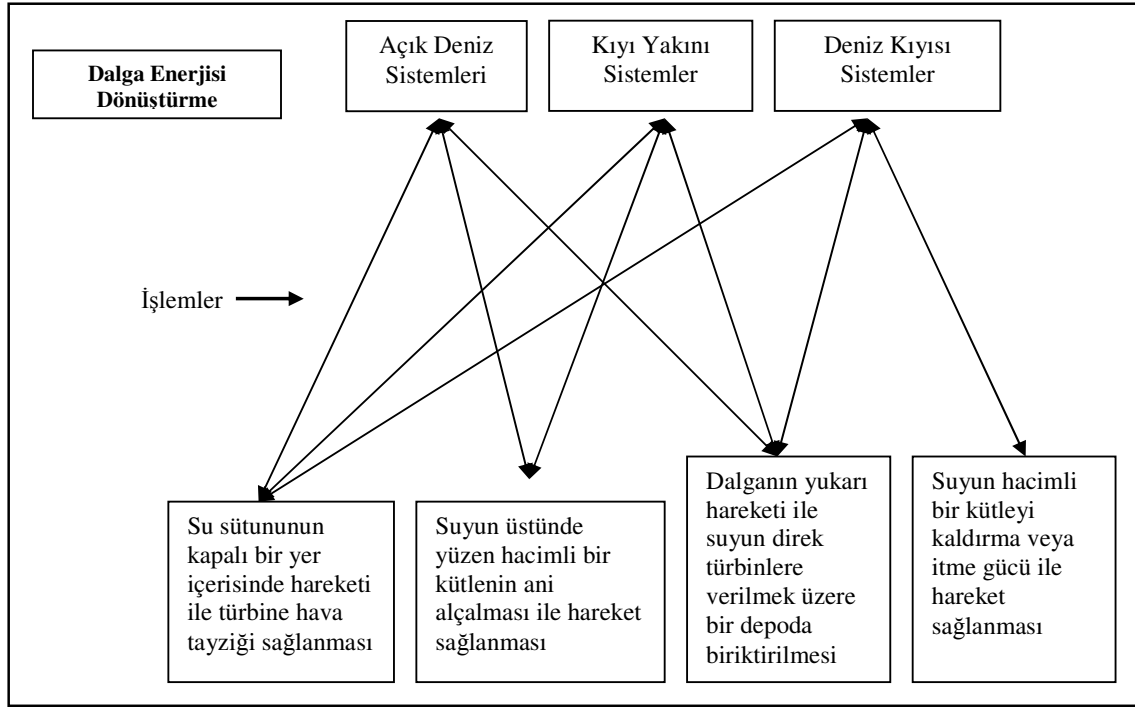
Türkiye'de biyokütle enerjisinin birincil enerjiler içinde kullanımı 1989 'da %15.2, 1994'de ise %12.4 oranında gerçekleşmiştir. 2000'li yıllarda ise bu değer %8.5 olarak gerçekleşmesi beklenmektedir. Elde edilen istatistiki verilerden ve deneysel çalışmalardan Türkiye'de yıllık kuru bazda biyokütle potansiyeli 360 Tg'dır. Bunun fuel-oil eşdeğeri 260 Tg'dır. Türkiye'deki enerji problemlerine kısmen çözüm olabilmesi açısından, biyokütle kaynakları verimli bir şekilde kullanılmalıdır. Enerji problemlerini sürekli çözebilmek için, enerji

kaynağı olarak biyokütlenin etkili kullanım sistemleri geliştirilmelidir ve araştırmalar biyokütlenin konvansiyonel gaz sıvı ve katı fosil yakıtlara ilave yakıtlara dönüşümü üzerinde yoğunlaştırılmalıdır (Taner vd. 2007).

2.3 DALGA ENERJİSİ

Deniz ve okyanus yüzeylerinde, rüzgar hareketleri sonucu, sınır tabakasındaki sürtünme dolayısı ile dalgalar oluşur. Su yüzeyinde rastgele iniş-çıkışlar ile dalgalar, bir başka deyişle dalga enerjisi oluşur. Çevreye zarar vermeyen doğal, temiz ve sürekli yenilenebilir enerji türlerinden dalga enerjisi, ilk yatırım ve bakım giderlerinden başka masrafı olmayan, girdi bedeli gerektirmeyen, doğaya her hangi bir kirletici bırakmayan, ucuz, temiz, çevreci ve büyük potansiyele sahip bir enerji kaynağıdır. Okyanuslar, henüz kullanılmamış büyük bir enerjiyi içlerinde barındırmaktadır. ABD Enerji Bakanlığı'nın verilerine göre, dünyanın tüm sahillerinde oluşan dalga enerjisi toplandığında, 2 ilâ 3 milyon megavatt enerji açığa çıkmaktadır. Dünya yüzeyinin farklı ısınması sonucu oluşan rüzgârların deniz yüzeyinde esmesi ile meydana gelen deniz dalgalarındaki gücün diğer yenilenebilir enerji kaynaklarındakinden daha kesif olduğu hesaplanmıştır (10–15 defa daha fazla). Kullanabildiği takdirde bol ve çoğu ülkenin elde edebileceği kadar yaygındır (Uygur vd. 2004).

Denizlerdeki dalgalar temelde üç şekilde meydana gelmektedir; Denizlerde oluşan depremlerin ve deniz dibi çökmelerinin oluşturduğu dalgalar, Rüzgârların ve fırtınaların oluşturduğu dalgalar, Gel-git olayından kaynaklanan dalgalar. Dalga enerjisi, bu etkenler sonucunda dengesi bozulan deniz yüzeyinin tekrar eski haline gelmesi için yaptığı hareketlerle oluşan dalganın, fibroflu plastik silindirlere güçlendirilmiş filaman camlı 1/7 prototip dalga enerji çeviricinin bir birine irtibatlandırılmış silindirlere iletilmesiyle elde edilir. Her bir dalga geldiğinde çalışır ve bu dalgalar hidrolik motorlarla jeneratöre iletilerek enerji üretimi sağlanır. Dik bir sahile vuran dalgalar bir metrede 30 kilovat kadar enerji üretir. Bu, bir metrelik sahili 100 vatlık 300 ampulle aydınlatabileceğimiz anlamına gelir. Rüzgâr hareketleriyle oluşan deniz dalgaları, diğer nedenlerle oluşan dalgalardan daha süreklidir. Dalga enerjisi santralleri ise, kıyılarına ve açık denizlere kurulabilir. Bu sistemler deniz tabanına yerleştirileceği gibi su yüzeyine de yüzer olarak konulabilir. Dünyada kurulu sistemlerde, küçük sistemler için birim dalga cephesi başına güç 10–20 kW/m olurken geliştirilmiş sistemlerde güç 40 kW/m gibi bir değere çıkmaktadır. Dalga enerji dönüştürücülerinde genel olarak Şekil 2.2'de özetlenen sistemler ve işlemler kullanılmaktadır.



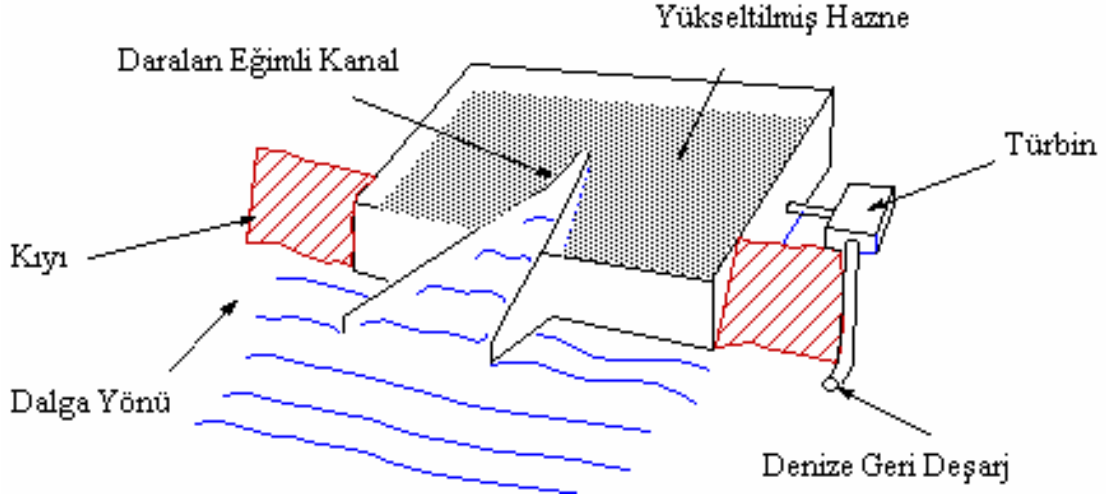
Şekil 2.2 Dalga enerjisi için mevcut sistemler ve işlemler (Sağlam ve Uyar 2005).

2.3.1 Dalga Enerjisinden Elektrik Üretme Yöntemleri

Dalga enerjisinden dört ayrı yöntemle elektrik üretilir. Bunlardan ilk üçü kıyı hattı üzerinde son olanı da açık denizde uygulanır.

2.3.1.1 Daralan Kanal Sistemi (Tapchan)

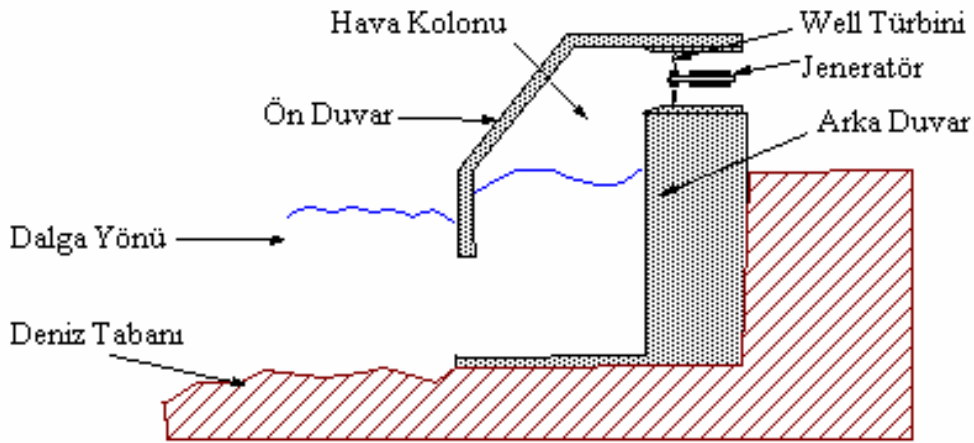
Tapchan sistemi geleneksel hidroelektrik enerji üretim sisteminin bir adaptasyonudur. Bu sistemler su seviyesinin 3-5 m üzerinde duvar yüksekliğine sahip, uçurumun kenarına inşa edilmiş hazneyi besleyen, gittikçe daralan bir kanaldan oluşmaktadır. Kanalın daralması dalga yüksekliğinin artmasına neden olur ve yükselen dalgalar kanal duvarlarından haznenin içine boşalır. Su haznede depolandığı için hareketli dalga'nın kinetik enerjisi potansiyel enerjiye dönüşür. Depolanan su türbine verilir. Çok az hareketli parçası olduğundan düşük bakım maliyetine ve yüksek bir güvenilirliğe sahip olup Şekil 2.3 de bu tür sistemlere ait bir örnek gösterilmektedir. Bu sistemde ihtiyaç duyulan kadar enerji depolanabilmektedir. Ancak Tapchan sistemleri bütün kıyı kesimleri için uygun değildir (Terzi 2007).



Şekil 2.3 Daralan kanal sistemi (Tapchan) (Terzi 2007).

2.3.1.2 Salımlı Su Kolonu

Bu yapılar kısmi olarak su altında bulunan, su seviyesinin altında denize açılan beton veya çelik, çukur yapılardır. Bu sistemlerde su kolonu ve onun üzerinde bir hava kolonu vardır. Dalgaların sisteme çarpması, su sütununun yükselip alçalmasına dolayısıyla hava sütununun sıkıştırılması veya basıncının düşürülmesine neden olur. Sıkıştırılmış havanın, elektrik jeneratörünü çalıştıran Wells türbinine doğru hareketi sağlanır. Bu yolla sistemden enerji elde edilir, bu enerji de elektrik üretiminde kullanılır. Şekil 2.4 de bu tür sistemlere ait bir örnek gösterilmektedir (Terzi 2007).



Şekil 2.4 Salımlı su kolonu (Terzi 2007).

2.3.1.3 Sarkaçlı Düzenek

Bu sistem dikdörtgen bir betonarme kutudan ibarettir. Kutunun ön tarafında bir sarkaç dalganın geliş yönünde düzeneğe menteşelenir. Bu sarkaç dalga hareketleri ile öne ve arkaya doğru salınım yapar. Sarkacın bu hareketi sonucu hidrolik pompa çalışarak jeneratörde elektrik üretimi sağlanır.

2.3.1.4 Açık Deniz Dalga Enerji Cihazı

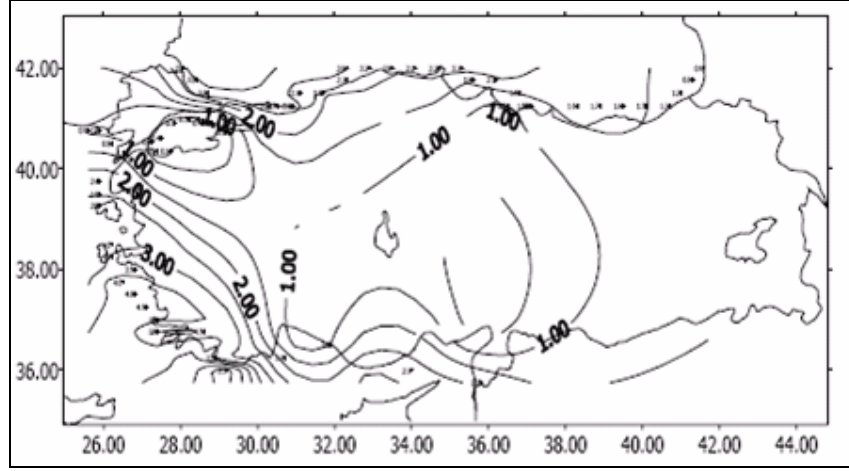
Bu cihaz derinliği 40 m'den daha fazla olan derin sularda kullanır. Su yüzeyinde bulunan şamandıraya sağlam elastik bir hortum ile dikdörtgen beton yapıya bağlanır. Bu yapı baş, orta ve son platform olmak üzere üç kısma ayrılır.

Orta platform diğerlerine menteşelerle bağlıdır. Dalgaların yükselip alçalmasıyla enerji kabinine su girişi sağlanır. Orta platforma çelik tüplerle ağırlık bağlıdır. Bu ağırlık suyun platforma girişi ile salınım hareketinden sonra platformu dengede tutar. Salınımla beraber hidrolik pompalar çalışmaya başlar ve jeneratörde elektrik üretimi sağlanmış olur (URL-4 2009).

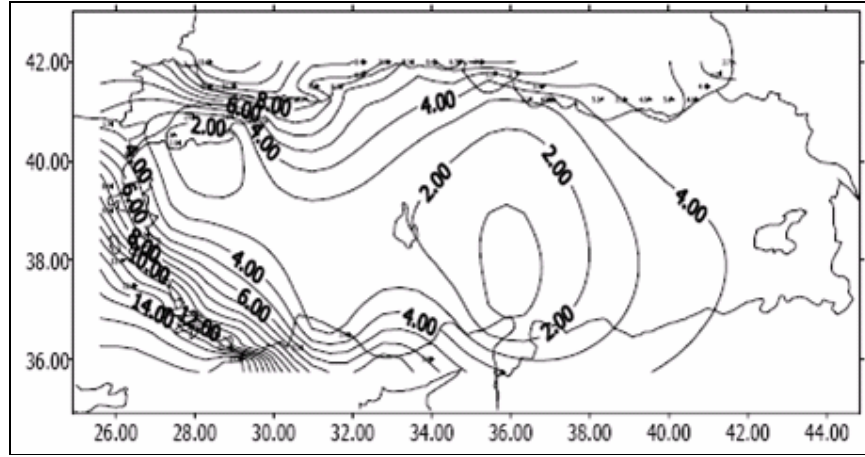
2.3.2 Türkiye'de Dalga Enerjisi Potansiyeli

NATO TU WAVE projesi sonucunda oluşturulan "Türk Kıyı Rüzgarları ve Derin Dalga Atlası" verilerinden yararlanarak yaklaşık belirgin dalga yüksekliği (H) ve dalga periyodu (T) değerleri ile minimum enerji akışı için aylık ortalama, maksimum enerji akışı için aylık ortalamaların matematik ortalaması ve en büyük değerlerin en düşük olan değerleri kullanılarak hesaplanan Türk sularının kullanıma hazır yaklaşık azami ve asgari Dalga Enerji seviyeleri Şekil 2.5 ve 2.6'da verilmiştir (Sağlam ve Uyar 2005).

Karadeniz'in diğer denizlere göre daha dalgalı olduğu iddialarının aksine, güneybatı Anadolu yönünde hakim olan Ege Denizi ve Akdeniz üzerindeki rüzgar potansiyeli 4-17 kW/m'lik yıllık ortalama dalga gücünde bir yoğunlaşmaya neden olur.



Şekil 2.5 Aşgari dalga enerji seviyeleri (Sağlam ve Uyar 2005).



Şekil 2.6 Azami dalga enerji seviyeleri (Sağlam ve Uyar 2005).

Dalga enerjisinden yararlanmak, daha doğrusu çalışmalara başlamak için en uygun yer İzmir-Antalya arası veya tam olarak belirtmek gerekirse Dalaman-Finike arasına tekabül eden denizlerdir (Sağlam ve Uyar 2005). Bölgesel ortalama dalga yoğunlukları Çizelge 2.1’ de gösterilmektedir;

Çizelge 2.1 Bölgesel ortalama dalga yoğunlukları (Sağlam ve Uyar 2005).

Bölge	Güç
Karadeniz	1.96–4.22 kWh/m
Marmara Denizi	0.31–0.69 kWh/m
Ege Denizi	2.86–8.75 kWh/m
Akdeniz	2.59–8.26 kWh/m
İzmir-Antalya	3.91–12.05 kWh/m

Derin sulardaki toplam ortalama dalga enerji kaynakları, Türkiye kıyı şeridi boyunca dalga güçlerinin birleştirilmesiyle değerlendirilebilir. Eğer gemi rotaları, denizaltı tatbikat sahaları, Marmara Denizi'nin kıyı yerleşim yerleri, vb. dışarıda bırakılır, dalga gücü düzeyleri ticari tüketim için düşük olan Anadolu'nun kuzeydoğusundaki ve güneyindeki dalga kaynaklarının pek çoğu göz ardı edilirse, Türkiye'nin toplam kıyı uzunluğunun (8210 km) beşte biri kadarının denizden dalga enerjisi elde etmede kullanılabilmesi varsayılabilir. Sadece bir seri/dizi küçük ölçekli dönüştürücüden, yıllık 4-17 kW/m arasında dalga gücü olan sularda, toplam yaklaşık en az 10 TWh/yıl enerji elde edilebilir. Bu, ekonomik olarak üretilebilir Türkiye Hidroelektrik enerji potansiyelinin %12,5'idir. Ayrıca; Türkiye kıyılarının 1/5'inden yararlanarak sağlanabilecek dalga enerjisi teknik potansiyeli, 18.5 milyar kWh olarak tahmin edilmektedir. Bu da enerji ihtiyacımızın yaklaşık %13'ü dolayındadır (Sağlam ve Uyar 2005).

2.3.3 Dalga Enerjisinin Olumlu Yönleri

İlk enerjiye bedel ödenmez, temiz, sınırsız ve ucuz enerji üretir. İlk yatırımından başka hiçbir girdisi yoktur. Öngörülen enerji ihtiyacına göre boyutlandırılır. Büyük dalga boyutu maliyeti düşürür. Deniz üzerinde kurulduğu için, tarım arazilerini yok etmez. İleri teknoloji gerektiren, politik baskı ve ambargo malzemesi olabilecek, hiçbir girdisi yoktur. Tamamen yerli teknoloji ve yerli imalattır. Her zaman kesintisiz ve kaliteli enerji üretir. Dalgalardan elde edilen Ucuz Elektrik Enerjisi, yoğun nüfuslu büyük şehirlerimizde ısınma amaçlı kullanılacağından, soluduğumuz havanın kalitesini yükseltecektir (URL-5 2009).

2.4 GÜNEŞ ENERJİSİ

Dünyanın en önemli enerji kaynağı güneştir. Güneşin ısıtım enerjisi, yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkileyen başlıca enerji kaynağıdır. Dünyadaki madde ve enerji akışları güneş enerjisi sayesinde mümkün olabilmektedir. Rüzgâr, deniz dalgası, okyanusta sıcaklık farkı ve biyokütle enerjileri, güneş enerjisini değişim geçirmiş biçimleridir. Güneş enerjisi, doğadaki su döngüsünün gerçekleşmesinde de rol oynayarak, akarsu gücünü yaratmaktadır. Fosil yakıtların da, biyokütle niteliğindeki materyallerde birikmiş güneş enerjisi olduğu kabul edilmektedir.

Doğal enerji kaynaklarının pek çoğunun kökeni olan güneş enerjisinden, ısıtma ve elektrik elde etme gibi amaçlarla doğrudan yararlanılmaktadır. Güneş enerjisi çevre açısından temiz

bir kaynak özelliği taşıdığından da fosil yakıtlara alternatif olmaktadır. Yeryüzüne her sene düşen güneş ısınım enerjisi, yeryüzünde şimdiye kadar belirlenmiş olan fosil yakıt haznelerinin yaklaşık 160 katı kadardır.

Ayrıca yeryüzünde fosil, nükleer ve hidroelektrik tesislerinin bir yılda üreteceğinden 15.000 kat kadar daha fazladır. Bu bakımdan güneş enerjisinin bulunması sorun değildir. Asıl sorun bunun insan faaliyetlerine uygun kullanılabilir bir enerji türüne dönüştürülebilmesindedir. (Varınca ve Gönüllü 2006).

2.4.1 Güneş Enerji Sistemleri

Yüzeyine gelen güneş ışığından ısı ve elektrik üreten güneş enerjisi teknolojileri; tasarım, uygulama alanı, teknoloji düzeyi vb. bakımından büyük çeşitlilik göstermekle birlikte güneş enerjisi uygulamaları esas olarak termal sistemler ve fotovoltaik sistemler olarak iki gruba ayrılabilir (Yılmaz 1995).

1. Termodinamik Sistemler

- Güneş Kolektörlü Sıcak Su Sistemleri
- Güneş Havuzlan
- Güneş Bacaları

2. Fotovoltaik Sistemler

- Parabolik Oluk Kolektörler
- Parabolik Çanak Sistemler
- Merkezi Alıcı Sistemler
- Güneş Pilleri

2.4.2 Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Güneşten dünyaya saniyede yaklaşık olarak 170 milyon MW enerji gelmektedir. Türkiye’nin yıllık enerji üretiminin 100 milyon MW olduğu düşünülürse bir saniyede dünyaya gelen güneş enerjisi, Türkiye’nin enerji üretiminin 1.700 katıdır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966–1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ısınım şiddeti verilerinden yararlanarak (EİE) tarafından yapılan çalışmaya

göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ısınım şiddeti 1.311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Türkiye, 110 gün gibi yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir ve gerekli yatırımların yapılması halinde Türkiye yılda birim metre karesinden ortalama olarak 1.100 kWh'lik güneş enerjisi üretebilir. Çizelge 2.2'de Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri aylara göre dağılımı verilmiştir (URL-6 2009).

Çizelge 2.2 Türkiye'nin toplam Güneş enerjisi potansiyelinin aylara göre dağılımı (URL-6 2009).

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi		Güneşlenme Süresi (saat)
	(kcal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	
Ocak	4,45	51.75	103
Şubat	5,44	63.27	115
Mart	8,31	96.65	165
Nisan	10,51	122.23	197
Mayıs	13,23	153.86	273
Haziran	14,51	168.75	325
Temmuz	15,08	175.38	365
Ağustos	13,62	158.40	343
Eylül	10,60	123.28	280
Ekim	7,73	89.90	214
Kasım	5,23	60.82	157
Aralık	4,03	46.87	103
Toplam	112,74	1311	2640
Ortalama	308,0 cal/cm ² -gün	3.6 kWh/m ² -gün	7.2 saat/gün

2.4.3 Güneş Enerjisinin Olumlu Yönleri

Güneş enerjisi yeni ve yenilenebilir bir enerji kaynağı oluşu yanında insanlık için önemli bir sorun olan çevreyi kirletici atıkların bulunmayışı, yerel olarak uygulanabilmesi, dışa bağımlı olmaması, karmaşık bir teknoloji gerektirmemesi ve işletme masraflarının az olması gibi üstünlükleri sebebiyle son yıllarda üzerinde yoğun çalışmalar yapıldığı bir konu olmuştur.

Güneş daha milyonlarca yıl ışımasını sürdüreceğinden dünyamız için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi geniş bir coğrafi dağılıma sahip bir enerji kaynağıdır. Coğrafi olarak 36-42 kuzey enlemleri arasında bulunan Türkiye, güneş kuşağı içindedir.

Yakıt sorununun olmaması, işletme kolaylığı, mekanik yıpranma olmaması, modüler olması, çok kısa zamanda devreye alınabilmesi (azami bir yıl), uzun yıllar sorunsuz olarak çalışması, temiz bir enerji kaynağı olması, vb gibi nedenlerle dünya genelinde fotovoltaik elektrik enerjisi kullanımı sürekli artmaktadır. Avrupa Topluluğu 2010 yılında fotovoltaik elektriğin elektrik üretimi içindeki payının %0,1 olmasını hedeflemiştir (DPT 2001).

2.4.4 Güneş Enerjisinin Olumsuz Yönleri

Birim düzleme gelen güneş ışınımı az olduğundan büyük yüzeylere ihtiyaç duyulmaktadır. Güneş ışınımı sabit ve sürekli olmadığından depolama gerekmektedir. Depolama imkânları ise sınırlıdır. Enerji ihtiyacının fazla olduğu kış aylarında güneş ışınımı az ve geceleri de hiç yoktur. Güneş ışınımından yararlanan birçok tesisatın ilk yatırım masrafları fazladır ve henüz tam da ekonomik değildir. Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevresinin açık olması gölgelenmemesi de gerekmektedir (Bilir 2004).

