

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**RÜZGAR HİDROELEKTRİK VE TERMİK SANTRALLERİN EKONOMİK VE  
ÇEVRESEL AÇIDAN KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş. Müh. Serhat BİLGİN**

**TEMMUZ 2012**

**TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**RÜZGAR HİDROELEKTRİK VE TERMİK SANTRALLERİN EKONOMİK VE  
ÇEVRESEL AÇIDAN KARŞILAŞTIRILMASI**

**İnş. Müh. Serhat BİLGİN**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“İNŞAAT YÜKSEK MÜHENDİSİ”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22 / 06 / 2012**  
**Tezin Savunma Tarihi : 12 / 07 / 2012**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mehmet BERKÜN**

**Trabzon 2012**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında**  
**Serhat BİLGİN tarafından hazırlanan**

**RÜZGAR HİDROELEKTRİK VE TERMİK SANTRALLERİN EKONOMİK VE  
ÇEVRESEL AÇIDAN KARŞILAŞTIRILMASI**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 26 / 06 / 2012 gün ve 1463 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof. Dr. Mehmet BERKÜN .....**

**Üye : Prof. Dr. H.Hulusi ACAR .....**

**Üye : Yrd. Doç. Dr. Zekai ANGIN .....**

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**

**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

Yapılan yüksek lisans tezi çalışmasında enerji kaynakları hakkında bilgi verilmiş, rüzgar, hidroelektrik ve termik santrallerin önemi, çevreye olan etkileri ve birbirleriyle karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu karşılaştırmalar işletmede olan bir rüzgar santrali, planlama raporu hazır ve inşaatına başlanacak olan bir hidroelektrik santral ve işletmedeki bir termik santral arasında yapılmıştır; Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarı'nda hazırlanmıştır.

Tez çalışmamın hazırlanmasında başta konunun belirlenmesi olmak üzere, çalışmanın her aşamasında bilgi, tecrübe ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Mehmet BERKÜN' e teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm hayatım boyunca hep yanımda olan, bana güven ve sevgi veren, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, bütün zorluklara katlanarak yetişmemde emeği geçen başta annem ve babam'a, tez çalışmamı yaparken desteklerini esirgemeyen kardeşim, eşim ve kızım'a şükranlarımı sunarım.

Serhat BİLGİN  
Trabzon 2012

## TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Rüzgar Ve Hidroelektrik Santrallerin Önemi, Bunlarla Kıyaslanmak Amacıyla Termik Santrallerin Çevreye Olan Etkileri, Maliyetleri Ve Birbirleriyle Karşılaştırmaları” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Mehmet BERKÜN’ ün sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Serhat BİLGİN

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VIII
SUMMARY .....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	2
1.3. Literatür Taraması.....	2
1.4. Enerji Kaynakları.....	5
1.4.1. Fosil Kaynaklar.....	6
1.4.1.1. Petrol.....	6
1.4.1.2. Doğal Gaz .....	6
1.4.1.3. Kömür .....	8
1.4.2. Nükleer Enerji.....	9
1.4.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları .....	11
1.4.3.1. Jeotermal Enerji .....	11
1.4.3.2. Biokütle Enerjisi .....	12
1.4.3.3. Güneş Enerjisi.....	13
1.4.3.4. Hidrojen Enerjisi.....	15
1.4.3.5. Akıntı Enerjisi.....	15
1.4.3.6. Gelgit Enerjisi .....	15
1.4.3.7. Dalga Enerjisi .....	16
1.4.3.8. Rüzgar Enerjisi .....	16
1.4.3.8.1. Dünyanın ve Türkiye'nin Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli .....	21

1.4.3.8.2.	Dünyada Rüzgar Enerjisinin Mevcut Durumu .....	22
1.4.3.8.3.	Türkiye’de Rüzgar Enerjisinin Mevcut Durumu .....	24
1.4.3.9.	Hidroelektrik Enerji .....	32
1.4.3.9.1.	Dünyanın Hidroelektrik Enerji Potansiyeli .....	40
1.4.3.9.2.	Türkiye’nin Su Kaynakları ve Hidroelektrik Enerji Potansiyeli .....	41
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR VE ELDE EDİLEN BULGULAR .....	46
2.1.	Çalışmanın Planlanması.....	46
2.2.	Rüzgar, Hidroelektrik ve Termik Santrallerin Ekonomik ve Çevresel Açıdan Karşılaştırılması .....	46
2.2.1.	Maliyet Karşılaştırılması Yöntemi.....	46
2.2.1.1.	Hidroelektrik Santral Maliyetleri.....	49
2.2.1.2.	Rüzgar Santralleri Maliyetleri .....	49
2.2.1.3.	Termik Santralleri Maliyetleri .....	50
2.2.1.4.	Hidroelektrik, Rüzgar ve Termik Santrallerinin Mali Karşılaştırılması .....	51
2.2.2.	Çevre Etkilerinin Değerlendirilmesi Yöntemi .....	52
2.2.2.1.	Rüzgar Santrallerinin Çevresel Avantajları .....	53
2.2.2.2.	Rüzgar Santrallerinin Çevresel Dezavantajları.....	54
2.2.2.3.	Hidroelektrik Santrallerinin Çevresel Avantajları .....	55
2.2.2.4.	Hidroelektrik Santrallerinin Çevresel Dezavantajları.....	56
2.2.2.5.	Termik Santrallerinin Çevresel Avantajları.....	60
2.2.2.6.	Termik Santrallerinin Çevresel Dezavantajları.....	60
3.	DEĞERLENDİRME .....	67
3.1.	Projelerin Tanıtılması .....	67
3.1.1.	Akbük Rüzgar Santrali Projesi .....	67
3.1.2.	Eren Hidroelektrik Santrali Projesi.....	68
3.1.3.	Etyemez Termik Santrali Projesi .....	72
3.2.	Bölgenin Özellikleri.....	73
3.2.1.	Akbük Rüzgar Santrali Bölgesi .....	73
3.2.2.	Eren Hidroelektrik Santrali Bölgesi .....	74
3.2.3.	Etyemez Termik Santrali Bölgesi.....	75
3.3.	İklim ve Kaynaklar .....	78
3.3.1.	Akbük Rüzgar Santrali İklim ve Kaynakları .....	78
3.3.2.	Eren Hidroelektrik Santrali İklim ve Kaynakları.....	79

3.2.3.	Etyemez Termik Santrali İklim ve Kaynakları.....	79
3.4.	Tesisler.....	80
3.4.1.	Akbük Rüzgar Santrali Tesisleri.....	80
3.4.2.	Eren Hidroelektrik Santrali Tesisleri.....	80
3.4.3.	Etyemez Termik Santrali Tesisleri.....	83
3.5.	Çevresel Etkileri.....	98
3.5.1	Akbük Rüzgar Santrali Çevresel Etkileri.....	98
3.5.2.	Eren Hidroelektrik Santrali Çevresel Etkileri.....	98
3.5.3.	Etyemez Termik Santrali Çevresel Etkileri.....	99
3.6.	Tesis Maliyetleri.....	111
3.6.1.	Akbük Rüzgar Santrali Tesis Maliyetleri.....	111
3.6.2.	Eren Hidroelektrik Santrali Tesis Maliyetleri.....	112
3.6.3.	Etyemez Termik Santrali Tesis Maliyetleri.....	112
3.7.	Ekonomik Analizleri.....	113
3.7.1.	Akbük Rüzgar Santrali Ekonomik Analizleri.....	113
3.7.2.	Eren Hidroelektrik Santrali Ekonomik Analizleri.....	115
3.7.3.	Etyemez Termik Santrali Ekonomik Analizleri.....	117
3.8.	Değerlendirme Özeti.....	119
3.9.	Rüzgar Santrali mi Hidroelektrik Santral mi yoksa Termik Santral mi (Çevresel ve Ekonomik Açıdan).....	121
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	125
5.	KAYNAKLAR.....	129
	ÖZGEÇMİŞ	



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

RÜZGAR HİDROELEKTRİK VE TERMİK SANTRALLERİN EKONOMİK VE  
ÇEVRESEL AÇIDAN KARŞILAŞTIRILMASI

Serhat BİLGİN

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Mehmet BERKÜN  
2012, 132 Sayfa

Bir bölgenin, hatta bir ülkenin kalkınmasında, toplumun refah düzeyinin yükseltilmesinde, enerji kaynakları projelerinin sürdürülebilir bir kalkınma ve planlama anlayışı içinde yürütülmesi çok büyük önem taşımaktadır. Enerjiye olan talebin arttığı son yıllarda elektrik üretim santralleri büyük önem kazanmıştır. Ayrıca havadaki sera gazı etkisinin giderek artmasına paralel olarak da temiz, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu kaynaklar su, rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, gelgit olarak sayılabilmektedir. Bu kaynakları kullanan santrallerin en büyük özelliği ise yakıt maliyetlerinin olmayıp, doğadan doğrudan enerji kaynaklarını kullanabilir olmalarıdır. Yapılan yüksek lisans tezi çalışmasında enerji kaynakları hakkında bilgi verilmiş, rüzgar ve hidroelektrik santrallerin önemi, bunlarla kıyaslanmak amacıyla termik santrallerin çevreye olan etkileri, maliyetleri ve birbirleriyle karşılaştırmaları yapılmış, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmenin Dünya da ve Türkiye de ekonomik ve çevresel açıdan çokça katkısı olacağı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji, Yenilenebilir enerji, Rüzgar santrali, Hidroelektrik santrali, Termik santral.

Master Thesis

SUMMARY

ECONOMICAL AND ENVIRONMENTAL COMPARISON OF HYDROELECTRIC  
WIND AND THERMAL POWER PLANTS

Serhat BİLGİN

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Civil Engineer Graduate Program  
Supervisor: Prof. Dr. Mehmet BERKÜN  
2012, 132 Pages

In this thesis, a wind and a hydroelectric and a thermal power power plant which are presently under operation in Turkey were assessed against a range of indicators (economical, environmental and sustainability) using data obtained from the literature. The indicators used to assess each technology were the price of generated electricity, greenhouse gas emissions during full life cycle of the technology, availability of renewable sources, efficiency of energy conversion, land requirements, water consumption. The cost of electricity, greenhouse gas emissions and the efficiency of electricity generation were found to have a very wide range for each technology, mainly due to variations in technological options as well as geographical dependence of each renewable energy source. These energy technologies were then ranked against each indicator assuming that indicators have equal importance for sustainable development. It was found that windpower is the most economical and sustainable, followed by hydropower. Windpower was identified with the lowest relative greenhouse gas emissions, the least water consumption demands and with the most favourable social impacts comparing to other technologies, but requires larger land and has high relative capital and operational costs.

**Key Words:** Energy, Renewable energy, Wind power plants, hydroelectric plants, thermal power plants.

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 1.1. Türkiye 2009 yılı kömür rezerv haritası .....	9
Şekil 1.2. Dünyada nükleer reaktörler .....	10
Şekil 1.3. Pervane palasına ait kesit.....	17
Şekil 1.4. Kule tipleri : (a) Boru tipi kule, (b)Kafes yapıli kule, (c) Halat destekli kule .....	18
Şekil 1.5. A) Türbin dişli kutusu, B) türbin dişli kutusu.....	19
Şekil 1.6. Yatay eksenli türbin .....	20
Şekil 1.7. Düşey eksenli türbin .....	21
Şekil 1.8. Türkiye rüzgar atlası yıllık rüzgar dağılım haritası .....	23
Şekil 1.9. Türkiye rüzgar atlası .....	27
Şekil 1.10. Manisa'daki rüzgar santrali, kurulu gücü: 6x1800 KW=10.8 MW.....	28
Şekil 1.11. Aydın'daki Akbük RES, kurulu gücü: 21x1500 KW= 31.5 MW .....	28
Şekil 1.12. A-Kaplan Tip, B-Francis Tipi C-Pelton Tipi Türbin .....	36
Şekil 1.13. Tipik bir kanal santral planı.....	38
Şekil 1.14. Çeşitli debi ve düşümlere göre türbin tipi seçimi.....	39
Şekil 3.1. Faaliyet alanının ülke ve bölge içindeki yeri .....	77
Şekil 3.2. Kömür stok ve yükleme ünitesi proses akım şeması .....	86
Şekil 3.3. Kireçtaşı stok ve yükleme ünitesi proses akım şeması.....	88
Şekil 3.4. Kazan ünitesi proses akım şeması .....	90
Şekil 3.5. Akışkan yataklı kazan (tipik).....	91
Şekil 3.6. Akışkan yataklı kazan yanma sistemi (tipik).....	91
Şekil 3.7. Kül Atma ünitesi proses akım şeması.....	93
Şekil 3.8. Buhar türbini ve jeneratör proses akım şeması.....	95
Şekil 3.9. Soğutma suyu sistemi proses akım şeması .....	97

## TABLolar LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Türkiye’deki mevcut jeotermal kullanım kategorileri .....	12
Tablo 1.2. Türkiye’nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli.....	14
Tablo 1.3. Rüzgar gücü kapasitesindeki artış ve mevcut kapasite .....	22
Tablo 1.4. Türkiye’nin bölgelere göre rüzgar potansiyeli .....	24
Tablo 1.5. Türkiye’deki rüzgar elektrik santralleri .....	25
Tablo 1.6. Türkiye’deki Rüzgar Ölçüm istasyonları ve ortalama hızları .....	31
Tablo 1.7. Dünyanın hidroelektrik enerji potansiyeli .....	40
Tablo 1.8. Dünya ve Türkiye hidroelektrik potansiyel .....	43
Tablo 1.9. Türkiye drenaj sahaları bakımından havzalara göre yıllık ortalama su potansiyeli .....	44
Tablo 2.1. Elektrik santrallerinin birim yatırım bedelleri .....	52
Tablo 2.2. Karbon Dioksit (CO2) Emisyonu (Küresel ısınmada, sera etkisi yaratan başlıca unsur), Sülfür Dioksit (SO2) Emisyonu (Asit yağmurlarına neden olan başlıca unsur).....	54
Tablo 2.3. Herhangi bir filtre kullanılmazsa 100 megawatt gücünde kömürle çalışan bir termik santralin kirletici etkileri.....	61
Tablo 3.1. Eren HES proje karakteristikleri.....	71
Tablo 3.2. Endüstriyel tesisler için çevresel gürültü sınır değerleri .....	106
Tablo 3.3. Gürültü kaynakları ve seviyeleri .....	107
Tablo 3.4. Ses basınç düzeyi grafiği .....	108
Tablo 3.5. Gürültü kaynakları ve seviyeleri .....	109
Tablo 3.6. Ses basınç düzeyi grafiği.....	110
Tablo 3.7. Akbük rüzgar santrali maliyet tablosu .....	111
Tablo 3.8. Eren hidroelektrik santrali maliyet tablosu .....	112
Tablo 3.9. Akbük rüzgar santrali gelir gider tablosu .....	114
Tablo 3.10. Eren hidroelektrik santrali gelir gider tablosu .....	116
Tablo 3.11. Etyemez termik santrali gelir gider tablosu .....	118
Tablo 3.12. Eren HES ile Akbük RES karşılaştırma özet tablosu .....	122
Tablo 3.13. Hidroelektrik, Termik ve Rüzgar santralleri karşılaştırma tablosu .....	123

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Ekonomik ve sosyal hayatın, sanayileşmenin en önemli faktörü olan elektrik enerjisi; kullanım kolaylığı istenildiği anda diğer enerji türlerine dönüştürülebilmesi, günlük hayattaki kullanılabilirliği ile günümüzün vazgeçilmezi haline gelmiştir. Yılda kişi başına tüketilen enerji, ülkelerin gelişmişlik durumunun saptanmasında birinci sırada kabul edilen bir ölçüt olmuştur. 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 nüfusunun ve refah seviyesinin artması, enerji tüketimini yoğun olarak arttırmıştır. Yoğun enerji kullanımı; hem enerji tedarikinde sorunlara yol açmakta, hem de kirlilik sorunu oluşmaktadır. Oluşan kirlilik küresel ısınmayı da tetiklemektedir. Bu nedenle günümüzde enerji çok önemli bir konudur. Ayrıca enerjiyi sadece elektrik enerjisi ya da yakıt olarak düşünmemek gerekir. Gıda (hem hayvan hem insan gıdası) olarak da enerji dün olduğu gibi bugün de dünyadaki en önemli ihtiyaçlardan biridir. Gün geçtikçe tarımsal olarak birim alandan üretilen kalori arttırılmaya çalışılmakta ve çeşitli yöntemlerle bu alanda ciddi başarılar elde edilmektedir. Ancak, bu tip enerji üretiminde de çevre etkilenmekte, üretim arttıkça çevreye olan etkileri de daha detaylı incelenmelidir.

Gelişmiş ülkelere baktığımız zaman, çevreye zararı en az olan ve tükenmeyen yenilenebilir enerji kaynaklarına karşı ilginin arttığı görülmektedir. Dünya ülkelerinde de temiz enerji konusunda önemli adımlar atılmaktadır. Bunun en önemli sebebi, enerjinin hiç tükenmeyen ve doğada var olan kaynaklardan üretilmesidir. Fosil yakıtlar dünyanın enerji ihtiyacının oldukça büyük bir kısmını karşılamaktadır. Bu yakıtların zamanla tükenecek olması ve çevreye olan zararları nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları daha da fazla önem kazanmaktadır. Bu durumda doğal kaynaklarımızı korumamız ve enerji üretirken çevreye olan zararlı etkilerinin en az olduğu kaynaklara yönelmemiz gerekir. Bu kaynaklar yenilenebilir enerji kaynakları olarak tanımlanmaktadır. Bu tür kaynakların kullanımlarının yaygınlaşmasıyla çevre kirliliği büyük oranda azalacak ve teknoloji ihtiyaçları doğrultusunda hızla gelişecektir. Böylece her ülke kendi öz kaynaklarından yararlanarak

temiz, güvenilir ve çevresel zararları en az olan kaynakları kullanarak dışa bağımlılığı büyük ölçüde azaltılabilecektir.

## **1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı**

Bu çalışmada, Türkiye ve dünyadaki fosil yakıtlar olarak adlandırılan doğalgaz, petrol, kömür ve nükleer; yenilenebilir enerji olarak sınıflandırılan rüzgar, güneş, biokütle, jeotermal, hidrolik, hidrojen, gel-git ve dalga enerjisinin mevcut durumları, olumlu ve olumsuz yönleri ve çevre üzerindeki etkileri incelenmiş, yenilenebilir enerji kaynakları olan rüzgar ve su enerjilerinin Türkiye'deki potansiyelleri ve birbirleriyle maliyet ve çevresel etkileri açısından karşılaştırılması esas alınmıştır. Rüzgar ve Hidroelektrik santraller tanımlanıp, projelendirme özellikleri saptanarak günümüzde olan ve gelecekte olabilecek kullanım miktarları belirlenmiştir.

Ayrıca ülkemizdeki enerji potansiyelleri belirlenmiş, Rüzgar ve Hidroelektrik Enerji potansiyelleri kendi içlerinde değerlendirilerek, birbirleri arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırma kriterleri; maliyetleri, çevreye olan zararlı etkileri, yapım süreleri ve üretim sırasında karşılaşılan sorunlardır. Birçok enerji kaynağı bulunmakla birlikte, herhangi bir kaynağın diğerine tercih sebebi ekonomik, çevreye olan zararının en az, uzun vadeli ve yenilenebilir olmasına bağlıdır. Rüzgar ve su enerji kaynaklarının kullanımı ve ülkemize olan faydaları bu bağlamda değerlendirilmiştir.

## **1.3. Literatür Taraması**

Topal (1990), enerji sektörünü uluslararası ve ulusal düzeyde inceleyip, çeşitli tahmin metot ve modelleri kullanarak elektrik enerjisi talebini belirlemeye çalışmıştır. Bu kapsamda, elektrik enerjisinin diğer enerji türleri arasında yeri ve önemine değindikten sonra, çeşitli gelişmişlik seviyelerindeki ülkelerle Türkiye'nin kıyasını yapmıştır. Uygulama kısmında ise, zaman serileri analizleri ve regresyon modelleri ile elektrik talep modelleri oluşturarak ileriye dönük tahminler gerçekleştirmiştir.

Tırıs (1992), Türkiye'nin yirmi yıllık (1990-2010) enerji politikasını analiz ederek, bu politikada belirleyici olması gereken teknik, ekonomik, politik, sosyal ve çevresel parametreler ışığında, yenilenebilir enerji kaynaklarının yersel dağılımını tespit etmeye

çalışmıştır. Bu kapsamda, birincil olarak enerji planlamasının gelişimi ile Türkiye’deki enerji durumunu incelemiştir. Enerji planlaması ve enerji politikası analizindeki başlıca yaklaşımları da irdeleyen Tırıs, Türkiye’nin uzun vadeli enerji arzı için çok parametrelili bir değerlendirme modeli kurarak analiz de yapmıştır. Sonuç olarak, Türkiye’nin uzun vadeli enerji planlamasında yenilenebilir kaynakların yerini değerlendirerek bir takım önerilerde bulunmuştur.

Acar, H.H. 2011. Yenilenebilir enerji üretiminde ormangülü odununun biyoenerji amaçlı olarak kullanılması incelenmiştir.

Altaş (1994), enerji sektörünün 1970-1993 yılları arası gelişimini inceleyerek, enerji kaynaklarının üretim hedeflerini ve genel enerji talebini belirleyip, enerji kaynaklarına göre üretim ve talep projeksiyonlarının analizlerini gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, 2010 yılı için Türkiye’nin elektrik enerjisi üretim kapasitesi, 201509 GWh ve hidrolik enerji üretim kapasitesi ise 37 049 GWh olarak öngörülmüştür.

Ergin (2001), fosil ve yenilenebilir enerji kaynaklarının üretim ve tüketim oranları ile sektörel dağılımlarını ve ayrıca bu kaynakların uzun vadeli (2020 yılına kadar) projeksiyonlarını analiz ederek sayısal sonuçlara ulaşmıştır. Bu çalışma kapsamında Türkiye’nin hidrolik enerji arzının 2010 yılı için 5548,34 bin ton petrol eşdeğeri (TEP) ve 2020 yılı için 6370,32 bin TEP olacağı öngörülmüştür.

Bartle (2002), hidroelektrik enerjinin yararlarını, önemini, kullanılabilir potansiyelini ve dünyanın çeşitli yerlerindeki belirli gelişme planlarını irdelemiştir. Su kaynaklarının kullanım planlamalarının bir parçası olarak hidroelektrik enerjinin avantajlarını vurgulayarak, özellikle Asya, Latin Amerika ve Afrika’da gelecek dönemde büyük ölçekli hidroelektrik enerji gelişmelerinin yaşanacağı sonucuna varmış ve ayrıca, dünya genelinde hidrolik planlamalarda ek hidro-kapasite için önemli derecede faaliyet alanının oluşacağını öngörmüştür.

Çınar (Demirhan) (2002), Türkiye’nin rüzgar enerjisi avantajları ve Hatay ilinde maliyet ve enerji potansiyellerinin araştırılması konusunda yüksek lisans tez çalışması yapmış olup “rüzgar potansiyeli açısından zengin olan ülkemizde ve özellikle Hatay ilinde bir rüzgar santrali kurmanın mevcut enerji açığının kapatılmasında yararlanılabilecek önemli bir kaynak olduğunu” vurgulamaktadır.

Peker (2002), Rüzgar enerjisinin çevresel etkileri ve bu etkilerin azaltılmasında planlamanın rolü adlı makalesinde “Rüzgar enerjisinin bir şekilde desteklenmesindeki

temel amacın çevresel kaygılardan çok enerji gereksinimini karşılamada kaynak çeşitliliğine gitmek ve yerel kaynaklardan yararlanmak” olduğunu savunmaktadır.

Özerdem (2003), Türkiye’de rüzgar enerjisi uygulamalarının gelişimi ve geleceği adlı makalesinde, “Kendi ulusal kaynaklarını teknolojik olarak daha fazla kullanabilen ülkeler gelecekte daha etkin konumlarda olacaklardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından, özellikle rüzgar enerjisinden faydalanma konusu da, bu etkin konuma gelmek için gereken parametrelerin başında gelecektir” görüşünü savunmaktadır.

Eroğlu (2003), Türkiye’nin uzun vadeli enerji talebi ve hidroelektrik arzı üzerine çeşitli kurumların yapmış olduğu çalışmaları derlemiştir. Bu derlemelere göre, Türkiye’nin 2020 yılı hidroelektrik enerji arzı, Devlet Planlama Teşkilatı (DPT)’nin 2001 yılındaki tahminine göre, 97456 GWh, DSİ’nin 2003 yılında yapmış olduğu çalışmaya göre, 117157 GWh ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB)’nin MAED modelini kullanarak 2002 yılında gerçekleştirmiş olduğu tahmine göre ise, 116 300 GWh olarak belirlenmiştir.

Gülen (2004), Yenilenebilir enerjinin geleceği adlı makalesinde, “Hidroelektrik santraller haricinde, ciddi oranda enerji üretimine katkıda bulunduğu söylenebilecek tek yenilenebilir kaynağı rüzgâr santraller” olduğunu belirtmiştir.

Ültanır (2004), Rüzgar, su ve Türkiye adlı makalesinde, “Ülkemizde rüzgar ve su kaynaklarından üretilen enerjinin Avrupa pazarında yer alabileceğini” vurgulamaktadır.

Bakış ve Demirbaş (2004), Türkiye’nin hidroelektrik enerji potansiyeli ve gelişimi ile ilgili gelecekteki eğilimleri baz alarak Türkiye’deki küçük hidroelektrik santralleri araştırmış, küçük ve büyük barajların çevresel etkilerini irdelemiştir.

Yumurtacı ve Asmaz (2004), 1980-2050 yılları arasındaki nüfus artışı ve kişi başına düşen enerji tüketim ivmesini temel alarak, Türkiye’nin enerji tüketim projeksiyonu gerçekleştirmiştir. Tüm hidrolik enerji potansiyelinin kullanılması halinde 2050 yılı enerji ihtiyaç ölçeği de çalışma kapsamında yer almaktadır. Çalışma sonuçlarına göre, Türkiye’nin 2050 yılı enerji ihtiyacı 1173 TWh olup, üretimin % 58’i termik santrallerinden, % 10’u hidrolik santrallerinden ve geri kalan kısmı ise diğer enerji santrallerinden temin edilecektir.

Akdoğan (2006) tarafından, enerji kaynakları tanımlanarak, potansiyelleri, avantaj ve dezavantajları ile enerji üretim maliyetleri analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında, Doğu Karadeniz’deki bazı iller için mevcut su potansiyeli ile üretilen brüt elektrik enerjisi belirlenmiş ve gelecek dönem tüketim projeksiyonu ile mukayese edilmiştir.



Yıldız (2006) tarafından, 1970-2003 yılları arası veriler kullanılarak enerji kaynaklarının dünya ve Türkiye'deki tüketim hacmi incelenmiş olup, bu bağlamda fosil ve diğer alternatif enerji kaynaklarının gelecekteki değerleri tahmin edilmiştir. Çalışmalar kapsamında, alternatif enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki payının Türkiye'de azalırken dünyada artacağı ön görülmüştür.

Yüksek vd. (2006), Türkiye'nin uzun vadeli enerji talebi tahmini üzerinden, ihtiyacın hidrolik enerji ile karşılanabilirliği araştırılmıştır. Uygulanan senaryolar neticesinde 2020 yılı için muhtemel enerji talebi, 407-571 TWh olarak öngörülmüş ve bu değer ancak % 33 - % 46'sının hidroelektrik enerji ile karşılanabileceği tespit edilmiştir.

Kömürcü ve Akpınar (2010) tarafından, Türkiye'nin aktif olarak değerlendirilen yenilenebilir enerji kaynakları incelenmiş, potansiyel açıdan en büyük olanının hidrolik olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Türkiye'nin brüt hidroelektrik potansiyeli ve mevcut durumu da ele alınarak, Avrupa ve dünya ile çeşitli açılardan kıyası yapılmış ve hidroelektrik enerji sektörünün geliştirilmesi önerilmiştir.

Uzlu vd. (2011), Türkiye'de elektrik enerjisi üretimini, sektör bazında ele alarak rekabetin arttırılabilirliğini irdelenmiştir. Çalışmada, sektörün yeniden yapılandırılmasında, hidrolik potansiyelin durumu ayrı bir araştırma maddesi olarak ele alınırken, 4628 sayılı elektrik piyasası kanununun sektörün gelişimine katkısı kapsamlıca irdelenmiştir.

#### **1.4. Enerji Kaynakları**

Enerji kaynakları, niteliklerinin değiştirilip değiştirilmemesi açısından "birincil" ve "ikincil" enerji kaynakları olarak ikiye ayrılmaktadır. Birincil enerji kaynakları, doğada buldukları biçimde değiştirilmeden kullanılabilen kaynaklardır. İkincil enerji kaynakları ise, birincil kaynakların belli işlemlerden geçirilmesi ile elde edilen enerji türleridir.

Birincil enerji kaynakları "yenilenebilir enerji kaynakları" ve "fosil kaynaklar" olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları sınıfına güneş, rüzgâr, biokütle, su gücü, dalga gücü, okyanus akıntıları enerjisi ve jeotermal enerji girmektedir. Fosil kaynaklar ise kömür, petrol, doğal gaz ve uranyumdan oluşmaktadır. Fosil kaynaklardan elde edilen enerji, maddenin tekrar kullanılmayacağı bir enerji şekli olarak tanımlanmaktadır.

### 1.4.1. Fosil Kaynaklar

#### 1.4.1.1. Petrol

Yerküre içerisinde organik materyalin başkalaşımı ile oluşmuş ve gözenekli kayalar içerisinde depolanmış sıvı haldeki hidrokarbonlara “ham petrol” adı verilmektedir. Ham petrolden, rafinerilerde bileşenlerine ayrıştırılarak (damıtılarak) günlük yaşamımızda kullandığımız pek çok ara madde ve akaryakıt ürünleri elde edilmektedir.

Dünya toplam petrol üretimi genel olarak artış eğiliminde olup 1980 yılından bu yana, net petrol rezervleri % 76,6 artmıştır. Bu artışın büyük kısmı, 1980’li yıllarda Petrol İhracatçısı Ülkeler Teşkilatı (Organization of the Petroleum Exporting Countries, OPEC) üyesi ülkelerde (Kurucu üyeleri Suudi Arabistan, Kuveyt, İran, Irak ve Venezuela dır (1960). Kuruluşa sonradan, Katar (1961), Libya (1962), Endonezya (1962), Birleşik Arap Emirlikleri (1967), Cezayir (1969), Nijerya (1971), Ekvator (1972-1993), Gabon (1975-1994). ) gerçekleşen keşiflerden gelmektedir 1,1 trilyon varilin üzerinde olan dünya üzerindeki petrol rezervlerinin yaklaşık % 79,6’sı OPEC ülkelerinde, % 20,4’ü ise OPEC üyesi olmayan ülkelerde yer almaktadır.

Türkiye’nin jeolojik yapısı ve tektonizması nedeniyle üretim sahaları küçük boyutlu ve genellikle faylarla bölünmüştür. Türkiye’de petrol varlığının ispatlandığı Güneydoğu Anadolu’da yaklaşık üçte ikilik alan henüz aranmamıştır. Denizsel alanlarımızda da yeterli arama faaliyetleri gerçekleştirilememiştir. Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (PİGM) verilerine göre, 2010 yılı sonu itibariyle Türkiye’de 1,247 milyar varil üretilebilir ham petrol rezervi ve bu üretilebilir petrol rezervinden kümülatif üretimin düşülmesi ile 291,52 milyon varil üretilebilir ham petrol rezervi bulunmaktadır (OPEC, 2010).

#### 1.4.1.2. Doğal Gaz

Doğal gaz; metan, etan, propan gibi hafif moleküler ağırlıklı hidrokarbonlardan oluşan renksiz, kokusuz ve havadan hafif bir gazdır. En önemli özelliği temiz bir yakıt olması ve çevreyi kirletmemesidir.

1980 yılı verilerine göre dünya doğal gaz rezervinin en büyük pay sahibi % 36,6 ile Doğu Avrupa bölgesi, ikinci büyük pay sahibi ise % 29,3 ile Orta Doğu bölgesidir. Diğer bölgeler ise tek başlarına %10’luk paya bile sahip olamamaktadır. 1990 yılına göre Doğu

Avrupa ve Orta Doğu bölgeleri sahip oldukları doğal gaz rezerv paylarını artırmıştır. 2004 yılı sonuna gelindiğinde ise Katar'da tespit edilen ek doğal gaz rezervi nedeniyle Orta Doğu bölgesi payını artırarak Doğu Avrupa'yı geçmiştir. Dünyanın toplam doğal gaz üretimi genel olarak artış eğiliminde olup 2006 yılında bir önceki yıla göre % 2,96'lık bir artış gözlenmiş ve yılda 2586,4 milyon ton (petrol eş değeri)'lük bir üretim gerçekleşmiştir. 2008 yılında 185,3 trilyon m<sup>3</sup> olan dünya doğal gaz rezerv miktarı, 2009 yılında bir miktar artarak 187,5 trilyon m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiştir. Dünya doğal gaz rezervinin mevcut üretim düzeyi ile 62,8 yıllık bir ömrü bulunmakta, kaynakları genel olarak Orta Doğu'da, Avrupa ve Avrasya ülkelerinde bulunmaktadır. (TPAO, 2010) 2009 yılında 44,4 trilyon m<sup>3</sup>'lük ispatlanmış rezerv miktarı ile ilk sırada yer alan Rusya Federasyonu'nu 29,6 trilyon m<sup>3</sup> ile İran, 25,5 trilyon m<sup>3</sup> ile Katar izlemektedir Toplam dünya doğal gaz tüketimi de yıllar itibariyle artan enerji ihtiyacına paralel olarak sürekli bir artış eğilimi göstermiştir.

Ülkemizde en son belirlemelere göre tespit edilen üretilebilir doğal gaz rezervi 7,73 milyar metreküptür. Bugünkü üretim seviyesi ile ve ilave rezerv tespiti olmaması halinde yaklaşık 14 yıl doğal gaz üretimi yapılabilecektir. Bugüne kadar keşfedilen doğalgaz sahaları Güney Doğu Anadolu ve Trakya bölgelerindedir. Ülkemizde bugüne kadar yapılan deniz aramalarındaki tek keşif olan K. Marmara Doğal Gaz sahası ise 1997 yılında üretime alınmıştır. Türkiye, 1970 yılında keşfedilen doğal gaz sahalarından doğal gaz üretimine 1976 yılında başlamıştır. 1980'li yıllarda başka sahaların bulunmasıyla 1986'da rekor bir üretim gerçekleşmiştir. Alternatif birçok yakıtta göre ucuzluğu, kullanım kolaylığı, stoklama sorununun olmayışı vb. üstünlükleri doğal gaza talebi hızla artırmıştır. Doğal gazın ilk kullanıma başlandığı 1980 yılında 23 milyon m<sup>3</sup> düzeyinde olan tüketim, yirmi dokuz yıl içinde yaklaşık 1396 kat artışla 2009 yılında 32,1 milyar m<sup>3</sup>'e ulaşmıştır

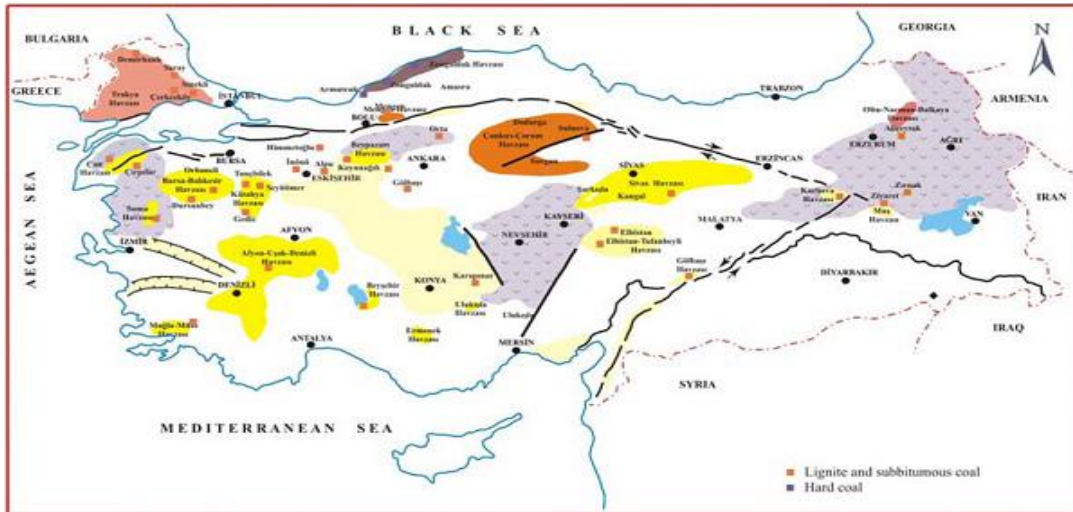
#### **1.4.1.3. Kömür**

Kömür; bitkisel kökenli organik maddeler ve inorganik bileşenlerden oluşan tortul bir "kayaç"tır. Başlıca karbon, hidrojen ve oksijen gibi elementlerin bileşiminden oluşmuş olup, diğer kaya tabakalarının arasında damar haline uzunca bir süre (milyonlarca yıl) ısı, basınç ve mikrobiyolojik etkilerin sonucunda meydana gelmiştir. Dünyanın kömür çeşitlerinden en düşük kalorili olanını temsil eden yumuşak, kahverengimsi siyah renkli bir kömür olan linyittir. Linyitten sonraki düşük kalorili kömür ise sönük siyah renkli sub-bitümdür. Dünya kömür rezervlerinin en büyük kısmına sahip olan, bazen yumuşak maden

kömürü olarak adlandırılan kömür çeşidi de bitümdür. Antrasit ise en sert yapıda olan ve yandıği zaman en büyük miktarda ısı açığa çıkaran kömür türüdür.

Dünyanın kömür üretimi 2007 yılı seviyelerinde seyretmesi durumunda dünyanın rezerv ömrü yaklaşık 130–150 yıl olacaktır. Yıllar itibariyle toplam dünya kömür üretimi ve tüketimi, enerji ihtiyacının artmasından, kömürün çevreye verdiği zararlı etkilerden ve temiz enerjiye doğru yönelimden kaynaklanan inişli çıkışlı bir süreç izlemiştir.

Türkiye'nin en zengin taşkömürü yatakları Zonguldak havzasındadır. Linyit kömürü, Trakya ve Anadolu'nun hemen hemen her yerine dağılmıştır. Türkiye sahip olduğu kömürün ısı değeri yönünden kalite olarak düşük bir kömür rezervine sahiptir. Türkiye'nin asfaltit rezervleri ise Güneydoğu Anadolu bölgesindedir. Ülkemiz toplam dünya Linyit rezervinin yaklaşık % 1,6'sını içermektedir ve linyit açısından önemli bir yere sahiptir. Bununla birlikte linyitlerimizin % 79'unun, 2500 kcal/kg ısıl değerin altında olması daha çok termik santrallerde kullanımını ön plana çıkartmıştır. Linyite dayalı termik santrallerimizin kurulu gücü 6 549 MW olup bu güç toplam kurulu gücümüzün % 28'ine karşılık gelmektedir. Yapılan yeni çalışmalar sonucu 2008 yılı Nisan ayı içerisinde bulunan linyit rezerviyle birlikte Türkiye'nin toplam kömür rezervi 8,3 milyar ton'dan 10,6 milyar ton'a çıkmıştır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Türkiye 2009 yılı kömür rezerv haritası (TKİ, 2009).

### 1.4.2. Nükleer Enerji

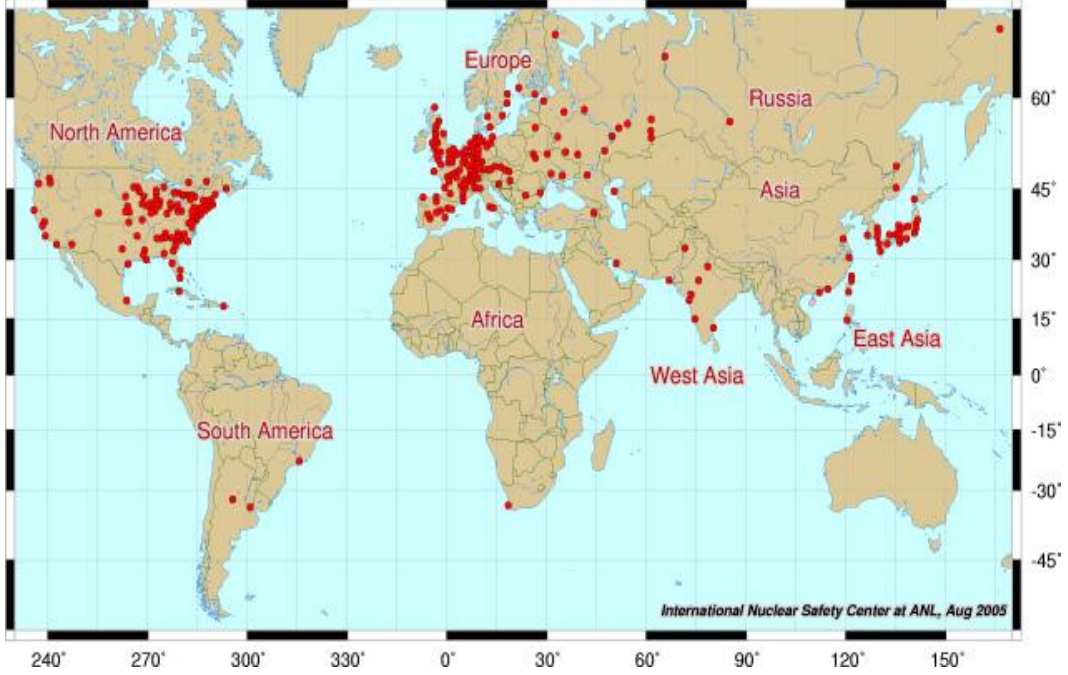
Atom çekirdeklerinin parçalanması sonucunda büyük bir enerji açığa çıkmaktadır. Ağır atom çekirdeklerinin nötronlarla bombardımanı sonucunda bu çekirdeklerin parçalanması sağlanabilir ve bu şekilde elde edilen enerjiye “çekirdek enerjisi” veya “nükleer enerji” adı verilmektedir (URL-1, 2012).

Nükleer enerji hammaddeleri uranyum ve toryum’dur. Uranyum, temel nükleer yakıt hammaddesidir. Günümüzde nükleer güç santrallerinde yakıt olarak kullanılmaktadır. Dünyada Kg’ı 80 ABD dolarına kadar mal edilebilen 2,46 milyon ton görünür, 1,08 milyon ton muhtemel toryum; 80–130 ABD doları arasında mal edilebilen 0,66 milyon ton görünür, 0,32 milyon ton muhtemel uranyum rezervi mevcuttur. Toryum tek başına nükleer yakıt olarak kullanılamaz. Dünyanın görünür toryum rezervi 1,2 milyon ton’dur. Bu rezervde en önemli paya Avustralya (% 25) sahiptir.

Türkiye’de aramalar sonucunda 9 129 ton uranyum bulunmuştur. Türkiye’nin uranyum sahalarının ortalama tenör ve rezervleri, aranıp buldukları yıllarda dünyaca kabul edilen ekonomik sınırlarda olmasına rağmen, bugün için bu sınırların (min. 2000 ppm) oldukça altında kalmaları, rezervlerin oldukça küçük miktarlarda olması nedeniyle, gerekli olan küçük kapasiteli tesislerin ekonomik olarak çalıştırılmasının güçlüğü ve Dünya uranyum fiyatlarının, özellikle son yıllardaki düşüklüğü ve bu düşüşün devam etmesi, gibi nedenlerle ekonomik olarak değerlendirilmelerinin mümkün olmadığı tespit edilmiştir.

Dünya üzerinde toplam 31 ülkede 443 adet nükleer reaktör çalışır durumda bulunmaktadır. Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (IAEA)’nın 2006 yılında yayınladığı “Dünyada nükleer güç reaktörleri” adlı raporuna göre, en fazla nükleer reaktör bulunan dört ülke ABD (104 tesis), Fransa (59 tesis), Japonya (56 tesis) ve Rusya (31 tesis)’dir. Dünyada şuanda 26 reaktörün inşasına devam edilmektedir. İnşa halindeki reaktör durumuna göre ise Hindistan 8 reaktörle en önde gelmektedir (Şekil 2), (URL-2, 2012).

Türkiye’de henüz işletmede, yapım aşamasında ve kapalı halde nükleer güç santrali bulunmamaktadır. Ancak, nükleer seçenek güç üretiminde çeşitliliği sağlamak ve ithal yakıtların etkinliği nedeniyle sebep olunmuş kaynak riskinin güvenliğini azaltmak için gelecek alternatif enerji kaynakları içinde düşünülmektedir. Bu maksatla yapılacak olan ilk ünitenin devreye sokulması için hedef yıl 2014 yılıdır. Toplamda nükleer kapasitenin 2020 yılına kadar yaklaşık 5 000 MW’a ulaşması planlanmaktadır.



Şekil 1.2. Dünyada nükleer reaktörler (WNA, 2010).

### 1.4.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

#### 1.4.3.1. Jeotermal Enerji

Jeotermal Kaynak, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklığı sürekli  $20^{\circ}\text{C}$ 'den fazla olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar" olarak tanımlanabilir. Jeotermal enerji ise bunlardan dolayı veya doğrudan her türlü faydalanmayı içermektedir. Düşük ( $20\text{--}70^{\circ}\text{C}$ ), orta ( $70\text{--}150^{\circ}\text{C}$ ) ve yüksek ( $150^{\circ}\text{C}$ 'den yüksek) entalpili (sıcaklıklı) olmak üzere genelde üç gruba ayrılmaktadır. Düşük ve orta sıcaklıklı sahalar bugünkü teknolojik ve ekonomik koşullar altında, başta ısıtıcılık olmak üzere (sera, bina, zirai kullanımlar), endüstriden (yiyecek kurutulması, kerestecilik, kağıt ve dokuma sanayinde, dericilikte, soğutma tesislerinde), kimyasal madde üretiminde kullanılmaktadır (Tablo 1.1). Yüksek entalpili sahalardan elde edilen akışkan ise elektrik üretiminin yanı sıra entegre olarak diğer alanlarda da kullanılabilir. Jeotermal enerjiden elektrik üretimini, dünyada bütün kıtalara yayılmış 21 ülke gerçekleştirmektedir. Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımında ise en etkin bölge kurulu güç bakımından % 47, üretim bakımından % 54 pay ile Avrupa ve Rusya'dır (DPT, 2001).

