

**İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TİPİK BİR KARARGÂHTA YENİLENEBİLİR ENERJİ
UYGULAMALARI**

İbrahim BÜLBÜL

FBE Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Programında Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Eralp ÖZİL

İSTANBUL, 2007

İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TİPİK BİR KARARGÂHTA YENİLENEBİLİR ENERJİ
UYGULAMALARI

İbrahim BÜLBÜL

FBE Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Programında Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman Üye: Prof. Dr. Eralp ÖZİL

Diğer Jüri Üyeleri:

.....

.....

İSTANBUL, 2007

Hazırlamış olduğum tez özgün bir çalışma olup YÖK ve İTİCU Lisansüstü Yönetmeliklerine uygun olarak hazırlanmıştır. Ayrıca, bu çalışmayı yaparken bilimsel etik kurallarına tamamıyla uyduğumu; yararlandığıım tüm kaynakları gösterdiğimi ve hiç bir kaynaktan yaptığım ayrıntılı alıntı olmadığını beyan ederim. Bu tezin ihtiva ettiği tüm hususlar şahsi görüşüm olup; Türk Silahlı Kuvvetlerinin ve İstanbul Ticaret Üniversitesinin resmi görüşlerini yansıtmamaktadır.

İÇİNDEKİLER

KISALTIMA LİSTESİ.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Yenilenebilir Enerji.....	4
1.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	7
1.2.1 Rüzgâr Enerjisi.....	7
1.2.1.1 Rüzgâr Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları.....	12
1.2.2 Güneş Enerjisi.....	13
1.2.2.1 Güneş Pilleri(Fotovoltaik Piller).....	17
1.2.2.2 Güneş Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları.....	21
1.2.3 Biyokütle Enerjisi.....	22
1.2.3.1 Biyokütle Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları.....	26
1.2.4 Hidrojen Enerjisi.....	26
1.2.4.1 Hidrojen Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları.....	32
1.2.5 Hidroelektrik Enerji.....	32
1.2.5.1 Hidroelektrik Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları.....	34
1.2.6 Küçük Hidroelektrik Santralleri.....	35
1.2.6.1 Küçük Hidroelektrik Santrallerinin Avantaj ve Dezavantajları.....	37
1.2.7 Jeotermal Enerji.....	37
1.2.7.1 Jeotermal Enerjinin Avantaj ve Dezavantajları.....	42
1.2.8 Dalga ve Gel-Git Enerjisi.....	43
1.2.8.1 Dalga ve Gel-Git Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları.....	44
2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İLE İLGİLİ MEVCUT UYGULAMALAR.....	45
2.1 Rüzgâr Enerjisi Uygulamaları.....	45
2.1.1 Rüzgâr Enerjisinin Türkiye’deki Uygulamaları.....	46
2.2 Hidrojen Enerjisi Uygulamaları.....	48
2.2.1 Hidrojen Enerjisinin Türkiye’deki Uygulamaları.....	55
2.3 Jeotermal Enerji Uygulamaları.....	60
2.3.1 Jeotermal Enerjinin Türkiye’deki Uygulamaları.....	63
2.4 Güneş Enerjisi Uygulamaları.....	64
2.4.1 Güneş Enerjisinin Türkiye’deki Uygulamaları.....	68
2.5 Biyokütle Enerjisinin Uygulamaları.....	70
2.5.1 Biyokütlenin Türkiye’deki Uygulamaları.....	73
2.6 Askerî Alandaki Uygulamalar.....	75
2.6.1 Dünyada Geliştirilen Elektrikli Muharebe Araçlarından Örnekler.....	85

3.	TİPİK BİR KARARGÂHTA YENİLENEBİLİR ENERJİ UYGULAMALARI.....	89
3.1	Karargâhın Tanımı ve Karargâhta Enerji İhtiyacı Duyulan Yerler.....	89
3.2	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Tipik Bir Karargâhta Kullanılabilirlik Durumunun İncelenmesi.....	91
3.3	Jeotermal Enerjinin Askeri Bir Birlikte Kullanılabilirlik Durumu.....	92
3.4	Rüzgâr Enerjisinin Askeri Bir Birlikte Kullanılabilirlik Durumu.....	92
3.5	Güneş Enerjisinin Askeri Bir Birlikte Kullanılabilirlik Durumu.....	94
3.6	Yakıt Pillerinin Askeri Bir Birlikte Kullanılabilirlik Durumu.....	95
3.7	Yenilenebilir Enerji Kaynakları İle İlgili Örnek Uygulamalar.....	95
3.7.1	Mardin Bölgesindeki Bir Cephanelik Müfrezesinin Enerji İhtiyacının Karşılanması.....	95
3.7.1.1	Cephanelik Müfrezesi Hakkında Bilgi.....	95
3.7.1.2	Cephanelik Müfrezesindeki İç Yolların ve Çevre Emniyet Sisteminin Güneş Pilleri İle Aydınlatılması.....	96
3.7.1.3	Cephanelik Müfrezesindeki Binanın Elektrik Enerjisi İhtiyacının Güneş Pilleri İle Sağlanması.....	98
3.7.1.4	Cephanelik Müfrezesinde Görevli Personelin Sıcak Su İhtiyacının Güneş Kolektörleri İle Sağlanması.....	104
3.7.2	Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki Bir Üs Bölgesinde İhtiyaç Duyulan Enerjinin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanılarak Sağlanması.....	106
3.7.2.1	Üs Bölgesi Hakkında Bilgi.....	106
3.7.2.2	Üs Bölgesi Çevre Emniyet Sisteminde Kablosuz Duyarga Ağlarının Kullanılması.....	107
3.7.2.3	Üs Bölgesinde kullanılan Muhabere Sistemleri ve Radarların Enerji İhtiyacının Karşılanması.....	112
3.8	Askerî Birlikte Yenilenebilir Enerjinin Kullanılmasına Yönelik Diğer Uygulama Alanları.....	120
3.8.1	Aşı Soğutmasında Kullanımı.....	120
3.8.2	Komuta Yerleri ve Komuta Araçlarında Kullanımı.....	121
4.	SONUÇ ve ÖNERİLER.....	124
	KAYNAKLAR.....	127
	ÖZGEÇMİŞ.....	129

KISALTMA LİSTESİ

CO ₂	Karbondioksit
CuInSe	Bakır İndiyum Diselenid
dB	Desibel
DİE	Devlet İstatistik Enstitüsü
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
DSİ	Devlet Su İşleri
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
GW	Gigawatt (Bir Megawatt)
GWh	Gigawatt-Saat (Milyon Kilowatt-Saat)
GWt	Gigawatt-termal
HES	Hidroelektrik Santrali
Kcal	Kilokalori
Km ³	Milyar m ³
KW	Kilowatt
KWe	Kilowatt Elektrik
Mtep	Milyon Ton Eşdeğeri Petrol
MW	Megawatt (Bin Kilowatt)
MWe	Megawatt Elektrik
MWh	Magwatt-Saat
MWt	Megawatt-Termal
RES	Rüzgâr Enerjisi Santrali
TEP	Ton Eşdeğeri Petrol
TW	Terawatt (Bin Gigawatt)
W	Watt
Wh	Watt-Saat
YEK	Yenilenebilir Enerji Kaynakları

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Dünyanın Birincil Enerji Talebi.....	5
Şekil 1.2 Türkiye'nin Birincil Enerji Talebi.....	5
Şekil 1.3 Kullanılabilir Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyelleri ve Durumu	7
Şekil 1.4 Bir Fotovoltaik Hücre Diyagramı.....	18
Şekil 1.5 Hidrojen Enerjisinin Üretim, Dağıtım ve Uygulama Basamakları.....	27
Şekil 2.1 Güneş Pilleriyle Birlikte Kullanılan Savonius Türbini.....	48
Şekil 2.2 CEA ve Endüstriyel Ortakları Tarafından Geliştirilen Yakıt Pili Prototip Araç.....	51
Şekil 2.3 Honda Firması Tarafından Üretilen Yakıt Pili Araçlar.....	52
Şekil 2.4 Yakıt Pili Deniz Araçları.....	52
Şekil 2.5 Toshiba DMYP Labtop.....	54
Şekil 2.6 V100 Taşınabilir Güç Kaynağı.....	54
Şekil 2.7 PEM Tipi Yakıt Pili Güç Modüllerinin Kullanımı.....	55
Şekil 2.8 ELİT-1 Hibrid Elektrikli Taşıtı.....	59
Şekil 2.9 CIS Tower, Manchester.....	65
Şekil 2.10 Serpentine Solar Shuttle İsmindeki Güneş Enerjisi İle Çalışan Tekne.....	67
Şekil 2.11 Jadoo Power Taşınabilir Ünitesi.....	77
Şekil 2.12 Protonex Marka 150 W'lık Pil Dolum Cihazı.....	77
Şekil 2.13 Angstrom Power Tarafından Geliştirilen Fener.....	78
Şekil 2.14 Voller Energy Tarafından Geliştirilen Pil Şarj Cihazı Prototipi.....	79
Şekil 2.15 ESS'nin geliştirdiği 1 kW'lık RASP Hidrojen Ünitesi.....	79
Şekil 2.16 MFDC'nin Geliştirdiği Yakıt Hücresi Teknolojisiyle Çalışan İnsansız Hava Aracı.....	80
Şekil 2.17 USAF Spider-Lion Mikro İHA'sı.....	81
Şekil 2.18 Yakıt Hücreli Yedek Takat Üniteli Stryker Hafif Zırhlı Aracı.....	81
Şekil 2.19 Aerovironment Şirketinin Geliştirdiği Projelerden Bazıları.....	82
Şekil 2.20 HDW Şirketinin Geliştirdiği Yakıt Hücreli Denizaltı.....	83
Şekil 2.21 UTC Power Tarafından NASA Orbiter Uzay Mekiği İçin Geliştirilmiş 12 kW'lık Yakıt Hücresi	84
Şekil 2.22 M-113 Elektrikli Muharebe Aracı.....	85
Şekil 2.23 IFV MARDER Elektrikli Muharebe Aracı.....	86
Şekil 2.24 WIESEL Elektrikli Muharebe Aracı.....	86
Şekil 2.25 SEP Elektrikli Muharebe Aracı.....	87
Şekil 2.26 FSCS LANCER Elektrikli Muharebe Aracı.....	88
Şekil 3.1 Türkiye'de Jeotermal Potansiyel Oluşturan Sahaların Yüzde Oranları.....	92
Şekil 3.2 Cephane Müfrezesi İç Yolları ve Çevre Aydınlatmasında Kullanılabilecek Güneş Pilleri.....	97
Şekil 3.3 Fotovoltaik Hücre, Modül, Panel ve Solar Dizisi.....	98
Şekil 3.4 Güneş Pillerinin Uygulanmasına Örnek Bir Şema.....	102
Şekil 3.5 Muğla Üniversitesi Merkez Kütüphane Çatısına Yerleştirilen Güneş Pilleri	104
Şekil 3.6 Galaksi Tek Serpantinli Güneş Enerji Sistemi Bağlantı Şeması.....	105
Şekil 3.7 Kablosuz Duyarga Ağının İşletim Mimarisi.....	108
Şekil 3.8 İşlemci ve RF Modülü, Düğüm RF	109
Şekil 3.9 Taktik Duyarga Ağı Sistemi.....	109
Şekil 3.10 Bir Duyarga Biriminin Parçaları.....	111
Şekil 3.11 ASKARAD'ta Kullanılan Güç Sistemi Bağlantıları.....	113
Şekil 3.12 Batarya Şarjında Kullanılan Güneş Panelleri.....	120
Şekil 3.13 Steca PF166 DC Buzdolabı	121
Şekil 3.14 Bir Askerî Araçta Rüzgâr Enerjisinin Kullanımı.....	122
Şekil 3.15 Araç Üstünde Güneş Pili'nin Kullanımı.....	122
Şekil 3.16 Komuta Yerlerinde Fotovoltaik Panellerin Kullanımı	123

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1:Türkiye'nin 2020 Yılı Enerji Üretim ve Tüketim Durumu.....	2
Tablo 1.2:Talebin Kaynaklara Göre Dağılımı.....	3
Tablo 1.3:Tükenebilirliğine Göre Enerji Türleri.....	6
Tablo 1.4:Bölgelere Göre Ortalama Rüzgâr Gücü Yoğunluğu.....	10
Tablo 1.5:Türkiye'deki Rüzgâr Santralleri ve Kurulu Güçleri.....	11
Tablo 1.6:Rüzgâr Santrallerinin Enerji Üretimleri.....	11
Tablo 1.7:Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	15
Tablo 1.8:Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı.....	15
Tablo 1.9:Türkiye'de Güneş Kollektörleri Yardımı ile Elde Edilen Enerji Miktarı Tahmini.....	16
Tablo 1.10:Dünyada Güneş Pili Üretiminin Gelişimi (1996-2005).....	20
Tablo 1.11:Çeşitli Bitki Türleri İçin Biyoyakıt Verimi.....	23
Tablo 1.12:Türkiye Ekonomik Yapılabilir 127 Milyar KWh Hidroelektrik Enerji Potansiyelinin Proje Durumlarına Göre Dağılımı.....	34
Tablo 1.13:Jeotermal Enerjiden Yararlanılan Alanlar.....	40
Tablo 2.1:Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Gücü ve Kurulu Santralleri	46
Tablo 2.2:Jeotermal Uygulamalar ve Maliyetleri.....	60
Tablo 2.3:Dünya Biyokütle Potansiyeli.....	71
Tablo 3.1:Güneş Pili Sistemi Ekipmanları.....	103
Tablo 3.2:Galaksi Güneş Enerjisi Sistemler.....	106
Tablo 3.3:Sensorde'nin Teknik Özellikleri.....	110

ÖNSÖZ

Dünyanın öteden beri kullana geldiği enerji kaynaklarının tükenmeye yüz tutması ve bu enerji kaynaklarının doğanın düzenine verdiği zararlar insanoğlunu yeni arayışlara yöneltmiştir. Bu arayışların en önemli basamağında yenilenebilir ve doğaya zarar vermeyen enerji kaynakları yer almaktadır. Hâlihazırda; doğayla uyumlu, çevreyi kirletmeyen ve doğanın kendi evrimi içinde hiç tükenmeyen bu enerji kaynaklarından dünyanın gelişmiş ülkelerinde çokça yararlanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma konusunda yürütülen projeler ve bu enerjilerin gelecekteki vizyonunu belirleme konusunda ülkemizde de bazı çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle bazı üniversiteler, özel şirketler ve TÜBİTAK'ın bünyesinde geleceğe yönelik olarak hazırlanan projelerde “yenilenebilir enerji kaynakları”na özel bir önem verildiği ve bazı kurumların bu kaynakları kullanıma geçirdiği görülmektedir.