2.5 HİDROJEN ENERJİSİ

Tüm gezegen ve dünyamızda bile en fazla bulunan kimyasal element hidrojendir. Hidrojen 1500'li yıllarda keşfedilmiş, 1700'lü yıllarda yanabilme özelliğinin farkına varılmış, evrenin en basit ve en çok bulunan elementi olup, renksiz, kokusuz, havadan 14,4 kez daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır. $-252,77^{\circ}\text{C}$ 'da sıvı hale getirilebilir. Sıvı hidrojenin hacmi gaz halindeki hacminin sadece 1/700'ü kadardır. Hidrojen bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir. 1 kg hidrojen 2,1 kg doğal gaz veya 2,8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir. Hidrojen doğada serbest halde bulunmaz, bileşikler halinde bulunur. En çok bilinen bileşiği ise sudur. Isı ve patlama enerjisi gerektiren her alanda kullanımı temiz ve kolay olan hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere atılan ürün sadece su veya su buharı olmaktadır. Hidrojen petrol yakıtlarına göre ortalama 1,33 kat daha verimli bir yakıttır (Akdoğan 2006).

2.5.1 Hidrojenin Üretiminde Kullanılan Yöntemler

Hidrojenin ucuz ve tükenmeyen bir kaynaktan üretilmesi gerekir. Bunun için en iyi kaynaktan tabii ki sudur. Suyun bozunması sonucunda hidrojen elde etmek için kullanılan ve üzerinde çalışılan başlıca yöntemler şunlardır (Koca 1998).

1. Elektroliz
2. Magnetoliz
3. Termal Yaklaşımlar
 - Suyun Direkt Bozunması
 - Suyun Katalitik Bozunması
 - Magmaliz
4. Güneş Enerjisi Kullanımı
 - Suyun Işığa Duyarlı Boyar Maddeler Yardımıyla Bozunması
 - Foto Elektroliz
 - Işık Yardımıyla Elektroliz
 - Fotovoltaik Elektroliz
 - Özel Yarı İletken Sistemler
 - Biyofotoliz
5. Radyoliz

2.5.2 Hidrojenin Taşınması

Hidrojen gazı, doğal gaz veya hava gazına benzer olarak borular aracılığıyla her yere kolaylıkla ve güvenli olarak taşınabilmektedir. Hidrojen boru ile taşınmasına, Texas'da petrol sanayi tarafından kullanılmakta olan ve 80 km uzunluğuna sahip boru şebekesi ile Almanya'da Ruhr havzasında 1938 yılında işletmeye açılan ve bugün 15 atmosfer basınç altında hidrojen taşımaya devam eden 204 km'lik boru hattı örnek olarak gösterilebilir.

Basıncılı hidrojenin, çelik tüpler içine yerleştirilerek taşınması, bu güne kadar geliştiren birçok deneme amaçlı hidrojenle çalışan taşıtta kullanılan yöntem olmuştur. Burada görülen en büyük sorun çelik tüplerin kendi ağırlıklarıdır. Benzinli bir otomobil ortalama olarak 65 litre (47 kg) benzin almakta olup, bu da enerji olarak 17 kg hidrojene karşılık gelmektedir. Hidrojeni sıvı olarak depolamak ağırlık sorununu çözmekle birlikte, tank hacmi ve maliyet

artmaktadır. Diğer bir sorun ise, hidrojenin gaz haline geçmesi ile oluşan kayıplar ve yakıt ikmali zorluğudur (URL-7 2009).

2.5.3 Hidrojenin Depolanması

Hidrojen gaz veya sıvı olarak saf halde tanklarda depolanabileceği gibi, fiziksel olarak karbon nano tüplerde veya kimyasal olarak hidrür şeklinde depolanabilmektedir.

Hidrojen uygun nitelikli çelik tanklarda gaz veya sıvı olarak depolanabilir. Ancak gaz olarak depolamada yüksek basınç nedeniyle tank ağırlıkları problem yaratmaktadır. Hidrojen gazını depolamanın belki de en ucuz yöntemi, doğal gaza benzer şekilde yer altında, tükenmiş petrol veya doğal gaz rezervuarlarında depolamaktır. Maliyeti biraz yüksek olan bir depolama şekli ise maden ocaklarındaki mağaralarda saklamaktır.

Hidrojen petrole göre 4 kat fazla hacim kaplar; hidrojenin kapladığı hacmi küçültmek için hidrojeni sıvı halde depolamak gereklidir. Bunun için de yüksek basınç ve soğutma işlemine ihtiyaç vardır.

Sıvılaştırılmış hidrojen yüksek basınç altında çelik tüpler içinde depolanabilir. Bu yöntem orta veya küçük ölçekte depolama için en çok kullanılan yöntemdir. Ancak büyük miktarlar için oldukça pahalı bir yöntemdir. Çünkü hidrojen enerjisinin yaklaşık 1/4'ü sıvılaştırma işlemi için harcanmalıdır. Bir diğer pratik çözüm ise, sıvı hidrojenin düşük sıcaklıktaki tanklarda saklanmasıdır.

Uzay programlarında, roket yakıtı olarak sürekli şekilde kullanılan sıvı hidrojen bu yöntemle depolanmaktadır. Dünyadaki en büyük sıvı hidrojen tankı, Kennedy Uzay Merkezinde olup 3400 m³ sıvı hidrojen alabilmektedir. Bu miktar hidrojenin yakıt olarak değeri 29 milyon Mega Jule veya 8 milyon kWh' ye karşılık gelmektedir (URL-8 2009).

2.5.4 Türkiye'de Hidrojen Enerjisi Potansiyeli

Türkiye'nin 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı Genel Enerji Özel İhtisas Komisyonu Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Raporu'nda, hidrojen teknolojisine değinilmekle birlikte, resmileşen kalkınma planında hidrojen enerjisinin adı geçmemektedir.

Türkiye'nin hidrojen üretimi açısından bir şansı, uzun bir kıyı şeridi olan Karadeniz'in tabanında kimyasal biçimde depolanmış hidrojen bulunmasıdır. Karadeniz'in suyunun %90' ı anaerobiktir ve hidrojen sülfid (H_2S) içermektedir. 1000 m derinlikte 8 ml.lt-1 olan H_2S konsantrasyonu, tabanda 13.5 ml.lt-1 düzeyine ulaşmaktadır. Elektroliz reaktörü ve oksidasyon reaktörü gibi iki reaktör kullanılarak, H_2S den hidrojen üretimi konusunda yapılmış teknolojik çalışmalar vardır. Bu konuda yapılmış bir diğer teknoloji geliştirme çalışması, semikondüktör partikülleri kullanarak fotokatalitik yöntemle hidrojen üretimidir. Güneş ve rüzgar enerjisinden yararlanarak, Karadeniz'in H_2S içeren suyundan hidrojen üretimi için literatüre geçmiş bilimsel araştırma olup, Bulgaristan proje geliştirmeye çalışmaktadır.

Teknolojik verilere ve Türkiye'nin enerji-ekonomi verilerine göre, 1995-2095 arasında güneş-hidrojen sistemi ile yapılabilecek yakıt üretimi ve bunun fosil yakıtlarla rekabet olanağı, özel bir simülasyon modeli kapsamında bilgisayar çözümleri ile araştırılmıştır. Bu ulusal modelde, hidrojen üretiminin artışı için yavaş ve hızlı olmak üzere iki ayrı seçenek alınmıştır. Her iki seçenekte de 2010-2015 döneminde hidrojen enerjisi maliyetinin fosil enerji maliyetinin altına düşebileceği, ancak yapılabilecek yerli hidrojen üretiminin 2.3 Mtep' in altında kalacağı görülmüştür.

2020-2025 döneminde yerli hidrojen üretiminin 10 Mtep'in üzerine çıkabileceği, 2015 yılından sonra fosil yakıt dışalımını azaltıcı etki yapacağı bulgulanmıştır. Giderek sağlanacak hidrojen üretimi artışıyla, yerli petrol, doğal gaz ve kömür üretiminin sıfırlanabileceği 2065 yılında, yaklaşık 290 Mtep hidrojen üretilebileceği görülmüştür.

Hidrojen üretimine bağlı biçimde ulusal kazancın artacağı saptanmıştır. Model bulguları, diğer bazı ülkeler ve dünya geneli için yapılmış benzer çalışmalara koşut durumdadır (URL-9 2009).

2.6 JEOTERMAL ENERJİ

Jeotermal enerji, yer kabuğunun işletilebilir derinliklerinde birikmiş olan ısının meydana getirdiği bir enerji türüdür. Yeraltına sızan sular burada gözenekli ve geçirimli özellikleri bulunan hazne kayalarda toplanır. Hazne kayalar üstünde geçirimsiz örtü kayalar vardır. Isı,, yerkabuğundaki kırık veya çatlaklarda dolaşan sular vasıtasıyla yeryüzüne aktarılır. Eğer

yerkabuğunda doğal su dolaşımını sağlayacak yeterli kırık yoksa ve ısı birikimi tespit edilirse, oluşturulacak yapay kırıklardan dolaştırılacak akışkanlardan enerji elde edilmesi mümkündür. Jeotermal enerji alanları, etkin depremlerin olduğu tektonik bakımdan aktif olan genç volkanların bulunduğu kuşaklardır. Yeryüzüne ulaşan buhar ve sıcak suyun içerdiği enerjiden ya doğrudan ya da başka enerji türlerine dönüştürülerek yararlanılmaktadır.

Jeotermal enerji kullanımındaki en büyük problem bu enerji kaynağının oldukça yayılmış bir karaktere sahip olmasıdır. Dünyadan uzaya yılda yaklaşık 4×10^{17} KJ jeotermal enerji yayılmaktadır. Eğer biz bu enerjiyi kullanabilseydik dünyanın tüm enerji ihtiyacını 20 kez karşılayabilirdik. Yalnız bu miktar tüm dünya yüzeyine yayıldığından metrekaşe başına sadece 0.063 W enerji düşer ki bu güneşten gelen enerjiden çok daha azdır. Eğer jeotermal enerji tüm yer kabuğuna eşit olarak dağılmış olsaydı, belki de faydalı enerji olarak kullanılma olasılığı olmayacaktı (URL-10 2009).

2.6.1 Jeotermal Enerjiden Elektrik Elde Etme Yöntemleri

Jeotermal enerjiden elektrik enerjisi üretiminde çeşitli santral tipleri kullanılmaktadır. Şu anda kullanılmakta olan jeotermal santral tiplerini şu şekilde sınıflandırmamız mümkündür (URL-10 2009).

- (a) Kuru Buharlı Jeotermal Santraller,
- (b) Buhar Ayırmalı (Tek faz dönüşümlü) Santraller,
- (c) Buhar Ayırma ve Su Buharlaştırılmalı (Çift Faz Dönüşümlü) Santraller,
- (d) Buhar Ayırma ve Çok Kademeli Su Buharlaştırılmalı (Çok faz dönüşümlü) Santraller,
- (e) Kuyudan Pompayla Jeotermal sıvı çekilen sıvı buharlaştırılmalı (tek faz dönüşümlü) santraller,
- (f) İkinci Bir Termodinamik Çevrim Sıvısı Kullanan (Bınarı Tipi) Santraller,
- (g) Hibrid Fosil /Jeotermal Santraller.

2.6.2 Türkiye’de Jeotermal Enerji Potansiyeli

Ülkemiz zengin jeotermal enerji kaynaklarına sahiptir ve jeotermal enerji potansiyeli yönünden dünyada 7. sıradadır. Bugüne kadar MTA tarafından 40 derecenin üzerinde

jeotermal akışkan içeren 170 adet jeotermal saha ortaya çıkarılmıştır. Bu sahaların %95' i düşük ve orta sıcaklıklı jeotermal sahalardır.

Türkiye'nin jeotermal potansiyeli 31.500 MWt olarak tahmin edilmektedir. Fakat bu büyük jeotermal enerji potansiyeline göre konut ısıtmacılığı, seracılık ve sağlık amaçlı kullanım olarak Türkiye'de toplam kurulu kapasite 867 MWt' dir. Ayrıca 20.4 MWe üretme gücüne sahip Kızıldere jeotermal sahasında 1985 yılından bu yana elektrik enerjisi üretimi sürmektedir. Aydın-Germencik, Aydın-Salavatlı ve Denizli-Tekkehamam sahasında ise elektrik üretimine yönelik çalışmalar devam etmektedir. Elektrik enerjisi üretiminin mümkün olmadığı sahalarda konut ısıtmacılığı ve endüstriyel kullanım son yıllarda giderek yaygınlaşmaktadır. Türkiye'de açılan toplam üretim kuyusu sayısının 400'ün üzerinde olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca 300 adet gradyan sondajı yapılmıştır (Toka 2006).

2.6.3 Jeotermal Enerjinin Avantaj ve Dezavantajları

Jeotermal Enerjinin avantajları; çevre dostu olması, suyun ısıtılması ve buharlaştırılması için fosil enerjiye ihtiyaç duymaması, doğal kaynakları kullanması ve dışa bağımlı olmamasıdır. Dezavantajları ise; yapılarında bulunan hidrojen sülfür ve karbondioksit gibi gazların açığa çıkması nedeniyle re enjeksiyonun gerekli olmasıdır (URL-10 2009).

2.7 NÜKLEER ENERJİ

Nükleer enerji ağır radyoaktif atomların bir nötronunun çarpması ile daha küçük atomlara bölünmesi (filyon) veya hafif radyoaktif atomların birleşerek daha ağır atomları oluşturması (füzyon) sonucu büyük miktarda açığa çıkan enerji olarak tanımlanır. Bir nükleer elektrik santralinin reaktörü, uranyum gibi fisyona uygun maddelerden oluşan nükleer yakıtın çekirdek bölünmesi sonucu açığa çıkan nükleer enerjisini, güvenli ve kontrollü bir biçimde ısı enerjisine dönüştüren bölümüdür.

Reaktörden elde edilen ısı enerjisi ile buhar elde edilmekte, herhangi bir termik santralde olduğu gibi buhar türbini ve jeneratör ikilisinden elektrik üretilmektedir. Filyon işlemi sırasında ortaya çıkan radyoaktivitenin, reaktör çalışanlarına ve çevreye zarar vermemesi için reaktör güvenliği kapsamında gerekli önlemler alınmaktadır (Akdoğan 2006).

2.7.1 Nükleer Santrallerin Sınıflandırılması

Bugün ticari üretim amacı ile geliştirilmiş bulunan iki tip nükleer reaktör olup, bunlar hafif su soğutmalı reaktörler ve ağır sulu reaktörlerdir. Hafif su soğutmalı reaktörlerin de basınç su ve kaynar su reaktörü olmak üzere iki değişik tipi bulunmaktadır. Nükleer santraller kullandıkları nükleer yakıt tiplerine göre; doğal uranyumlu, zenginleştirilmiş uranyumlu ve plütonyumlu olarak da ayrılır (URL-11 2009).

2.7.1.1 Basınçlı Su Reaktörü

Bu tür reaktörlerde korda üretilen enerji birincil devre soğutucu vasıtasıyla kordan çekilir. İkincil devrede buhar üreteçlerinden alınan buhar türbinlerinde genişletilerek jeneratörde elektrik üretilir. Reaktör kuru dayanıklı bir çelikten yapılmış silindirik bir basınç kabı içerisinde yerleştirilmiştir.

2.7.1.2 Kaynar Su Reaktörü

Kaynar su reaktörleri birçok yönden basınçlı su reaktörüne benzemekle birlikte, temel fark reaktör kuru içinde kaynama olayına izin verilmesidir. Kaynar tipi reaktörlerin diğer hafif sulu reaktörlere göre üstünlüğü reaktör kuru içinde doğrudan elde edilen buharın türbinlere gönderilmesidir.

2.7.1.3 Basınçlı Ağır Su Reaktörü

Basınçlı ağır su reaktörleri, basınçlı su reaktörleri ile benzer özellikler taşırlar. Ağır su reaktörü olarak adlandırılmalarının nedeni moderatör ve soğutucu için ağır su (D2O) kullanmalarındır.

2.7.2 Türkiye’de Nükleer Enerji

Türkiye’de devlet politikası olarak kararlı bir şekilde uygulamaya konmuş mevcut bir nükleer enerji politikasının bulunmadığı görülmektedir.

Türkiye’de ilk üç nükleer santral projesi başarısızlıkla sonuçlanmıştır. 5 yıllık kalkınma programlarında, yatırım programlarında pek çok kez yer almasına rağmen ticari nükleer santral projeleri kararlılıkla yürütülememiştir. Akkuyu sahası için yer lisansı almak için gerçekleştirilen çalışmalar dışındaki bütün çalışmalar ve bunlar için harcanan kaynaklar büyük ölçüde boşa gitmiştir (URL-17 2009).

Türkiye’de aramalar sonucunda 9129 ton uranyum bulunmuştur. Bulunan uranyum yataklarının yerleri Şekil 2.7’de verilmiştir.



Şekil 2.7 Türkiye’nin nükleer hammadde kaynakları (URL-17 2009).

Ülkemizde 2020 yılındaki elektrik talebi 544 milyar kWh olarak tahmin edilmekte ve bu da her geçen gün enerjide dışa bağımlılığın arttığını göstermektedir. İthal olunan enerji türlerinin çeşitlendirilmesi ithal güvencesi açısından gereklidir. Enerji açığının ithal edilen kömür ve doğal gaz ile kapatılması önemli mali problemleri ortaya çıkaracaktır. Bu nedenle nükleer enerji teknolojisi ülkemiz için zorunlu hale gelmiştir (DPT 2001).

2.7.3 Nükleer Enerjinin Avantaj ve Dezavantajları

Nükleer Enerjinin avantajları şunlardır: Potansiyel rezervleri yüksektir. Bugünkü rezervlerin nükleer santralleri 150 yıl besleyebileceği hesaplanmıştır. Hammadde hacmine göre çok

yüksek miktarda enerji sağlar. 1 kg kömürden 3 kWh, 1 kg petrolden 4 kWh elektrik enerjisi üretilmekteyken 1 kg uranyumdan 50.000 kWh elektrik enerjisi üretilmektedir. Hammadde maliyet fiyatları çok düşüktür. Çünkü enerji üretiminde çok az miktarda hammadde kullanılmaktadır. Nükleer santraller diğer santrallere göre daha az arazi kullanır. Nükleer atıkların geri dönüşümü söz konusudur. İleri teknolojilerde yeniden işleme ile yanmış yakıtın içinde kalan fosil malzeme (uranyum, plutonyum) fisyon ürünlerinden ayrılıp yakıt üretiminde kullanılabilir. Nükleer enerjide yakıtın on yıl depolanma kolaylığı vardır. Dolayısıyla dışı bağımlılığı azaltma imkanı bulunmaktadır. Nükleer silah üretmek için bir nükleer santrale ihtiyaç yoktur. Başka bir anlatımla Nükleer santraller nükleer silah yapımı için uygun tesisler değildir.

Dezavantajları ise şunlardır: Radyoaktivite nedeniyle gerek üretimden önce, üretim aşamasında ve gerekse atıklar nedeniyle tehlike arz eder. Atıklar zehirliliğinin %99'unu 600 yıl sonra kaybetmektedir. Uranyum madeni hacimce hafif olmasına karşılık, çıkarım esnasında çok fazla arazi işlendiği için dev miktarlarda atık madde ortaya çıkar. Örnek olarak 1 ton uranyum elde edilmesinden sonra geriye 20 bin ton atık madde kalır. Kullanılmış yakıtın reaktörlerden alınarak işleme tesislerine ve çıkan yüksek seviyeli atığın ise gömülmesi için taşınması gerekmektedir. Bu esnada da potansiyel tehlike söz konusudur. Öte yandan ticari nükleer reaktör atıklarının nihai depolanması uygulamaya geçmemiştir. Santralleri belirli coğrafi özellik taşıyan yerlerde kurulmak zorundadırlar. Hammaddenin yer seçiminde önemi yoktur. Bu konuda asıl önemli olan pazar ve soğutma suyuna yakınlıktır. Bu nedenle deniz ve göl kıyıları, haliçler, büyük akarsu kıyıları uygun coğrafi mekanlardır. Pazar konusunda ise sanayi bölgelerine yakınlık önemlidir. Nükleer santrallerde kaza riski yüksektir. Risk doğal afetlerle daha da artar. Bu nedenle deprem, heyelanlar, çığ düşmeleri gibi doğal afetler santrallerin yer seçiminde dikkate alınması gerekir. Ayrıca nükleer santraller büyük kentler ve yoğun nüfuslu bölgelerden uzak konumlara kurulmalıdırlar. Teknik arızalar nedeniyle radyoaktif kirleticiler çevreye ve havaya yayılmak suretiyle büyük zararlara yol açarlar. Bu konuda bir çok örnek bulunmaktadır.

Nükleer güç insanlık için çok büyük tehlikedir. Atom, hidrojen ve nötron bombaları sırasıyla yakıcı etkileri artacak şekilde hep bu gücün eseridir. Tesisin çok büyük olacak ağırlığını çekebilecek temellere oturtulması gerekir. Dolayısıyla zemin tabiatı yer seçimini etkileyebileceği gibi, tesisin kuruluşu esnasında getirilecek parçalar için deniz ulaşımı tercih edilir (Temurçin ve Aliagaoglu 2003).

2.8 RÜZGAR ENERJİSİ

Rüzgar, güneş enerjisinin dünyanın oldukça değişken olan yüzeyini eşit ısıtmamasından kaynaklanan sıcaklık, yoğunluk ve basınç farklarından dolayı oluşan yatay hava hareketleri olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak rüzgarlar, dünya ölçeğinde, kıtalar, ülkeler ve yerel ölçekler ile mikro (çok küçük) ölçeklerde ortaya çıkabilirler. Rüzgar özellikle basınç gradyanının yüksek olduğu yerlerde, yüksek, engebesiz tepe ve vadilerde, güçlü jeostrofik rüzgarların etkisi altında kalan bölgelerde, jeostrofik rüzgar ve termal etkileşimlerin meydana geldiği kıyı şeritlerinde, kanal etkilerin meydana geldiği dağ dizileri, vadiler ve tepelerde meydana gelir. Rüzgar enerjisi ise hava kitlesinin sahip olduğu kinetik enerjinin mekanik enerjiye dönüştürülmesi ile oluşur. Rüzgar enerjisi, dönüşüme uğramış güneş enerjisidir. Rüzgar enerjisini yeryüzünün engebeliliği, rüzgar engelleri, park etkisi olumsuz yönde etkilerken, tünel ve tepe etkileri olumlu yönde etkilemektedir (Şen 2002).

2.8.1 Rüzgar Türbinleri ve Çeşitleri

Rüzgar türbinleri, atmosferdeki sıcaklık ve basınç farkından oluşan rüzgarın kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürün mekanizmalarıdır. Tarih boyunca çeşitli evrimler geçiren rüzgar makinelerinde kullanılan türbinler farklı tiplerdedir. Şimdiye kadar değişik nitelikte ve tipte geliştiren bu RT'ler dönme eksenine göre üç gruba ayrılırlar (Kültür 2004).

1- Yatay eksenli rüzgar türbinleri: Bu türbinlerde; dönme eksenini rüzgar yönüne paralel, kanatlar rüzgar yönüne diktir. Bu türbinlerde rotor kanatların sayısı azaldıkça rotor daha hızlı dönmektedir. Bu türbinlerin verimi yaklaşık %45'dir. Yatay eksenli rüzgar türbinleri kendi arasında 6'ya ayrılır (Nurbay ve Çınar 2005).

- Rüzgarı Önden Alan Makineler
- Rüzgarı Arkadan Alan Makineler
- Tek Kanatlı Rüzgar Türbinleri
- Çift Kanatlı Rüzgar Türbinleri
- Üç Kanatlı Rüzgar Türbinleri
- Çok Kanatlı Rüzgar Türbinleri

2- Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri: Dönme eksenleri rüzgar yönüne dik ve düşey olan bu türbinlerin kanatları da düşeydir. DERT rüzgarı her yönden kabul edebilme üstünlüğüne sahiptir. Bu türbinler rüzgarı sürükler veya kaldırır. İlk harekete geçişleri güvenilir değildir. Bu türbinlerin verimi yaklaşık %35'dir. Düşey eksenli rüzgar türbinleri kendi arasında 3'e ayrılır (Nurbay ve Çınar 2005).

- Savonius Rüzgar Türbinleri
- Darrieus Rüzgar Türbinleri
- H-Darrieus Rüzgar Türbinleri

3- Eğik Eksenli Rüzgar Türbinleri: Dönme eksenleri düşeyle, rüzgar yönünde bir açı yapan RT'lerdir. Bu tip türbinlerin kanatları ile dönme eksenleri arasında belirli bir açı bulunmaktadır (Nurbay ve Çınar 2005).

2.8.2 Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Türkiye'nin teknik rüzgâr enerjisi potansiyeli 83,000 MW'dir. Bu potansiyel teorik olarak Türkiye'nin elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilecek yeterlilikte olmakla birlikte, bir an önce kullanılması gereken önemli bir değer olduğunu da göstermektedir.

Rüzgar potansiyeli bakımından zengin olan bölgelerimiz Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz kıyılarıdır. Elektrik İşleri Etüd İdaresi tarafından hazırlanan "Türkiye Rüzgar Atlası"na göre yerleşim alanları dışında 50 m yükseklikteki rüzgar hızları, Marmara, Batı Karadeniz, Doğu Karadeniz kıyılarında 6,0–7,0 m/sn, iç kesimlerde ise 5,5–6,5 m/sn civarında, Batı Akdeniz kıyılarında 5,0–6,0 m/sn iç kesimlerde 4,5–5,5 m/sn, Kuzey-Batı Ege de ise kıyılarda 7,0–8,5 m/sn, iç kesimlerde ise 6,5–7,0 m/sn'dir. ABD'nin uzay çalışmaları ile saptadığı meteorolojik veriler, Türkiye'nin rüzgar enerjisi bakımından zengin olduğunu göstermektedir. Türkiye'nin bulunduğu coğrafi yöreye bağlı olarak komşu ülkelerde ve bölge ülkelerinde yapılmış ölçüm verileri de bu bulguyu desteklemektedir (DPT 2001).

Türkiye'de 2004 yılı verilerine göre 20,6 MW olan ve tahmin edilen ekonomik potansiyelin sadece %0,21'ine karşılık gelen kurulu rüzgar gücü, lisans almış projeler bitirildiğinde

%14,28'e ulaşacak ve bugünkü toplam elektrik üretiminin %3,3'ü rüzgardan sağlanabilecektir (Güler 2005).

Ayrıca Türkiye'de Avrupa ülkelerine oranla rüzgar türbinlerinin kurulabilmesi için yeterli elverişli alan mevcuttur. Genel bir fikir vermek amacıyla şöyle bir hesap yapılabilir: 1 MW'lık üniteler ele alınırsa, direklerin 60 metre yüksekliğinde 70 ton ağırlıkta, kanatların 60 metre çapında, temel ise 200 metre küp beton 20 ton demir olacağı kabul edilebilir. Avrupa'nın hiçbir ülkesinde Türkiye kadar direk dikilebilecek bol ve elverişli alanı olan bir ülke yoktur.