Türkiye, jeotermal enerji potansiyeli açısından dünyadaki zengin ülkeler arasında yer almaktadır. Ancak, ülkemizde jeotermale dayalı elektrik üretimi düşük seviyede kalmıştır. Balneolojik (Kaplıca) amaçlı kullanımlar için, sıcaklık alt sınırı 20 °C olarak kabul edilmekte olup 600 kaynak grubuyla Türkiye, Avrupa’da birinci sırada yer almaktadır. Türkiye’nin toplam jeotermal ısı potansiyeli; 31 500 MW’tır. Türkiye, jeotermal potansiyeli ile toplam elektrik enerjisi ihtiyacının % 5’ine kadar, ısıtmada ısı enerjisi ihtiyacının %30’una kadar karşılayabilecek potansiyele sahiptir. Ancak, bunların ağırlık ortalaması alındığında Türkiye enerji (elektrik + ısı enerjisi) ihtiyacının %14’ünü karşılamaya taliptir. Haziran 2011 itibariyle, jeotermal kaynak potansiyelimizin ancak % 8’i değerlendirilmektedir.

Tablo 1.1. Türkiye’deki mevcut jeotermal kullanım kategorileri (URL-3, 2012).

Kategori	Kapasite
Merkezi Isıtma Sistemleri (şehir, konut, termal tesis, sera vb)	117 000 konut eşdeğeri (983 MWt)
Kaplıca Kullanımı	215 kaplıca (402 MWt)
Toplam Doğrudan Kullanım	1 385 MWt
Karbondioksit Üretimi	120 000 ton/yıl
Elektrik Üretimi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20 MWe (Denizli – Kızıldere) (işletmede),</li> <li>• 48 MWe kapasiteli Germencik jeotermal elektrik santrali yatırımının çalışmaları devam etmektedir.</li> <li>• Aydın Salavatlı da 167 0C ile yaklaşık 10 MWe Binary Cycle santrali işletilmektedir.</li> <li>• Kızıldere Jeotermal Santralinin atığı olan 140 °C ‘lik jeotermal sudan 6,85 MWe kapasiteli jeotermal santrali kurulmaktadır.</li> <li>• 7,5/22 MWe Çanakkale-Tuzla jeotermal santrali proje aşamasındadır.</li> <li>• * 10 MWe Simav Jeotermal Jeotermal Elektrik Üretim Santrali proje aşamasındadır.</li> </ul>

#### 1.4.3.2. Biokütle Enerjisi

Biokütle enerjisi, uygun bitkilerin yetiştiriciliğine bağlı olduğundan dolayı yenilenebilir, çevre dostu ve yerli kaynak olarak değer kazanan önemli bir enerji kaynağıdır. Biokütle enerjisi insanoğlunun ilk enerji kaynaklarından biridir. Elektrik üretimi, evlerin ısıtılması, araçlara yakıt temini ve endüstriyel tesisler için ısı temini maksatlı çok çeşitli kullanımı mevcuttur. Bu enerji kaynağı klasik ve modern enerji

kaynağı olarak iki grupta incelenmektedir. Klasik biokütle enerjisi, ormanlardan elde edilen odun, yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvan artıklarından oluşmaktadır. Bitkisel ve hayvansal kökenli bütün maddeler biokütle enerji kaynağıdır ve bu kaynaklardan üretilen enerji de biokütle enerjisi olarak adlandırılmaktadır. Modern biokütle kaynakları; enerji ormancılığı ürünleri, orman ve ağaç endüstrisi artıkları, enerji tarımı ürünleri, kentsel atıklar, tarım kesiminin bitkisel ve hayvansal atıkları, tarımsal endüstri atıklarıdır. Biokütle enerjisi, gelecekteki yakıt stokunu sigorta edebilen ve bu gereksinimi karşılayabilen en büyük potansiyele sahiptir.

Karadeniz bölgesinde yayılış alanı bulunan orman gülleri Artvin bölgesinde orman gülü alanları toplamı 39601 ha civarında olup Artvin ilinin toplam orman alanınının 1/10 una karşılık gelmektedir. Orman gülünün yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılmasıyla enerji açığının giderilmesinde sürdürülebilir katkı sağlayacak, orman köylüsüne alternatif iş , gelir ve yaşama şansı tanınacaktır. .(Acar,H.H.)

Türkiye biokütle materyal üretimi açısından, güneşlenme ve alan kullanılabilirliği, su kaynakları, iklim koşulları gibi özellikleri uygun olan ülkedir. Türkiye’de toplam elde edilebilir biokütle enerjisi potansiyelinin yaklaşık 16,92 Mtep olacağı tahmin edilmektedir. Türkiye’nin biyogaz potansiyeli ise 2,2 ve 3,9 milyar m<sup>3</sup> civarındadır

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında biokütle enerjisi, toplam enerji tüketimindeki payının yüksek olmasından dolayı Türkiye için önemli bir enerji kaynağıdır. 1980 yılından beri toplam enerji tüketimine biokütle kaynaklarının katkısı 2003 yılında % 20’den % 9’a düşmüştür. Türkiye’de biokütleden önemli derecede ısınma maksatlı yararlanılmaktadır.

Türkiye’de biyokütle santrali sayısı yok denecek kadar azdır. Ancak ülkemizde devlet ormanlarında her yıl hasat sonrasında ortaya çıkan ve büyük oranda çürümeye terk edilen dal, kabuk, uç parça, kütük, kök de dahil olmak üzere en aından 7 Mtep (Milyon Ton Petrol Eşdeğeri) enerji üretebileceği belirlenmiştir (Acar, H.H).

### **1.4.3.3. Güneş Enerjisi**

Güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisi olarak tanımlanan güneş enerjisi, güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanmaktadır. Dünya’ya güneşten gelen enerji, Dünya’da bir yılda kullanılan enerjinin 20 bin katıdır, bu da güneş enerjisinin 5 milyar yıllık ömrünün



olduğunu göstermektedir. Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılmaktadır;

- Isıl Güneş Teknolojileri: Bu sistemlerde öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilir. Bu ısı doğrudan kullanılabilmesi gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir.
- Güneş Pilleri: Fotovoltaik (PV) piller de denen bu yarı-iletken malzemeler, güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirmektedirler.

Dünya yüzeyine ulaşan güneş ışınlarının miktarı, dünya çapında enerji tüketimini 10 000 kat daha fazla karşılama potansiyeline sahiptir. Yer yüzeyinin her metre karesi, her yıl 1700 kWh güç üretebilecek yeterince güneş ışığına maruz kalmaktadır.

Dünya’da yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talepten dolayı güneş enerjisinden yararlanmada da son yıllarda hızlı bir artış gözlenmektedir. Dünya’da güneş enerjisinden elektrik üretimi son on yılda büyük artışlar göstermiştir. Güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştüren fotovoltaik sanayinde, 2004 yılında dünya genelindeki fotovoltaik üreticileri 1195 MWp’lik bir üretim ve 5,8 milyar dolarlık bir iş gerçekleştirmiştir

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Türkiye’nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir. Türkiye’nin güneş enerjisinden yararlanma miktarı 375 000 TEP (4,36 TWh/yıl)’dır. Bu değer, Türkiye’nin 1 311 kWh/m<sup>2</sup> (1 068 TWh/yıl) olan güneş enerjisi potansiyelinin yanında çok küçük kalmaktadır. Buradan, Türkiye’nin önemli potansiyele sahip olmasına rağmen güneş enerjisinden yararlanmadığını söylemek mümkündür. Aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri ise Tablo 1.2’de verilmiştir.

Güneş pillerinden elektrik üretimi ise, elektrik şebekesinin olmadığı, yerleşim yerlerinden uzak bölgelerde ekonomik yönden uygun olarak kullanılabilir. Türkiye’de, Telekom istasyonları, Orman Genel Müdürlüğü yangın gözetleme istasyonları, deniz fenerleri ve otoyol aydınlatmasında kullanılan güneş pili kurulu gücü 300 kW civarındadır.

Tablo 1.2. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli (URL-4, 2012).

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi		Güneşlenme Süresi (Saat/Ay)
	(Kcal/cm <sup>2</sup> /ay)	(kWh/m <sup>2</sup> /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 Kcal/cm <sup>2</sup> /yıl	1 311 kWh/m <sup>2</sup> /yıl	2 640 saat/yıl
Ortalama	308 cal/cm <sup>2</sup> /gün	3,6 kWh/m <sup>2</sup> /gün	7,2 saat/gün

#### 1.4.3.4. Hidrojen Enerjisi

Aslında tam olarak yenilenebilir bir enerji kaynağı olamayan hidrojen, bir başka enerji tüketilerek elde edilen sentetik yakıt durumundaki enerji taşıyıcısıdır. Elektrik 20. yüzyıla damgasını vuran bir enerji taşıyıcısıdır. Hidrojen ise 21. yüzyıla damgasını vuracak bir diğer enerji taşıyıcısıdır. Giderek ağırlaşan çevre sorunu ve küresel ısınma, tükenen hidrokarbon kaynakları hidrojen gibi sentetik yakıtları cazip duruma getirmektedir. Hidrojen motor yakıtı olarak kullanılabilirdiği gibi, sanayide, elektrik üretiminde, konutlarda güvenle kullanılabilir durumdadır. Hidrojen çağına ekonomik koşullara göre 10–15 yılda girilmesi beklenmektedir.

Türkiye'nin hidrojen üretimi açısından bir şansı, uzun bir kıyı şeridi olan Karadeniz'in tabanında kimyasal biçimde depolanmış hidrojen bulunmasıdır.

#### **1.4.3.5. Akıntı Enerjisi**

Büyük oranda gelgit etkisiyle oluşan akıntı enerjisine ender de olsa dalgalar, termal farklılıklar ve yoğunluk farklılıkları da kaynaklık edebilmektedir. Akıntı gücü, dünyanın güneşe ve aya göre pozisyonuna, deniz yatağının şekline ve de kıyıların şekline bağlı olarak değişmektedir. Okyanusların derin bölgelerinde ve düz kıyılarda akıntı gücü düşüktür. En güçlü akıntılar ayın yeni ay veya dolunay olarak gözlemlendiği sıralarda meydana gelmektedir. Ayın  $\frac{1}{4}$ 'ü veya  $\frac{3}{4}$ 'ü gözlemlendiği zamanlarda ise akıntı gücü minimum değerlerini almaktadır. Akıntı enerjisi kaynak potansiyeli yüksek olan ülkeler İngiltere, İrlanda, İtalya, Filipinler, Japonya ve ABD'nin bir bölümüdür (Yıldız, 2006).

#### **1.4.3.6. Gelgit Enerjisi**

Gelgit, ay ve güneşin manyetik çekim kuvvetleriyle kendi eksenini etrafında dönen dünya üzerindeki okyanuslarda oluşan alçalma ve yükselmelerdir. Gelgitten elde edilecek enerji zamana ve yere göre değişim göstermektedir. Ayrıca gelgitteki alçalma ve yükselmeler ve döngü periyotları da gelgitten kazanılacak enerjiyi etkilemektedir.

Gelgit enerjisi her ne kadar temiz ve avantajlı bir enerji kaynağı da olsa Türkiye için kullanılması ve yatırım yapılması neredeyse olanaksız bir kaynaktır. Türkiye'nin okyanusa açık kıyısının olmaması, etrafındaki denizlerin genelde iç deniz tipinde olması dolayısıyla büyük gelgitlerin Türkiye kıyılarında görülmemesi, gelgit enerjisinin Türkiye açısından kullanılabilir özelliklere sahip olmadığını gösterir (Yıldız, 2006).

#### **1.4.3.7. Dalga Enerjisi**

Dalga enerjisinin de temeli dolaylı da olsa güneş ışınım enerjisidir. Bilindiği üzere güneş ışınimleri rüzgar oluşumuna neden olmaktadır. Okyanus ve deniz yüzeylerindeki rüzgarlar da dalgaları oluşturmaktadır. Su yüzeyine sürtünen rüzgarlar tamamen gelişigüzel olan inişli çıkışlı dalgaları oluşturmaktadır. Çevreye zarar vermeyen, yenilenebilir ve kaynak maliyeti olmayan bu enerji kaynağı, üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye için de önemli bir enerji kaynağıdır (Yıldız, 2006).

Hava hareketlerinin ve ısı değişimlerinin, su kütlelerinde meydana getirmiş olduğu dalga hareketleri, bitmez tükenmez enerji kaynağıdır. Dalga enerjisi, Archimedes prensibi ve yer çekimi arasında oluşan gücün alınması prensibine dayanmakta ve pek çok avantaja sahip bulunmaktadır. Öncelikle birincil enerjiye hiçbir bedel ödenmeyecektir. Temiz, sınırsız ve ucuz enerji üretmekte ve ilk yatırımından başka hiçbir girdisi bulunmamaktadır. Enerji, üretilen yerde tüketileceğinden uzun iletim hattına gerek olmayacaktır. Dalganın görevi görerek, denizlerdeki balık neslinin çoğalmasına yardım etmekte, ekolojik dengeye katkıda bulunmaktadır. Deniz üzerinde kurulduğu için, tarım arazilerini yok etmemektedir. İleri teknoloji gerektiren, politik baskı ve ambargo malzemesi olabilecek hiçbir girdisi bulunmamakta, tamamen yerli teknoloji ve yerli imalattan oluşmaktadır. Her zaman kesintisiz ve kaliteli enerji üretmektedir. Dalgalardan elde edilen ucuz elektrik enerjisi, yoğun nüfuslu büyük şehirlerde ısınma amaçlı kullanılacağından, solunan havanın kalitesini yükseltecektir. Dalga Elektrik Santrallerinin üzeri otel, sosyal tesis, disko, restaurant olarak, turizm amaçlı kullanılabilir. Sistemde hiçbir gürültü kirliliği oluşmamaktadır. Dalga Elektrik Santralleri kurmak için gerekli altyapı Türkiye’de fazlasıyla mevcuttur.

#### **1.4.3.8. Rüzgar Enerjisi**

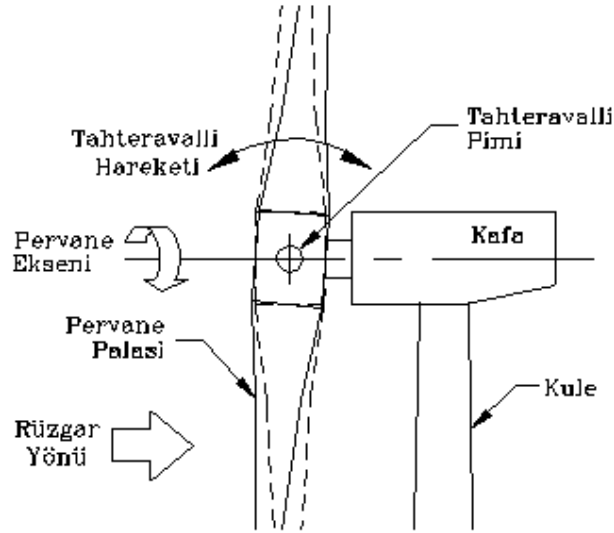
Rüzgar enerjisi, rüzgarı oluşturan hava akımının sahip olduğu hareket (kinetik) enerjisidir. Temiz, bol miktarda ve yenilenebilir olmasının yanı sıra hemen hemen tüm dünya genelinde faydalanma imkanı olan bir kaynaktır. Rüzgar türbini adı verilen çok büyük pervaneli, yüksek kuleler aracılığıyla rüzgar enerjisi elektriğe dönüştürülmektedir.

2005 yılının rüzgar enerjisi sanayinde lider ülkesi ABD’dir. Şimdiki küresel rüzgar enerjisi pazarı, bugün itibariyle birkaç ülke ile sınırlı kalmaktadır. 2005 yılında bu pazarın % 60’ından fazlasını yalnızca dört ülke paylaşmaktadır. Bu dört ülkeden Almanya, İspanya, ABD ve Hindistan sırasıyla dünyanın kurulu rüzgar enerjisi kapasitesinin %31, %17, %16 ve %8’ine sahiptirler.

Rüzgar türbini esas olarak, rüzgarın etkisiyle dönen bir pervaneye bağlı bir alternatörden oluşur. Alternatördeki bir mıknatıs (rotor), içinde döndüğü sarımda (stator) bir elektrik gerilimi oluşturur ve sonuç olarak, bu iletken sarımda elektrik akımı oluşur. Daha sonra bu elektriğin gerilim ve akım düzeyi, trafo gibi araçlarla arzu edilen düzeylere

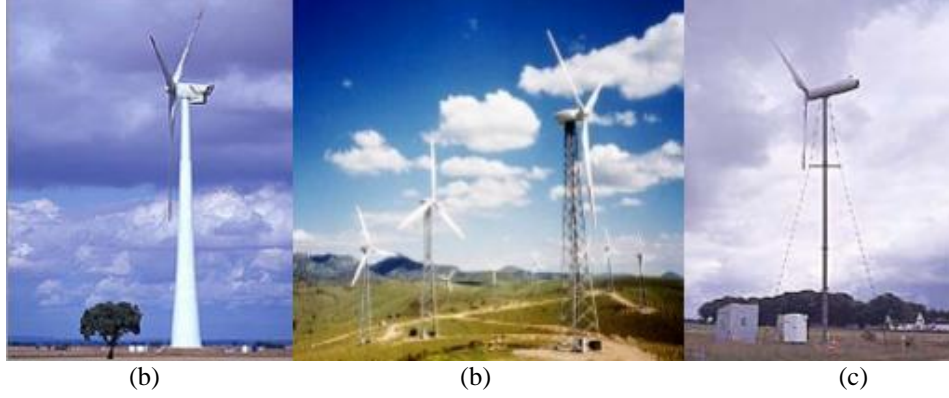
ayarlanır. Dolayısıyla bir rüzgar türbini; pervane, buna bağlı bir alternatör ve ardından gelen, voltaj ve akım düzenleyici veya dönüştürücülerinden oluşur.

Rüzgar türbinleri rüzgar estiği sürece elektrik üretir. Rüzgar türbininin gücü; rüzgarın hızına, pervanelerdeki pala sayısına, palaların uzunluğuna ve geometrisine bağlıdır. Pala rüzgar pervanelerinin bir bölümüdür. Pervaneler, palalardan ve palaları dönme ekseninde birleştirilerek sisteme bağlayan göbekten oluşur. Rüzgara engel olacak yapılardan uzak bir yerde ve rüzgar hızının yüksek olacağı yüksekliklerde konumlandırılması gerekir. Şekil 1.3’ de pervane palasına ait kesit verilmiştir.



Şekil 1.3. Pervane palasına ait kesit

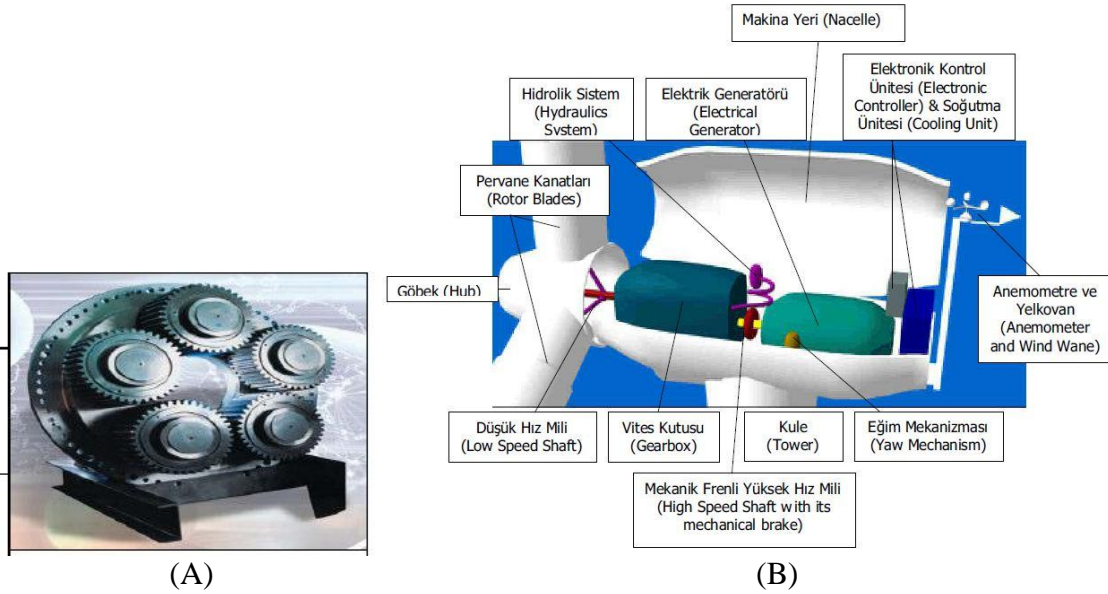
Bir rüzgar türbini; kule, türbin pervanesi, dişli kutusu ve jeneratörden oluşmaktadır. Kule: Genelde çelik veya betondan inşa edilir. Kuleler halka enine kesitlidir. Kule yüksekliği; maliyeti ve daha yüksek seviyedeki rüzgar hızından elde edilecek enerji miktarı arasında yapılacak olan optimizasyonla belirlenmektedir. Kule maliyeti bir rüzgar türbini giderinin % 11-20 ‘si arasındadır. Şekil 1.4 de kule tipleri yer almaktadır.



Şekil 1.4. Kule tipleri : (a) Boru tipi kule, (b)Kafes yapılı kule, (c) Halat destekli kule

**Pervane:** Pervaneler genelde alüminyum, titan, çelik, elyaf ile güçlendirilmiş plastik (cam elyafı, karbon elyafı ve aramid elyafı) ve ağaçtan imal edilir. Günümüzde imal edilen pervaneler cam elyafı ile güçlendirilmiş polyesterden yapılıdır. Çelikten üretilen pervanelerin dayanımının çok iyi olmasına karşın yorulma ve korozyona uğrama gibi dezavantajları da vardır.

**Dişli Kutusu:** Dişli takımları, dönme sistemleri için hızlarda mekanik bir artış ya da azalış sağlar. Düşük hızlı milin açısal hızını jeneratöre bağlanan yüksek hızlı mil hareketine dönüştürmede kullanılır. Şekil 1.5-A ve Şekil 1.5-B de dişli kutusu verilmiştir.



Şekil 1.5. A) Türbin dişli kutusu, B) türbin dişli kutusu

Jeneratör: Rüzgar enerjisi tesislerinde kullanılan jeneratörler alternatif ya da doğru akımlı jeneratörlerdir. Doğru akım jeneratörleri büyük güçlü türbinlerde kullanılmamaktadır. Nedeni ise bakımlarının sık yapılacak olmasıdır. Genelde düşük güçlü tesislerde akülere enerji depolamak için kullanılır.

Genel olarak rüzgar türbinlerinde yatay ve düşey eksenli türbinler olmak üzere iki sınıflandırma mevcuttur.

**Yatay Eksenli Türbinler:** Dönme eksenini rüzgarın akım çizgilerine paralel olan türbinlerdir. Yatay eksenli sistemler rüzgarın yön değiştirmesine uyum sağlamak amacıyla kuyruk adı verilen bir düzeneğe sahiptir. Düzenek bir rüzgar gülü gibi çalışarak kanatların sürekli rüzgar almalarını sağlar. Rüzgarı önden alacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece kulenin rüzgarı kesmesi durumundan etkilenmez. Genelde pervane tipi olarak yapılır. Elektrik üretmek amacıyla üç kanatlı olarak yapılmaktadır. Çok kanatlı türbinler geçmişte su pompalama ve tahıl öğütme amacıyla kullanılmıştır. Yatay eksenli türbin Şekil 1.6 da gösterilmektedir.



Şekil 1.6. Yatay eksenli türbin

**Düşey Eksenli Türbinler:** Dönme eksenini rüzgarın akım çizgilerine dik olan türbinlerdir. Bunlar Darrieus ve Savonius tipindedir. Düşey eksenli türbinlerin olumsuz yanı ise ilk hızı alamamaları ve veriminin düşük olmasıdır. Yatay eksenlilere göre yaygınlıkları çok azdır. İşlev bakımında önemli bir değişiklikleri yoktur. Rüzgarın yönüne göre, bir kuyruk yardımına ihtiyaç duymayan dikey sistem her yönden gelen rüzgarı alabilecek yapıdadır. Sistem Fransız mühendis G. Darrieus tarafından geliştirilmiştir.

Bu türbinlerin üstünlükleri şöyle sıralanabilir:

- Jeneratör ve dişli kutusu yere yerleştirildiği için kule masrafı yoktur.
- Türbinin rüzgar yönüne çevirmeye gerek olmadığı için dümen sistemine ihtiyaç duyulmaz.
- Türbin mili dışında diğer parçaların bakım ve onarımları basittir.
- Üretilen enerjinin nakli oldukça kolaydır. Bu türbinlerin dezavantajları da şunlardır:
- Yüksekçe kurulmadıklarından dolayı rüzgar hızı çok düşüktür.
- Verimi düşüktür.
- Çalışması için ilk hareketi verecek bir motora ihtiyaç duyulmaktadır.
- Türbin mili yataklarının değişmesi gerektiğinde makinenin tamamının yere indirilmesi gerekmektedir.

Düşey eksenli türbin Şekil 1.7 'de gösterilmektedir.



Şekil 1.7. Düşey eksenli türbin

Rüzgar türbinlerinin kuruldukları alanlar tarım alanı ya da doğal alan olarak kullanılabilir. Bir rüzgar çiftliği (15-20 MW) yaklaşık olarak 1 km<sup>2</sup> 'lik bir alan kaplamaktadır. Bu alanın ise sadece % 1'lik bir kısmı kullanılmakta olup, % 99'luk kısmında tarım yapılabilmektedir. Amerika ve Avrupa ülkelerinde rüzgar gücü oldukça



fazla kullanılmaktadır. Ülkemizdeki rüzgar yönünden en zengin bölgelerden olan Ege kıyıları Avrupa Rüzgar Atlasına göre ikinci derecede yer almaktadır. Almanya’da üçüncü derece bölgelerde bile rüzgar enerjisinden yararlanıldığı düşünülürse ülkemizin ne kadar zengin kaynaklara sahip olduğu açıkça görülmektedir. Rüzgar türbinlerinin oldukça gürültü yaptıkları sanılmaktadır. Fakat artık teknolojinin de ilerlemesiyle bu sorun giderek ortadan kalkmaktadır. Bu sese neden olan dişli kutusu veya jeneratörlerdir. Rüzgar Çiftliği içinde 85 dB düzeyindeki gürültü 400 m uzakta 37 dB’ e düşmektedir. Rüzgâr tarlaları ile konutlar arasında 500 m mesafe olmalıdır.

#### 1.4.3.8.1. Dünyanın ve Türkiye’nin Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli

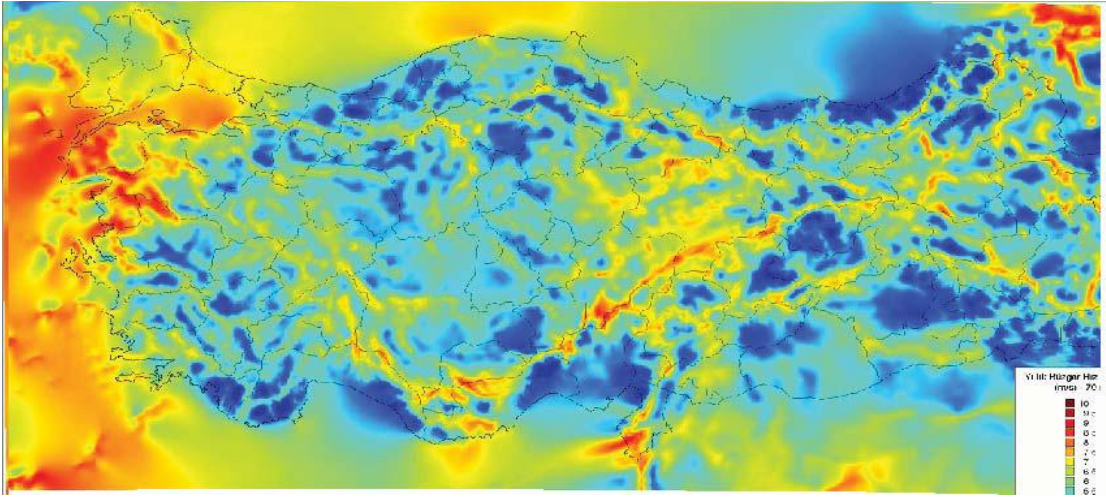
Dünyanın toplam 53 000 TWh/yıl’lık teorik rüzgâr enerjisi potansiyeli bulunduğu tahmin edilmektedir. Uygun rüzgâr şartları ve dolayısıyla enerji potansiyeli çoğunlukla kıyısız bölgelerde ve düz veya dağlık bazı alanlarda bulunmaktadır. Ülkelerin rüzgâr gücü kapasitesi incelendiğinde ilk on ülke, Tablo 1.3’deki gibi şekillenmektedir.

Tablo 1.3. Rüzgar gücü kapasitesindeki artış ve mevcut kapasite (KUM, 2009).

Ülkeler	Kapasite Artışı 2009 (MW)	Mevcut Kapasite 2009 (MW)
ABD	8360	25170
Almanya	1670	23900
İspanya	1610	16740
Çin	6300	12210
Hindistan	1800	9650
İtalya	1010	3740
Fransa	950	3400
İngiltere	840	3240
Danimarka	80	3180
Portekiz	710	2860

Türkiye Rüzgâr Atlası’na (Şekil 1.8) göre, Türkiye’nin teknik rüzgâr enerjisi potansiyeli 88000 MW, ekonomik rüzgâr enerjisi potansiyeli ise 10000 MW’dır. Ege kıyıları, Marmara ve Doğu Akdeniz Bölgeleri rüzgârdan güç üretimi için çok elverişli alanlardır. Son yıllarda, rüzgâr enerjisine olan ilgi, rüzgâr güç santrallerinde özel sektör

yatırımları sayesinde fazlasıyla artmıştır. 2009 sonu itibariyle işletmede olan 713,15 MW kurulu güce sahip rüzgar santrali bulunmaktadır. İnşa halinde 492,35 MW ve inşaatı başlaması muhtemel 644,45 MW rüzgar santrali ile birlikte 2009 sonu itibariyle rüzgar santralleri toplam kurulu gücü 1849,95 MW'a ulaşmıştır (TÜREB, 2009).



Şekil 1.8. Türkiye rüzgar atlası yıllık rüzgar dağılım haritası (EİE, 2010).

Türkiye, teorik olarak yıllık 160 TWh'lık rüzgâr potansiyeline sahiptir. Bu potansiyel ile Avrupa'daki teknik rüzgâr enerji potansiyelinin en yüksek payına sahiptir. Türkiye'nin değişik bölgelerinin yıllık ortalama rüzgâr hız ve potansiyel değerleri, Tablo 1.4'te verilmiştir. Yıllık ortalama rüzgâr hızları en düşük 2,1 m/s ile Doğu Anadolu Bölgesi, en yüksek 3,3 m/s ile Marmara Bölgesi'ndedir (Oğulata, 2003).

#### 1.4.3.8.2. Dünyada Rüzgar Enerjisinin Mevcut Durumu

2009 yılı sonu itibariyle son üç yıllık dönem göz önüne alındığında rüzgar gücü kapasitesinde % 155'lik bir artış göze çarpmaktadır. Özellikle ABD, rüzgar gücü kapasitesi alanında uzun yıllardır lider olan Almanya'yı geçmiş ve hem kapasite hem de üretim hacminde lider konuma yükselmiştir. Aynı dönemde en büyük kapasite artışı sağlayan ikinci ülke Çin olmuştur. Çin mevcut rüzgar enerjisi kapasitesini yaklaşık % 100 oranında arttırarak 12210 MW'lık kapasitesiyle dünya sıralamasında dördüncülüğe yükselmiştir. Rüzgar gücü alanında dünyanın önde gelen ilk altı ülkesi 2008 yılı itibariyle kapasitelerini 1000 MW'ın üzerinde arttırmıştır (KUM, 2009).

Tablo 1.4. Türkiye'nin bölgelere göre rüzgar potansiyeli (Ediger ve Kentel, 1999).

Bölge	Yıllık ortalama rüzgar yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )	Yıllık ortalama rüzgar hızı (m/s)
Marmara Bölgesi	51,91	3,30
Güneydoğu Anadolu B.	29,33	2,70
Ege Bölgesi	23,47	2,60
Akdeniz Bölgesi	21,36	2,50
Karadeniz Bölgesi	21,31	2,40
İç Anadolu Bölgesi	20,14	2,50
Doğu Anadolu Bölgesi	13,19	2,10
Ortalama	24,00	2,50

Yenilenebilir enerji piyasalarında en büyük paya sahip olan rüzgar gücü piyasası 2008 yılında 51,4 milyar dolarlık bir düzeye ulaşmıştır. İlk kez yenilenebilir enerjilerden birisi 50 milyar doların üzerine çıkmıştır. ABD'nin 2008 yılı yatırımlarının % 40'tan fazlasının rüzgar enerjisiyle ilgili olması, bu enerji kaynağının öneminin giderek arttığının bir göstergesidir.

#### 1.4.3.8.3. Türkiye'de Rüzgar Enerjisinin Mevcut Durumu

Türkiye'nin rüzgâr enerjisi kurulu gücü 2011 sonu itibariyle 1414,55 MW'dır. Türkiye'de kurulu rüzgar enerji santralleri, 41 tanedir. Mevcut kurulu gücün % 80,9'u 2008 ve sonrasında kurulmuştur. Bu durum rüzgar enerjisine yapılan yatırımların son senelerde hızla arttığını açıkça ortaya koymaktadır (Tablo 1.5).

Tablo 1.5. Türkiye'deki rüzgar elektrik santralleri

No.	Rüzgar Santrali Adı	Rüzgar Santrali İşletmecisi / Sahibi	Kurulu Güç (MW)	Türbin Sayısı	Mevkii
1	CESME RES	Alize Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	1,50	3	İzmir-Çeşme
2	ARES	Ares Alaçatı Rüzgar Enerjisi Sant. San. ve Tic. A.Ş.	7,20	12	İzmir-Çeşme
3	BORES	Bores Bozcaada Rüzgar Enj. Sant. San. ve Tic. A.Ş.	10,20	17	Çanakkale-Bozcaada
4	İNTEPE RES	Anemon Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	30,40	38	Çanakkale-İntepe
5	KARAKURT RES	Deniz Elektrik Üretim Ltd. Şti.	10,80	6	Manisa-Akhisar
6	BURGAZ RES	Doğal Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	14,90	13+5	Çanakkale-Gelibolu
7	SAYALAR RES	Doğal Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	34,20	38	Manisa-Sayalar
8	CATALCA RES	Ertürk Elektrik Üretim A.Ş.	60,00	20	İstanbul-Çatalca
9	YUNTDAG RES	İnnores Elektrik Üretim A.Ş.	42,50	17	İzmir-Aliğa
10	KEMERBURGAZ RES	Lodos Elektrik Üretim A.Ş.	24,00	12	İstanbul-Gaziosmanpaşa
11	MAZI-1	Mare Manastır Rüzgar Enerjisi Santrali San. ve Tic. A.Ş.	39,20	49	İzmir-Çeşme
12	SUNJUT RES	Sunjut Sun'ı Jüt San. ve Tic. A.Ş.	1,20	2	İstanbul-Hadımköy
13	TEPERES	Teperes Elektrik Üretim A.Ş.	0,85	1	İstanbul-Silivri
14	BANDIRMA RES	Yapısan Elektrik Üretim A.Ş.	30,00	20	Balıkesir-Bandırma
15	SAMLI RES	Baki Elektrik Üretim Ltd. Şti.	90,00	30	Balıkesir-Şamlı
16	DATCA RES	Dares Datça Rüzgar Enerji Santrali Sanayi ve Ticaret A.Ş.	29,60	36	Muğla-Datça
17	SEBENOBA RES	Deniz Elektrik Üretim Ltd. Şti.	30,00	15	Hatay-Samandağ
18	AKBUK RES	Ayen Enerji A.Ş.	31,50	15	Aydın-Didim
19	CAMSEKI RES	Alize Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	20,80	10+1	Çanakkale-Ezine
20	KELTEPE RES	Alize Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	20,70	23	Balıkesir-Susurluk
21	GOKCEDAG RES	Rotor Elektrik Üretim A.Ş.	135,00	54	Osmaniye-Bahçe
22	DÜZOVA RES	Ütopya Elektrik Üretim Sanayi ve Ticaret A.Ş.	30,00	12	İzmir-Bergama
23	MAZI-3	Mazi-3 Rüzgar Enerjisi Santrali Elektrik Üretim A.Ş.	30,00	12	İzmir-Çeşme
24	AYYILDIZ RES	Akenerji Elektrik Üretim A.Ş.	15,00	5	Balıkesir-Bandırma
25	BANDIRMA RES	Borasco Enerji ve Kimya Sanayi ve Ticaret A.Ş.	60,00	20	Balıkesir-Bandırma
26	SOMA 1 RES	Soma Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	88,20	98	Manisa-Soma
27	BELN RES	Belen Elektrik Üretim A.Ş.	36,00	12	Hatay-Belen
28	SARIKAYA RES	Alize Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	28,80	14+1	Tekirdağ-Şarköy
29	KOCADAG-2	Kores Kocadağ Rüzgar Enerji Santrali Üretim A.Ş.	15,00	6	İzmir-Urla
30	BANDIRMA-3 RES	As Makinsan Temiz Enerji Elektrik Üretim San. ve Tic. A.Ş.	24,00	10	Balıkesir-Bandırma
31	MERSIN RES	Akdeniz Elektrik Üretim A.Ş.	33,00	11	Mersin-Mut
32	BOREAS-1 ENEZ RES	Boreas Enerji Üretim Sistemleri A.Ş.	15,00	6	Edirne-Enez
33	ALIAGA RES	Bergama RES Enerji Üretim A.Ş.	90,00	36	İzmir-Bergama, Aliğa
34	SENBÜK RES	Bakras Enerji Elektrik Üretim ve Tic. A.Ş.	15,00	5	Hatay-Belen
35	ZİYARET RES	Ziyaret RES Elektrik Üretim San. ve Tic. A.Ş.	35,00	14	Hatay-Samandağ
36	SOMA RES	Bilgin Rüzgar Santrali Enerji Üretim A.Ş.	90,00	36	Manisa-Soma
37	KUYUCAK RES	Alize Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	25,60	14	Manisa-Kırkağaç
38	SARES RES	Garet Enerji Üretim ve Ticaret A.Ş.	22,50	9	Çanakkale-Ezine
39	TURGUTTEPE RES	Sabaş Elektrik Üretim A.Ş.	22,00	11	Aydın-Çine
40	CANAKKALE RES	Enerjisa Enerji Üretim A.Ş.	29,90	13	Çanakkale-Ezine
41	SUSURLUK RES	Alentek Enerji A.Ş.	45,00	18	Balıkesir-Susurluk
TOPLAM / TOTAL			1414,55		

Kaynak: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (URL-5, 2011)

Türkiye'nin karasal alanlarında 400 000 GWh/yıl brüt rüzgar potansiyeli, 120 000 GWh/yıl teknik rüzgar potansiyeli ve 50 000 GWh/yıl ekonomik rüzgar potansiyeli bulunmaktadır. Kurulu güç olarak, brüt potansiyel ise 160 000 MW, teknik potansiyel 48 000 MW, ekonomik potansiyel ise 20 000 MW rüzgar kurulu gücüne eşdeğerdir. Türkiye kıyı sahalarında ise 8 200 MW kurulu gücünde potansiyel bulunmaktadır (Kaya, 2006). Şu an işletmede olan 146,25 MW kurulu gücünde tesislerimiz bulunmaktadır.

Ülkemiz rüzgar potansiyeli bakımından oldukça zengin bir potansiyele sahiptir. Bunun en önemli sebebi orta enlemlerde bulunması ve üç tarafının denizlerle çevrili olmasıdır. Rüzgar teknik potansiyeli 120 000 GWh/yıl olarak tahmin edilmektedir. Elektrik İşleri Etüt İdaresinin (EİE, 2002) raporuna göre Türkiye'nin yıllık ortalama rüzgar hızı 2,54 m/s ve rüzgar gücü yoğunluğu 10 m yükseklikte 24 W/m<sup>2</sup> olmaktadır. Ülkemizde potansiyelin en çok olduğu bölgeler Marmara, Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgeleridir.

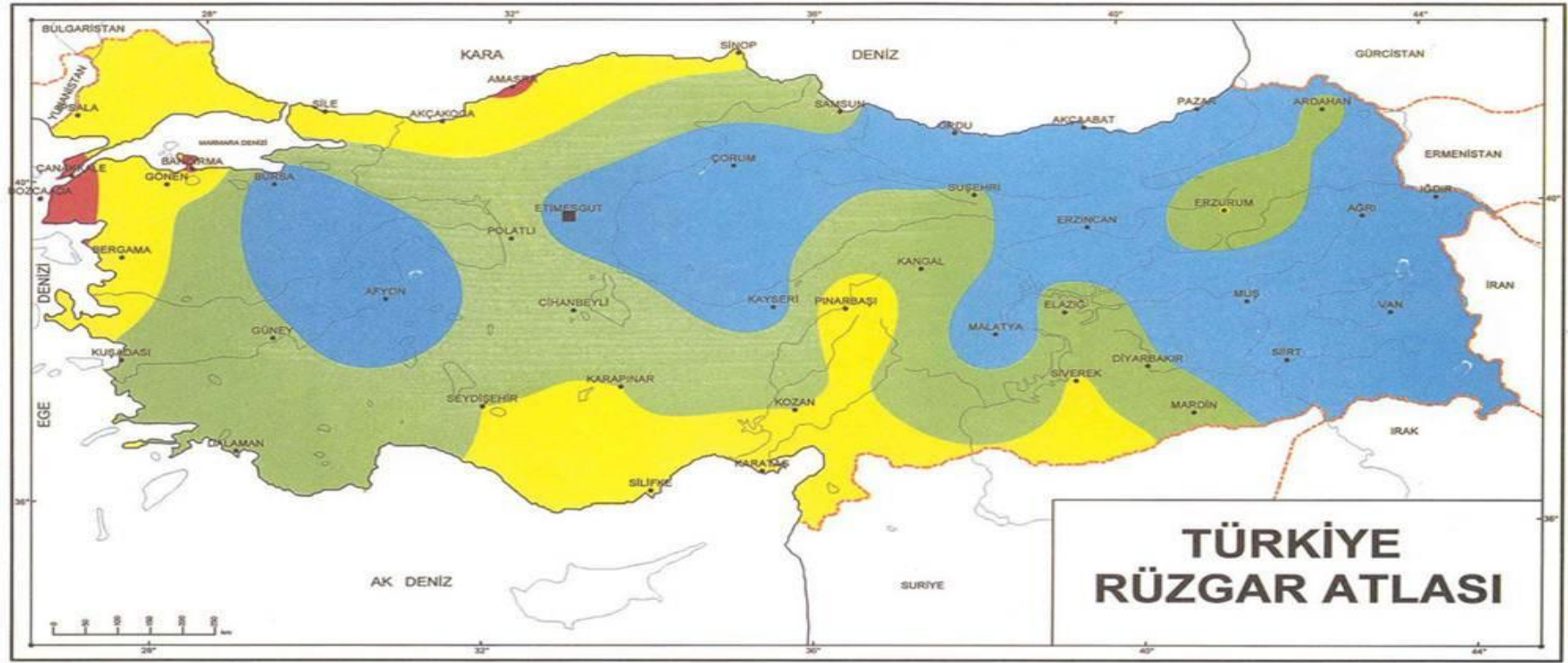
Günümüzde Ege bölgesinde sulama amaçlı olarak birçok yel değirmeni çiftçiler tarafından kullanılmaktadır. Özellikle Manisa, İzmir, Balıkesir ve Çanakkale illerinde oldukça yaygındır.

Rüzgar santralleri deniz üzerine ve kara üzerine de kurulabilmektedir. Ülkemizde kurulan ve kurulması planlanan santrallerin hepsi kara santralleridir. Deniz üzerine kurulacak santraller bakımından Türkiye üç tarafının denizlerle çevrili olmasından dolayı önemli bir yere sahiptir. Marmara Denizi iç deniz olması sebebiyle dışında kalan toplam kıyı uzunluğumuz 8 210 km'dir. Ege, Akdeniz ve Karadeniz kıyıları santral yapımı bakımından oldukça zengindir. Ege kıyıları, Karadeniz'in Sinop ve çevresi, Akdeniz'in ise İskenderun ve çevresi rüzgar alan kıyılarıdır. Fakat şu ana kadar deniz santralleri kurulmasıyla ilgili herhangi bir girişim bulunmamaktadır (Çınar, 2002).

Avrupa topluluğu için hazırlanmış olan rüzgar potansiyel atlasına göre Ege denizinin 10 m yükseklikte yapılan ölçümlerle rüzgar hızının 7-8 m/s olduğu görülmektedir. Bu değerlerin yaklaşık diğer kıyılarda da aynı olduğu belirtilmektedir. Bu durumda deniz santrallerinin kurulması için yeterli potansiyelin ülkemizde var olduğu ve önümüzdeki yıllar içinde rüzgar santrallerinin sayıları arttıkça deniz üstü santrallerinde kurulması ümit edilmektedir (Çınar, 2002).

Rüzgar santrallerinin düzenli ve sürekli rüzgar alan bölgelere kurulması gerekmektedir. Rüzgar santrallerinin kurulacağı yerler için gerekli olan ortalama rüzgar ve saatlik rüzgar hızlar genellikle meteoroloji istasyonlarından alınmaktadır. Rüzgar santrallerinin planlanması aşamasında, rüzgar atlasları kullanılır. Yer seçimi için bu atlas

tek başına yeterli değildir. Özel çalışmalar ve ölçümler yapılarak yer seçimleri yapılmalıdır. Şekil 1.9 'da Türkiye Rüzgar Atlası yer almaktadır.



Beş farklı topoğrafik durum için yer seviyesinden 50 m yükseklikteki rüzgar potansiyelleri <sup>1</sup>									
Kapalı Araçlar <sup>2</sup>		Açık Araçlar <sup>3</sup>		Kıyılar <sup>4</sup>		Açık Deniz <sup>5</sup>		Tepe ve Bayır <sup>6</sup>	
ms <sup>-1</sup>	Wh <sup>2</sup>	ms <sup>-1</sup>	Wh <sup>2</sup>	ms <sup>-1</sup>	Wh <sup>2</sup>	ms <sup>-1</sup>	Wh <sup>2</sup>	ms <sup>-1</sup>	Wh <sup>2</sup>
> 6.0	> 250	> 7.5	> 500	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 11.5	> 1800
5.0-6.0	150-250	6.5-7.5	300-500	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10.0-11.5	1200-1800
4.5-5.0	100-150	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10.0	700-1200
3.5-4.5	50-100	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0-8.5	400-700
< 3.5	< 50	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 7.0	< 400

1. Rüzgar potansiyeli, rüzgarın gücünü temsil etmektedir. Rüzgar türbini halihazırındaki potansiyelin % 20 ile % 30 luk bölümünü kullanabilir. Potansiyel hesaplamaları; deniz seviyesinde 1 Atm lik standart basınç ve 15 °C sıcaklığa karşılık gelen 1.23 kg/m<sup>3</sup> hava yoğunluğuna göre yapılmıştır.
2. Yerleşim alanları, ormanlar ve rüzgar kırıcıların yoğun olduğu tarım alanları (pürüzlülük sınıfı 3)
3. Az sayıda rüzgar kırıcının olduğu açık araziler (pürüzlülük sınıfı 1). İç bölgelerde en fazla tercih edilen alanlar genellikle bu sınıfta bulunmaktadır.
4. Düzgün kıyı alanları ve çok az sayıda rüzgar kırıcı içeren kara yüzeyleri (pürüzlülük sınıfı 1). Eğer hakim rüzgar yönü deniz tarafından ve sürekli ise, potansiyel daha fazla olabilir. Tam tersi durumda ise potansiyel daha az olabilir.
5. Kıyılardan en az 10 km uzaktaki açık denizler (pürüzlülük sınıfı 0).
6. Bütün sınıflarda % 50 ye varan bir hız artışı görülmektedir ve bu sonuç 400 m yüksekliğinde ve 4 km çapındaki simetrik bir tepede yapılan hesaplamalarda elde edilmiştir. Rüzgar hızındaki artış; tepenin yüksekliğine, uzunluğuna ve yapısına bağlıdır.