Gelecekte, dünyamızın enerji ihtiyacını karşılayan fosil yakıtların yerine geçecek olan “yenilenebilir enerji kaynakları” merkezinde hazırlanan bu çalışma, temel olarak üç bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ilk bölümünü oluşturan “Giriş” bölümü yenilenebilir enerji kavramı ile bu kavramın alanına giren enerji kaynaklarına ayrılmıştır. Bu bölümde yenilenebilir enerji kaynaklarının türleri, bu kaynakların kullanım alanları, dünyada ve Türkiye’deki potansiyeli hakkında bilgiler verilmektedir. Bu bölümde aktarılan bilgiler alanla ilgili kaynaklardan derlenmiş, kullanılan kaynaklar kaynakçada belirtilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasını oluşturan ve “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarıyla İlgili Türkiye’de ve Dünyadaki Mevcut Uygulamalar” adlı bölümde ise söz konusu enerji kaynaklarıyla ilgili ülkemiz ve dünyadaki uygulamalara yer verilmiştir. Bu bölümde enerji kaynaklarının uygulama alanlarıyla ilgili bütün çalışmalara yer verilmemiş, bunlardan en karakteristik olanları seçilmiştir.

Çalışmanın “Tipik Bir Karargâhta Yenilenebilir Enerji Uygulamaları” adını taşıyan bölümde ise bir askerî karargâhta yenilenebilir enerji kaynaklarının hangi alanlarda kullanılabileceği ile ilgili öneri, görüş ve bilgilere yer verilmektedir. Bu bölümde öne sürülen teklifler, bölgeler arası farklar ve söz konusu enerji kaynaklarının erişilebilirliğiyle ilgili olarak değişiklik göstermektedir.

Özellikle son yıllarda ülkemizde de gündeme gelen ve konuyla ilgili pek çok çalışmanın yapıldığı yenilenebilir enerji kaynakları konusuna yönelmemi sağlayan Prof Dr. Eralp ÖZİL ve Dr. Alper ÖZPINAR’a teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Fosil yakıtların tükenmeye başlaması ve bu kaynaklardan üretilen enerjinin çevre ile insan hayatına olumsuz etkileri insanoğlunu yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Birçoğu geçmişten günümüze, farklı ve daha ilkel biçimlerde de olsa, kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlileri arasında; güneş, rüzgâr, biyokütle, jeotermal, hidroelektrik ve dalga enerjisi sayılabilir. Bu enerji kaynaklarından özellikle son yıllarda çok farklı biçimlerde yararlanılmakta ve bu kaynaklardan elde edilen enerjiler birçok alanda kullanılmaktadır. Endüstri ve teknolojiye yararlanan bu enerji kaynakları gündelik hayattaki pek çok ihtiyacı da karşılamaktadır. Bu enerji kaynaklarının askerî alandaki kullanımı da özellikle gelişmiş ülkelerde giderek yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarının neler olduğu, bunların kullanımı ile uygulama alanları hakkında bilgiler verilmiştir. Söz konusu enerji kaynaklarının özellikleri ve maliyetleri de dikkate alınarak bunlardan hangilerinin askerî bir karargâhta kullanılabileceği ile ilgili öneriler yer almaktadır.

Askerî birliklerin kuruluş, teşkilat, bina ve tesisleri esas alındığında enerji tüketim alanlarının büyük bir bölümünün benzer olduğu görülmektedir. Bir askerî birlikte kullanılan başlıca enerji kaynakları; araçlar için akaryakıt (motorin, benzin, kurşunsuz benzin), bina ve tesislerin iç aydınlatması için elektrik enerjisi, dış çevrenin aydınlatılması için elektrik enerjisi, binaların ısıtılması için kömür, motorin (kazan dairelerinde), kolaylık tesislerinde (mutfak, bulaşıkhanesi, çamaşırhanesi, banyo) sıcak su, buhar ve elektrik enerjisi, sondaj kuyuları bölgesindeki dalgıç pompa ve santrifüj pompalar için elektrik enerjisi, muhabere irtibatlarının sağlanması amacıyla kurulan telsiz rolelerinin çalıştırılabilmesi için elektrik enerjisi, lojmanlar bölgesi için elektrik ve sıcak su temini için motorin, fueloil veya kömürdür.

Karargâhta tüketilen enerji kaynaklarının yerine daha temiz ve çevreye zararı olmayan yenilenebilir enerji kaynakları kullanılabilir. Pek tabii ki bu enerji kaynaklarının elde edilmesinin en kolay olduğu bölgelerde ve az maliyetli olması bir önkoşuldur. Özellikle Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu bölgelerdeki karargâhlarda ısıtma ve sıcak su ihtiyaçları, kurulacak sistemlerle güneş enerjisinden karşılanabilir. Güneş pillerinden istifade edilerek kışla içi ve çevresinin aydınlatılması sağlanabilir. Şehir şebekesinin ulaşmadığı karakol ve üs bölgeleri gibi kırsal kesimlerde taşınabilir güneş pilleri veya yakıt pillerinden istifade edilebilir.

Rüzgâr enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu bölgelerimizde konuşlu askeri birliklerde, kışlalar için sabit, ordugâhta veya kışla dışında kırsal kesimde bulunan birlikler için ise daha çok taşınabilir tarzda rüzgâr tribünlerinden yararlanılması yönünde çalışmalar yapılmalıdır.

Özellikle hidrojenden üretilen enerji veya yakıt pilleri ile elde edilecek enerjinin askerî araçlar ve elektrikli diğer cihazlar üzerinde kullanılması yönündeki projeler geliştirilmeli ve devam ettirilmelidir.

Jeotermal kaynakların yoğun olduğu bölgelerde askerî birliğin jeotermal sahaya yakın olması durumunda bu kaynaktan elde edilen enerji de karargâhların pek çok ihtiyacını karşılayacaktır.

Karargâhların biyokütleden enerji elde edebilecek donanıma sahip olması da birliklerin enerji konusundaki ihtiyaçlarına kısmen cevap verecektir.

ABSTRACT

There has been a remarkable increase in the rate of air pollution. Because of the increasing of some gases in the air, the humanbeing meets face to face with global warming. We have witnessed a considerable discussion about the global warming and how to reduce the effect of it. The most important reason of this problem is using fossil fuels like coal, oil and gas to produce energy. To deal with this problem, the humanbeing has a tendency to find a new energy resource that does not pollute the environment. It is called as renewable energy. Solar, wind, biomass, geothermal, hydroelectric and wave energy can be given as examples of renewable energy resources. The renewable energy resources are used both industry and daily life to serve a need of energy. Especially, in army of developing countries, using area of renewable energy resources is getting larger. In this thesis, types of renewable energy and the usage area of them are informed. And also, by basing cost, there are some suggestions about usage area of the renewable energy in army.

Nowadays, the main energy resources in army are based on non-renewable energy resources. For example, fuel oil for vehicle, electric energy for enlightening, coal and diesel oil for heating system and vapour energy in the kitchen are used. Instead of using fossil fuels in army, renewable energy resources that do not pollute the environment can be used. First of all, cost of the resources and the place of getting them have to be thought. Especially, in Turkey, solar energy can be used in heating system to get hot water in army, because its potential is too high. And also, there are many projects about getting energy from hydrogen or fuel cells for military vehicle. Moreover, biomass resources can serve a need of energy in army.

Projects of using renewable energy resources should be done by thinking some points. To use wind energy, the most important point is region. For example, wind stands can be fixed in army at zone that has high potential of wind. However, at rural region, outside of army, movable wind stands are useful to get energy. And also, region is important to use geothermal energy. If the geothermal area is near of the army, it can be serve a need of energy.

1. GİRİŞ

Gittikçe artan dünya nüfusu, sanayileşme, şehirleşme ve insanoğlunun daha fazla refah talebi enerji kaynaklarına olan ihtiyacı her geçen gün artırmaktadır. Mevcut enerji kaynaklarının artan enerji talebi karşısında yetersiz kalması dünyamızın önündeki en önemli sorunlardan birisidir. Sorunun büyüklüğünü ortaya koymak için öncelikle dünyanın ve ülkemizin mevcut enerji potansiyeline ve tüketimine bakmak gereklidir.

20. yüzyılın başlangıcında, yani, 1900 yılında dünya nüfusu 1,6 milyar, birincil enerji tüketimi ise yaklaşık 1000 Mtep idi. 2000 yılına gelindiğinde dünya nüfusu 3,8 kat artarak 6 milyarı geçerken, enerji tüketimi 9,2 kat civarında bir artış göstererek 9285 Mtep olmuştur. 2000 yılında dünya enerji tüketiminin 8089 Mtep'i petrol, doğal gaz, kömür gibi fosil yakıtlardan, 610 Mtep'i hidrolik enerjiden, 584 Mtep'i nükleer enerjiden karşılanmıştır. Söz konusu enerji tüketimi içindeki fosil yakıtların toplam payı % 87 olmuştur. Fosil yakıtların önümüzdeki 2030 yılına kadar olan dönemde de dünya enerji talebinin karşılanmasındaki payını koruyacağı ve bu payın, 2030 yılına kadar % 2'lik ilave bir artış daha göstereceği yönünde beklentiler mevcuttur (Ural, vd., 2006).

Bu dönemde fosil yakıtlardan petrolün en fazla tüketilen enerji kaynağı olma özelliği koruyacağı, doğal gaz kullanımında belirgin bir artış olacağı, nükleer enerji kullanımında maliyet ve atık sorunları sebebiyle bir durgunluk ve gerileme sürecine girileceği, yeni ve yenilenebilir kaynaklarla ilgili çalışmalara ve uygulamalara hız verileceği yönünde gelişmeler beklenmektedir. Bu doğrultuda 2030 yılına kadar Avrupa Birliği ülkelerinde, hidrolik hariç olmak üzere, yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi payının hızla artırılması ve 150 Mtep düzeyinin üzerine çıkılması hedeflenmiştir.

Diğer taraftan, dünya elektrik enerjisi tüketiminin 2020 yılında 24400 milyar KWh'e ulaşacağı tahmin edilmektedir. Önümüzdeki yıllarda bu tüketimin karşılanması için kullanılacak birincil enerji kaynaklarının tercihinde, ekonominin yanı sıra yükselmekte olan çevre değerleri de belirleyici olacaktır. Bu kapsamda elektrik üretiminde halen ciddi bir şekilde azalmakta olan petrolün payı ağırlığını korurken, kömürün payının % 30'lar civarında kalacağı, nükleer enerji payının % 12'lere kadar gerileyebileceği, doğal gaza dayalı elektrik üretiminde ciddi artışlar olacağı, hidrolik dâhil olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki % 20'ye yaklaşan payının korunacağı beklenmektedir.

Ancak son yıllarda petroldeki fiyat oynamaları ile doğal gaz arzındaki kısıntılar, bazı ülkelerin bu kaynakları ekonomik ve politik yaptırım gücü olarak kullanabilecekleri işareti vermektedir. 2003 yılında ortalama fiyatı 28,83 dolar/varil olan Brent Petrolü'nün fiyatı 2004 yılında 38,27 dolar/varile yükselmiştir. Nihayet 2005 ağustos ayında OPEC sepet fiyatı 60

dolar/varile ulaşmıştır. Daha sonraki aylarda 75 dolar üzerine çıkan petrol fiyatları halen 60 doların üzerinde seyretmektedir. Bazı yatırımcılar ve ekonomistler, varil fiyatının önümüzdeki yıllarda 100 doların üzerine çıkabileceği yönünde değerlendirmeler yapmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerin bazılarının ekonomilerini bütünüyle çökertebilecek olan bu fiyat oynaklığının sebebi, petrol kaynaklarının ve arzının yetersizliği değil, uluslar arası politik konjonktürün ve spekülasyon hareketlerinin sonucudur.

Hemen her çeşit enerji kaynağına sahip olan Türkiye'deki linyit kömürü ve hidrolik enerji hariç diğer birincil enerji kaynakları, talebin karşılanmasına etkili bir katkı yapacak kadar yeterli değildir. Ülkenin toplam kömür, jeotermal ve hidrolik enerji potansiyeli, dünyanın bu kaynaklarının % 1'i düzeyindedir. Doğal gaz ve petrol rezervleri ise son derece kısıtlıdır. Bu sebeple hızla artan talebin karşılanabilmesi bakımından, geçmiş yıllarda olduğu gibi gelecek yıllarda da önemli ölçüde ithalat yapılacak ve enerji konusunda dışa bağımlılık devam edecektir. Ancak Türkiye'nin dünya bor rezervlerinin % 72'sine ve gelişen teknolojiler doğrultusunda nükleer santral yakıtı olarak kullanılacak dünya toryum rezervlerinin % 54'üne sahip olduğu ve bu kaynakları en kısa sürede en akılcı şekilde değerlendirme imkânının bulunduğu da bir gerçektir.

2004 yılında birincil enerji talebi 87,8 Mtep olarak gerçekleşmiştir. Bunun % 28'i olan 24,3 Mtep birincil enerji üretimi yerli kaynaklarından karşılanırken, % 72'si ithal edilmiştir. 2004 yılındaki 24,3 Mtep olan enerji üretiminin; % 43,4'ü kömür, % 12,4'ü petrol ve doğal gaz, % 16,2 hidrolik, % 22,7 ticari olmayan kaynaklar, % 5,2'si yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmıştır.

İleriye yönelik olarak birincil enerji talebinin ithal kaynaklarla karşılanma oranındaki artış trendinin azaltılması planlanmakta, 2020 yılında % 80'lere ulaşması beklenen ithalatın % 70'ler civarında tutulabilmesi hedeflenmektedir. 2004 ve 2005 yılları ile bu hedef doğrultusunda, 2020 yılında ait enerji üretim ve tüketim durumu Tablo 1.1'de özetlenmiştir.

Tablo 1.1 Türkiye'nin 2020 Yılı Enerji Üretim ve Tüketim Durumu

Yıllar	2004	2005	2020
Üretim (Mtep)	24,3	23,9	65,7
Net İthalat (Mtep)	62,8	66,3	156,4
Talep (Mtep)	87,8	90,2	222,1

Tablodan da görüleceği üzere talebin yerli üretimle karşılanma oranları, 2004 yılı için % 27,7, 2005 yılı için % 26,5 olup, 2020 yılı için % 29,6 civarında olması beklenmektedir beklenen bu hedefe ulaşılabilmesi için yerli fosil kaynaklarının kullanımının arttırılması yanı sıra özellikle hidrolik potansiyelinin en üst düzeyde kullanılması ve yeni teknolojilerin istihdamı yönünde ciddi finansman kaynaklarının ayrılması gerekmektedir.