Avrupa ülkeleri denize dikme yollarını araştırmaktadırlar. Türkiye'nin 2023 yılına kadar rüzgardan elektrik üretmek için 100,000 adet direk monte edilebilecek yeri ve yılda 200 milyar kWh üretimin üstünde bir teorik kapasiteye sahiptir. Teorik hesaplamalara göre 2023 yılında Türkiye yılda 600 milyar kWh elektrik kullanacağına göre; Türkiye Cumhuriyetin 100. Yılında elektrik enerjisi ihtiyacının 1/3 kısmı ham madde ödemesi olmayan rüzgardan temin edilebilecektir (TÜSİAD 1998).

2.8.3 Rüzgar Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları

Rüzgar Enerjisinin avantajlarını; atmosferi kirletici etkiye sahip gazların salınmaması, temiz bir enerji kaynağı olması, kaynağının tükenmemesi (güneş, dünya ve atmosfer olduğu süreç), rüzgar tesislerinin kurulumu ve işletilmesinin diğer tesislere göre daha kolay olması, enerji üretim maliyetlerinin düşük olması, güvenilirliğinin artması, bölgesel olması ve dolayısıyla kişilerin kendi elektriğini üretebilmesi olarak sıralayabiliriz.

Rüzgar Enerjisinin dezavantajlarını ise; rüzgarın sürekliliği olmadığı için enerji üretim değerinin sabit olmaması, rüzgar türbinlerinin büyük alan kaplaması, gürültü kirliliği oluşturması, fosil ve nükleer yakıtlardan elde edilen enerjiye oranla enerji üretiminin düşük olması, yatırım maliyetlerinin yüksek olması, kullanım ömrü dolan kompozit parçaların doğada geri dönüştürülmesinin mümkün olmaması, diğer tip enerji üretim tesislerine göre daha fazla dinamik parça barındırması dolayısıyla işletme risklerinin daha fazla olması gibi sıralayabiliriz (URL-13 2009).

2.9 TERMİK ENERJİ

Bir maddenin moleküllerinin başka bir madde molekülleri ile yaptığı reaksiyon sonucu ortaya çıkan ısı enerjisine denilir. Bir malzemenin yanması olarak bilinen bu olguyu kimyasal enerji olarak da tanımlayabiliriz. Bunun en temel örneği yanan odun, kömür, petrol gibi fosil yakıtlar, kağıt vb. gibi birçok malzemelerdeki molekül ile havadaki oksijen molekülünün birleşerek ortaya çıkardığı ısı enerjisidir.

Uzmanlar bunu termik enerji olarak isimlendirmektedir. Termik enerji uygulamada termik santrallerdeki türbinlerin döndürülmesi ile elektrik enerjisi üretmede kullanılır. Petrolün işlenmesi sonucu ortaya çıkan benzin, mazot, fueloil ve motorin termik santrallerde yakıt olarak kullanılmaktadır. Bazı bölgelerde topraktan çıkan sıcak ve kızgın buhar ile yine topraktan çıkan yer gazı termik kaynak olarak elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır.

2.9.1 Türkiye’de Termik Enerji Potansiyeli

Türkiye’nin çok sınırlı doğal gaz ve petrol üretimine karşın yaklaşık 8,3 milyar tonluk bir linyit rezervi bulunmaktadır. Bu linyit rezervinin yaklaşık %40’ına karşılık gelen 3,4 milyar tonluk bölümü Afşin-Elbistan havzasında bulunmaktadır. TPAO, Türkiye ham petrol ihtiyacının % 6’sını, doğal gaz ihtiyacının ise, % 4’ünü karşılamaktadır. Türkiye’nin toplam Taşkömürü jeolojik rezervi 1200 m derinliklere kadar 1,354 milyar ton olup bunun 560,6 milyar tonluk kısmı görünür rezervdir (URL-14 2008).

2.9.2 Termik Enerjinin Avantaj ve Dezavantajları

Termik Enerjinin avantajları; kalitesiz linyit kömürü, kömür tozları ve yakılması güç fuel-oil kullanılabilirdiği için ekonomiktir, yakıtın taşınabilirdiği her yere kurulabilir ve kuruluş masrafları azdır. Dezavantajları ise; çok aşırı toprak, su ve hava kirliliğine neden olurlar.

2.10 HİDROELEKTRİK ENERJİ

Hidroelektrik enerji suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile sağlanan enerji olup, enerji miktarı düşü ve debi değişkenlerine bağlıdır. Belli bir düşü altında cebri boru ile türbine gelen suyun potansiyel enerjisi türbinde kinetik enerjiye ve türbinle bağlantılı

jeneratörde elektrik enerjisine dönüşmektedir. Hidroelektrik enerji dünya üzerinde yenilenebilir enerji türlerinin en yaygın olanıdır. Hidroelektrik enerji Türkiye'nin de en önemli yenilenebilir enerji kaynağını oluşturmaktadır.

Ülkemizdeki mevcut yağış miktarı ve akarsularımızın durumu göz önüne alındığında bu enerji kaynağından güvenilir olarak tam kapasite ile yararlanma oranımız % 65 olabilecektir. Gelişmiş ülkelerin potansiyelleri büyük ölçüde değerlendirmiş olmalarına karşı, Türkiye'de işletmeye açılan tesislerle söz konusu potansiyelin ancak % 34 'lük bölümü hizmete sunulmuş durumdadır (Şen 2002).

2.10.1 Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması

Hidroelektrik santraller, düşülerine göre, ürettikleri enerjinin karakter ve değerine göre, kapasitelerine göre, yapılarına göre, üzerinde kuruldukları suyun özelliklerine göre olmak üzere beş kısımda incelenebilir. Çizelge 2.3 de hidroelektrik santrallerin sınıflandırılması verilmiştir (Akdoğan 2006).

Çizelge 2.3 Hidroelektrik santrallerin sınıflandırılması (Akdoğan 2006).

Düşülerine Göre (m)	Ürettikleri Enerjinin Özellik ve	Kapasitelerine Göre (kw)	Yapılarına Göre	Üzerinde Kuruldukları Suyun
Alçak Düşülü Santraller H< 15	Baz Santraller	Küçük Santraller <99	Yer Altı Santrali	Nehir Santraller
Orta Düşülü Santraller 15<H<50		Düşük Santraller 100-999	Yarı Gömülü veya Batık Santraller	Kanal Santraller
Yüksek Düşülü Santraller H > 50	Pik Santraller	Orta Santraller 1000-9999	Yer Üstü Santrali	Baraj Santraller
		Yüksek Santraller >10000		Pompaj Rezervuarlı Santraller

2.10.1.1 Düşülerine Göre

1. Alçak Düşülü Santraller: $H < 15$ m

Genellikle debisi büyük, düz arazilerde akan, yatak eğimi az nehirler üzerinde kurulan ve çoğunlukla Kaplan türbini kullanılan santrallerdir.

2. Orta Düşülü Santraller: $15m < H < 50$ m

Çeşitli debilerdeki nehirler üzerinde kurulan Kaplan veya Francis türbini kullanılan santrallerdir. Bu santrallerin uzunca bir cebri boru sistemi yoktur.

3. Yüksek Düşülü Santraller: $H > 50$ m

Genellikle engebeli veya dağlık araziden akan nehirler veya barajlar üzerinde kurulan santrallerdir. Debiler değişken olup bir yaklaşım kanalı veya tüneli ile bir cebri borsu vardır. Francis veya Pelton türbinleri ile donatılmışlardır.

2.10.1.2 Ürettikleri Enerjinin Karakter ve Değerine Göre

1. Baz Santraller: Devamlı olarak enerji üreten santrallerdir.

2. Pik Santraller: Enerjinin en çok ihtiyaç duyulduğu sürelerde çalışan santrallerdir.

2.10.1.3 Kapasitelerine Göre

1. Küçük Kapasiteli Santraller: 99 kW 'a kadar olan santraller

2. Düşük Kapasiteli Santraller: 100 kW - 999 kW arası olan santraller

3. Orta Kapasiteli Santraller: 1000 kW - 9999 kW arası olan santraller

4. Yüksek Kapasiteli Santraller: 10000 kW ve daha fazla olan santraller

2.10.1.4 Yapılışlarına Göre

1. Yer Altı Santrali: Topoğrafik, jeolojik, ekonomik veya emniyet nedenleri ile santrali yeraltında yapmak icap edebilir.

2. Yarı Gömülü veya Batık Santraller: Santral dar veya kayalık bir vadide yapılacaksa ve açıkta yer yoksa santralin yansı yeraltında, yarısı açıkta yapılabilir.

3. Yer Üstü Santrali: Jeneratör katı ve üst yapı yer üstünde olan santraldir.

2.10.1.5 Üzerinde Kuruldukları Suyun Özelliklerine Göre

1. Nehir Santraller: Nehir tabanı yeterince geniş ise bütün yapı bu genişliğe yerleştirilir, değilse o kesit kazılarak genişletilir ve bütün tesisler aynı en kesit üzerine yerleştirilir. Nehir santral yapılan; regülatör ve ilgili yapılar (nehir nakil araçları geçiş yeri, tomruk yolu, balık geçiş yeri) eşik, ızgara, perde ve benzeri duvar, servis köprüsü, dalgıç perde, giriş yapısı ve bölme ayaklan, santral binası, kuyruk suyu kanalı, istinat duvarlarından ibarettir. Şekil 2.8 ve 2.9'da nehir santrali şeması gösterilmiştir.

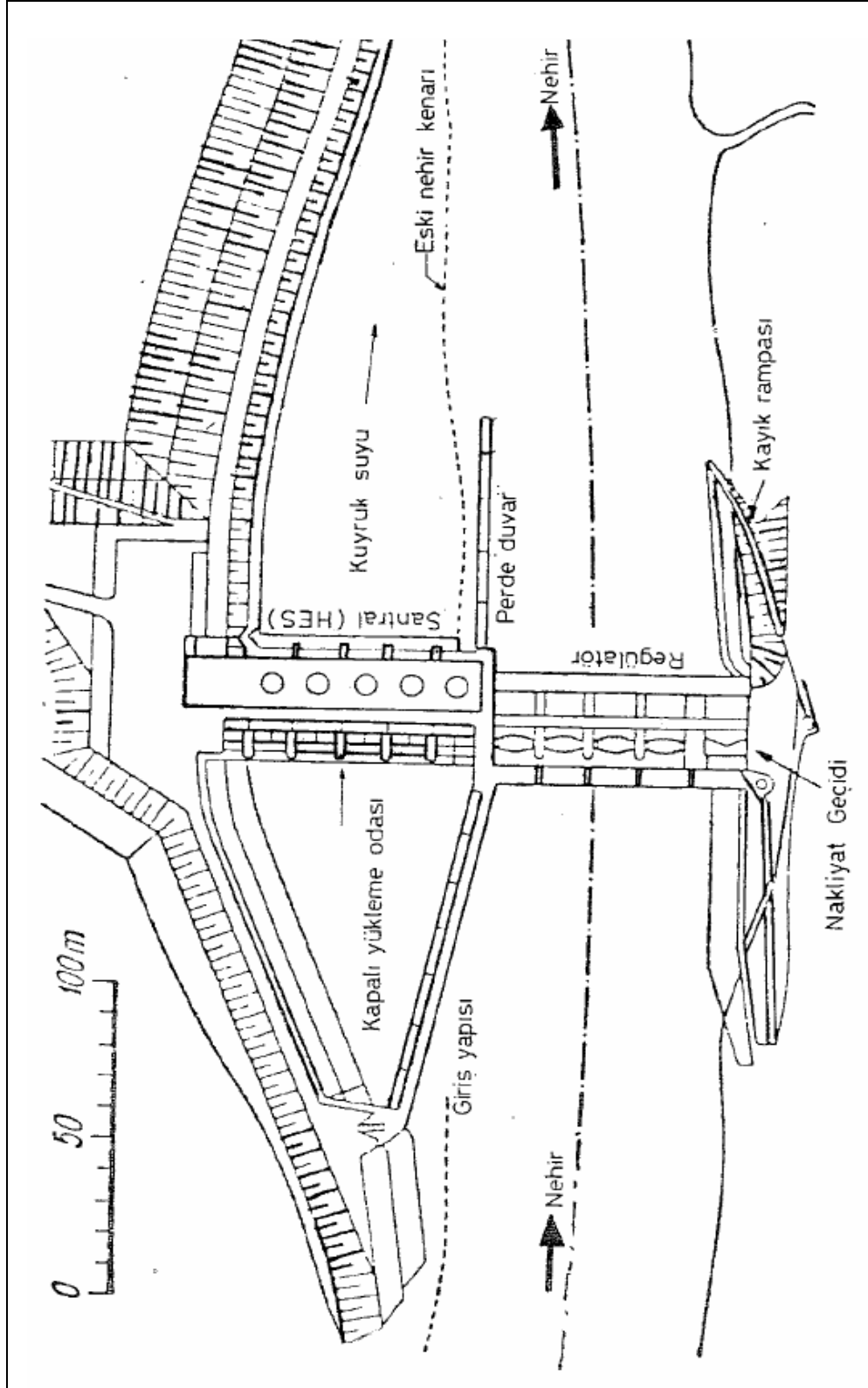
2. Kanal Santraller: Bu tip santralleri yapabilmek için su, bir çevirme yapısı ile bir kanala (veya tünele) çevrilerek santraller ve ilgili yapılar bu kanalın üzerine yapılabilir. Ya da bu kanal düşü kazanmak için epeyce uzatılarak topografyanın ve jeolojinin en uygun olduğu bir yerden cebri boru ile santrale bağlanır. Şekil 2.19'da kanal santrali şeması gösterilmiştir.

3. Baraj Santraller: Tipik bir baraj santraline ait yapılar (Yıldız 2002);

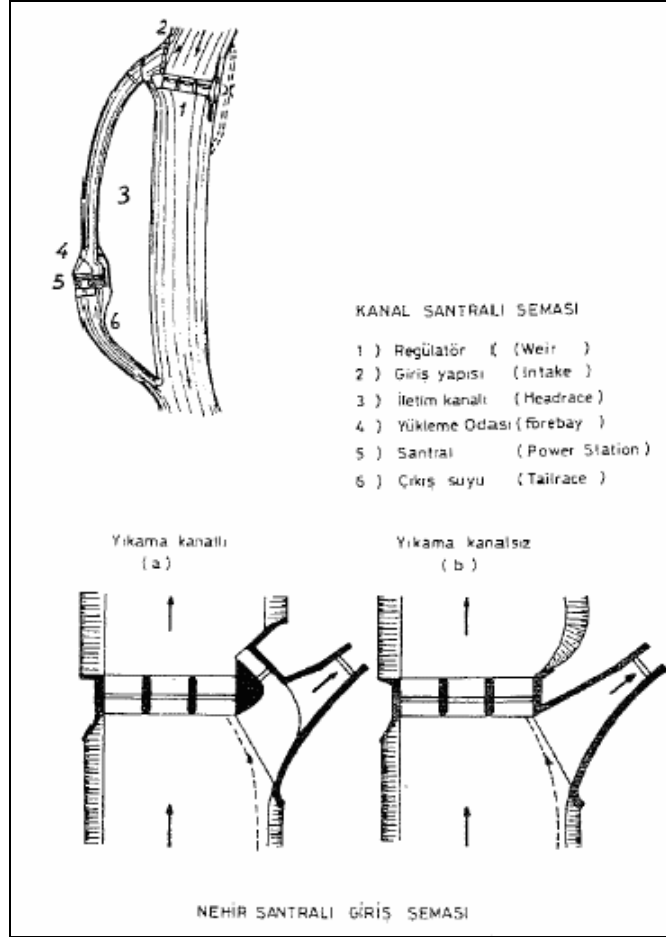
- Su alma yapısı
- Kuvvet tüneli
- Denge bacası
- Vana odası
- Cebri borular
- Santral binası
- Çıkış suyu kanalı
- Şalt sahası ve iletim hatları

4. Pompaj Rezervuarlı Santraller: Bu santraller, enerjiye ihtiyaç azaldığı saatlerde şebekeden aldıkları enerji ile rezervuara su pompalarlar. Günün enerjiye en çok ihtiyaç olduğu saatlerde (pik saatlerde) birikmiş suyu türbinleyerek enerji üretirler. Şekil 2.10'de pompaj rezervuarlı santral çalışma şeması gösterilmiştir.

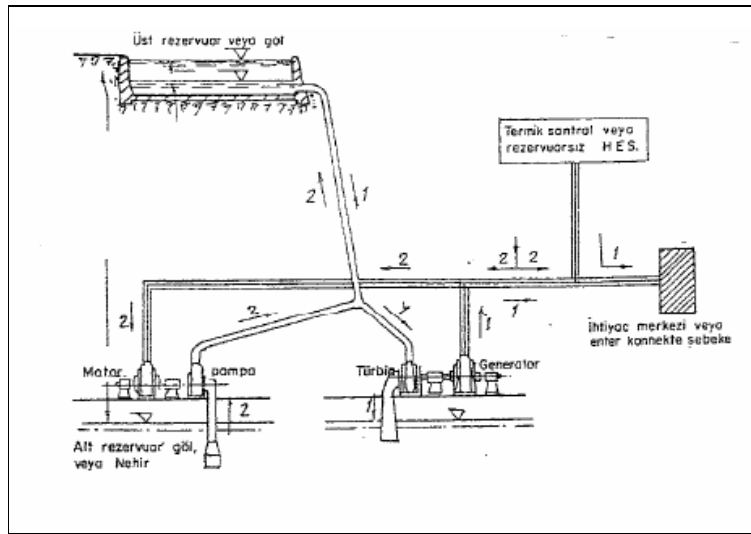
Türkiye'de hidroelektrik üretiminin % 95,7'si barajlı santrallerden % 4,3'u doğal göl ve akarsu santrallerinden sağlanmıştır. Türkiye'nin toplam elektrik üretimi içerisinde barajlı santrallerin katkısı % 36,5, doğal göl ve akarsu santrallerinin katkısı % 1,7'dir. Türkiye'de barajlı santraller pik yük dışında baz yük karşılamak için kullanılmaktadırlar (TÜSİAD 1998).



Şekil 2.8 Nehir santrali şeması (Yılmaz 1995).



Şekil 2.9 Nehir ve kanal santrali şeması (Yıldız 1992).

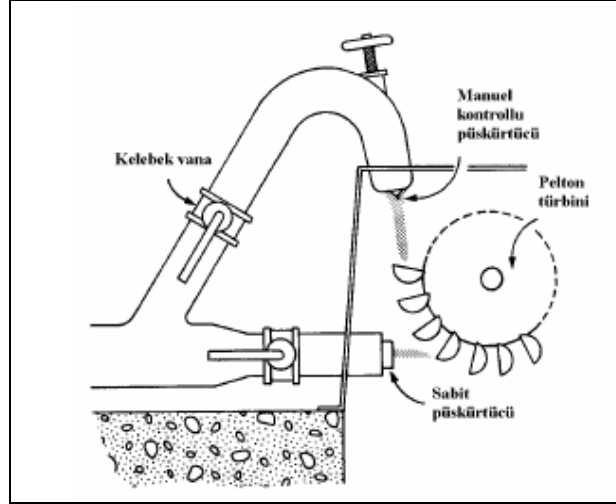


Şekil 2.10 Pompaj rezervuarlı santral çalışma şeması (Yıldız 1992).

2.10.2 Hidroelektrik Santrallerde Kullanılan Türbin Çeşitleri

2.10.2.1 Pelton Türbini

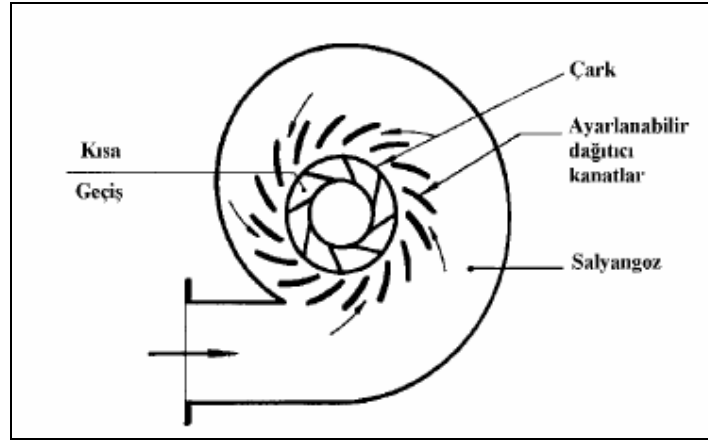
Yüksek düşülü santrallerde (300 m'den yukarı) pelton tipi türbinler kullanılır. Pelton türbinleri yüksek basınçlı suyu atmosfer basıncına püskürterek potansiyel enerjiyi kinetik enerjiye çevirir. Elde edilen yüksek hızlı su jetinin kinetik enerjisi bir çark vasıtasıyla türbin miline iletilir. Çark kepçelerinin verim üzerinde tesiri büyüktür. Pelton türbinlerinde su rotorun belirli bir kısmına çarpar (Yılmaz 1995). Şekil 2.11'de Pelton türbini şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.11 Pelton türbini şeması (URL-15 2009).

2.10.2.2 Francis Türbini

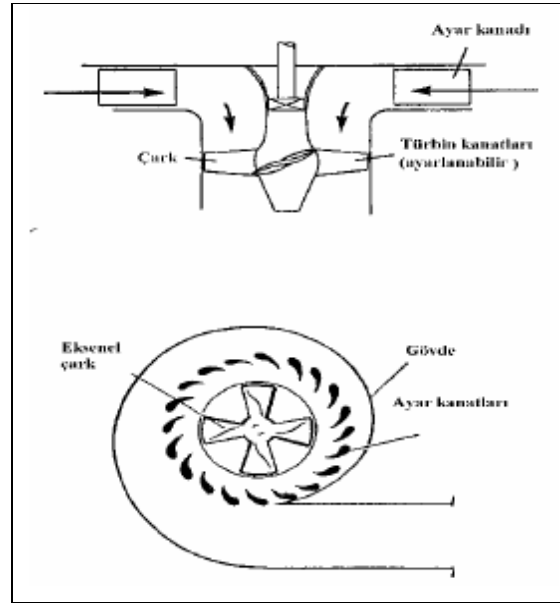
Orta düşülerde (50-300 m' ye kadar) Francis türbinleri kullanılır. Bu türbinlerde rotor, dağıtıcı bir tertibatla çevrelenmiştir. Helezon şeklindeki kanaldan geçen su dağıtıcıya gelir. Dağıtıcı üzerine kanatlar yerleştirilmiştir. Bu dağıtıcıda, potansiyel enerjinin bir kısmı kinetik enerjiye çevrilir. Buradan çıkan su rotorun kanatlarına çarpar. Francis türbinlerinde bütün çevre su çarpımına maruz kalır (Yılmaz 1995). Şekil 2.12'de Francis türbini şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.12 Francis türbini şeması (URL-15 2009).

2.10.2.3 Kaplan Türbini

Alçak düşülerde (40-50 m' ye kadar) kaplan türbinleri kullanılır. Bu türbinlerde dağıtıcı tertibat Francis türbinlerindeki gibidir. Ondan farklı olarak, rotorları av kanatlı bir uskurdan oluşur. Dağıtıcı çark kanatları aynı zamanda döndürülebildiği için çift ayarlama mevcuttur (Yılmaz 1995). Şekil 2.13'de Kaplan türbini şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.13 Kaplan türbini şeması (URL-15 2009).

2.10.3 Hidroelektrik Santrallerde Enerji İletim Tesisleri

2.10.3.1 Su Alma Yapıları

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) olacağına 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.

2.10.3.2 İletim Yapıları

İletim yapıları açık kanal ve tünelden ibarettir. Tüneller iki türdür:

Basıncsız Tüneller: Demiryolu ve karayolu tünelleri, servis tünelleri, metrolar, maden ocağı tünelleri iç basınç ihtiva etmez. Kanal vazifesi gören tüneller de bu gruba dahildir.

Basıncılı Tüneller: Enerji maksatlı tüneller bu gruba girer. Basıncılı tüneller 3 kısma ayrılır;

- Alçak basınçlı tüneller: $H_0 < 5$ m
- Orta basınçlı tüneller: $5 < H_0 < 100$ m
- Yüksek basınçlı tüneller: $H_0 > 100$ m

H_0 = Tünelde iç basıncı oluşturan su yüksekliği

Tüneller, kaplamalı veya kaplamasız olabilirler. Tünelde kaplamanın fonksiyonu yük taşımak, sızdırmazlığı sağlamak ve düzgün bir yüzey sağlayarak sürtünme kayıplarını azaltmaktır. Alçak basınçlı tünellerde kaplamaya gerek olmayabilir. Üstelik tünel sağlam bir kaya formasyonundan geçiyor ise sadece su kaçabilecek çatlakları kapatmak ve gerekli ise sadece

şatkrit yapmak yeterlidir. Orta basınçlı tünellerde su sızdırmazlığını temin için ince demirsiz bir beton kaplama yeterli olabilir. Zemin sağlam kaya değil ise kaplama yapılmalıdır. Hatta iç basınç arttıkça çatlaklar büyür ve su kaçağına enjeksiyon bile yeterli olmayabilir. Yüksek basınçlı tünellerde, grobeton kaplama ve hatta betonarme kaplama çatlamaı önleyemez. Bu takdirde tünelde çelik kaplama uygulanır. İç basıncın tamamı çelik kaplama olacaksa, çeliğin akma gerilmesine göre hesap yapılabilir (URL–12 2009).

2.10.3.3 Yükleme Haznesi ve Denge Bacası

Yükleme Haznesi: Tünel veya açık kanal gibi serbest yüzeyli akım ile cebri borudaki basınçlı akım arasında geçişi sağlamak ve türbinlerin debi ihtiyaçlarındaki değişimleri karşılamak için yükleme haznesi tesis edilmektedir.