Kaynak : Elektrik İşleri Etüt İdaresi, 2008

Şekil 1.9. Türkiye rüzgar atlası



Bir bölgenin rüzgar potansiyelinin belirlenebilmesi için rüzgar ölçümlerinin oldukça sağlıklı yapılması gerekmektedir. Bu nedenle yapılacak ölçümlerin en az 1 yıl süreli yapılması önemlidir. Bu ölçümlerde rüzgar santrallerinin kurulacakları bölgenin santrale ulaşım kolaylığı, arazinin eğimi, büyüklüğü, kullanılış şekli ve bitki örtüsü, arazinin yol ve diğer çalışmalar için işlenme kolaylığı ve ulusal şebekeye bağlanma kolaylığı önem arz etmektedir.

Şekil 1.10 ve Şekil 1.11 de Türkiye’de kurulup, işletmeye alınan rüzgar santrallerine ait resimlerin bir kısmı ve kurulu güçleri verilmiştir.



Şekil 1.10. Manisa’daki rüzgar santrali, kurulu gücü:  $6 \times 1800 \text{ KW} = 10,8 \text{ MW}$



Şekil 1.11. Aydın’daki Akbuk RES, kurulu gücü:  $21 \times 1500 \text{ KW} = 31,5 \text{ MW}$

Rüzgar enerjisi potansiyeli hesaplamalarında kullanılan en önemli faktör rüzgar hızıdır. Rüzgar potansiyeli, hızın küpüyle doğru orantılıdır. Bir bölgedeki rüzgar



potansiyelinin belirlenmesi için o bölgenin rüzgar hızı ölçülür. Bu hız genelde 10 m yükseklikte ölçülerek, 30 m 'ye kadar da çıkabilmektedir. Rüzgar hızının 4-5 m/s civarında olduğu bölgelerde rüzgar santralleri kurulabilmektedir.

Dünya rüzgar enerji potansiyelinin, 50 derece kuzey ve güney enlemleri arasındaki alanda 26 000 TWh/yıl (terrawattsaat) olduğu ekonomik ve diğer nedenlerden dolayı 9 000 TWh/yıl kapasitenin kullanılabilir olduğu tahmin edilmektedir. Yine yapılan çalışmalara göre, Dünya karasal alanları toplamının ( $107 \times 10^6 \text{ km}^2$ ) % 27 sinin ( $3 \times 10^6 \text{ km}^2$ ) yıllık ortalama 5,1 m/s den daha yüksek rüzgar hızının etkisi altında kaldığı belirtilmektedir. Bu rüzgar enerjisinden yararlanma imkanının olabileceği varsayımıyla 8 MW/km<sup>2</sup> üretim kapasitesi ile 240 000 GW kurulu güce sahip olunacağı hesaplanmaktadır (EİE, 2002).

Dünya'da, Kaliforniya ve Danimarka başta olmak üzere rüzgar enerjisinden 2 000 MW kapasiteyle yararlanılmaktadır. Hollanda, Hindistan, İngiltere, İtalya, ve Almanya rüzgar enerjisinin gelişimi açısından üretim çalışmalarını geliştirmişlerdir. Son yıllarda hızla gelişme gösteren rüzgar enerjisi sektörünün tesis maliyeti, oluşan rekabet ortamı sayesinde gelişmeye zıt yönde düşmektedir. Üretilen rüzgar türbinleri; 330 KW,600 KW, 800 KW, 1 000 KW, 2 000 KW ve 4 500 KW kurulu güç kapasiteli olabilmektedir.

Rüzgar enerjisi ile ilgili çalışmalar ülkemizde Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından yapılmaktadır. Kurdukları birçok rüzgar ölçüm istasyonları sayesinde ölçümler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nce yapılarak ve bu ölçümlerde çeşitli programlarla sayısallaştırılarak Türkiye Rüzgar Atlası hazırlanmıştır. Rüzgar atlası, yer yüzeyinden 10 m yükseklikte, yer yüzeyinden ölçülmüş olan rüzgar hızı ve yönüne bağlı olarak yeterli süre ve sayıdaki meteoroloji istatistiklerinin, özel bilgisayar programlarıyla değerlendirmesi sonucu elde edilen, rüzgar gücü ve kapsadığı alanlar hakkında bilgi veren atlaslardır. EİE genelde rüzgar ölçümlerini 10 m yükseklikte yapmaktadır.

Türkiye Rüzgar Atlası sayesinde ülkemizdeki rüzgar potansiyeli daha iyi anlaşılmıştır. Bu sayede rüzgar gücünden yararlanılarak enerji üretme isteği doğmuştur. Geçmiş yıllara oranla artık günümüzde rüzgar santralleri önemini giderek arttırmıştır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu tarafından kabul gören birçok proje kısa zamanda faaliyete geçerek, ülkemizin kalkınmasına katkıda bulunacaktır.

Sağlıklı bir rüzgar ölçümünün yapılabilmesi için rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık, nem ve basınç değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca ölçümler en az 30 m yükseklikte yapılmalıdır. Ölçüm yüksekliği topografik duruma göre de değişiklik göstermektedir.

Bir noktadaki rüzgar potansiyelinin belirlenebilmesi için değişik yöntemler kullanılmaktadır.

Pürüzlülük katsayısı, ölçüm noktası çevresinin topografyasına ve yüzey yapılarına bağlı olarak değişmektedir.

Bu yöntemle, sadece ölçüm yapılan nokta için farklı yüksekliklerdeki rüzgar hızları ve potansiyelleri hesaplanabilir.

Rüzgar potansiyelinin belirlenmesinde EİE tarafından WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program) paket programı kullanılmaktadır. Bu programın kullandığı dört temel öge, saatlik rüzgar verisi, bölge pürüzlülük bilgileri, yakın çevre engel bilgileri ve bölgenin topografyasıdır (EİE, 2002).

Pürüzlülük;

Pürüzlülük oranı dört farklı şekilde belirtilmektedir. Bunlar pürüzlülük sınıfı 0, 1, 2 ve 3 olarak ayrılmaktadır.

Pürüzlülük sınıfı 0 olan araziler; su alanları, deniz, fiyord ve göllerini kapsar. Pürüzlülük sınıfı 1 olan araziler; açık alanlar içinde birkaç, rüzgar kırıcı engellerdir. Bu sınıf, açıklık, düz alanları veya yumuşak engebeleri kapsar. Basit şekiller, ağaç ve çalılıklar bulunabilir. Pürüzlülük sınıfı 2 olan araziler; arazi düz veya dalgalı olabilir, çok sayıda ağaç ve bina bulunabilir. Pürüzlülük sınıfı 3 olan araziler; ormanlık ve yerleşim alanlarıdır (EİE, 2002).

Yakın Çevre Engelleri;

Arazideki engeller rüzgar hızına etki etmektedir. Bu hızdaki etkiye perdeleme adı verilir. Perdeleme etkisinde; engelin geçirgenliği, uzunluğu, yüksekliği, hesaplama noktasının engelden uzaklığı ve yüksekliği önemlidir.

Geçirgenlik binalarda 0,2 ağaçlarda 0,5 olarak alınmaktadır.

Topografya;

Rüzgar potansiyelinin belirlenmesinde topografya da önemli yer tutmaktadır. Yapılan çeşitli analizler sonucunda tepenin yüksekliği, yanal uzunluğu, eğimleri oldukça etkilidir.

Türkiye Rüzgar Atlası, DMİ kayıtlarından alınmış saatlik rüzgar verileri kullanılarak ve WAsP programı ile işlenerek hazırlanmıştır. 45 adet meteoroloji istasyonu kullanılmış olup 1989–1998 yılları arasındaki ölçüm verilerini kapsamaktadır. Rüzgar ölçümleri 10 m yükseklikte yapılmıştır.

Türkiye Rüzgar Atlasında (EİE, 2008) yer alan istasyonlara ait rüzgar değerleri Tablo 1.6'de sunulmuştur.

Tablo 1.6. Türkiye'deki rüzgar ölçüm istasyonları ve ortalama hızları

No	İstasyon Adı	Kot (m)	Yıllar	Ortalama Hız ( m/s)
1	Afyon	1034,00	1989-1998	1,80
2	Ağrı	1632,00	1989-1998	1,70
3	Akçaabat	3,00	1989-1998	1,90
4	Akçakoca	10,00	1989-1998	1,80
5	Amasra	73,00	1989-1998	5,20
6	Ardahan	1829,00	1989-1998	1,90
7	Bandırma	58,00	1989-1998	4,00
8	Bergama	53,00	1989-1998	3,00
9	Bozcaada	28,00	1989-1998	5,80
10	Bursa	100,00	1990-1998	1,80
11	Cihanbeyli	969,00	1989-1998	2,90
12	Çanakkale	6,00	1989-1998	3,70
13	Çorum	776,00	1989-1998	1,80
14	Dalaman	13,00	1989-1998	2,60
15	Diyarbakır	677,00	1989-1998	2,80
16	Elazığ	990,00	1989-1998	2,70
17	Erzincan	1218,00	1989-1998	1,60
18	Erzurum	1758,00	1989-1998	2,80
19	Etimesgut	800,00	1989-1998	2,20
20	Gönen	37,00	1989-1998	2,40
21	Güney	805,00	1989-1998	4,30
22	İğdır	858,00	1990-1998	1,00
23	İpsala	10,00	1989-1998	2,90
24	Kangal	1512,00	1989-1998	2,60
25	Karapınar	1004,00	1989-1998	2,30
26	Karataş	22,00	1989-1998	3,10
27	Kayseri	1093,00	1989-1998	1,80
28	Kozan	109,00	1992-1998	2,10
29	Kuşadası	22,00	1989-1998	2,20
30	Malatya	948,00	1991-1998	1,90
31	Mardin	1050,00	1989-1998	3,90
32	Muş	1320,00	1989-1998	1,10
33	Ordu	4,00	1989-1998	1,50
34	Pazar	79,00	1989-1998	2,00
35	Pınarbaşı	1500,00	1989-1998	3,90
36	Polatlı	885,00	1989-1998	2,50
37	Samsun	4,00	1989-1998	2,40
38	Seydişehir	1131,00	1989-1998	1,90
39	Siirt	896,00	1989-1998	1,30
40	Silifke	15,00	1989-1998	2,10
41	Sinop	32,00	1989-1998	2,90
42	Siverek	801,00	1989-1998	2,90
43	Suşehri	1163,00	1989-1998	3,20
44	Şile	31,00	1989-1998	3,40
45	Van	1661,00	1991-1998	2,50

### 1.4.3.9. Hidroelektrik Enerji

Hidrolik enerji, suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesiyle sağlanan bir enerji türüdür. Suyun üst seviyelerden alt seviyelere düşmesi sonucu açığa çıkan enerji, türbinlerin dönmesini sağlamakta ve elektrik enerjisi elde edilmektedir. Hidrolik potansiyel, yağış rejimine bağlıdır. Elektrik üretimi maksatlı inşa edilen hidroelektrik santraller bu işlevlerinin yanında birçok amaca (taşkın ve baskınları önleme, sulama işlerini düzenleme, balıkçılığı geliştirme, ağaçlandırmayı sağlama, turizmi geliştirme, ulaşımı kolaylaştırma vb.) hizmet etmektedirler. Hidroelektrik santraller diğer üretim tipleri ile kıyaslandığında düşük işletme maliyetine, uzun işletme ömrüne ve yüksek verime haizdirler. Türkiye'nin diğer enerji alternatifleri karşısında milli kaynak olan suyu kullanan hidroelektrik santrallere öncelik vermesi ve teşvik etmesi için ekonomik, çevresel ve stratejik birçok sebep vardır. Her şeyden önce, hidroelektrik enerji yenilenebilir bir enerji kaynağıdır ve dünyadaki su döngüsünün devam ettiği sürece tükenmeyecek stratejik bir enerji kaynağıdır.

Hidroelektrik santraller oldukça dayanıklı inşaat yapılarına sahiptirler. Uzun yıllar faaliyet göstermelerine karşın işletme masrafları da düşüktür. Bu santrallerden rezervuarlı olan barajların yapım aşaması ve maliyetleri oldukça yüksektir. Planlama aşamasında kurulması düşünülen yerlerin çok iyi belirlenip, yerleşim yerlerinin ve verimli arazilerin gölalanı içinde kalması durumları çok iyi irdelenmelidir. Aksi taktirde çevreye olumsuz etkileri olacaktır.

Hidroelektrik santrallerin enerji üretim ve kurulu güç hesaplamalarında en önemli parametreler düşü ve debi miktarıdır. Enerji hesaplamaları yapılırken, güvenilir enerji, ikincil enerji, toplam enerji ve kurulu güç değerleri kullanılmaktadır.

Güvenilir enerji hesaplanırken, güvenilir debi değeri kullanılır. Bunun için hidroelektrik santralin üzerinde kurulacak olan nehrin debi ölçümleri esas alınır. Bu debi ölçümleri uzun yılları kapsayan günlük debi değerleridir. Bu günlük debi değerleri zamanın yüzdesi olacak şekilde büyükten küçüğe doğru sıralanır. Sıralanan debilerden zamanın % 95 ine karşılık gelen debi değeri "güvenilir debi" yi ifade eder. Yani bu değer nehirden % 95 olasılıkla geçebilecek olan debidir.

Toplam enerji hesaplanırken, ortalama debi değeri kullanılır. Ortalama debi hesabında ise büyükten küçüğe sıralanan ve uzun yılları kapsayan günlük debilerin ortalaması alınır. Bu değer "ortalama debi" yi ifade eder.

Enerji hesaplamalarında güvenilir debi ( $Q_{g\u00fcv}$ ) ve ortalama debi ( $Q_{ort}$ ) kullanılır. Aynı zamanda enerji hesabında t\u00fcrbin verimi ve jenerat\u00f6r verimi y\u00fczde (%) olarak kullanılır. Bu verimler yer \u00e7ekimi katsayısı olan 9,81 m/s<sup>2</sup> ile \u00e7arpılarak enerji katsayısı bulunur. Bu katsayı net d\u00fc\u015fu, debi ve bir yıldıki saat (365 g\u00fcn x 24 saat = 8760) ile \u00e7arpılarak KWh/yıl cinsinden enerji \u00fcretimi bulunur.

Enerji g\u00fc\u00e7 ile zamanın \u00e7arpımı, g\u00fc\u00e7 ise birim zamanda yapılan i\u015f olarak tarif edildi\u011fine g\u00f6re bir hidroelektrik santralden elde edilecek enerji a\u015fa\u011fdaki e\u015fitlikler yardımıyla \u015f\u00f6yle hesaplanabilir;

$$\text{İ\u015f} : Q \times \rho \times H \times t \quad (1)$$

$$\text{G\u00fc\u00e7} = \text{i\u015f} / \text{zaman} = Q \times \rho \times H \quad (2)$$

Burada  $Q$ (m<sup>3</sup>/s) debi,  $\rho$  (kg/m<sup>3</sup>) suyun \u00f6zg\u00fcl a\u011frılı\u011fı,  $H$ (m) d\u00fc\u015fu,  $t$ (s) ise zamanı ifade etmektedir.

Suyun \u00f6zg\u00fcl a\u011frılı\u011fının  $\rho = 1,000$  kg/m<sup>3</sup> ve 102 kgm/s = 1 kw oldu\u011fu g\u00f6z \u00f6n\u00fcne alındığında;

$$\text{G\u00fc\u00e7} = P \text{ (kw)} = (1,000 \times Q \times H) / 102 = 9,81 \times Q \times H \quad (3)$$

ifadesi elde edilir.

Enerji, g\u00fc\u00e7 ile zamanın \u00e7arpımı oldu\u011funa g\u00f6re; yıllık enerji kwh cinsinden a\u015fa\u011fdaki form\u00fclle hesaplanır;

$$\text{Enerji} = 9,81 \times Q \times H_{net} \times 8760 \text{ saat/yıl} \quad (4)$$

Bir hidroelektrik santralin \u00fcretebilece\u011fi enerji hesaplanırken t\u00fcrbin ve jenerat\u00f6r\u00fcn verimleri de y\u00fczde olarak alınmaktadır. Bu durumda enerji denklemi a\u015fa\u011fdaki gibi olmaktadır;

$$\text{Enerji} = 9,81 \times Q \times H_{net} \times 8760 \times \text{t\u00fcrbin verimi} \times \text{jenerat\u00f6r verimi} \quad (5)$$

Burada  $Q(m^3/s)$  debi değeri için güvenilir enerji ( $E_{güv}$ ) hesaplanırken güvenilir debi ( $Q_{güv}$ ), toplam enerji ( $E_{top}$ ) hesabı yapılırken ortalama debi ( $Q_{ort}$ ) değeri kullanılmaktadır. Burada güvenilir debi zamanın %95 inde akarsudan geçecek olan debiyi ifade etmektedir.

Enerji hesabında net düşü ( $H_{net}$ ) değeri kullanılır. Bu değer mevcut brüt düşünün kanal, tünel ve cebri boru gibi yapılarda ki sürtünme, tranzisyon ve uzunluk gibi durumlarında oluşabilecek kayıpları dikkate alınır. Bu kayıpların brüt düşüden düşülmesi sonucu net düşü bulunur ve  $H_{net}$  olarak ifade edilir.

İkincil enerji toplam enerjiden güvenilir enerji değeri çıkartılarak bulunur ve şu şekilde ifade edilir;

$$E_{kin} = E_{top} - E_{güv} \quad (6)$$

Güvenilir debinin yüksek olması o projenin güvenilirliğini artırmaktadır. İkincil enerji olarak bulunan değer ise ortalama debi ile üretilen toplam enerjinin güvenilir enerjiden çıkarılmasıyla bulunur.

Kurulu güç değeri kurulacak olan hidroelektrik santralin üretebileceği enerji için gereken gücü ifade eder. Kurulu güç hesabı yapılırken kanal, tünel ve cebri borudan geçecek olan optimum debi değeri kullanılır.

Optimum debiye göre kurulu güç şu şekilde ifade edilir;

$$\text{Kurulu güç} = 9,81 \times Q_{optimum} \times H_{net} \times \text{türbin verimi} \times \text{jeneratör verimi} \quad (7)$$

Kurulu gücün birimi kW olarak hesaplanmaktadır. Optimum debi projede optimizasyon yapılarak bulunmaktadır. Yani en ekonomik kanal ya da tünel kapasitesinin bulunması hedeflendiği için, hidroelektrik santral için kurulacak bütün tesislerin maliyetleriyle, debiye karşılık gelen kurulu güç değerleri ve enerji üretimleri arasında değerlendirme yapılarak bulunur. Bu değerlendirmede çeşitli kurulu güçler için yapılacak tesislerin maliyetleri ve enerji üretimleri bulunur. Her farklı kurulu güç değerinde enerji hesaplamaları da farklıdır. Çünkü debiye göre belirlenecek olan tesislerin düşüden meydana gelen kanal, tünel ya da cebri boru kayıpları net düşüyü değiştirdiği için enerji üretim miktarları da değişmektedir. Bu hesaplarda en ekonomik ve en yüksek enerji üretecek olan

tesise karşılık gelen değer kurulu güç değeri olarak alınır. Yapılan optimizasyonun aşamaları şu şekildedir;

- Günlük debi değerlerinden, ortalama debiden daha büyük çeşitli debiler seçilir.
- Bu debilere karşılık gelen kurulu güçler ve enerji üretimleri hesaplanır.
- Her seçilen debiye göre tesislerin boyutları farklı olacağından, tesislerin maliyetleri hesaplanır. Bu maliyetlerden yıllık giderler bulunur.
- Yıllık üretilen enerjilerin faydaları ile, kurulacak tesislerin maliyetlerine göre yıllık giderlerini içeren grafik çizilir.
- Bu grafikte en fazla enerjiyi en az maliyetle üretecek olan debi değeri kanal kapasitesini yani optimum debiyi verir. Grafikte gelirler ve giderler orantılı olarak hızlı bir artıştan sonra, bu artış azalır. Bu artışın en tepe noktasında ki değer gelir ve giderine karşılık gelen debi değeri kanal kapasitesi olarak belirlenir. Başka deyişle gelir/giderin 1'e eşit olduğu bir çizgi çizilir. Grafikte bu eğrinin teğet geçtiği nokta belirlenir ve gelir, gider değeri işaretlenir. Bu değerlere karşılık gelen debi değeri optimum debi olarak bulunur.

Hidroelektrik Santrallerin yer seçimleri oldukça önemlidir. Santral yer seçimine önem verilmezse, daha sonra çok sorunlarla karşılaşılabilir ve santral maliyeti hesap edilenin çok üzerine çıkabilir. Onun için santral yeri çok tecrübeli bir jeolog ve mühendisler grubu tarafından seçilmelidir. Daha sonra da bu yer de sondajlar yaptırılarak yer seçimi kesinleştirilmelidir. Hidroelektrik santral yapımının yer seçiminde şu hususlara dikkat edilmelidir (Yıldız, 1992).

- Detaylı bir jeolojik etüt yapılmalı; heyelan bölgesinden ve aktif faylardan uzak olmalı; kil, kum, alüvyon dolgu ve dere yatağı üzerine oturtulmamalıdır. Santral binası mümkün olduğunca sağlam kaya üzerine oturtulmalıdır.
- Santral yeri, en kısa cebri boru ile en az düşü kaybı verilerek ulaşılabilecek bir yerde olmalıdır.
- Santral binasına en yakın yerde bir şalt sahası yer almalıdır.
- Üniteler, montaj sahası ve idari blok ile trafo yeri ve şalt sahasının mümkün olduğunca bir arada olması gerektiğinden bu bölümlerin rahatça yerleştirilebileceği büyüklükte bir yer olmalıdır.
- Kuyruk suyu kanalı, nehir yatağına uygun ve ekonomik bir şekilde bağlanabilmelidir.
- Santral kolay, ekonomik bir ulaşım yolu yapılabilecek bir yerde olmalıdır.

Hidroelektrik santraller çeşitli kriterlere göre sınıflandırılabilirler (Yıldız, 1992);

Düşülerine göre, alçak düşülü santraller, yükseklikleri 15 m den az olan, genellikle debisi büyük, düz arazilerde akan, yatak eğimi az, nehirler üzerinde kurulan ve çoğunlukla Kaplan türbini kullanılan santrallerdir (Şekil 1.12-A).

Orta düşülü santraller, yükseklikleri 15–50 m arasında olan, çeşitli debilerdeki, nehirler üzerinde kurulan Kaplan veya Francis türbini kullanılan santrallerdir ve uzunca bir cebri boru sistemi yoktur (Şekil 1.12-A, Şekil 1.12-B).

Yüksek düşülü santraller ise yükseklikleri 50 m den büyük olan ve genellikle engebeli veya dağlık araziden akan nehirler veya barajlar üzerinde kurulan santrallerdir. Bir yaklaşım kanalı veya tüneli, uzunca bir cebri borusu vardır. Francis veya Pelton türbinleri ile donatılmışlardır (Şekil 1.12-B, Şekil 1.12-C).



Şekil 1.12. A-Kaplan tip, B-Francis tipi C-Pelton tipi türbin

Kapasitelerine göre, küçük kapasiteli santraller, hem santral hem de değirmen v.s. gibi iş yerinde mekanik enerjisi doğrudan kullanılan santrallerdir. 99 Kw' a kadar olan santrallerdir. Düşük kapasiteli santrallerin kapasiteleri 100 – 999 Kw arasında, orta kapasiteli santraller, 1,000 – 9,999 Kw arasında ve yüksek kapasiteli santraller ise 10,000 KW ve daha fazla kurulu güce sahiptirler.

Üzerinde kuruldukları suyun özelliklerine göre, baraj santralleri, çeşitli amaçlarla yapılabileceği gibi genel olarak suların faydasını artırmak için vadilerin kapatılmasıyla yapılan 15 metreden yüksek rezervuarlı yapılardır. Bir baraj yapımının en zor kısımlarından birisi planlanmasıdır. Baraj yapılacak yerin en uygun ve en ekonomik olması gerekmektedir. Baraj yapımı için en uygun kriterler, ulaşım kolaylığı, baraj yerinin topografik durumu, temel ve jeoloji şartları, baraj inşaatında kullanılacak uygun



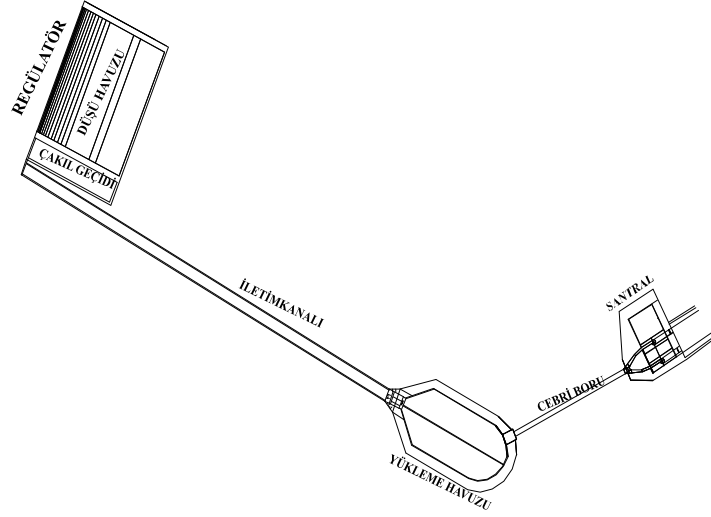
malzemenin tipi, deprem durumu, derivasyon şartları, dolusavak kapasitesi ve yeri, rezervuar işletme durumu, iklim şartları ve inşaat süresi, ülkenin ekonomik durumu, mevcut makine parkı, makinelerin tip ve kapasiteleri, yeraltı ve yer üstü sularının durumu ve doğa ile uyum sağlamasıdır.

Barajların yapım süreleri oldukça uzundur (3–10 yıl). Ayrıca yıkılmaları sonucu can ve mal kaybına neden olabilirler. Baraj santralleri rezervuar kapasitelidir. Baraj rezervuarında depolanan suyun kullanılarak enerji üretimi yapılması esasına dayanır. Bu barajda tutulan su, uygun bir yükseklik farkı oluşturulup türbinlerden geçirilerek bir mekanik enerji oluşturur ve jeneratör yardımıyla da elektrik enerjisine dönüşür. Ülkemizde mevcut rezervuarlı barajlardan çeşitli şekillerde yararlanılarak enerji üretilmektedir. Barajlardan enerji üretmenin yanında, sulama, içme-suyu olarak da yararlanılmaktadır. Çok amaçlı barajlarda amaçlara göre işletme çalışması yapılarak bir baraj yapısından hem sulama maksadı, hem enerji maksadı ve hem de içme-suyu maksadından yararlanılabilir. Barajlarda etek santralleri olabileceği gibi baraj eteğinde olmayan santraller de mevcuttur.

Etek santralleri, baraj mansabındaki uygun bir yere santralin kurulması ile yapılır. Bu tip santraller genelde beton barajlarda yapılır. Bu santraller, barajdan su alma yapısıyla aldıkları suyu cebri boru ile santrale ilemesiyle enerji üretir. Kayıpları da oldukça düşük olup, santrali işletmek kolaydır. Bu tip santraller, su alma yapısı, cebri boru, santral ve şalt sahasından oluşmaktadır.

Baraj eteğinde olmayan santraller ise su alma yapısı, basınçlı tünel, denge bacası, vana odası, cebri boru, santral ve şalt sahasından oluşmaktadır.

Kanal ve nehir santralleri ise en çok kullanılan tiptir. Kanal santralleri, bir bağlama yapısıyla suyun belirli bir yüksekliğe kabartılması ile yapılır. Genelde akarsu debisinin düşük olduğu bölgelerde tercih edilmektedir. Sistem, regülatör, çakıl geçidi, su alma yapısı, çökeltim havuzu, kanal, yükleme odası, cebri boru (basınçlı boru), santral ve şalt sahasından oluşur. Şekil 1.13.'de kanal santraline bir örnek verilmiştir.



Şekil 1.13. Tipik bir kanal santral planı

Nehir santralleri, genelde akarsu debisinin büyük fakat düşü yüksekliğinin az olduğu durumlarda tercih edilir. Suyun regülatör yapısıyla kabartılarak, cebri boru yardımıyla santrale ulaşmasını sağlayan ünitelerden oluşur. İletim kanalının olmayışı kayıpların da azalması yönünde artı bir etki yaratmaktadır. Nehir santralleri, regülatör, su alma yapısı, cebri boru, santral ve şalt sahasından oluşmaktadır. Burada suyun düşü yüksekliği, akarsu debisi, cebri boru uzunluğu ve çevresel şartlar önemli yer tutmaktadır.

Açık su yüzeyi olan yükleme havuzundan türbinlere kadar olan kısımda yer alan cebri borular basınçlı bir yapıya sahiptir. Yüksek düşülü santrallerde cebri borunun uzun olması sebebiyle maliyetleri de oldukça yüksektir. Bu yüzden planlama aşamasında bu hususlara dikkat etmek gerekir. Ayrıca cebri borunun oturacağı arazinin kesinlikle heyelan bölgesinde, yamaç molozu, kil veya zayıf zeminlerden geçmemesi gereklidir.

Hidroelektrik santrallerin elektrik enerjisi üretmek dışında da birçok faydaları vardır. Sulamaya ve su yolu ile ulaşım imkanı sağlaması, ve su sporları yapılabilmesi, tesis edildiği yerin iklimi üzerinde çok olumlu etkileri olması, su rejimini düzenlemesi, su ürünleri üretimi, özellikle balıkçılığın gelişmesini sağlaması, toprak erozyonunun önlenmesi veya azaltılmasıyla toprak korunmasını sağlaması, avcılığın gelişmesini sağlaması, mesire yerleri sağlaması, milli güvenlik üzerinde ve istihdam da olumlu etkilerinin olması, gelir dağılımının düzenlenmesine yardımcı olması ve su kalitesinin, kirlenmenin kontrolünü sağlaması gibi faydaları vardır. (Kocaman, 2003).

Baraj yapımı sonucunda çevrede bazı değişiklikler söz konusudur. Bunlar; doğal dengenin bozulması, göl sahası içinde kalan tarım alanlarının ve doğal kaynakların

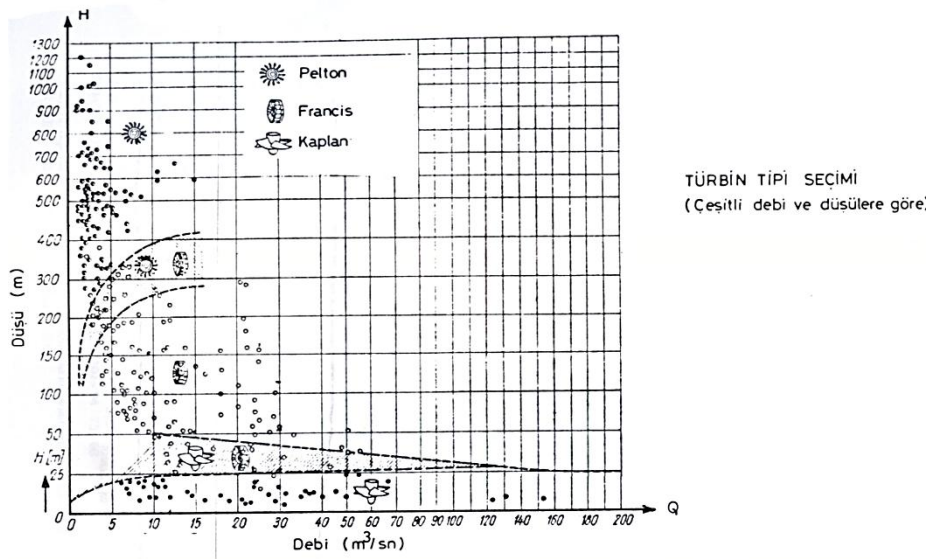
kullanılmaması, göl alanı için kalan yerleşim yerlerinin nakli, göl alanı içinde kalan yol, köprü v.b. yatırımların yerine yeni yatırımların yapılma ihtiyaçları, yer altı su seviyesinin yükseltilmesi nedeniyle meydana gelen olumsuz etkiler, su yükünün artması dolayısıyla meydana gelebilecek heyelan ve diğer jeolojik olaylar, suyun buharlaşması nedeniyle su miktarının azalması, akarsuların taşkın mevsiminde birlikte getirdikleri toprak gücünü arttıran besleyicilerden delta ovalarının mahrum kalması, suyun içinde taşınan maddelerin azalmasıyla baraj mansabında daha fazla yatak oyulması, kıyı erozyonunun artması, göl alanı içinde kalan tarihi eserler, önemli etkenlerdir (Kocaman,2003).

Ülkemizde 1997 yılı itibariyle hidroelektrik santrallerden enerji üretiminin % 95,7 'si baraj santrallerinden, % 4,3 'ü ise kanal tipi santrallerden karşılanmaktadır.

Bu arada önemli olan bir husus ise suya bağımlı olmalarından dolayı, su miktarının çok düşmemesi gereğidir. Barajlarda önlem olarak Japonya su seviyesini yükseltmek amacıyla baraj gölünün atına yerleştirdikleri balonları şişirme yoluna gitmiştir (Kocaman, 2003).

Hidroelektrik santrallerde üç çeşit su türbini kullanılmaktadır. Bu türbinler düşülerine ve kullanıldıkları yerlere göre seçilir ve kaplan türbini, francis türbini ve pelton türbini olarak çeşitlilik gösterirler.

Türbin tipinin belirlenmesi, debi ve düşü yardımıyla olmaktadır. Aşağıda verilen Şekil 1.14. 'te çeşitli debi ve düşülere göre türbin seçimi gösterilmektedir;



Şekil 1.14. Çeşitli debi ve düşülere göre türbin tipi seçimi

Hidroelektrik santrallerde kurulu güç değeri önemlidir. Kurulu güce bağlı olarak türbin ve jeneratörlerin kapasiteleri belirlenir. Hidroelektrik santrallerde, kurulu güç önemli yer tutmaktadır. Kurulu gücün belirlenmesinde, akarsu debisi ve mevsimlere göre değişimi, santralin gece ve gündüz harcayacağı süre, barajdan sulama suyunun alınıp alınmayacağı, tesis ünitelerinin periyodik bakımları önemli yer tutmaktadır.

#### 1.4.3.9.1. Dünyanın Hidroelektrik Enerji Potansiyeli

Dünyada yeni hidroelektrik santraller için muazzam büyüklükte keşfedilmemiş potansiyel bulunmaktadır. Avrupa ve Kuzey Amerika'da uygun hidroelektrik alanların çoğunun geliştirilmesine rağmen, özellikle gelişmekte olan ülkelerin bulunduğu Asya, Latin Amerika ve Afrika kıtalarında keşfedilmemiş önemli hidroelektrik potansiyel mevcuttur (Tablo 1.7).

Tablo 1.7. Dünyanın hidroelektrik enerji potansiyeli (DSİ, 2004).

Bölge	Brüt Hidroelektrik Enerji Potansiyeli (GWh/yıl)	Teknik Hidroelektrik Enerji Potansiyeli (GWh/yıl)	Teknik ve Ekonomik Hidroelektrik Enerji Potansiyeli (GWh/yıl)
Afrika	4000000	1665000	1000000
Asya	19000000	6800000	3600000
Avustralya / Okyanusya	600000	270000	105000
Avrupa	3150000	1225000	800000
K. ve Orta Amerika	6000000	1500000	1100000
Güney Amerika	7400000	2600000	2300000
Dünya	40150000	14060000	8905000
Türkiye	433000	216000	127820
Türkiye/Dünya (%)	1,07	1,54	1,84

Tablo 1.7'den de görüleceği gibi, dünyanın brüt teorik hidroelektrik potansiyeli yaklaşık 40150 TWh/yıl iken teknik olarak uygulanabilir potansiyeli 14060 TWh/yıl ve günümüzde ekonomik olarak uygulanabilir hidroelektrik enerji potansiyeli 8905TWh/yıl'dır. Türkiye sahip olduğu potansiyelle dünya brüt potansiyelinin %1,07'sini, teknik potansiyelin % 1,54'ünü ve ekonomik potansiyelinin % 1,84'ünü karşılamaktadır.

### 1.4.3.9.2. Türkiye'nin Su Kaynakları ve Hidroelektrik Enerji Potansiyeli

#### a) Su Kaynakları Potansiyeli

Türkiye'nin yağış rejimi mevsimlere ve bölgelere göre büyük farklılıklar göstermektedir. Türkiye'de yıllık ortalama yağış 643 mm olup, bu miktar yılda ortalama 501 milyar m<sup>3</sup> suya tekabül etmektedir. Bu suyun 274 milyar m<sup>3</sup>'ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m<sup>3</sup>'lük kısmı sızmalarla yer altı suyunu beslemekte, 158 milyar m<sup>3</sup>'lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yer altı suyunu besleyen 69 milyar m<sup>3</sup>'lük suyun 28 milyar m<sup>3</sup>'ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca komşu ülkelerden ülkemize gelen yılda ortalama 7 milyar m<sup>3</sup> su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin brüt yerüstü suyu potansiyeli 193 milyar m<sup>3</sup> olmaktadır. Sızmalarla yer altı suyunu besleyen 41 milyar m<sup>3</sup> su dikkate alındığında, ülkemizin toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt 234 milyar m<sup>3</sup> olarak hesaplanmış bulunmaktadır. Teknik ve ekonomik manada tüketilebilecek yüzey ve yer altı suyu miktarının 110 milyar m<sup>3</sup> olduğu belirlenmiştir. Bu miktarın 95 milyar m<sup>3</sup>'ünün yurt içinden doğan akarsulardan, 3 milyar m<sup>3</sup>'ünün yurt dışından ülkemize ulaşan akarsulardan, 12 milyar m<sup>3</sup>'ünün ise yer altı suyundan sağlanabileceği kabul edilmiştir (DSİ, 2004).

Ülkelerin su potansiyeli genellikle kişi başına düşen su potansiyeline dayandırılarak değerlendirilmektedir. Uluslar arası kritere göre, yıllık kişi başına 10000 m<sup>3</sup> 'ten daha büyük su potansiyeli düşen ülkeler su zengini olarak kabul edilmekte; 10000 m<sup>3</sup> -3000 m<sup>3</sup> arasında potansiyele sahip ülkeler kendi kendine yeten olarak kabul edilmekte; 3000 m<sup>3</sup> – 1000 m<sup>3</sup> arasında potansiyele sahip ülkeler su kıtlığına sahip ülkeler olarak kabul edilmekte; ve yıllık kişi başına 1000 m<sup>3</sup>'ten daha düşük potansiyelli ülkeler su fakiri ülkeler olarak düşünülmektedir. Türkiye'de 1997 yılı başlangıcında kişi başına düşen brüt su potansiyeli 3700 m<sup>3</sup> iken, 2000 yılı başlangıcında 3000 m<sup>3</sup>'e düşmüştür ve nüfus artışının bir sonucu olarak 2010 yılında 2000 m<sup>3</sup>'e düşeceği tahmin edilmektedir. Böylece, Türkiye gelecekte su kıtlığı çeken bir ülke olma tehlikesiyle karşı karşıya kalabilecektir (Özgöbek, 2002).

#### b) Hidroelektrik Enerji Potansiyeli

Ülkemizdeki 26 adet hidrolojik havzasında bulunan irili ufaklı çok sayıdaki nehrin yıllık ortalama akımları toplamı olan 193 (186 + 7) milyar m<sup>3</sup> yüzey suyunun hidroelektrik

enerji potansiyelinin belirlenmesinde “teorik potansiyel”, “teknik yapılabilir potansiyel” ve “ekonomik yapılabilir potansiyel” olmak üzere üç farklı şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir (DSİ, 2004).

Mevcut hidroelektrik kaynakların üretim potansiyelinin, teknik ve ekonomik yapılabilirlik koşulları göz önüne alınmadan, teorik olarak mevcut tüm düşü ve ortalama debi kullanılarak hesaplanan potansiyel “Brüt Potansiyel” olarak tanımlanmaktadır. Türkiye’nin yıllık brüt hidroelektrik enerji potansiyeli 433000 GWh civarındadır. Bu değer dünya hidroelektrik potansiyelinin % 1’ine, Avrupa hidroelektrik enerji potansiyelinin % 14’üne eşittir. Ekonomik yapılabilir olması koşulu göz önüne alınmadan, ülkenin hidroelektrik kaynaklarından teknik olanlarının tümünün değerlendirilmesi durumunda oluşabilecek üretim miktarı “Teknik Potansiyel” olarak tanımlanmaktadır. Ülkemizin yıllık teknik hidroelektrik enerji potansiyeli 215000 GWh mertebesindedir. Ülkenin brüt hidroelektrik potansiyelinin hem teknik hem de ekonomik olarak değerlendirilebilir bölümüne ise “Teknik ve Ekonomik Potansiyel” denilmektedir. Yılda küçük farklılıklar göstermekle birlikte bugün için Türkiye’nin yıllık teknik ve ekonomik hidroelektrik potansiyeli 129900 GWh’dır. Bunun yıllık ortalama üretim olarak ancak 48100 GWh’lık bölümü (% 37) geliştirilmiş bulunmaktadır.

Türkiye akarsuları açısından da zengin bir ülkedir. Kaynakları Türkiye topraklarında olan birçok akarsu değişik denizlere dökülür. Karadeniz’e Sakarya, Filyos, Kızılırmak, Yeşilirmak, Çoruh ırmakları; Akdeniz’e Asi, Seyhan, Ceyhan, Tarsus, Dalaman ırmakları; Ege Denizi’ne Büyük Menderes, Küçük Menderes, Gediz ve Meriç nehirleri; Marmara Denizi’ne Susurluk/Simav Çayı, Biga Çayı, Gönen Çayı dökülür.

Ayrıca Fırat ve Dicle nehirleri Basra Körfezi’nde, Aras ve Kura nehirleri ise Hazar Denizi’nde son bulur. Kızılırmak 1,355 km, Yeşilirmak 519 km, Ceyhan Irmağı 509 km, Büyük Menderes 307 km, Susurluk Irmağı 321 km, Suriye sınırına kadar Fırat Nehri 1,263 km, Dicle Nehri 523 km, Ermenistan sınırına kadar Aras nehri 548 km uzunluğundadır (URL-6, 2012).

Dünyadaki toplam su miktarı 1,4 milyar km<sup>3</sup>’tür. Bu suların % 97,5’i okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak, % 2,5’i ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır. Bu kadar az olan tatlı su kaynaklarının da % 90’ının kutuplarda ve yeraltında bulunması sebebiyle insanoğlunun kolaylıkla yararlanabileceği elverişli tatlı su miktarının ne kadar az olduğu anlaşılmaktadır.

Türkiye’de yıllık ortalama yağış yaklaşık 643 mm olup, yılda ortalama 501 milyar m<sup>3</sup> suya tekabül etmektedir. Bu suyun 274 milyar m<sup>3</sup>’ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m<sup>3</sup>’lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m<sup>3</sup>’lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m<sup>3</sup>’lük suyun 28 milyar m<sup>3</sup>’ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca, komşu ülkelerden ülkemize gelen yılda ortalama 7 milyar m<sup>3</sup> su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin brüt yerüstü suyu potansiyeli 193 (158+28+7) milyar m<sup>3</sup> olmaktadır (URL-6, 2012).

Tablo 1.8. Dünya ve Türkiye hidroelektrik potansiyel

Dünya ve Türkiye Hidroelektrik (HES) Potansiyeli			
	Brüt HES Potansiyeli (GWh/yıl)	Teknik HES Potansiyeli (GWh/yıl)	Ekonomik HES Potansiyeli (GWh/yıl)
Dünya	40 150 000	14 060 000	8 905 000
Avrupa	3 150 000	1 225 000	800 000
Türkiye	433 000	216 000	130 000

Kaynak: DSİ Genel Müdürlüğü (URL-7, 2008)

Ülkemiz su kaynakları bakımından oldukça zengin bir yapıya sahiptir. Bu kaynaklardan verimli şekilde yararlanmak gerekmektedir. Ülkemizde su kaynaklarının kontrollüğünü ve işletmesini yapan kurum Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü’dür. Şu an işletmede olan hidroelektrik santral sayısı 150 dir. Bu santrallerin toplam kurulu gücü 13 395 MW, ortalama yıllık üretimi ise 48 100 GWh/yıl ‘dır. Hidroelektrik santrallerden inşa halinde olan 40 adet projenin 3 497 MW kurulu gücü ve 11 207 GWh/yıl ortalama enerjisi, kesin projesi hazır olan 15 adet projenin 3 585 MW kurulu gücü ve 10 880 GWh/yıl ortalama enerjisi, planlaması hazır olan 180 adet projenin 7 412 MW kurulu gücü ve 27 008 GWh/yıl ortalama enerjisi, master planı hazır olan 92 adet projenin 5 115 MW kurulu gücü ve 17 754 GWh/yıl ortalama enerjisi, ilk etüdü hazır olan 253 adet projenin 4 735 MW kurulu gücü ve 18 330 GWh/yıl ortalama enerjisi bulunmaktadır. Bu durumda toplam 716 adet hidroelektrik santral projesi 36 697 MW kurulu güce ve 129 933 GWh/yıl ‘lık ortalama enerjiye sahiptir (URL-7, 2012).

Tablo 1.9’da ülkemizdeki havzalara ait su potansiyel bilgileri yer almaktadır.