1990 yılından 2004'e gelirken birincil enerji talebinin karşılanmasında en belirgin kaynak yapısı değişikliği, doğal gazda yaşanmıştır. Doğal gaz talebi % 5,9'dan % 23 civarına ulaşmıştır. Yenilenebilir kaynaklar arasında, ticari olmayan kaynakların tüketiminde gözle görülür bir azalma olurken, kömürün payı % 31'den % 27'ye düşmüştür. Aynı dönemde hidrolik enerjinin, birincil enerji talebi içindeki payı, yaklaşık iki kat artarak % 5'lik bir düzeye ulaşmıştır.

2004 yılında 87,8, 2005'te 90,2 Mtep olan ve 2020 yılında 222,1 Mtep olarak öngörülen enerji talebinin karşılanması için gerekli olan kaynakların miktar ve oranları Tablo 1.2'de verilmektedir (Ural vd., 2006).

Tablo 1.2 Talebin Kaynaklara Göre Dağılımı

KAYNAKLAR	2004		2020	
	Miktar Mtep	Oran %	Miktar Mtep	Oran %
Hidrolik	4,0	5	9,4	4
Diğer Yenilenebilir	6,8	8	11,9	5
Kömür	23,8	27	80,3	36
Petrol	32,9	37	60,9	28
Doğalgaz	20,3	23	51,5	23
Nükleer	--	--	8,1	4
TOPLAM	87,8	100	222,1	100

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 2005 verileri esas alınarak hazırlanan yukarıdaki tablodan da anlaşılacağı üzere ülkemizin 2020 yılındaki enerji talebi hayli yüksektir. Bu nedenle bütün dünyada olduğu gibi Türkiye'de de yeni enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Söz konusu enerji talebinin karşılanması için "yenilenebilir enerji kaynakları" (YEK) olarak adlandırılan enerji kaynaklarına yönelmek gerekmektedir.

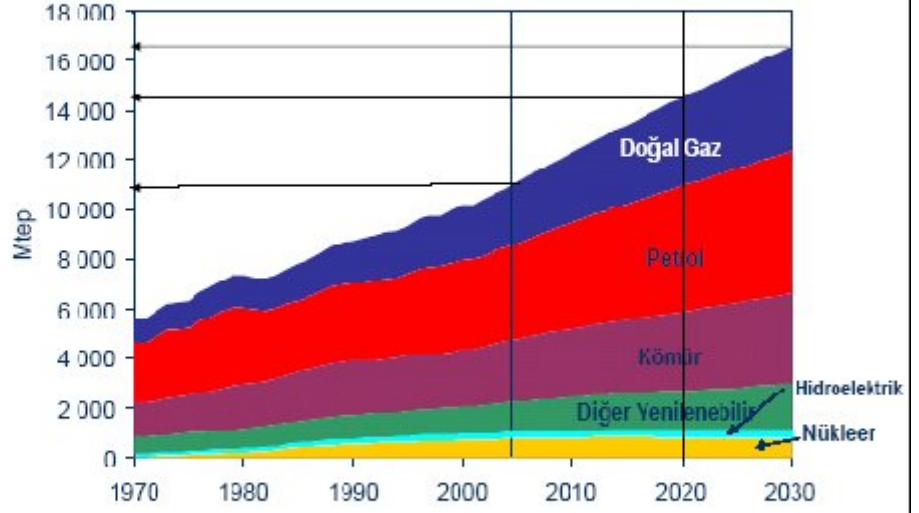
1.1. Yenilenebilir Enerji

İnsanoğlu geçmişten günümüze barınma, beslenme ve korunma gibi temel ihtiyaçlarını karşılamak üzere çeşitli enerji kaynaklarından yararlanmıştır. Her geçen gün daha da yaşlanan ve insanoğlunun üzerindeki enerji kaynaklarını bilinçsizce tükettiği dünyamız enerji konusunda yeni arayışlara tanık olmaktadır. Bu arayışların temelinde insanoğlunun uzun zamandır kullandığı enerji kaynaklarının doğaya ve insan yaşamına verdiği olumsuz etkiler ile bu enerji kaynaklarının bazılarının tükenmeye yüz tutması yer almaktadır. Özellikle fosil yakıtların yanmasıyla ortaya çıkan zararlı gazlar yalnızca doğaya zarar vermekle kalmamakta, aynı zamanda dünyamızı kuşatan atmosfere de zarar vererek büyük bir felaketin de kapısını aralamaktadır. Son yıllarda bilim adamlarının yoğun bir şekilde tartıştığı ve insanlığın önündeki en büyük tehlike olarak nitelendirdikleri “küresel ısınma” sorunu da mevcut enerji kaynakları hakkındaki kuşkuları daha da arttırmıştır.

Enerji kaynaklarının hızla tükenmesi ve çevreye verdiği zararlar göz önüne alındığında insanlığın farklı enerji kaynaklarına yönelmesi oldukça doğaldır. Özellikle 20. yüzyılın sonlarına doğru daha sık kullanılmaya başlanan “yenilenebilir enerji” kavramı özellikle bilim dünyasında yeni bir yönelimin ve arayışın ifadesi olmuştur. Yenilenebilir enerji kısaca “doğanın kendi evrimi içinde, bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı” şeklinde tanımlanabilir. Uluslararası Enerji Ajansının (IEA), Yenilenebilir Enerji alışma Grubu’nun tanımına göre ise yenilenebilir enerji, “sürekli olarak yenilenen doğal süreçlerden elde edilen enerjidir”. Aslında yenilenebilir enerji kaynaklarından bazıları tarihin en eski dönemlerinden beri kullanılmaktadır. Örneğin, rüzgâr enerjisinden M.. 500-900 yıllarında da yararlanıldığına dair pek çok bilgi ve belge günümüze ulaşmıştır. Bunun yanında odun ve bitki artıkları da geçmişten bugüne enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Bugünkü enerji kullanım biçiminin devam etmesi durumunda, atmosferdeki karbondioksit miktarı 2030 yılında ikiye katlanarak atmosfer sıcaklığının 2,5 C, deniz seviyesinin ise yaklaşık 18 cm artmasına neden olacaktır. Bu da yiyecek sıkıntısının doğması ve kıyılarda yaşayan binlerce insanın göç etmesi anlamına gelmektedir. İşte bütün bu sorunlar evre dostu yenilenebilir enerjinin önünü açmıştır (zdamar, 2000). Yalnızca mevcut enerji kaynaklarının dezavantajları değil, aynı zamanda gelecekte ortaya çıkacak enerji açığı için de yeni enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum aşağıda verilen şekil 1.1’de açıkça görülmektedir:

Dünya – Birincil Enerji Talebi

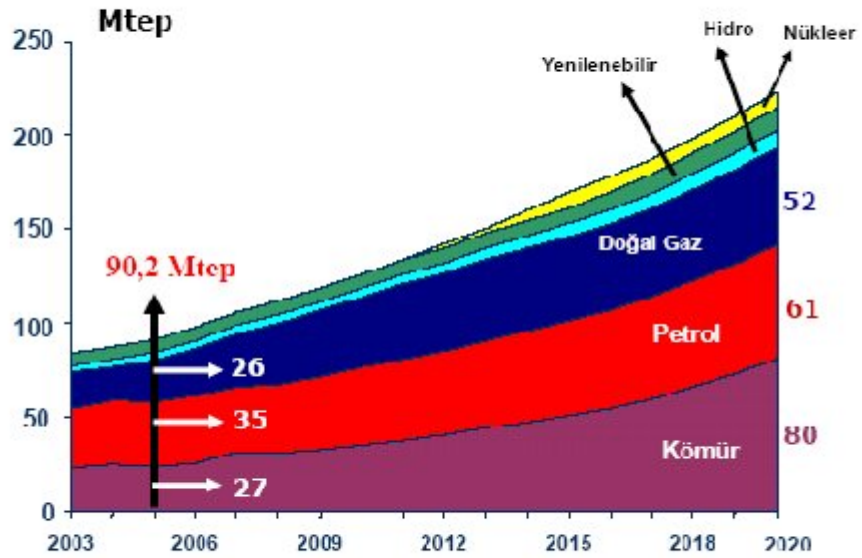


Dünya enerji ihtiyacı bugüne göre 2020 yılında yaklaşık %40, 2030 yılında % 60 daha fazla olacak

Şekil 1.1 Dünyanın Birincil Enerji Talebi

Türkiye'nin gelecekteki enerji ihtiyacı ise aşağıdaki Şekil 1.2'de görülmektedir:

Türkiye – Birincil Enerji Talebi



2020 yılında Türkiye birincil enerji ihtiyacı bugüne göre % 140 daha fazla olacak (dünyanın 4 katı artış)

Şekil 1.2 Türkiye'nin Birincil Enerji Talebi

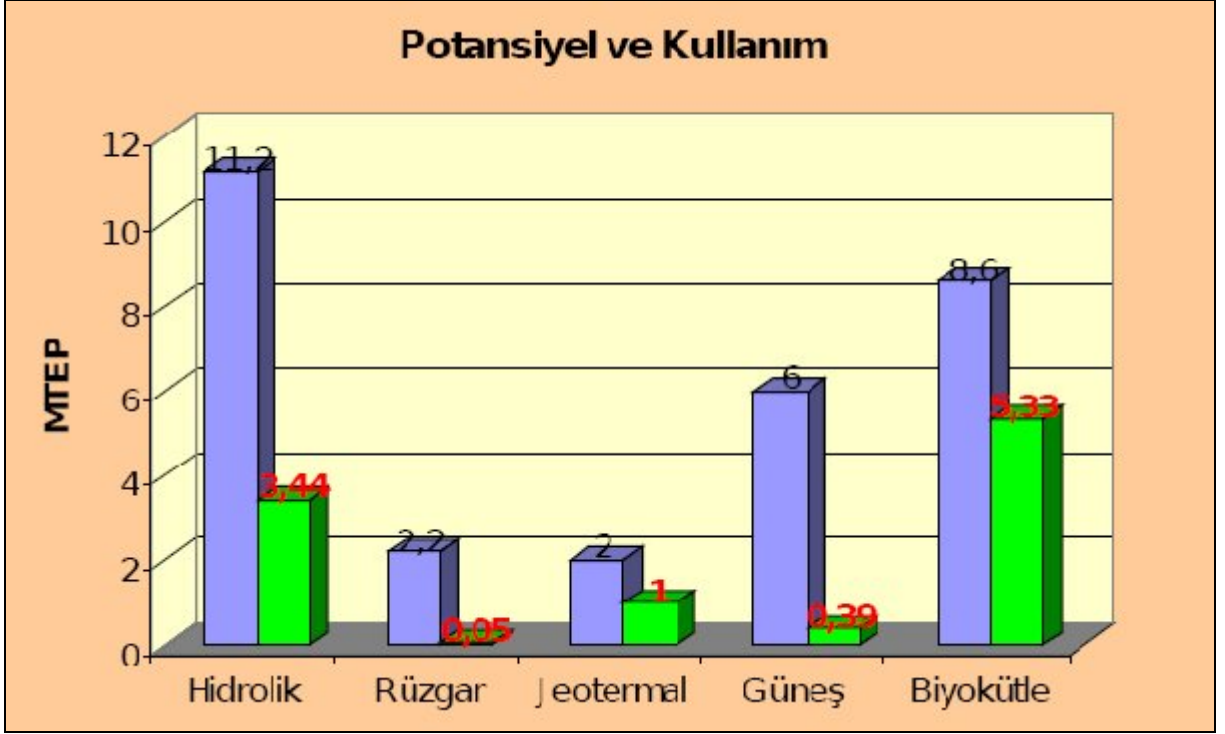
Yukarıdaki şekillerden de anlaşılacağı gibi gelecekte ortaya çıkacak enerji ihtiyacı için yenilenebilir enerji kaynaklarına çokça ihtiyaç duyulmaktadır. Yenilenebilir enerjinin ana kaynağına göre güneş kaynaklı, dünya kaynaklı ve ay kaynaklı olarak üç grupta incelenebilir. (Özdamar, 2000).

Tablo1.3 Tükenebilirliğine Göre Enerji Türleri

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI				
Ana Kaynak	Birincil Enerji Kaynakları	Doğal Enerji Dönüşümü	Teknik Enerji Dönüşümü	Kullanım Enerjisi
Güneş	Su	Buharlaştırma, Yağış	Su Güç Tesisleri	Elektrik Enerjisi
	Rüzgâr	Atmosferdeki Hava Basıncı	Rüzgâr Enerjisi Tesisleri	Elektrik ve Mekanik Enerji
		Dalga Hareketi	Dalga Enerjisi Tesisleri	Elektrik ve Mekanik Enerji
	Güneş Işınları	Yer ve Atmosferin Isınması	Isı Pompaları	Isı Enerjisi
		Güneş Işınları	Kolektörler	Isı Enerjisi
			Güneş Pilleri	Elektrik Enerjisi
	Biyomas	Biyomas Üretimi	Isı Güç Tesisleri	Isı ve Elektrik Enerjisi
			Dönüşüm Tesisleri	Yakıt Enerjisi
Dünya	Yer Merkezi Isısı	Jeotermal Enerji	Jeotermal Güç Tesisleri	Isı ve Elektrik Enerjisi
Ay	Ay Çekimi Gücü	Gel-Git Olayı	Gel-Git Güç Tesisleri	Elektrik Enerjisi

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının en başında biyokütle (odun, bitki artıkları vb.), rüzgâr, hidrolik, jeotermal ve güneş enerjisi gelmektedir. Elbette sıralanan bu enerji kaynaklarından yararlanmada ve bu kaynaklardan üretilen enerjinin kullanılmasıyla

İlgili çeşitli teknik ve ekonomik sorunlar bulunmaktadır. Bu sorunların birçoğu giderildiğinde yenilenebilir enerji kaynaklarının dünyamızın enerji ihtiyacının çoğunu karşılayacağı öngörülmektedir. İnsanoğlunun yaşadığı çevreye daha az zarar veren ve yenilenebilen bu enerji kaynaklarının potansiyel kullanım oranlarını şu şekilde göstermek mümkündür.