Denge Bacası: Denge bacası basınçlı boru sistemlerindeki basınç değişimlerini düzenleyerek cebri boruların en ekonomik boyutlarda kalmalarını ve verimli çalışmalarını sağlayan yapıdır. Şu amaçla hizmet eder;

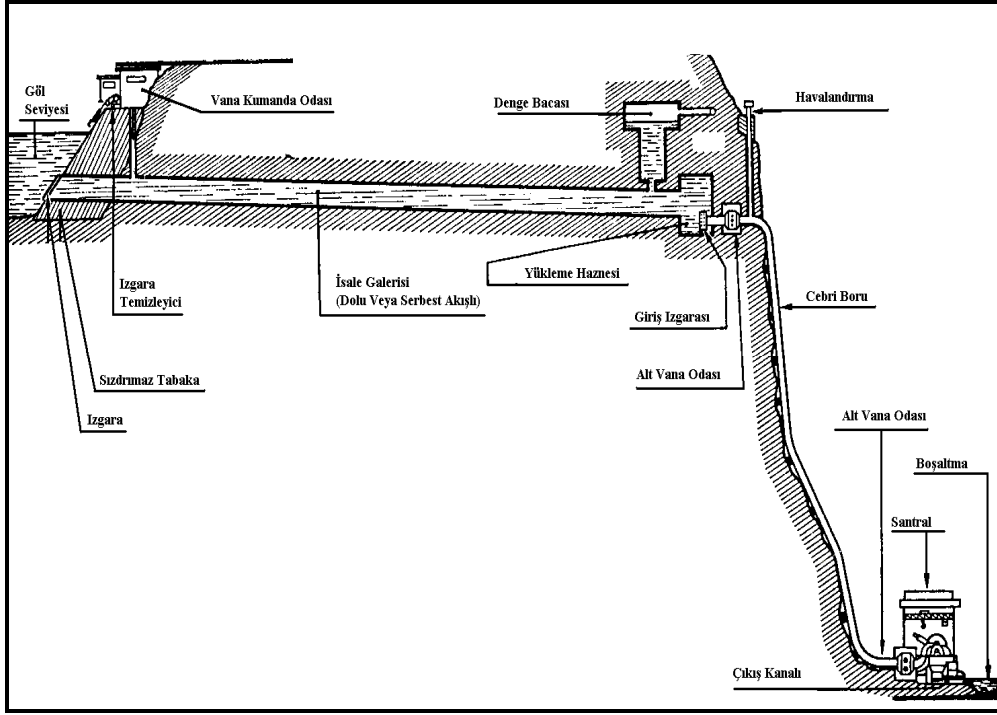
a) Bir hidroelektrik santralde türbinlerin ani kapanması, diğer bir deyimle “yük atması” ile cebri boru veya tünel içinde hareket halinde olan su kütlesi aniden yavaşlar. Belirli bir ivmeye sahip bu su kütlesi, cebri boruların alt ucunda büyük basınç artışlarına sebep olur. Buna su darbesi veya su koçu denir. Denge bacası, bu basınç dalgalarını kendi serbest su yüzeyinde keserek membaya gitmesine engel olur ve bu suretle de tünelin denge bacasının çıkış kısmı aşırı basınçtan korunmuş olur.

b) Eğer santrale basınç düşürücü bir sistem ilave edilmemişse veya herhangi bir nedenle bu vana çalışmaz ise; denge basıncı cebri borunun kendisini de kısmen bu aşırı basınçtan korumuş olur.

c) Denge bacası türbinde regülasyonu sağlar. Türbin çalışmaya başlarken veya çalışırken aniden yük ihtiyacı artarsa türbinin de fazla suya ihtiyacı artar. Yataya yakın eğimli tünelin içindeki su kütlesine yeterli ivme sağlanamazsa, çok eğimli cebri boru ile tünelin birleştiği yerdeki su akımında bir kesiklik olabilir. Bu suretle türbin çalışmaz veya verimi düşer.

Denge bacası mümkün mertebe santrale yakın olmalıdır. Hatta denge bacası, çok az meyilli olan kuvvet tüneli ile aniden dikleşen cebri borunun kesiştiği kurb civarında olmalıdır. Denge bacasının üst kotu zemin kotundan biraz yukarda olmalıdır. Denge bacası sağlam bir zemin

içine şaft olarak yapılmalıdır. Şekil 2.14'de yükleme haznesi ve denge bacasının hidroelektrik santrallerde hangi kısımlarda bulunduğu gösterilmiştir.



Şekil 2.14 Yükleme haznesi ve denge bacası (URL-18 2009).

2.10.3.4 Vanalar ve Vana Odası

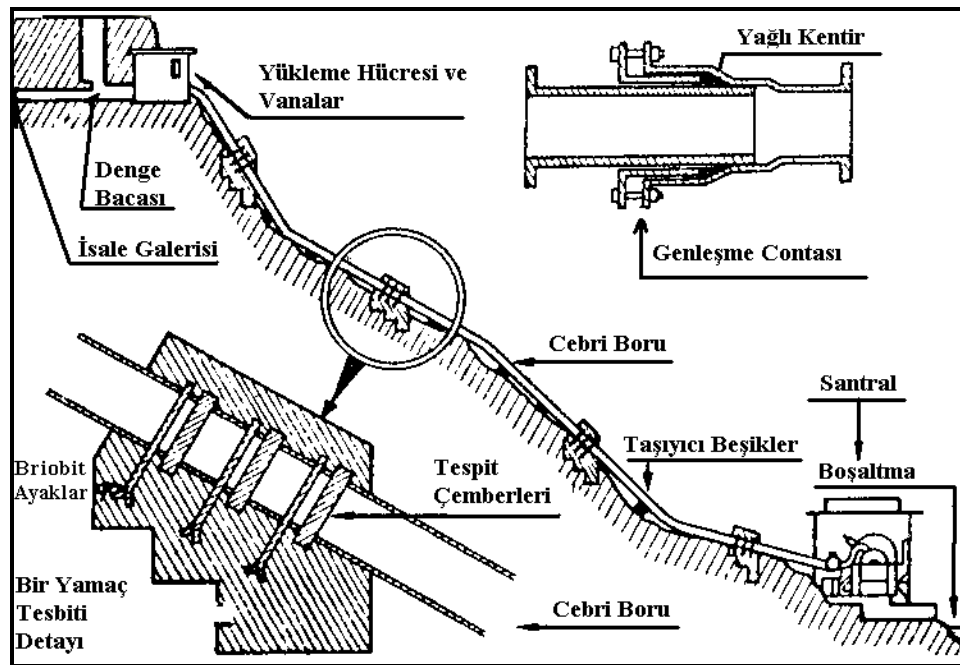
Hidroelektrik tesislerde kullanılan vana tipleri; sürgülü vana, küresel vana, konik vana ve basınç düşürücü vana olarak sayılabilir. Yerleri ve fonksiyonları şöyledir:

1. Cebri boru emniyet vanası: Amacı; cebri boruda arıza, çöküntü veya yarıma, kayma olursa hız artışı sebebi ile otomatik olarak bu vana kapanır ve bu suretle cebri boru ve ilgili tesisler daha fazla zarara girmeden kurtulmuş olurlar. Tünel çıkışına veya cebri boru baş tarafına konulur. Genellikle üzerindeki düşü az olduğu için kelebek tipi vana kullanılır.
2. Türbin vanası: Gerekliğinde cebri boruyu kapayarak türbine su girişini engeller. Türbinin hemen mansabına konulmalıdır. Kelebek, sürgülü veya küresel vana tipi olabilir.
3. Dipsavak vanası: Türbin durduğunda, mansaba sulama veya başka amaç ile su vermek gerekiyorsa veya rezervuar dolusavak eşik kotu altındaki herhangi bir kota kadar boşaltılacak ise bu vana kullanılır. Derivasyon tüneli veya santral içinde bir yer olabilir. Konik vana kullanılır ve bu vananın çıkışına da bir adet sürgülü vana (emniyet vanası) konulur.

4. Basınç düşürücü vana: Yüksek düşümlü santrallerde basınç artışı (su darbesi) çok yüksek çıkıyorsa ve bu basınca göre cebri boru projelendirmek ekonomik olmuyorsa, türbinin hemen yanına özel bir vana konulur ve türbin aniden durunca bu vana çalışarak basınç dalgalarının cebri boru içinde yükselmesi önlenerek belirli bir oranda tutulur (URL-16 2008).

2.10.3.5 Cebri Borular

Türbin ile santral arasındaki basınçlı borulardır. Genellikle çelikten yapılırlar. Bununla beraber iç basınç fazla değilse veya sızdırmazlık sorun teşkil etmiyorsa, açık cebri borularda ve tünellerde beton malzeme kullanılabilir. Yüksek düşümlü hidroelektrik tesislerde maliyetin büyük bir kısmını cebri borular oluşturur. Bundan dolayı ilk etütler ve kesin proje hesapları çok iyi yapılmalıdır. Cebri boru güzergahı kesinlikle heyelan bölgesinden, yamaç molozu, kil veya benzeri zayıf zeminlerden geçirilmemelidir. Yüzeide sağlam zemin bulunmuyorsa şaft ve tünel sistemi seçilmelidir. Cebri borularda fazla kurp yapılmadan en az kazı yapılacak şekilde güzergah seçilmelidir. Kurp noktaları kaya veya çok sağlam zeminin oluşturduğu yerlerde seçilmelidir (Bulut 2004). Çelik ya da betondan yapılan bu borular; Denge bacalarıyla santral girişini birleştirmek amacı ile kullanılırlar. Cebri boruların çapları ve kalınlıkları su basıncına göre değişir. Aşağıda Şekil 2.15’de bir cebri borunun kesitine ait şekil verilmiştir (URL-18 2009).



Şekil 2.15 Cebri boru kesiti (URL-18 2009).

2.10.3.6. Santral

Santral yapısı genelde betonarme kısmen de çelik yapılabilir. Cebri borulardan gelen su santral içindeki jeneratörde elektrik enerjisine dönüştürülür.

2.10.3.7 Kuyruk Suyu Kanalı ve Eşiği

Boşaltma borusu çıkışı ile kuyruk suyu kontrol eşiği arasındaki yapıdır. Genellikle beton kaplamalı ve tabanı 1/6 eğimle yapılır.

Bu kanalın sonunda, kuyruk suyu seviyesinin belirlenen düzeyde tutulabilmesi için bir de kontrol eşiği yapılır. Bu eşik, santral çıkış suyunun boşaldığı nehir yatağı veya deredeki su seviyesi alçalınca, kuyruk suyu kanalındaki su seviyesini minimum işletme kotunda tutabilmek için yapılır.

2.10.4 Hidroelektrik Enerjinin Avantajları Ve Dezavantajları

2.10.4.1 Avantajları

1. Taşkından ve erozyondan koruma.
2. Çevreye dost, temiz ve yenilenebilirdir.
3. Balıkçılığı destekler.
4. Diğer enerji kaynaklarına göre çok daha az yabancı kaynağa ihtiyaç duyulur.
5. Kullanılan bir yakıt olmadığından çevreye sera gazı kirliliğine neden olmaz.
6. Çok kısa sürede devreye alınıp devreden çıkarılabildiklerinden pik saatler denilen 18-22 saatleri arası büyük öneme sahiptir. Ani bir talep durumunda birkaç saniyede devreye sokulur.
7. Yüksek (% 80) verimlidir (Akdoğan 2006).

2.10.4.2 Dezavantajları

1. Biriktirmesiz santrallerde kurak yıllarda çok az elektrik üretilmesi ve su rejimine bağlı olarak değişken olmasıdır.
2. Biriktirmeli santrallerin ilk yatırım maliyeti çok fazladır.
3. Biriktirmeli santraller suyun kalitesini bozabilir.

4. Biriktirmeli santrallerde baraj yüzeyi nehire göre daha geniş alan kapladığından buharlaşma artar ve havadaki nem oranı fazlalaşır. Bu yüzden bölgenin iklimini etkiler ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olur.
5. Biriktirmeli santrallerinde kurulan barajlar çok büyük alanların sular altında kalmasına sebep olduğundan toprak kaybı da olasıdır.
6. Yapım aşamasında kamulaştırmaya bağlı olarak büyük nüfus göçü ile karşı karşıya kalınabilir.
7. Biriktirmeli santrallerin toplam inşaat süresi uzundur.
8. Nehir çevresindeki bitki gelişimini olumsuz etkiler (Akdoğan 2006).

2.10.5 Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Potansiyeli

Hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde "brüt potansiyel", "teknik potansiyel" ve "ekonomik potansiyel" kavramları önem taşımaktadır. Bir akarsu havzının hidroelektrik enerji üretiminin teorik üst sınırını gösteren brüt su kuvveti potansiyeli; mevcut düşü ve ortalama debinin oluşturduğu potansiyeli ifade etmektedir. Topografya ve hidrolojinin bir fonksiyonu olan brüt hidroelektrik enerji potansiyeli, ülkemiz için 433 milyar kWh mertebesinde (Çolak vd. 2008). Türkiye'de havzalara göre yıllık akış ve brüt hidroelektrik potansiyel Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Teknik yönden değerlendirilebilir su kuvveti potansiyeli; bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin teknolojik üst sınırını göstermektedir. Uygulanan teknolojiye bağlı olarak düşü, akım ve dönüşümde oluşabilecek kaçınılmaz kayıplar hariç tutulmaktadır. Bölgede planlanan hidroelektrik projelerin teknik açıdan uygulanabilmesi mümkün olan tümünün gerçekleştirilmesi ile elde edilecek hidroelektrik enerji üretiminin sınırlarını temsil etmektedir.

Bu niteliğiyle teknik yönden değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyel, brüt potansiyelin bir fonksiyonu olmakta ve çoğunlukla onun yüzdesi olarak ifade edilmektedir. Ülkemizin teknik yönden değerlendirilebilir hidroelektrik enerji potansiyeli 216 milyar kWh civarındadır. Ekonomik olarak yararlanılabilir hidroelektrik potansiyel, bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin ekonomik optimizasyonunun sınır değerini gösteren, gerek teknik açıdan geliştirilebilmesi mümkün, gerekse ekonomik yönden tutarlı olan tüm hidroelektrik projelerin toplam üretimi olarak tanımlanabilir. Bir başka deyişle ekonomik olarak yararlanılabilir

hidroelektrik potansiyel, beklenen faydaları (gelirleri), masraflarından (giderlerinden) fazla olan su kuvveti projelerinin hidroelektrik enerji üretimini göstermektedir (İlhami vd. 2008).

Çizelge 2.4 Türkiye’de havzalara göre yıllık akış ve brüt hidroelektrik potansiyel (Akdoğan 2006).

Havza	Ortalama Yıllık Akış (Milyar m ³)	Toplam Akışa Oranı (%)’	Hidroelektrik Potansiyel		
			GWh/Yıl	MW	%
Fırat	31.61	17	84122	9603	19.4
Dicle	21.33	11.5	48706	5560	11.2
Doğu Karadeniz	14.90	8.0	48478	5534	11.2
Doğu Akdeniz	11.07	6.0	27445	3133	6.3
Antalya	11.06	5.9	23079	2634	5.3
Batı Karadeniz	9.93	5.3	17914	2045	4.1
Batı Akdeniz	8.93	4.8	13595	1552	3.1
Marmara	8.33	4.5	5177	591	1.2
Seyhan	8.01	4.3	20875	2383	4.8
Ceyhan	7.18	3.9	22163	2530	5.1
Kızılırmak	6.48	3.5	19552	2232	4.5
Sakarya	6.4	3.4	11335	1294	2.6
Çoruh	6.3	3.4	22601	2580	5.2
Yeşilirmak	5.80	3.1	18685	2133	4.3
Susurluk	5.43	2.9	10573	1207	2.4
Araş	4.63	2.5	13114	1497	3.0
Konya-kapalı	4.53	2.4	1218	139	0.3
Büyük Menderes	3.03	1.6	6263	715	1.4
Van Gölü	2.39	1.3	2593	296	0.6
Kuzey Ege	2.09	1.1	2882	329	0.7
Gediz	1.95	1.1	3916	447	0.9
Meriç-Ergene	1.33	0.7	1000	114	0.2
Küçük Menderes	1.19	0.6	1375	157	0.3
Asi	1.17	0.6	4897	559	1.1
Burdur-Gölleri	0.50	0.3	885	101	0.2
Akarçay	0.49	0.3	543	62	0.1
Toplam	186.05	100	432981	49427	100

Hidroelektrik santrallerin ekonomik yapılabilirliğinin hesaplanabilmesi için; enterkonekte sistemde aynı enerjiyi üretecek kaynaklar gözden geçirilmekte ve en ucuz enerji kaynağı belirlenerek hidroelektrik santral (HES) projesi bu kaynakla mukayese edilmekte ve ancak daha ekonomik bulunursa önerilmektedir.

Ekonomik HES potansiyeli içindeki tüm projeler; termik santrallere göre rantabiliteleri daha yüksek projelerdir (Bakır 2005).

Havza gelişme planlarının farklı zamanlarda hazırlanmış olmalarından dolayı projeler sonraki tarihlerde ekonomik yönden tutarsız duruma gelebilmektedir. Bununla birlikte zaman içinde enerji fayda ve maliyetlerinde meydana gelen değişikliklere göre ekonomik bulunabilecek tesislerin, ilk etütlerde terkedilmiş olmalarına da rastlanılmaktadır. Bu nedenle havza gelişme planlarının belirli aralıklarla, özellikle enerji faydalarına esas teşkil eden alternatif referans santral grubundaki değişikliklerden sonra, tekrar gözden geçirilip değerlendirilmesi uygun olacaktır (Görez ve Alkan 2005). Bunlara karşılık, su kaynaklarının geliştirilmesinde görev üstlenen EİE ve DSİ gibi kuruluşların yapmış oldukları, yeni enerji kaynaklarının yaratılmasına yönelik ilk etüt çalışmalarıyla bu potansiyele her yıl ilaveler olabilmektedir. Bütün bu olumlu ve olumsuz etkilerin de dikkate alınmasıyla, Türkiye'nin ekonomik hidroelektrik potansiyeli yıldan yıla ufak farklılıklar göstermekle birlikte bugün için 129,9 milyar kWh civarında olduğu kabul edilebilir. Türkiye 433 milyar kWh brüt teorik hidroelektrik potansiyeli ile dünya hidroelektrik potansiyeli içinde %1 paya sahiptir. 129,9 milyar kWh ekonomik olarak yapılabilir potansiyeli ile Avrupa ekonomik potansiyeli içinde yaklaşık %15 hidroelektrik potansiyeline sahip bulunmaktadır (Akpınar et al. 2008). Ülkemizin 129,9 milyar kWh olan ekonomik hidroelektrik potansiyelinin Şubat 2006 itibariyle %35,4'ü (45.930 GWh) işletmede, %8,1'i (10.518 GWh) inşa halinde ve %56,5'si (73.459 GWh) ise çeşitli aşamalardan oluşan projeler (ilk etüt ön inceleme, master plan, planlama ve kesin proje) düzeyindedir (Çizelge 2.5). Bu 129,9 milyar kWh'lik yıllık ortalama enerji üretim değerini oluşturan 747 adet hidroelektrik santralin 142'si işletmede, 40'ı inşa halinde ve 565 adedi ise proje seviyesindedir (Önsoy 2006).

Çizelge 2.5 Hidroelektrik santral projelerinin durumu (Önsoy 2006).

Hidroelektrik santral projelerinin durumu	Proje sayısı	Kurulu kapasite (MW)	Toplam yıllık hidroelektrik enerji üretimi				
			Güvenilir enerji (GWh)	Toplam enerji (GWh)	Oran (%)	Kümülatif enerji (GWh)	Oran (%)
İşletmede	142	12788	33560	45930	35.4	45930	35.4
Yapım aşamasında	40	3197	6358	10518	8.1	56448	43.5
Planlanmış	565	20667	40006	73459	56.5		
Kesin projesi hazır	14	3556	7089	10752	8.3	67200	51.8
Fizibilite raporu hazır	175	7306	13305	26562	20.4	93762	72.2
Master planı hazır	96	5120	10582	17819	13.7	111581	85.9
On inceleme raporu hazır	280	4685	9030	18326	14.1	129907	100.0
Toplam potansiyel	747	36652	79924	129907	100.0	129907	100.0

Son yıllarda toplam kurulu kapasitede termal kaynakların payı hızla artmıştır. Doğal gaz santrallerindeki bu hızlı artışın bir sonucu olarak hidroelektrik santrallerin payı 1993'te %47.8'den 2005 yılında %32.6'ya azalırken hidroelektrik üretiminin payı 1980 yılında %49'dan 2005 yılında %26 değerine gerilemiştir.

2.10.6 Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretiminde Yatırım ve Birim Maliyetleri

Doğalgaz, Rüzgar, Taşkömürü, Biyokütle enerjisi kurulu maliyetleri hidrolik enerjiye göre ekonomik olmasına rağmen birim maliyetleri yaklaşık 8 katıdır. Çizelge 2.6'da elektrik üretiminde yatırım ve birim maliyet karşılaştırılması ile ilgili bilgiler incelendiğinde elektrik üretiminde Türkiye'deki potansiyeli ve 0.5 cent/kWh birim maliyeti ile hidroelektrik enerji en avantajlı kaynağımız olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.6 Elektrik üretiminde yatırım ve birim maliyet karşılaştırılması (Akdoğan 2006).

Enerji Kaynağı	Kurulu Maliyet \$/kW	Birim Maliyet cent / kWh
Hidroelektrik	1200–1500	0.5
Linyit	1000–1500	3.43
Nükleer	2000–2500	3.63
Fuel-Oil	1100–1250	4.22
Doğal Gaz	800–1000	4.33
Rüzgar	800–1200	4.5
Taş Kömürü	1200–1400	4.55
Jeotermal	1000–1500	4.6
Biyokütle	800–1200	5.5
Güneş	1500–2000	8.5

3.1 HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ HESAPLAMA YÖNTEMİ

Bir HES'in gücü şu şekilde hesaplanır:

$$N = \gamma \times H \times Q \quad (3.1)$$

Bu denklemden N güç (tm/sn), γ suyun birim hacim ağırlığı (t/m^3), H ortalama kot (m), Q debisi (m^3/sn)'dir. Hidroelektrik santralde; $\delta_{tür} \times \delta_{jen} \times \delta_{trans} = 0.85$ (türbinde: $\delta_{tür}$, jeneratörde: δ_{jen} , transformatörde: δ_{trans}) oranında güç kaybı oluşur. $1 \text{ tm/sn} = 9.81 \text{ kW} = 13.3 \text{ B.G.}$

$N = \gamma \times H \times Q = 1 \times H \times Q \times 9.81 \times 0.85$ Bundan dolayı Denklem 3.2;

$$N = 8 \times H \times Q \quad (3.2)$$

olarak elde edilir.

Su kaynağı potansiyel hesabında;

$$N_{brüt} = 8 \times H_{ort} \times Q_{ort} \quad (3.3)$$

$$E_{brüt} = N_{brüt} \times 24 \times 365 \quad (3.4)$$

denklemleri kullanılabilir. Denklemlerde; $N_{brüt}$ su kaynağının brüt gücü (kW), H_{ort} havzamanın ortalama kotu (m), Q_{ort} su kaynağının ortalama debisi (m^3/sn), $E_{brüt}$ su kaynağının brüt enerjisi (kWh) dir.

H_{ort} kareyaj yöntemi ile hesaplanmıştır. H_{ort} hesaplanırken DSİ'nin 1/25000'lik haritaları kullanılmıştır. İlk olarak akarsuyun güzergâhı ve bu güzergâh üzerindeki paftalar birleştirilerek havza alanı tespit edilmiştir. Daha sonra paftalar üzerindeki 2 cm x 2 cm ebadındaki kareler dörde ayrılarak her bir karenin ortalama kotu bulunmuştur. Membadan mansaba kadar bulunan tüm karelerin ortalama kotları toplanıp kare sayına bölünerek ortalama kot hesaplanmıştır.

3.2. ZONGULDAK İLİNİN HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ

Zonguldak İlindeki su kaynaklarının; toplam yüzölçümü 3481 km² toplam su yüzeyi: 1606 ha, yıllık ortalama toplam yağış 1240,9 mm, ortalama akış verimi 17 lt/s/km², ortalama akış/yağış oranı 0,69'dur. İldeki toplam su potansiyeli 3.970,43 hm³/yıl, yerüstü suyu il çıkışı toplam ortalama akımı 3.958,43 hm³/yıl'dır. Çizelge 3.1'de Zonguldak İlindeki derelerin debisi ve ortalama kotları verilmiştir. Çizelge 3.1'deki derelerin ortalama kotları karelej yöntemiyle bulunmuştur.

Çizelge 3.1 Zonguldak ilinin su kaynakları potansiyeli.

Sıra No	Akarsu Adı	Ortalama Kot (m)	Yıllık Ortalama Debi (m ³ /sn)
1	İhsaniye	115	0,464
2	Değirmenağzı	60	0,350
3	Ilıksu	87	1,100
4	Dereköy	418	0,975
5	Aydınlı (Gülüç)	15	15,412
6	Salı	258	0,250
7	Uğurlar	285	0,500
8	Abacıoğlu	296	3,600
9	Kurtsuyu	235	5,200
10	Akyazı	215	1,500
11	Alaplı Çayı	7	6,342
12	Kavukkavla Deresi	18	3,150
13	Kocaman Deresi	15	12,500
14	Devrek Çayı	210	24,913
15	Buldan Çayı	220	2,600
16	Filyos Çayı	225	102,237
17	Beycuma Deresi	240	2,400
18	Yenice Çayı	215	61,503
19	Agusto Deresi	340	0,750

3.2.1 Zonguldak İlindeki Derelerin Brüt Hidroelektrik Potansiyel Değerleri

Brüt hidroelektrik potansiyel hesaplanırken Bölüm 3.1 deki hidroelektrik enerji potansiyeli hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Denklem 3.3' de; H_{ort} ve Q_{ort} değerleri yerlerine konularak derelerin brüt güç ve enerjisi hesaplanmıştır. Çizelge 3.2'de Zonguldak İlindeki derelerin brüt hidroelektrik güç ve enerji potansiyelleri ile bu ilin toplam hidroelektrik güç ve enerji potansiyeli gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Zonguldak ilinin brüt hidroelektrik potansiyeli.

Sıra No	Akarsu adı	Ortalama Debi Q_{ort} (m^3/s)	Ortalama kot H_{ort} (m)	Brüt Hidroelektrik Güç $N_{brüt}$ (kW)	Brüt Hidroelektrik Enerji $E_{brüt}$ ($kWh*10^6$)
1	İhsaniye	0,464	115	427	3,74
2	Değirmenağzı	0,350	60	168	1,47
3	İlksu	1,100	87	766	6,71
4	Dereköy	0,975	418	3260	28,56
5	Aydınlar (Gülüç)	15,412	15	1849	16,20
6	Salı	0,250	258	516	4,52
7	Uğurlar	0,500	285	1140	9,99
8	Abacıoğlu	3,600	296	8525	74,68
9	Kurtsuyu	5,200	235	9776	85,64
10	Akyazı	1,500	215	2580	22,60
11	Alaplı Çayı	6,342	7	355	3,11
12	Kavukkavla Deresi	3,150	18	454	3,97
13	Kocaman Deresi	12,500	15	1500	13,14
14	Devrek Çayı	24,913	210	41854	366,64
15	Buldan Çayı	2,600	220	4576	40,09
16	Filyos Çayı	102,237	225	184027	1612,07
17	Beycuma Deresi	2,400	240	4608	40,37
18	Yenice Çayı	61,503	215	105785	926,68
19	Agusto Deresi	0,750	340	2040	17,87
	TOPLAM	-	-	374205	3278,04

3.2.2 Zonguldak İli Mevcut ve İnşa Halindeki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller

İşletmedeki Zonguldak Kozlu Barajı, Gülüç Barajı ve Kızılcapınar Barajı olmak üzere 3 adet tesis bulunmaktadır. Tesislere ait bilgiler Çizelge 3.3'de verilmiştir. Bu tesislerde hidroelektrik santral kurulu olmamakla beraber Zonguldak İlinin içme suyunu, endüstri suyu temini ve sulama suyu temini için faaliyet göstermektedirler. İnşa halinde baraj ve hidroelektrik santral 2009 yılı tarihi itibariyle bulunmamaktadır.