Tablo 1.9. Türkiye drenaj sahaları bakımından havzalara göre yıllık ortalama supotansiyeli

Havza Adı	Ortalama Yıllık Akış(km <sup>3</sup> )	Toplam Potansiyelin % si	Ortalama Yıllık Verim (l/s/km <sup>2</sup> )
Fırat-Dicle	52,94	28,50	21,40
Doğu Karadeniz	14,90	8,00	19,50
Doğu Akdeniz	11,07	6,00	15,60
Antalya Havzası	11,06	5,90	24,20
Batı Karadeniz Havzası	9,93	5,30	10,60
Batı Akdeniz Havzası	8,93	4,80	12,40
Marmara Havzası	8,33	4,50	11,00
Seyhan Havzası	8,01	4,30	12,30
Ceyhan Havzası	7,18	3,90	10,70
Kızılırmak Havzası	6,48	3,50	2,60
Sakarya Havzası	6,40	3,40	3,60
Çoruh Havzası	6,30	3,40	10,10
Yeşilirmak Havzası	5,80	3,10	5,10
Susurluk Havzası	5,43	2,90	7,02
Aras Havzası	4,63	2,50	5,30
Konya Kapalı Havzası	4,52	2,40	2,50
Büyük Menderes Havzası	3,03	1,60	3,90
Van Gölü Havzası	2,39	1,30	5,00
Kuzey Ege Havzası	2,09	1,10	7,40
Gediz Havzası	1,95	1,10	3,60
Meriç-Ergene Havzası	1,33	0,70	2,90
Küçük Menderes Havzası	1,19	0,60	5,30
Asi	1,17	0,60	3,40
Burdur Göller Havzası	0,50	0,30	1,80
Akarçay Havzası	0,49	0,30	1,90
Toplam	186,05	100,00	

Kaynak: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü

4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanuna göre özel sektöre de hidroelektrik santral yapım ve işletme hakkı tanınmıştır. Böylece hızla gelişen bir sektör halini almıştır. Şu an özel sektör tarafından gerçekleştirilecek proje sayısı 823'tür. Toplam kurulu güç 13 262,56 MW'dır.



Bir ülkede, ülke sınırlarına veya denizlere kadar bütün doğal akışların % 100 verimle değerlendirilebilmesi varsayımına dayanılarak hesaplanan hidroelektrik potansiyel, o ülkenin brüt teorik hidroelektrik potansiyelidir. Ancak mevcut teknolojilerle bu potansiyelin tümünün kullanılması mümkün olmadığından mevcut teknoloji ile değerlendirilebilecek maksimum potansiyele teknik yapılabilir hidroelektrik potansiyel denir. Öte yandan teknik yapılabilirliği olan her tesis ekonomik yapılabilirliği olan tesis demek değildir. Teknik potansiyelin, mevcut ve beklenen yerel ekonomik şartlar içinde geliştirilebilecek bölümü ekonomik yapılabilir hidroelektrik potansiyel olarak adlandırılır. Türkiye'nin teorik hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin % 1'i, ekonomik potansiyeli ise Avrupa ekonomik potansiyelinin % 16'sıdır.

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR VE ELDE EDİLEN BULGULAR**

### **2.1. Çalışmanın Planlanması**

Bu çalışmada Rüzgar ve Hidroelektrik Santrallerin güvenilir ve temiz enerji kaynaklarından olması sebebiyle her iki kaynağın da diğer enerji kaynaklarına göre daha güvenilir oldukları savunulmaktadır. Bunun yanında karşılaştırma amacıyla termik santrallerin güvenilirliği araştırılmıştır. Bundan dolayı her üç enerji kaynağının kullanım alanları, yapım şartları, potansiyelleri, maliyetleri ve çevresel etkileri belirlenerek bu ana başlıklar altında değerlendirmeler yapılmıştır. Ülkemizde şu an faaliyette olan rüzgar, termik ve hidroelektrik santrallerden de örneklemelerle konu daha net bir şekilde açıklanmıştır. Bu üç enerji kaynağı karşılaştırılırken, gerekli olan veriler temin edilerek güncel değerlerle değerlendirmeler yapılmıştır.

Yukarıda açıklanan değerlendirmeler yapılırken işletmede olan bir rüzgar santrali ile planlama raporu hazır olan bir hidroelektrik santral ve termik santral arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Çalışmada kullanılan rüzgar santrali Akbük RES e ait proje bilgileri, hidroelektrik santral olan Söylemez HES'e ait proje bilgileri ve termik santral olan Etyemez Termik Santral projesi temin edilerek değerlendirmeler yapılmıştır.

Bu karşılaştırmada kurulu güç değerleri baz alınarak, maliyetleri, çevresel etkileri ve yapım şartları açısından değerlendirilerek karşılaştırmalar yapılmıştır.

### **2.2. Rüzgar, Hidroelektrik ve Termik Santrallerin Ekonomik ve Çevresel Açından Karşılaştırılması**

Bu bölümde genel olarak rüzgar, hidroelektrik ve termik santrallerin maliyetleri ve çevreye olan etkileri tespit edilerek karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu karşılaştırmalar yapılırken güncel veriler kullanılmıştır.

#### **2.2.1. Maliyet Karşılaştırılması Yöntemi**

Rüzgar, hidroelektrik ve termik santrallere ait yapım maliyetleri değerlendirilerek ekonomik ömürleri boyunca karşılaştırmalar yapılmıştır.

Bir proje yatırımı için finans kaynaklarından yapılacak tahsisin miktarının tesbiti ve projenin devreye girmesiyle Milli ekonomiye sağlayacağı katkıların bilinmesi ihtiyacı nedeniyle fayda ve masrafların doğruya en yakın bir biçimde hesaplanmaları gerekmektedir. Diğer taraftan bu hesaplamaların yapılması, proje sahasındaki kaynak, ihtiyaç ve imkanları aynı maksatlar doğrultusunda değerlendirecek alternatif projeler arasından en uygun çözümün seçilmesi için de gerekli olmaktadır. Burada sözkonusu edilen fayda ve masraflar, aynı yıla ait fiyatlarla sayısal olarak hesaplanabilen primer fayda ve masraflar olmaktadır.

Bir projenin ekonomik analiz periyodu içinde, proje tesislerinin kurulması ve işletmenin idamesi için gerekli tüm harcamalar masraf olarak ifade edilmektedir. Ayrıca, projenin tatbikata geçirilmesi sonucu doğacak olumsuz sonuçları da masraf olarak mütalaa etmek gerekir. Masrafları yatırım ve işletme periyodundaki masraflar olarak iki ana gruba ayırmak mümkündür.

Yatırım Periyodundaki Masraflar: Proje kapsamındaki tesislerin ilk yatırımları için gerekli tüm harcamalardır. Bu harcamaların tamamlanması halinde proje işletmeye açılabilir hale getirilmiş olur. Yatırım periyodunun ilk yılından son yılına kadar her bir yıl yapılan harcama miktarlarının paranın zaman değeri de dikkate alınarak periyot sonuna taşınması ve toplamalarının alınmasından oluşan değer "yatırım bedeli" olarak adlandırılır. Proje ekonomisi yönünden anlam taşıyan yatırım bedeli şu unsurlardan oluşmaktadır.

a) Tesis Bedeli: Proje kapsamındaki tesislerin planlama aşaması için yeterli hassasiyette çıkarılan metrajlarına göre hesaplanan keşif bedelinin "bilinmeyen masraflar" için %15 mertebesinde arttırılmasıyla elde edilir.

b) Proje, Kontrollük ve İdari Gider: Tesis bedelinin %15'i olarak kabul edilir.

c) Kamulaştırma Bedeli: Proje kapsamındaki baraj, regülatör, sulama kanalları, yollar ve diğer tesislerin kurulması için gerekli özel mülkiyet konusu arazilerin kamulaştırılmaları amacıyla yapılan harcamalardır. Su ve toprak kaynakları projelerinde en önemli kamulaştırma harcamaları baraj rezervuarları için yapılmaktadır

d) Relokasyon Bedeli: Proje tesislerinin kurulması için karayolu, demiryolu, enerji nakil hattı gibi altyapı tesislerinin varyant inşaatları için gerekli olacak harcamalardır. Bu harcamaların miktarı ilgili kuruluşlarla temas kurularak belirlenir.

e) Proje Bedeli: Tesis bedeline proje, kontrollük ve idari giderler ile kamulaştırma ve relokasyon giderleri ilave edilerek bulunur. Başka bir ifadeyle, projenin işletmeye açılabilmesi için Devlet bütçesinden yapılacak tüm harcamaların toplamıdır. Bu bedel

içinde paranın zaman değeri dikkate alınmamış durumdadır. Planlama notasyonu dışında ve bütçe harcamaları açısından "yatırım bedeli" olarak da ifade edilmektedir.

f) İnşaat Süresi Faiz: Bu gider çeşidi planlama literatürüne her ne kadar "faiz" olarak girmişse de, gerçek anlamdaki faiz kavramıyla bir mütalaa edilmemesi gerekmektedir. Bu gider türü, aslında, yatırım periyodunun her bir yılda yapılan, kamulaştırma dahil tüm harcamaların zaman içinde dağılımı dikkate alarak sosyal iskonto oranı ile yatırım periyodunun sonuna getirilmesini sağlayan aktif bir farktan ibarettir. Ancak hesap tarzı, tesis bedeli, proje ve kontrollük bedeli, kamulaştırma ve relokasyon bedellerinin herbirine bileşik faiz formüllerinin tatbik edilmesi şeklinde ceryan eder. Bu maksadın pratik olarak yerine getirilmesi için her bir yatırım harcaması için gerekli sürenin ortası ile yatırım periyodunun sonu arasındaki zaman farkı belirlenir. Daha sonra bu harcama kalemi için hesaplanan tesis bedeli, proje-kontrollük bedeli, kamulaştırma ve relokasyon bedeline zaman farkı ve sosyal iskonto oranı bileşik faiz usulüne göre tatbik edilir.

Yukarıda (e) fıkrasında tariflenen "proje bedeli"ne bütün tesisler ve ayrıca proje-kontrollük ve idari giderler, kamulaştırma ve relokasyon giderleri için iş programındaki harcama zamanlamasına göre hesaplanan "inşaat süresi faiz gideri" ilave edilerek projenin "yatırım bedeli" elde edilmiş olur.

İşletme Periyodundaki Masraflar: Proje kapsamındaki tesislerin her türlü bakımı ve işletilmesi için yıl bazında yapılan harcamaların toplamından oluşan ve işletme periyodu boyunca her bir yıl aynen yapılacağı kabul edilen bir gider türüdür. Her tesis veya münferiden düşünülecek bir tesis ünitesi için ayrı ayrı hesaplanır. Bu maksatla, amprik yoldan hesaplanmış katsayıların ilgili tesis bedeliyle çarpılması suretiyle elde edilen değerler kullanılacağı gibi tesisin birim alanı, hacmi veya birim gücü başına isabet edecek işletme-bakım giderlerinden gidilerek hesap yapılabilir. Şüphesiz ki en doğru yaklaşım, benzer karakteristikleri olan işletmedeki bir tesisin fiili işletme-bakım giderlerinden yararlanılmasıdır. Bu gider türü üç ana harcama kaleminden oluşur.

a) Sabit İşletme Masrafları: İşletme-bakım için gerekli binaları ile personel cari harcamalarıdır.

b) Değişken İşletme Masrafları: Yakıt, elektrik enerjisi tüketim giderleridir.

c) Bakım-Onarım Masrafları: İşletme için gerekli makine, ekipman, bakım-onarım için geçici personel ve yakıt giderleridir.

### 2.2.1.1. Hidroelektrik Santral Maliyetleri

Hidroelektrik santraller oldukça dayanıklı inşaat yapılarına sahiptirler. Uzun yıllar faaliyet göstermelerine karşın işletme masrafları da düşüktür. Bu santrallerden rezervuarlı olan barajların yapım aşaması ve maliyetleri oldukça yüksektir. Planlama aşamasında kurulması düşünülen yerlerin çok iyi belirlenip, yerleşim yerlerinin ve verimli arazilerin gölalanı içinde kalması durumları çok iyi irdelenmelidir. Aksi takdirde çevreye olumsuz etkileri olacaktır.

Yatırım bedelinin büyük bir kısmı yurtiçi harcamalarından oluştuğu için milli ekonomiye önemli fayda sağlamaktadır. Yatırımda dışa bağımlılık ve paralel olarak döviz ihtiyacı da en düşük seviyededir. İthal edilen ekipmanlar ve hizmetler yatırımın daha az bölümünü kapsadığı için diğer tüm elektrik santrallerinden daha az yabancı kaynağa ihtiyaç duyulmaktadır.

Ekonomik ömürlerinin uzun olmasından dolayı yatırım maliyeti yüksek olsa dahi uzun yıllar kullanılabilmesinin avantajıyla ilk yatırım kısa sürede amorti edilebilmektedir. Ayrıca yaklaşık 200-400 \$/ kw 'lık elektromekanik ekipmanın tümüyle ekonomik ömür sonunda değiştirilmesi de yatırıma olumsuz bir etki çok fazla yapmamaktadır. İşletme giderlerinin düşüklüğü de ekonomik açıdan önemli fayda sağlamaktadır.

İşletme kolaylığı sağlaması, ihtiyaç duyulan çoğu malzemenin yerli piyasadan karşılanması ve ucuz elektrik üretmesi de önemli faydalarından sayılabilir.

Temiz enerji olduğu içinde Avrupa Birliği ülkelerine ihrac edilebilir ve depolama kapasiteli barajlardan pik saatlerde enerji üretip, ihraç etme olanağı da sağlar.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda DSİ verilerine göre hidroelektrik kurulu güç yatırım maliyeti 1 200–1 500 \$/Kw tır.

### 2.2.1.2. Rüzgar Santralleri Maliyetleri

Rüzgâr Enerjisi mevcut üretim teknolojileri ile kW başına yüksek sermaye gerektiren ancak yakıt ve işletme maliyeti en düşük olan bir enerji kaynağıdır. Yoğun sermaye gerektiren her yatırımda olduğu gibi rüzgâr enerjisi santrallerinin karlılığı sermayenin fiyatına, yani tesislerin öz sermaye ve kredi finansman koşullarına bağlıdır. Örneğin faiz, geri ödeme planı ve vade gibi unsurlar kredi finansmanının maliyetini belirlediği gibi tesis amortisman dönemi ile geri ödeme süresi de finansmanının maliyetini etkilemektedir.

Avrupa Komisyonunun hazırladığı rapora göre Avrupa Birliğine üye ülkelerin Rüzgar Enerjisi için finansman koşulları kimi zaman uygulamaya konan kanunlar ile çok büyük değişiklikler gösterebilmektedir.

Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği verilerine göre enerji kaynaklarının birim maliyetleri Kömür: 4,8-5,5; Gaz: 3,9-4,4; Hidro: 5,1-11,3; Biomass: 5,8-11,6; Nükleer: 11,1-14,5; Rüzgar: 4,0-6,0 olarak belirlenmiştir. Ancak her projenin yapım şartları, enerji kaynakları, tesislerin işletme süreleri gibi faktörler maliyetleri değiştirebilmektedir.

Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği'ne göre rüzgar santrallerinin yatırım maliyeti ise 1 000 \$/Kw 'tır.

### **2.2.1.3. Termik Santral Maliyetleri**

Kömür yakıldığında ortaya çıkan karbondioksit emisyonlarının ekosistemler üzerinde, mesela, küresel ısınma ve iklim değişiklikleri etkileri büyük olmaktadır. Ancak bazı kalkınmış ve hızla kalkınmakta olan ülkelerin ekonomileri kömüre güvenmektedir.

Kalkınmış ülkelerden Amerika Birleşik Devletleri ile Almanya %50'sini, kalkınmakta olan ülkelere Hindistan %70 ve Çin %80 oranlarda ülkelerinin elektrik enerjisi ihtiyacını kömür kaynaklı termik santraller vasıtasıyla karşılamaktadır. Ayrıca da söz konusu ülkelerdeki kömür madeni ocaklarında milyonlarca kişiye iş istihdamı kanalıyla çok sayıda ailenin geçim kaynakları sağlanmaktadır. Bu arada yerli kömür yatakları tabii yada doğal enerji arz güvenliği stratejisi temin etmekte aynı zamanda dünya piyasasında kararsız fahiş şekilde artan petrol ve doğalgaz fiyatlarından mevzu bahis ülkeleri korumakta böylece küresel fiyat istikrarına önemli katkılarda bulunmaktadır. Yukarıda anlatılan sosyal ve ekonomik nedenlerden dolayı, hükümetlerin uzun vadede güvenilir ve de ucuz olması yanında kara elmas olarak anılan kömüre sırt çevirmeleri olanaksız görülmektedir. Özel sektör CCS sistemli termiksantrallerin ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı bu tesisleri yapmaktan kaçınmaktadır. Ayrıca, özel teşebbüs CCS teknolojilerini tonlarca karbondioksitin tutulması için çok pahalı bir yöntem kabul etmektedir. Yine aynı sektörün benzer tesislerde yaptığı araştırmalar maliyetlerin ancak ve ancak sadece bir nebze düşürülebileceğini göstermektedir. Temiz enerji teknolojileri yatırımları politikacılar tarafından gerçekten desteklenmektedir.

Bir elektrik santrali en az 30 yıl çalışır. 1000 MW kurulu güçteki bir termik santral yılda ortalama 7 milyar kWh enerji üretir. Aynı büyüklükteki bir su (hidrolik) santrali da yılda ortalama 4 milyar kWh enerji üretir.

Termik santral için üretim maliyetindeki kuruluş giderlerinin payını bulmak üzere: 7 milyar kWh/yıl x 30 yıl = 210 milyar kWh. Bu enerjiyi üretmek için işletme masrafları hariç, sadece kuruluş masrafları açısından bakıldığında: 700 milyon dolar / 210 milyar kWh = 0,003 dolar/kWh değeri bulunur.

Genellikle dolar cent kullanıldığından 0,3 cent/kWh termik santraller için kuruluş maliyeti, finansman kaynaklarının maliyetini de eklersek bu değer en fazla 0,4 cent/kWh olur.

#### **2.2.1.4. Hidroelektrik, Rüzgar ve Termik Santrallerinin Mali Karşılaştırılması**

Rüzgar, Termik ve Hidroelektrik santrallerinin maliyet olarak karşılaştırılmasında kullanılacak yöntemde kendi içlerinde düşük kurulu güce sahip üç santral kullanılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda DSI verilerine göre hidroelektrik kurulu güç yatırım maliyeti 1 200–1 500 \$/Kw, Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği'ne göre rüzgar santrallerinin yatırım maliyeti ise 1 000 \$/Kw, büyük bir yatırım grubu ile AB enerji firmaları arasında halen yürütülen müzakerelerde bir termik santral için teklif edilen birim fiyat 2 500 \$/Kw tır.

Buradan da anlaşılacağı üzere rüzgar ve hidroelektrik santral yatırım maliyetleri karşılaştırıldığında rüzgar santrali yatırım maliyetinin biraz düşük olduğu görülmektedir. Ancak bir termik santralin yatırım maliyeti kat kat yüksektir. Bir nükleer ya da termik santrallerle karşılaştırılınca rüzgar ve hidroelektrik santralin yatırım bedelinin daha az ve çevre kirliliğinin de azımsanmayacak kadar daha düşük olduğu görülmektedir. Tablo 2.1 'de elektrik santrallerinin yatırım bedelleri verilmiştir.

Tablo 2.1. Elektrik santrallerinin birim yatırım bedelleri

Santralin yakıt cinsi	İşletme- bakım gideri (\$ cent/kwh)	Yakıt gideri (\$ cent/kwh)	Kurulu güç birim yatırım bedeli (\$/kw)
Doğalgaz	0,415	3,609	1 795
Linyit	1,495	1,839	2 500
İthal kömür	1,413	1,965	2 325
Hidroelektrik	0,203	-	1 200–1 500
Rüzgar	0,112	-	1000
Nükleer	0,780	1,000	2 000

Kaynak: DSİ Genel Müdürlüğü

### 2.2.2. Çevre Etki Değerlendirilmesi Yöntemi

Elektriğe olan talebin arttığı son yıllarda elektrik üretim santralleri büyük önem kazanmıştır. Ayrıca havadaki sera gazı etkisinin giderek artmasına paralel olarak da temiz, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu kaynaklar su, rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, gelgit olarak sayılabilmektedir. Bu kaynaklarla kullanılan santrallerin en büyük özelliği ise yakıt maliyetlerinin olmayıp, doğadan doğrudan enerji kaynaklarının kullanılabilir olmalarıdır.

Termik santraller de ise Türkiye'nin sahip olduğu en bol fosil kaynaklı yakıt, düşük-kaliteli ve yüksek derecede kirlenmeye yol açan linyittir ve en bol bulunduğundan ülke enerji üretiminin belkemiğidir. Ancak bu tür kömürün kullanımı çok yüksek miktarlarda kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), azot oksitler (NO<sub>x</sub>), karbonmonoksit (CO), Ozon (O<sub>3</sub>), hidrokarbonlar, partiküler madde (PM) ve kül oluşturmaktadır. Bu atıklar, çevre sağlığına çok çeşitli biçimlerde etki eder.

Ülkemizde en yaygın kullanılan yenilenebilir enerji kaynağı su olup, birçok kanal ve depolamalı tipte hidroelektrik santraller mevcuttur. Rüzgar enerjisi ise gün geçtikçe önemini arttırmış olup, rüzgar enerjisi santrallerinin kurulmasına büyük bir hızla başlanmıştır. Gelecekteki nesillere güzel ve sağlıklı bir çevre bırakmamız açısından çevreye olan zararlarının en az olduğu yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak enerji gereksinimlerimizi karşılamalıyız.



### 2.2.2.1. Rüzgar Santrallerinin Çevresel Avantajları

Alternatif elektrik üretim yöntemleriyle karşılaştırıldığında rüzgar enerjisinin en önemli çevresel yararı hava kirlilikleri ve sera gazları emisyonları olmamasıdır. Kısaca temiz enerji kaynağı olup çevre üzerinde olumlu etkileri gözlenmektedir. Yani 500 kW'lık bir Rüzgar türbini 57 000 ağacın yapacağı CO2 temizleme işine eşdeğer iş yapar. Avrupa birliği çalışmalarına göre elektrik enerjisinin %10'luk kısmı Rüzgar enerjisinden sağlanabildiği takdirde Avrupa kıtası 170 Milyon ton CO2 ve 2 milyon ton da kükürt ve azot oksitlerinin (SOx,NOx) atmosfere atılmasından kurtulabilecektir. 36,5 milyon KWh enerjinin temiz enerjiden karşılanması durumunda, her yıl 2300 ton CO2 ve emisyonlarından korunabilir. Bu değer önemli bir kısmı azot oksitlen karbon monoksit ve diğer zararlı emisyonları içerir.(URL 8,2012)

Rüzgar santrallerinin çevresel avantajları şöyle sıralanabilir; Yakıt masrafları ve hammadde ihtiyaçları yoktur. Temiz enerji kaynağı olduğundan çevreye zararı yoktur. Tükenmeyen yenilenebilir enerji kaynağıdır ve fosil yakıt tüketimini de azaltır. Diğer santrallere göre daha kısa sürede kurulabilir (4-5 ay). Bu da çevreye daha az zarar vermektedir. Örneğin Nükleer Santraller ortalama 7 yıl, Hidroelektrik Santraller 2-10 yıl, Doğal Gaz Santralleri 1,5 yılda kurulabiliyor. Sera gazı etkisi yapmamaktadır. Santral arazisi ikili kullanıma açıktır. Yani rüzgar santrali çalışırken aynı zamanda ağaçlandırma ve tarımsal faaliyetler yapılabilmektedir. Böylece ormanlık alanların azalmasını engellemiş olur. Ömrü dolan türbinleri kolayca söküp kaldırmak mümkündür. Rüzgar türbinlerinin diğer bir avantajı ise ekonomik alan kullanımlarıdır. Özellikle rüzgar çiftliklerinde, rüzgardan daha iyi yararlanabilmek için türbinler birbirlerinden belirli mesafelere yerleştirildikleri için kapladıkları arazi oldukça geniştir.

20 türbinden oluşan tipik bir rüzgar çiftliği yaklaşık 1 km<sup>2</sup> (100 hektar) alan kaplar ama bu alanın sadece % 1'ini kullanmaktadır. Geri kalan alanlar çiftlik için ya da doğal alan olarak kullanılabilir. Bunun gibi bir proje 6 500 ila 10 000 arasındaki evin elektrik gereksinimini karşılanabilmektedir. Arazi yeniden kullanılabilir. Rüzgar türbinlerinin çevreye olan olumlu etkilerinin başında fosil yakıtlarının kullanımını ve yanma sonucu oluşan kirlenici maddelerin emisyonunu azaltması sayılabilir. Bunlardan en önemlisi de karbon oksitler, sülfür ve nitrojen gibi zararlı gazları yaymayarak sera gazı etkisine sebep olmamasıdır. Bir çok fosil yakıt kullanan santraller sülfür, karbon ve nitrojen

oksitler yaymaktadır. Bu da çevreye önemli ölçüde zarar veren asit yağmurlarına yol açmaktadır.

Tablo 2.2. Karbon Dioksit (CO<sub>2</sub>) Emisyonu (Küresel ısınmada, sera etkisi yaratan başlıca unsur), Sülfür Dioksit (SO<sub>2</sub>) Emisyonu (Asit yağmurlarına neden olan başlıca unsur)

Yakıt	Salınan CO <sub>2</sub> /kWh	Toplam CO <sub>2</sub> Emisyonu	Salınan SO <sub>2</sub> /kWh	Toplam SO <sub>2</sub> Emisyonu
Kömür	2,13	3 842	0,0134	24,173
Doğal Gaz	1,03	292	0,000007	0,002
Petrol	1,56	121	0,0112	0,871
ABD Ort.	1,52	5 312	0,008	27,952
Hidroelektrik	0	0	0	0
Rüzgar	0	0	0	0

Ortalama bir sahada modern bir rüzgar türbini üç dört ay içerisinde imalatında kullanılan miktarda enerjiyi üretebilmektedir. Rüzgar çiftlikleri kolayca sökülebilmekte ve arazi kolayca eski haline getirilebilmektedir. Rüzgar türbinlerinin geri kazanılabilirlik oranı artmakta ve böylece hurda makinelerden daha çok enerji kurtarılabilmektedir.

#### 2.2.2.2. Rüzgar Santrallerinin Çevresel Dezavantajları

Rüzgar türbinlerinin sayılabilecek tek dezavantajları, gürültü ve görüntü kirliliği, kuşlara ve radyo-TV sinyallerine zarar vermesi olarak sıralanabilir. Rüzgar türbinlerinde iki çeşit gürültü oluşmaktadır; Bunlar mekanik gürültü (dişli kutusu, generatör ve yedek motorların yarattığı gürültü) ve aerodinamik gürültülerdir. Mekanik gürültü; akustik kılıfların ve özel dişlilerin kullanılması ve dönen parçaların ses emici malzemeyle kaplanması ile giderilebilmektedir. Aerodinamik gürültü ise; hava içinde dönen kanatların hızına bağlı olarak artar. Rüzgar santrali içerisindeki ses 43 dB düzeyindedir. Buna karşılık karşılaştırma açısından örnek vermek gerekirse araba içerisindeki ses seviyesi 70-80 dB civarındadır.

Rüzgar Enerjisinin çevresel dezavantajları şöyle sıralanabilir; Yüksek kurulu güçlü tesislerin büyüklüklerinin oldukça fazla olması, Rüzgar türbinlerinin çevreye olan

etkilerinin en büyüğü olarak gürültü seviyesi gösterilmektedir. 1991 yılında yapılan değerlendirmeye göre bir rüzgar türbininin 150 m yatay uzaklıktaki gürültü miktarının 43 Db(A) olduğu görülmektedir. Bu da bir ofis gürültüsünden daha azdır. Günümüz teknolojisi ile bu gürültü seviyesi daha da aşağıda kalıp, dezavantaj olmaktan çıkacaktır. Rüzgar santralleri yapmasa bile büyük kulesi ve pervaneleri ile doğal manzarayı bozması, kuşların ölümüne sebep olması ve telsiz iletişimini bozması gibi zararları da vardır.

### **2.2.2.3. Hidroelektrik Santrallerinin Çevresel Avantajları**

Hidroelektrik santrallerin doğaya en az zarar veren enerji üretim yöntemlerinden biri olduğu varsayılmaktadır. İşletilmesi aşamasında herhangi bir zehirli atık oluşmamakta ve bu haliyle enerji üretiminde fosil yakıt kullanan enerji santrallerine göre sera gazı salımı (karbon dioksit-Cô-) oldukça düşük bir seviyededir. Bu sebeple güneş, rüzgar ve jeotermal kaynaklarla birlikte son yıllarda yenilenebilir enerjinin en yaygın olarak kullanılan şeklidir.

Hidroelektrik santraller yenilenebilir enerji kaynağı olan su ile enerji ürettikleri için en önemli çevresel avantajları sera gazı etkisi yaratmamasıdır. Ayrıca karbon emisyonları düşük olup, asit yağmuru problemleri yok denecek kadar azdır. Dünyada ekonomik olarak yapılabilir hidroelektrik üretim potansiyelinin yarısının bile geliştirilmesi, sera gazı emisyonlarının % 13 oranında azalmasını sağlayacaktır. Hidroelektrik santrallerin; akarsularla oluşan erozyonun önlenmesinde, önemli bir faydası vardır. Türkiye'deki akarsuların eğimi fazla olduğu için akarsular yoluyla erozyon ciddi tehlike arz etmektedir. Hidroelektrik santraller amacıyla yapılan barajlar ve bentler suyun hızını keserek erozyonu önemli ölçüde durdurabilmektedir. Enerji depolama kapasitelerinin olması güvenilirliği arttırmaktadır. Suyu tüketmeden kullandığı için santralden çıkan su başka amaçlarla da kullanılabilir. Baraj gölleri çevreyi olumlu olarak da etkilerler. Eskiden göl alanı çöl olan bölgelerde baraj sayesinde yağmur yağmaya başlamakta, bitki ve hayvan çeşitliliği artmaktadır.

Projelerin inşaat çalışmalarında büyük istihdam yaratılacağı söylenmektedir. Hidroelektrik santrallerin işletmeye geçmesini takiben de yine bu tesislerde personel çalıştırılacak olup, inşaat ve işletme döneminde çalışacak olan personelin öncelikle yöreden karşılanacağı, bu durumun yöredeki işsizliği ve göçü azaltıcı etki göstereceği belirtilmektedir. Bu nedenlerle yapılacak olan tesislerin doğrudan veya dolaylı olarak yöre

ekonomisini güçlendireceği, yöredeki göçü azaltacağı ve refah düzeyini yükselteceği görülmektedir.

#### **2.2.2.4. Hidroelektrik Santrallerinin Çevresel Dezavantajları**

Hidroelektrik santrallerin çevreye olan olumlu etkilerinin yanında olumsuz etkileri de mevcuttur. Bu etkiler, izafi büyüklüklerinin yüksek olması, doğal ortamı orta derecede olsa olumsuz etkilemeleri, su kalitesinin bozulmasına sebep olmaları, ormanların tahrip olmasına neden olmaları, nehir akışına engel olmaları ve su yaşamı üzerinde olumsuz etki yaratabilmeleridir. Örneğin: somon balıkları üremek için nehir yukarı yüzmek zorundadır. Ama barajlar onların yolunu kesmektedir.

Hidroelektrik enerji üretiminin doğal, tarihi ve kültürel varlıklar ve sosyo-ekonomik çevre üzerinde, boyutları projeden projeye değişen birçok etkisi mevcuttur. Barajlı projelerde etki yoğunlukla su altında kalan taşınmazlar ve yöre halkının yeniden iskanı, orman varlığının yok olması, nadir ve nesli tehlikedeki bitki ve hayvan türleri konularında ortaya çıkmaktadır.

Buna ek olarak, tesislerin yer seçiminde titiz davranılmaması çevresel açıdan hassas yörelerde birçok projenin iptalini gündeme getirebilmektedir. Ayrıca, karşılaşılan en büyük sorunlardan biri de uzun tünel alternatifleri ve baraj yapısından santrale kadar olan nehir kesitine yeterli miktarda su bırakılmamasıdır (TMMOB-Su Raporu, 2009).

Ne var ki, hidroelektrik santraller doğaya verdikleri zararlar açısından bu kadar masum değildirler. Öncelikle inşaat aşamasında, buldukları alana göre, çok büyük çevresel etkileri olabilmektedir. Su alma yapıları olan regülatörler küçük birer baraj gibi davranarak akarsuların bütünlüklerini bozmaktadır. Su alma yapıları ile suyun yeniden akarsuya verildiği alan arasında suyun çok büyük miktarını alarak akarsuyun doğal akımını değiştirmektedir.

Hidroelektrik üretim projelerinin inşaat aşamasındaki en önemli etkileri; toz, gürültü, trafik gibi gösterilmektedir. Ancak inşaat sırasında çıkan hafriyatın bertarafı ve nasıl taşınacağı da sorun olabilmektedir. Özellikle eğimli yamaçlarda su iletim hatlarının yapımları sırasında ortaya çıkan hafriyatın dere yatağına dökülmesi ile arada kalan vejetasyonun zarar görmesi ve dere yatağının yapısının bozulması etkileri de olabilmektedir.

İşletme şamasındaki etkisi ise üzerinde kurulduğu dere yatağında suyun kullanılması neticesinde regülatör ve HES yapıları arasındaki bölümlerinde suyun azalmasıdır. Nehir tipi HES 'ler suyu doğrudan nehirden almakla birlikte, çoğu zaman farklı büyüklükte su toplama yapılarına ihtiyaç duyarlar. Regülatör yapımı ile meydana gelecek ilk çevresel etki; akarsu sisteminin durgun su ortamına dönüşmesidir. HES'lerin çevreye olan etkilerini sıraladığımızda; genel olarak su alma yapıları (regülatörler) nehrin bütünlüğünü bozarak balıkların geçişlerini ve göç hareketlerini etkilemekte, açık kanal biçiminde yapılan su iletim hatları, hayvan geçişlerini etkileyerek habitat bölünmesine yol açmakta, inşaat yapılan tüm alanlarda toprak yüzeyi sıyrıldığından, arazide çok büyük tahribatlar oluşmakta ve erozyona maruz kalmakta, akım hızı ve debilerdeki değişime bağlı olarak tüm sucul yaşam tehdit altına girmekte, tarımsal sulama sıkıntısına bağlı olarak tarımsal üretimde düşüşler yaşanmakta, su tutulmasına bağlı olarak mikroklima değişmekte, proje alanlarında yüksek miktarlarda ağaçların kesilmesine bağlı olarak orman kalitesinde düşüşler yaşanmakta, su miktarındaki değişimle ilişkili olarak taban suyu ve yer altı su seviyelerinde değişimler yaşanmakta bu da hem jeolojik yapıyı hem de ormanları etkilemektedir.

Baraj ve HES'lerin inşası, su ve elektrik gereksiniminin karşılanması için etkili bir yol olarak görülmekle birlikte, bu yapılar toplumsal, çevresel ve ekonomik anlamda bedellerin ödenmesine de yol açmaktadır. Barajlar üzerine yapılan görüşmeler, sivil toplumun sürdürülebilir gelişme konusunda isteklerini, barajların çevresel etkilerini ve finansal kaynakların bulunabilirliğini içermektedir. Küresel ve bölgesel araştırmalar baraj ve HES'ler ile ilgili sorunlar vurgulamaktadır.

Ülkemizde yer alan barajların ve HES'lerin yerel ve bölgesel ölçekte sebep olduğu olumsuz çevresel etkiler öyle sıralanabilir:

Barajlar, konum ve boyutlarına göre akarsuların doğal akış ve yapısını değiştirir. Bu durum su kalitesinin bozulması, canlıların yaşam alanlarını tehlike altına girmesi ve pek çok canlı türünün yok olması gibi ciddi sorunlar gündeme getirmektedir . Planlanan bütün baraj ve HES'lerin uygulanması halinde, bu alanlarda yaşayan nadir canlıların önemli bir kısmının nesli geri dönüşü olmayacak biçimde tükenecektir.

Baraj yapımında temel hedef, akarsular gibi doğanın en dinamik ve üretken sistemlerinden yararlanarak onlardan sulama, içme suyu ve enerji üretimi gibi gerekçelerle en yüksek yarar elde etmektir. Barajların inşası ile akarsular kıyılarıdaki deltalarına tortu taşıyamamakta ve deltaların kıyıları zamanla denizlere teslim olmaktadır. Tortulara bağlı

olarak taşınan besin maddeleri de barajlarda tutulduğundan, deltadaki ve denizlerdeki canlılara ulaşmamaktadır. Barajlar, suyun aşındırıcı etkisiyle tarım faaliyetleri başta olmak üzere deltadaki tüm geçim kaynaklar tehdit etmektedir.

Sulak alanlar yeryüzünün en zengin ve üretken ekosistemleridir. Yeryüzünde başka hiçbir ekosistemle karşılaşılamayacak ölçüde buldukları yere ve burada yaşayan insan topluluklarına hizmet veren bu alanlar, tropik ormanlardan sonra biyolojik çeşitliliğin en yüksek olduğu ekosistemlerdir. Su kaynakları kısıtlı olan kapalı havzalardaki akarsularda inşa edilen barajlar, suyu havzanın irtifası yüksek noktalarında tutarak, havzanın kesimlerine olan su akışını azaltmaktadır. Bu durumda, havzanın orta kesimindeki yeraltı suları aşırı derecede azalmakta ve bazı durumlarda havzalardaki göller tümüyle kurumaktadır. Ülkemizde son 40 yıl içerisinde yaklaşık 1,3 milyon hektar sulak alan ekolojik ve ekonomik özelliğini yitirmiştir. Türkiye'deki toplam sulak alanların 2,5 milyon hektar olduğu düşünüldüğünde son 40 yılda sulak alanlarımızın yarısını kaybettiğimizi söylememiz yanlış olmayacaktır.

Baraj projeleri çoğu zaman hesaplananın üzerinde bir maliyetle tamamlanır. Buna ek olarak hidroelektrik santrallerden elde edilen ekonomik gelirin de çoğu zaman tahmin edilenin altında olduğu bilinmektedir. Baraj sahası altında kalan alandan elde edilen ekonomik gelir, proje aşamalarında çoğu zaman göz ardı edilmektedir. İnşaatın tamamlanmasıyla birlikte su toplama alanında yer alan birinci sınıf tarım arazileri ve taşkın ovalar geri dönüşü olmayacak biçimde kaybedilmektedir. Benzeri ekonomik kayıplar sadece baraj sahası üzerinde değil, barajın altında kalan akarsu boyunca da yaşanmaktadır.

Özellikle yeraltı sularındaki azalma, barajların aşağı kesimindeki tarım alanlarında verim kaybına neden olmaktadır. Bazı alanlarda ise saz kesimi, balıkçılık gibi faaliyetler tümüyle ortadan kalkmaktadır. Birleşmiş Milletlere ait 2003 tarihli "Dünya Su Gelişim Raporu"na göre dünyanın en büyük 227 nehrinin yüzde 60'unda barajlar ve türevleri dolayısıyla doğal bütünlük bozulmuş, bu durum tatlı su kaynaklarının arıtımı ve korunmasında hayati öneme sahip olan ekosistemlere zarar vermiştir.

Baraj sahasında yaşayan insanlar, inşaatın başlamasıyla birlikte baka alanlara göç etmekte ve bu bölgeler önemli sosyo-ekonomik sorunların parçası olmaktadır. Geleneksel yaşam biçiminin ortadan kalkmasıyla, barajdan etkilenen topluluklar çoğunlukla kentsel alanlara taşınmakta ve taşındıkları bölgedeki yaşam koşullarına uyum sağlamakta zorluk çekmektedir. Ayrıca, taşınan bölgenin taşıma kapasitesi ve altyapısını yetersiz olduğu durumlarda, bölgenin yerli halkıyla barajdan etkilenenler arasında sosyal çatışmalar

oluşmaktadır. Barajlar nedeniyle yer değiştiren toplulukların karşı karşıya olduğu sorunlardan biri de kırsal yaşama dair geleneksel bilginin kaybıdır. Dünya akarsularının % 60' üstüne yapılan barajlar ve regülâtörler nedeniyle 40 - 80 milyon nüfusun yaşam alan istimlâk edilmekte ve bu yaşam alanlarındaki nüfus göç etmektedir. Göçe mecbur kalan nüfusa ödenmesi gereken kamulaştırma bedeli ise çoğu zaman ödenmemekte veya yeterli olmamaktadır. Barajlar büyük taşkınları önlemekte yetersiz kalmakta, ancak olağan yıllık taşkınlar durdurabilmektedir. Barajların taşkınları durdurabileceğine inanan insanlar sel yataklarında yerleşim birimleri kurmaktadır. Beklenmeyen bir taşkın geldiğinde uğranılan zarar, çoğu zaman baraj yapılmadan meydana gelebilecek bir taşkının vereceği zarardan fazla olmakta ve burada yaşayan nüfus olumsuz etkilenmektedir. Baraj yapımı bu etkilerden başka, masraflı drenaj sistemleri gerektirmektedir.

Haznelerin su geliştirme projeleri çoğu ekosistemde değişikliğe yol açmaktadır. Bu kapsamda başlıca değişiklikler akarsu akış düzeninin değişmesi, baraj haznelerinin büyük alanlar su altında bırakması, yer altı seviyesinin yükselmesi, toprağın tuzlanması ve haznede tutulan milin etkisiyle barajdan bırakılan temiz suyun akarsu yatak ve kıyılarında aşırı erozyona neden olması gibi sakıncalardır. Baraj haznelerinin kapladığı alanlar tarihi yapıların, tarım arazilerinin ve fiziki güzelliklerin geri dönüşü olmayacak şekilde yok olmasına neden olmaktadır.

Sulama amacını da içeren geliştirme projelerinin en önemli sonucu, su kaynaklı hastalıkların yaygınlaşmasıdır. Sulama sistemleri parazit ve humma, ciğer trematodu, sıtma gibi hastalıklar yapan canlılar için uygun bir ortam oluşturmakta ve bu ortam milyonlarca insan ve hayvan etkilemektedir. Günümüzdeki modern sulama sistemleri geliştirilmeden önce mevsimsel yağışlara bağlı tarım yapıldığından, sümüklü böcek-sistosom paraziti ve insan arasında belirli bir denge vardır ve hastalığa yakalanma oran düşüktür. Sümüklüböcekler yağmur mevsiminde artarak insan ve parazitler arasındaki temas sağlamakta, kuru süreçte enfeksiyon görülmemektedir. Oysa sulama projelerinin gerçekleşmesinden sonra sümüklüböcek için yaşam ortamı uygun hale gelmiş ve sümüklüböcek popülasyonunda artış olmuştur. Günümüzde su geliştirme ve sistosomiya arasındaki ilişki, dünyada birçok ülkede yapılan araştırmalarla gözlenmektedir. Bazı durumlarda sulama amacıyla uygulanan su geliştirme projeleri, toplam besin maddesi üretimini azaltacak sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Bu sorunlar tuzluluk ve alkalınler yüzünden toprak veriminin azalmasına ve verimli tarım arazilerinin kaybedilmesine sebep olmaktadır.

### 2.2.2.5. Termik Santrallerinin Çevresel Avantajları

Termik santrallerin çevresel avantajının pek fazla olduğu söylenemese de, kalitesiz linyit kömürü, kömür tozları ve yakılması güç fuel-oil kullanılabilirdiği için ekonomiktir. Yakıtın taşınabildiği her yere kurulabilir.

Fakat ülkemizde elektrik enerjisi gereksinimini karşılamak için vazgeçemeyeceğimiz enerji üretim kaynağıdır.

### 2.2.2.6. Termik Santrallerinin Çevresel Dezavantajları

Bu gün dünyayı ve üzerinde yaşayan canlıları iki büyük tehlike beklemektedir. Birinci tehlike güneş enerjisinin tükenmesidir. Bu tehlike dünyanın dışından kaynaklanan bir tehlike olup, bütün gezegenlerin eninde sonunda yaşayacağı bir tür doğal ölümdür. Bu tehlike karşısında yapılacak şey, bilim ve teknolojiyi kullanarak, sonsuz evren içinde yaşam için elverişli yeni dünyalar keşfetmektir. Bunun için insanlığın önünde daha 4-5 milyar yıl gibi hayli uzun bir zaman vardır.

Dünyayı bekleyen ikinci ve çok daha önemli olan tehlike ise kapitalist üretim sisteminin ürünü olan ve dünya ile birlikte üzerinde yaşayan tüm canlıları erken bir ölümün eşiğine hızla sürükleyen çevre sorunlarıdır. Çevre sorunlarının ortaya çıkmasının gerçek nedeni kapitalist üretim sistemidir. Afrika kıtasının çölleşmesi, Afrika insanının yoksullaşması, savaşlarda milyonlarca insanın ölmesi, birçok bitki ve hayvan türünün yok olması da kapitalist üretim sisteminin sonuçlarıdır. İnsana değer vermeyen bir sistemin doğaya değer vermesi de mümkün değildir.

Endüstriyel gelişim yaşamımıza büyük rahatlıklar getirmekle birlikte doğaya ve üzerinde yaşayan canlılara zarar veren çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Dolayısı ile çevre sorunları aniden ortaya çıkmamış endüstriyel gelişim ile birlikte zaman içinde birikerek ortaya çıkmıştır. Önce hava, su ve toprak kirlenmeye başladı. Ardından bitki ve hayvan türleri hızla yok olmaya başladı. Küresel ısınma, ozon tabakasının delinmesi ile doğal denge bozulmaları ortaya çıktı. Nihayet insan sağlığını tehdit eden çevre felâketleri yaşanmaya başlandı. Oysa ki güneş, toprak, su ve hayvanlar insan hayatının devam edebilmesi için olmazsa olmazlardır.

Bu gün dünyada her yıl ortalama 11 milyon çocuk hava kirliliği nedeniyle ölmektedir. Yaşama alanlarının (habitatlar) yok olması nedeniyle, yeryüzündeki canlı



türlerinin beşte biri 20 yıl içerisinde yok olacaktır. 1,2 milyar insan temiz içme suyundan yoksundur. Yağmur ormanları kapitalist devletlerin bilinçli yağmalaması sonucu yok olmaktadır. Küresel ısınma nedeniyle iklim değişiklikleri yaşamı tehdit etmektedir. İnsan sağlığı için zararlı ışınları süzen ozon tabakası yer yer incelerek görevini yapmakta zorlanır hale gelmiştir. Çarpık kentleşmenin neden olduğu gürültü kirliliği insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Fabrika atıkları doğayı kirletmektedir.

Türkiye'nin sahip olduğu en bol fosil kaynaklı yakıtı linyit olup, Afşin Elbistan havzası Türkiye'nin en büyük linyit rezervine sahiptir. Ancak linyit düşük-kaliteli ve yüksek derecede kirlenmeye yol açan yakıt kaynağıdır. Linyit kömürünün kullanımı çok yüksek miktarda Kükürt Dioksit (SO<sub>2</sub>), Azot Oksitler (NO<sub>x</sub>), Karbondioksit (CO), Ozon (O<sub>3</sub>), Hidrokarbonlar, Partiküler Madde (PM) ve kül oluşturmaktadır. Bu atıklar çevre sağlığını değişik biçimlerde olumsuz olarak etkilemektedirler.