Şekil 1.3 Kullanılabilir Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyelleri ve Durumu

1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

1.2.1. Rüzgâr Enerjisi

Güneş enerjisinin karaları, denizleri ve atmosferi özdeş ısıtmamasından oluşan sıcaklık ve buna bağlı basınç farkları rüzgârı oluşturur. Diğer bir ifadeyle rüzgâr birbirine komşu bulunan iki bölge arasındaki basınç farklarından dolayı meydana gelen ve yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru hareket eden hava akımıdır. Rüzgârlar dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesinden, yüzey sürtünmelerinden, yerel ısı dağılımından, arazinin topografik yapısından ve rüzgâr yönündeki farklı atmosferik olaylardan etkilenir. Rüzgâr, hız ve yön olmak üzere iki parametre ile ifade edilir. Rüzgâr kaynağı küresel ölçekte yarı sürekli bir yapıya sahip olup, mevsimlik, günlük ve saatlik değişiklikler gösterir, ayrıca yüzey

pürüzlülüğü ve atmosferik koşullara bağlı olarak yükseklikle değişir. Bazı bölgelerde mevsimlere göre önemli farklarda görülebilmektedir (Ural vd. 2006).

Rüzgâr enerjisi; değişime uğramış güneş enerjisi olarak da tanımlanabilir (Şen, 2003). Rüzgâr enerjisi insanlık tarihinin en eski dönemlerinden beri kullanılmaktadır. Rüzgâr enerjisi yenilenebilir enerjiler arasındaki en gelişmiş ve ticari açıdan en elverişli enerji türüdür. Tamamıyla doğa ile uyumlu olup hem çevreye zarar vermeyen hem de tükenme ihtimali olmayan bir enerji kaynağıdır. Yelkenli gemilerin kullanılmaya başlanması, yel değirmenlerinin icat edilmesi gibi gelişmeler rüzgâr enerjisinden yararlanmak için insanların bulduğu yollardır. Rüzgâr enerjisinden başlıca şu alanlarda yararlanılmaktadır:

- a) Elektrik üretme
- b) Pilleri şarj etme
- c) Su depolama
- ç) Taşımacılık
- d) Su pompalama
- e) Tahılların öğütülmesi
- f) Soğutma

Rüzgâr enerjisinden temel olarak “mekanik enerji” ve “elektrik enerjisi” şeklinde sınıflandırılabilir iki temel yararlanma şekli söz edilebilir. Mekanik uygulamalarda, rüzgâr enerjisi mekanik enerjiye çevrilerek ev ve çiftliklerde hayvanların su ihtiyacının sağlanması, arazilerin kurutulması gibi amaçlarla ve su pompalamada, çeşitli ürünleri kesme, biçme, öğütme ve sıkıştırmada, yağ çıkartmada vb. işlerde kullanılmaktadır (Ural vd., 2006).

Rüzgâr enerjisi günümüzde daha çok elektrik enerjisi üretiminde kullanılır. Binlerce yıldır insanlığın hizmetinde bulunan rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi ilk olarak 1891 yılında Danimarka’da gerçekleştirilmiştir. Bundan kısa bir süre sonra da Amerika Birleşik Devletleri’nde yel değirmenlerinin küçük güçteki rüzgâr türbinlerine dönüştüğü ve elektrik enerjisi ürettiği bilinmektedir. Fosil yakıtların ucuzluğu nedeniyle yeterli seviyede benimsenmeyen rüzgâr enerjisi, 1970’li yıllardaki petrol krizi nedeniyle yeniden hatırlanmış ve bundan sonra, rüzgâr türbinlerinin seri üretime geçilmesi ile bu alandaki yatırımlar gittikçe artan oranlarda gelişmiş ve rüzgâr enerjisi santralleri oluşturulmaya başlanmıştır. Önceleri kara parçaları üzerinde oluşturulan bu santraller kıyı açıklarına yani deniz üzerine de kurulmaya başlamıştır (Özerdem, 2003). Devamlı mevcudiyeti mümkün olmamakla birlikte,

yapılan hesaplar sonucunda rüzgâr enerjisi potansiyelinin hidroelektrik kaynaklara göre 15-20 kat daha fazla olduğu görülmüştür (Şen, 2003).

Tüm dünyada rüzgâr enerjisinden yararlanma ve elektrik üretimi son yıllarda oldukça artmıştır. Bunun sonucu olarak, artan pazar payı ile işletme maliyeti bugün itibari ile kWh başına 3 cente kadar inmiştir. Batı Avrupa ülkelerinin hemen hemen tamamı, elektrik üretimi alanında rüzgâr enerjisinden yararlanmaktadır. Sadece ABD’de rüzgâr enerjisi kurulu gücü 4250 megawatt’ı geçmiştir. Tüm Avrupa da ise kurulu güç 20447 MW’dır.

Türkiye’de de mevcut planlama çalışmalarında rüzgâr santralleri gündeme gelmiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’na yap-işlet-devret modeli çerçevesinde toplam 3750-4100 MW civarında 37 adet başvuru olmuştur. Ülkemizde şu anda 19 MW kurulu güç bulunmaktadır (Şen, 2003).

Türkiye’nin rüzgâr potansiyelinden söz etmeden önce rüzgâr potansiyelinin belirlenmesiyle ilgili bazı sınıflandırmalara değinmek gereklidir. Konuyla ilgili olarak literatürde farklı tanımlarla karşılaşılmaktadır. Bu tanımlar ve anlamları, aşağıda verilmektedir:

Meteorolojik potansiyel: Mevcut rüzgâr kaynağına karşı gelen potansiyeldir.

Site potansiyeli: Meteorolojik potansiyele dayanır, ancak enerji üretimi için coğrafik olarak uygun alanlarla sınırlıdır.

Teknik potansiyel: mevcut teknoloji göz önüne alınarak (türbin gücü, boyutları, verim vs.) site potansiyelinden hesaplanan potansiyeldir.

Ekonomik potansiyel: Ekonomik olarak gerçekleştirilecek teknik potansiyeldir.

Uygulama potansiyeli: Belli bir zaman içinde tesis edilebilecek rüzgâr türbin kapasitesini belirlemek için kısıtlamalar ve teşvikler göz önüne alınarak hesaplanan potansiyeldir (Ural vd. 2006).

Yukarıdaki tanımlar ışığında ülkemize bakıldığında, rüzgâr enerjisi bakımından en zengin olan bölgelerimizin Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz kıyılarının olduğu görülecektir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nün 113 istasyonunun saatlik rüzgâr kayıtlarını temel olarak EİE İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından yapılan değerlendirme çalışmasına göre Türkiye’nin ortalama rüzgâr hızı 2.5 m/sn, yıllık ortalama rüzgâr gücü yoğunluğu 24 W/m²’dir. Yerleşim alanları dışında 10 m yükseklikteki rüzgâr hızı yıllık ortalaması, Ege Bölgesi ve diğer kıyı alanlarında 4.5–5.6 m/sn, iç kesimlerde ise 3.4–4.6 m/sn civarındadır.

Ülkemizde rüzgâr enerjisi kapasitesi 188.000 MW olarak belirtilmekte olup bunun şu an enerjiye çevrilebilir ekonomik rüzgâr enerjisi kapasitesinin 10.000 MW ile 20.000 MW

arasında olduğu belirlenmiştir. Mevcut durumda 18.9 MW gücünde rüzgâr santrali işletmede olup Haziran 2005 itibariyle toplam 1409 MW'lık enerji üretimi için 38 firma EPDK'dan lisans almıştır. Dolayısıyla rüzgâr potansiyelimiz olması gerekenin altında bir oranda kullanılmaktadır.

Yurdumuzda yıllık ortalama güneş enerjisi yoğunluğu, bir saat için 0.149 kWh/m² olarak verilmekte ve güneş enerjisinin yaklaşık %2'lik kısmının rüzgâr enerjisine dönüştüğü varsayılmaktadır. Bu enerjinin de, Betz Kriteri uyarınca teorik olarak en çok % 59'luk; pervane, jeneratör ve dişli kutusundaki gibi kayıplar dikkate alındığında ise uygulamada ancak %40'lık kısmı elektrik enerjisine çevrilebilmektedir. Diğer yandan ülkemizin ancak %2'lik bölümünde genel anlamda rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretmek mümkündür.

Aşağıdaki tabloda Türkiye'nin yedi coğrafi bölgesinin rüzgâr gücü yoğunluğu ve ortalama rüzgâr hızları verilmiştir. Bu tabloya göre, Marmara Bölgesi rüzgâr gücü bakımından en zengin bölgemizdir. Marmara bölgesini, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Ege Bölgesi izler.

Tablo 1.4 Bölgelere Göre Ortalama Rüzgâr Gücü Yoğunluğu

Bölge Adı	Ort. Rüzgâr Gücü Yoğunluğu(w/m²)
Akdeniz Bölgesi	21.36
İç Anadolu Bölgesi	20.14
Ege Bölgesi	23.47
Karadeniz Bölgesi	21.31
Doğu Anadolu Bölgesi	13.19
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	23.33
Marmara Bölgesi	51.91

Rüzgâr enerjisi potansiyel değerleri tahmini bir büyüklüğü ifade etse de, bu denli büyük olduğu anlaşılan bu kapasiteden daha fazla yararlanılması amaçlanmalıdır. Bu hedef de ancak, rüzgâr enerjisinin daha kolay kullanılabilir bir enerjiye dönüştürülebilmesi ile mümkündür. Bu dönüşüm, günümüz teknolojisinde gelişmiş rüzgâr enerjisi tesislerinde olmaktadır.

Türkiye'de rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi konusunda kullanılan ilk sistem 1985 yılında Danimarka'dan ithal edilip İzmir-Çeşme Altinyunus Turistik Tesislerinde kurulan 55/11 KW gücündeki rüzgâr türbinidir. Üç kanatlı yatay eksenli bu türbinden üretilen elektrik enerjisi adı geçen tesiste tüketilmektedir.

Türkiye’de halen şebeke bağlantılı beş rüzgâr santrali vardır. Bu santrallerin toplam gücü 50,1 MW’tır. Bütün santrallerdeki türbinler de yatay eksenlidir. Santrallerle ilgili temel bilgiler Tablo 1.5’te, bu santrallerden üretilen enerji miktarları ise Tablo 1.6’da verilmektedir.

Tablo 1.5 Türkiye’deki Rüzgâr Santralleri ve Kurulu Güçleri

Santral Adı	Kapasite	Yer	Yatırımcı Firma	İşletmeye Girme
Delta Plastik	1,5 MW Otoprodüktör (3x500 KW Enercon türbin)	Alaçatı-Çeşme	Demirer Holding	21 Şubat 1998
ARES RES	7,2 MW, YİD (12x500 KW Vestas türbin)	Alaçatı-Çeşme	Güçbirliği	28 Kasım 1998
Bozcaada RES	10,2 MW, YİD (17x600 KW Enercon türbin)	Bozcaada- Çanakkale	Demirer ve Enercon	25 Haziran 2000
Sanjüt	1,2 MW Otoprodüktör (2x600 KW Enercon türbin)	İstanbul- Çatalca- Hadımköy	SANJÜT Suni Jüt San ve Tic AŞ	Kasım 2003
Bandırma RES	30 MW, (20x1,5 MW, GE 1,5 se)	Bandırma- Erikli- Dutlیمان-Sahil Yenice Köyleri	Bilgin Enerji Şirketler Grubu	Mayıs 2006

Tablo 1.6 Rüzgâr Santrallerinin Enerji Üretimleri

Santral Adı	Delta Plastik 1,5 MW OTOP	ARES RES 7,2 MW, YİD	Bozcaada RES 10,2 MW, YİD	SANJÜT 1,2 MW, OTOP	Bandırma RES 30 MW	Toplam KWh
1999 Yılı Enerji Üretimi KWh	4.281.273	16.208.290	--			20.489.563
2000 Yılı Enerji Üretimi KWh	4.078.959	15.346.070	13.964.000 (25.6.2000’den itibaren)			33.389.029
2001 Yılı Enerji Üretimi KWh	5.144.728	17.705.730	39.498.360			26.800.318
2002 Yılı Enerji	3.863.908	13.447.486	30.508.440			47.819.834

Üretimi KWh						
2003 Yılı Enerji Üretimi KWh	5,100.000	17.560.000	38.900.000			61.400.000
2004 Yılı Enerji Üretimi KWh	--	17.850.000	34.190.000			57.700.000
2005 Yılı Enerji Üretimi KWh	--	6.990.000 (4 aylık)	24.690.000 (9 aylık)			31.680.000
2006 Yılı Enerji Üretimi KWh	--	--	--	15 yıllık lisansla öngörülen 2.430.000 KWh/yıl	20 yıllık lisansla öngörülen 120.000.000 KWh/yıl	

Rüzgâr enerjisinin mekanik uygulamalarından olan su pompalama sistemleri ise özellikle Batı Anadolu bölgesinde küçük ölçekli sulama işlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. İhtiyaç sahipleri tarafından yerel imkânlarla tasarımı yapılarak imal edilen bu sistemler çok kanatlı, yatay eksenli, piston pompalı ve düşük verimlidir. Küçük atölye imkanları ile imal edilen bu sistemler çoğunlukla kısa süre işletildikten sonra devre dışı kalmaktadır (Ural vd., 2006).

1.2.1.1. Rüzgâr Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları

Rüzgâr enerjisinin sağlayacağı faydalar, aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Rüzgâr bedavadır, tükenmez ve boldur.
- Düşük maliyetlidir.
- Temiz enerjidir, karbondioksit emisyonlarına yol açmaz.
- Yakıt fiyatlarının karasızlığına karşı koruyucu olabilir.
- Kaynak güvenliği sebebiyle ithal yakıtlara olan bağımlılığı azaltır.
- Modülerdir ve çabuk kurulur.

- Çift yönlü arazi kullanımına uygundur.

Rüzgâr enerjisi temiz bir teknolojidir, ancak bazı yan etkileri de vardır. Rüzgâr türbinlerinin kullanımına bağlı olarak görülebilecek bu etkiler; görüntü rahatsızlığı, arazi kullanımı, gürültü, elektromanyetik girişim ve kuşlara olan etkidir.

Rüzgâr santrallerinin en çok tartışılan çevresel etkisi türbinlerin görsel ve onları çevreleyen manzara olan etkisidir. Makinelerin uyumlu yerleşimi bu yüzden büyük önem taşımaktadır.

Rüzgâr santralleri geniş bir arazi üzerinde belli aralıklarla yerleştirilmiş birçok türbinden meydana gelir. Bu sebeple rüzgâr santralleri iki yönlü arazi kullanımına uygundur. Hesaplamalar arazinin ancak %1'inin rüzgâr türbinleri tarafından kullanıldığını göstermektedir. Arazinin %99'unun ise tarımsal amaçlar için veya doğal alanlar olarak kullanımına devam edilebilir.

Rüzgâr türbinleri, mekanik ve aerodinamik olmak üzere iki ayrı gürültü çıkarır. Modern rüzgâr türbin tasarımları mekanik gürültüyü önemsiz kılacak şekilde üretilmektedir. Dönen kanatların çıkardığı ritmik hışırtı sesi şeklindeki aerodinamik gürültünün azaltılması için de, optimum kanat tasarımı ile ilgili çalışmalar sürdürülmektedir. 1 MW'lık bir rüzgâr türbininden 300 metre uzaklıkta gürültü seviyesinin 45 dB olması beklenmektedir.