Çizelge 3.3 Zonguldak ili işletmedeki barajlar (URL-12 2009).

BARAJLAR	Kozlu Barajı	Gülüç Barajı	Kızılcapınar Barajı
Barajın Yeri	Zonguldak-Kozlu	Zonguldak-Ereğli	Zonguldak-Ereğli
Akarsuyu	Ulutan Deresi	Gülüç Nehri	Aydınlar(Kızlar)Çayı
Amacı	İçme suyu	Endüstri Suyu Temini	Endüstri suyu- Sulama-
İnşaatın (başlama-bitiş) yılı	1979 - 1986	1964 - 1966	1991- 1994
Gövde dolgu tipi	Kaya Dolgu	Beton Ağırlık	Zonlu Kaya Dolgu
Gövde hacmi	1,04 hm ³	0,052 hm ³	1,30 hm ³
Yükseklik (talvegden)	57,5 m	14,50 m	54,75 m
Normal su kotunda göl hacmi	24,91 hm ³	4,36 hm ³	36 hm ³
Normal su kotunda gölalanı	114 km ²	127 km ²	245 km ²

3.3 KARABÜK İLİNİN HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ

Karabük İlindeki su kaynaklarının; toplam yüzölçümü 4145 km², yıllık ortalama toplam yağış 605,4mm'dir. Çizelge 3.4'de Karabük İlindeki derelerin debisi ve ortalama kotları verilmiştir. Bu Çizelgedeki derelerin ortalama kotları karelej yöntemiyle bulunmuştur.

Çizelge 3.4 Karabük ilinin su kaynakları potansiyeli.

Sıra No	Akarsu Adı	Ortalama Kot (m)	Yıllık Ortalama Debi (m³/sn)
1	Araç Çayı	730	8,640
2	İndere	675	18,932
3	Eflani Deresi	900	3,816
4	Soğanlı Çayı	825	28,066
5	Barsak Deresi	575	3,317
6	Yenice Çayı	210	60,690
7	Gürleyik Deresi	470	13,000
8	Karakaya Deresi	830	18,000
9	Kocadere	285	17,000
10	Doksan Deresi	250	16,715
11	İncedere	370	19,870
12	Keleman Deresi	250	28,000
13	Şimşir Deresi	820	18,830
14	Köşeçakıl Deresi	250	2,514
15	Gelecek Deresi	380	18,890
16	Pınarbaşı Deresi	390	5,300
17	Eskipazar Deresi	725	4,000

3.3.1 Karabük İlindeki Derelerin Brüt Hidroelektrik Potansiyel Değerleri

Brüt hidroelektrik potansiyel hesaplanırken Bölüm 3.1 deki hidroelektrik enerji potansiyeli hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Denklem 3.3' de; H_{ort} ve Q_{ort} değerleri yerlerine konularak derelerin brüt güç ve enerjisi hesaplanmıştır. Çizelge 3.5'de Karabük İlindeki derelerin brüt hidroelektrik güç ve enerji potansiyelleri ile bu ilin toplam hidroelektrik güç ve enerji potansiyeli hazırlanmıştır.

Çizelge 3.5 Karabük ilinin brüt hidroelektrik potansiyeli.

Sıra No	Akarsu adı	Ortalama Debi Q_{ort} (m^3/s)	Ortalama kot H_{ort} (m)	Brüt Hidroelektrik Güç $N_{brüt}$ (kW)	Brüt Hidroelektrik Enerji $E_{brüt}$ ($kWh*10^6$)
1	Araç Çayı	8,640	830	124261	1088,53
2	İndere	18,932	775	117378	1028,23
3	Eflani Deresi	3,816	1000	30528	267,43
4	Soğanlı Çayı	28,066	925	207688	1819,35
5	Barsak Deresi	3,317	675	17912	156,91
6	Yenice Çayı	60,690	220	106814	935,69
7	Gürleyik Deresi	13,000	520	54080	473,74
8	Karakaya Deresi	18,000	930	133920	1173,14
9	Kocadere	17,000	325	44200	387,19
10	Doksan Deresi	16,715	390	52151	456,84
11	İncedere	19,870	410	65174	570,92
12	Keleman Deresi	28,000	275	61600	539,62
13	Şimşir Deresi	18,830	920	138589	1214,04
14	Köşeçakıl Deresi	2,514	275	5531	48,45
15	Gelecek Deresi	18,890	430	64982	569,24
16	Pınarbaşı Deresi	5,300	460	19504	170,86
17	Eskipazar Deresi	4,000	825	26400	231,26
	TOPLAM	-	-	1270712	11131,43

3.3.2 Karabük İli Mevcut ve İnşa Halindeki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller

Karabük İlinde baraj ve HES bulunmamaktadır. İlin sulama suyunu karşılamak amacıyla 3 adet gölet vardır. Bunlar; Eflani Ortakçılar Göleti, Eflani Kadıköy Göleti ve Eflani Bostancılar Göletidir. İnşa halinde baraj veya hidroelektrik santral 2009 yılı tarihi itibarıyla bulunmamaktadır.

3.4 BARTIN İLİNİN HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ

Bartın İlindeki su kaynaklarının; toplam yüzölçümü 2143 km², yıllık ortalama toplam yağış 1025,7mm, ortalama akış verimi 17,93 lt/s/km², ortalama akış/yağış oranı 0,54'dür. İldeki yerüstü suyu il çıkışı toplam ortalama akımı 1.248,38 hm³/yıldır. Çizelge 3.6'da Bartın İlindeki derelerin debisi ve ortalama kotları verilmiştir. Bu Çizelgedeki derelerin ortalama kotları karelej yöntemiyle bulunmuştur.

Çizelge 3.6 Bartın ilinin su kaynakları potansiyeli.

Sıra No	Akarsu Adı	Ortalama Kot (m)	Yıllık Ortalama Debi (m ³ /sn)
1	Bartın Çayı	35	25,96
2	Arit Çayı	280	4,15
3	Ulus Çayı	350	16,56
4	Kozcağz Çayı	260	5,64
5	Gökırmak Çayı	225	16,17
6	Kocanazçayı	180	5,28
7	Kocaçay	170	3,20
8	Günye Çayı	125	2,80
9	Ova Çayı	135	12,47
10	Bedesten Deresi (Amastris Çayı)	180	2,70
11	Güney Dere	45	2,00
12	Kapısuyu Deresi	90	4,00
13	Tekkeköy Deresi	100	2,50

3.4.1 Bartın İlindeki Derelerin Brüt Hidroelektrik Potansiyel Değerleri

Brüt hidroelektrik potansiyel hesaplanırken bölüm 3.1 deki hidroelektrik enerji potansiyeli hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Denklem 3.3' de; H_{ort} ve Q_{ort} değerleri yerlerine konularak derelerin brüt güç ve enerjisi hesaplanmıştır. Çizelge 3.7'de Bartın İlindeki derelerin brüt hidroelektrik güç ve enerji potansiyelleri ile bu ilin toplam hidroelektrik güç ve enerji potansiyeli hazırlanmıştır.

Çizelge 3.7 Bartın ilinin brüt hidroelektrik potansiyeli.

Sıra No	Akarsu adı	Ortalama Debi Q_{ort} (m^3/s)	Ortalama kot H_{ort} (m)	Brüt Hidroelektrik Güç $N_{brüt}$ (kW)	Brüt Hidroelektrik Enerji $E_{brüt}$ ($kWh*10^6$)
1	Bartın Çayı	25,96	35	7269	63,67
2	Arit Çayı	4,15	280	9296	81,43
3	Ulus Çayı	16,56	350	46368	406,18
4	Kozcağız Çayı	5,64	260	11731	102,77
5	Gökırmak Çayı	16,17	225	29106	254,97
6	Kocanazçayı	5,28	180	7603	66,60
7	Kocaçay	3,20	170	4352	38,12
8	Günye Çayı	2,80	125	2800	24,53
9	Ova Çayı	12,47	135	13468	117,98
10	Bedesten Deresi	2,70	180	3888	34,06
11	Güney Dere	2,00	45	720	6,31
12	Kapısuyu Deresi	4,00	90	2880	25,23
13	Tekkeköy Deresi	2,50	100	2000	17,52
	TOPLAM	-	-	141481	1239,37

3.4.2 Bartın İli Mevcut ve İnşaa Halindeki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller

Bartın ilinde mevcut baraj ve HES bulunmamakta olup inşa halinde Kirazlıköprü Barajı ve HES projesi 1999 yılında yapımına başlanılmıştır. Projenin bitim süresi 2009 yılı sonudur. Bu tesise ait bilgiler Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.8 Bartın ili inşaa halindeki baraj ve HES (URL-12 2009).

BARAJLAR	Kirazlıköprü Barajı ve Hes
Barajın Yeri	Bartın
Akarsuyu	Gökırmak
Amacı	Sulama + taşkın koruma + enerji
İnşaatın (başlama-bitiş) yılı	1999 – 2009
Gövde dolgu tipi	Kil çekirdekli kaya dolgu
Gövde hacmi	1,943 hm ³
Yükseklik (talvegden)	53,25 m
Normal su kotunda göl hacmi	66,1 hm ³
Normal su kotunda gölalanı	10,9 km ²
Sulama alanı	2 113 ha
Güç	12,3 MW
Yıllık Üretim	41,20 GWh

3.5 KASTAMONU İLİNİN HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ

Kastamonu İlindeki su kaynaklarının; toplam yüzölçümü 13.108,1 km² olup, yıllık ortalama toplam yağış 481,9mm dir. Çizelge 3.9’da Kastamonu İlindeki derelerin debisi ve ortalama kotları verilmiştir. Bu Çizelgedeki derelerin ortalama kotları karelej yöntemiyle bulunmuştur.

Çizelge 3.9 Kastamonu ilinin su kaynakları potansiyeli.

Sıra No	Akarsu Adı	Ortalama Kot (m)	Yıllık Ortalama Debi (m ³ /sn)
1	Gökırmak Nehri	280	19,560
2	Devrekani Nehri (Kocarırmak)	270	25,870
3	Devrez Çayı	360	11,970
4	Zarbana Çayı	210	8,980
5	Fakaz Çayı	80	3,840
6	Aydos Çayı	165	9,160
7	Araç Çayı	120	8,670
8	Daday Çayı	310	3,800
9	Karasu Çayı	290	1,360
10	Oyrak Deresi	440	3,850
11	Celep Çayı	260	1,840
12	Karadere Deresi	175	1,330
13	Karaçomak Deresi	180	5,420
14	Şadıbey Deresi	235	4,860
15	İncesu Deresi	200	2,270
16	Bakırca Deresi	260	1,960
17	Kavuncu deresi	210	1,660

3.5.1 Kastamonu İlindeki Derelerin Brüt Hidroelektrik Potansiyel Değerleri

Brüt hidroelektrik potansiyel hesaplanırken bölüm 3.1 deki hidroelektrik enerji potansiyeli hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Denklem 3.3’ de; H_{ort} ve Q_{ort} değerleri yerlerine konularak derelerin brüt güç ve enerjisi hesaplanmıştır. Çizelge 3.10’da Kastamonu İlindeki derelerin brüt hidroelektrik güç ve enerji potansiyelleri ile bu ilin toplam hidroelektrik güç ve enerji potansiyeli hazırlanmıştır.

Çizelge 3.10 Kastamonu ilinin brüt hidroelektrik potansiyeli.

Sıra No	Akarsu adı	Ortalama Debi Q_{ort} (m^3/s)	Ortalama kot H_{ort} (m)	Brüt Hidroelektrik Güç $N_{brüt}$ (kW)	Brüt Hidroelektrik Enerji $E_{brüt}$ ($kWh*10^6$)
1	Gökırmak Nehri	19,560	280	43814	383,81
2	Devrekani Nehri	25,870	270	55879	489,50
3	Devrez Çayı	11,970	360	34474	301,99
4	Zarbana Çayı	8,980	210	15086	132,16
5	Fakaz Çayı	3,840	80	2458	21,53
6	Aydos Çayı	9,160	165	12091	105,92
7	Araç Çayı	8,670	120	8323	72,91
8	Daday Çayı	3,800	310	9424	82,55
9	Karasu Çayı	1,360	290	3155	27,64
10	Oyrak Deresi	3,850	440	13552	118,72
11	Celep Çayı	1,840	260	3827	33,53
12	Karadere Deresi	1,330	175	1862	16,31
13	Karaçomak Deresi	5,420	180	7805	68,37
14	Şadibey Deresi	4,860	235	9137	80,04
15	İncesu Deresi	2,270	200	3632	31,82
16	Bakırca Deresi	1,960	260	4077	35,71
17	Kavuncu deresi	1,660	210	2789	24,43
	TOPLAM	-	-	231385	2026,93

3.5.2 Kastamonu İli Mevcut ve İnşa Halindeki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller

İşletmedeki Karaçomak Barajı, Germeçtepe Barajı, Beyler Barajı, Karadere Barajı ve Küre Çatak Barajı olmak üzere 5 adet tesis bulunmaktadır.

Tesislere ait bilgiler Çizelge 3.11' ve 3.12'de verilmiştir. Bu tesislerde hidroelektrik santral kurulu olmamakla beraber Kastamonu İlinin içme suyunu, endüstri suyu temini ve sulama suyu temini için faaliyet göstermektedirler. İnşa halinde baraj ve hidroelektrik santral 2009 yılı tarihi itibarıyla bulunmamaktadır.

Çizelge 3.11 Kastamonu ili işletmedeki barajlar (URL-12 2009).

BARAJLAR	Karaçomak Barajı	Germeçtepe Barajı	Beyler Barajı
Barajın Yeri	Kastamonu-Merkez	Kastamonu-Merkez	Kastamonu-Devrekani
Akarsuyu	Karaçomak Deresi	Şadibey Deresi	İncesu Deresi
Amacı	Sulama+içme suyu+taşkın koruma	Sulama	Sulama
İnşaatın (başlama-bitiş) yılı	1969 - 1976	1977-1986	1987- 1993
Gövde dolgu tipi	Toprak	Zonlu Kaya Dolgu	Kaya Dolgu
Gövde hacmi	1,10 hm ³	0,31 hm ³	0,35 hm ³
Yükseklik (talvegden)	49 m	41,70 m	31 m
Normal su kotunda göl hacmi	23 hm ³	7,3 hm ³	25 hm ³
Normal su kotunda gölalanı	1,54 km ²	0,54 km ²	2,40 km ²
Sulama alanı	4 250 ha (net)	2100 ha (net)	5 178 ha (net)

Çizelge 3.12 Kastamonu ili işletmedeki barajlar (URL-12 2009).

BARAJLAR	Karadere Barajı	Küre Çatak Barajı
Barajın Yeri	Kastamonu-Taşköprü	Kastamonu-Küre
Akarsuyu	Karadere Deresi	Çatak Deresi
Amacı	Sulama	Endüstri Suyu Temini
İnşaatın (başlama-bitiş) yılı	1993- 2007	1990- 1992
Gövde dolgu tipi	Zonlu Toporak Dolgu	Kaya Dolgu
Gövde hacmi	3,265 hm ³ hm ³	0.260 hm ³
Yükseklik (talvegden)	31 m	34,00 m
Normal su kotunda göl hacmi	26,080 hm ³	0.51 hm ³
Normal su kotunda göl alanı	1,01 km ²	0,01 km ²
Sulama alanı	6 449 ha (net)	---

3.6 DÜZCE İLİNİN HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ

Düzce ilindeki su kaynaklarının; toplam yüzölçümü 2593 km² olup, yıllık ortalama toplam yağış 43,92 mm.' dir. Çizelge 3.13'de Düzce ilindeki derelerin debisi ve ortalama kotları verilmiştir. Bu Çizelgedeki derelerin ortalama kotları karelaj yöntemiyle bulunmuştur.

Çizelge 3.13 Düzce ilinin su kaynakları potansiyeli.

Sıra No	Akarsu Adı	Ortalama Kot (m)	Yıllık Ortalama Debi (m ³ /sn)
1	Büyük Melen	200	51,230
2	Küçük Melen	110	10,530
3	Asarsuyu	160	1,880
4	Uğursuyu	170	5,360
5	Aksu deresi	150	6,250
6	Çarak dere	90	3,300
7	Cakbelit dere	100	2,600
8	Değirmen dere	70	1,560
9	Çayağzı dere	80	1,200
10	Hacizdere	70	1,000
11	Orhan dere	80	1,100
12	Sarma dere	70	0,760

3.6.1 Düzce İlindeki Derelerin Brüt Hidroelektrik Potansiyel Değerleri

Brüt hidroelektrik potansiyel hesaplanırken bölüm 3.1 deki hidroelektrik enerji potansiyeli hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Denklem 3.3'de; H_{ort} ve Q_{ort} değerleri yerlerine konularak derelerin brüt güç ve enerjisi hesaplanmıştır. Çizelge 3.14'de Düzce İlindeki derelerin brüt hidroelektrik güç ve enerji potansiyelleri ile bu ilin toplam hidroelektrik güç ve enerji potansiyeli hazırlanmıştır.

Çizelge 3.14 Düzce ilinin brüt hidroelektrik potansiyeli.

Sıra No	Akarsu adı	Ortalama Debi Q_{ort} (m ³ /s)	Ortalama kot H_{ort} (m)	Brüt Hidroelektrik Güç $N_{brüt}$ (kW)	Brüt Hidroelektrik Enerji $E_{brüt}$ (kWh*10 ⁶)
1	Büyük Melen	51,230	200	81968	718,04
2	Küçük Melen	10,530	110	9266	81,17
3	Asarsuyu	1,880	160	2406	21,08
4	Uğursuyu	5,360	170	7290	63,86
5	Aksu deresi	6,250	150	7500	65,70
6	Çarak dere	3,300	90	2376	20,81
7	Cakbelit dere	2,600	100	2080	18,22
8	Değirmen dere	1,560	70	874	7,65
9	Çayağzı dere	1,200	80	768	6,73
10	Hacizdere	1,000	70	560	4,91
11	Orhan dere	1,100	80	704	6,17
12	Sarma dere	0,760	70	426	3,73
	TOPLAM	-	-	116218	1018,07

3.6.2 Düzce İli Mevcut ve İnşa Halindeki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller

Düzce İlinde bir adet mevcut Hasanlar Barajı ve HES bulunmakta olup, bu tesise ait bilgiler Çizelge 3.15’de verilmiştir.

Çizelge 3.15 Düzce ili mevcut baraj ve HES (URL-12 2009).

BARAJLAR	Hasanlar Barajı ve Hes
Barajın Yeri	Düzce-Yığılca
Akarsuyu	Küçük Melen çayı
Amacı	Sulama +Enerji +Taşkın Kont.
İnşaatın (başlama-bitiş) yılı	1965 – 1972
Gövde dolgu tipi	Kaya dolgu
Gövde hacmi	1 651 hm ³
Yükseklik (talvegden)	70,8 m
Normal su kotunda göl hacmi	55 hm ³
Normal su kotunda gölalanı	4,25 km ²
Sulama alanı	13 000 ha(net)
Güç	9,4 MW
Yıllık Üretim	40 GWh

3.7 BOLU İLİNİN HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ

Bolu İlindeki su kaynaklarının; toplam yüzölçümü 8276 km² olup, yıllık ortalama toplam yağış 580mm dir. Çizelge 3.16’da Bolu İlindeki derelerin debisi ve ortalama kotları verilmiştir. Bu Çizelgedeki derelerin ortalama kotları karelaj yöntemiyle bulunmuştur.

Çizelge 3.16 Bolu ilinin su kaynakları potansiyeli.

Sıra No	Akarsu Adı	Ortalama Kot (m)	Yıllık Ortalama Debi (m³/sn)
1	Büyüksu Çayı	400	2,340
2	Gerede Çayı (Ulus)	450	8,320
3	Mudurnu Çayı	600	1,270
4	Aladağ Çayı	1100	6,000
5	Göynük Çayı	880	4,400
6	Çatak Çayı	620	7,480
7	Çayköy Deresi	300	2,780
8	Bolu Çayı	750	2,500
9	Borazanlar Deresi	440	1,400
10	Değirmenözü Deresi	350	1,300
11	Arıkçayı Deresi	270	1,000
12	Fındıklı Deresi	600	1,200
13	Çaydurt Deresi	700	1,300

3.7.1 Bolu İlindeki Derelerin Brüt Hidroelektrik Potansiyel Değerleri

Brüt hidroelektrik potansiyel hesaplanırken bölüm 3.1 deki hidroelektrik enerji potansiyeli hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Denklem 3.3' de; H_{ort} ve Q_{ort} değerleri yerlerine konularak derelerin brüt güç ve enerjisi hesaplanmıştır. Çizelge 3.17'de Bolu İlindeki derelerin brüt hidroelektrik güç ve enerji potansiyelleri ile bu ilin toplam hidroelektrik güç ve enerji potansiyeli hazırlanmıştır.

Çizelge 3.17 Bolu ilinin brüt hidroelektrik potansiyeli.

Sıra No	Akarsu adı	Ortalama Debi Q_{ort} (m^3/s)	Ortalama kot H_{ort} (m)	Brüt Hidroelektrik Güç $N_{brüt}$ (kW)	Brüt Hidroelektrik Enerji $E_{brüt}$ ($kWh*10^6$)
1	Büyüksu Çayı	2,340	400	7488	65,59
2	Gerede Çayı (Ulus)	8,320	450	29952	262,38
3	Mudurnu Çayı	1,270	600	6096	53,40
4	Aladağ Çayı	6,000	1100	52800	462,53
5	Göynük Çayı	4,400	880	30976	271,35
6	Çatak Çayı	7,480	620	37101	325,00
7	Çayköy Deresi	2,780	300	6672	58,45
8	Bolu Çayı	2,500	750	15000	131,40
9	Borazanlar Deresi	1,400	440	4928	43,17
10	Değirmenözü Deresi	1,300	350	3640	31,89
11	Arıkçayı Deresi	1,000	270	2160	18,92
12	Fındıklı Deresi	1,200	600	5760	50,46
13	Çaydurt Deresi	1,300	700	7280	63,77
	TOPLAM	-	-	209853	1838,31

3.7.2 Bolu İli Mevcut ve İnşa Halindeki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller

Bolu İlinde bir adet mevcut Gölköy Barajı bulunmakta olup, bu tesise ait bilgiler Çizelge 3.18'de verilmiştir. Bu tesiste hidroelektrik santral kurulu olmamakla beraber Bolu İlinin içme suyunu ve sulama suyu temini için faaliyet göstermektedir. İnşa halinde baraj ve hidroelektrik santral olarak bir adet Köprübaşı Barajı ve HES tesisi 2002 yılında yapımına başlanmış ve proje bitimi 2009 yılı sonudur.

Çizelge 3.18 Bolu ili mevcut barajı (URL-12 2009).

BARAJLAR	Hasanlar Barajı ve Hes
Barajın Yeri	Bolu-Merkez
Akarsuyu	Büyükdere
Amacı	Sulama + İçme suyu
İnşaatın (başlama-bitiş) yılı	1965 – 1970
Gövde dolgu tipi	Toprak dolgu
Gövde hacmi	1 534 hm ³
Yükseklik (talvegden)	21,5 m
Normal su kotunda göl hacmi	24,1 hm ³
Normal su kotunda gölalanı	1,31km ²
Sulama alanı	8 550 ha(net)

3.8 SİNOP İLİNİN HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ

Sinop İlindeki su kaynaklarının; toplam yüzölçümü 5862 km² olup, yıllık ortalama toplam yağış 655mm dir. Çizelge 3.19’de Sinop İlindeki derelerin debisi ve ortalama kotları verilmiştir. Bu Çizelgedeki derelerin ortalama kotları karelej yöntemiyle bulunmuştur.

Çizelge 3.19 Sinop ilinin su kaynakları potansiyeli.

Sıra No	Akarsu Adı	Ortalama Kot (m)	Yıllık Ortalama Debi (m ³ /sn)
1	Gökırmak Çayı	440	36,000
2	Ayancık Çayı	20	32,300
3	Çatalzeytin Çayı	100	17,640
4	Kırkgeçit	40	7,850
5	Sarımsak	20	4,620
6	Erfelek	20	3,800
7	Celevit	40	3,600
8	Çarşak çayı	20	2,100
9	Ayardin	10	2,400
10	Çakıroğlu Çayı	30	3,800
11	Güzelceçay	20	4,150
12	Karasu Çayı	10	4,540
13	Hamalı	20	3,470
14	Yenicuma	30	2,600
15	Karlı	20	2,400
16	Kova	10	1,800
17	Ekinveren	20	1,600
18	Ören	20	1,100

3.8.1 Sinop İlindeki Derelerin Brüt Hidroelektrik Potansiyel Değerleri

Brüt hidroelektrik potansiyel hesaplanırken bölüm 3.1 deki hidroelektrik enerji potansiyeli hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Denklem 3.3' de; H_{ort} ve Q_{ort} değerleri yerlerine konularak derelerin brüt güç ve enerjisi hesaplanmıştır. Çizelge 3.20'de Sinop İlindeki derelerin brüt hidroelektrik güç ve enerji potansiyelleri ile bu ilin toplam hidroelektrik güç ve enerji potansiyeli hazırlanmıştır.

Çizelge 3.20 Sinop ilinin brüt hidroelektrik potansiyeli.