Türkiye'nin sahip olduğu en bol fosil kaynaklı yakıt, düşük-kaliteli ve yüksek derecede kirlenmeye yol açan linyittir ve en bol bulunduğundan ülke enerji üretiminin belkemiğidir. Ancak bu tür kömürün kullanımı çok yüksek miktarlarda kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), azot oksitler (NO<sub>x</sub>), karbonmonoksit (CO), Ozon (O<sub>3</sub>), hidrokarbonlar, partiküler madde (PM) ve kül oluşturmaktadır. Bu atıklar, çevre sağlığına çok çeşitli biçimlerde etki eder. Bu olumsuz etkileri şu şekilde sıralayabiliriz:

Baca gazları ve atıklarının etkileri

Herhangi bir filtre kullanılmazsa 100 megawatt gücünde kömürle çalışan bir termik santralin kirlenici etkileri Tablo2.3 görülmektedir.

Tablo 2.3. Herhangi bir filtre kullanılmazsa 100 megawatt gücünde kömürle çalışan bir termik santralin kirlenici etkileri

Kükürt dioksit (SO <sub>2</sub> )	45 000 ton/yıl
Azot oksitler (NO <sub>x</sub> )	26 000 ton/yıl
Karbonmonoksit (CO)	750 ton/yıl
Katı partiküller (PM)	32 500 ton/yıl
Hidrokarbonlar	250 ton/yıl
Kül	5 660 ton/yıl

Kaynak: Türkiye Çevre Sorunları Vakfı

SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> gazları asit yağmurlarının oluşumundan birinci derecede sorumludurlar. Bacalardan atılan kükürt ve azot oksitler, hakim rüzgarlarla ortalama 2 - 7 gün içerisinde atmosfere taşınırlar. Bu zaman süresi içinde bu kirleticiler, atmosferdeki su partikülleri ve diğer bileşenlerle tepkimeye girerek sülfürik asit ve nitrik asiti oluştururlar. Bunlar da yeryüzüne yağmur ve kar ile ulaşır. Böylece baca gazları ikinci kez ve daha geniş bir bölgeye etki etmiş olurlar. Bölgenin arazi yapısı ve hava koşullarına bağlı olarak, etki yüzlerce kilometreye kadar yayılabilmektedir. Asit yağmuru denilen bu olgu yalnızca canlılar için değil, taş yapıtlar ve eski sanat eserleri için de önemli bir tehlike oluşturmaktadırlar.

Asit yağmurları, yaprakların stomalarına girerek yaprağın su dengesini sağlayan stoplazmanın asitleşmesine neden olurlar. Bunun sonucunda sıvı kaybeden yaprak, kısa sürede ölür. Bu şekilde ağacın hastalıklara dayanıklılığı azaldığından zararlı böceklerin istilasına uğrar ve ölümü hızlanır. Ayrıca giderek zayıflayan ve yaprak kaybeden ağacın tepe çatıları seyrekleşerek rüzgar perdesi görevini yapamaz ve ağaç rüzgardan devrilebilir. Asit yağmurunun toprağa düşmesi sonucu toprağın asiditesi artar ve bu kuvvetli asidik çözeltiler topraktaki Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> gibi minerallerin kaybına neden olur. Bu mineraller ağaçların büyümesi ve kendilerini yenilemeleri için yaşamsal öneme sahiptirler. Toprakta PH %5' in altına düşerse toprak sıvısı içinde alüminyum ve ağır metallerin konsantrasyonu artar. Kurak mevsimlerde topraktaki nemin azalması sonucu bu maddeler iyice yoğunlaşır ve bitki kökleri için öldürücü etki gösterirler. Ayrıca kloroplastlarda biriken SO<sub>2</sub> yaprağın fotosentez yapmasını engeller ve bu yolla da ağaca zarar verir. Tüm bunların sonucunda ağaçların yeşil sürgünleri gelişmeyip kurumakta, yaprakları dökülmekte, çiçek ve meyve vermemektedir.

Asit yağmurları ve diğer zararlı gaz ve küllerin verdiği ekonomik zararları şöyle sıralayabiliriz:

1. Ağaçların henüz olgunlaşmadan kesilmesinden doğan zarar.
2. Arazi gelirlerinden yoksun kalmaktan doğan zarar: Bu zarar orman ölümü ile üretimden uzaklaşan arazinin zarar süresince sağlayabileceği gelirden oluşur. Elektrik santrallerinin arazi kullanımı üzerinde de bazı etkileri vardır. Termik santrallerinde kullanılan birincil enerji kaynağının depolanması, bir sorun olarak belirmektedir. Linyitle çalışan termik santrallerinde özellikle düşük kaliteli linyitlerin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Linyit üretimi, yatağının özelliğine göre açık veya kapalı işletme

şeklinde yapılmaktadır. Özellikle açık linyit işletmelerinin çevreyi daha fazla olumsuz etkilediği bilinmektedir.

Birincil enerji kaynağının depolanması dışında termik santrallerinde çıkan büyük miktardaki küllerin imhası da her zaman sorun olmaktadır. Günlük olarak çıkan kül miktarının fazla olması geniş alanların kül depolama alanı olarak kullanılmasını gerektirmektedir. Küllerin ağır metal ve radyoaktif elementlerce kirlenmiş olma olasılığı da vardır. Bu durum, kül depolama alanlarının özenle seçilmesini, toprak ve su kaynaklarının kirlenmesini engelleyecek tedbirlerin alınmasını zorunlu kılmaktadır.

3. Toprak koruma önlemlerinden doğan zarar: Orman rejimi içine giren ve fakat çeşitli nedenlerle aşınmaya uğrayan toprakların korunması ve özelliklerinin iyileştirilmesi için yapılan harcamalardır.

4. Ek ağaçlandırma giderlerinden doğan zarar: Zarara uğrayan alanda gaz etkisinin geçmesi ile yeniden ormancılık üretimine geçilmesi için gerekli olan ağaçlandırma giderleridir.

5. Ormanların azalması ve toprağın çoraklaşması sonucu oluşan erozyon büyük miktarlarda toprak kaybına neden olur.

6. İnsan sağlığı açısından doğan zararlar: Ormanlar hava kirliliği için bazen doktor bazen de hasta durumundadırlar. Olgun iri yapraklı 100 yaşındaki bir kayın ağacı saatte yaklaşık olarak 1,7 kg O<sub>2</sub> üretmekte, 2,35 kg CO<sub>2</sub> tüketmektedir. Ayrıca aynı kayın ağacı yılda 1 ton tozu süzmekte, baca gazları, bakteri ve virüsleri bağlamaktadır. Bu nedenle orman havası havadaki partiküllerin, özellikle solunumla akciğere giden tozların sayısı bakımından kent havasına göre %90-99 oranında daha temizdir. Bu durumda termik santrallerin etkileriyle ortaya çıkan orman ölümlerinin insan sağlığını ne derece olumsuz etkilediğini tahmin etmek pek zor değildir.

İnsanoğlunun en temel hakkı olan yasama hakkı, nefes almak olsa gerek. Havanın kurşun gibi ağır olduğu, çocukların okula giderken ağızlarına, burunlarına mendil tıkadıkları bir yerde nefes almak ne kadar kolay olabilir ki...

Hava kirliliği; havada katı, sıvı ve gaz halinde bulunan yabancı maddelerin insan ve diğer canlıların sağlığına, hayatına ve ekolojik dengeye zarar verecek yoğunlukta atmosferde bulunmasıdır. Atmosfere bırakılan veya termik santrallerden çıkan atıkların çevre üzerinde etkileri olduğu gibi insanların üzerinde de önemli etkileri vardır.

Hava kirliliğinden bazı gruplar daha kolay etkilenmektedirler. Bu gruplar; bebekler ve gelişme çağındaki çocuklar, gebe ve emzikli kadınlar, yaşlılar, kronik dolaşım ve

solunum sistemi hastalıkları olanlar, endüstriyel işletmelerde çalışanlar ve düşük sosyo-ekonomik grup içinde yer alanlardır.

Genel olarak havadaki kirleticilerin sağlığa etkileri ise şunlardır: Özellikle yeryüzüne yakın seviyelerde oluşan ozon insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Azot oksitlerin bulunduğu kısa süreli bulunma solunum şikayetlerine, uzun süre bulunma ise akciğerlerde kalıcı hasarlara neden olmaktadır. Partiküller madde tanecikleri bronşite, anfizem ve damar hastalıklarına bağlı olarak ölümlere neden olmaktadır. Kurşun kan hücrelerinin gelişmesini ve olgunlaşmasını engellemekte, kanda ve idrarda birikerek sağlığı olumsuz yönde etkilemektedir. Karbonmonoksit (CO)'in ise, kandaki hemoglobin ile birleşerek oksijen taşınmasını aksattığı bilinmektedir. Bununla birlikte kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>)'in, üst solunum yollarında keskin, boğucu ve tahriş edici etkileri vardır. Özellikle duman akciğerden alveollere kadar girerek olumsuz etki yapmaktadır. Kronik kalp hastalığı olan kişilerin hastalıklarının alevlenmesinde artış, kanser insidansında artış ve erken ölüm insidansında artışa neden olmaktadır.

Hava kirliliği arttıkça daha fazla ölüm veya hastaneye başvuru gerçekleşmektedir. Hava kirliliğinin yoğun olduğu bölgelerde insan yaşamın 1-2 yıl kadar daha kısa olduğu literatürde yer almaktadır.

7. Bacadan atılan gazların etkisiyle evcil hayvanların verimi azalır, kara ve sulardaki yaban hayvanlarının sayısında azalma olur.

8. Termik santrallerde buhar üretme, soğutma ve temizleme işlemleri için önemli miktarda su kullanılmaktadır. Termik santrallerde tüketilen soğutma sularının santralin makinelerine zarar vermelerini engellemek amacıyla, kullanılmadan önce çeşitli kimyasal işlemlerden geçirilmekte dir. Ancak bu işlem atık suların Demir<sup>2</sup> Sülfat bakımından zenginleşmesine neden olmaktadır.

Termik santrallerde yakma işlemi sonucunda önemli miktarda yüksek basınca ve sıcaklığa sahip buhar üretilmekte ve elektrik üretiminde bu buhar kullanılmaktadır. Buharın tribünleri çevirmesinden sonraki sıcaklığı da oldukça yüksektir. Termik santrallerde atık olarak çıkan ısının yaklaşık %15'i baca gazı içinde, %85'i ise su ile dış ortama bırakılmaktadır. Atık suların tekrar kaynağa döndürülmesi bu kaynakta kirliliğin artmasına neden olmaktadır.

Termik santrallerin doğal çevre üzerindeki olumsuz etkilerinden bir diğeri de yakma sonucunda veya baca gazı desülfürizasyon tesislerinden çıkan küllerin su kaynakları üzerinde yarattığı kirlenmedir.

Termik santral küllerinin toplandığı alanda (kül depolarında) oluşan Radon gazı (Ra222) havaya ulaşmaktadır. Bu küllerin üzeri toprakla örtülse dahi toprağın gözeneklerinden geçen Ra222 havaya karışır. Ra222 3.8 günlük bir süre içinde Polonyum'a (Po210) ve aktif kurşuna (Pb210) dönüşebilmektedir. Bu nedenle kül yığınları çevreye radyoaktivite yayar. Bacadan atılan maddelerin içinde belki de en önemlisi, linyitte bulunan ve yanma ile açığa çıkarak etrafa yayılan uranyumdur. Küllerdeki uranyum da ayrı bir sorun yaratmaktadır.

- Atık sular ve etkileri

Termik santrallar soğutma, buhar elde etme ve temizleme gibi çeşitli amaçlarla su kullanmakta ve tüm bu işlemler sonucunda tonlarca atık su oluşturmaktadırlar (Su arıtma tesisi atık suları, su - buhar çevriminden kaynaklanan atık sular, curuf teknesi taşıntı suları, luvo yıkama ve temizleme suları, yağlı sular, evsel atık sular ve yağmur suları, kömür stok sahası drenajları). Bu miktar ve özellikteki atıkların ne kadar işlemde geçirilirse geçirilsin, çevre kirliliğine yol açması kaçınılmazdır. Çünkü sonuç olarak bu sular ya toprağa ve yeraltı sularına ya da bir şekilde denize ulaşacaktır.

- Önleme olanakları

Desülfürizasyon ünitesi (Flue Gas Desulfurization - FSD) SO<sub>2</sub> gazının % 95'ini tutabilmektedir. Ancak FSD üniteleri sadece kükürtü tutmaktadır. Çevreye zarar veren diğer etkenler bu sistemden etkilenmezler. Bu ünite baca gazındaki SO<sub>2</sub>'i bazik karakterli maddeler çözeltisi içinden geçirerek katı maddelere dönüştürür. Oluşan bu kükürtlü bileşiklerin bir kısmı kimya ya da gübre sanayisinde kullanılabilirse de, yine de ortaya önemli bir katı atık sorunu çıkmaktadır. Düşünülen başka bir yöntem, SO<sub>2</sub>'i çeşitli kimyasal işlemlerle alçı taşına dönüştürmek ve bu taşlardan briket yapımında yararlanmaktır. Ancak alçı taşı kanserojen bir madde olup özel yöntemlerle saklanması gerekir. Diğer bir düşündürücü konu, desülfürizasyon ünitesinin maliyetidir. Örneğin 1991'de Çevre Bakanlığı Kemerköy Termik Santrali'nin 1,182 trilyona malolacağını hesaplamış, aynı kaynak desülfürizasyon ünitesinin 1,070 trilyon liraya yapılabileceğini ileri sürmüştür.

Bacadan yayılan diğer maddeler, uçucu küllerdir (partiküler madde - PM). Bu küller ve filtrelerde biriken tozların oluşturduğu yığınlar, termik santralların yarattığı en önemli sorunlardan biridir. Toz ve kül tutmaya yarayan elektrostatik filtreler % 95 - 99 oranında işe yarasa da, bir termik santralin en sık arızalanan üniteleri elektrostatik filtreler

olduğundan ve arıza süresince üretimin durdurulup durdurulmayacağı belirsiz olduğundan bu ünitelerin işlevseliği kuşkuludur.

Bu iki yöntem sadece SO<sub>2</sub> ve PM'nin yarattığı kirliliği önlemeye yöneliktir ve kömürle çalışan termik santrallerin diğer atıklarını (NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub> gibi) filtre etmez.

### **3. DEĞERLENDİRME**

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgar enerjisiyle elektrik üreten, Aydın ili, Didim ilçesi ve Muğla ili, Milas ilçesi sınırları içerisinde Akbük köyü –Bafa gölü arasındaki Saplatan dağı -Taşlı tepe -Armutçuk tepe- Müezzinediği tepe – Kocasivri tepe - çataltepe mevkilerinde Ayen Enerji Anonim Şirketi tarafından mevcut işletmede olan Akbük RES projesi ile, Soğanlı Çayı üzerinde Karabük ili Safranbolu ilçesi ile Kastamonu ili sınırlarında Irmak Enerji Üretim San. Ve Tic. A.Ş. tarafından kurulması planlanan EREN regülatörü ve hidroelektrik santrali projesi ve TAM Enerji Üretim A.Ş. tarafından Sivas İli, Kangal İlçesi sınırları içerisindeki Etyemez Köyü 1973,25 hektar alan ile Turnalı Köyü 238,33 hektar alanda bulunan kömür sahalarından elde edilecek yakıtla Etyemez Termik Santrali incelenerek, karşılaştırılmıştır. Bu değerlendirmede yaklaşık aynı kurulu güce sahip projeler seçilmiştir. Böylece kurulu güçleri baz alınarak yapılan karşılaştırmada yenilenebilir enerji kaynaklı rüzgar santrali ve hidroelektrik santrali arasındaki sonuçlar değerlendirilmiştir.

#### **3.1. Projelerin tanıtılması**

##### **3.1.1. Akbük Rüzgar Santrali Projesi**

Aydın ili, Didim ilçesi ve Muğla ili, Milas ilçesi sınırları içerisinde Akbük köyü – Bafa gölü arasındaki Saplatan dağı - Taşlı tepe -Armutçuk tepe- Müezzinediği tepe – Kocasivri tepe - çataltepe mevkileri de Ayen Enerji Anonim Şirketi tarafından, kurulu gücü 1,5 MW olan 21 adet rüzgar jeneratöründen (14 tanesi Aydın ili sınırlarında, 7 tanesi ve iletim hattının bir kısmı ise Muğla il sınırlarında yer almaktadır) sağlanacak olan santralin kurulu gücü 31,5 MW olan Akbük RES ve 154kV Akbük RES TM-Akbük TM Enerji İletim Hattını kapsamaktadır.

Akbük RES projesine ait proje karakteristikleri aşağıda özet halinde verilmiştir;

Kurulu Güç	: 31,5MW
Yıllık Enerji Üretimi (Brüt)	: 117 519 000 kWh
Yıllık Enerji Üretimi (Park)	: 105 767 000 kWh
Türbin Tipi	: 1,5S

Türbin Gücü	:1500 kW
Jeneratör Gerilimi	: 690 V AC
Türbin Adedi	: 21
Hub Yüksekliği	: 79 m
Güç Faktörü	: 0,9
Kapasite Kullanım Faktörü	: % 42,6
Ölçümlere Başlama Tarihi	: 01.05.2000
Ortalama rüzgar hızı (30m)	: 7,90 m/sn
Ortalama Rüzgar hızı (79m)	: 8,20 m/sn

### 3.1.2. Eren Hidroelektrik Santrali Projesi

Proje konusu faaliyet; Soğanlı Çayı üzerinde Karabük ili Safranbolu ilçesi ile Kastamonu ili sınırlarında kurulması planlanan regülatör ve hidroelektrik santrali projesidir. Yatırım Irmak Enerji Üretim San. Ve Tic. A.Ş. tarafından planlanmaktadır.

Eren Regülatörü Soğanlı Çayı üzerinde 524,50 m talveg kotunda, dolu gövde ve karşıdan alıslı tipinde inşası planlanmaktadır. Regülatör yapısında drenaj alanı 3844,6 km<sup>2</sup>, su alma ağızı ve silt tutma havuzu sağ sahilde olup su alma ağzının giriş taban kotu talvegden 2,10 m yükseklikte, 526,60 m kotunda, silt tutma havuzu 10,0 m genişliğinde ve 52,5 m uzunluğundaki üç adet silt tutma havuzuna ulaşacak ve bu havuzda çapı 0,3 mm'den küçük olan partiküller çökelecektir. Çökelen partiküller havuzun sonundaki tahliye kanalları vasıtasıyla az bir su yardımıyla dere yatağına bırakılacaktır. Su alma ağzının önündeki su yüksekliği (normal su seviyesi) 530,00 m olacaktır. Dolusavak taşkın debisi 646,60 m<sup>3</sup>/s olup, bu debi 60,0 m genişliğindeki bir savaktan savılacaktır. Taşkın geçerken savak eşiğinin üstünde su yüksekliği 2,83 m olmaktadır. 0,67 m hava payı ile regülatörün kret kotu 533,50 m seçilmiştir. Savağın yanında 2,00 m genişliğinde ve 2,50 m yüksekliğinde iki adet çakıl geçidi bulunacaktır. Su alma ağzının önünde biriken partikülleri mansaba aktarmak için yapılacak olan çakıl geçidi, 119,44 m<sup>3</sup>/s kapasiteye sahiptir ve taşkın esnasında dolusavak ile beraber çalışması öngörülmektedir. Çakıl geçidi enerji kırıcı havuza açılmaktadır. Dolusavak tan sonra 14,0 m uzunluğunda, 60.00 m genişliğinde enerji kırıcı havuz yapılacaktır. Bu sayede taşkın debisi herhangi bir hasar vermeden mansaba aktarılacaktır. Ayrıca nehirdeki canlı hayat dikkate alınarak regülatör yapısına balık geçidi yapısı yapılacaktır. Balık geçidi basamak şeklinde ilk basamak



genişliği ~3m, sonraki basamaklar ~2,5m genişliğinde planlanmaktadır. Projenin akım kontrolünün yapılabilmesi için ünitelere debimetre takılarak ölçüm sonuçları kayıt altına alınacaktır. Mansaba bırakılan su miktarının ölçümleri için kurulacak ölçüm istasyonlarının yerlerinin arazide tespiti için DSİ 23.Bölge Müdürlüğü ile irtibata geçilerek istasyon yerleri belirlenecektir.

Derivasyon; proje yaklaşık olarak 2 yıl gibi bir inşaat süresine sahiptir. İnşa süresince yapılacak olan derivasyon 10 yıllık taşkın debisine göre planlanmış, Eren Regülatörü için bu debi 433,76 m<sup>3</sup>/s olarak tespit edilmiş, derivasyon yapısının kapasitesi bu debiyi geçirecek şekilde planlanmıştır.

Çökeltim Havuzu, İletim Tüneli ve Kondüvi; sağ sahilde yapılacak olan çökeltim havuzu ile su alma yapısından alınan su dinlendirilerek, içinde bulunan daneler çökertilip iletim tüneline temiz su alınacaktır. Çökeltim havuzu üç gözlü olarak tasarlanmış ve bu gözlerde çökelen özdeklerin temizlenmesi için de üç adet yıkama kanalı düşünülmüştür.

Çökeltim havuzundan alınan su iletim kanalı ve iletim tüneli aracılığıyla yükleme odasına götürülecektir. İletim tüneli Ø 5,30 m çapında tasarlanmıştır. Topoğrafik yapıya göre yer yer dört bölgede tünel imalatı yapılacaktır. 1. tünelin uzunluğu 1694,52 m, 2.tünel uzunluğu 484,00 m'dir. Bu iki tünel arasında tünel ile aynı kesite sahip olan 56,50 m uzunluğunda kondüvi bulunmaktadır. 2. tünel çıkışında bölgenin topoğrafik zorluğu nedeniyle 28,00 m uzunluğunda yine bir kondüvi yapılması öngörülmüştür. 3. Tünel uzunluğu 361,22 m, 4 tünel uzunluğu ise 855,40 m'dir.

İletim Kanalı; mevcut projede iletim kanalı güzergahı iki farklı tip kesitli kanal kesitinden oluşmaktadır. 2,20 m taban genişliğinde, 3,50 m yüksekliğinde trapez kesitli kanal ve 6,20 m taban genişliğinde, 3,60 m yüksekliğinde olan dikdörtgen kesitli kapalı kanaldan oluşan iletim kanalının toplam uzunluğu 28 061,35 m'dir. Bunun 4 141,58 m'si kapalı kanal, 23 919,77 m'si ise trapez kesitli kanaldır. İletim kanalı güzergahında topografyaya bağlı olarak yer yer alt sel geçitleri ve üst sel geçitleri projelendirilecektir. Geçitler açık kanalda yaklaşık her 1 km de bir insan ve hayvan geçişine uygun yapılacaktır. Ayrıca, iletim kanalı boyunca toplam 5 adet tahliye yapısı yapılacağı öngörülmektedir.

Yükleme Odası; iletim kanalından serbest yüzlü olarak gelen su basınçlı sisteme yani cebri boruya geçmeden önce dinlendirilmek ve biriktirilmek amacıyla yükleme odasına alınmaktadır. Yükleme odasının sistem içerisindeki görevi ise cebri boruya düzenli su göndermek, türbinlerin ani açılmasında ihtiyaç duyulan debiyi cebri boruya hava kaçmayacak şekilde iletebilmek ve türbinlerin ani kapanmasında oluşabilecek su

kabarmalarını etrafa zarar vermeden sönmülemektir. Oluşacak dalgalanmalar sonucu yüklenme havuzundaki suyun taşmaması amacıyla yansavak tasarlanmıştır ve bu sayede suyun yapıdan uzaklaştırılması sağlanacaktır.

Cebri Boru; yüklenme odasından bir tünel açılarak cebri boruyla santrale suyun iletilmesi sağlanacaktır. Hem hidrolik hem de ekonomik açıdan yapılmış olan çap analizleri sonucu cebri boru çapı Ø 3200 olarak seçilmiştir.

Santral Binası ve Kuyruksuyu Kanalı; santral binası 402,00 m santral çevre düzenleme kotunda konumlandırılacak ve türbinlenen su dikdörtgen kesitli betonarme bir kanalla nehir yatağına bırakılacaktır.

Santral binası üç adet 12 346 kW gücünde Francis türbin, jeneratör grupları, iç ihtiyaç trafoları, montaj holü, kontrol odası, duş ve tuvaletleri ihtiva etmektedir. Santral binasının dışına 3 adet transformatör yerleştirilecektir. Hidroelektrik santralinde 35,7 MW enerji üretimi planlanmaktadır. Türbinlerden geçen su Soğanlı çayına kuyruk suyu kanalı ile bırakılacaktır.

Elektromekanik Ekipman; proje brüt düşüsü 138,00 m ve maksimum türbin debisi 10,667 m<sup>3</sup>/s'dir. Bu düşü kademesinde ve türbin debisinde Francis tipi türbin kullanılması uygun olacaktır. Eren HES projesinde 12 346 kW gücünde 3,413 m<sup>3</sup>/s – 10,667 m<sup>3</sup>/s debi aralığında çalışabilecek üç ünite Francis türbin kurularak zamanın % 20,97'sinde yatakta olan suyun türbinlenmesi temin edilmiştir.

Şalt Odası; Eren HES 'de üretilen enerji 42,0 MVA (6,3/ 154 kV) gücündeki trafo çıkışlarında düzenlenecek şalt panoları üzerinden iletilecektir.

Enerji İletim Hatları; Eren HES Projesi'nde üretilecek enerji yaklaşık 15,0 km 154 kV 1272 MCM EİH ile 154 kV Karabük TM ve 154 kV Kurşunlu TM arasında yeni yapılacak olan hatta girdi çıktı şeklinde bağlantısı planlanmaktadır.

Yatırımın inşaat işlemlerinin süresi ~ 2 yıl, işletme proje ömrü ise ~50 yıl olarak planlanmaktadır.

Eren HES projesine ait proje karakteristikleri aşağıdaki Tablo 3.1'de özet halinde verilmiştir;

Tablo 3.1. Eren HES proje karakteristikleri

REGÜLATÖR	
Proje Debisi	644,60 m <sup>3</sup> /sn
Tipi	Dolu gövde kontrolsüz
Talveg Kotu	524,50 m
Talvegden Yükseklik	5,5 m
Kret Kotu	530,00 m
Normal Su Düzeyi :	530,00 m
En Yüksek Su Düzeyi	532,83 m
Kret Uzunluğu	60 m
Çakıl Geçidi Yeri	Sağ-sol sahil
Düşü Havuzu Uzunluğu	14,00 m
BALIK GEÇİDİ	
Yeri	Sol sahil
Giriş Kotu	528,20 m
SUALMA YAPISI	
Sualma Yapısı Yeri	Sol sahil
Sualma Yapısı Eşik Kotu	526,60 m
ÇÖKELTİM HAVUZU	
Çökeltim Havuzu Yeri	Sol sahil
Çökeltim Havuzu Su Yüzü Kotu	529,95 m
Çökeltim Havuzu Taban Kotu	524,85 ~ 525,40 m
Çökeltim Havuzu Boyu	52,50 m
Çökeltim Havuzu Dane Çökme Hızı	0,24 m/s
Çökeltim Havuzu Yükseklik	4,55 m ~ 5,06 m
Yan Savak Boyu	15,00 m
Yan Savak Kret Kotu	529,95 m
İLETİM KANALI	
Kanal Tipi	Dikdörgen kapalı kesit
Kanal Genişliği	6,20 m
Kanal Yüksekliği	3,60 m
Kanal Uzunluğu	4141,58
Kanal Eğimi	0,0003
İLETİM TÜNELİ	
Tipi	Atnalı Kesitli
Çapı	5,30 m (İç çap)
Su Yüksekliği	4,24 m
Kanal Uzunluğu	3395,14
Kanal Eğimi	0,0003
İLETİM KANALI	
Kanal Tipi	Trapez kesitli
Kanal Genişliği	2,20 m

Tablo 3.1'in devamı

Kanal Yüksekliği	3,50 m
Kanal Uzunluğu	23 919,77
Kanal Eğimi	0,0003
<b>YÜKLEME ODASI</b>	
Yükleme Odası Duvar Üst Kotu	521,30 m
Yükleme Odası Uzunluğu	80,10 m
Yükleme Odası Genişliği	18,00 m
Yükleme Odası Yüksekliği	6,90 ~ 21,50 m
Yükleme Odası Taban Kotu	499,80 ~ 514,40 m
Yükleme Odası Su Kotu	519,60 m
Yükleme Odası Yan Savak Eşik Kotu	519,60 m
Yan Savak Uzunluğu	15,00 m
<b>CEBRİ BORU</b>	
Tipi	Kaynaklı Çelik Boru
Cebri Boru Çapı	3,20 m
Cebri Boru Uzunluğu	294,52 m (branşman bölgesine kadar)
Cebri Boru Adedi	1 Adet
Cebri Boru Tranzisyon Çapları	3,20 m / 1,80 m / 1,75 m
<b>SANTRAL BİNASI ve KUYRUKSUYU KANALI</b>	
Santral Binası Eni	26,60 m
Santral Binası Boyu	47,50 m
Santral Binası Yüksekliği	30,67 m (Temelden)
Kuyruksuyu Kanal Tipi	Beton Dikdörtgen Kesitli
Kuyruksuyu Kanal Genişliği	30,00 m
Kuyruksuyu Seviyesi	392,00m
<b>HİDROLİK TÜRBİNLER</b>	
Ünite Sayısı	3
Tipi	Düşey eksenli Francis
Ünite gücü	12346 kW
Ünite debisi	10,667 m <sup>3</sup> /s
Nominal düşü(Net)	125,56 m
Senkron hız	500 d/d

Kaynak : Eren HES çed raporu

### 3.1.3. Etyemez Termik Santrali Projesi

Etyemez Termik Santral projesinin amacı; Sivas İli, Kangal İlçesi, Etyemez Köyü Mevkiindeki A.R. 84172, Sicil: 61156, ER 2320676 no'lu ruhsat sahası ve bitişindeki

toplam 2 992 375,983 m<sup>2</sup>'lik (820 040,650 m<sup>2</sup> Termik Santral Yerleşim Alanı + 2 172 335,333 Kül Barajı) kısmında yerli linyitin kullanılarak 135 MW kapasite (% 40 verimlilikte 337,5 MW Isıl Güç) ile elektrik üretimi ve satış amaçlı santral kurmak ve işletmektir. Faaliyet kapsamında T.C.Enerji Piyasası Düzenleme Kurumundan 30/07/2008 tarihinde (EÜ/1698-4/1235 lisans no) Tam Enerji Üretim A.Ş.'ye 35 yıl süreyle üretim faaliyeti göstermek üzere 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ve ilgili mevzuat uyarınca Üretim Lisansı verilmiştir. Proje ömrü yaklaşık 30 yıl olarak öngörülmekte olup, modernizasyon ve teknolojik yenilemelerle bu süre uzatılabilecektir.

135 MW kapasiteli termik santral için yılda 6500 çalışma saati ve %40 verimlilikte harcanacak linyit miktarı 1 715 000 ton/yıl dır. Kazanda gerçekleşecek desulfürizasyon reaksiyonu için ihtiyaç duyulacak olan kireçtaşı miktarı ise 170 000 ton/yıl dır. Etyemez Maden Sahasından çıkarılacak olan linyit ve kireçtaşı kamyonlar vasıtasıyla kömür ve kireçtaşı stok sahasına nakledilecektir.

### **3.2. Bölgenin Özellikleri**

#### **3.2.1. Akbük Rüzgar Santrali Bölgesi**

Akbük Rüzgar Santrali, Aydın ili, Didim ilçesi ve Muğla ili, Milas ilçesi sınırları içerisinde Akbük köyü Safa gölü arasındaki Saplatan dağı -Taşlı tepe -Armutçuk tepe-Müezzin gediği tepe Kocasivri tepe - çataltepe mevkilerinde Ayen Enerji Anonim Şirketi tarafından Akbük RES ve 154kV Akbük RES TM-Akbük TM Enerji iletim Hattı kurulmuştur.

Akdeniz'in bir yan uzantısı olan Ege Denizinin etkisi nedeniyle Aydın'da genel olarak Akdeniz iklim tipi yaygın olup, yazları kurak ve sıcak, kışları ılık ve yağışlı geçmektedir.

Proje yeri Didim ilçesi 'ne 30 km mesafededir. Faaliyet alanına yaklaşık 2,5 km mesafede buraya bağlı yazlıklar bulunmaktadır. Aydın Büyük Menderes Havzası üzerinde 8007 km<sup>2</sup>'lik bir alan üzerine kuruludur. Kent merkezinin rakımı 65 metre olup, doğusunda Denizli, batıda Ege Denizi, kuzeyde İzmir ve Manisa, güneyde ise Manisa ile çevrelenmiştir. Kuzeyde Aydın Dağları, güneyde ise Menteşe Dağları uzanır. Alçak düzlükler ilin özellikle orta ve batı kesiminde geniş alanlar kaplar.

B. Menderes Irmağının suladığı bereketli ovalar üzerinde kurulu olan ilimiz, sahip olduğu toprak ve su kaynaklarının zenginliği ile Akdeniz iklimi sayesinde her türlü bitkisel üretimin yapılması için önemli bir tarım potansiyeline sahiptir. İl topraklarının %47,50 sini oluşturan 395,494 hektar alanda tarımsal üretim yapılmaktadır. Geriye kalan arazilerin 298,000 hektarı orman, 47,466 hektarı çayır-mera, 14,271 hektarı göl-bataklık, 76,669 hektarı tarım dışı arazilerdir.

Sulanabilir nitelikteki 252,486 hektar alanın % 68'lik kısmını oluşturan 173,173 hektarda sulu tarım yapılmaktadır. Üretimde küçük ve orta boy işletmelerin ağırlığı görülür. İlin en çok katma değer yaratan bitkisel ürünleri; incir, zeytin, pamuk ve kestanedir. Aydın ili; zeytin, incir, kestane üretiminde Türkiye genelinde 1. sırada, pamuk üretiminde Şanlıurfa 'dan sonra 2.sırada yer almaktadır.

Proje sahası denizden hemen başlayan ve denize dik olan tepeler üzerinde kurulmuştur. Tepelerin sırtları yatayda düzgün olup denizden 300-650 m yüksekliktedir. Sahada Akdeniz iklimi hakimdir. Proje sahası Milas Bodrum yolu üzerinde Bafa gölü ile Akbük Köyü arasındadır. Sahaya ulaşım Bodrum-Milas yolu üzerindeki Didim ilçesi kavşağını 1km geçtikten sonra sağ taraftan ayrılan 8 km lik stabilize yol ile ulaşılmaktadır.

Türbin yerleşim yerlerine ise mevcut yol olmayıp proje kapsamında toplam 9,129 km lik yol yapılmıştır. Mevcut stabilize yol ise iyileştirilmiştir. Proje sahası Söke ye 50 km, Aydın'a ise 110 km mesafededir. Akbük Beldesi ise 20 km mesafededir. Proje sahasına her mevsim ulaşım mümkündür.

Rüzgar santralinin kurulacağı arazi Orman arazisi olup, tarıma elverişli değildir. Arazi üzerinde herhangi bir edinilmiş özel mülkiyet hakkı olmayıp, proje sahası dışında kalan daha alçak seviyelerde zeytin bahçeleri bulunmaktadır. Zeytin bahçeleri ile türbin yerleşim sahası arasında 5 km mesafe bulunmaktadır. Proje sahasına en yakın yerleşim 30 km mesafedeki Didim ilçesidir. Ancak yaklaşık 2,5 km mesafede buraya bağlı yazlıklar bulunmaktadır.

### **3.2.2. Eren Hidroelektrik Santrali Bölgesi**

Proje için yer olarak Karabük ili, Kastamonu ili sınırlarında, Karabük ilinin Ovacık ve Safranbolu ilçeleri, Kastamonu ili Araç ilçesi mevkiinde akım gösteren Soğanlı Çayı seçilmiştir. Regülatör alanı Karabük il merkezine 40 km santral alanı 23 km, Kastamonu iline ise regülatör alanı 67 km, santral alanı 79 km mesafededir. Safranbolu ilçesine

regülatör alanı 38 km, santral alanı 21 km, Ovacık ilçesine regülatör alanı 13 km, santral alanı 7 km, Araç ilçesine ise regülatör alanı 20 km, santral alanı 29 km uzaklıktadır.

Proje alanı ve yakın çevresindeki köylerin imar planları bulunmamaktadır. Proje faaliyet alanı ve çevresindeki köy yerleşimlerde nüfusu dışı göçün olması nedeniyle azalım göstermektedir.

Projenin etki alanının tarımsal yapısının; Kastamonu ili ile Kastamonu ili Soğanlı çayı üzerinde tarımsal sulama faaliyeti bulunmadığı, faaliyet alanı etki alanında kalan özel mülkiyet arazilerinde yer yer cep arazilerde ve bahçe şeklinde tarım faaliyetleri yapıldığı bilgilerine ulaşılmıştır. Karabük ili sınırlarında kalan özel mülkiyet arazilerinde ise Soğanlı Çayı havzasında küçük ve parçalı yapıda bahçe olarak tarım arazilerinin bulunduğu ve bu araziler ise halk sulaması olarak motopomp ve salma sulama yöntemi ile sulandığı bilgileri edinilmiştir.

Proje alanı için hazırlanan su kullanma hakları planlama raporuna göre; toprak kanallarla Soğanlı çayından alınan sularla sulama yapılmaktadır. Yıllık su ihtiyacı 4333,5m<sup>3</sup>/ha olmak üzere yıllık toplam ihtiyaç 1,65 hm<sup>3</sup> tür. Brüt toplam 450 ha alanda halk sulaması yapılmaktadır. Ekilen ürün paterni ise % 10 Mısır ,% 40 Sebze,% 20 Kavak,%10 Yonca,% 20 Meyve şeklindedir.

### **3.2.3. Etyemez Termik Santrali Bölgesi**

Proje alanı Elbistan-K-38-b2 (1/25 000 Ölçekli Topografik Harita) paftası içerisinde yer almakta olup, alan içerisinde mevcut durumda herhangi bir yapı bulunmamaktadır. Faaliyet alanı turizm, rekreasyon ve ulaşım amaçlı kullanıma engel olmayacak konumdadır. ÇED sürecinin olumlu sonuçlanmasına müteakip, gerekli izinlerin alınmasından sonra işletme işlemlerine başlanacaktır.

Faaliyet alanının çevresinde iki adet yüzeysel su kaynağı bulunmaktadır. Bunlar yağışlar ve mevcut kaynaklardan beslenerek Kuzey'den Güney'e akış gösteren Akdere (Mordere Kamışlıköy Kaynağı ile birleştikten sonra Akdere adını almaktadır) ve Doğukuzeydoğu'dan Batıgüneybatı istikametinde akış gösteren Etyemez Deresi'dir.

Faaliyet alanına en yakın yerleşim birimi olan Kangal İlçesi'nin ise Kuzeybatı'dan Ulaş İlçesi ile 66 km, Kuzey'de Zara İlçesi 10 km, Doğu'da Divriği İlçesi 70 km, Güneydoğuda Malatya İli Hekimhan İlçesi 40 km, Malatya İli Kuluncak İlçesi ile 15 km,

Güney'den Gürün İlçesi ile 70 km, Güneybatı'da Kayseri İli Pınarbaşı İlçesi ile 10 km, Batı'da Altınyayla İlçesi ile 20 km mülki sınırı vardır.

Faaliyet Alanının;

Doğusunda : Koruköy (Kuş uçuşu yaklaşık 2,8 km)

Batısında : Turnalı (Kuş uçuşu yaklaşık 6 km)

Kuzeyinde : Karagöçük (Kuş uçuşu yaklaşık 4,8 km)

Kuzeybatısında : Şekerpınar (Kuş uçuşu yaklaşık 3 km), Kalburçayı(Mah) (Kuş uçuşu yaklaşık 7,3 km ), Kangal Termik Santrali (Kuş uçuşu yaklaşık 12,3 km)

Kuzeydoğusunda: Koruköy (Kuş uçuşu yaklaşık 2,8 km)

Güneyinde : Etyemez(Kuş uçuşu yaklaşık 1,8 km)

Güneybatısında :Turnalı (Kuş uçuşu yaklaşık 6 km)

Güneydoğusunda: Yeniköy (Kuş uçuşu yaklaşık 3,4 km) bulunmaktadır.

Kangal İlçesi'nde kullanım şekillerine göre arazi dağılımı şu şekildedir;

Kuru Tarım : 188 057 dekar

Sulu Tarım : 13 356 dekar

Çayır ve Mer'a : 160 798 dekar

Orman-Funda : 5 042 dekar

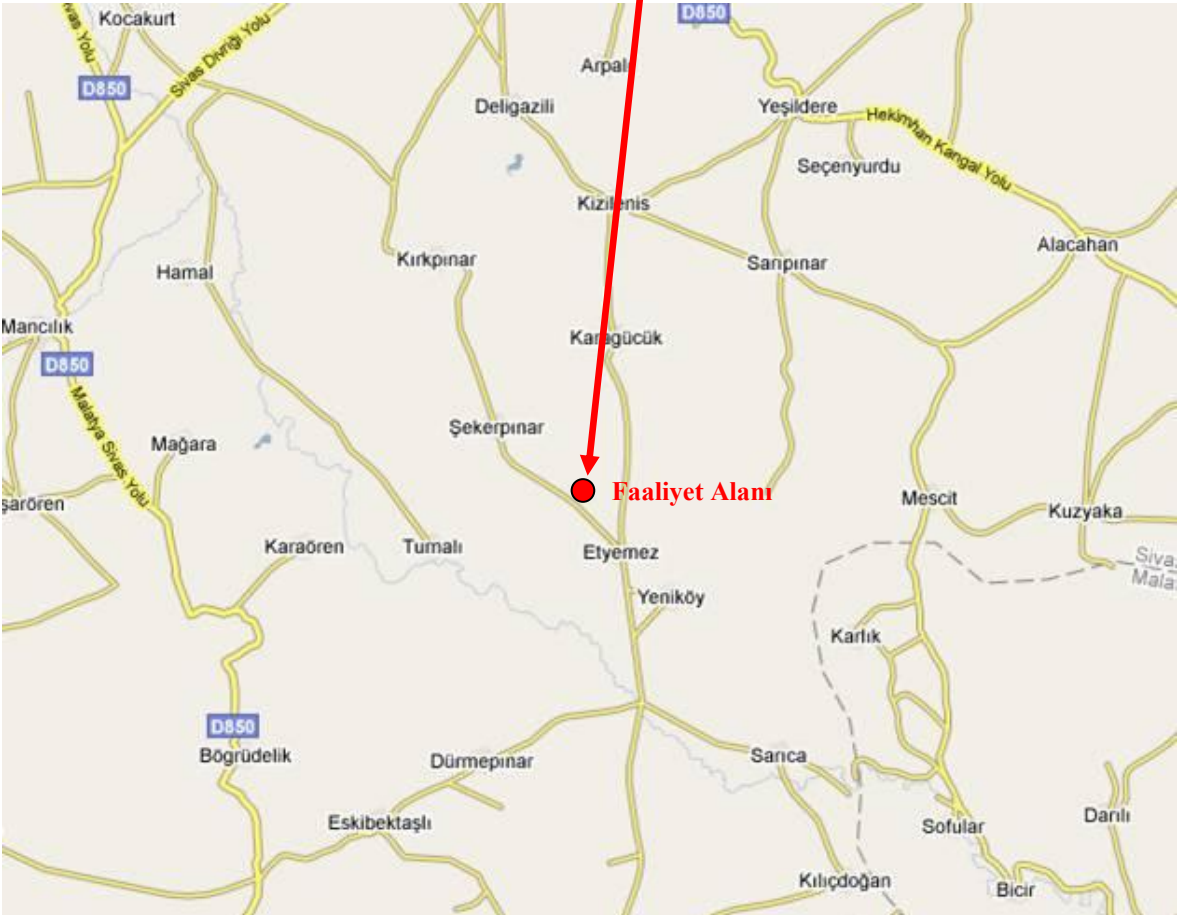
Tarım Dışı Arazi : 396 dekar

İlçe'de arazi kullanımında en büyük payı % 51'lik oranla kuru tarım yapılan araziler almakta ve % 44'lük oranla çayır-mera arazileri ikinci sırada yer almaktadır. Üçüncü sırayı ise 13 356 da.'lık alanda sulu tarım, genelin %1'lik oranıyla orman funda alanları oluşturmaktadır.

Proje alanı ve yakın civarı engebeli bir yapıya sahip olup, alanın bulunduğu arazinin yüzeyinde humuslu ve karbonatlı yapıda yer yer az miktarda örtü toprağı mevcuttur.

Faaliyet alanının ülke ve bölge içindeki yeri Şekil 3.1.'de verilmiştir.





Şekil 3.1. Faaliyet alanının ülke ve bölge içindeki yeri

Faaliyet Alanının;

Doğusunda : Koruköy (Kuş uçuşu yaklaşık 2,8 km)

Batısında : Turnalı (Kuş uçuşu yaklaşık 6 km)

Kuzeyinde : Karagöçük (Kuş uçuşu yaklaşık 4,8 km)

Kuzeybatısında : Şekerpınar (Kuş uçuşu yaklaşık 3 km), Kalburçayı (Mah) (Kuş uçuşu yaklaşık 7,3 km ), Kangal Termik Santrali (Kuş uçuşu yaklaşık 12,3 km)

Kuzeydoğusunda: Koruköy (Kuş uçuşu yaklaşık 2,8 km)

Güneyinde : Etyemez(Kuş uçuşu yaklaşık 1,8 km)

Güneybatısında : Turnalı (Kuş uçuşu yaklaşık 6 km)

Güneydoğusunda: Yeniköy (Kuş uçuşu yaklaşık 3,4 km) bulunmaktadır.

Proje alanın bulunduğu alan turizm, rekreasyon ve ulaşım amaçlı kullanıma engel olmayacak konumdadır. Arazi üzerinde mevcut durumda herhangi bir yapı bulunmamaktadır.

### **3.3. İklim ve Kaynaklar**

#### **3.3.1. Akbük Rüzgar Santrali İklim ve Kaynakları**

Akdeniz'in bir yan uzantısı olan Ege Denizinin etkisi nedeniyle Aydın'da genel olarak Akdeniz iklim tipi yaygın olup, yazları kurak ve sıcak, kışları ılık ve yağışlı geçmektedir. İl'de yağışın hemen hepsi yağmur şeklinde olup, mevsimlere göre dağılışı; ilkbahar aylarında 138,8 mm, yaz aylarında 25,5 mm, sonbahar aylarında 142,7 mm ve kış aylarında ise 265,5 mm yağış görülmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarı 652,5mm'dir.