Rüzgâr enerji dönüşüm sistemlerinin dönen kanatları, radyo, televizyon, uydu servisleri, radarlar gibi elektromanyetik iletişim cihazlarının kullanımında girişime (electromagnetic interference) yol açabilir. Bu sebeple rüzgâr santrallerinin kurulacağı yerlerde mevcut telekomünikasyon sistemler üzerine olası etkiler incelenmelidir.

Kule veya kanatlarla çarpışma sonucu kuşların ölmesi veya türbinler çevresindeki kuş dinlenme veya beslenme yerlerinin bozulması da, özellikle doğal yaşam alanlarına yakın yerlerde sorun olabilmektedir. Bu etki daha çok bazı eski rüzgâr santrallerinde görülmüştür. Almanya ve Danimarka'da kazanılan deneyimler, uygun planlamalarla bu etkilerden kaçınılabileceğini göstermektedir (Ural vd., 2006).

1.2.2. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi güneşin çekirdeğinde yer alan ve hidrojen gazını helyuma dönüştüren füzyon reaksiyonu sonucunda ortaya çıkan çok güçlü bir enerji kaynağıdır. Bu reaksiyonda ortaya çıkan enerji radyasyon yoluyla uzaya yayılmaktadır. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü insanlığın bütün enerji ihtiyacını fazlasıyla karşılayabilecek miktardadır. Güneş

enerjisi çeşitli dalga boylarında bir enerji türü olup her türlü termal uygulamalar için sabit sıcaklıkta siyah bir cisim olarak kabul edilebilir.

Güneş enerjisi bilinen en eski birincil enerji kaynağı olup konvansiyonel enerji kaynaklarının tamamı doğrudan veya dolaylı olarak güneş enerjisinden kaynaklanmaktadır. Güneş enerjisi güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisidir. Dünyada güneş enerjisinden yararlanmak için en elverişli alanlar Ekvatorun 35 derece kuzey ve güney enlemleri arasında kalan kuşakta yer almaktadır. Güneşi az olan Kuzey Avrupa ülkeleri de dahil olmak üzere pek çok sanayileşmiş ülkede olduğu gibi gelişmekte olan veya az gelişmiş ülkelerde de güneş enerjisinin pratik uygulamalarına ilişkin çalışmalar ulusal enerji planlamalarında öncelikli bir ağırlığa sahip olmaktadır (Ural vd., 2006).

Günümüz koşullarında yoğun bir şekilde kullanıldığından, birincil enerji kaynaklarının giderek azalması ve diğer enerji kaynaklarının üretim, taşınım sorunu olması, bu sorunları taşımayan temiz ve sonsuz enerji kaynağı olan güneş enerjisinin önemini ortaya çıkarmıştır. Güneşin Dünya'ya ışıyım yolu ile aktardığı güç 178.000 TW (milyar kilowatt)'dır. Ancak, bu gücün 62.000 TW'lık bölümü Dünya yüzeyinden yansımakta, 76.000 TW'lık bölümü ise, Dünya'dan uzaya yayılmaktadır. Güneş enerjisi, kollektörler ve ısı pompaları yardımıyla ısı enerjisine, güneş pilleri yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülür (Şen, 2003).

Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir.

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966–1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ısınım şiddeti verilerinden yararlanılarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin 2640 saat (günlük toplam 7.2 saat), ortalama yıllık toplam ısınım şiddetinin 1311 kWh/m²-yıl olduğu tespit edilmiştir. Bu verilerin değerlendirilmesi ile Türkiye'nin bir yılda 26.4 milyon TEP termal, 8.8 milyon TEP elektrik enerjisi teknik potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. (Kıyıkım, 2007).

Tablo 1.7 Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli (EİE-2006)

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ(Saat/Ay)
	(Kcal/Cm ² -Ay)	(Kwh/M ² -Ay)	
OCAK	4,45	51,75	103
ŞUBAT	5,44	63,27	115
MART	8,31	96,65	165
NİSAN	10,51	122,23	197
MAYIS	13,23	153,86	273
HAZİRAN	14,51	168,75	325
TEMMUZ	15,08	175,38	365
AĞUSTOS	13,62	158,4	343
EYLÜL	10,6	123,28	280
EKİM	7,73	89,9	214
KASIM	5,23	60,82	157
ARALIK	4,03	46,87	103
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308 cal/cm²-gün	3,6 KWh/m²-gün	7,2 saat/gün

Türkiye'nin en fazla güneş alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz bölgesi izlemektedir.

Tablo 1.8 Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı

Bölge	Toplam Ortalama Güneş Enerjisi kWh/m ² -Yıl	En Çok Güneş Enerjisi (Haziran) kWh/m ²	En Az Güneş Enerjisi (Aralık) kWh/m ²	Ortalama Güneşlenme Süresi Saat/Yıl	En Çok Güneş Enerjisi (Haziran) Saat	En Az Güneş Enerjisi (Aralık) Saat
Güneydoğu Anadolu	1.460	1.980	729	2.993	407	126
Akdeniz	1.390	1.869	476	2.956	360	101
Doğu Anadolu	1.365	1.863	431	2.664	371	96
İç Anadolu	1.314	1.855	412	2.628	381	98
Ege	1.304	1.723	420	2.738	373	165
Marmara	1.168	1.529	345	2.409	351	87
Karadeniz	1.120	1.315	409	1.971	273	82

Buna göre genel olarak Türkiye'nin en çok ve en az güneş enerjisi üretilen ayları sırası ile haziran ve aralık olmaktadır. Bölgeler arasında ise öncelikle Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz sahilleri gelmektedir. Güneş enerjisi üretiminin yok denecek kadar az olduğu Karadeniz bölgesi dışında yılda birim metre kareden 1.100 kWh'lik enerji üretilir ve toplam güneşli saat miktarı ise 2.640 saattir. Buna göre Türkiye'de toplam olarak yıllık alınan enerji miktarı ise yaklaşık 1015 kW saat kadardır. Ancak, bu değerlerin, Türkiye'nin gerçek

potansiyelinden daha az olduğu, daha sonra yapılan çalışmalar ile anlaşılmıştır. 1992 yılından bu yana EİE ve DMI, güneş enerjisi değerlerinin daha sağlıklı olarak ölçülmesi amacıyla enerji amaçlı güneş enerjisi ölçümleri almaktadırlar (Varınca, 2006).

Türkiye’de güneş enerjisi çoğunlukla sıcak su elde etmekle kullanılmakta olup, bu amaç için kurulu olan güneş kollektörü miktarı, 2004 yılı verilerine göre, 10 milyon m² civarındadır. Çoğu Akdeniz ve Ege bölgelerinde kurulmuş olan bu sistemlerin üretildiği sektörde halen 100’den fazla üretici firma mevcuttur. Bu firmalarda takriben 200 kişinin istihdam edildiği tahmin edilmektedir.

Güneş kollektörleri kullanılarak elde edilen ısı enerjisinin birincil enerji tüketime katkısının yıllara göre değişimi, Tablo 1.9’da gösterilmiştir.

Tablo 1.9 Türkiye’de Güneş Kollektörleri Yardımı ile Elde Edilen Enerji Miktarı Tahmini

Yıl	Güneş Enerjisi retimi (bin TEP)
1998	210
1999	236
2000	262
2001	290
2004	375

Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir. Isı(doğrudan ısı kullanımı ve ısıdan elektrik) ve doğrudan elektrik (Güneş Pilleri/Fotovoltaik Piller/PV).

Güneş enerjileri ısı teknolojileri erişilebilen sıcaklık dereceleri ve aynı zamanda kullanılan toplama sistemleri açısından üç grupta toplanabilir.

a) Düşük sıcaklık uygulamaları (100 C’den az): Bu uygulamalar düzlemsel güneş kollektörleri sayesinde gerçekleşir. Bu kollektörler güneş enerjisini ısı olarak toplayan ve bu enerjiyi su ya da hava gibi bir akışkana ısı olarak aktaran sistemlerdir. Daha çok konut ve iş yerlerinde sıcak su elde etmek amaı ile kullanılır ve güneş enerjisinin Türkiye’deki en yaygın kullanım şeklidir. Bu sistemlerde erişilen maksimum sıcaklıklar 65-75 C civarındadır. Düzlemsel güneş kollektör sistemleri cam ya da benzeri bir malzemeden yapılan st örtü güneş enerjisini toplayan güneş enerjisi seçiciliğini çoğaltan bir madde veya boya ile kaplanmış plaka veya metal ya da plastik malzemeden yapılmış borular ve bunların arka ve

yan bölümleri izole edilmiş bir kasadan, ayrıca ısınan suyun toplandığı depo ve bu iki kısım arasında bağlantıyı sağlayan yalıtımlı borular, pompa ve kontrol edici gibi sistemi tamamlayan elemanlardan meydana gelmektedir. Düzlemsel güneş kolektörleri kullanılacak bölgenin enlemine bağlı olarak güneş enerjisini maksimum seviyede değerlendirecek şekilde sabit bir açıyla yerleştirilir.

Güneş enerjisinin düşük sıcaklıkta ısı yoluyla toplanmasında kullanılan diğer bir toplayıcı çeşidi de güneş havuzlarıdır. Söz konusu düzenekler büyük çapta enerji toplamaya elverişli olup merkezi sistemler için uygundur.

Konut ısıtma, ürün kurutma ve seralarda güneş enerjisinin düşük sıcaklıklardaki tipik uygulamalarıdır.

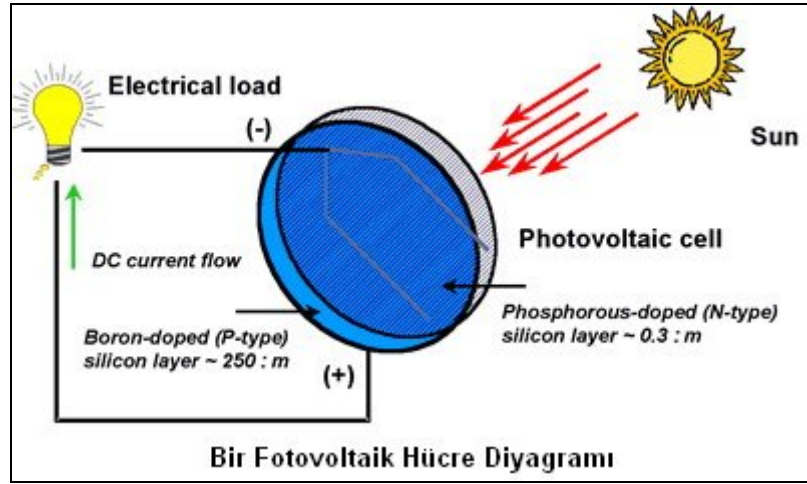
b) Orta sıcaklık uygulamaları (100-350 °C arası): vakumlu güneş kolektörleri aracılığıyla gerçekleşen bu uygulamalar için vakumlu cam borular veya yüzeye gelen enerjiyi arttırmak için metal ya da cam yansıtıcılar kullanılır. Elde edilen sıcaklık yüksek olduğu için yiyecek, dondurma, bina soğutma gibi alanlarda kullanılabilir.

c) Yüksek sıcaklık uygulamaları(350 °C'den daha yüksek sıcaklık): güneş enerjisinden yüksek sıcaklık elde etmek için iki eksende güneşi izleyen çok sayıda aynadan meydana gelen güneş fırınları ya da merkezi toplayıcı güneş kuleleri kullanılmaktadır. Tek tek yönlendirilmiş "Heliostat" adı verilen aynalar güneş enerjisini bir kule üzerindeki sabit noktaya toplamaktadır. Güneş fırınları ve güneş kuleleri elektrik üretimi ve madenlerin eritimi amacıyla kullanılabilir.

1.2.2.1. Güneş Pilleri(Fotovoltaik Piller)

Güneş pilleri, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilebilir. Güneş pillerinin çalışmasındaki ana prensip, fotovoltaik dönüşümdür. Yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Pilin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Güneş enerjisi, pilin yapısına bağlı olarak %5 ile %20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir.

Güç çıkışını arttırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş pili modülü ya da fotovoltaik modülü adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirine seri ya da paralel bağlanarak birkaç Watt'tan megaWatt'lara kadar sistem oluşturulur.



Şekil 1.4 Bir Fotovoltaik Hücre Diyagramı

İlk güneş pillerinin ortaya çıkışı kırk yıl öncesine dayanır. Ticari anlamda bu noktaya gelinceye kadar geçen süre çok daha öncelerde başlanan araştırmalara dayanmaktadır. İlk güneş pilini 1839 yılında Fransız fizikçi Edmond Becquerel tarafından bulunmuştur.

Güneş pilleri teknolojisiyle ilgili günümüzde kullanılan hâlini alıncaya kadar çeşitli çalışmalar, araştırmalar yapılmış ve çeşitli modeller elde edilmiştir. Bunlar: Silisyum Kristalleri, Galyum Arsenit, Amorf Silisyum, Kadmiyum Tellürid, İndium Diselenid'dir.

Fotovoltaik piller, bilinen diğer pillerin aksine enerji depolamakta değil enerji üretmekte yani enerji dönüştürmekte kullanılır. Fotovoltaik pillerin çalışması, güneş ışığının kullanımına dayandığı için elektrik enerjisi gündüz sağlanır. Güneş ışığının yetersiz olduğu zamanlarda da, örneğin gece, modüllere akü ya da başka bir enerji kaynağının ilave edilmesi ile istenilen zamanda güneş pillerinden yararlanılabilir. Böylece; kullanımda daimilik sağlanmış olur.

Güneş pilleri pek çok farklı madde kullanılarak üretilebilir. Bunların en çok kullanılanları; kristal silisyum, galyum arsenit, amorf silisyum, kadmiyum tellürid ve bakır indiyum diselenittir.

Kristal Silisyum: Önce büyütülüp sonra 200 mikron kalınlıkta ince tabakalar hâlinde dilimlenen Tekkristal Silisyumbloklardan üretilen pillerdir. Laboratuar şartlarında %24, ticari modüller de ise %15'in üzerinde verim elde edilir. Çok kristalli silisyum güneş pilleri ise daha ucuz üretilmekte, ancak bunların verimleri daha düşük olmaktadır.

Galyum Arsenit (GaAs): Bu malzeme kullanılarak da laboratuarda %24 ve %28 verim elde edilmektedir. GaAs güneş pilleri uzay uygulamalarında ve optik yoğunlaştırıcı sistemlerde kullanılmaktadır.