Sıra No	Akarsu adı	Ortalama Debi Q_{ort} (m^3/s)	Ortalama kot H_{ort} (m)	Brüt Hidroelektrik Güç $N_{brüt}$ (kW)	Brüt Hidroelektrik Enerji $E_{brüt}$ ($kWh*10^6$)
1	Gökırmak Çayı	36,000	440	126720	1110,07
2	Ayancık Çayı	32,300	20	5168	45,27
3	Çatalzeytin Çayı	17,640	100	14112	123,62
4	Kırkgeçit	7,850	40	2512	22,01
5	Sarımsak	4,620	20	739	6,48
6	Erfelek	3,800	20	608	5,33
7	Celevit	3,600	40	1152	10,09
8	Çarşak çayı	2,100	20	336	2,94
9	Ayardin	2,400	10	192	1,68
10	Çakıroğlu Çayı	3,800	30	912	7,99
11	Güzelceçay	4,150	20	664	5,82
12	Karasu Çayı	4,540	10	363	3,18
13	Hamalı	3,470	20	555	4,86
14	Yenicuma	2,600	30	624	5,47
15	Karlı	2,400	20	384	3,36
16	Kova	1,800	10	144	1,26
17	Ekinveren	1,600	20	256	2,24
18	Ören	1,100	20	176	1,54
	TOPLAM	-	-	155618	1363,21

3.8.2 Sinop İli Mevcut ve İnşa Halindeki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller

Sinop İlinde mevcut işletmedeki Sinop Erfelek Barajı bulunmaktadır. Tesise ait bilgiler Çizelge 3.21'de verilmiştir. Bu tesiste hidroelektrik santral kurulu olmamakla beraber Sinop İlinin içme suyunu ve sulama suyu temini için faaliyet göstermektedir. 2009 yılı itibariyle iki adet inşa halinde baraj bulunmakta olup bu tesislerde de HES kurulu değildir.

Çizelge 3.21 Sinop ili mevcut barajı (URL-12 2009).

BARAJLAR	Erfelek Barajı
Barajın Yeri	Sinop ili Erfelek ilçesi
Akarsuyu	Karasu
Amacı	Sulama - İçme suyu
İnşaatın (başlama-bitiş) yılı	1993 – 2006
Gövde dolgu tipi	Kil çekirdekli yarı geçirimli dolgu
Gövde hacmi	3, 166 hm ³
Yükseklik (talvegden)	67,20 m
Normal su kotunda göl hacmi	25,23 hm ³
Normal su kotunda göl alanı	1 km ²
Sulama alanı	2 873 ha

BÖLÜM 4

BULGULAR VE İRDELEME

4.1 GİRİŞ

Bu bölümde Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alan; Zonguldak, Karabük, Bartın, Kastamonu, Düzce, Bolu ve Sinop İllerinin hesaplanan brüt hidroelektrik potansiyellerin değişik oranlarda kullanılması halinde ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin karşılanabileceği yıllar bulunmuştur. İlk olarak illerin yıllara göre kullandıkları elektrik enerjisi sarfiyatlarının grafikleri çizilmiş ve bu grafiklerdeki değerlere göre regresyon denklemleri çıkarılmıştır. Denklemler istatistiksel zaman serisi analizi yöntemine göre yapılmıştır. Çizilen ortalama eğim ile ileriki yıllarda illerin elektrik ihtiyaç değeri tahmin edilebilir. Ayrıca çizilen elektrik enerjisi sarfiyatı grafikleri ile potansiyel – ihtiyaç dengesi analizleri yapılmıştır.

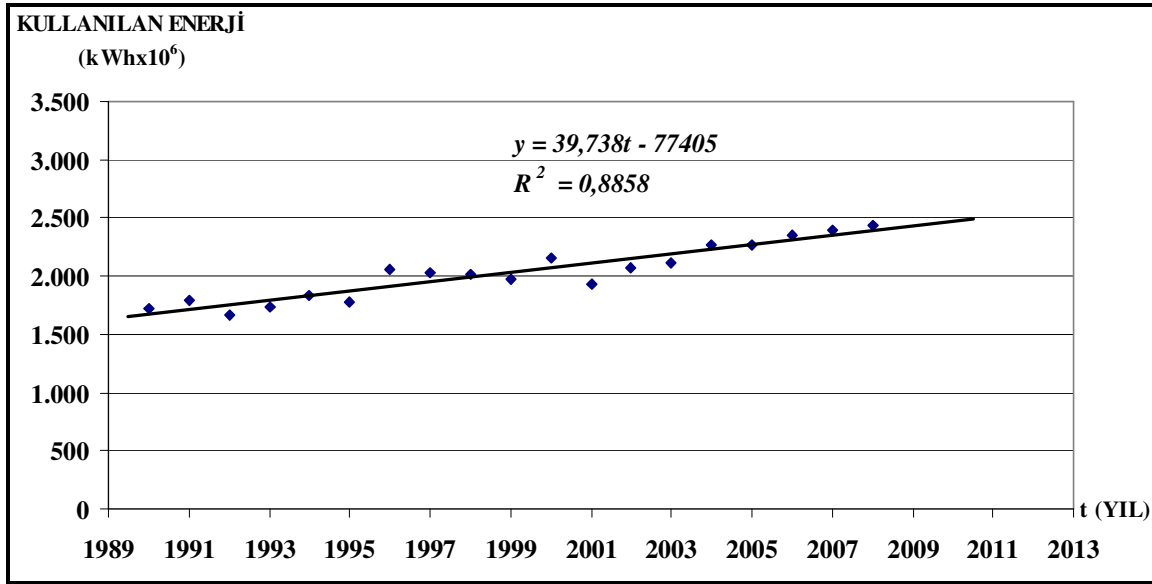
4.2 ZONGULDAK BRÜT HİDROELEKTRİK ENERJİSİ ANALİZİ

Çizelge 4.1 Zonguldak ilinde yıllara göre kullanılan elektrik enerjisi miktarı.

Yıllar	Kullanılan Elektrik Enerjisi (kWh)
1990	1.725.819.000
1991	1.791.435.000
1992	1.661.249.000
1993	1.741.023.000
1994	1.831.743.000
1995	1.777.612.000
1996	2.054.624.000
1997	2.032.956.000
1998	2.010.273.000
1999	1.973.230.000
2000	2.154.744.000
2001	1.938.133.000
2002	2.067.467.000
2003	2.109.370.000
2004	2.262.233.000
2005	2.271.942.000
2006	2.348.392.000
2007	2.392.826.000
2008	2.434.195.000

Çizelge 4.1’de Zonguldak İlinin 1990 den 2008’ e kadar kullanılan elektrik enerjisi değerleri gösterilmiştir. Bu değerler TEDAŞ Müdürlüğü bilgi edinme sisteminden alınmıştır. 1990 yılından önceki değerler sistemde kayıtlı olmadığından toplam 19 yıllık veriler kullanılarak ihtiyaç-potansiyel grafikleri çizilmiştir. Zonguldak İlinin elektrik tüketiminin yıllara göre dağılımı Şekil 4.1'de gösterilmektedir. 1990'dan 2008'e kadar kullanılan elektrik enerjisi miktarlarının yıllara göre değişiminin denklemi tablodaki verilerden elde edilmiş ve denklem aşağıda verilmiştir. Denklem iki değişken arasında belirlilik katsayısı $R^2 = 0,8858$ 'dir.

$$y = - 77405 + 39,738t \quad (4.1)$$



Şekil 4.1 Zonguldak ilinin elektrik sarfiyatının yıllara göre değişimi.

Zonguldak İlinin toplam brüt hidroelektrik potansiyel değeri $3278,04 \times 10^6$ kWh olarak hesaplanmıştır. Bu brüt potansiyelin hepsinin kullanılması mümkün değildir. Brüt potansiyelin belli oranlarda kullanılması halinde Zonguldak İlinin gelecek yıllardaki potansiyel - ihtiyaç ilişkisi aşağıdaki şekilde incelenebilir.

1-) Toplam Brüt Enerjinin %75’inin Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_1 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.75 \quad E_1 = 3278,04 \times 10^6 \times 0.75 \quad E_1 = 2458,53 \times 10^6 \text{ kWh}$$

2-) Toplam Brüt Enerjinin %80’inin Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_2 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.80 \quad E_2 = 3278,04 \times 10^6 \times 0.80 \quad E_2 = 2622,43 \times 10^6 \text{ kWh}$$

3-) Toplam Brüt Enerjinin %85'inin Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_3 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.85 \quad E_3 = 7943,61 \times 10^6 \times 0.85 \quad E_3 = 2786,33 \times 10^6 \text{ kWh}$$

4-) Toplam Brüt Enerjinin %90'ünün Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_4 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.90 \quad E_4 = 7943,61 \times 10^6 \times 0.90 \quad E_4 = 2950,24 \times 10^6 \text{ kWh}$$

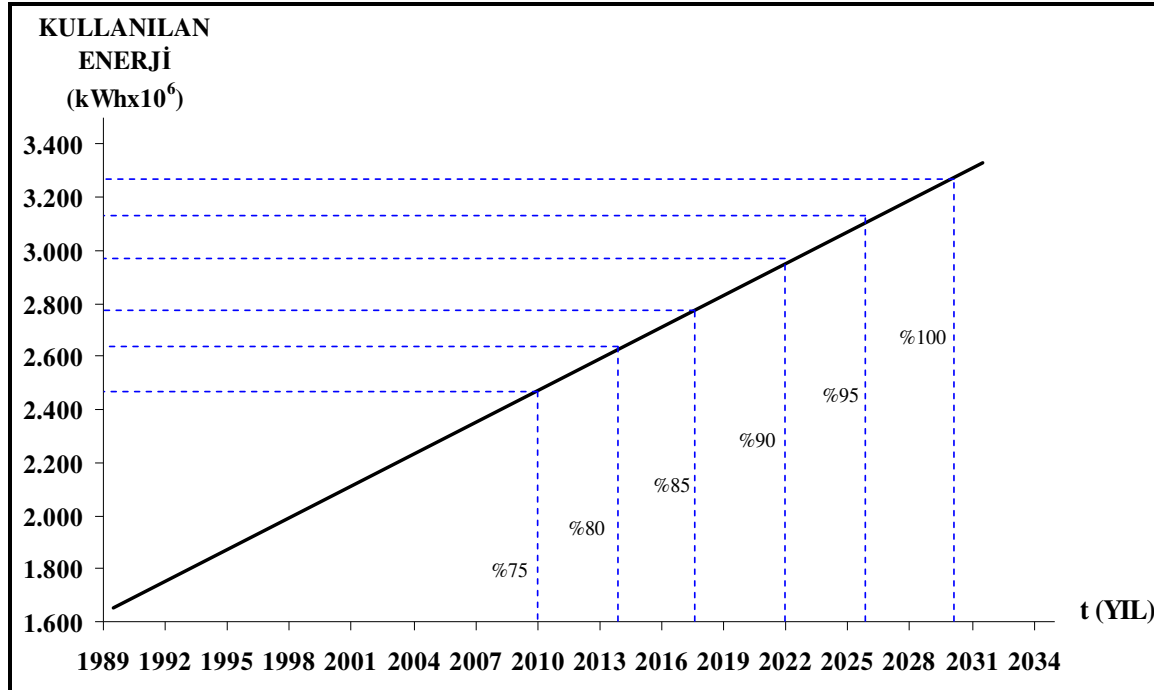
5-) Toplam Brüt Enerjinin %95'inin Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_5 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.95 \quad E_5 = 7943,61 \times 10^6 \times 0.95 \quad E_5 = 3114,14 \times 10^6 \text{ kWh}$$

6-) Toplam Brüt Enerjinin %100'ünün Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_6 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 1 \quad E_6 = 7943,61 \times 10^6 \times 1 \quad E_6 = 3278,14 \times 10^6 \text{ kWh}$$

Yukarıda hesaplanan brüt potansiyel değerlerine göre Zonguldak İlindeki gelecek yıllardaki potansiyel - ihtiyaç ilişkisi zamana bağlı olarak brüt hidroelektrik potansiyelinin belirli yüzdelerde kullanılması halinde ihtiyacın karşılandığı yıllar Şekil 4.2' de belirtilmiştir. Buna göre; Zonguldak İlinin toplam brüt hidroelektrik potansiyelinin %75'i kullanılır ise 2010 yılına, %80'i kullanılır ise 2014 yılına, %85'i kullanılır ise 2018 yılına, %90'ı kullanılır ise 2022 yılına, %95'i kullanılır ise 2026 yılına, %100'ü kullanılır ise 2030 yılına kadar Zonguldak İlinin mevcut elektrik ihtiyacının karşılanabileceği görülmüş olur.



Şekil 4.2 Zonguldak ilinde brüt hidroelektrik potansiyelinin belirli yüzdelerde kullanılması halinde ihtiyacın karşılandığı yıl.

4.3 KARABÜK BRÜT HİDROELEKTRİK ENERJİSİ ANALİZİ

Çizelge 4.2 Karabük ilinde yıllara göre kullanılan elektrik enerjisi miktarı.

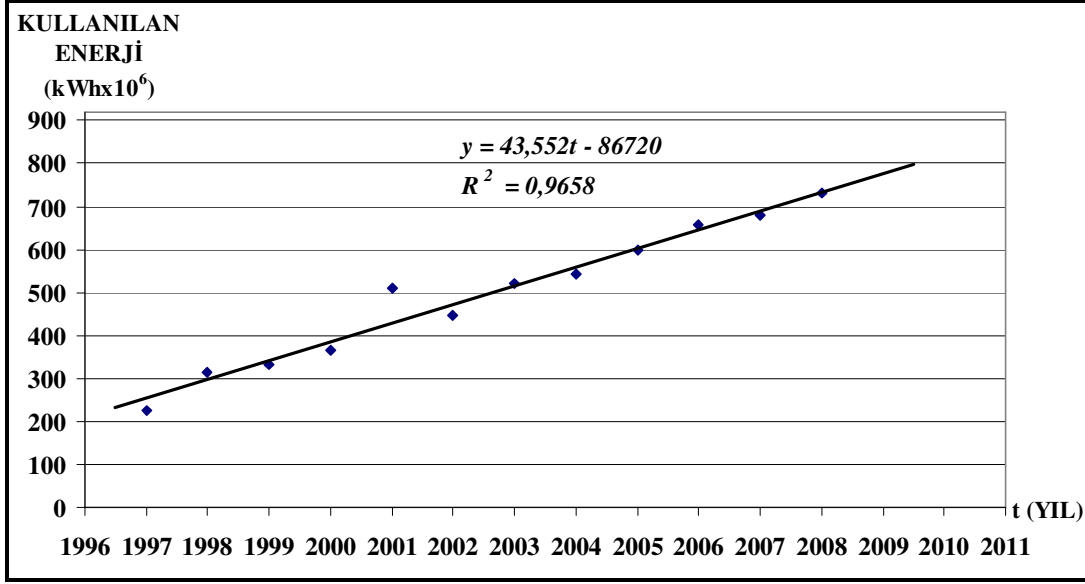
Yıllar	Kullanılan Elektrik Enerjisi (kWh)
1997	227.187.000
1998	314.945.000
1999	332.044.000
2000	364.603.000
2001	511.466.000
2002	446.339.000
2003	520.663.000
2004	541.743.000
2005	599.119.000
2006	656.858.000
2007	680.315.000
2008	732.298.000

Çizelge 4.2’de Karabük İlinin 1997 den 2008’ e kadar kullanılan elektrik enerjisi değerleri gösterilmiştir. Bu değerler TEDAŞ Müdürlüğü bilgi edinme sisteminden alınmıştır. 1997 yılından önceki değerler sistemde kayıtlı olmadığından toplam 12 yıllık veriler kullanılarak ihtiyaç-potansiyel grafikleri çizilmiştir.

Karabük İlinin elektrik tüketiminin yıllara göre dağılımı Şekil 4.3’de gösterilmektedir. 1997’den 2008’e kadar kullanılan elektrik enerjisi miktarlarının yıllara göre değişiminin denklemi Çizelge 4.2’ deki verilerden elde edilmiş ve denklem aşağıda verilmiştir. Denklemin iki değişken arasında belirlilik katsayısı $R^2= 0.9658$ 'dir.

$$y = - 86720 + 43,552t \quad (4.2)$$

Karabük İlinin toplam brüt hidroelektrik potansiyel değeri $9318,35 \times 10^6$ kWh olarak hesaplanmıştır. Bu brüt potansiyelin hepsinin kullanılması mümkün değildir. Brüt potansiyelin belli oranlarda kullanılması halinde Karabük İlinin gelecek yıllardaki potansiyel - ihtiyaç ilişkisi aşağıdaki şekilde incelenebilir.



Şekil 4.3 Karabük ilinin elektrik sarfiyatının yıllara göre dağılımı.

1-) Toplam Brüt Enerjinin %10'unun Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_1 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.20 \quad E_1 = 9318,35 \times 10^6 \times 0.20 \quad E_1 = 1863,67 \times 10^6 \text{ kWh}$$

2-) Toplam Brüt Enerjinin %20'sinin Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_2 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.30 \quad E_2 = 9318,35 \times 10^6 \times 0.30 \quad E_2 = 2795,50 \times 10^6 \text{ kWh}$$

3-) Toplam Brüt Enerjinin %30'unun Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_3 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.40 \quad E_3 = 9318,35 \times 10^6 \times 0.40 \quad E_3 = 3727,34 \times 10^6 \text{ kWh}$$

4-) Toplam Brüt Enerjinin %40'ının Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_4 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.50 \quad E_4 = 9318,35 \times 10^6 \times 0.50 \quad E_4 = 4659,17 \times 10^6 \text{ kWh}$$

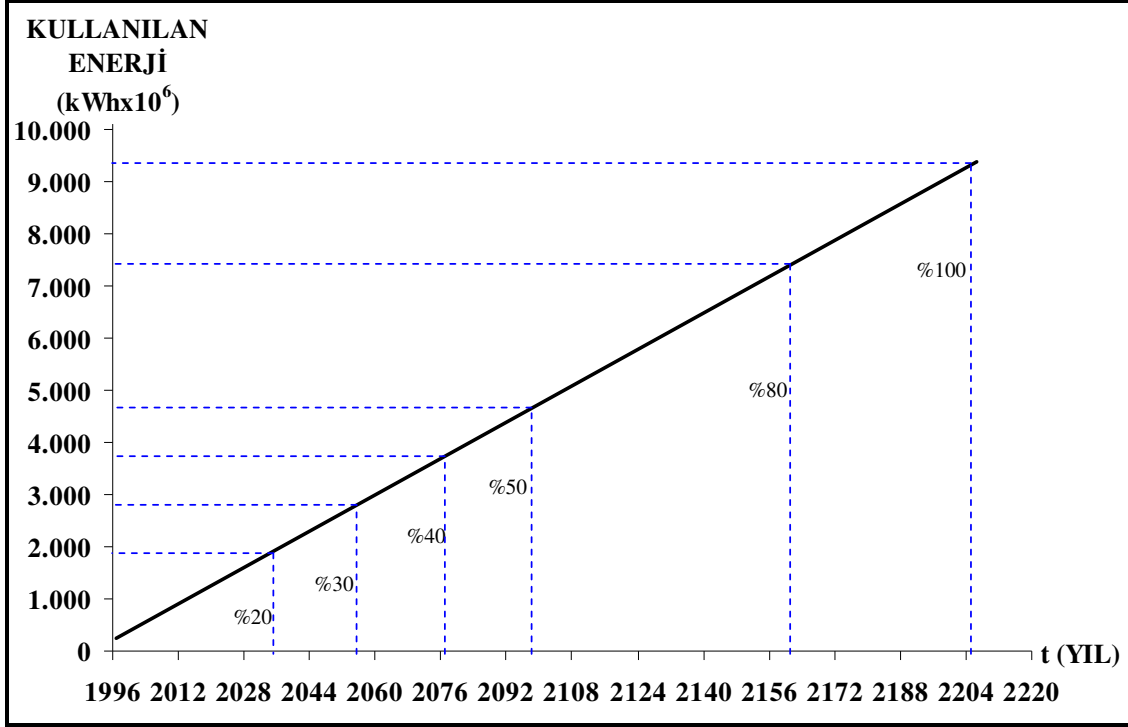
5-) Toplam Brüt Enerjinin %50'sinin Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_5 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.80 \quad E_5 = 9318,35 \times 10^6 \times 0.80 \quad E_5 = 7454,68 \times 10^6 \text{ kWh}$$

6-) Toplam Brüt Enerjinin %80'inin Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_6 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 1 \quad E_6 = 9318,35 \times 10^6 \times 1 \quad E_6 = 9318,35 \times 10^6 \text{ kWh}$$

Yukarıda hesaplanan brüt potansiyel değerlerine göre Karabük İlindeki gelecek yıllardaki potansiyel-ihtiyaç ilişkisi zamana bağlı olarak brüt hidroelektrik potansiyelinin belirli yüzdelerde kullanılması halinde ihtiyacın karşılandığı yıllar Şekil 4.4' de belirtilmiştir. Buna göre; Karabük İlinin toplam brüt hidroelektrik potansiyelinin %20'si kullanılır ise 2034 yılına, %30'u kullanılır ise 2056 yılına, %40'ı kullanılır ise 2077 yılına, %50'si kullanılır ise 2098 yılına, %80'i kullanılır ise 2162 yılına, %100'ü kullanılır ise 2205 yılına kadar Karabük İlinin mevcut elektrik ihtiyacının karşılanabileceği görülmüş olur.



Şekil 4.4 Karabük ilinde brüt hidroelektrik potansiyelinin belirli yüzdelerde kullanılması halinde ihtiyacın karşılandığı yıl.

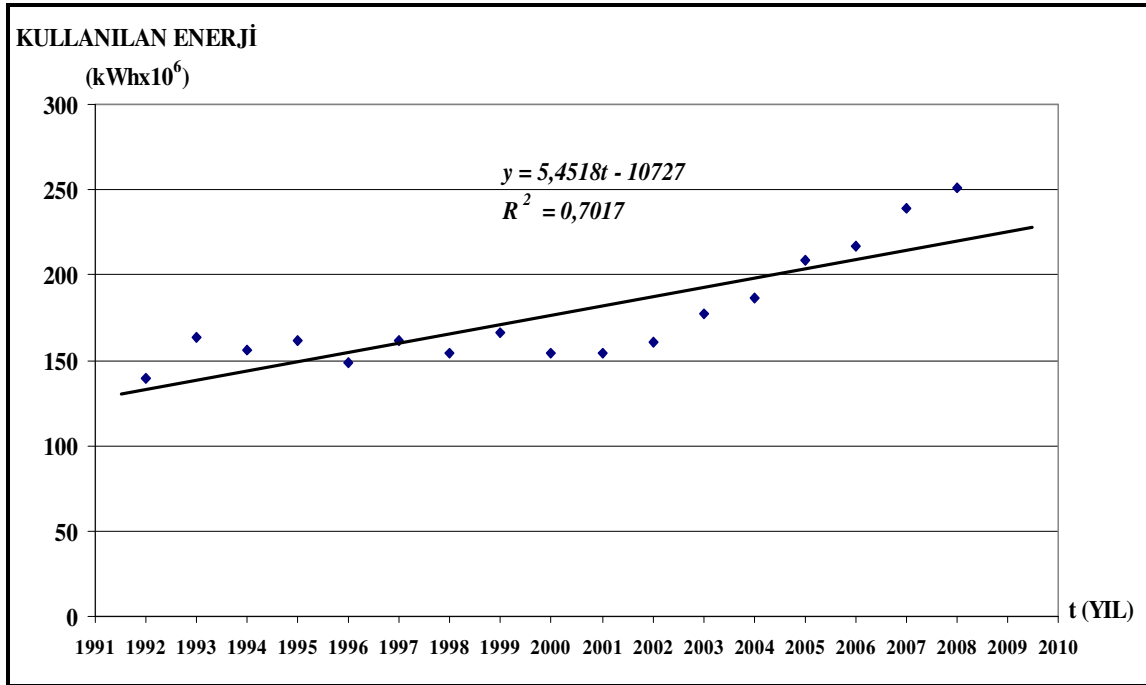
4.4 BARTIN BRÜT HİDROELEKTRİK ENERJİSİ ANALİZİ

Çizelge 4.3 Bartın ilinde yıllara göre kullanılan elektrik enerjisi miktarı.

Yıllar	Kullanılan Elektrik Enerjisi (kWh)
1992	139.487.000
1993	163.219.000
1994	156.150.000
1995	161.197.000
1996	148.544.000
1997	161.844.000
1998	153.743.000
1999	166.604.000
2000	154.053.000
2001	154.601.000
2002	160.447.000
2003	177.275.000
2004	186.294.000
2005	208.841.000
2006	217.078.000
2007	238.856.000
2008	251.034.000

Çizelge 4.3'de Bartın İlinin 1992 den 2008 e kadar kullanılan elektrik enerjisi değerleri gösterilmiştir. Bu değerler TEDAŞ Müdürlüğü bilgi edinme sisteminden alınmıştır. 1992 yılından önceki değerler sistemde kayıtlı olmadığından toplam 17 yıllık veriler kullanılarak ihtiyaç-potansiyel grafikleri çizilmiştir. Bartın İlinin elektrik tüketiminin yıllara göre dağılımı Şekil 4.5'de gösterilmektedir. 1992'den 2008'e kadar kullanılan elektrik enerjisi miktarlarının yıllara göre değişiminin denklemi Çizelge 4.3' deki verilerden elde edilmiş ve denklem aşağıda verilmiştir. Denklemin iki değişken arasında belirlilik katsayısı $R^2 = 0.7017$ 'dir.

$$y = - 10727 + 5,4518t \quad (4.3)$$



Şekil 4.5 Bartın ilinin elektrik sarfiyatının yıllara göre dağılımı.

Bartın İlinin toplam brüt hidroelektrik potansiyel değeri $1239,37 \times 10^6$ kWh olarak hesaplanmıştır. Bu brüt potansiyelin hepsinin kullanılması mümkün değildir. Brüt potansiyelin belli oranlarda kullanılması halinde Bartın ilinin gelecek yıllardaki potansiyel - ihtiyaç ilişkisi aşağıdaki şekilde incelenebilir.