Aydın ilinde yıllık ortalama sıcaklık 17,5 °C' dir. En yüksek ortalama sıcaklık Temmuz ayında 35,0 C ve en düşük ortalama sıcaklık ise Ocak ayında 3,7° C olarak tespit edilmiştir. Mevsimlere göre sıcaklık ortalamaları; ilkbahar aylarında 16° C, Yaz aylarında 26,8°C, Sonbahar aylarında 18,2°C ve Kış aylarında 8,8°C 'dir. Yılda ortalama olarak 13,1° gün donla geçer. Yılın en az 9 ayında ortalama sıcaklık 10° C' dan fazladır.

Hakim rüzgar yönü, W (Bati)'dir. Aydın Merkezdeki hakim rüzgarın yıllık ortalama hızı 1,6 m/s' dir.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan Kuşadası ilçesine ait 32 yıllık verilere göre, yıllık ortalama sıcaklık 17°C 'dir. Ortalama düşük sıcaklık şubat ayında

görülmektedir ve 5,3°C'dir. Ortalama yüksek sıcaklık ise Temmuz ayında gözlemlenmektedir ve 31,2 °C'dir.

### **3.3.2. Eren Hidroelektrik Santrali İklim ve Kaynakları**

Karadeniz ve İç Anadolu iklimleri arasında bulunan faaliyet alanı, yazlar sıcak, kışlar soğuk, baharlar ılık ve serin geçmektedir. İlkbahar ve sonbahar oldukça uzun olup, son yıllarda yaz ayları kurak geçmeye başlamıştır. Yağışlar ilkbahar, sonbahar ve kış aylarında olmaktadır.

Rasat süresince, projenin bulunduğu Kastamonu ili için minimum nem oranı Haziran ayında %11 olarak görülmüş Karabük ilinde ise %4 olarak Mart ve Nisan ayında görülmüştür. Ortalama nem oranı ise Kastamonu için Aralık ayında % 77,6, Karabük için % 76,4 oranında Aralık ayında görülmüştür.

Maksimum yağış Kastamonu için Eylül ayında 73,6 mm olarak, Karabük ilinde ise 79 mm olarak Haziran ayında görülmüştür.

### **3.2.3. Etyemez Termik Santrali İklim ve Kaynakları**

Bölge, İç Anadolu karasal ikliminin etkisi altındadır. Yazları sıcak ve kurak; kışları ise, soğuk ve yağışlıdır. Genellikle ortalama yağış, bu bölgede 350-400 mm arasında değişmektedir. Yağışın etkisi sonucunda kaynakların debisi, genelde Mart-Nisan aylarında artış göstermekte olup, yaz aylarında azalmakta ve Eylül-Ekim aylarında minimum değerlere inmekte hatta kurumaktadır.

Sahaya düşen yağış, gölsel kireçtaşlarında daha çok bir karst kanal sistemine bağlı kırık ve eklem siteminde süzülerek herhangi bir noktada rezervuar oluşturmadan kaynak şeklinde çıkmaktadır. Yörede bulunan su kaynaklarının EC ve sıcaklık değerlerinin farklı olması, birbirleriyle ilişkili olmadığını kanıtlar

Sonuç olarak, Pliyosen yaşlı gölsel killi kireçtaşlarında geniş ve yaygın yeraltısuyu dolaşımına sahip bir akifer mevcut değildir. Kangal formasyonunu oluşturan birimler de jeolojik yönden geçirimsiz özellikte olup, yeraltısuyu akiferi oluşturmazlar. İncelenen ruhsat sahasında yüzey suyunu ve kaynakları besleyen bir akifer (yeraltısuyu rezervuarı) yoktur.

Ruhsat sahası içerisinde ya da çevresinde dere yatakları mevcuttur. Bunlar Kamışlı Pınarı, Hedeli Pınarı, Etyemez Dere, Korpınar, Mordere, Kapsakaya Pınarı, Çürüktaş Dere, İnekdüşen Pınarı'dır. Bu dereler mevsimsel yağışlar ve çevrede yer alan kaynaklardan beslenmektedir. Saha çevresinde iki adet yüzeysel su kaynağı bulunmaktadır. Bunlar yağışlar ve mevcut kaynaklardan beslenerek Kuzey'den Güney'e akış gösteren Akdere (Mordere Kamışlıköy Kaynağı ile birleştikten sonra Akdere adını almaktadır) ve Doğukuzeydoğu'dan Batıgüneybatı istikametinde akış gösteren Etyemez Deresi'dir.

### **3.4. Tesisler**

#### **3.4.1. Akbük Rüzgar Santrali Tesisleri**

Santralin kurulu gücü 31,5MW olacaktır. Bu kapasiteye göre kurulu gücü 1,5MW olan 21 adet rüzgar jeneratöründen sağlanacaktır. Proje yeri Aydın ilinde yer almaktadır ancak, 21 adet rüzgar jeneratöründen 7 tanesi ve iletim hattının bir kısmı Muğla il sınırlarında yer almaktadır.

Akbük Rüzgar Enerjisi Santralinde her bir türbin için bir step-up trafo (0,69/34,5 kV) düşünülmektedir. 34,5 kV lık iletim hattı bir trafo merkezinde toplanan enerji 32-40 MVA, 34,5/154 kV lık yükseletici trafo ile 154 kV 'a yükseltilecek ve 3 km lik havai hat ile Akbük Trafo merkezine bağlanacaktır. İletim hattı 3 km. uzunluğunda 1 x 795 MCM olacaktır.

Tesis edilecek enerji iletim hattı için taşıyıcı ve durdurucu olmak üzere toplam 15 adet direk dikilmiştir.

#### **3.4.2. Eren Hidroelektrik Santrali Tesisleri**

Eren Regülatörü Soğanlı Çayı üzerinde 524,50 m talveg kotunda, dolu gövde ve karşıdan alıslı tipinde inşası planlanmaktadır. Regülatör yapısında drenaj alanı 3844,6 m<sup>2</sup>, su alma ağız ve silt tutma havuzu sağ sahilde olup su alma ağzının giriş taban kotu talvegden 2,10 m yükseklikte, 526,60 m kotunda, silt tutma havuzu 10,0 m genişliğinde ve 52,5 m uzunluğundaki üç adet silt tutma havuzuna ulaşacak ve bu havuzda çapı 0,3 mm'den küçük olan partiküller çökelecektir. Çökelen partiküller havuzun sonundaki tahliye kanalları vasıtasıyla az bir su yardımıyla dere yatağına bırakılacaktır. Su alma

ağzının önündeki su yüksekliği (normal su seviyesi) 530,00 m olacaktır. Dolusavak taşkın debisi 646,60 m<sup>3</sup>/s olup, bu debi 60,0 m genişliğindeki bir savaktan savılacaktır. Taşkın geçerken savak eşiğinin üstünde su yüksekliği 2,83 m olmaktadır. 0,67 m hava payı ile regülatörün kret kotu 533,50 m seçilmiştir. Savağın yanında 2,00 m genişliğinde ve 2,50 m yüksekliğinde iki adet çakıl geçidi bulunacaktır. Su alma ağzının önünde biriken partikülleri mansaba aktarmak için yapılacak olan çakıl geçidi, 119,44 m<sup>3</sup>/s kapasiteye sahiptir ve taşkın esnasında dolusavak ile beraber çalışması öngörülmektedir. Çakıl geçidi enerji kırıcı havuza açılmaktadır. Dolusavaktan sonra 14,0 m uzunluğunda, 60,00 m genişliğinde enerji kırıcı havuz yapılacaktır. Bu sayede taşkın debisi herhangi bir hasar vermeden mansaba aktarılacaktır. Ayrıca nehirdeki canlı hayat dikkate alınarak regülatör yapısına balık geçidi yapısı yapılacaktır. Balık geçidi basamak şeklinde ilk basamak genişliği 3m, sonraki basamaklar 2,5m genişliğinde planlanmaktadır. Projenin akım kontrolünün yapılabilmesi için ünitelere debimetre takılarak ölçüm sonuçları kayıt altına alınacaktır. Mansaba bırakılan su miktarının ölçümleri için kurulacak ölçüm istasyonlarının yerlerinin arazide tespiti için DSİ 23.Bölge Müdürlüğü ile irtibata geçilerek istasyon yerleri belirlenecektir.

Regülatör ve Çakıl Geçitleri: Regülatör, Q<sub>100</sub> taşkın debisi göz önünde bulundurularak dizayn edilmiştir. Regülatör önünde birikecek sedimentleri engellemek amacıyla sağ ve sol sahilde olmak üzere 2 adet aynı boyutlarda çakıl geçidi tasarlanmıştır.

Derivasyon: Proje yaklaşık olarak 2 yıl gibi bir inşaat süresine sahiptir. İnşa süresince yapılacak olan derivasyon 10 yıllık taşkın debisine göre planlanmış, Eren Regülatörü için bu debi 433,76 m<sup>3</sup>/s olarak tespit edilmiş, derivasyon yapısının kapasitesi bu debiyi geçirecek şekilde planlanmıştır.

Çökeltim Havuzu, İletim Tüneli ve Kondüvi: Sağ sahilde yapılacak olan çökeltim havuzu ile su alma yapısından alınan su dinlendirilerek, içinde bulunan daneler çökeltiip iletim tüneline temiz su alınacaktır. Çökeltim havuzu üç gözlü olarak tasarlanmış ve bu gözlerde çökelen özdeklerin temizlenmesi için de üç adet yıkama kanalı düşünülmüştür.

Çökeltim havuzundan alınan su iletim kanalı ve iletim tüneli aracılığıyla yükleme odasına götürülecektir. İletim tüneli Ø 5,30 m çapında tasarlanmıştır. Topoğrafik yapıya göre yer yer dört bölgede tünel imalatı yapılacaktır. 1. tünelin uzunluğu 1694,52 m, 2. tünel uzunluğu 484,00 m dir. Bu iki tünel arasında tünel ile aynı kesite sahip olan 56,50 m uzunluğunda kondüvi bulunmaktadır. 2. tünel çıkışı da bölgenin topoğrafik zorluğu

nedeniyle 28,00 m uzunluğunda yine bir kondüvi yapılması öngörülmüştür. 3. Tünel uzunluğu 361,22 m, 4 tünel uzunluğu ise 855,40 m dir.

İletim Kanalı: Mevcut projede iletim kanalı güzergahı iki farklı tip kesitli kanal kesitinden oluşmaktadır. 2,20 m taban genişliğinde, 3,50 m yüksekliğinde trapez kesitli kanal ve 6,20 m taban genişliğinde, 3,60 m yüksekliğinde olan dikdörtgen kesitli kapalı kanaldan oluşan iletim kanalının toplam uzunluğu 28 061,35 m dir. Bunun 4 141,58 m si kapalı kanal, 23 919,77 m si ise trapez kesitli kanaldır. İletim kanalı güzergahında topografyaya bağlı olarak yer yer alt sel geçitleri ve üst sel geçitleri projelendirilecektir. Geçitler açık kanalda yaklaşık her 1 km de bir insan ve hayvan geçişine uygun yapılacaktır. Ayrıca, iletim kanalı boyunca toplam 5 adet tahliye yapısı yapılacağı öngörülmektedir.

Yükleme Odası: İletim kanalından serbest yüzlü olarak gelen su basınçlı sisteme yani cebri boruya geçmeden önce dinlendirilmek ve biriktirilmek amacıyla yükleme odasına alınmaktadır.

Yükleme odasının sistem içerisindeki görevi ise cebri boruya düzenli su göndermek, türbinlerin ani açılmasında ihtiyaç duyulan debiyi cebri boruya hava kaçmayacak şekilde iletebilmek ve türbinlerin ani kapanmasında oluşabilecek su kabarmalarını etrafa zarar vermeden sönmülemektir. Oluşacak dalgalanmalar sonucu yükleme havuzundaki suyun taşmaması amacıyla yansavak tasarlanmıştır ve bu sayede suyun yapıdan uzaklaştırılması sağlanacaktır.

Cebri Boru: Yükleme odasından bir tünel açılarak cebri boruyla santrale suyun iletilmesi sağlanacaktır. Hem hidrolik hem de ekonomik açıdan yapılmış olan çap analizleri sonucu cebri boru çapı Ø 3200 olarak seçilmiştir.

Santral Binası ve Kuyruksuyu Kanalı: Santral binası 402,00 m santral çevre düzenleme kotunda konumlandırılacak ve türbinlenen su dikdörtgen kesitli betonarme bir kanalla nehir yatağına bırakılacaktır. Santral binası üç adet 12 346 kW gücünde Francis türbin, jeneratör grupları, iç ihtiyaç trafoları, montaj holü, kontrol odası, duş ve tuvaletleri ihtiva etmektedir. Santral binasının dışına 3 adet transformatör yerleştirilecektir. Hidroelektrik santralinde 37,038 MW enerji üretimi planlanmaktadır. Türbinlerden geçen su Soğanlı çayına kuyruk suyu kanalı ile bırakılacaktır.

Elektromekanik Ekipman: Proje brüt düşüsü 138,00 m ve maksimum türbin debisi 10,667 m<sup>3</sup>/s dir. Bu düşü kademesinde ve türbin debisinde Francis tipi türbin kullanılması uygun olacaktır. Eren HES projesinde 12 346 kW gücünde 3,413 m<sup>3</sup>/s – 10,667 m<sup>3</sup>/s debi

aralığında çalışabilecek üç ünite Francis türbin kurularak zamanın % 20,97'sinde yatakta olan suyun türbinlenmesi temin edilmiştir.

Şalt Odası: Eren HES 'de üretilen enerji 42,0 MVA ( 6,3/ 154 kV) gücündeki trafo çıkışlarında düzenlenecek şalt panoları üzerinden iletilecektir.

Enerji İletim Hatları: Eren HES Projesi'nde üretilen enerji yaklaşık 15,0 km 154 kV 1272 MCM EİH ile 154 kV Karabük TM ve 154 kV Kurşunlu TM arasında yeni yapılacak olan hatta girdi çıktı şeklinde bağlantısı planlanmaktadır.

Projenin gerçekleşmesine bağlı olarak faaliyet sahibi tarafından planlanan alt yapı faaliyeti faaliyet alanı çevresindeki ulaşım yollarının iyileştirilmesi amacı ile yapılacak yol düzenleme çalışmaları olacaktır. Yol çalışmaları ulaşımı kesintiye uğratmayacak şekilde yapılacaktır.

Yatırımın ve inşaat işlemlerinin süresi yaklaşık 2 yıl, işletme proje ömrü ise yaklaşık 50 yıl olarak planlanmıştır.

### **3.4.3. Etyemez Termik Santrali Tesisleri**

135 MW kapasiteli termik santral için yılda 6500 çalışma saati ve %40 verimlilikte harcanacak linyit miktarı 1 715 000 ton/yıl dır. Kazanda gerçekleşecek desulfürizasyon reaksiyonu için ihtiyaç duyulacak olan kireçtaşı miktarı ise 170 000 ton/yıl dır. Etyemez Maden Sahasından çıkarılacak olan linyit ve kireçtaşı kamyonlar vasıtasıyla kömür ve kireçtaşı stok sahasına nakledilecektir.

Proje ulusal kaynakların kullanılarak enerji üretiminde dışa bağımlığı azaltmayı, ülke ekonomisine katma değer sağlamayı ve bölge halkına iş ve istihdam sağlayarak ekonomiye destek vermeyi hedeflemektedir.

Kazan start-up işleminde sıvı yakıt yakılacak, kazan % 30 kapasiteye ulaştığında linyit yakılmaya başlanacaktır. Kazan teknolojisi Akışkan Yataklı Kazan olacağı için yanma sıcaklığı 800-850 oC civarında gerçekleşecek, yanma sonucu ortaya çıkacak olan NOx oranı düşük olacaktır. Kömürün içerdiği kükürttten dolayı açığa çıkacak olan SO2 ise yanma işlemi sırasında kazana takviye edilen kireçtaşının kükürtü tutup CaSO4'e çevirmesiyle bertaraf edilecektir.

Ayrıca yapılan yanma testlerinde kömürün bünyesinde bulunan kalsiyum oksit (CaO) de yüksek verimlilikle SO2'yi bertaraf ettiği görülmüştür. Linyitin yanması ile oluşacak olan kül torba filtre ve/veya elektrostatik filtreler yardımı ile tutulacaktır.

Akışkan yatakta yakma, yanma havası ile akışkan hale getirilen kum ve/veya kül ve kükürt oksitleri tutucu (kireçtaşı) maddelerden oluşan parçacık yatağı içerisine ilave edilen kömür taneciklerinin yakılmasıdır. Bu sistemde dağıtıcı plakadan geçen primer hava yatak malzemesini akışkanlaştırır ve yatağa beslenen kömürün yanmasını sağlar. Yakıt ve kükürt kireçtaşının hava ile mükemmel bir şekilde karışması yanma işlemi ve desülfürizasyonda da çok yüksek verimlilik sağlar. Yatak sıcaklığı, yatak içerisine yerleştirilen soğutucu borularıyla veya su duvarıyla kontrol edilir.

Akışkan yataklı yakıcılar atmosferik ve basınçlı olmak üzere iki grupta sınıflandırılabilir. İsimlerden de anlaşılabilceği gibi atmosferik akışkan yataklı (AAY) yakma işlemi atmosferik basınç civarında, basınçlı akışkan yataklı (BAY) yakma işlemi ise 5-20 atmosfer arasında BAY kazanlar yanma ve desülfürizasyon tepkimelerinin basınç altında gerçekleşmesinin faydalarından öteye buhar türbinine ilaveten kazandan çıkan basınçlı baca gazının gaz türbini çevirmekte kullanılmasıyla oluşan kombine çevrim anlayışının getireceği avantajlar göz önünde tutularak geliştirilmiştir. Ancak çeşitli teknik sebeplerle yaygın olarak ticari kullanıma girememiştir. Akışkan yataklı yakıcılar akışkanlaştırma koşullarına bağlı olarak da kabarcıklı akışkan yataklı (KAY) ve dolaşımli akışkan yataklı (DAY) olmak üzere ikiye ayrılırlar:

KAY yanma sistemlerinde katı yakıtın parça büyüklüğü ve gaz hızı, baca yanma gazı içerisinde en az katı sürüklenmeye izin verecek şekilde ayarlanır. Minimum akışkanlaştırma için gerekli olan gaz debisinden fazlası, yatakta kabarcıklar halinde yükselir. Kabarcıklar yakıt ve yatak malzemesi taneciklerinin yatak içinde dolaşımını sağlayarak mükemmel bir şekilde karışmasına olanak verir. KAY sisteminde yatak yüzeyi oldukça belirgindir. Gaz tarafından yaktan taşınan tanecikler, yakıcı çıkışındaki toz tutucular tarafından baca gazından ayrılarak tekrar yatağa verilir ve yanma verimi ile kükürt tutma performanslarının artırılması sağlanır.

KAY sistemine oranla daha küçük tanecikli kömür yakılan ve daha yüksek gaz hızlarında çalıştırılan DAY Yakma sisteminde ise tanecikler gaz tarafından sürekli olarak taşındığından yatak yakıcının tüm hacmini doldurur ve dolayısıyla belirgin bir yatak yüzeyi yoktur.

Baca gazı desülfürizasyon sistemine ihtiyaç göstermemesinin dışında iki tesis arasındaki temel ekipman farkı, kireçtaşı besleme sistemi ile tanecik resirkülasyon sisteminin ilavesidir. Katı yakıtın yanması 850–900 °C arasında değişen bir sıcaklıkta



gerçekleşir. Tabandan yanma hava kanalı yoluyla beslenen yanma havası aynı zamanda yatak içindeki yakıtın karıştırılmasını ve dağıtılmasını da sağlar.

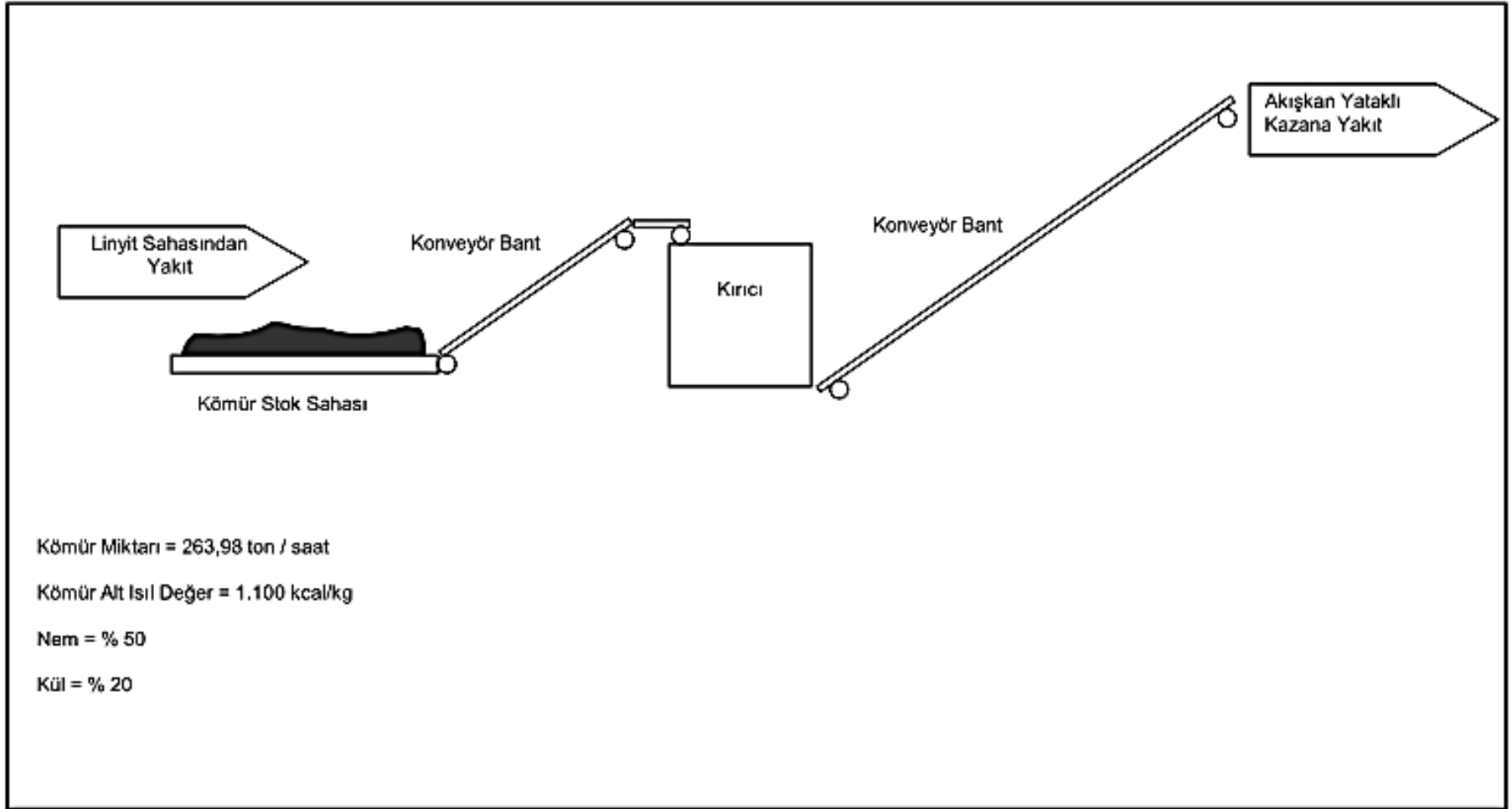
Akışkan yatakta yakıtın içerisine kireç veya kireçtaşı ilave edilerek, doğrudan (direkt) desülfürizasyon yapmak mümkündür. DAY sistemin SO<sub>2</sub> giderme verimi KAY sisteminden daha yüksek, kireç tüketimi ise daha düşüktür. Düşük yanma sıcaklığından dolayı akışkan yataklı yanma sistemindeki NO<sub>x</sub> oluşumu düşüktür. Bu nedenle, normal koşullarda, AY yakma sistemiyle çalışan bir elektrik üretim santralinde baca gazı desülfürizasyonu ve NO<sub>x</sub> emisyonlarını azaltmak için ilave önlemlere gerek yoktur. Elektrik üretim tesislerinin teknolojik yapısı ve yatırım maliyetlerinin yüksekliği dikkate alındığında bu husus önemli bir avantaj teşkil eder.

#### Kömür Stok ve Yükleme Ünitesi:

Kömür Stok ve Yükleme Ünitesi kömür stok sahası, vibratör besleyiciler, konveyörler, kırıcılar ve bunkerden oluşmaktadır. Kömür stok sahası kazan ihtiyacını en az 5 gün süre ile karşılayacak kadar kömürü depolayacaktır. Stok sahasında herhangi bir yeraltı enerji hattı bulunmayacak olup, yağmur, kar ve güneşin olumsuz etkilerine karşı önlemler alınacaktır. Vibratör besleyiciler kendinden temizleyen, anlık değişken kapasiteli ve uzaktan veya yakından kontrol edilebilir tipte olacaktır. Kırıcılar kömür parça çapını belirlenen düzeye tasarlanacaktır. Kırıcıların kapasitesi kazan imalatçısının belirlediği kapasitede olacaktır. Kırıcıların altına büyük çaplı kömür taneciklerini tutmak için vibratör elekler konulacaktır.

Konveyör bantlar toz önleme, toz toplama, aşırı yük koruma, hız kontrol sistemi, duman detektörleri ve alarm sistemi, yürüme yolu ve yangın söndürme sistemi ile donatılmış olacaktır. Her bir konveyör tam yük altında kayış ve kasnakta kayma olmadan start alabilecektir. Konveyör sisteminde bulunan bütün motor, hareketli parçalar, kaplinler, dişli kutuları, rulman ve yataklar en az 100 000 çalışma saatine dayanıklı olacaklardır.

Toplam silo kapasitesi 24 saatlik kazan çalışma kapasitesine eşdeğer olacaktır. Silolar düşük ve yüksek seviye sensörleri ihtiva edecek, yangın ihtimaline karşı CO<sub>2</sub> yangın söndürme sistemi ile donatılacak, silo çıkışı gaz sızdırmaz yapıda olacaktır. Kömür besleme silosundan kömür değişken kapasiteli gravimetrik besleyici ile alacaktır. Kömür Stok ve Yükleme Ünitesi Proses Akış Şeması Şekil 3.2.'da verilmiştir.



Şekil 3.2. Kömür stok ve yükleme ünitesi proses akım şeması

#### Kireçtaşı Stok ve Yükleme Ünitesi:

Kireçtaşı santralde desulfürizasyon için kullanılacaktır. Tesiste kullanılacak olan kireç 200810460, 200810461, 200810462, 200810463, 200810464, 200810465, 200810466 (toplam 700 hektar) Ruhsat Numaralı sahadan temin edilecektir. Tesiste saatte 30,56 ton kireç taşı kullanılacaktır.

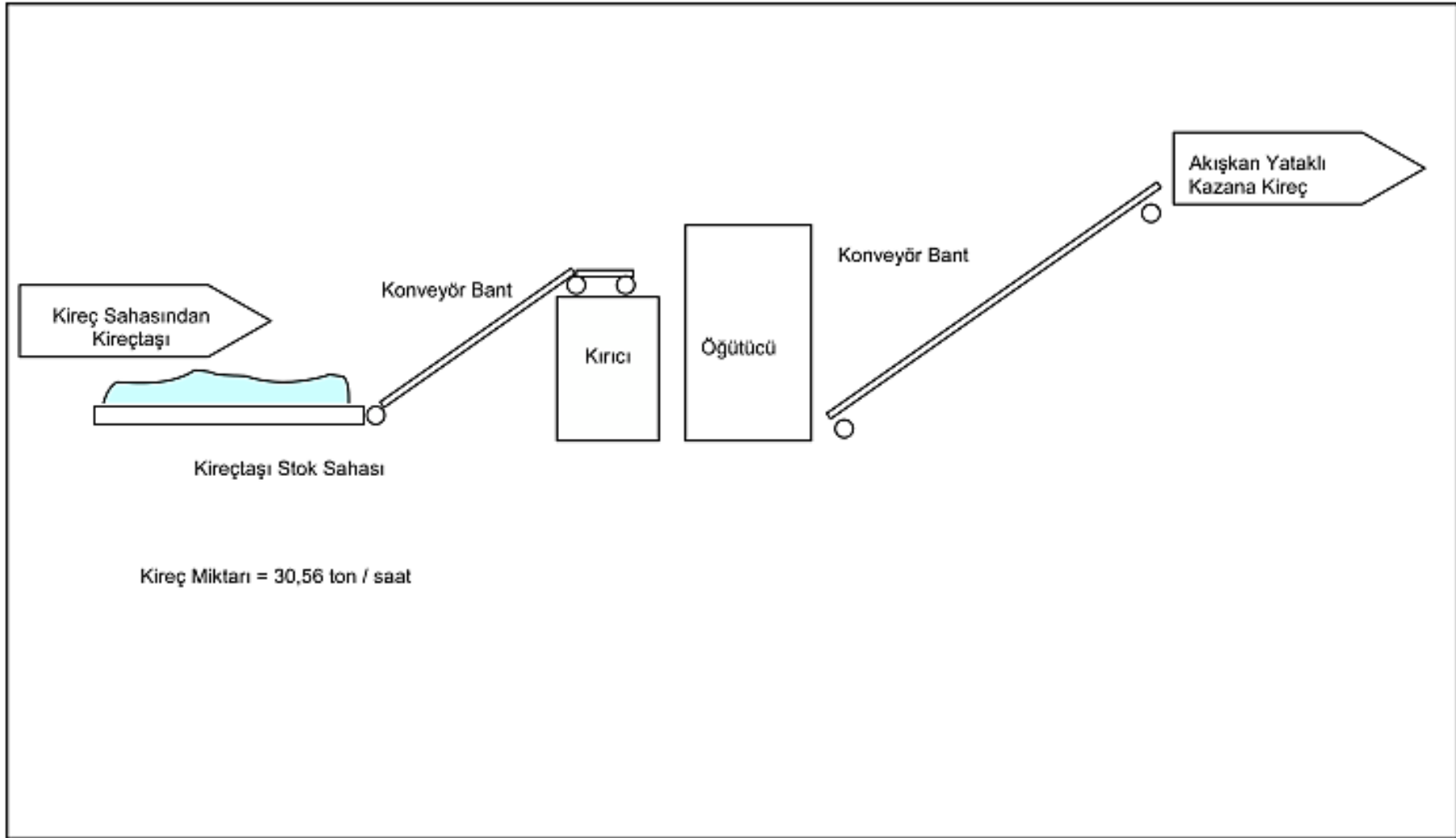
Kireçtaşı stok ve yükleme ünitesi kireçtaşı stok sahası, vibratör besleyiciler, konveyörler, kırıcı ve öğütücüler, kurutma ünitesi, elek ve silodan oluşmaktadır.

Kireçtaşı stok sahası kazan ihtiyacını en az 30 gün süre ile karşılayacak kadar depolayacaktır. Stok sahasında herhangi bir yeraltı enerji hattı bulunmayacak olup, yağmur, kar ve güneşin olumsuz etkilerine karşı önlemler alınacaktır.

Kırıcı ve öğütücüler kireçtaşı parça çapını belirlenen düzeye düşüreceklerdir. Kırıcı ve öğütücülerin kapasitesi kazan imalatçısının belirlediği kapasitede olacaktır. Kırıcı ve öğütücülerin altına büyük çaplı kireç taneciklerini tutmak için vibratör elekler konulacaktır.

Silo kapasitesi 48 saatlik kazan çalışma kapasitesine eşdeğer olacaktır. Silo düşük ve yüksek seviye sensörleri ihtiva edecektir. Silo çıkışı gaz sızdırmaz yapıda olacaktır. Silo malzemeleri sürtünmeye ve aşınmaya dayanıklı malzemelerden imal edilecektir.

Kireçtaşı Stok ve Yükleme Ünitesi Proses Akım Şeması Şekil 3.3.'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Kireçtaşı stok ve yükleme ünitesi proses akım şeması

### Kazan Ünitesi:

Kazan tabii sirkülasyonlu linyit kömürü yakabilen akışkan yataklı bir kazan olacaktır. Akışan yatak kazan teknolojisi yeni bir teknoloji olup, akışkan yatak prensibi, kömür 10 mm ve kireç partiküllerinin kazan yanma odasına enjekte edilmesiyle sağlanır. Partiküller, kazanın alt tarafından hava nozülleri vasıtasıyla yukarı doğru üflenen primer hava (toplam havanın yaklaşık %60'ı) ile hava akımı içinde askıda kalır. Kömür ve kireçtaşı parçacıkları askıda olan sıcak yatak malzemesi (kömürün kendi külü veya kum) ile temas eder yanmaya yanmaya, kireçtaşı CaO'e dönüşmeye başlar. Yatak bölgesinin üst tarafına üflenen sekonder hava (%40) ile yanma işlemi tamamlanır. Bu şekilde kademeli yanma gerçekleşir.

Yanma 800-850°C arasında gerçekleşir. Yanan partiküller (< 450 µ) kazandan 4-6 m/sn hızdaki hava akımı ile yukarılara doğru taşınır. Tamamen yanmamış partiküller ağırlık farkından dolayı siklon seperatörlerden tekrar kazana sirküle edilir.

Yanma işlemi konvansiyonel kazanlara göre daha düşük sıcaklıklarda meydana geldiği için NOx emisyon sınımları ve kül erimesi ile alakalı bir çok sorun ortadan kalkar. Gerekirse NOx emisyonları siklonlara amonyak enjeksiyonu ile daha da düşürülebilir.

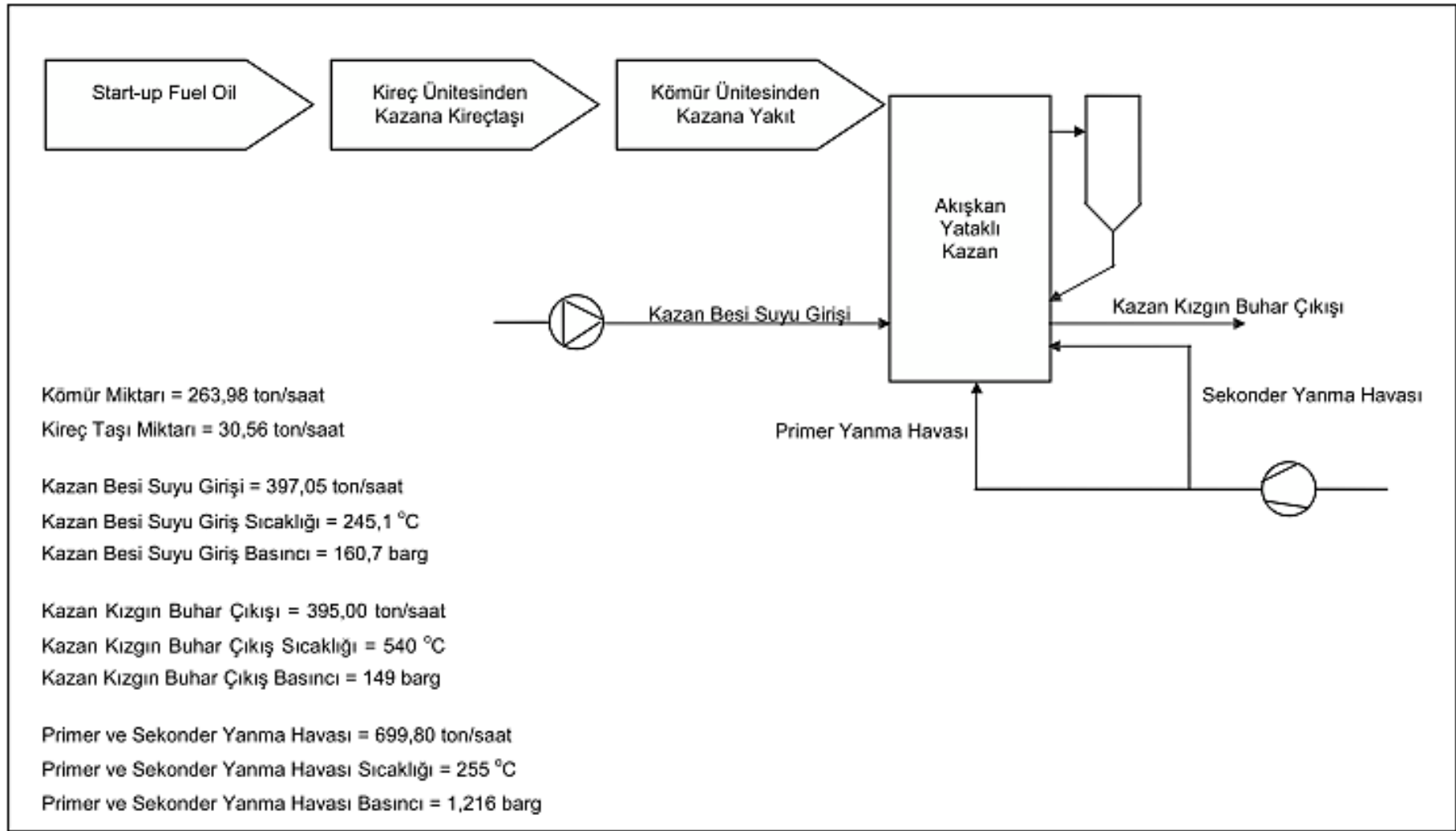
SO2 gazı ise yanma odasına kömür ile eklenen kireç taşıyla 750-900°C de tepkimeye girmesi ve CaSO4 oluşturması ile katı faza hapsedilerek bertaraf edilir.

Kömür genelde <10 mm büyüklüğünde parçaçık boyutuna getirilerek silodan konveyör vasıtasıyla kazana iletilir. Kömür yatak üzerine düzgün ve eşit bir şekilde püskürtülür.

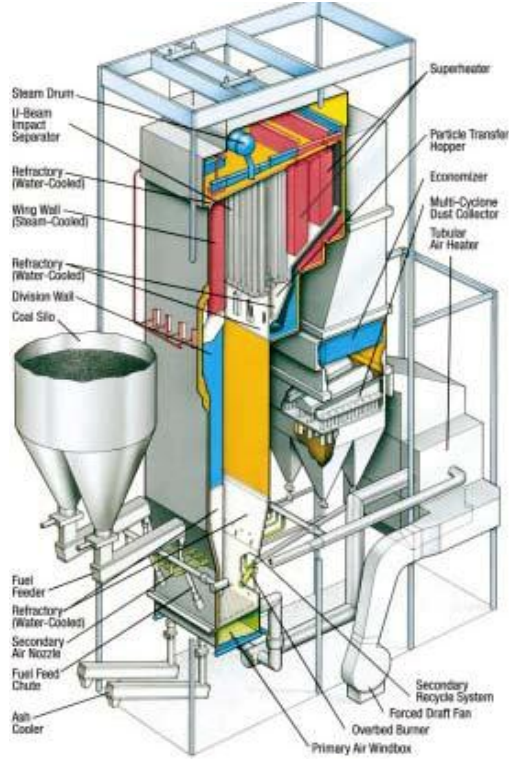
Kül oluşumu ise iki kısımda meydana gelir; yatak altı kül ve uçucu kül. Toplam kül miktarının yaklaşık %50'si yatak altı külden oluşur. Yatak malzemesi yüksekliğini korumak, yanmayan partikülleri uzaklaştırmak, birikimi önlemek için kül sürekli olarak yatak altından alınır. Uçucu kül ise kazanın farklı kısımlarından alınır. En büyük miktar ise torba filtrelerde ve/veya elektrostatik filtrelerde tutulur.

Kazan Ünitesi Proses Akım Şeması Şekil 3.4.'de, Akışkan Yataklı Kazan Sistemi

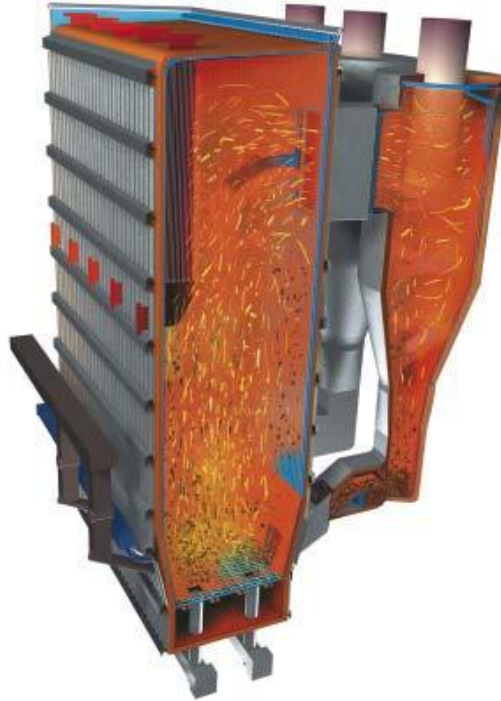
Şekil 3.5.'da, Akışkan Yataklı Kazan Yanma Sistemi Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.4. Kazan ünitesi proses akım şeması



Şekil 3.5. Akışkan yataklı kazan (tipik)



Şekil 3.6. Akışkan yataklı kazan yanma sistemi (tipik)

Kazan dizaynı yüksek yanma verimli, ekonomik, düşük bakım maliyetli ve emisyonu izin verilen limitlerin altında olacak şekilde yapılacaktır. Kazan start-up sıvı yakıt ile yapılacaktır.

Kazan kızdırıcı boruları düşük alaşımlı (P22 veya P91) malzemedan boru olacaktır. Start- up veya durma sürelerinde kazan borularının aşırı ısınıp soğumasını engellemek için tam drenaj sistemleri yapılacak, kazanda üretilen buharın sıcaklığını kontrol etmek için desuperheater valf bulunacak, kazan ekonomizer boruları buharlaşmayan tipte olacaktır.

Ekonomizer borularında aşırı ısınıp soğumayı engellemek için drenaj sistemleri olacak, kazan domu besi suyu beslenmesinde herhangi bir sorun olduğu zaman buhar türbinini en az 5 dakika besleyebilecek kapasitede olacaktır. Dom içinde kimyasal dozajlamayı kontrol edebilmek için dip ve yüzey blöf sistemleri bulunacak ve domda depolanan buharın kalitesi sürekli kimyasal analizlerle takip edilecek olup, Dom seviyesi hem görsel hem de sensörlerle sürekli olarak izlenecektir.

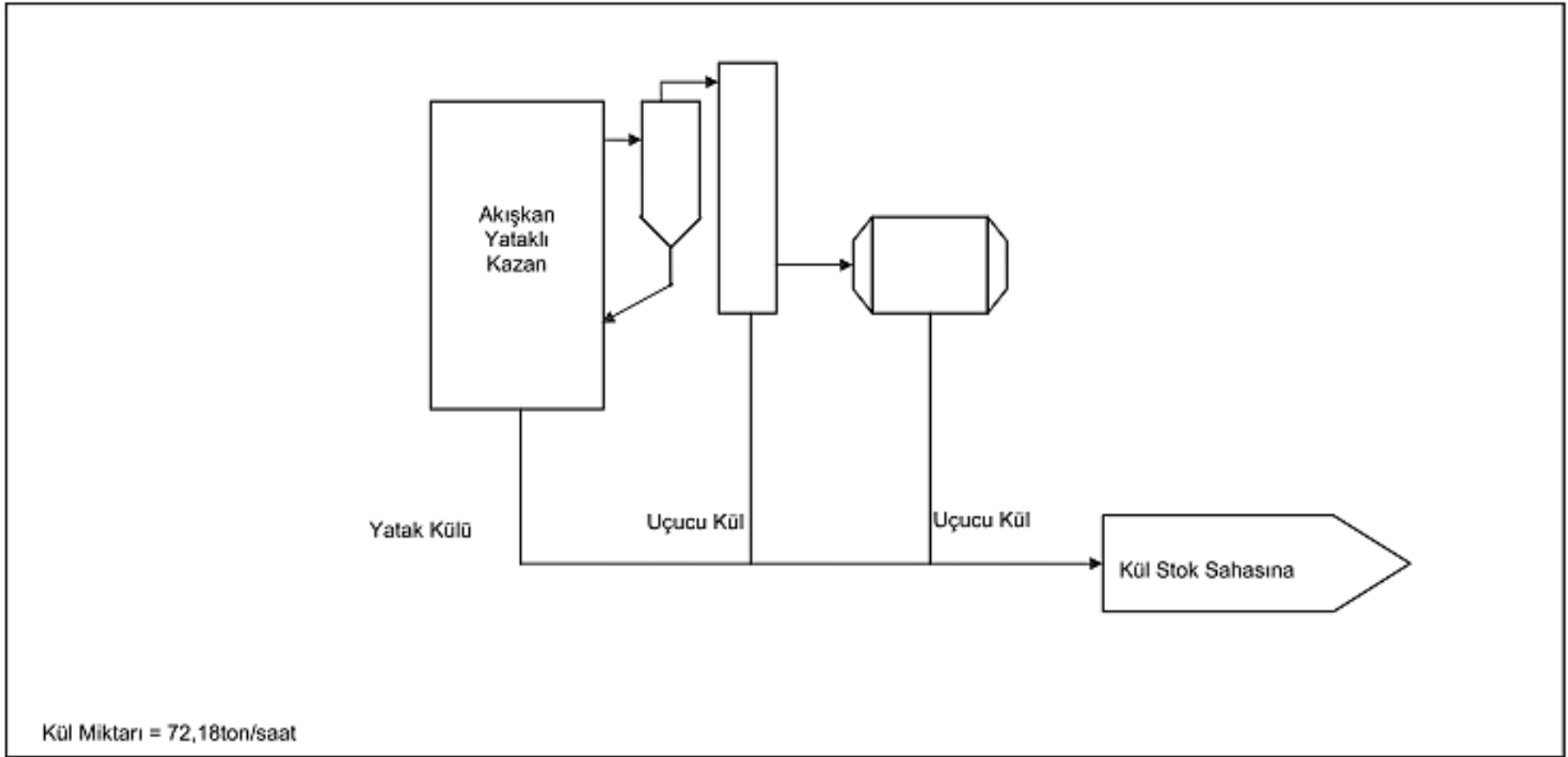
Kazandaki sıcak buhar ve suyun drene edilebilmesi için bir adet blowdown tankı yer alacak ve bütün drenaj hatları bu tanka bağlanacaktır. Kazan ünitesinde kullanılan bütün vanalar kullanım amacına uygun malzeme ve bağlantı tipiyle olacak olup, vanaların imalatı sırasında kesinlikle asbest içeren malzemeler kullanılmayacaktır. Kazan ünitesi üzerinde dış yüzey sıcaklığı 50°C nin üzerinde olan yüzeyler iş güvenliği açısından uygun bir izolasyon malzemesi ile kaplanacaktır.

#### Kül Atma Ünitesi:

Kül atma ünitesi kazanda oluşan yatak külünün ve siklon seperatörlerden kaçan uçucu külün atık kül sahasına transferinde kullanılacak olup, yatak külü kazan yatak malzemesinin drenajında ve işletme sırasında yatakta biriken büyük parçaların uzaklaştırılmasında görev alacaktır. Drene edilen yatak malzemesi atık kül sistemine transfer edilmeden önce sıcaklığı düşürülecektir. Uçucu kül torba filtrede ve/veya elektrostatik filtrede tutulacaktır.