Amorf Silisyum: Bu pillerden elde edilen verim %10 dolayındadır. Daha çok küçük elektrikli cihazlarda güç kaynağı olarak, binalarda yarı saydam cam yüzeyleri olarak, bina dış koruyucusu ve enerji üreticisi olarak kullanılabilir.

Kadmiyum Tellürid(CdTe): CdTe kullanılarak güneş pili maliyetinin çok aşağılara çekileceği tahmin edilmektedir. Laboratuvar şartlarında %16, ticari modülerde ise %7 civarında verim elde edilmektedir.

Bakır İndiyum Diselenid (CuInSe₂): Bu pilde, laboratuvar şartlarında %17,7 ve prototip bir modülde ise %10,2 verim elde edilmiştir (Ural vd., 2006).

Son yıllarda laboratuvar ortamında geliştirilmiş olan çok katlı güneş pilleri ile %33 verime ulaşılmıştır. Teorik olarak ulaşılabileceği tahmin edilen verim ise %40'tır.

Ayrıca son teknolojiye göre üretilen güneş kristalli Titanyum Dioksit pilleri, polimer yapılı plastik piller ve güneş spektrumunun çeşitli dalga boylarına uyum sağlayacak şekilde üretilebilen enerji bant aralığına sahip Kuantum güneş pilleri, Si güneş pillerine kıyasla aynı verime sahip, üretimi daha kolay ve ucuz olması nedeniyle Si güneş pillerinin yerini alabileceği düşünülmektedir.

Güneş Pillerinin Kullanılması: 1980 ve 1990'lı yıllarda güneş pilleri, ulusal elektrik şebekesinden uzak kırsal bölgelerde güç sistemlerinde, sinyalizasyon, hesap makineleri ve oyuncaklar gibi az güç gerektiren alanlarda kullanılıyordu. 90'lı yılların ortalarında binalara entegre edilerek veya ulusal elektrik şebekesine güç verecek şekilde üretilmeye başlanmıştır.

Güneş pili sistemleri şebekeden bağımsız olarak kullanılabilmesi gibi, uygulamaya bağlı akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte de kullanılabilirler.

Güneş pili sistemlerinin şebekeden bağımsız olarak kullanıldığı alanları şöyle sıralayabiliriz:

1. Haberleşme istasyonları, kırsal radyo, telsiz ve telefon sistemleri,
2. Petrol boru hattının katodik korunması,
3. Metal yapıların (köprü, kule vb.) korozyondan korunması,
4. Elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümler, hava gözlem istasyonları,
5. Bina içi ve dışı aydınlatmaları,
6. Yerleşim yerlerinden uzaktaki evlerde elektrikli aygıtların çalıştırılması,
7. Tarımsal kullanım ya da ev kullanımı amacıyla su pompası,
8. Orman gözetleme kuleleri,

9. Deniz fenerleri,
10. İlk yardım, alarm ve güvenlik sistemleri,
11. Deprem ve hava gözlem istasyonları,
12. İlaç ve aşı soğutma.

Güneş pili sisteminin akülerle ya da elektronik destek devreleriyle birlikte kullanımı ise; yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan yerlerde jeneratöre yakıt taşımanın zor ve pahalı olduğu durumlarda ve özellikle güneş ışığının yetersiz ya da olmadığı zamanlarda gün içinde üretilen enerjinin akülerle depolanması şeklinde olur.

Güneş Pillerinin Türkiye ve Dünyadaki Durumu: Güneş pilleriyle ilgili yapılan çalışmaların tarihi yaklaşık yüzyıl öncesine dayanır. Yapılan çalışmalar ve araştırmalar sonucunda günümüzde güneş pillerinin kullanım alanları genişlemiş ve temiz enerjiye duyulan ihtiyacın artmasıyla da kullanımı genişlemiştir.

1998-2005 yılları arasında her yıl %35 artışla güneş pili sistemlerini kümülatif kurulu gücü 2000 yılında 1200 MW'dan 5000 MW güce ulaşmıştır. Avrupa güneş pili pazarının boyutu 2005 yılında 5 milyar Euro civarında olmuştur.

Dünyada yaygınlaşan PV uygulaması, Yapı Bileşik güneş ve pili modülleri ile evin ya da küçük binaların elektrik ihtiyacını karşılanmasını hedefler. Bu tür uygulamalar çatı ve binanın uygun bir yüzeyine yerleştirilmiş ünitelerle sağlanır. Örneğin Almanya'nın güneyinde yıllık 2700 KWh elektrik üretim sağlanmakta, bu da enerji verimli bir evin bütün elektrik ihtiyacını karşılamaktadır. Bu uygulamalar, Amerika'da 1 milyon çatı, Japonya'da 70 000 çatı, Almanya'da 100.000.000 çatı gibi projeler altında yaygınlaştırılmaktadır.

Tablo 1.10 Dünyada Güneş Pili Üretiminin Gelişimi 1996-2005 (MWp).

Ülke	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Japonya	21,20	35,00	49,00	80,00	128,60	171,22	251,07	363,91	604	635
Avrupa	18,80	30,40	33,50	40,00	60,66	86,38	135,05	193,35	329	397
ABD	38,85	51,00	53,70	60,80	74,97	100,32	120,60	103,02	138	119
Çin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116
Diğer Ülkeler	9,75	9,40	18,70	20,50	23,42	32,62	55,05	83,80	38	133
Toplam	88,60	125,80	154,90	201,30	287,65	390,54	561,70	744,08	1100	1400

Dünya çapında 2025 yılı itibariyle 433 000 MW PV kurulu gücüne ulaşılması beklenmektedir. Bir hane için 3 KW güç ortalama olarak temin edilecek ve bu yılda 290 milyon insanın şebeke bağlantılı olarak 1,6 milyon insanın da izole olarak güneş pilinden kendi ürettiği elektriği kullanıyor olmasını sağlayacaktır.

Türkiye’de ise hâlen çeşitli alanlarda kullanılan güneş pili kurulu gücü 300 KW civarındadır. Ortaya koyulan bu rakamlara göre Türkiye’nin güneş pilinden elektrik elde etme oranı dünya çapında üretilene göre oldukça aşağılarda kalmaktadır. Bu yüzden güneş pillerinden elektrik elde edilmesinin teşvik etmek amacıyla çeşitli projeler geliştirilmiştir.

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) ile ortaklaşa yapılan bir projede 2 W’luk güneş pili modülü imal edilmiştir ve bu konuda bilgi birikimi sağlanmıştır.

Güneş pilleri aydınlatma projesinde çevre aydınlatmasında kullanılmak üzere bağımsız birimler geliştirilmiştir ve tam sinüs üreten inverter kullanılarak lambanın ömrü arttırılmıştır.

Mobil PV sistemi projesinde ise; 576 W toplam gücündeki güneş pili modülleri, 1 kVA inverter, kontrol birimi ve 65 Ah’lik kuru aküden oluşturulmuştur.

PV trafik ikaz sistemi projesinde, karayollarında trafik ikazı için kullanılabilecek olan güneş pili sistemi tasarlanmıştır.

Güneşi takip eden bir sistem ile yapılan çalışmada ise, 16 ay boyunca alınan ölçümler sonucunda gelen güneş enerjisinden faydalanma oranı % 23 civarında olmuştur.

Son yıllarda akü masraflarının yüksek olmasından ve elektrifikasyonun büyük ölçüde sağlanmasından dolayı şebeke bağlantılı sistemlere yönelim artmıştır. 2 Haziran 1998’de Türkiye’de ilk kez Didim Güneş ve Rüzgâr Araştırma Merkezi’nde 4,8 KWp’lik şebeke bağlantılı güneş pili sistemi kurulmuştur. Sistemin günlük ortalama ürettiği enerji, 15-20 KWh civarında olmuştur.

Son olarak 5 KWp’lik şebeke bağlantılı güneş pili sistemi EİE (Elektrik İdaresi Enstitüsü) kampüsünde bulunan bir binanın çatısına monte edilmiş olup, enerji evin şebekesine verilmektedir. 15 Mart 2006’dan itibaren çalışmaya başlayan sistem günlük yaklaşık 16 KWh civarında enerji üretmektedir.

1.2.2.2. Güneş Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları

Güneş enerjisinin doğrudan güneşten gelen ışığı kullanması, doğal ısıtma ve soğutma sistemleri kullanarak binaların gereksiz ve aşırı ticari enerji tüketimlerini önlemesi, çevre değerlerini koruması, çevreye verilen zararları en aza indirmesi doğal ve sağlıklı zararsız

malzemeler kullanması, ekonomik olması ve dışa bağımlı olmaması gibi özellikler güneş enerjisinin avantajları arasında sayılabilir.

Yukarıda sayılan avantajlarla birlikte bu enerji türünün kesik ve değişken olması, dağınıklığı ve çoğu zaman enerji çevrim teknolojilerinin yeterince gelişmemiş olması gibi dezavantajları da vardır. Güneş enerjisinden elektrik üretimi için ilk yatırım maliyetinin alışılmış kaynaklara göre oldukça yüksek olması da diğer bir dezavantajdır (Ural vd. 2006).

1.2.3. Biyokütle Enerjisi

Kaynağı tarım ve orman ürünleri, bitkisel atıklar, deniz bitkileri, endüstriyel ve evsel atıklar olan biyokütle, ekonomik ihtiyaçlara cevap verebilen çevreyi tahrip etmeyen yenilenebilir ve yerli bir enerji kaynağıdır. Biyokütle enerjisi alternatif enerji kaynakları içerisinde büyük bir potansiyele sahip olup rüzgâr ve güneş gibi kesikli değil sürekli enerji sağlayabilen bir kaynaktır. Biyokütle enerjisi üretim yöntemine göre klasik ve modern olmak üzere ikiye ayrılır. Klasik biyokütle enerjisi konvansiyonel ormanlardan elde edilen odunun, bitki ve hayvan atıklarının (özellikle tezek) çoğunlukla ısınma ve pişirme amacıyla doğrudan yakılması; modern biyokütle ise odun, tarımsal ürünler, tarımsal atıklar ve organik atıkların fermantasyon, esterifikasyon, gazlaştırma, piroliz gibi modern tekniklerle değerlendirilmesi sonucu ısı, elektrik, sıvı ve gaz yakıt edilmesidir Ural vd. (2003).

Biyokütle dünya genelinde ağırlıklı ortalama alındığında % 65 selülozdan, % 17 hemiselülozdan, % 17 ligninden ve % 1 de karbonhidrat, yağ ve proteinlerden oluşmaktadır. Biyokütleden oluşan gazlar da oluşma ortamına göre adlandırılır; deponilerde oluşana deponi gazı; arıtma tesisinde oluşana arıtma çamuru gazı; hayvan dışkılarından, bitki atıklarından, biyoorganik atıklardan, bitki külesinden oluşturulan gazlara da biyogaz demek mümkündür. Burada oluşan gazların bileşimi ve özellikleri birbirine çok yakındır. Ana bileşeni metan olan bu gazlar ya doğrudan yakılarak kullanılmakta ya da gaz motorları sayesinde elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Çeşitli bitkilerden biyo yakıt üretmek konusunda yapılan çalışmalar da artmaktadır. Biyoyakıtların verimleri birim alana ekilen bitkiden elde edilebilecek biyoetanol üzerinden değerlendirilir (Erdin vd. 2002). Çeşitli bitkiler için ortalama değerler aşağıdaki Tablo 1.11’de verilmiştir:

Tablo 1.11 Çeşitli Bitki Türleri İçin Biyoyakıt Verimi

Bitki Türü	Biyoyakıt Verimi (1 biyoetanol/ha)
Şeker Pancarı	6000
Patates	5000
Topinambur	5000
Mısır	2300
Buğday	2000
Hardal Otu	1350

Çöplerin depolanması sonucunda elde edilen ve “landfill” gaz olarak adlandırılan çöp gazı, %60 oranında metan ihtiva eden önemli bir enerji kaynağıdır. Kuzey ülkelerinde, Pakistan’da, Tayland’da, Malezya’da vb. birçok ülkede çöp santralleri vardır. Ayrıca Hollanda’nın Amsterdam şehrinde günlük yakma kapasitesi 3000 ton olan her biri 45 MW gücünde iki adet santral vardır. ABD elektrik üretiminin %4’ünü, İsveç %14’ünü, Avustralya ise %10’unu biyomas(biyokütle) kaynaklı enerji tesislerinden sağlar. 21. yüzyıl için bu oranların dünya elektrik üretiminin %10’una ulaşacağı tahmin edilmektedir. Son yıllarda, Türkiye’de de yurtdışındaki uygulamalara benzer olarak bazı belediyelerde şehir çöplerinin değerlendirilmesi amacıyla çöp santralleri tesis etmek için çalışmalara başlamıştır. Yap-İşlet-Devret modeli ile yapılmak istenen toplam 17 86,25 MW gücünde beş adet çöp santrali projesi vardır. İzmit Belediyesi’nin bir çöp santrali de devreye girmiştir (Şen, 2003).

Türkiye biyokütle materyal üretimi açısından, güneşlenme ve alan kullanılabilirliği, su kaynakları, iklim koşulları gibi özellikleri uygun olan bir ülkedir. Türkiye’de, kültürel yetiştiriciliğe ve gıda üretimi dışında fotosentezle kazanılabilecek enerjiye bağlı olarak biyokütle enerji brüt potansiyeli teorik olarak 135–150 Mtep/yıl kadar hesaplanmakla birlikte, kayıplar düşüldükten sonra net değer 90 Mtep/yıl olacağı varsayılmaktadır. Ancak, ülkenin tüm yetiştiricilik alanlarının yıl boyu yalnızca biyokütle yakıt üretim amacıyla kullanılması olanaklı değildir. Olabilecek en üst düzeydeki yetiştiriciliğe göre teknik potansiyel 40 Mtep/yıl düzeyinde bulunmaktadır. Ekonomik sınırlamalarla 25 Mtep/yıl değeri, Türkiye’nin ekonomik biyokütle enerji potansiyeli olarak alınabilir (Kıyıkım, 2007).

Ülkemizde önemli bir biyokütle enerji kaynağını da tarımsal ürünler oluşturmaktadır. Türkiye’de 1997 yılı itibarıyla buğdayın 9.34 milyon hektar (ha) alanda üretimi yapılmakta ve yılda 18.650 milyon ton buğday elde edilmektedir. Arpada bu değer yılda 8.2 milyon ton

olmaktadır. Yulaf, çavdar, pirinç ve kuşyeminde (canary grass) ise sırasıyla 280 000, 235 000, 165 000 ve 275 ton ürün sağlanmaktadır.