1-) Toplam Brüt Enerjinin %30'unun Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_1 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.30 \quad E_1 = 1239,37 \times 10^6 \times 0.30 \quad E_1 = 371,811 \times 10^6 \text{ kWh}$$

2-) Toplam Brüt Enerjinin %40'ının Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_2 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.40 \quad E_2 = 1239,37 \times 10^6 \times 0.40 \quad E_2 = 495,748 \times 10^6 \text{ kWh}$$

3-) Toplam Brüt Enerjinin %50'sinin Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_3 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.50 \quad E_3 = 1239,37 \times 10^6 \times 0.50 \quad E_3 = 619,685 \times 10^6 \text{ kWh}$$

4-) Toplam Brüt Enerjinin %60'ının Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_4 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.60 \quad E_4 = 1239,37 \times 10^6 \times 0.60 \quad E_4 = 743,622 \times 10^6 \text{ kWh}$$

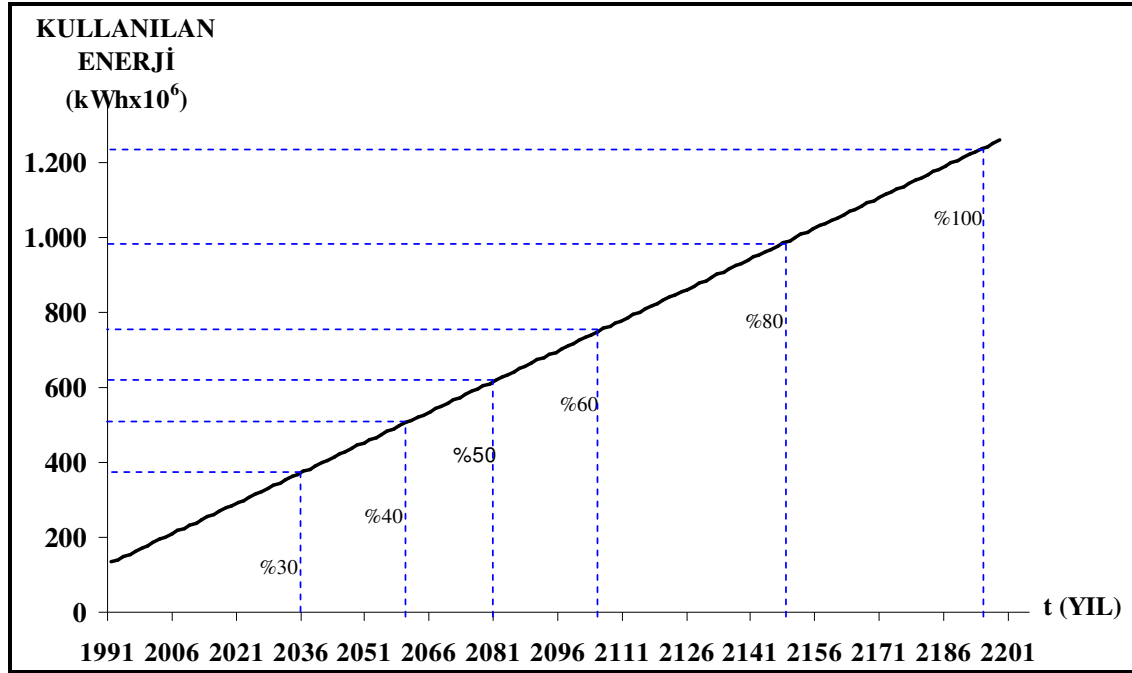
5-) Toplam Brüt Enerjinin %80'inin Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_5 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0,80 \quad E_5 = 1239,37 \times 10^6 \times 0,80 \quad E_5 = 991,496 \times 10^6 \text{ kWh}$$

6-) Toplam Brüt Enerjinin %100'ünün Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_6 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 1 \quad E_6 = 1239,37 \times 10^6 \times 1 \quad E_6 = 1239,372 \times 10^6 \text{ kWh}$$

Yukarıda hesaplanan brüt potansiyel değerlerine göre Bartın İlindeki gelecek yıllardaki potansiyel - ihtiyaç ilişkisi zamana bağlı olarak Şekil 4.6'da belirtilmiştir. Buna göre; Bartın İlinin toplam brüt hidroelektrik potansiyelinin %30'u kullanılır ise 2036 yılına, %40'ı kullanılır ise 2051 yılına, %50'si kullanılır ise 2081 yılına, %60'ı kullanılır ise 2104 yılına, %80'i kullanılır ise 2150 yılına, %100'ü kullanılır ise 2195 yılına kadar Bartın İlinin mevcut elektrik ihtiyacının karşılanabileceği görülmüş olur.



Şekil 4.6 Bartın ilinde brüt hidroelektrik potansiyelinin belirli yüzdelerde kullanılması halinde ihtiyacın karşılandığı yıl.

4.5 KASTAMONU BRÜT HİDROELEKTRİK ENERJİSİ ANALİZİ

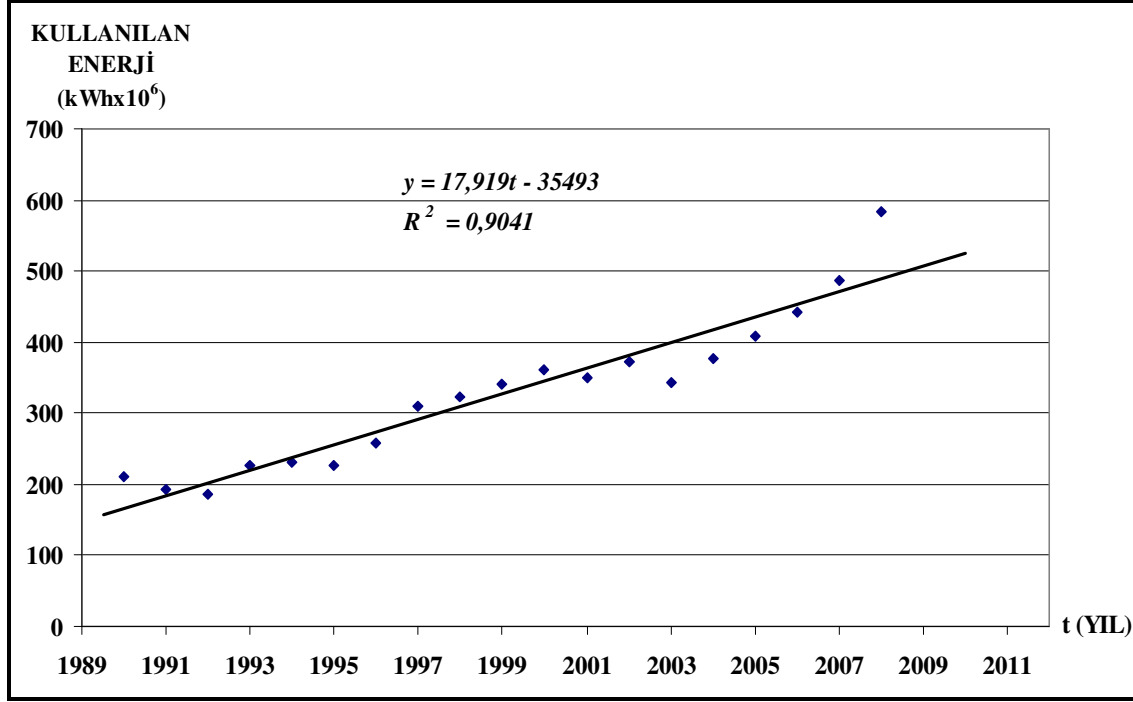
Çizelge 4.4 Kastamonu ilinde yıllara göre kullanılan elektrik enerjisi miktarı.

Yıllar	Kullanılan Elektrik Enerjisi (kWh)
1990	211.174.000
1991	193.435.000
1992	186.567.000
1993	226.909.000
1994	232.046.000
1995	226.982.000
1996	258.071.000
1997	309.190.000
1998	323.645.959
1999	340.587.454
2000	361.568.269
2001	351.091.020
2002	372.307.988
2003	342.708.621
2004	375.853.701
2005	408.158.509
2006	442.490.577
2007	486.891.830
2008	582.405.000

Çizelge 4.4’de Kastamonu İlinin 1990 den 2008 e kadar kullanılan elektrik enerjisi değerleri gösterilmiştir. Bu değerler TEDAŞ Müdürlüğü bilgi edinme sisteminden alınmıştır. 1990 yılından önceki değerler sistemde kayıtlı olmadığından toplam 19 yıllık veriler kullanılarak ihtiyaç-potansiyel grafikleri çizilmiştir.

Kastamonu İlinin elektrik tüketiminin yıllara göre dağılımı Şekil 4.7’de gösterilmektedir. 1990’dan 2008’e kadar kullanılan elektrik enerjisi miktarlarının yıllara göre değişiminin denklemi Çizelge 4.4’ deki verilerden elde edilmiş ve denklem aşağıda verilmiştir. Denklem iki değişken arasında belirlilik katsayısı $R^2= 0.9041$ 'dir.

$$y = - 35493 + 17,919t \quad (4.4)$$



Şekil 4.7 Kastamonu ilinin elektrik sarfiyatının yıllara göre dağılımı.

Kastamonu İlinin toplam brüt hidroelektrik potansiyel değeri $2026,93 \times 10^6$ kWh olarak hesaplanmıştır. Bu brüt potansiyelin hepsinin kullanılması mümkün değildir. Brüt potansiyelin belli oranlarda kullanılması halinde Kastamonu İlinin gelecek yıllardaki potansiyel - ihtiyaç ilişkisi aşağıdaki şekilde incelenebilir.

1-) Toplam Brüt Enerjinin %30'unun Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_1 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.30 \quad E_1 = 2026,93 \times 10^6 \times 0.30 \quad E_1 = 608,079 \times 10^6 \text{ kWh}$$

2-) Toplam Brüt Enerjinin %40'mın Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_2 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.40 \quad E_2 = 2026,93 \times 10^6 \times 0.40 \quad E_2 = 810,772 \times 10^6 \text{ kWh}$$

3-) Toplam Brüt Enerjinin %50'sinin Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_3 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.50 \quad E_3 = 2026,93 \times 10^6 \times 0.50 \quad E_3 = 1013,465 \times 10^6 \text{ kWh}$$

4-) Toplam Brüt Enerjinin %60'mın Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_4 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.60 \quad E_4 = 2026,93 \times 10^6 \times 0.60 \quad E_4 = 1216,158 \times 10^6 \text{ kWh}$$

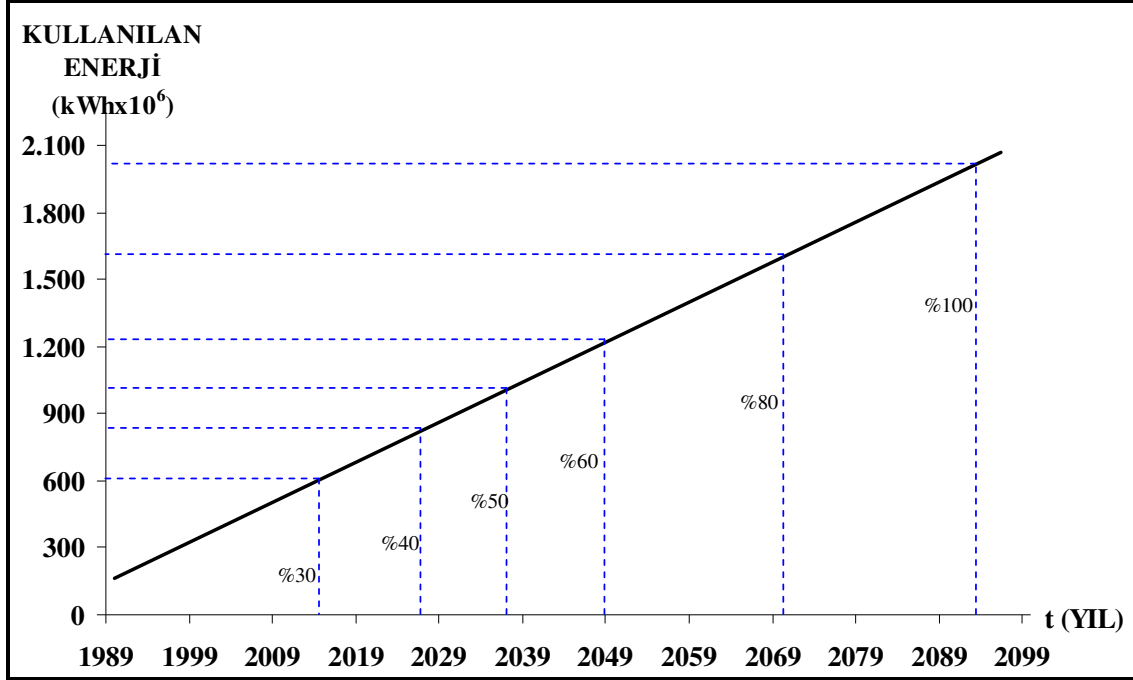
5-) Toplam Brüt Enerjinin %80'inin Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_5 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0,80 \quad E_5 = 2026,93 \times 10^6 \times 0,80 \quad E_5 = 1621,544 \times 10^6 \text{ kWh}$$

6-) Toplam Brüt Enerjinin %90'mın Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_6 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 1 \quad E_6 = 2026,93 \times 10^6 \times 1 \quad E_6 = 2026,93 \times 10^6 \text{ kWh}$$

Yukarıda hesaplanan brüt potansiyel değerlerine göre Kastamonu İlindeki gelecek yıllardaki potansiyel - ihtiyaç ilişkisi zamana bağlı olarak Şekil 4.8’de belirtilmiştir. Buna göre; Kastamonu İlinin toplam brüt hidroelektrik potansiyelinin %30’u kullanılır ise 2015 yılına, %40’ı kullanılır ise 2026 yılına, %50’si kullanılır ise 2037 yılına, %60’ı kullanılır ise 2049 yılına, %80’i kullanılır ise 2071 yılına, %100’ü kullanılır ise 2094 yılına kadar Kastamonu İlinin mevcut elektrik ihtiyacının karşılanabileceği görülmüş olur.



Şekil 4.8 Kastamonu ilinde brüt hidroelektrik potansiyelinin belirli yüzdelerde kullanılması halinde ihtiyacın karşılandığı yıl.

4.6 DÜZCE BRÜT HİDROELEKTRİK ENERJİSİ ANALİZİ

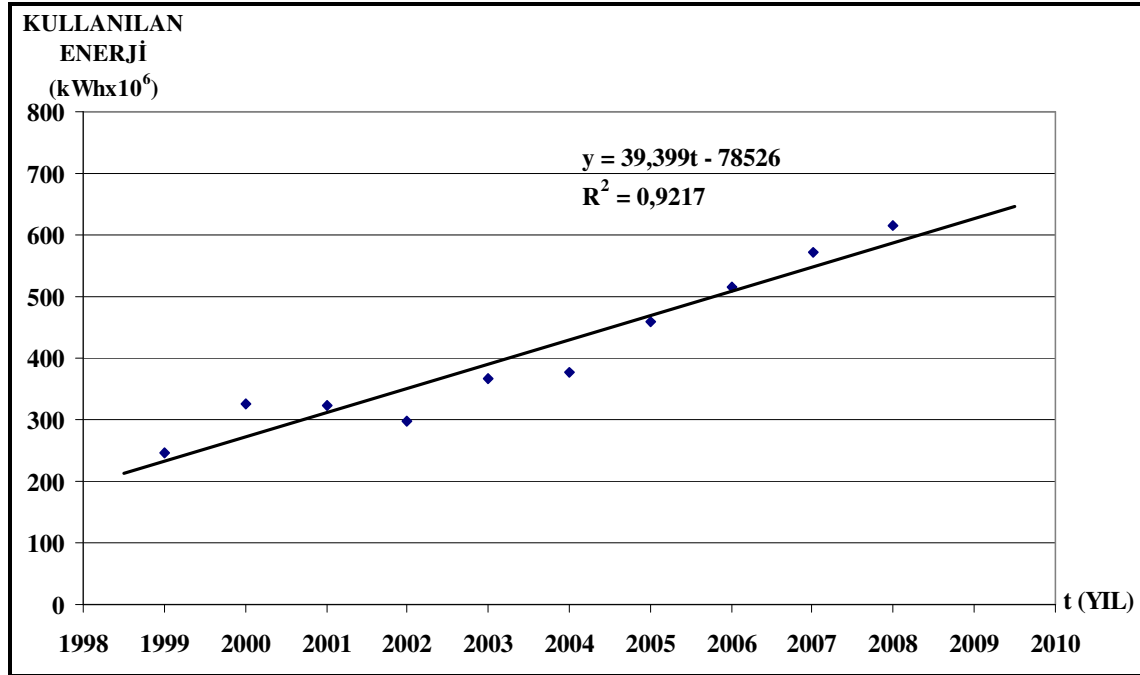
Çizelge 4.5 Düzce ilinde yıllara göre kullanılan elektrik enerjisi miktarı.

Yıllar	Kullanılan Elektrik Enerjisi (kWh)
1999	244.985.919
2000	326.275.241
2001	322.405.716
2002	298.716.834
2003	366.052.032
2004	376.059.000
2005	458.083.000
2006	515.468.000
2007	570.580.000
2008	615.789.000

Çizelge 4.5’de Düzce İlinin 1999 dan 2008’ e kadar kullanılan elektrik enerjisi değerleri gösterilmiştir. Bu değerler TEDAŞ Müdürlüğü bilgi edinme sisteminden alınmıştır.

1999 yılından önceki değerler sistemde kayıtlı olmadığından toplam 10 yıllık veriler kullanılarak ihtiyaç-potansiyel grafikleri çizilmiştir. Düzce İlinin elektrik tüketiminin yıllara göre dağılımı Şekil 4.9’da gösterilmektedir. 1999’dan 2008’e kadar kullanılan elektrik enerjisi miktarlarının yıllara göre değişiminin denklemi Çizelge 4.5’ deki verilerden elde edilmiş ve denklem aşağıda verilmiştir. Denklem iki değişken arasında belirlilik katsayısı $R^2 = 0.9217$ 'dir.

$$y = - 78526 + 39,399t \quad (4.5)$$



Şekil 4.9 Düzce ilinin elektrik sarfiyatının yıllara göre dağılımı.

Düzce İlinin toplam brüt hidroelektrik potansiyel değeri $1018,07 \times 10^6$ kWh olarak hesaplanmıştır. Brüt potansiyelin belli oranlarda kullanılması halinde Düzce İlinin gelecek yıllardaki potansiyel - ihtiyaç ilişkisi aşağıdaki şekilde incelenebilir.

1-) Toplam Brüt Enerjinin %70'inin Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_1 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.70 \quad E_1 = 1018,07 \times 10^6 \times 0.70 \quad E_1 = 712,65 \times 10^6 \text{ kWh}$$

2-) Toplam Brüt Enerjinin %80'inin Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_2 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.80 \quad E_2 = 1018,07 \times 10^6 \times 0.80 \quad E_2 = 814,45 \times 10^6 \text{ kWh}$$

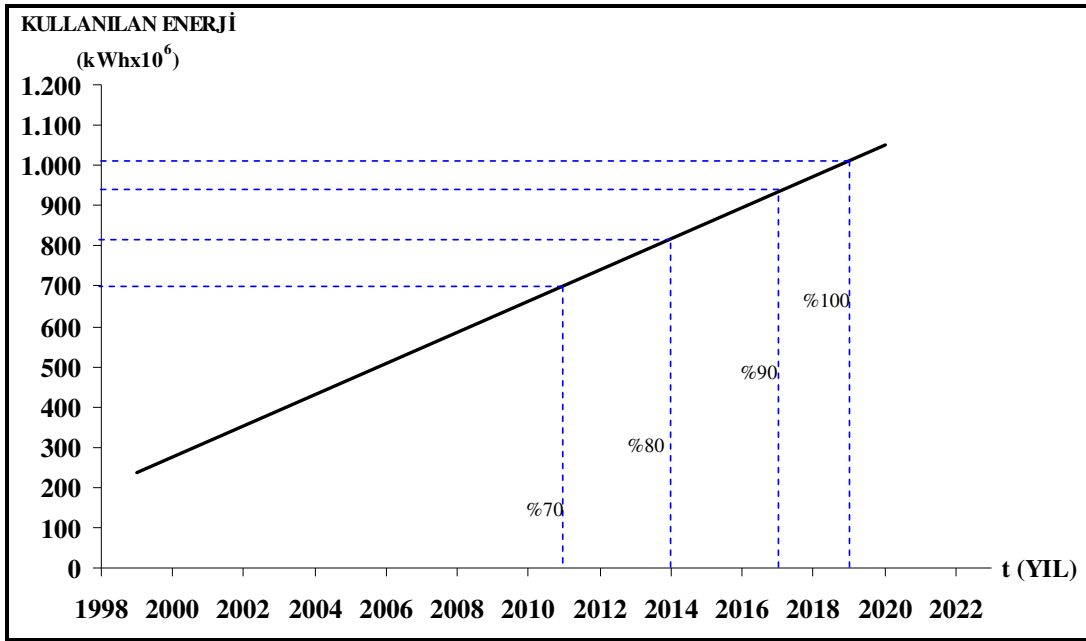
3-) Toplam Brüt Enerjinin %90'ının Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_3 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.90 \quad E_3 = 1018,07 \times 10^6 \times 0.90 \quad E_3 = 916,26 \times 10^6 \text{ kWh}$$

4-) Toplam Brüt Enerjinin %100'ünün Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_4 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 1 \quad E_4 = 1018,07 \times 10^6 \times 1 \quad E_4 = 1018,07 \times 10^6 \text{ kWh}$$

Yukarıda hesaplanan brüt potansiyel değerlerine göre Düzce İlindeki gelecek yıllardaki potansiyel - ihtiyaç ilişkisi zamana bağlı olarak Şekil 4.10'da belirtilmiştir. Buna göre; Düzce İlinin toplam brüt hidroelektrik potansiyelinin %70'i kullanılır ise 2011 yılına, %80'i kullanılır ise 2014 yılına, %90'ı kullanılır ise 2017 yılına, %100'ü kullanılır ise 2019 yılına kadar Düzce İlinin mevcut elektrik ihtiyacının karşılanabileceği görülmüş olur.



Şekil 4.10 Düzce ilinde brüt hidroelektrik potansiyelinin belirli yüzdelerde kullanılması halinde ihtiyacın karşılandığı yıl.

4.8 BOLU BRÜT HİDROELEKTRİK ENERJİSİ ANALİZİ

Çizelge 4.6'da Bolu İlinin 1990 den 2008 e kadar kullanılan elektrik enerjisi değerleri gösterilmiştir. Bu değerler TEDAŞ Müdürlüğü bilgi edinme sisteminden alınmıştır. 1990 yılından önceki değerler sistemde kayıtlı olmadığından toplam 19 yıllık veriler kullanılarak ihtiyaç-potansiyel grafikleri çizilmiştir.

Çizelge 4.6 Bolu ilinde yıllara göre kullanılan elektrik enerjisi miktarı.

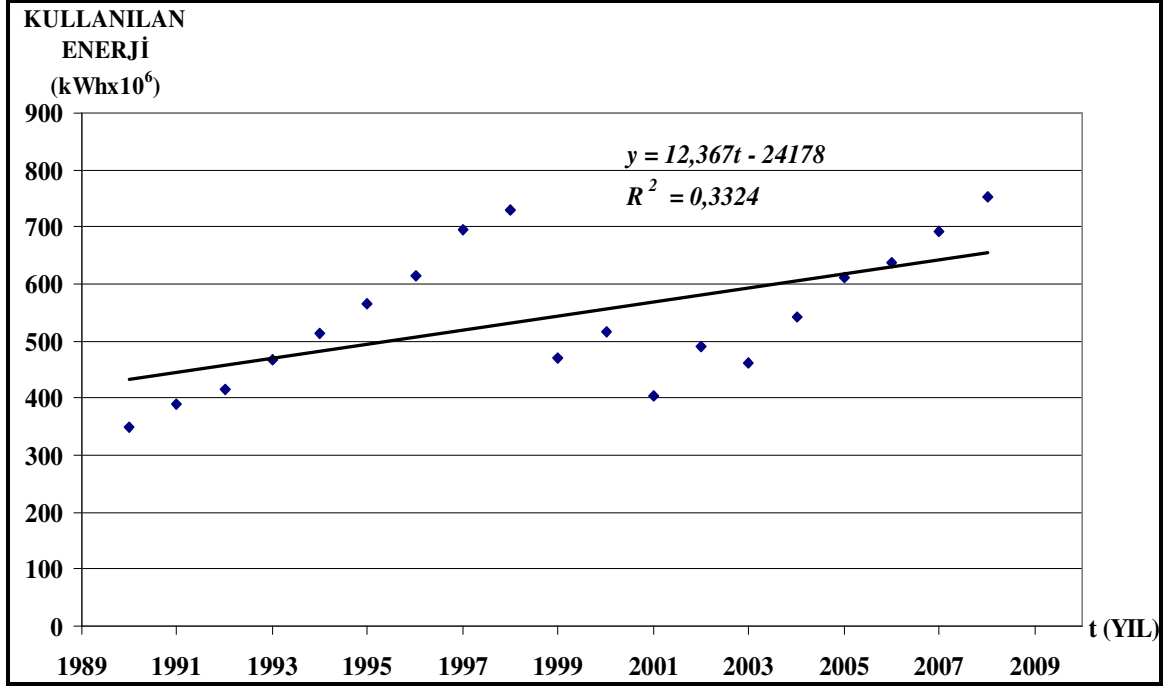
Yıllar	Kullanılan Elektrik Enerjisi (kWh)
1990	350.467.000
1991	389.377.000
1992	415.349.000
1993	467.685.000
1994	512.607.000
1995	565.431.000
1996	614.619.914
1997	694.461.000
1998	730.288.163
1999	469.224.241
2000	517.749.909
2001	404.321.878
2002	491.108.805
2003	462.333.553
2004	542.512.000
2005	612.093.000
2006	636.663.000
2007	692.575.000
2008	754.259.000

Bolu İlinin elektrik tüketiminin yıllara göre dağılımı Şekil 4.11'de gösterilmektedir. 1990'dan 2008'e kadar kullanılan elektrik enerjisi miktarlarının yıllara göre değişiminin denklemi Çizelge 4.6' daki verilerden elde edilmiş ve denklem aşağıda verilmiştir. Denklemin iki değişken arasında belirlilik katsayısı $R^2 = 0.3324$ 'dür.

$$y = - 24178 + 12,367t \quad (4.6)$$

Şekil 4.11' de görüldüğü gibi R^2 değerinin düşük çıkmasının ve kullanılan enerji değerlerinin 1999 yılında farklılık göstermesinin en önemli nedeni 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 tarihlerindeki deprem felaketi sonrası, il genelinde yapılan elektrik kesintisidir. İl genelinde elektrik tüketiminin, deprem öncesi ve sonrası dönemle karşılaştırıldığında; 1998 yılına göre, 1999 yılında $261,060 \text{ kWh} \times 10^6$ azaldığı görülmektedir.

2000 yılında ise bir önceki yıla göre elektrik tüketimlerinde artış kaydedilmiştir. Bu artışın nedeni ise deprem sonrası oluşturulan çadır kentlerde ve prefabrik konutlarda enerji türü olarak elektriğin daha çok tercih edilmiş olmasıdır. Deprem sonucu üretim düşüşleri ve ticari faaliyetlerin duraksaması ile kent ölçeğinde ekonomik durgunluk yaşanmış, bu sorun henüz aşılamamış iken, ülke genelinde yaşanan ekonomik kriz bu olumsuz gidişi çok daha derinden etkilemiştir.



Şekil 4.11 Bolu ilinin elektrik sarfiyatının yıllara göre dağılımı.

Bolu İlının toplam brüt hidroelektrik potansiyel değeri $1838,31 \times 10^6$ kWh olarak hesaplanmıştır. Bu brüt potansiyelin hepsinin kullanılması mümkün değildir. Brüt potansiyelin belli oranlarda kullanılması halinde Bolu İlının gelecek yıllardaki potansiyel - ihtiyaç ilişkisi aşağıdaki şekilde incelenebilir.