Kül Atma Ünitesi Proses Akım Şeması Şekil 3.7.'de verilmiştir.





Şekil 3.7. Kül atma ünitesi proses akım şeması

Buhar Türbini ve Jeneratör: Buhar türbini santralde jeneratörü tahrik eden ana makina olarak kullanılacaktır. Buhar türbininde buharın ihtiva ettiği basınç ve ısı enerjisi mekanik enerjiye (şaft dönüşüne) dönüştürülür. Kullanılacak olan buhar türbini yoğuşmalı tip olacaktır. Yoğuşmalı tip türbinler buhar çıkış basıncı atmosferik basıncın altında (vakum) olan türbinlerdir. Birçok enerji santralinde buhar son kademe de yoğuşur, yoğuşma etkisinden dolayı buhar hacmi 1/30 000 oranında azalır ve böylece vakum oluşur. Son kademe basınç atmosferik basıncın %3-5'ine kadar düşürülebilir.

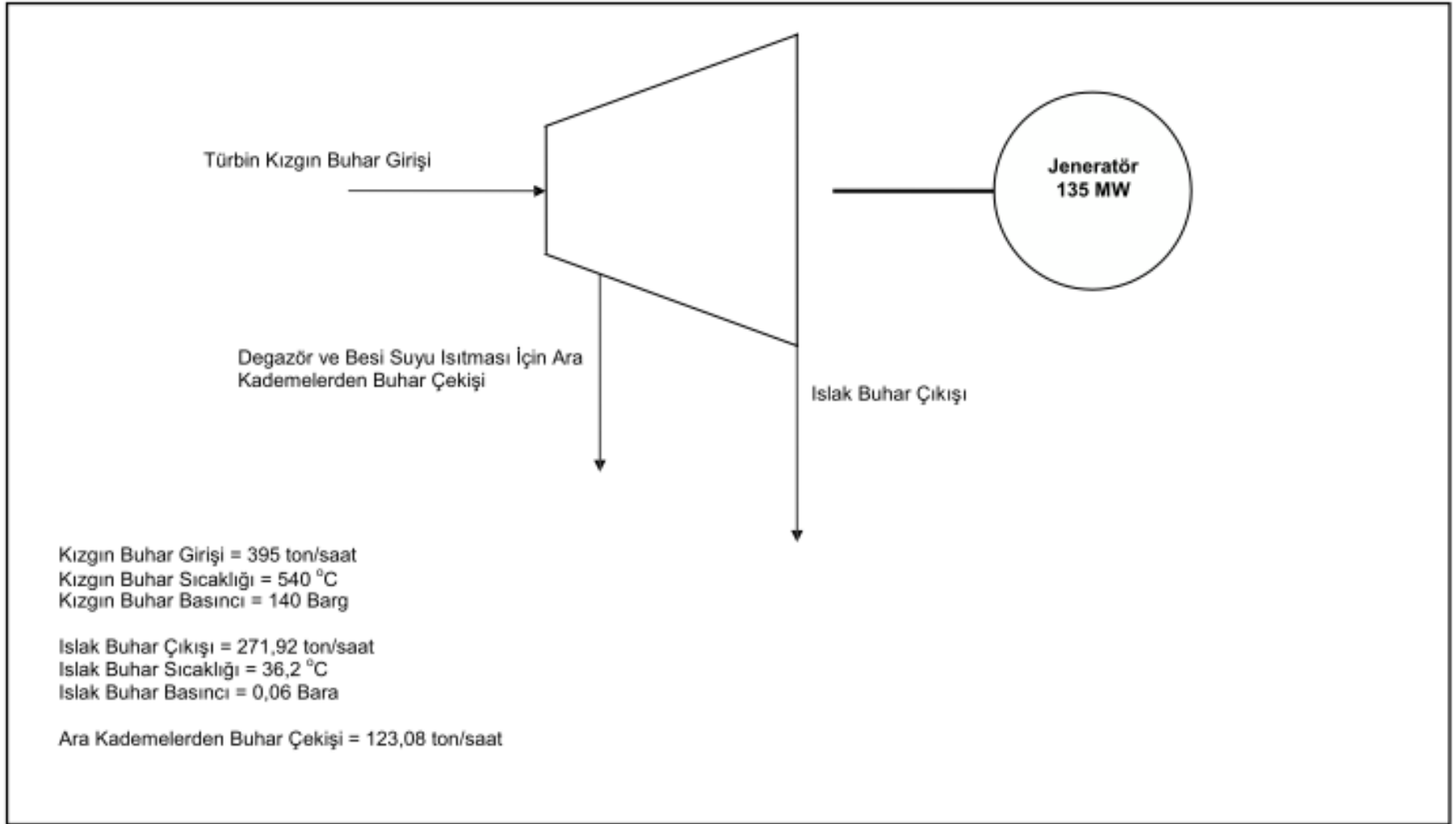
Türbin rotoru katı dövülmüş malzemedan işlenecektir ve rotor dizaynı mükemmel rotor dinamik özellikleri gösterecektir. Türbin kanat dizaynında enerji dönüşümü için yüksek verimlilik göz önüne alınacak ve uzun vadeli işletmede düşük vibrasyon ve gerilim özelliği gösterecektir. Yataklar jurnal tip yatak olup yağlama yağı sistemi ile sürekli olarak beslenecektir. Türbinde

1 adet düşük basınç tarafı yatağı, 1 adet yüksek basınç tarafı yatağı ve 1 adet trust yatak bulunacaktır. Her bir yatakta yatak metal sıcaklığını izlemek için RTD bulunacaktır.

Türbin gövdesi start-up ve yük değişimlerinde yüksek verimlilikte ve düşük gerilimli termal genleşmelere müsaade edecek şekilde dizayn ve imal edilecektir. Gövdenin her malzemesi maruz kalacağı buhar şartlarına dayanacak şekilde olacaktır. Türbin gövdesi muayenelerin ve bakımların hızlı bir şekilde yapılabileceği şekilde tasarlanacaktır.

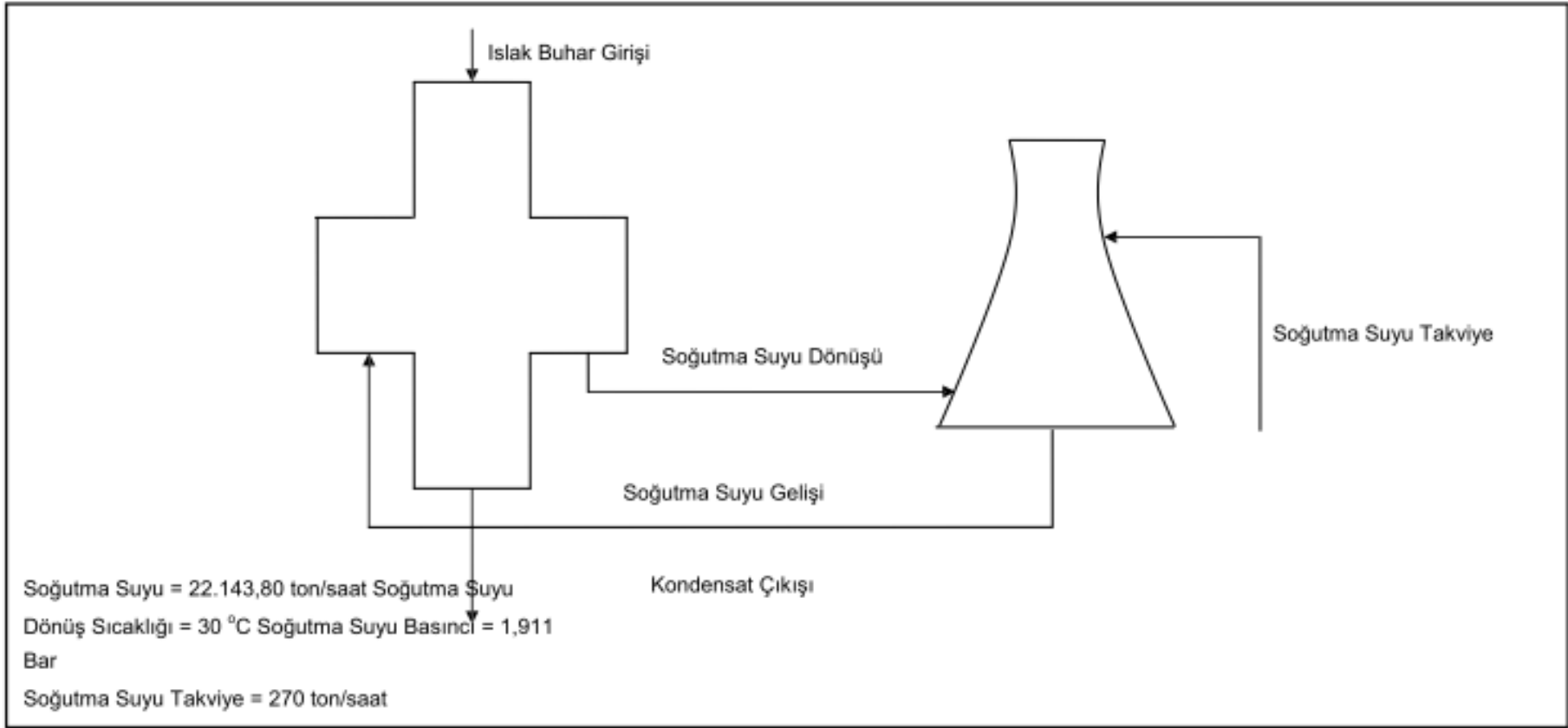
Türbine buhar kombine stop-kontrol valfinden geçerek girecektir. Valf kendi içinde buharda bulunabilecek olası yabancı maddeleri tutmak için 1 adet yüksek kaliteli paslanmaz çelikten imal edilmiş pislik tutucu ihtiva edecektir. Kombine stop-kontrol valfinin kontrolü hidrolik yağ sistemi ile beslenen servo valfler ile sağlanacaktır.

Buhar türbinine rijit bir kaplin ile akuple olacak olan jeneratör statik ikazlı, hava veya azot soğutmalı olacaktır. Jeneratör rotoru katı dövmeden işlenmiş ve rotor dinamiği özellikleri gösterecek olup, Statör sargıları onaylanmış tipte olacak ve uzun vadeli işletme şartları için izolasyona sahip olacaktır. Jeneratör rotorunun her iki ucunda jurnal yatak bulunacak ve bu yataklar yağlama yağı sistemi ile beslenecektir. Jeneratör yatakları herhangi bir toprak kaçığına karşı izolasyonlu olacaktır. Jeneratör; ters güç, stator topraklama hatası, rotor topraklama hatası, yüksek voltaj, jeneratör diferansiyel röle hatası, rotor balans hatası, düşük voltajda aşırı akım hatası, statör aşırı yük, düşük ve yüksek frekans, yüksek sargı sıcaklığı, yüksek yatak vibrasyonuna karşı korumalı olacaktır. Buhar Türbini ve Jeneratör Proses Akım Şeması Şekil 3.8.'de verilmiştir.



Şekil 3.8. Buhar türbini ve jeneratör proses akım şeması

Soğutma Suyu Sistemi: Türbin son kademesinden kondensere geçen buharı yoğuşturmak ve yağlama yağı sisteminde ısınan yağı soğutmak için açık sistem soğutma suyu sistemi kullanılacaktır. Soğutma suyu sisteminde ısı transferi için su soğutmalı (açık) tip soğutma kulesi kullanılacaktır. Sistemde kullanılacak olan borulama ve ekipman sistem basınç gereksinimlerine dayanacak mukavemette olacaktır. Soğutma Suyu Sistemi Proses Akım Şeması Şekil 3.9.'de verilmiştir.



Şekil 3.9. Soğutma suyu sistemi proses akım şeması

### 3.5. Çevresel Etkileri

#### 3.5.1. Akbük Rüzgar Santrali Çevresel Etkileri

Akbük Rüzgar Enerji Santrali'ne yakın olan bölgede yerleşim yeri yoktur Faaliyet alanına en yakın yerleşim 30 km mesafede yer alan Didim ilçesidir. Ancak yaklaşık 2,5 km mesafede buraya bağlı yazlıklar bulunmaktadır. Faaliyet alanına en yakın yerleşim yeri 2,5 km mesafede yer almakta olup; yapılan hesaplamalar sonucunda oluşan gürültü düzeyi 250 m 'den sonra Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde belirtilen sınır değerinin altında kalmaktadır. Dolayısıyla faaliyet sırasında oluşacak gürültünün yerleşim birimleri üzerinde olumsuz bir etkisi olmayacaktır.

Üretilen enerji rüzgar gücü ile sağlandığından, herhangi bir hammadde sarfiyatı veya artığı meydana getirmediğinden çevreye zararlı atığı bulunmamaktadır.

Ayrıca göçmen kuş rotaları dışında yer almasından dolayı mevcut kuşlar üzerinde de olumsuz hiçbir etkisi bulunmamaktadır.

#### 3.5.2. Eren Hidroelektrik Santrali Çevresel Etkileri

Hidroelektrik santraller yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmekte olup ülkemizin mevcut doğal kaynaklarının potansiyel enerjisinin yine ülkemizin ihtiyacı olan elektrik enerjisine dönüştürülmesi söz konusu olmaktadır. Bahse konu projenin gerçekleşmesi ile ülkemizin enerji üretiminde rol alacak olması ülkemiz ekonomisine fayda sağlayacağı gibi, işletilmesi esnasında emisyon, kirlilik yükü fazla atık su, üretimden kaynaklanan tehlikeli atıklardan kaynaklanacak çevre kirliliğinin oluşmayacak olması, ile de çevresel bir yatırım olduğu yadsınamaz bir realitedir. Söz konusu projenin doğal yaşam üzerine yapacağı etkiler irdelendiğinde ise, dereye bırakılacak olan can suyu, yapılacak olan balık geçitleri ve kanal geçitleri ile söz konusu etki minimize edilecektir.

İşletme döneminde elektrik üretimi için kullanılacak 3 adet türbinin,4 adet jenaratörün çalışması gürültüye neden olacaktır. Hidroelektrik santraline en yakın yerleşim yeri ~2,46 km ile Geren köyü olup iç ortam gürültü sınır değerlerini sağlayan santralin Geren Köyündeki yerleşimlere olumsuz bir etkisi beklenmemektedir. Proje kapsamında çalışmalardan kaynaklanacak gürültünün çevreye olası olumsuz etkileri azaltmak amacı ile

“04.06.2010 Tarih ve 27601 Sayılı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi Ve Yönetimi Yönetmeliği” hükümlerine uygun olarak yalıtım tedbirleri alınacaktır.

Proje kapsamında HES 'nin işletmeye alınması ile oluşacak gürültü seviyesinin yerleşim yerlerine olumsuz etkisini önlemek amacıyla santral binasının yalıtımı sağlanarak konut alanları iç ortam gürültü seviyesi sınır değerlere uyulacaktır.

### 3.5.3. Etyemez Termik Santrali Çevresel Etkileri

Sivas İli, Kangal İlçesi, Etyemez Köyü Mevkiindeki A.R. 84172, Sicil: 61156, ER 2320676 no'lu ruhsat sahası ve bitişiğindeki toplam 2 992 375,983 m<sup>2</sup>'lik (820 040,650 m<sup>2</sup> Termik Santral Yerleşim Alanı + 2 172 335,333 Kül Barajı) kısmında Tam Enerji Üretim A.Ş. tarafından yerli linyitin kullanılarak 135 MW kapasiteli (% 40 verimlilikte 337,5 MW Isıl Güç) Etyemez Termik Santralinin kurulması planlanmaktadır.

Proje alanı içerisinde;

- İdari bina,
- Kazan adası,
- Türbin adası,
- Şalt sahası,
- Uçucu kül silosu,
- Kömür stok sahası,
- Kireç stok sahası,
- Kırçılar,
- Besleme üniteleri,
- Soğutma sistemi,
- Demin su arıtma,
- Yakıt tankı adası,
- Beton santrali ve konkasör tesisi,
- Yardımcı üniteler vb. bulunacaktır.

Alan Sivas İli sınırları içinde bulunmaktadır ve İl'in büyük bir bölümü İç Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır. Doğu Anadolu ve Karadeniz Bölgesi'nde de toprakları bulunur. İl topraklarının büyük bir bölümü Kızılırmak, bir bölümü de Yeşilirmak ve Fırat Havzaları'na girer. 35° 50' ve 38° 14' doğu boylamıyla, 38° 42' ve 40° 16' kuzey enlemleri arasında kalan İl yüzölçümüyle Konya'dan sonra Türkiye'nin 2. büyük ilidir.

Tesiste kullanılacak doğal kaynak kömür linyit kömürüdür. Proje kapsamında santralde yakıt olarak kullanılması planlanan linyit kömürü, TAM Enerji Üretim A.Ş. tarafından Sivas İli, Kangal İlçesi sınırları içerisindeki Etyemez Köyü A.R. 84172, no'lu ruhsat sahasındaki 1973,25 hektar alan ile Turnalı Köyü A.R. 71042 no'lu ruhsat sahasındaki 238,33 hektar alanda bulunan kömür sahalarından temin edilecek olup, bu sahalarla ilgili ÇED süreci devam etmektedir.

Proje kapsamında yaklaşık 50m<sup>3</sup>/saat'lik su ihtiyacı olacaktır. Bu suyun 270 m<sup>3</sup>/saati soğutma suyu sisteminde, 30 m<sup>3</sup>/saati kazan ve kondenser sistemi için demineralize su takviye sisteminde, kalan 50 m<sup>3</sup>/saati de santralin endüstriyel su sisteminde kullanılacaktır. Bu miktarda su sahada bulunan yeraltı suyundan ve sahanın yaklaşık 4,3 km güneyinde bulunan Balıklı Tohma Çayından sağlanacaktır.

Kullanım sonrası ortaya çıkan atık su arıtıldıktan sonra sahanın batısında kalan Akdere ve güneyinde kalan Etyemez derelerine deşarj edilerek (her iki dere birleşerek Balıklı Tohma Çayına bağlanmaktadır) Balıklı Tohma Çayına ulaştırılacaktır.

Projenin işletme aşamasında faaliyetten kaynaklanabilecek;

- Sıvı atıklar,
- Katı atıklar,
- Emisyon,
- Gürültü ve titreşim,

gibi etkiler beklenmekte olup, bunlar daha çok çalışan personelden, iş makinelerinden ve ekipmanlardan kaynaklanacaktır. Söz konusu etkiler kısaca şu şekilde özetlenebilir:

Sıvı Atıklar

- İnşaat Aşaması

Faaliyet kapsamında inşa işlemlerinde 500 kişi istihdam edilecektir. İhtiyaç duyulması karşısında bu sayı artabilecektir. İnşaat aşamasında gerekli olan su kuyudan temin edilecek olup, ayrıca gerekli görüldüğü takdirde piyasadan hijyenik kaplarla ve şişelerle de su ihtiyacının karşılanma yoluna gidilecektir.

Kişi başına içme ve kullanma amaçlı 150 lt/gün su tüketimi kabul edildiğinde günde ortalama:

$500 \text{ kişi} \times 150 \text{ lt/gün-kişi} = 75000 \text{ lt/gün} = 75 \text{ m}^3/\text{gün}$  olarak bulunur. Bu suyun tamamen atık su olarak döneceği düşünülürse, alanda oluşacak evsel nitelikli atık su miktarının da 75 m<sup>3</sup>/gün olacağı görülür.



Kullanım sonrası ortaya çıkan atık su arıtıldıktan sonra sahanın batısında kalan Akdere ve güneyinde kalan Etyemez derelerine deşarj edilerek (her iki dere birleşerek Balıklı Tohma Çayına bağlanmaktadır) Balıklı Tohma Çayına ulaştırılacaktır.

#### İşletme Aşaması

Tesis bünyesinde toplam 150 personel istihdam edilecektir. Kişi başına içme ve kullanma amaçlı 150 lt/gün su tüketimi kabul edildiğinde ortalama:

$150 \text{ kişi} \times 150 \text{ lt/gün-kişi} = 22500 \text{ lt/gün} = 22,50 \text{ m}^3/\text{gün}$  evsel nitelikli atık su oluşumu söz konusudur.

Proje kapsamında yaklaşık  $350 \text{ m}^3/\text{saat}$ 'lik su ihtiyacı olacaktır. Bu suyun  $270 \text{ m}^3/\text{saati}$  soğutma suyu sisteminde,  $30 \text{ m}^3/\text{saati}$  kazan ve kondenser sistemi için demineralize su takviye sisteminde, kalan  $50 \text{ m}^3/\text{saati}$  de santralin endüstriyel su sisteminde kullanılacaktır. Bu miktarda su sahada bulunan yeraltı suyundan ve sahanın yaklaşık 4,3 km güneyinde bulunan Balıklı Tohma Çayından sağlanacaktır.

Bunun yanında Termik Santrallerde işletme amaçlı suyun kullanıldığı başlıca yerler aşağıda belirtilmiştir:

- Kazanlarda kullanılacak kazan besi suyunun üretilmesi için gerekli ham su,
- Kazan ile proseste ve ısıtmada kullanılan buharda meydana gelen kayıpları karşılamak için gerekli katma suyu,
- Ana ve yardımcı soğutma sistemleri için soğutma suyu,
- Yangın söndürme suyu,
- Temizleme ve yıkama suyu,
- Sulama amaçlı su,

#### Katı Atıklar

##### • İnşaat Aşaması

Tesisin ünite ve ekipmanlarının inşa ve yerleştirilmesi sırasında;

Arazinin hazırlanmaya başlanmasıyla birlikte çalışacak personelden kaynaklanacak evsel nitelikli katı atıklar ve ambalaj atıklarının bertarafı, 14 Mart 1991 tarih ve 20814 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği" ve 24.06.2007 tarih ve 26562 sayılı R.G.'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği" hükümlerine göre yapılacaktır.

Faaliyetin inşaat aşamasında alanda değişik sayıda olmakla birlikte günde maksimum yaklaşık 500 kişi çalışması planlanmaktadır. Bir kişinin günde ürettiği katı atık miktarı

1,34 kg/gün olarak alındığında; oluşacak toplam evsel katı atık miktarı, 500 kişi x 1,34 kg/gün-kişi = 670 kg/gün olacaktır.

Evsel nitelikli katı atıkların değerlendirilebilir sınıfa girenleri (plastik, cam, kağıt, metal vb.) tekrar kullanılabilirlikleri göz önünde bulundurularak ayrı ayrı toplanacak, biriktirilecek ve geri kazanımı sağlamak için lisanslı toplayıcılara ve değerlendirme yoluna giden işletmelere satılacaktır. Ayrıca inşaatta kullanılacak malzemelerin değerlendirilebilir sınıfına giren çimento torbaları, saç ve metal parçaları, ambalaj ve kutular, kereste vb. atıkları, bu atıkların kimyasal özellikleri göz önünde bulundurularak, kağıt ve kağıt ürünleri, plastik atıklar olarak ayrı ayrı toplanacak, biriktirilecek ve geri kazanımı sağlanacaktır. Geri kazanımı mümkün olmayan katı atıklar ise çöp bidonlarında ayrı ayrı biriktirilecek görünüş koku, toz sızdırma ve benzeri faktörler yönünden çevreyi kirletmeyecek şekilde kapalı biçimde muhafaza edilecek ve Belediye ekipleri tarafından alınarak bertaraf edilecektir.

- İşletme Aşaması

Personelin tüm ihtiyaçları proje alanı içerisinde kurulması planlanan idare ünitesinde karşılanacaktır.

Faaliyet alanında günde ortalama 150 kişinin çalışması planlanmaktadır. Bir kişinin günde ürettiği katı atık miktarı 1,34 kg/gün olarak alındığında; oluşacak toplam evsel katı atık miktarı,

$$1,34 \text{ kg/gün-kişi} \times 150 \text{ kişi} = 201 \text{ kg/gün olacaktır.}$$

Evsel nitelikli katı atıkların değerlendirilebilir sınıfa girenleri (plastik, cam, kağıt, metal vb.) tekrar kullanılabilirlikleri göz önünde bulundurularak ayrı ayrı toplanacak, biriktirilecek ve geri kazanımını sağlamak için hurdacılara ve değerlendirme yoluna giden işletmelere satılacaktır. Geri kazanımı mümkün olmayan evsel nitelikli katı atıklar ise çöp bidonlarında ayrı ayrı biriktirilecek; görünüş koku, toz sızdırma ve benzeri faktörler yönünden çevreyi kirletmeyecek şekilde kapalı biçimde muhafaza edilecek ve bedeli karşılığında Kangal Belediyesi tarafından alınarak bertaraf edilecektir.

Santralde üretilen kül miktarı yakılan kömürün kül oranı, alt ısı değeri ve kükürt miktarına bağlı olacaktır. Ayrıca kömürün kükürt oranına bağlı olarak desülfürizasyon için kullanılan kireçtaşı da kül miktarını etkileyecektir. Santralde üretilen iki farklı külün atılmasına ilişkin genel bilgiler aşağıda verilmiştir:

**Yatak Altı Külü:** Yatak külü üretilen toplam kül miktarının %50'si civarında olacaktır. Kazanlarda yanma işlemi sonucunda oluşan yatak altı külü soğutulduktan sonra kazan altından çıkartılarak bir konveyör ile kalın kül deposuna taşınacaktır. Kalın kül depolama silosu külün nihai stoklama ve/veya kullanma sahasına nakline olanak sağlayacak yükleme- boşaltma tesisleri ile donatılacaktır. Kalın kül silosunun kapasitesi, santralin en az 3 gün süreyle tam yükte çalışması sonucunda oluşacak kalın külün depolanması için yeterli olacaktır.

**Uçucu Kül:** Santralde oluşacak uçucu kül, kazan arka geçişi altından ve bir toz filtreleme sistemi aracılığı ile baca gazlarından ayrılarak pnömatik konveyör sistemi yoluyla uçucu kül depolama silosuna taşınacaktır. Uçucu külün, doğrudan silodan kamyonlara yüklenerek nakliyesini sağlamak üzere silonun altına ayrı bir kül boşaltma sistemi tesis edilecektir. Tesisten kaynaklanacak kül, bölgedeki çimento fabrikaları ve/veya beton santrallerine gönderilmek suretiyle alandan uzaklaştırılması ile ilgili çimento fabrikalarıyla görüşmeler devam etmektedir.

#### Emisyon

- İnşaat Aşaması

Arazinin hazırlanması ve inşaat aşamasında kullanılacak iş makinelerinin çalışması için yakıt gereklidir. Ancak iş makinelerinden kaynaklanan emisyonun, proje mahallinde oluşturduğu kirliliğin, günde 8 saat çalışılacağı ve iş makinelerinin sürekli çalışmayacağı göz önüne alındığında, mevcut hava kalitesinin olumsuz yönde etkilemeyeceği düşünülmektedir.

Nitekim bir iş makinesinin saatte 4 litre motorin harcadığı varsayılır, bölge içerisinde saatte 40 litre motorin kullanılacağı kabul edilirse, saatte tüketilecek motorin miktarı:  $(0,84 \text{ kg/lt} \times 40 \text{ lt} =) 33,6 \text{ kg}$  bu da yaklaşık 34 kg olarak bulunur. Araçlardan çıkacak kirletici miktarları şu şekildedir:

Aldehit :  $34 \times 1,6 \text{ kg/ton} / 1000 = 0,0544 \text{ kg}$

Karbonmonoksit :  $34 \times 9,7 \text{ kg/ton} / 1000 = 0,330 \text{ kg}$

Kükürt oksitler :  $34 \times 6,5 \text{ kg/ton} / 1000 = 0,221 \text{ kg}$

Organik asitler :  $34 \times 5,0 \text{ kg/ton} / 1000 = 0,170 \text{ kg}$

03.07.2009 tarih ve 27277 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nde belirtilen emisyon miktarları sınır değerlerinin altında olduğundan hava kirlenmesine katkı değerleri ve toplam kirlenme değerlerinin hesaplanmasına gerek olmadığı sonucuna varılmıştır. Araçların yakıt

sistemleri sürekli kontrol edilerek, Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yayımlanan 04.04.2009 tarih 27190 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü Yönetmeliği” hükümlerine uyulacaktır.

Tozuma miktarı = Üretim Miktarı x Emisyon Faktörü formülü ile hesaplanır.

Kazınma Emisyon Faktörü	: 0,0125 kg/ton
Yükleme Emisyon Faktörü	: 0,005 kg/ton
Araçların Hareketi	: 0,7 kg/ton
Boşaltma Emisyon Faktörü	: 0,005 kg/ton
Hafriyat Miktarı	: 105 000 ton
Hafriyat Süresi	: 12 ay
Günlük Çalışma Süresi	: 8 saat/gün. Saatlik
İstihraç Miktarı	: 36 ton/saat

1-Kazımda oluşacağı tahmin edilen tozuma:

Üretim Mik.	Emisyon Fakt.	Tozuma Miktarı
36 ton/sa * 0,0125 kg/ton		0,450 kg/saat

2-Yükleme oluşacağı tahmin edilen tozuma:

Üretim Mik.	Emisyon Fakt.	Tozuma Miktarı
36 ton/sa * 0,005 kg/ton		0,180kg/saat

3-Hafriyat Taşımada oluşacağı tahmin edilen tozuma:

Mesafe * Sefer	Emisyon Fakt.	Tozuma Miktarı
0,1 km * 1 sefer/sa * 0,7 kg/km-sefer		0,070 kg/saat

5- Hafriyat Boşaltmada oluşacağı tahmin edilen tozuma:

Üretim Mik.	Emisyon Fakt.	Tozuma Miktarı
36 ton/sa * 0,005 kg/ton		0,180kg/saat

İnşaat sırasında oluşacağı tahmin edilen toplam toz miktarı: 0,880 kg/saat olarak bulunur. Bu durumda çıkacak toz emisyonunun kütleli debisi Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde verilen tozun kütleli debisinin altında olması nedeniyle Hava Kirlenmesine Katkı Değerleri ve bu değerler ile teşkil edilen Toplam Kirlenme Değerlerinin tespitine gerek olmadığı görülmüştür.

Yapılaşmada ise hazır beton ve çelik kullanılacağından buna bağlı bir tozuma oluşmayacağı düşünülmektedir. Bunun yanında;

- Alandaki yollar düzenli olarak sulanacak,
- Malzeme savrulma yapılmadan boşaltma ve doldurma işlemleri yapılacak,
- Kamyonların ve diğer taşıyıcıların üzerleri branda ile kapatılacaktır. Alınan bu

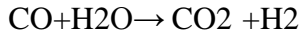
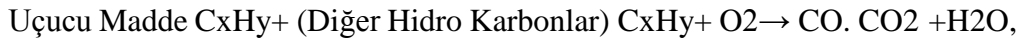
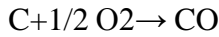
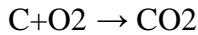
önlemler ile toz miktarı daha da düşürüleceğinden yukarıda bahsedilen işlemler esnasında geçici olarak belirli zaman aralıklarında gündeme gelecek tozlanma önemli bir çevresel etki olarak görülmemektedir.

#### İşletme Aşaması

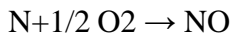
Santralde kullanılacak ana yakıt Etyemez Maden Sahasından çıkarılacak olan yerli linyit kömürüdür. Kazan başlangıç işleminde sıvı yakıt yakılacak, kazan ısınıp belli kapasiteye ulaştığında linyite dönülecektir.

Kazan teknolojisi Akışkan Yataklı Kazan olacağı için yanma sıcaklığı 800-850 C civarında gerçekleşecek, yanma sonucu ortaya çıkacak olan NO<sub>x</sub>, CO ve CO<sub>2</sub> oranları düşük (limitler dahilinde) olacaktır. Kömürün içerdiği kükürttten dolayı açığa çıkacak olan SO<sub>2</sub> ise yanma işlemi sırasında gerekli miktarda kazana takviye edilecek kireçtaşının kükürtle reaksiyona girip CaSO<sub>4</sub> oluşmasıyla bertaraf edilecektir. Linyit kömürünün yanması ile oluşacak olan kül torba filtre ve/veya elektrostatik filtre yardımı ile tutulacaktır.

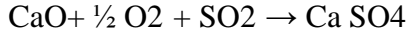
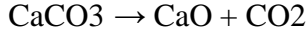
AYY'da cereyan eden başlıca reaksiyonlar aşağıda verilmiştir: Kömürde bağlı karbon:



Azot N



AYY'da kireçtaşı kullanıldığında, kömürdeki kükürt yanmasıyla kaynaklanan SO<sub>2</sub>'yi aşağıdaki reaksiyonlarla tutmak mümkün olur:



### Emisyonların Kontrolü

Projenin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini en alt düzeyde tutmak için, 03.07.2009 tarih ve 27277 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren “Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”nde belirtilen sınır değerler sağlanacaktır. Faaliyet alanında santralin faaliyete geçmesi ile birlikte Çevre ve Orman Bakanlığı’ndan Emisyon İzni alınacaktır.

### Gürültü

- İnşaat Aşaması

Tesisin inşaat işlemlerinde alanda kullanılacak olan iş makineleri ve kamyonların çalışması esnasında işçiler, İşçi Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğine uygun bir şekilde, münavebeli olarak ve koruyucu giysi ve gereçler ile donatılarak çalıştırılacaktır. Alıcıda alınacak bu önlemler ile doz-etki ilişkisi minimize edilerek çalışan personelin korunması sağlanacaktır.

Ayrıca Alanda 01.07.2005 tarih ve 25862 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nin ilgili hükümlerine uyulacaktır.

01.07.2005 Tarih ve 25862 Sayılı Resmi Gazete’ de yayımlanarak yürürlüğe giren “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği”nin 25. Maddesi, Tablo 4’de farklı yerleşim bölgelerinde Endüstriyel Tesisler için Çevresel Gürültü Sınır Değerleri verilmiştir. Bu değerler aşağıdaki Tablo 3.2.’de sunulduğu gibidir.

Tablo 3.2. Endüstriyel tesisler için çevresel gürültü sınır değerleri

Alanlar	L (dBA) gündüz	L (dBA) gece
Endüstriyel alanlar ( <i>sanayi bölgeleri</i> )	70	60
Endüstriyel ve yerleşimin birlikte olduğu alanlar ( <i>ağırlıklı endüstriyel</i> )	68	58
Endüstriyel ve yerleşimin birlikte olduğu alanlar ( <i>ağırlıklı yerleşim</i> )	65	55
Kırsal alanlar ve yerleşim alanları	60	50

Çalışma yapılacak sahanın bulunduğu alan “Kırsal Alanlar ve Yerleşim Alanları” kapsamında yer almaktadır. Tablo 3.2.’de görüleceği üzere, “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği” nin 25. Maddesi gereği “Kırsal Alanlar ve Yerleşim Alanları” için gündüz ve gece gürültü düzeyleri sırasıyla, 60 dBA ve 50 dBA olarak tanımlanmıştır. Sahada gündüzleri çalışılacak olup, yapılacak çalışmalar sırasında oluşması muhtemel gürültü seviyesinin en yakın yerleşim biriminde bu sınır değerlerini aşmaması sağlanacaktır.

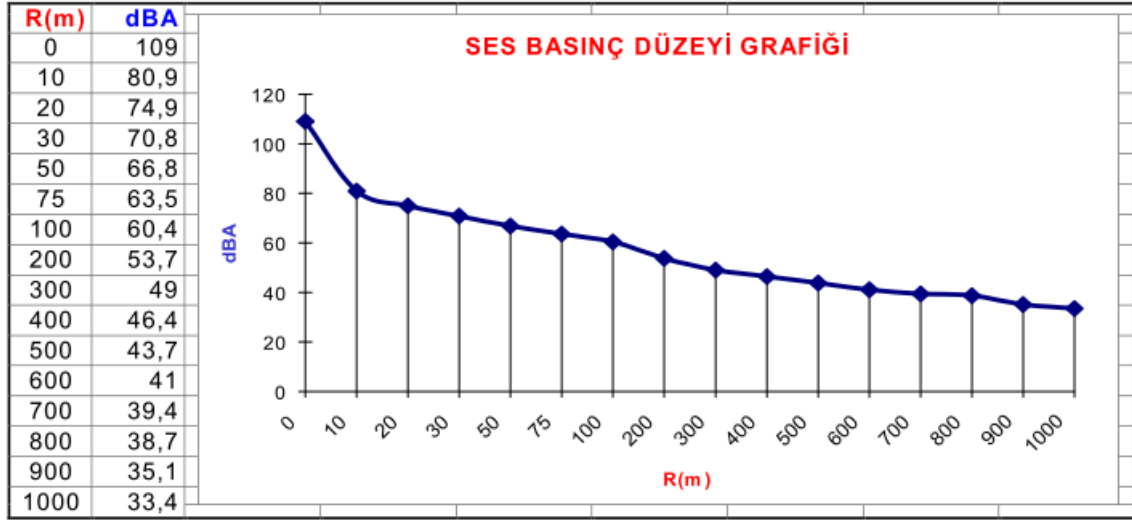
Alandaki mevcut ünitelerin sökülmesinden başlayarak projenin faaliyete açılmasına dek yapılan işlerde birçok alet ve makine kullanılacaktır. Bunlar; yükleyici, ekskavatör, yük araçları, kazıyıcı (kepçe), kamyonlar, damperli kamyonlar, delici, kaynak makineleri, kompresör vb. makine ve araçlardan oluşmaktadır. Söz konusu iş makinelerinin neden olduğu gürültü seviyeleri Tablo 3.3.’de verilmiştir.

Tablo 3.3. Gürültü kaynakları ve seviyeleri

Gürültü Kaynakları	Gürültü Seviyesi (Leq dBA)
Beton Mikser	115
Yükleyici	115
Dizel Motorlu Paletli Kepçe	110
Jeneratör	105
Dizel Motorlu Paletli Vinç	105
Dizel Motorlu Ekskavatör	105
Dizel Motorlu Damper	100
Kaynak Makinesi	85
Kamyon	85
Otomobil	75

Gürültü kaynaktan çıktıktan sonra, maruz kaldığı canlı arasındaki mesafe ile ters orantılı olarak düşer. Gürültü kaynağı noktasal kaynak veya çizgisel kaynak belirlendikten sonra, hava içerisinde dalga boyu ve frekansına göre yayılır. Gürültü kaynakları göz önüne alınarak hazırlanan ses basınç düzeyi grafiği ise Tablo 3.4.’de verilmiştir.

Tablo 3.4. Ses basınç düzeyi grafiği



Grafikten de anlaşılacağı gibi faaliyetin etrafında, 200 m mesafede 53,7 dBA, 1 km yarı çaplı alandaki gürültü seviyesi ise 33,4 dBA gibi düşük değerlerdir. Bu değerlerin homojen bir ortamda yayılım için geçerli olduğu, faaliyet alanının geniş bir arazide olduğu, bölgedeki yerleşimin dağınık olduğu ve söz konusu faaliyet alanının çevresindeki topografya da dikkate alınır, gerçekte oluşacak gürültü değerinin yukarıdakinin çok altında olacağı açıktır. Dolayısıyla oluşacak gürültünün çevreye etkisi ihmal edilebilir seviyede kalacağı görülmektedir.

Proje gerçekleşirken, gerek arazinin hazırlanması gerekse de inşaatların yapımında oluşan gürültünün insan sağlığını olumsuz yönde etkilememesi için yönetmelikte öngörülen standartlara uyulacaktır. Teknik olarak makinelerdeki gürültü seviyesini daha aşağılara düşürmek mümkün olmadığından, çalışanların sağlıklarını korumak için pratik ve kullanılması kolay kulaklıklar verilecektir.

Proje kapsamında oluşacak gürültü rahatsız edici boyutlarda değildir. Ayrıca gürültünün etkisi ve şiddeti gürültü kaynağının, bulunduğu ortama ve gürültüye maruz kalacak alıcıya uzaklığı ile ilişkili olmaktadır. Bu itibarla;

- İş makinelerinin açık alanda çalıştığı,
- İnşaat gürültülerinin belli zaman aralıklarında ve bazen kesik olduğu,
- Gürültü kaynaklarının yerlerinin sabit değil değişken olduğu,
- Gürültü ile alıcı arasındaki mesafelerin değişken olduğu,
- Gürültünün bir kısmının tünel içinde olduğu,
- Sahanın geniş olması nedeniyle gürültünün kaynaktan uzaklaştıkça etkisinin



azaldığı, hususları göz önüne alınarak önemli denilebilecek olumsuz bir etkinin oluşmayacağı görülmektedir. Bunun yanında 9 Aralık 2003 tarihli ve 25311 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan “İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği” ne uyulacaktır.

Ayrıca şantiye faaliyetleri sırasında 01.07.2005 tarih ve 25862 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği”nin 15. 20. ve 26. maddelerinde yer alan esaslar sağlanacak ve ilgili hükümlere uyulacaktır.

- İşletme Aşaması

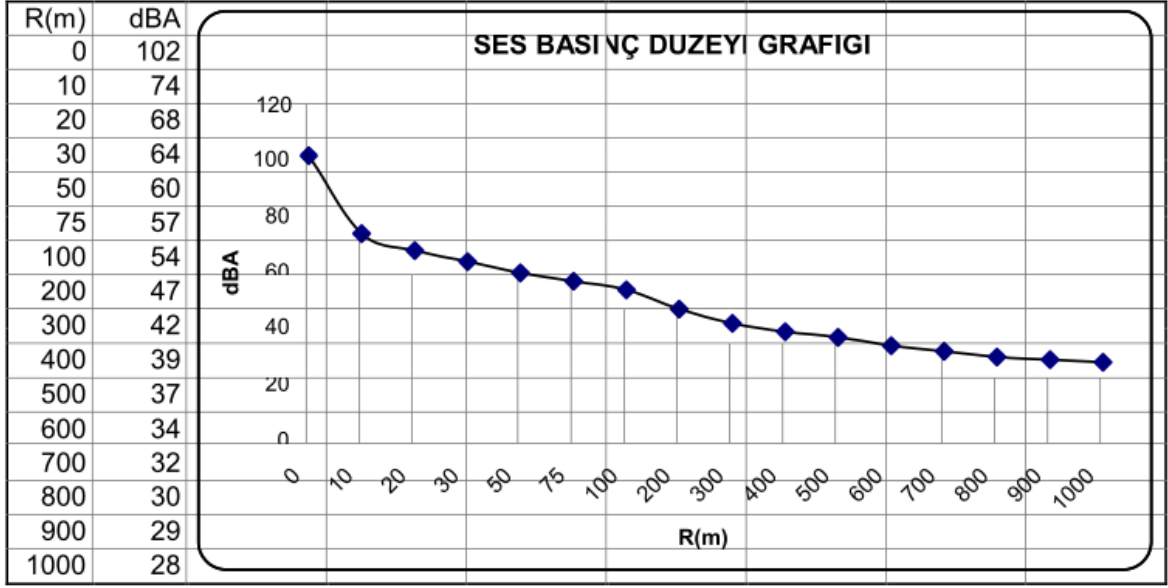
Tesisin faaliyeti sırasında (işletme aşamasında) meydana gelecek gürültünün başlıca kaynakları alanda bulunacak elektrik motorları, jeneratör, buhar kazanı ve türbini, otomobil ile ürünlerin ve hammaddelerin temininde kullanılan kamyonlardır. Söz konusu iş makinelerinin neden olduğu gürültü seviyeleri Tablo 3.5.'de belirtilmektedir.

Tablo 3.5. Gürültü kaynakları ve seviyeleri

Gürültü Kaynakları	Gürültü Seviyesi (Leq dBA)
Vinç	105
Elektrik Motoru	105
Jeneratör	105
Buhar Kazanı	100
Buhar Türbini	100
Kamyon	85
Otomobil	75

Gürültü kaynakları göz önüne alınarak hazırlanan ses basınç düzeyi grafiği ise Tablo 3.6.'da verilmiştir

Tablo 3.6. Ses basınç düzeyi grafiği



Grafikten de anlaşılacağı gibi faaliyetin etrafında 1 km yarı çaplı alandaki gürültü seviyesi 28 dBA gibi düşük bir değerdir. Dolayısıyla işletme aşamasında oluşacak gürültünün çevreye etkisi ihmal edilebilir seviyede kalacaktır. Projenin çevresel avantajları;

- Tam Enerji Üretim A.Ş.'nin sahip olduğu linyit sahasından çıkarılacak yakıtın en kısa mesafe ile tesise ulaştırılması
- Üretilecek enerjinin ulusal şebekeye en kısa mesafeden iletilmesi (11 km uzaklıkta bulunan Kangal EÜAŞ Termik Santralının olduğu mevkideki 154 kV ulusal şebekeye feeder ile bağlanılacaktır.)
- Santral için gereken su kaynaklarına yakınlık
- Sivas İli Kangal İlçesi ve civarına yatırımın götürülmesi, istihdamın sağlanması

Santral inşası sırasında yaklaşık 500 personel istihdam edilecektir. Bu kişilerin inşaat sırasındaki teknik ve sosyal altyapı ihtiyaçları bölgeden karşılanacaktır.

İşletme sırasında tesiste teknik ve idari olmak üzere yaklaşık 150 kişi istihdam edilecek olup, bu kişilerin konut-teknik ve sosyal altyapı ihtiyaçlarının Kangal ilçesinden sağlanması planlanmaktadır.

### 3.6. Tesis maliyetleri

İşletmeye alınarak enerji üretmeye başlayan Akbük RES ve lisansı alınarak inşaatı başlayacak olan Eren HES projelerine ait tesislerin maliyetleri aşağıda açıklanmıştır.

#### 3.6.1. Akbük Rüzgar Santrali Tesis Maliyetleri

Kurulu gücü 1,5 MW olan 21 adet rüzgar jeneratöründen sağlanacak enerji için İnşaat ve genel giderlere ait yapılan maliyetler şöyledir (Tablo 3.7);

Tablo 3.7. Akbük rüzgar santrali maliyet tablosu

	2007 Fiyatları ile Euro=1,70 TL	2012 Fiyatları ile Euro=2,35 TL
İnşaat çalışmaları	6 150 450,00 TL	8 502 092,65 TL
Türbinler, diğer ekipmanlar, montaj maliyetleri	24 301 497,00 TL	33 593 245,85 TL
Şebeke bağlantı maliyeti	1 828 000,00 TL	2 526 941,18 TL
Etüt, proje giderleri ve organizasyon maliyetleri	1 866 000,00 TL	2 579 470,59 TL
Toplam tesis maliyeti	34 145 947,00 TL	47 201 750,26 TL
Sigorta gideri (6 aylık)	68 556,18 TL	94 768,84 TL
Genel giderler	2 048 756,82 TL	2 832 105,02 TL
Toplam proje maliyeti	36 263 260,00 TL	50 128 624,12 TL
İnşaat dönemi boyunca faiz giderleri	531 249,00 TL	734 373,62 TL
Kredi giderleri	241 491,00 TL	333 825,79 TL
Toplam yatırım bedeli	37 036 000,00 TL	51 196 823,53 TL
Yıllık işletme maliyeti	1 530 000,00 TL	2 115 000,00 TL

Fiyat analizi 2007 yılında yapılmış olup 2007 yılındaki euro kur fiyatı 2012 yılına uyarlanmıştır.