Türkiye için hububat bitkilerinin katı artık miktarı ise, sap-dane oranları dikkate alındığında, toplam 39.21-52.28 milyon ton olmaktadır. Mısır bitkisi 545 bin ha alana ekilmekte ve yılda 2.080 milyon ton ürün elde olunmaktadır. Artık miktarı ise, 3.8-4.75 milyon ton kadardır. Şeker pancarı ve patatesin yıllık üretim miktarları 18.552 ve 5.10 milyon tondur. Elde edilebilecek artık miktarları ise, şeker pancarında 1.34 - 1.45 milyon ton ve patatesten 522 - 617 bin ton olmaktadır. Yağlı tohumlar incelendiğinde, sırasıyla soya, aspir ve kolza bitkisinde üretim miktarları 40 000, 65 000, 10 000 ton olarak gerçekleşmiştir.

Ağaç (ve Peyzaj Bakımı) Artıkları: Bu gruba giren biyokütle bozulan bağlardan, ağaç korularından, eski ağaçlardan, zeytin, elma, armut ağaçlarından ve üzüm bahçelerindeki asmaların budanmasından elde olunur. Zeytin ağacı sayısı ülkemizde 95.7 milyon olarak tahmin edilmiştir. Bu alanda (120 ağaç/ha ve ağaç başına 5 kg kuru budama artığı varsayımıyla) 0.4784 milyon ton ağaç artığı olduğu tahmin edilmektedir. Özellikle, zeytin ağacının geniş yapıdaki gövde kenarlarından elde edilen artıkların katı yakıt olarak kullanımı, dünyada belirli bir pazara sahiptir. Ancak, bunun yarısı olan 0.2392 milyon ton civarında olan yapraklar ve küçük dallar enerji amacıyla kullanılmakta, fakat daha çok hayvanlara yem olarak verilmektedir. Bağcılıkta ülkemizde 545 000 ha alanda üretim yapılmaktadır. Üzüm budaması veya asmalarda 0.8175 milyon ton kuru artık tahmin edilmektedir (ha başına 1.5 ton asma üretimi varsayılarak). Bu artıkların büyük bir çoğunluğu kırsal alanlarda evlerin enerji gereksinimini karşılamak amacıyla kullanılır.

Biyokütlenin fiziksel özellikleri bir üründen diğerine farklılık göstermektedir. Karbon, hidrojen ve oksijen oranları sırasıyla % 41.78-47.80, % 4.63 - 6.40, % 40.77 - 45.46 arasında değişmektedir. Biyokütlerde kükürt oranının düşük olması bir avantaj oluşturmaktadır. Bunun yanında kül oranı (% 1.61 - 16.24) ve kalori değeri (16.50- 18.40 MJ/kg) bakımından, biyokütlenin özellikle linyit kömürlerine (% 18.59- 55.51 ve 5.50-14.50 MJ/kg) göre belirgin bir üstünlüğü vardır. Biyokütle linyite göre daha iyi kalorifik yakıt karakteristiğinin yanında, önemli sayılabilecek düzeyde düşük kükürt ve kül içeriğine sahiptir. Bunun yanında Türkiye'nin tüm elektrik üretiminin yaklaşık % 60'i kükürt ve kül içeriği yüksek olan linyitle çalışan termik santrallerden elde edilmektedir. Linyit elektrik üretiminde hidrolik enerjiden sonra % 28 ile ikinci sırayı almaktadır. Kurulu güç olarak kapasitesi ise 1980-1995 yılları arasında 1070 MW'dan 6048 MW'a çıkmıştır ve önümüzdeki yıllarda hızla artacaktır.

Biyokütle olarak, kuru bazda hesaplanan toplam artık miktarı ise 54.840 - 70.416 milyon ton hesaplanmıştır. Hububatın ancak % 80'inin kullanılabilirdiği ve nem oranının ortalama % 15 olduğu varsayılırsa, elektrik santrallerinde kullanılacak toplam biyokütle miktarı 37.292 – 47.883 milyon ton olmaktadır. Biyokütlenin (alt ısıl değeri ortalama 17.5 MJ/kg alınarak) yıllık enerji eşdeğeri 652.59 – 837.95 PJ (14.81 – 19.021 MTEP) bulunmaktadır. Bunun yanında, odundan enerji üretimi ise 242.819 PJ (5.512 MTEP) olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'de seçilen ürünlerden elde edilecek biyokütle enerjisi elektrik üretiminde kullanılan linyit (39.8 milyon ton) ve taş kömürünün (1.44 milyon ton) tümünün yerini alabilecek bir potansiyele sahiptir.

Türkiye'de atığı katı yakıt olarak kullanılan hayvanlar ise, genellikle süt sığırları, et sığırları, tavuk - horoz, koyun - keçi, at - eşek ve katırdır. Türkiye'nin bu hayvanlardan elde edebileceği yıllık atık miktarı, 10.849 milyon ton kuru madde (KM) kadardır. Hayvansal atıklardan elde edilecek enerji değerini biyogaz cinsinden inceleyecek olursak, 1 ton hayvansal atıktan 200 m³ biyogaz elde edilebilmektedir. 1 m³ biyogazın alt ısıl değeri Hu= 22.7 MJ'dür. Türkiye'nin biyogaz potansiyelinin 2.169 milyar m³ olduğu söylenebilir. Biyogaz potansiyelinin enerji eşdeğeri ise 49 PJ (1.117 MTEP) olmaktadır.

Yine kentler için yok edilmesi büyük sorun olan çöplerden enerji kaynağı olarak yararlanmamız olasıdır. Bu amaçla özellikle gelişmiş ülkelerde ve Avrupa Birliğine üye ülkelerde, çöpten elektrik enerjisi üreten termik santral kurulmuştur. Türkiye'de bu konuda Ankara'da 40 MW, İstanbul'da 125 MW ve İzmir'de 30 MW'lik çöp santrallerinin kurulması VII. beş yıllık kalkınma planlarında istenmiştir. Ayrıca 45 MW güçte ve net enerji üretimi 302 milyon kWh/yıl olacak Adana çöp santralinin sözleşmesi imzalanmıştır. Yine Ankara Mamak, Mersin, Bursa ve Tarsus'ta çöp santralleri ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Türkiye'de Devlet İstatistik Enstitüsünün (DİE) verilerine göre, 2027 belediyece günde toplanan çöp miktarı ortalama 57432.4 tondur. Bunun yıllık toplamı 21 milyon ton olmaktadır. Çöpler (ortalama alt ısıl değeri 15 MJ/kg varsayımıyla) 315 PJ (7.150 MTEP) enerji eşdeğeri bir potansiyel göstermektedir. Bitkisel, hayvansal atık ve çöp toplamında, Türkiye'nin yıllık biyokütle enerji potansiyeli incelenen kaynaklar bazında toplam 1259.409 – 1444.769 PJ (28.588 – 32.796 MTEP) olmaktadır. Tüm ürünler dikkate alındığında ise tahmini biyokütle potansiyeli 5947 PJ (~135 MTEP) dür. Bunun 2863 PJ (~65 MTEP) teknik ve ekonomik olarak değerlendirilmesi mümkün görünmektedir (Acaroğlu vd. 2007).

1.2.3.1. Biyokütle Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları

Biyokütle enerjisi gerek elde edildiği kaynakların çeşitliliği gerekse bunların bol bulunması ile gelecekte önemli bir enerji alternatifi görünmektedir. Biyokütle enerji kaynağı olmasının yanında erozyon, çölleşme, biyo çeşitliliğin korunması, ekosistem, toprak ıslahı, kırsal kalkınma konuları ile iklim değişikliği ve kuraklaşma ile mücadelede de önemli faktörlerden birisidir. Biyokütle enerjisinin kullanılmasıyla fosil yakıtlara oranla daha az karbondioksit, daha az asit yağmurları, daha az su kirliliği, atıkların tüketilmesi gibi olumlu sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

Biyokütlenin taşınmasının, hacmi sebebiyle masraflı ve zahmetli olması ve biyokütlenin enerjiye dönüşümündeki maliyetin yüksek olması bu enerji kaynağının en önemli dezavantajlarıdır.

1.2.4. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen, doğadaki en basit atom yapısına sahip bütün yıldız ve gezegenlerin temel maddesi olan bir elementtir. Hidrojen doğada saf hâlde bulunmaz. Ancak çeşitli yöntemlerle elde edilebilir. Bu sebeple yenilenebilir bir yakıttır. Bunun yanında yakıtlar içerisinde çevresel açıdan en temizidir. Hidrojen doğada bileşikler hâlinde bulunmaktadır ve en çok bilinen bileşiği sudur.

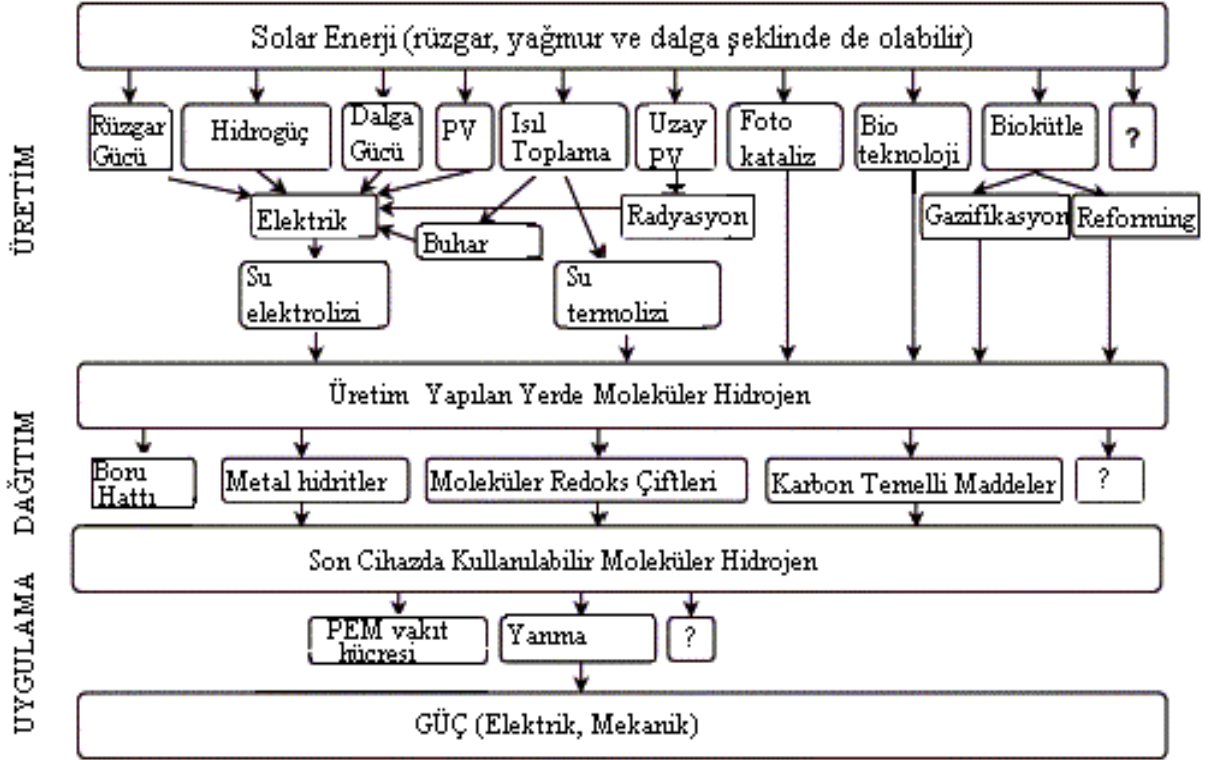
Hidrojenin yakıt olarak kullanılması hâlinde atmosfere atılan ürün sadece su ve su buharıdır. Bunun dışında çevreyi kirleticisi veya sera etkisini artırıcı hiçbir zararlı madde üretilmemektedir. Ayrıca hidrojen petrol yakıtlara göre ortalama 1,33 kat daha verimli bir yakıttır. Hidrojen kömür, doğalgaz gibi fosil kaynaklarının yanı sıra sudan, rüzgâr, dalga ve biyokütleden de üretilebilmektedir (Uyar, 2006).

Birincil enerji kaynakları kullanarak hidrojen üretilip bunun gereksinim duyulan yerlere iletilerek çeşitli yöntemlerle enerjiye çevrilmesine hidrojen enerji sistemi denir. Hidrojen yakıtının en önemli kullanım alanı ulaşım sektörü (otomobil, otobüs, uçak, tren ve diğer taşıtlar) olmaktadır. Hidrojen hâlen bir yakıt olarak uzay mekiği ve roketlerde kullanılmaktadır. Düşünülen diğer kullanım yerleri ise mobil uygulamalar (cep telefonu, bilgisayar vs) ve yerleşik uygulamalar (yedek güç üniteleri, uzak mekanlarda güç gereksinimi vs) dir.