1-) Toplam Brüt Enerjinin %50'sinin Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_1 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.50 \quad E_1 = 1838,31 \times 10^6 \times 0.50 \quad E_1 = 919,16 \times 10^6 \text{ kWh}$$

2-) Toplam Brüt Enerjinin %60'ının Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_2 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.60 \quad E_2 = 1838,31 \times 10^6 \times 0.60 \quad E_2 = 1102,99 \times 10^6 \text{ kWh}$$

3-) Toplam Brüt Enerjinin %70'inin Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_3 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.70 \quad E_3 = 1838,31 \times 10^6 \times 0.70 \quad E_3 = 1286,82 \times 10^6 \text{ kWh}$$

4-) Toplam Brüt Enerjinin %80'inin Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_4 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.80 \quad E_4 = 1838,31 \times 10^6 \times 0.80 \quad E_4 = 1470,65 \times 10^6 \text{ kWh}$$

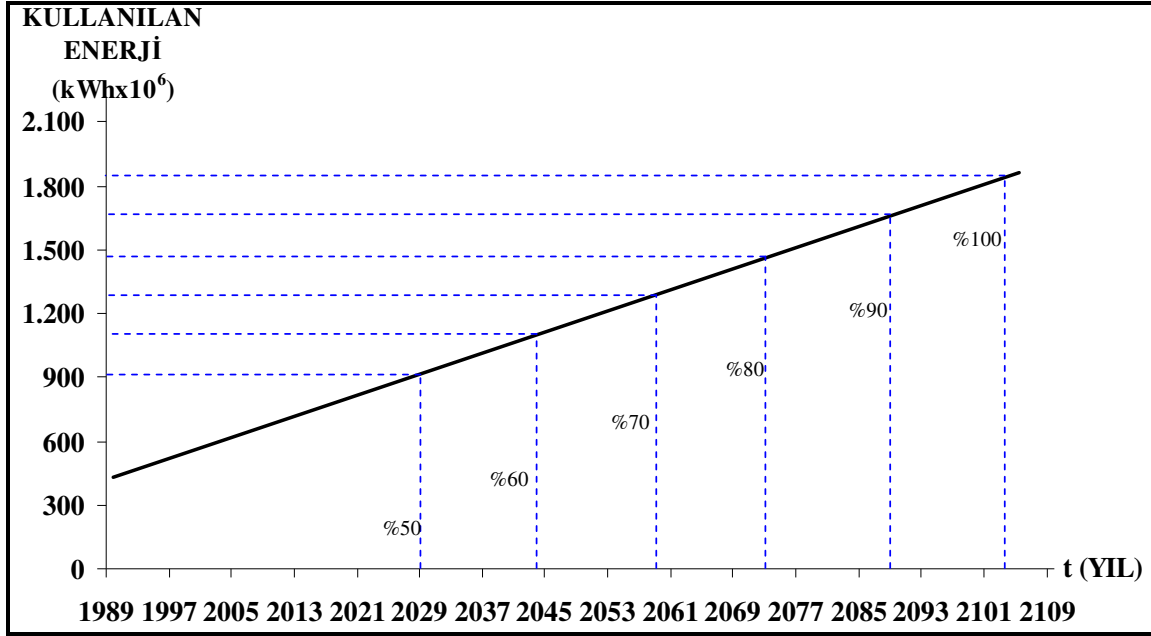
5-) Toplam Brüt Enerjinin %90'ünün Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_5 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0,90 \quad E_5 = 1838,31 \times 10^6 \times 0,90 \quad E_5 = 1654,48 \times 10^6 \text{ kWh}$$

6-) Toplam Brüt Enerjinin %100'ünün Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_6 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 1 \quad E_6 = 1838,31 \times 10^6 \times 1 \quad E_6 = 1838,31 \times 10^6 \text{ kWh}$$

Yukarıda hesaplanan brüt potansiyel değerlerine göre Bolu İlindeki gelecek yıllardaki potansiyel - ihtiyaç ilişkisi zamana bağlı olarak Şekil 4.12’de belirtilmiştir. Buna göre; Bolu İlinin toplam brüt hidroelektrik potansiyelinin %50’si kullanılır ise 2029 yılına, %60’ı kullanılır ise 2044 yılına, %70’i kullanılır ise 2059 yılına, %80’i kullanılır ise 2074 yılına, %90’ı kullanılır ise 2089 yılına, %100’ü kullanılır ise 2104 yılına kadar Bolu İlinin mevcut elektrik ihtiyacının karşılanabileceği görülmüş olur.



Şekil 4.12 Bolu ilinde brüt hidroelektrik potansiyelinin belirli yüzdelerde kullanılması halinde ihtiyacın karşılandığı yıl.

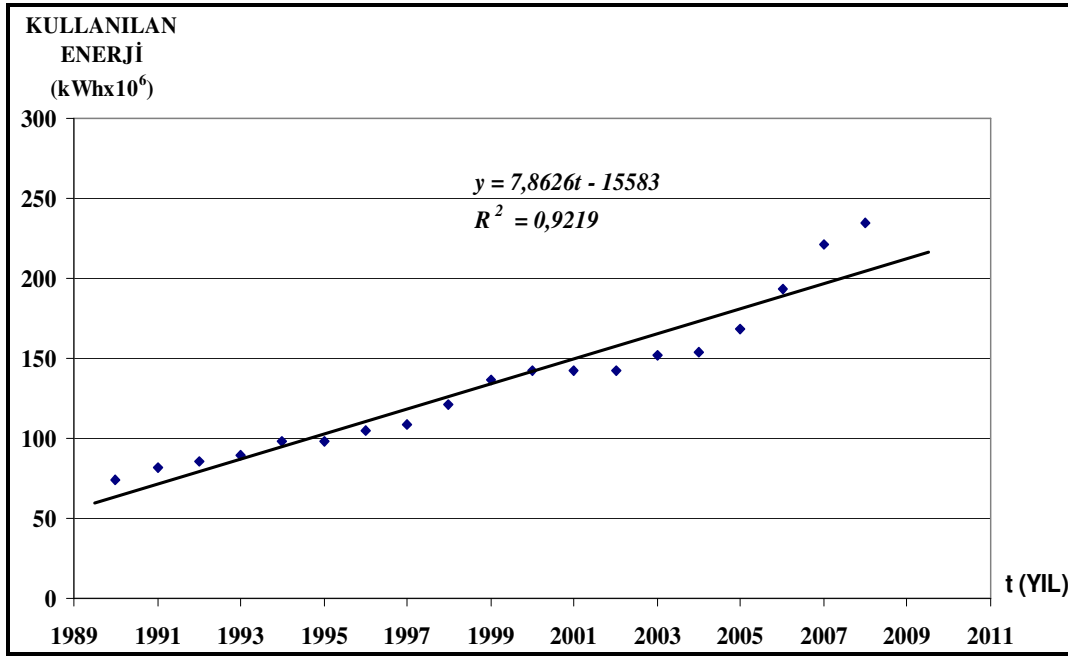
4.9 SİNOP BRÜT HİDROELEKTRİK ENERJİSİ ANALİZİ

Çizelge 4.7’de Sinop İlinin 1990 den 2008’ e kadar kullanılan elektrik enerjisi değerleri gösterilmiştir. Bu değerler TEDAŞ Müdürlüğü bilgi edinme sisteminden alınmıştır. 1990 yılından önceki değerler sistemde kayıtlı olmadığından toplam 19 yıllık veriler kullanılarak ihtiyaç-potansiyel grafikleri çizilmiştir. Sinop İlinin elektrik tüketiminin yıllara göre dağılımı Şekil 4.13’de gösterilmektedir. 1990’dan 2008’e kadar kullanılan elektrik enerjisi miktarlarının yıllara göre değişiminin denklemi Çizelge 4.7’ deki verilerden elde edilmiş ve denklem aşağıda verilmiştir. Denklem iki değişken arasında belirlilik katsayısı $R^2 = 0.9219$ 'dur.

$$y = - 15583 + 7,8626t \quad (4.7)$$

Çizelge 4.7 Sinop ilinde yıllara göre kullanılan elektrik enerjisi miktarı.

Yıllar	Kullanılan Elektrik Enerjisi (kWh)
1990	74.205.000
1991	81.336.000
1992	85.782.000
1993	89.870.000
1994	97.736.000
1995	98.055.000
1996	104.421.906
1997	108.848.000
1998	121.165.268
1999	136.567.693
2000	142.396.622
2001	142.047.530
2002	141.872.406
2003	151.720.172
2004	153.591.000
2005	168.729.000
2006	193.713.000
2007	221.284.000
2008	234.148.000



Şekil 4.13 Bolu ilinin elektrik sarfiyatının yıllara göre dağılımı.

Sinop İlinin toplam brüt hidroelektrik potansiyel değeri $1363,21 \times 10^6$ kWh olarak hesaplanmıştır. Bu brüt potansiyelin hepsinin kullanılması mümkün değildir. Brüt potansiyelin belli oranlarda kullanılması halinde Sinop İlinin gelecek yıllardaki potansiyel - ihtiyaç ilişkisi aşağıdaki şekilde incelenebilir.

1-) Toplam Brüt Enerjinin %20'sinin Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_1 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.20 \quad E_1 = 1363,21 \times 10^6 \times 0.20 \quad E_1 = 272,64 \times 10^6 \text{ kWh}$$

2-) Toplam Brüt Enerjinin %30'ünün Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_2 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.30 \quad E_2 = 1363,21 \times 10^6 \times 0.30 \quad E_2 = 408,96 \times 10^6 \text{ kWh}$$

3-) Toplam Brüt Enerjinin %40'ünün Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_3 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.40 \quad E_3 = 1363,21 \times 10^6 \times 0.40 \quad E_3 = 545,28 \times 10^6 \text{ kWh}$$

4-) Toplam Brüt Enerjinin %50'ünün Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_4 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0.50 \quad E_4 = 1363,21 \times 10^6 \times 0.50 \quad E_4 = 681,61 \times 10^6 \text{ kWh}$$

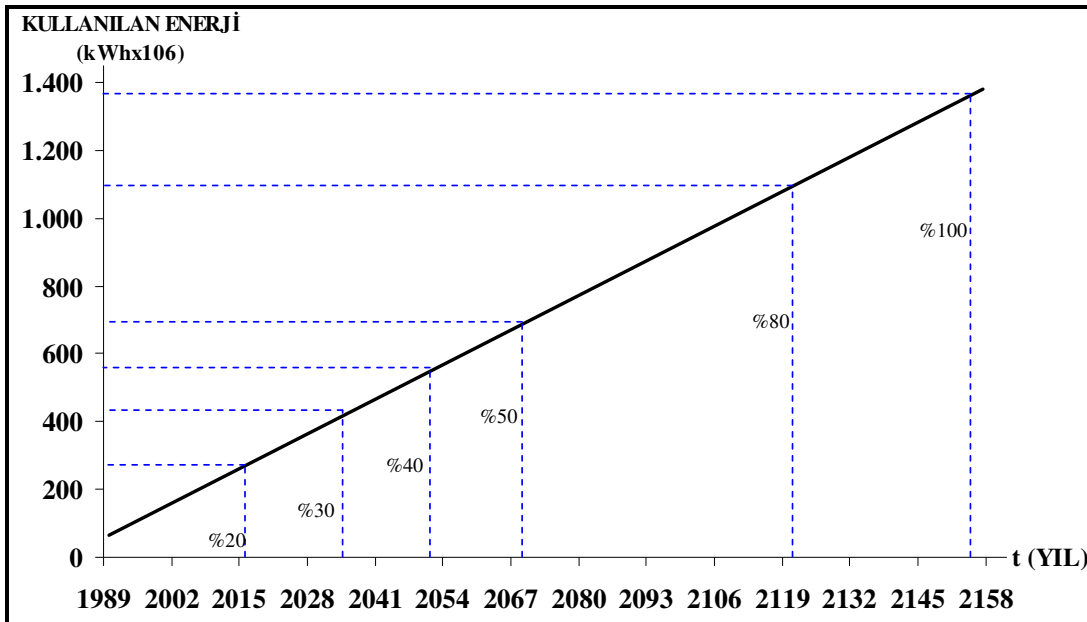
5-) Toplam Brüt Enerjinin %80'ünün Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_5 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 0,80 \quad E_5 = 1363,21 \times 10^6 \times 0,80 \quad E_5 = 1090,57 \times 10^6 \text{ kWh}$$

6-) Toplam Brüt Enerjinin %100'ünün Kullanılabilmesi Durumunda:

$$E_6 = \sum E_{\text{Brüt}} \times 1 \quad E_6 = 1363,21 \times 10^6 \times 1 \quad E_6 = 1363,21 \times 10^6 \text{ kWh}$$

Yukarıda hesaplanan brüt potansiyel değerlerine göre Sinop İlindeki gelecek yıllardaki potansiyel - ihtiyaç ilişkisi zamana bağlı olarak Şekil 4.14'de belirtilmiştir. Buna göre; Sinop İlinin toplam brüt hidroelektrik potansiyelinin %20'si kullanılır ise 2017 yılına, %30'ü kullanılır ise 2034 yılına, %40'i kullanılır ise 2051 yılına, %50'i kullanılır ise 2069 yılına, %80'ü kullanılır ise 2121 yılına, %100'ü kullanılır ise 2155 yılına kadar Sinop İlinin mevcut elektrik ihtiyacının karşılanabileceği görülmüş olur.



Şekil 4.14 Sinop brüt hidroelektrik potansiyelinin belirli yüzdelerde kullanılması halinde ihtiyacın karşılandığı yıl.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Batı Karadeniz Bölgesi'nin illere göre hidroelektrik potansiyelinin incelendiğinde önümüzdeki 100 yıl içinde Karabük ve Bartın İllerinin toplam brüt potansiyellerinin %50-%60 arasındaki oranlarda kullanıldığında kendi ihtiyaçlarını karşılamakta olduğu görülür. Bu oranlardan daha fazla miktarda brüt hidroelektrik enerjiden yararlanılırsa, fazlalık enerji enterkonnekte sisteme verilir. Zonguldak İlinde önümüzdeki 20 yıla kadar ve Düzce İlinde önümüzdeki 10 yıla kadar kendi potansiyeli ihtiyacını karşılamaktadır. Bunun sebebi ise bu illerdeki nüfus yoğunluğu ve enerji talep miktarı çevre illerden daha fazla miktarda ve brüt hidroelektrik potansiyelinin de diğer illere göre daha az değerinde olmasıdır. Kastamonu, Bolu ve Sinop illerinde ise toplam brüt potansiyellerinin %100' ünün kullanılması halinde önümüzdeki 100 yıl içinde kendi ihtiyaçlarını karşılayabileceklerdir. Fakat brüt potansiyellerin tamamının kullanılması mümkün değildir.

2. Türkiye'nin brüt hidroelektrik potansiyeli 432976 GWh olup, ekonomik potansiyeli 126109 GWh olarak tahmin edilmektedir. Batı Karadeniz Bölgesi'nin brüt potansiyeli 17914 GWh olup ülke potansiyelinin % 4,14' ü değerindedir.

3. Türkiye'nin 2007 yılı içinde ürettiği toplam elektrik enerjisi 150703,4 GWh'dir. Batı Karadeniz Bölgesi 17914 GWh' lik brüt potansiyeli ile bu rakamın % 11,89' unu karşılayabilmektedir.

4. Türkiye' de kişi başına enerji tüketimi 2010 yılında 3380 kWh/yıl, 2020 yılında 6050 kWh/yıl olması beklenmektedir. Bu tüketimin karşılanabilmesi için Türkiye' de tüketime sunulması gereken enerji miktarları 2010 yılında 250 milyar kWh, 2020 yılında 496 milyar kWh olması gerekmektedir. Bu ihtiyacın ithal kömür ve ithal doğal gaz ile kapatılması önemli mali problemleri ortaya çıkaracaktır. Bu nedenle önümüzdeki 20 yıl içinde Türkiye hidroelektrik potansiyelini en iyi şekilde değerlendirmesi zorunlu hale gelmiştir.

5. Ulusal çıkarlarımız doğrultusunda petrol ve benzeri ithal yakıtlara olan bağımlılığın azaltılması, çevre konusunda, kirlilik ve dünya ölçeğinde küresel ısınma riskinin azaltılması için yerel ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak bu illerdeki mevcut hidroelektrik potansiyeller değerlendirilmelidir.

6. Enerji sektöründe özel sektör yatırımlarının teşvik edilmesi ve özelleştirme faaliyetlerine hız verilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akdoğan M** (2006) Enerji Kaynakları ve Doğu Karadeniz'in Hidroelektrik Potansiyel Dengesi Etüdü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış), Trabzon, s.12-15.
- Akım K** (2002) Ulaştırma ve Enerji, Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış), İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akpınar A, Kömürcü M İ, Kankal M, Özölçer İ H and Kaygusuz K** (2008) Energy Situation and Renewables in Turkey and Environmental Effects of Energy Use, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, Issue 12, p. 2013-2039.
- Akpınar A, Kömürcü M İ, Önsoy H and Kaygusuz K** (2008) Status of geothermal energy amongst Turkey's energy sources, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 12, Issue 4, p. 1148-1161.
- Akpınar A, Kömürcü M İ, Özölçer İ H and Şenol A** (2009) Total Electricity and Hydroelectric Energy Generation in Turkey: Projection and Comparison, *Energy Source Part B: Economics, Planning and Policy*.
- Avcı İ** (2006) Türkiye'de Küçük Hidroelektrik Santrallerin Tarihsel Gelişimi ve Bugünkü Durumu, Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış), İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bakır N N** (2005) *Hidroelektrik Perspektifinden Türkiye ve AB Enerji Politikalarına Bakış*, Ere Elektrik Üretim Ticaret A.Ş, s.12-13,
- Balat H** (2007) A renewable perspective for sustainable energy development in Turkey: The case of small hydropower plants, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, Vol. 11, Issue 9, p. 2152-2165.
- Bilir Ş** (2004) Alternatif Enerji Sistemleri, *Mimar ve Mühendis Dergisi* Sayı:33, Nisan-Mayıs-Haziran s. 56-57.
- Bulut F** (2004) *Mühendislerle İlişkin Su Semineri*, DSİ, Ankara, s. 36.
- Çakay R** (2003) 2023 Yılında Türkiye'de Enerji, Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış), İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çolak İ, Bayındır R ve Demirtaş M** (2008) Türkiye'nin Enerji Geleceği, *TÜBAV Bilim Dergisi*, Cilt:1, Sayı:2, Ankara, s. 36-44.
- Devlet Planlama Teşkilatı** (2001), Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara, s. 79.
- Ediger V S and Kentel E** (1999) Renewable energy potential as an alternative to fossil fuels in Turkey, *Energy Conversion and Management*, 40 (7), p. 743-755.
- Erdem H H** (1996) Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Hidroelektrik Potansiyelinin Etüdü, Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış), YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Ertekin C and Evrendilek F** (2003) Assessing the Potential of Renewable Energy Sources in Turkey, *Renewable Energy*, 28 (15), p. 2303-2315.
- Görez T ve Alkan A** (2005) Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Hidroelektrik Enerji Potansiyeli, *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Mersin Üniversitesi, Mersin, 19-21 Ekim 2005, s.5.
- Güler Ö** (2005) Dünya'da ve Türkiye'de Rüzgar Enerjisi, *V. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Aralık 2005, Ankara, s. 209-215.
- Gürbüz A** (1999) Türkiye'nin Enerji Sorunları ve Kızılırmak Havzasından Yararlanarak Hidroelektrik Enerji Potansiyelinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış), YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kavak K** (2003) Türkiye'nin Enerji Politikaları İçin Bir Stratejik Planlama Önerisi, Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış), Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kaygusuz K** (1999) Hydropower Potential in Turkey, *Energy Sources*, 21, p. 581-588.
- Koca A** (1998) Hidrojen Üretimi ve Enerji Olarak Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış), Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,
- Küçükali S and Barış K** (2009) Assessment of small hydropower (SHP) development in Turkey: Laws, regulations and EU policy perspective, *Energy Policy*, Vol. 37, Issue 10, p. 3872-3879.
- Kültür Ö F** (2004) Enerji ve Çevre İlişkisi, *Mimar ve Mühendis Dergisi*, Sayı:33, Ankara, Nisan-Mayıs-Haziran
- Nurbay N ve Çınar A** (2005) Rüzgar Türbinlerinin Çeşitleri ve Birbirleriyle Karşılaştırılması, *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Mersin Üniversitesi, Mersin, 19-21 Ekim 2005, s.5.
- Önsoy Ö, Akpınar A ve Yavuz O** (2006) Türkiye'de Hidroelektrik Enerjide Gelişmeler, *Yapı Dünyası*, İstanbul, 2006, s. 300-303.
- Özkök V** (2006) Hidroelektrik Potansiyel Belirleme Metotları ve Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış), İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sağlam M ve Uyar T S** (2005) Dalga Enerjisi ve Türkiye'nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli, *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Mersin Üniversitesi, Mersin, 19-21 Ekim 2005, s.5.
- Sevimli H E** (2003) Karadeniz Bölgesindeki Nehirlerin Hidrolik Enerji Potansiyellerinin Tespiti Ve Uygun Türbin Tipi Seçimi, Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış), YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şen Z** (2002) *Temiz Enerji ve Kaynakları*, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, s.15.
- Taner F, Halisdemir B, Pehlivan E ve Ardıç İ** (2007) Türkiye'de Biyokütle Potansiyeli ve Enerjisi, *V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Mersin, s. 614-621.
- Temurçin K ve Aliağaoğlu A** (2003) Nükleer Enerji ve Tartışmalar Işığında Türkiye'de Nükleer Enerji Gerçeği, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 2003, 1(2), Ankara, s.25-39.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Terzi Ü K** (2007) Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Teknolojik ve Ekonomik Bakış, *Marmara Üniversitesi Marmara Sürdürülebilir Kalkınma Platformu 9. Toplantısı*, İstanbul.
- Toka B** (2006) Tüsiad 21. Yüzyıl Enerji Stratejisi Raporu, *Jeotermal Enerji Semineri*, Aralık 1998, Ankara.
- URL-1** (2009) <http://www.kimyamuhendisi.com>, Biyokütle enerjisi, 08 Haziran 2009.
- URL-2** (2009) <http://www.biyomotorin-biodiesel.com/biomoto.html>, İTÜ Kimya Mühendisliği Bölümü, Biyomotorin ve Türkiye, 03 Mart 2009.
- URL-3** (2009) <http://www.youthforhab.org.tr>, Temiz Enerji Yayınları, Biyokütle Enerjisi, 03 Mart 2009.
- URL-4** (2009) <http://www.worldenergy.org>, Wave Energy, 25 Nisan 2009.
- URL-5** (2009) <http://www.dalgaenerjisi.com>, Dalga Enerjisi, 25 Nisan 2009.
- URL-6** (2009) <http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/guneskollektor.html>, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Güneş Enerjisi, 16 Mayıs 2009.
- URL-7** (2009) http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/hidrojen/hidrojen_tasinmasi.html, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Hidrojen Taşınması, 16 Mayıs 2009.
- URL-8** (2009) http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/hidrojen/hidrojen_depolanmasi.html, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Hidrojen Depolanması, 16 Mayıs 2009.
- URL-9** (2009) http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/alternatif_enerji/Hidrojen_Enerjisi.htm, Hidrojen Enerjisi, 28 Nisan 2009.
- URL-10** (2009) <http://www.fizik.us/alternatif-enerji/5.-jeotermal-enerji.html>, Jeotermal Enerji, 03 Mart 2009.
- URL-11** (2009) <http://www.taek.gov.tr/bilgi/sss/elektrik.html>, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Nükleer Enerji, 05 Nisan 2009.
- URL-12** (2009) <http://www.dsi.gov.tr>, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Barajlar ve Hidroelektrik Santraller, 20 Ocak 2009.
- URL-13** (2009) <http://www.ecoenerji.net>, Rüzgar Enerjisi, 10 Nisan 2009.
- URL-14** (2008) <http://www.tki.gov.tr>, Türkiye Taş Kömürü Kurumu, Termik Enerji, 18 Aralık 2008.
- URL-15** (2009) <http://www.kimyamuhendisi.com>, Hidroelektrik Santral Türbinleri, 03 Mayıs 2009.
- URL-16** (2008) <http://www.serki.com/index.php?bolumsec=terimler&id=ao86ra>, Denge Bacası, 1 Aralık 2008.
- URL-17** (2009) <http://www.nukleer.web.tr>, Nükleer Enerji, 10 Şubat 2009.
- URL-18** (2009) http://canmustafa57.tripod.com/hidroelek_santr2.htm, Hidroelektrik Santraller, 13 Şubat 2009.
- Uygur İ, Demirci R, Saruhan H, Özkan A ve Belenli İ** (2004) Batı Karadeniz Bölgesindeki Dalga Enerjisi Potansiyelinin Araştırılması, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Denizli, s. 10-15.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Varınca K B ve Gönüllü M T** (2006) Türkiye’de Günes Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, *I. Ulusal Güneş Ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*, Eskişehir, Haziran 2006, s. 270-275.
- Yanık B** (2004) Doğal Akışlı Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesinde Bölgesel Analiz Yaklaşımı, Doktora Tezi (Yayımlanmamış), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yavuz O** (2007) Ordu-Samsun Bölgesi Hidroelektrik Enerji Potansiyel Analizi Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış) Trabzon,
- Yılankırkan N** (2004) Türkiye'nin Alternatif Enerji Kaynakları ve Kullanım Potansiyeli, Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış), Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yıldız K** (1992) Hidroelektrik Santraller Hesap Esasları ve Projelendirilmesi, *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, UTES’2008, DSİ Barajlar ve HES Dairesi, Ankara, s. 8–10.
- Yılmaz A** (1995) Türkiye Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyelinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,
- Yumurtacı Z S** (1994) Küçük Hidroelektrik Santraller Yardımıyla Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Potansiyelinin Değerlendirilmesinin Araştırılması, Doktora Tezi (Yayımlanmamış), YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yüksek Ö** (2008) Reevaluation of Turkey’s Hydropower Potential and Electric Energy Demand, *Energy Policy*, Vol. 36, Issue 9, 3374-3382.
- Yüksek Ö, Kaygusuz K, Kömürcü M ve Yüksel** (2006) The Role of Hydropower in Meeting Turkey’s Electric Energy Demand, *Energy Policy*, Vol. 34, Issue 17, p. 3093-3103.

ÖZGEÇMİŞ

Özgür Emre PULAT, 1981 yılında Zonguldak'ta doğdu. İlk ve orta öğrenimini Zonguldak'ta tamamladı. Mehmet Çelikel Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra 1999 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'ne girdi. 2005 yılında mezun olduktan sonra 2006 yılında girdiği Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programına devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Bayındırlık Evleri Yapı Koop.
Blok A-2 D:4
Kilimli/ Zonguldak

Tel: (372) 265 15 92
E-posta: ozgurpulat@hotmail.com

Özgür Emre PULAT