Görüldüğü üzere, yatırım maliyetinin büyük kısmını ithal edilecek olan rüzgar türbinleri teşkil etmektedir.

### 3.6.2. Eren Hidroelektrik Santrali Tesis Maliyetleri

Eren HES enerji amaçlı tesislerin toplam yatırım bedeli 115 457 654,20 TL TL'dir. İşletme ve bakım yıllık bedeli ise 1 880 000 TL'dir. Yatırım bedeli hesaplanırken tesislere ait keşif bedellerine bilinmeyen masraflar eklenerek tesis bedelleri bulunur. Tesis bedellerine etüt, proje ve kontrollük hizmetleri eklenerek proje bedelleri hesaplanır. Proje bedeline projenin ünitelerinin yapım zamanlarına göre inşaat süresi boyunca faiz faktörü eklenerek yatırım bedeline ulaşılır (Tablo 3.8).

Tablo 3.8. Eren hidroelektrik santrali maliyet tablosu

İnşaat çalışmaları	37 002 092,65 TL
İnşaat çalışmaları 20.Yıl	14 800 837,06 TL
İnşaat çalışmaları 45. Yıl	11 100 627,79 TL
Türbinler, diğer ekipmanlar, montaj maliyetleri	36 593 245,85 TL
Şebeke bağlantı maliyeti	4 825 941,18 TL
Etüt, proje giderleri ve organizasyon maliyetleri	6 560 470,59 TL
Toplam tesis maliyeti	110 883 215,12 TL
Sigorta gideri (2 yıllık)	379 075,35 TL
Genel giderler	2 832 105,02 TL
Toplam proje maliyeti	114 094 395,48 TL
İnşaat dönemi boyunca faiz giderleri	1 029 701,92 TL
Kredi giderleri	333 825,79 TL
Toplam yatırım bedeli	115 457 654,20 TL
Yıllık işletme maliyeti	1 880 000 TL

### 3.6.3. Etyemez Termik Santrali Tesis Maliyetleri

Söz konusu projenin toplam yatırım tutarı 200 000 000 -USD'dir. Proje çerçevesinde kullanılacak olan finansman dış kaynaklı olup, 115 000 000 -USD tutarındadır. Proje finansmanının kredi haricinde kalan kısmı olan 85 000 000 -USD öz sermayeden karşılanacaktır.

Kullanılacak kredi için faiz oranı % 6 olup, kredi geri ödeme dönemi 3 yıl, geri ödemesiz 9 yıldır.

Toplam yatırım süresi 40 ay olarak öngörülmüştür. Santralin tamamlanma süresi, sözleşmenin yürürlüğe girmesine müteakip, işin başlangıç tarihinden geçici kabul tarihine kadar 40 aydır.

### **3.7. Ekonomik Analizleri**

#### **3.7.1. Akbük Rüzgar Santrali Ekonomik Analizleri**

Akbük Rüzgar santrali yıllık 105 767 000 Kwh enerji üretmektedir. Bu durumda;  
Yıllık enerji geliri;

$105\ 767\ 000\ \text{Kwh} \times 0,12\ \text{Kr/Kwh} = 12\ 692\ 040\ \text{TL}$  olmaktadır.

Yıllık işletme ve bakım maliyeti, 900 000 Euro olarak alındığında  
(1 Euro : 2,35 TL);

$900\ 000\ \text{Euro} \times 2,35\ \text{TL} = 2\ 155\ 000\ \text{TL}$  olmaktadır.

Projenin lisansına göre 25 yıllık işletme dönemi 1 yıllık inşaat süresi boyunca gelir/  
gider oranı % 9,5 faiz oranına göre hesaplandığında;

$\text{Gelir/ Gider} = 1,795$  olmaktadır (Tablo 3

Tablo 3.9. Akbük rüzgar santrali gelir gider tablosu

FAYDA MALİYET ANALİZİ						
Yıl(t)	Giderler			Gelirler	Bugünkü Değer	
	Yatırım Bedeli	İşletme ve Bakım Bedeli	Toplam Giderler	Enerji Geliri	Giderler	Gelirler
	TL	TL	TL	TL	TL	TL
	1	2	(1)+(2)=(3)	4	%9,5 Faiz	%9,5 Faiz
00,5	51 196 823,53		51 196 823,53		46 755 089,98	
10,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	1 931 506,85	11 590 904
20,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	1 763 933,20	10 585 301
30,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	1 610 897,90	9 666 941
40,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	1 471 139,63	8 828 257
50,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	1 343 506,51	8 062 335
60,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	1 226 946,59	7 362 863
70,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	1 120 499,17	6 724 076
80,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	1 023 286,91	6 140 708
90,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	934 508,59	5 607 953
10,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	853 432,50	5 121 418
11,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	779 390,42	4 677 094
12,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	711 772,07	4 271 319
13,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	650 020,15	3 900 748
14,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	593 625,71	3 562 327
15,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	542 123,94	3 253 267
16,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	495 090,35	2 971 020
17,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	452 137,31	2 713 260
18,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	412 910,78	2 477 863
19,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	377 087,47	2 262 889
20,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	344 372,12	2 066 565
21,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	314 495,09	1 887 274
22,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	287 210,13	1 723 538
23,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	262 292,35	1 574 007
24,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	239 536,40	1 437 449
25,5		2 115 000,00	2 115 000,00	12 692 040	218 754,70	1 312 739
					66 715 566,83 TL	119 782 113,72 TL

### 3.7.2. Eren Hidroelektrik Santrali Ekonomik Analizleri

Eren Hidroelektrik Santrali yıllık 141 898 000 Kwh enerji üretmektedir. Bu durumda;  
Yıllık enerji geliri;

$141\ 898\ 000\ \text{Kwh} \times 0,12\ \text{Kr/Kwh} = 17\ 027\ 760\ \text{TL}$  olmaktadır.

Yıllık işletme ve bakım maliyeti, 800 000 Euro olarak alındığında  
(1 Euro : 2,35 TL);

$800\ 000\ \text{Euro} \times 2,35\ \text{TL} = 1\ 880\ 000\ \text{TL}$  olmaktadır.

Proje maliyet taksimi yapılırken inşaat giderleri, personel giderleri, tesis bedeli, bilinmeyen maliyetler etüt, proje, mühendislik ve kontrollük giderleri ile kamulaştırma maliyeti göz önünde bulundurulmuştur. Projenin inşaat süresi 2 yıl, işletme süresi ise 50 yıl olarak programlanmıştır. İşletme sürecinin 20. ve 45. yıllarında da yenileme ve onarım çalışmaları yapılacağı varsayılmıştır.

Projenin lisansına göre 50 yıllık işletme dönemi 1 yıllık inşaat süresi boyunca gelir/ gider oranı % 9,5 faiz oranına göre hesaplandığında;

$\text{Gelir/ Gider} = 1,22$  olmaktadır (Tablo 3.10).

Tablo 3.10. Eren hidroelektrik santrali gelir gider tablosu

FAYDA MALİYET ANALİZİ						
Yıl (t)	Giderler			Gelirler	Bugünkü Değer	
	Yatırım Bedeli	İşletme ve Bakım Bedeli	Toplam Giderler	Enerji Geliri	Giderler	Gelirler
	TL	TL	TL	TL	TL	TL
	1	2	(1)+(2)=(3)	4	%9,5 Faiz	%9,5 Faiz
1	115 457 654,20		115 457 654,20		115 457 654,20	
2						
3		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	1 716 894,98	15 550 465,75
4		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	1 567 940,62	14 201 338,59
5		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	1 431 909,24	12 969 258,98
6		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	1 307 679,67	11 844 072,13
7		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	1 194 228,01	10 816 504,23
8		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	1 090 619,19	9 878 086,05
9		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	995 999,26	9 021 083,15
10		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	909 588,36	8 238 432,10
11		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	830 674,30	7 523 682,29
12		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	758 606,67	6 870 942,73
13		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	692 791,48	6 274 833,54
14		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	632 686,28	5 730 441,59
15		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	577 795,69	5 233 279,99
16		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	527 667,30	4 779 251,13
17		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	481 887,94	4 364 612,91
18		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	440 080,31	3 985 947,86
19		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	401 899,83	3 640 135,03
20	46 183 061,68	1 880 000	48 063 061,68	17 027 760	9 383 336,42	3 324 324,23
21		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	335 188,87	3 035 912,54
22		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	306 108,55	2 772 522,87
23		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	279 551,19	2 531 984,35
24		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	255 297,89	2 312 314,48
25		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	233 148,76	2 111 702,72
26		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	212 921,24	1 928 495,63
27		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	194 448,62	1 761 183,23
28		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	177 578,65	1 608 386,51
29		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	162 172,28	1 468 846,13
30		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	148 102,54	1 341 411,99
31		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	135 253,46	1 225 033,78
32		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	123 519,14	1 118 752,31
33		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	112 802,87	1 021 691,61
34		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	103 016,32	933 051,70
35		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	94 078,83	852 102,01
36		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	85 916,74	778 175,35
37		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	78 462,78	710 662,42
38		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	71 655,50	649 006,77
39		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	65 438,82	592 700,25
40		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	59 761,48	541 278,77
41		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	54 576,69	494 318,51
42		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	49 841,73	451 432,43
43		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	45 517,56	412 267,06
44		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	41 568,55	376 499,60
45	46 183 061,68	1 880 000	48 063 061,68	17 027 760	970 519,59	343 835,25
46		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	34 668,62	314 004,79
47		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	31 660,84	286 762,37
48		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	28 914,01	261 883,44
49		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	26 405,49	239 162,96
50		1 880 000	1 880 000,00	17 027 760	24 114,60	218 413,66
					144 942 152,01 TL	176 940 487,77 TL



### 3.7.3. Etyemez Termik Santrali Ekonomik Analizleri

Etyemez Termik Santrali yıllık 650 000 000 Kwh enerji üretmektedir. Bu durumda;  
Yıllık enerji geliri;

$650\,000\,000\text{ Kwh} \times 0,12\text{ Kr/Kwh} = 78\,000\,000\text{ TL}$  olmaktadır.

Yıllık işletme ve bakım maliyeti, 6 000 000 Dolar olarak alındığında

(1 Dolar=1,80 TL)

$6\,000\,000 \times 1,80 = 10\,800\,000,00\text{ TL}$

Projenin lisansına göre 35 yıllık işletme dönemi 1 yıllık inşaat süresi boyunca gelir/  
gider oranı % 9,5 faiz oranına göre hesaplandığında;

$\text{Gelir/ Gider} = 1,66$  olmaktadır (Tablo 3.11).

Tablo 3.11. Etyemez termik santrali gelir gider tablosu

FAYDA MALİYET ANALİZİ						
Yıl (t)	Giderler			Gelirler	Bugünkü Değer	
	Yatırım Bedeli	İşletme ve Bakım Bedeli	Toplam Giderler	Enerji Geliri	Giderler	Gelirler
	TL	TL	TL	TL	TL	TL
	1	2	(1)+(2)=(3)	4	%9,5 Faiz	%9,5 Faiz
1	360 000 000,00					
2			360 000 000,00		360 000 000,00	
3						
4		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	9 863 013,70	71 232 876,71
5		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	9 007 318,45	65 052 855,45
6		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	8 225 861,59	59 409 000,41
7		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	7 512 202,37	54 254 794,89
8		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	6 860 458,79	49 547 757,89
9		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	6 265 259,16	45 249 093,97
10		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	5 721 697,87	41 323 373,48
11		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	5 225 294,86	37 738 240,62
12		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	4 771 958,77	34 464 146,69
13		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	4 357 953,22	31 474 106,57
14		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	3 979 865,95	28 743 476,32
15		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	3 634 580,78	26 249 750,06
16		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	3 319 251,85	23 972 374,48
17		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	3 031 280,23	21 892 579,44
18		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	2 768 292,45	19 993 223,23
19		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	2 528 120,96	18 258 651,35
20		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	2 308 786,26	16 674 567,44
21		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	2 108 480,60	15 227 915,47
22		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	1 925 553,06	13 906 772,12
23		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	1 758 495,95	12 700 248,51
24		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	1 605 932,37	11 598 400,47
25		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	1 466 604,91	10 592 146,55
26		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	1 339 365,21	9 673 193,19
27		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	1 223 164,58	8 833 966,39
28		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	1 117 045,28	8 067 549,21
29		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	1 020 132,67	7 367 624,85
30		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	931 628,01	6 728 424,52
31		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	850 801,84	6 144 679,93
32		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	776 987,98	5 611 579,84
33		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	709 578,06	5 124 730,45
34		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	648 016,50	4 680 119,13
35		10 800 000	10 800 000,00	78 000 000	591 795,89	4 274 081,40
					467 454 780,15 TL	776 062 301,05 TL

### 3.8. Değerlendirme Özeti

Çalışmada kullanılan Eren Hidroelektrik Santrali ile Akbük Rüzgar Santrali kurulu güç olarak birbirine yakın, Etyemez termik santrali de seçilen rüzgar ve hidroelektrik santral gibi kendi içlerinde düşük kurulu güce sahip üç santraldir. Ürettikleri enerji ve yatırım maliyetleri açısından karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda önemli bir değer de kapasite faktörüdür. Kapasite faktörü mevcut kurulu gücün üreteceği maksimum enerji olarak tanımlanabilir. Hesaplanırken, üretilen enerji değeri ile kurulu gücün üreteceği maksimum enerjinin oranlanmasıyla elde edilir. İncelenen projelerde kapasite faktörleri şöyledir;

Eren HES ;

Kurulu Güç: 35,7 MW = 35 700 KW

Üretilecek toplam enerji: 141,898 GWh = 141 898 000 KWh

Akbük RES ;

Kurulu Güç: 31,5 MW = 31 500 KW

Üretilecek toplam enerji: 105,767 GWh = 105 767 000 KWh

Etyemez Termik Santrali ;

Kurulu Güç: 135,00 MW = 135 000 KW

Üretilecek toplam enerji: 650,000 GWh = 650 000 000 KWh

Kurulu güçlerin üreteceği enerji; kurulu güç (KW) x 8760 saat (365 gün x 24 saat) olarak hesaplandığında;

Eren HES : 35 700 KW x 8760 saat = 312 732 200 KWh

Akbük RES : 31 500 KW x 8760 saat = 275 940 000 KWh

Etyemez Termik Santrali : 135 000 KW x 8760 saat = 1 182 600 000 KWh

olarak bulunur. Bu değerler kurulu güç kapasitelerine göre üretebilecekleri maksimum enerjiyi ifade eder ve projelerin üreteceği toplam enerji miktarlarına oranlanırsa, her bir projenin kapasite faktörü bulunmuş olur.

Eren HES kapasite faktörü : 141 898 000 KWh / 312 732 200 KWh = 0,45

Akbük RES kapasite faktörü :  $105\ 767\ 000\ \text{KWh} / 275\ 940\ 000\ \text{KWh} = 0,38$

Etyemez Termik Santrali kapasite faktörü :  $650\ 000\ 000\ \text{KWh} / 1\ 182\ 600\ 000\ \text{KWh} = 0,55$

Buradan çıkan sonuca göre Etyemez Termik Santrali projesi mevcut kurulu gücünün % 55'ini Eren HES projesi mevcut kurulu gücünün % 45'ini, Akbük RES projesi ise mevcut kurulu gücünün % 38'ini enerji üretmek için kullanmaktadır. Buradan Termik santral projesinin kurulu güç kapasitesini daha iyi kullanarak enerji ürettiği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Projelerin verimlilik değerleri incelendiğinde ise Eren HES'in enerji tesisleri için gelir/gider oranı 1,220 , Akbük RES'in gelir/gider oranının 1,795 ve göre Etyemez Termik Santrali projesinin gelir/gider oranının 1,660 olduğu görülmektedir. Rantabiliteye etki eden değerler projenin enerji üretimi ve yatırım maliyetleridir.

Bu sonuca göre, kapasite faktörü bir proje için tek başına yeterli değildir. Verimlilik değerinin proje değerlendirme açısından etkisi büyüktür. Çünkü kapasite faktörü yalnız enerji üretimini baz alırken, rantabilite enerji üretimine bağlı olarak enerji geliri ile yatırımın maliyetini de baz almaktadır.

Bu projelere ait birim enerji maliyetlerinin hesap edilmesi de ekonomik değerlendirme de kullanılmaktadır. Birim maliyet, projenin yatırım maliyeti ile ürettiği enerjinin oranlanmasıyla bulunur ve birimi Kr/KWh 'tir. Projelerin işletme dönemleri boyunca giderlerinin bugünkü değerleri toplamının ortalama yıllık giderleriyle, üretilecek toplam enerji oranlanarak birim maliyetleri hesap edilir. Bugünkü değerlere göre giderler toplamı, projenin ilk yatırım maliyeti ile işletme – bakım maliyetlerinin işletme yılları boyunca toplam değerleridir. Bu değerler Akbük RES için Tablo 3.9. , Eren HES projesi için Tablo 3.10 , Etyemez Termik Santrali için Tablo 3.11 de gösterilmiştir. Bu değerlerin inşaat ve işletme yıllarına göre yıllık ortalama değerleri hesaplanır.

Eren HES ;

Bugünkü değerlere göre giderler toplamı = 144 942 152,01 TL

İnşaat ve işletme yılları toplamı:  $2 + 48 = 50$  yıl

Yıllık gider:  $144\ 942\ 152,01\ \text{TL} / 50\ \text{yıl} = 2\ 898\ 843,04\ \text{TL/yıl}$

Üretilecek toplam enerji:  $141,898\ \text{GWh} = 141\ 898\ 000\ \text{KWh}$

Birim maliyet =  $2\,898\,843,04 / 141\,898\,000 = 0,0204$  TL/Kwh = 2,04 Kr/KWh

Akbük RES ;

Bugünkü değerlere göre giderler toplamı = 66 715 566,83 TL

İnşaat ve işletme yılları toplamı:  $0,5 + 25 = 25,5$  yıl

Yıllık gider:  $66\,715\,566,83$  TL /  $25,5$  yıl =  $2\,616\,296,73$  TL/yıl

Üretilecek toplam enerji:  $105,767$  GWh =  $105\,767\,000$  KWh

Birim maliyet =  $2\,616\,296,73 / 105\,767\,000 = 0,0247$  TL/Kwh = 2,47 Kr/ Kwh

Etyemez Termik Santrali

Bugünkü değerlere göre giderler toplamı =  $467\,454\,780,15$  TL

İnşaat ve işletme yılları toplamı: 35 yıl

Yıllık gider:  $467\,454\,780,15$  TL / 35 yıl =  $13\,355\,850,86$  TL/yıl

Üretilecek toplam enerji:  $650,000$  GWh =  $650\,000\,000$  KWh

Birim maliyet =  $13\,355\,850,86 / 650\,000\,000 = 0,0205$  TL/Kwh = 2,05 Kr/ Kwh

Projelerin yıllık enerji üretimleri hesaplanırken depolamalı tesis olan Eren HES için işletme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada depolanan suyun hacmi ve proje düşüsü enerji üretimine doğrudan etki etmektedir. Akbük RES de ise türbinlerin kurulu gücü ve bölgedeki rüzgarın esme hızı toplam enerji miktarını belirlemektedir. Etyemez Termik santrali için ise hammadde ye yakınlığı ve kalitesi enerji üretim miktarına bağlıdır. Yani her projenin enerji olarak ürettiği miktar, o projenin kaynağına bağlı olarak değişmektedir. HES'lerde su, RES'ler de rüzgar kaynağı, termik santrallerde ise hammadde ocağına yakınlığı ve hammadde kalitesi projenin önemli faktörleridir. Bu faktörlerin en iyi şekilde kullanılması da iyi bir etüt ve proje hizmetinin gerekliliğidir.

### **3.9. Rüzgar Santrali mi Hidroelektrik Santral mi yoksa Termik Santral mi (Çevresel ve Ekonomik Açıdan)**

Çalışmanın esas amacını oluşturan rüzgar, termik ve hidroelektrik santrallerin karşılaştırılması bir çok açıdan yapılmıştır. Bu santrallerden rüzgar santrali işletmeye alınmış olan Aydın ve Muğla İlindeki Akbük Rüzgar Elektrik Santrali, hidroelektrik santral

lisansı alınarak inşaat çalışmalarına başlanacak olan Karabük ilinde bulunan Eren Hidroelektrik Santrali ve Sivas İli, Kangal İlçesi sınırları içerisindeki Etyemez Köyü A.R. 84172 no'lu ruhsat sahasındaki 1973,25 hektar alan ile Turnalı Köyü A.R. 71042, no'lu ruhsat sahasındaki 238,33 hektar alanda bulunan kömür sahasının işletilmesi planlanan henüz çed sürecinde olan Etyemez Termik Santralidir. Bu üç santralin karşılaştırılmasındaki en büyük kriter temiz enerji kaynağı olan rüzgar ve hidroelektrik santrallerinin kurulu güç değerlerinin yakınlığı, bunlarla karşılaştırılmak üzere fosil yakıt kullanılan termik santral olmuştur. Bu doğrultuda, santrallerin üretecekleri enerji miktarı, yatırım maliyetleri ve çevresel etkileri arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu karşılaştırmalar özet olarak tablo haline getirilerek Tablo 3.12.'de sunulmaktadır.

Tablo 3.12. Eren HES ile Akbük RES karşılaştırma özet tablosu

	Eren HES	Akbük RES	Etyemez Termik Santrali
İli	Karabük	Aydın ve Muğla	Sivas
Kurulu gücü (MW)	35,70	31,50	135,00
Enerji Üretimi (GWh)	141,898	105,767	650,000
İnşaat süresi	2 yıl	1 yıl	3 yıl
Yatırım bedeli (TL)	115 457 654,20	51 196 823,53	360 000 000,00
İşletme ve bakım gideri (TL/yıl)	1 880 000	2 155 000	10 800 000
Yıllık enerji geliri (TL)	17 027 760	12 692 040	78 000 000
Gelir/Gider	1,22	1,795	1,660
Kapasite faktörü	0,45	0,38	0,55
Birim maliyet (Kr/KWh) (enerji)	2,04	2,47	2,05

Bu tablo irdelendiğinde, kurulu güçleri yakın değerler olan iki farklı santralin enerji üretim miktarları, yatırım ve işleme giderleri, rantabiliteleri, kapasite faktörleri ve birim maliyetlerinin farklı olduğu görülmektedir.

Hidroelektrik, Termik ve rüzgar santralleri arasındaki karşılaştırma tablosu Tablo 3.13.'de verilmektedir.

Tablo 3.13. Hidroelektrik, termik ve rüzgar santralleri karşılaştırma tablosu

	HES	RES	TERMİK SANT.
Yatırım maliyetleri (TL)	Yüksek	Düşük	Çok yüksek
İşletme ve bakım giderleri (TL)	Düşük	Yüksek	Çok yüksek
İnşaat süreleri	Uzun	Kısa	Uzun
Çevresel etkileri	Düşük	Daha düşük	Çok fazla
İşletme süresi	Uzun	Kısa	Kısa

Hidroelektrik santrallerin ilk yatırım maliyetleri rüzgar santrallerine göre daha yüksek fakat termik santrallerin ilk yatırım maliyetleri çok yüksektir. Fakat işletme dönemleri boyunca da işletme-bakım maliyetleri rüzgar santrallerinin hidroelektrik santrallere göre daha yüksek, termik santrallerin işletme-bakım maliyetleri çok yüksektir.

Hidroelektrik santraller 50 yıllık işletme süresine sahipken, rüzgar ve termik santralleri 20–30 yıl işletmede kalır. Bu işletme dönemleri sonunda ya tamamen yenilenir, ya da sökülüp enerji üretimine son verir.

Ayrıca rüzgar santrallerinin bir başka avantajı da türbinlerin sökülüp, arazinin eski haline gelmesinin söz konusu olmasıdır. Bu durum hidroelektrik santraller ve termik santraller için geçerli değildir.

Hidroelektrik santraller eğer barajlı yani depolamalı sistem varsa, yerleşim yerleri, tarihi eserler, araziler v.b. su altında kalabilmektedir. Rüzgar santrallerinde ise yerleşim yerlerinin yakında olması durumu yalnızca gürültüye sebep olabilmekte ya da göçmen kuş rotalarında santrallerin kurulması kuşların ölümüne neden olabilmektedir. Fakat teknolojinin ilerlemesiyle santrallerden 200 m mesafede ses düzeyi 45 db gibi düşük bir seviyeye sahip olup, yakın yerleşim yerlerinde günlük hayatı etkileyecek büyüklükte gürültü kirliliğine yol açmamaktadır. Termik santraller ise fosil yakıt kullandıklarında çevreye zararlı etkileri çok fazladır.

Hem su hem de rüzgar kaynaklı elektrik santralleri çevreye zararlı sera gazı etkisi yaymadıkları için temiz enerji kaynaklarıdır. Ayrıca hammaddeleri de doğadan olup, tükenmeyen kaynaklar olduğu için yakıt maliyetleri de yoktur. Yalnız yatırım ve işletme-bakım maliyetleri vardır. Termik santraller için bunlar tam tersine yüksek karbon salınımı ve sera gazı etkisi vardır. Yakıt maliyetleri oldukça yüksektir.

Ülkemizde hidroelektrik santraller uzun yıllardır kullanılmasına rağmen, rüzgar santralleri son yıllarda hızla artmaya başlamıştır. Sayılarının artmasıyla kısa sürede temiz enerji üretimleriyle ülke ekonomisine de büyük katkılar sağlayacaktır.

Bunun yanında enerji ülkemizin artan enerji açığını kapatabilmek için Termik santraller de elektrik enerjisi üretimi konusunda uygulanan önemli yöntemlerden biridir.

Bu yöntemle sanayide ve ısınmada kullanılması mümkün olmayan yakıtlar da değerlendirilmektedir. Termik santrallerin temel amaçları aşağıda verilmiştir:

- Enerji kaynaklarının çeşitliliğinin artırılması,
- Enerji talebinin çevreye uyumlu olarak karşılanması,
- Sanayi tesislerine sağlıklı ve sürekli enerji sağlanması,
- Ulusal elektrik sistemindeki istikrarın sağlanması.

Türkiye'nin büyük ölçüde sanayi yatırımları yapabilmesi için çeşitli faaliyet ihtiyaçlarını karşılayabilecek miktarda enerji üretmesi gerekmektedir. Ülkemizde sanayileşmeye ve nüfusun artmasına paralel olarak elektrik enerjisine olan ihtiyaç da artış göstermektedir. Bu bağlamda ülkenin enerji politikası, mevcut tüketim talebinin karşılanmasının yanı sıra yeni yatırımlar için gerekli enerji altyapısının da sağlanmasıdır.

Hidroelektrik santrallerin baraj tipleri depolamalı tesisler olduklarından, rüzgar santrallerine göre daha güvenilir olmaktadır. Rüzgar santrallerinde depolama yapılamamakta, rüzgar estiği sürece enerji üretilmektedir. Termik santraller ise yakındaki hammadde miktarına bağlı olarak enerji üretebilir.



#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Artan nüfusla birlikte enerjiye de olan ihtiyaç da gün geçtikçe artmaktadır. Teknoloji beraberinde enerjiye olan talebi de arttırmaktadır. Enerji talebinin gereksinimi, kaynakların tükenmeye başlaması ve çevre kirliliği gibi faktörler temiz ve ucuz enerjiye yönelimi sağlamaktadır.

Rüzgar ve su ülkemizde kullanılan temiz enerji kaynaklarıdır. Bu kaynaklardan üretilen enerjinin en büyük özelliği ise doğada bulunması ve dolayısıyla yakıt masraflarının olmamasıdır. Ayrıca çevreye zararlı sera gazı etkisinin olmaması uzun yıllar kullanılmasına rağmen kirlilik oluşturmamaktadır.

Türkiye’de fosil kaynaklı yakıtlarla üretilen enerjinin kullanımı çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Bu sorunlar uzun vadede tehlikeli sorunlara yol açmaktadır. Bu durumda temiz enerji kullanımının artması önemini daha da arttırmaktadır. Ülkemizde su, rüzgar, güneş ve jeotermal gibi temiz enerji kaynaklarının kullanımıyla, enerji santrallerinin kurulması gerekmektedir. Bu konuda son yıllarda önemli çalışmalar yapılmış ve temiz enerji üretiminin artırılmasının gerekli olduğu kanısına varılmıştır. Bu alternatif enerji kaynaklarının kullanımı hem çevreye zararlı sera gazı etkilerini azaltacak hem de yeni iş sahalarının kurulmasına yardımcı olacaktır. Enerji de dışa bağımlılığı azaltarak ülke ekonomisine büyük katkıda bulunacaktır.

Bu çalışmada, rüzgar ve su kaynakları kullanılarak kurulan rüzgar ve hidroelektrik santrallerin kullanılmasının önemi açıklanmıştır. Ülkemizde kurulan ya da kurulması planlanan rüzgar, hidroelektrik ve termik santraller hakkında bilgi verilmiş ve potansiyelleri belirtilmiştir.

Çalışmada kullanılan santrallerden, işletmede olan Aydın ve Muğla ilindeki Akbük Rüzgar Santrali ile inşaatına başlanacak olan Karabük ilindeki Eren Hidroelektrik Santrali hakkında bilgi toplanmış, bunlarla karşılaştırılmak üzere Sivas İli, Kangal İlçesi sınırları içerisinde kurulan Etyemez termik santrali incelenmiştir. Bu santrallerin özellikleri, çevresel etkileri, ekonomileri değerlendirilerek ortaya konmuştur. Aynı zamanda kurulum ve işletme maliyetleri de belirtilerek aralarındaki farklar irdelenmiştir.

Projeler değerlendirildiğinde yaklaşık aynı kurulu güce sahip santrallerin enerji üretim miktarlarının farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bu farklılık kapasite faktörüyle açıklanmıştır. Çalışmada kullanılan Eren HES’in kapasite faktörü 0,45’e , Akbük RES’in

kapasite faktörü 0,38'e, Etyemez Termik Santrali kapasite faktörü 0,55 çıkmıştır. Bu sonuçlara göre Eren HES mevcut kurulu gücüne karşılık gelen kapasitenin % 45'ini, Akbük RES mevcut kurulu gücüne karşılık gelen kapasitesinin % 38'ini, Etyemez TES mevcut kurulu gücüne karşılık gelen kapasitesinin % 55'ini kullanarak enerji üretmektedir. Bu değerler Eren HES' in kaynağı olan suyun, Akbük RES'in kaynağı olan rüzgara göre daha verimli olduğu sonucunu ortaya koymakta, ancak Etyemez TES kaynağı olan kömür rüzgar ve suya oranla daha verimli olduğu görülmüştür.

Projelerin verimlilikleri değerlendirildiğinde Eren HES'in enerji amaçlı gelir/gider oranı 1,22, Akbük RES'in gelir/gider oranı 1,795, Etyemez TES'in gelir/gider oranı 1,66 olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplanan verimliliklerine göre rüzgar santralının daha verimli olduğu görülmektedir. Yani santrallerin ürettikleri enerjilere göre yatırım maliyetleri rüzgar santralinde daha düşük, hidroelektrik ve termik santralinde ise daha yüksektir.

Birim maliyetleri hesaplanan santrallerde; Eren HES'te 1 KWh enerji üretmek için ortalama 2,04 Kr, Akbük RES'te 2,47 Kr, Etyemez TES'te 2,05 Kr. maliyet ortaya çıkmaktadır. Bu duruma göre hidroelektrik ve termik santrallerin birim enerji için maliyeti, rüzgar santralinden daha düşüktür. Bunun nedeni hidroelektrik ve termik santrallerinin ürettiği enerji miktarı ile yatırım maliyeti oranının, rüzgar santralinin ürettiği enerji ile yatırım maliyeti oranından daha düşük olmasıdır. Bir başka deyişle enerji üretimi için yatırım maliyeti hidroelektrik ve termik santralde daha küçüktür.

Yatırım maliyetleri projelerin inşaat ve işletme yılları boyunca yapıldığı için en yüksek maliyetler projelerin inşaa edilmesi aşamasında ortaya çıkmaktadır. Eren HES için 2 yıllık inşaat dönemi boyunca harcanan toplam değer bugünkü değerlere göre 115 457 654,20TL, inşaat ve işletme yılları boyunca ise 144 942 152,01 TL 'dir. Yani inşaat süresi olan 2 yıl boyunca bugünkü değerlere göre toplam yatırım bedelinin % 80 i harcanmaktadır. Akbük RES için 1 yıllık inşaat dönemi boyunca harcanan toplam değer bugünkü değerlere göre 51 196 823,53 TL, inşaat ve işletme yılları boyunca ise 66 715 566,83 TL'dir. Yani inşaat süresi olan 1 yılda bugünkü değerlere göre toplam yatırım bedelinin % 77 'sini harcamaktadır. Etyemez TES için 3 yıllık inşaat dönemi boyunca harcanan toplam değer bugünkü değerlere göre 360 000 000,00 TL, inşaat ve işletme yılları boyunca ise 467 454 780,15 TL'dir. Yani inşaat süresi olan 3 yılda bugünkü değerlere göre toplam yatırım bedelinin % 77 'sini harcamaktadır. Bu sonuç da hidroelektrik santrallerin ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olduğu ifade eder.

Temiz, çevresel etkilerinin çok az olduğu ve ülkemizin özkaynakları kullanılarak kurulacak hidroelektrik ve rüzgar santrallerinin yaygınlaşması büyük önem arz etmektedir. Böylece dışa bağımlılığı azaltarak enerji gereksinimizi karşılayabileceğiz. Bu doğrultuda hem hidroelektrik santraller, hem de rüzgar santralleri kurulacakları bölgenin kaynaklarına göre belirleneceklerinden bir ayırım yapılamamaktadır. Bir bölgede hem iyi bir su potansiyeli, hem de iyi bir rüzgar potansiyeli varsa bu bölgeye hidroelektrik ve rüzgar santrali bir arada kurulabilir. Bu santraller birbirlerine olumsuz etki yaratmamakta olup, enerji ihtiyacımızı daha düzenli olarak karşılama olanağı sunmaktadır.

Rüzgar ve su kaynaklarının ülkemizde çok iyi tespit edilmesi gerekir. Bu da ancak düzenli yapılacak ölçümlerle gerçekleştirilebilir. Örneğin rüzgar potansiyeli olan bölgeler tespit edilerek, rüzgar hızı ölçümlerinin düzenli ve uzun vadeli olarak yapılması gerekir. Böylece uygun yerlere kurulacak santrallerin öngörülen enerjiyi üretme olasılıkları yüksek olacaktır. Bu durum, verimli kaynak kullanımını arttıracaktır.

Rüzgar ve su ülkemizde kullanılan temiz enerji kaynaklarıdır. Bu kaynaklardan üretilen enerjinin en büyük özelliği ise doğada bulunması ve dolayısıyla yakıt masraflarının olmamasıdır. Ayrıca çevreye zararlı sera gazı etkisinin olmaması uzun yıllar kullanılmasına rağmen kirlilik oluşturmamaktadır.

Türkiye’de fosil kaynaklı yakıtlarla üretilen enerjinin kullanımı çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Bu sorunlar uzun vadede tehlikeli sorunlara yol açmaktadır. Bu durumda temiz enerji kullanımının artması önemini daha da arttırmaktadır.

Ülkemizde temiz, çevresel zararlı etkilerinin çok az olduğu ve ülkemizin öz kaynakları kullanılarak kurulacak hidroelektrik ve rüzgar santrallerinin yaygınlaşması büyük önem arz etmektedir. Böylece dışa bağımlılığı azaltarak enerji gereksinimimiz karşılanabilecektir.

Ülkemizin temiz iki enerji kaynağı olan rüzgar ve su ile elektrik enerjisinin üretiminin hızla yaygınlaşması gerekmektedir. Böylece elektrik talebimiz dışa bağımlı kalmadan kendi öz kaynaklarımızla karşılanabilecektir. Bu santrallerin kurulması için gerekli olan ve yatırım maliyetlerinin büyük kısmını kapsayan elektromekanik ekipmanlar çoğunlukla yurtdışında üretilmektedir. Türkiye’de bu ekipmanların üretilmesi hem yeni iş olanağı sağlar hem de santral kurulum maliyetlerini büyük oranda aşağıya çeker. Böylece kaynaklarımız daha verimli hale gelerek, ekonomik olarak öngörülmeyen projeler verimli

hale gelir. Bu durum ekonomik olarak uygun bulunmayan birçok projenin yapımını sağlayarak, daha verimli kaynak kullanımı sağlanmış olur.

Doğal kaynaklarımızı korumamız ve enerji üretirken çevreye olan zararlı etkilerinin en az olduğu kaynaklara yönelmemiz gerekir. Bu kaynaklar yenilenebilir enerji kaynakları olarak tanımlanmaktadır. Bu tür kaynakların kullanımlarının yaygınlaşmasıyla çevre kirliliği büyük oranda azalacak ve teknoloji, ihtiyaçlar doğrultusunda hızla gelişecektir. Böylece her ülke kendi öz kaynaklarından yararlanarak temiz, güvenilir ve çevresel zararları en az olan kaynakları kullanarak dışa bağımlılığı büyük ölçüde azaltabilecektir.

## 5. KAYNAKLAR

- Acar, E. 2008. Türkiye'deki Rüzgar ve Hidroelektrik Enerji Potansiyellerinin Karşılaştırılması ve Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi.
- Acar, H.H. 2011. Yenilenebilir Enerji Üretiminde Ormangülü Odununun Biyoenerji Amaçlı Olarak Kullanılması.
- Acar, H.H. 2011. An Assessment on the Procurement Possibilities of Rhododendron spp. Biomass in Turkey.
- Acar, H.H., Eker, M. ve Çoban, H.Ü. 2009. The Procurement Problem of Logging Residues in Turkish Forestry, FORMEC 2009, 42. International Symposium on Forestry Mechanization, 115-121 P., Parague, Chech Rep.
- Altaş, M., Fikret, H. ve Çelebi, E., 1994. Türkiye Enerji Sektörünün Gelişimi ve Arz Talep Projeksiyonları (1970-2010), Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Türkiye 6. Enerji Kongresi, İzmir, Türkiye.
- Akdoğan, M., 2006. Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Doğu Karadeniz'in Hidroelektrik Potansiyel Dengesini Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 87 S.
- Bakış, R. ve Demirbaş, A., 2004. Sustainable Development of Small Hydropower Plants (SHPs), EnergySources, 26, 1105-1118.
- Bartle, A., 2002. Hydropower Potential and Development Activities, EnergyPolicy, 30, 1231-1239.
- Canberk, S., Topçuoğlu, Y., Yumrutepe, A., Nayır, T., Bütün, M., Güllen, S., Altındaş, D. E., Çelebi, E. ve Gümrükçü, S. 2007. Akbük Rüzgar Enerji Santrali Ve 154 Kv Akbük Res Tm – Akbük Tm Enerji İletim Hattı Çed Raporu.
- Çınar (Demirhan), Ö., 2002. Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Avantajları ve Hatay İlinde Maliyet ve Enerji Potansiyelinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 131 s.
- Durmaz, Y., Erdal, Ü., Coşkun, E.H., Yıldırım, H., Çakmak, L., Karakaş, B. ve Türkekul, Ö. 2010. Etyemez Termik Santrali Çevresel Etki Değerlendirmesi Başvuru Dosyası.
- DPT, 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Devlet Planlama Teşkilatı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Jeotermal Enerji Çalışma Grubu, Ankara, Türkiye, 77 s.
- DSİ, 2004. Dünden Bugüne DSİ 1954-2004, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Etüt Plan Şube Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.

- Ediger, V. Ş. ve Kentel, E., 1999. Renewable Energy Potential As An Alternative to Fossil Fuels in Turkey, *Energy Conversion And Management*, 40, 743-755.
- EİE, 2002. Elektrik İşleri Etüt İdaresi & Devlet Meteoroloji İşleri, 2002, Türkiye Rüzgar Atlası, EİE Matbaası Ankara, 218 s.
- EİE, 2010. EİE Tarafından Mühendislik Hizmetleri Yürütülen Hidroelektrik Santral Projeleri, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Proje Dairesi Başkanlığı İstikşaf Şube Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Ergin, E., 2001. Türkiye'nin Enerji Kaynaklarının İncelenmesi ve Geleceğe Yönelik (2020 yılına kadar) Projeksiyonları, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Eroğlu, V., 2003. Ülkemizin Hidroelektrik Üretim Potansiyeli ve Yakın Gelecekteki Önemi, Dünya enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Türkiye 9. Enerji Kongresi, İstanbul, Türkiye.
- Gülen, G., 2004. Yenilenebilir Enerjinin Geleceği, <http://www.ressiad.org.tr/makaleler.php?ID=18>, 12.02.2011
- Karstarlı, Ç. Doğu Karadeniz Havzasındaki Hidroelektrik Potansiyelin Değerlendirilme Durumu.
- Kaya, D., 2006, Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi 11,25.
- Kocaman, B., 2003, Elektrik Enerjisi Üretim Santralleri, Birsen Yayınevi, 253 s.
- Kömürcü, M. İ. ve Akpınar, A., 2010. Hydropower Energy Versus Other Energy Sources in Turkey, *EnergySourcesPartB:Economics,Planning And Policy*, 5, 185-198.
- Kum, H., 2009. Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Dünya Piyasalarındaki Son Gelişmeler ve Politikalar, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 33, 207-223.
- Oğulata, R.T., 2003. Energy Sector and Wind Energy Potential in Turkey, *Renewable & Sustainable energy Reviews*, 7, 469-484.
- OPEC, 2010. Annual Statistical Bulletin 2010. Organization of the Petroleum Exporting Countries, Vienna, Austria.
- Özerdem, B., 2003 Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Uygulamalarının Gelişimi ve Geleceği, Mühendis ve Makine Dergisi Kasım 2003, Sayı 526 [http://www.mmo.org.tr/muhendismakina/arsiv/2003/kasim/makale\\_enerji.htm](http://www.mmo.org.tr/muhendismakina/arsiv/2003/kasim/makale_enerji.htm), 14.11.2010.
- Özgöbek, H., 2002. Hydropower Information, CountryReport, Turkey. ([www.hydropower.org](http://www.hydropower.org)), 21.06.2010.

- Peker, Z., 2002. Rüzgar Enerjisinin Çevresel Etkileri ve Bu Etkilerin Azaltılmasında Planlamanın Rolü, Mühendis ve Makine Dergisi Haziran 2002 Sayı 509 [www.mmo.org.tr/muhendismakina/arsiv/2002/haziran/cevre\\_enerji\\_ruzgar.htm](http://www.mmo.org.tr/muhendismakina/arsiv/2002/haziran/cevre_enerji_ruzgar.htm), 11.11.2011.
- Tırıs, M., 1992. Türkiye Uzun Dönemli Enerji Planlamasında Alternatif Kaynakların Yerinin Çok Parametreliliği Değerlendirme Modeli ile Belirlenmesi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Güneş enerjisi Enstitüsü, İzmir.
- Topal, B., 1990. Türkiye Elektrik Enerjisi Talebi İstatistik Analizi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Fak., Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, İstanbul.
- TKİ, 2009. 2009 Yılı Kömür Sektör Raporu, Türkiye Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- TMMOB-Su Raporu, 2009 [http://www.cmo.org.tr/resimler/ekler/63bf88fe65deee1\\_ek.pdf](http://www.cmo.org.tr/resimler/ekler/63bf88fe65deee1_ek.pdf), 03.08.2011.
- TPAO, 2010. 2009 Yılı Hampetrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Ankara, Türkiye.
- TÜREB, 2009. Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği. (<http://www.ruzgarenerjisibirliigi.org.tr>), 14.11.2010.
- URL 1, <http://www.taek.gov.tr/bilgi-kosesi/nukleer-enerji-ve-reaktorler/82-nukleer-enerji/235-nukleer-enerji-nedir.html>, 16.06.2011.
- URL 2, <http://www.taek.gov.tr/bilgi-kosesi/nukleer-enerji-ve-reaktorler/84-nukleer-yakit->.
- URL 3, <http://www.jeotermaldernegi.org.tr>, 21.12.2011.
- URL 4, <http://www.eie.gov.tr/turkce/yek/gunes/tgunes.html>, 05.07.2010.
- URL 5, [http://www.ruzgarenerjisibirliigi.org.tr/index.php?option=com\\_docman &Itemid=86](http://www.ruzgarenerjisibirliigi.org.tr/index.php?option=com_docman &Itemid=86), 06.12.2011.
- URL 6, <http://www2.dsi.gov.tr/topraksu.htm>, 07.12.2012.
- URL 7, <http://www.dsi.gov.tr/hizmet-alanlari/enerji>, 07.12.2012.
- URL 8, <http://www.msxlab.org/forum/soru-cevap/217268-ruzgar-enerjisinin-etkileri-nelerdir.html#ixzz1xP2L5oem>, 07.12.2012.
- Uzlu, E., Akpınar, A. ve Kömürcü M. İ., 2011. Restructuring of Turkey's Electricity Market and The Share of Hydropower Energy: The Case of The Eastern Black Sea Basin, RenewableEnergy, 36, 676-688.

Ültanır, M., 2004, Rüzgar, Su ve Türkiye, <http://www.ressiad.org.tr/makaleler.php? & ID=21>, 11.12.2011.

Yıldız, M., 2006. Dünyada ve Türkiye’de Alternatif ve Fosil Enerji Kaynaklarının Geleceğe Yönelik Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Yıldız, M., 2006. Dünyada Ve Türkiye’de Alternatif ve Fosil Enerji Kaynaklarının Geleceğe Yönelik Etüdüne Yönelik Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 88 s.

Yumurtacı, Z. ve Asmaz, E., 2004. Electric Energy Demand of Turkey for the Year 2050, *EnergySources*, 26, 1157-1164.

WNA, 2010. World Nuclear Association. ([www.world-nuclear.org](http://www.world-nuclear.org)), 18.01.2012.



## ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Trabzon'da doğdu. İlkokulunu Trabzon 24 Şubat İlkokulunda, Ortaokulunu Trabzon Cumhuriyet Ortaokulunda ve lise öğrenimini Trabzon Tefvik Serdar Anadolu Lisesinde Tamamladı. 2003 yılında K.T.Ü. İnşaat Mühendisliği bölümünde yabancı dil hazırlık ve lisans eğitimine başladı ve 2008 yılında mezun oldu. Aynı yıl lisansüstü eğitime ve MNG Holding-Mapa İnşaat A.Ş. de şantiye şef yardımcısı olarak Edirne Hamzadere Barajı'nda işe başladı ve 2012 yılında baraj inşaatını bitirerek şirketten ayrıldı. Bugün Boydak Holding-HMP inşaat A.Ş. tarafından yapılan Denizli Yenicekent İletim Kanalı işinde şantiye şef yardımcısı olarak çalışmaktadır.