Hidrojen enerji sistemi şu kısımlardan oluşur:

- Hidrojen üretimi
- Depolama ve iletim
- Enerji çevrimi

Hidrojen enerjisinin üretim, dağıtım ve uygulama basamakları aşağıdaki Şekil 1.5'te gösterilmektedir:



Şekil 1.5 Hidrojen Enerjisinin Üretim, Dağıtım ve Uygulama Basamakları

Hidrojen bir doğal yakıt olmayıp, birincil enerji kaynaklarından yararlanılarak su, fosil yakıtlar ve biyokütle gibi değişik hammaddelerden de üretilen sentetik bir yakıttır. Üretilmesi aşamasında buhar iyileştirme, atık gazların saflaştırılması, elektroliz, fotosüreçler, termokimyasal süreçler, radyoliz gibi alternatif birçok hidrojen üretim teknolojileri mevcuttur. Üretilen hidrojen boru hatları veya tankerler ile büyük mesafelere taşınabilir. Hidrojen enerjisinin kullanımında karşılaşılan en önemli sorunlardan birisi depolamadır. Hidrojenin depolama yöntemlerinden belli başlı olanları şu şekilde sıralanabilir:

a) *Dağıtım Sisteminde Depolama:* Hidrojen dağıtım sisteminde depolanması gaz veya sıvı şekilde olabilir. Gaz hidrojen depolanması genellikle doğal gazın tükendiği yeraltı mağaralarında yapılmaktadır. Hidrojenin diğer gazlara göre sızma özelliği daha çok olmasına

karşın bu teknik ile depolamada sızıntı problem oluşturmamaktadır. Hidrojenin sıvı olarak depolanmasında, sıvı hidrojen taşınım tanklarına benzer tanklar kullanılır.

b) Son Kullanımda Hidrojenin Depolanması: Araçlarda hidrojen kullanımında başlıca engel hidrojenin depolanmasıdır. Hidrojen gaz formunda oda sıcaklığı ve basıncında aynı eşdeğer enerji miktarına sahip bir gazdan 3000 kat daha fazla yer kaplar. Bu nedenle de hidrojenin araçta kullanımı için sıkıştırma, sıvılaştırma veya diğer teknikler gereklidir. Dört ana teknik mevcuttur. Bunlar sıkıştırılmış gaz, karyojenik sıvı, metal hidrit ve karbon adsorpsiyonudur. Kısa dönemde en uygulanabilir olanları ilk ikisidir.

c) Sıkıştırılmış Gaz Olarak Hidrojenin Depolanması: Bu depolama oda sıcaklığında yüksek basınca dayanıklı tankta yapılmaktadır. Sıkıştırılmış gaz depolamada tankın ağırlığına dolayısıyla tankın tipine bağlı olarak ağırlıkça %1-7 hidrojen depolanmaktadır. Daha hafif, dayanıklı ve ağırlıkça daha fazla hidrojen depolayabilen tanklar daha pahalıdır. Doldurma istasyonunda hidrojen gazının sıkıştırılması için yakıtın enerji içeriğinin %20'si kadarı harcanır.

d) Karyojenik (Dondurulmuş) Sıvı Depolama: Bu teknikte hidrojen atmosfer basıncında, 20 K'de oldukça iyi izole edilmiş tankta depolanmaktadır. Hidrojen sıvı şekilde olduğu için, eşdeğer ağırlıktaki gazolinden 3 kat fazla enerji içerir ve eşdeğer enerji içerdiği durumda da 2,7 kat fazla hacim gerektirir. Bu teknik tank ve izolasyon dahil ağırlıkça %16 hidrojen depolar. Ayrıca, sıvılaştırma yakıtın enerji içeriğinin %40'ı kadarını gerektirir. Diğer bir dezavantaj izolasyona rağmen tanka ısının sızmasıdır. Bu sızma sonucunda hidrojen kaynar. Ancak basınçlı tank kullanılarak bu problem çözülebilir ama bu da ağırlığı ve boyutu artırır.

e) Metal Hidrit Sistemi İle Depolama: Bu teknikte hidrojen granüler metallerin atomları arasındaki boşluğa depolanır. Bu amaçla çeşitli metaller kullanılmaktadır. Kullanım sırasında da ısıtma ile hidrojen salınır. Metal hidrit sistemleri güvenilir ve az yer kaplar, ancak ağırdır ve pahalıdır. Sıkıştırılmış gaz veya karyojenik sıvı depolamanın aksine metal hidrit yeniden doldurulmada çok az enerji gerektirir. Ancak yakıtın dışarıya salınımı için enerji harcanır.

f) Karbon Adsorpsiyon Tekniği: Bu teknik hidrojeni basınç altında oldukça gözenekli süperaktif grafit yüzeyine depolar. Bazı uygulamalarda soğuk ortam bazılarında oda sıcaklığı gereklidir. Mevcut sistem ağırlıkça %4 hidrojen depolar. Bu verimin %8'e çıkması beklenmektedir. Bu teknik sıkıştırılmış gaz depolamaya benzer, ancak burada

basınçlandırılmış tank, grafit ile doldurulur. Grafitler ek ağırlık getirmesine rağmen aynı basınçta ve tank boyutunda daha fazla hidrojen depolanabilmektedir.

Hidrojenin üretim, depolama ve taşınma basamaklarında karşılaşılan diğer bir husus da güvenlik sorunudur; çünkü hidrojenin yanıcı bir madde olması enerji güvenliği açısından oldukça önemlidir. Ne var ki hidrojen diğer yakıtlardan farklı güvenlik donanımı ve prosedürü gerektirse de onlardan daha fazla tehlikeli değildir. Dünyada hidrojen zaten petrol ve kimya endüstrisinde veya başka yerlerde güvenle kullanılmaktadır. Hidrojen güvenlik sıralamasında propan ve metanın (doğal gaz) arasındadır. Hidrojenin fiziksel özelliklerinden dolayı güvenlik karakteri diğer yakıtlardan oldukça farklıdır. Hidrojen düşük yoğunluklu olduğundan bir kaçak anında yer seviyesinde birikinti halinde kalmayarak atmosferde yükselir ve dağılır. Bu durumda iyi havalandırma uygulanarak güvenlik artırılabilir. Düşük yoğunluklu olması demek aynı zamanda belirli bir hacimde patlayan diğer yakıtlardan daha az enerji verecek demektir. Ayrıca hidrojen diğer yakıtlardan daha hızlı yayılır, böylece tehlike seviyesi de azalmış olur.

Gazolin veya doğal gaz ile karşılaştırıldığında hidrojenin patlama yapması için havada daha yüksek derişimde bulunması gerekir. Patlama için yakıt/hava oranı hidrojen için %13-18'dir ve bu oran doğal gazın sahip olduğu orandan 2 kat, gazolinin sahip olduğundan 12 kat büyüktür. Yakıtlar içerisinde hidrojen birim depolanan enerji başına en düşük patlama enerjisine sahiptir. Belirli bir hacimdeki hidrojen aynı hacimdeki gazolin buharından 22 kat daha az patlama enerjisine sahiptir.

Hidrojen temiz ve kokusuz olduğu için sızıntısı gazolin veya diğer yakıtlara göre daha az fark edilecektir. Hatta yanan hidrojenin alevi görülmez. Ancak sızıntı belirleme teknikleri vardır ve öncelikle de araştırılmaktadır. Ayrıca doğal gaza uygulandığı gibi kokulu bir maddenin veya renklendiricinin veya her ikisinin hidrojene eklenmesi yapılabilir. Ancak yapılacak herhangi bir ekleme saf hidrojenin çevresel açıdan temizliğini bozar.

Hidrojen enerjisi konusunda son yıllarda meydana gelen gelişmeler, 2010 yılından itibaren hızlanan bir süreç içinde hidrojenin özellikle ulaşım sektöründe diğer yakıtların yerine geçeceği bir geleceği işaret etmektedir. Bu vizyonda hidrojenin çeşitli üretim yerlerinden kullanım yerlerine ulaşması için gereken dağıtım altyapısı ve hidrojen istasyonları da yer almaktadır.

Hidrojenden şu yöntemlerle enerji elde edilir:

Yakma: Hidrojen benzin ve doğal gaz gibi yakılabilir. Benzin ve doğal gaza üstünlüğü emisyonlarının azlığıdır. Karbondioksit çıkmaz. Sadece benzin ve doğal gaza göre çok az

miktarda NOx çıkar. Askerî ve endüstriyel amaçlar için hidrojen gaz türbinleri ve arabalar için içten yanmalı motorlar geliştirilmektedir.

Yakıt pili: Yakıt pili elektrolizin tersidir. Hidrojen ve havadaki oksijen birleştirilerek elektrik akımı elde edilir. Özellikle otomobiller olmak üzere bütün uygulamalarda tercih edilen yöntemdir. Hidrojeni yakmaya göre daha verimlidir. Çevreye zararlı hiç emisyonu yoktur. Çeşitli yakıt pili tipleri vardır. Bunlar anot ve katot arasındaki elektrolit malzemeye göre farklılık gösterir.

Çok farklı işlemlerde (petrokimya sanayinde, amonyak ve diğer kimyasalların üretiminde ve metalurjide) kullanılmak üzere, her yıl dünyada 500 milyar m³'ten daha fazla hidrojen üretilmektedir. Bu da dünya enerji tüketiminin %1.5'u kadardır. Üretilen bu hidrojenin yaklaşık % 99'u fosil yakıtlardan (birincil olarak doğal gazdan) kimyasal üretimle ve geri kalanı da yenilenebilir kaynaklarından elde edilmektedir. Yenilenebilir kaynaklardan hidrojen üretimi bugünkü teknolojilerle oldukça pahalıdır; ucuzlaması yeni teknolojik gelişmelere bağlıdır. Diğer taraftan, yeni gelişmekte olan bir teknoloji alanı olan yakıt pillerinin, şu anda yüksek olan maliyet engelini aştıklarında, yüksek verimleri ve düşük kirletici emisyonları gibi avantajlarıyla yapı, sanayi ve ulaştırma sektörlerinde bugün kullanılmakta olan yakma sistemlerinin yerini alacakları öngörülmektedir. Bir kaç watt'tan megawatt düzeylerine kadar güç üretebilen ve sabit veya mobil uygulamaları olan yakıt pillerinde farklı yakıtlar kullanılabilir. Yakıt pillerinde yakıt olarak hidrojen kullanımının yararları ise oldukça fazladır. Avrupa Birliği ve birçok ülke öncelikli gördüğü bu alanda yürüttükleri teknoloji geliştirme ve iyileştirme faaliyetleri ile özellikle ulaşım araçlarında kullanılacak yakıt pillerinin geliştirilmesi yönünde çalışmaktadır.

Dünyada hidrojen üretim, depolama ve iletim teknolojileri, güvenlik ve çevresel etkiler, özellikle bir "enerji taşıyıcı ortam" olarak hidrojenin rolü, başta enerji ve ulaşım olmak üzere birçok farklı sektör dâhilindeki uygulamaları açısından incelenmektedir. Birçok gelişmiş ülkede kabul gören hidrojen ekonomisine geçiş doğrultusunda, hidrojenle ilgili teknoloji alanları için ulusal planlar, yol haritası oluşturabilmek için projeler ve yüksek bütçeli (milyon dolarlar mertebesinde) ulusal programlar hazırlanmakta, ilgili teknolojilerin geliştirilmesi ve uyarlanması için geniş kapsamlı yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Temel ve uygulamalı araştırma/endüstriyel geliştirme çalışmaları, üniversiteler, araştırma merkezleri, ulusal laboratuvarlar ve sanayi platformlarında koordine edilerek sürdürülmektedir. Avrupa Birliği Altıncı Çerçeve Programı'nda da yakıt pilleri ve hidrojen gibi enerji

taşıyıcı/depolayıcıları ile ilgili yeni teknolojiler, enerji araştırmaları için öncelik alanı belirlenmiştir (Tuncay vd.,2004).

İdeal bir yakıt konumunda olan hidrojenin, üretim, uygulama ve ekonomik yönlerinde karşılaşılan sorunların çözülmesi ile yaygın bir şekilde kullanılacağı açıkça görülmektedir. Bu alanda dünyada özellikle ABD, Japonya ve Almanya başta olmak üzere, bir çok ülkede yoğun araştırmalar sürmektedir. Yapılan çalışmalar, hidrojenin yaygın kullanımı için hâlen en büyük sorun olarak ortaya çıkan maliyet konusunun en geç 15 yıl içinde çözüleceğini ve hidrojen fosil yakıtlarla yarışabilecek duruma gelebileceğini göstermektedir.

Hidrojen yakıtının ilk kullanım alanlarından biri jet uçakları olup, bu konuda ilk olarak 1957 yılında yapılan denemelerden sonra yapılan çalışmalar artık ticari uygulama aşamasına gelmiştir. Dünya Enerji Ajansı Hidrojen Programı çerçevesinde yürütülen çalışmalarda, Airbus tipi uçakların yakıt olarak hidrojen kullanması 2007 yılında başlayacaktır. Sıvı hidrojen doğrudan veya dolaylı olarak motorları ve dış yüzeyi soğutmak için de kullanılabilirliği için, yüksek hızı süpersonik uçaklar için ideal bir yakıt olarak görülmektedir.

İzlanda da hükümet, üniversiteler, taşıma şirketleri, fabrikalar ve çok uluslu araba ve petrol şirketleri konsorsiyum oluşturmuş ve 2030 yılına kadar İzlanda'nın tamamen hidrojen ekonomisine geçmesini planlamışlardır. Bunlardan başka INTA solar hidrojen tesisi (İspanya), SAPHYS küçük ölçekli fotovoltaik-hidrojen enerji sistemi(İtalya, Almanya, Norveç) ve PHOEBUS pilot tesisi(Almanya) gibi birçok proje yürütülmektedir. Son yıllarda hidrojenin kara taşıtlarında kullanımına yönelik olarak hidrojen yakıtını kullanan araçlar gösterime girmiştir.

Türkiye'de hidrojen enerjisiyle ilgili çalışmalar 1990'lı yıllarda yoğunlaşmaya başlamıştır. Çeşitli üniversitelerde yapılan bilimsel çalışmalar ile özel sektördeki bazı şirketlerin konuyla ilgili girişimleri bu enerjiye olan ilgiyi arttırmıştır. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi tarafından Yakıt Pillerinin Yerli İmkânlarla Üretilmesi Projesini 2004'ün Kasım ayında başlanmıştır. Gebze'deki TÜBİTAK-MAM bünyesinde 2004'te kurulan Enerji Enstitüsünde yakıt pili teknolojileri, hidrojen teknolojileri ve araç teknolojileriyle ilgili birçok ileri araştırma yürütülmektedir.

1.2.4.1. Hidrojen Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları

Hidrojen enerjisinin en büyük avantajı kaynağının su olmasıdır. Dünyamızın 3/4'ü sularla kaplı olduğu düşünüldüğünde hidrojen enerjisi üretiminde herhangi bir kaynak sorunu yaşanmayacağı rahatlıkla söylenebilir. Hidrojen ayrıca kimyasal olarak doğal bir şekilde metal hidrür karışımları halinde de mevcuttur.

Hidrojen enerjisinin diğer enerji türleri ile karşılaştırıldığında görülebilecek önemli yararları da aşağıda özetlenmiştir.

- Çevre ile uyumludur. Hidrojen enerjisi kullanımı küresel ısınma, iklim değişikliği, asit yağmurları, ozon tabakasında delinme, vb. çevre sorunlarına sebep olmaz.
- Fosil yakıtların kaynakları sınırlıdır. Oysa hidrojen enerjisinin kaynak sorunu yoktur. Bu sebeple hidrojen sürdürülebilir, kalıcı ve verimli bir enerji sisteminin temeli olabilecek bir kaynaktır.
- Hidrojen enerjisi, fosil yakıtlardan dolayı oluşan çevre sorunlarını en aza indirecek ve bu sebeplerle ortaya çıkan sağlık giderlerini (sağlık sigortası primleri dâhil olmak üzere) azaltabilecektir.
- Özellikle petrol taşımacılığı sırasında ortaya çıkan petrol saçılması şeklindeki çevre kirliliğine son verecek ve bu alanda yapılması zorunlu çevre temizlemesi maliyetlerini azaltacaktır.
- Küresel ısınma kaynaklı doğal afet riskini (ve buna bağlı sigorta primlerini) azaltacaktır.
- Yaşam kalitesinin artmasına imkân sağlayacaktır.

Hidrojen enerjisinin yukarıda sayılan avantajlarının yanında en önemli dezavantajı üretim, depolama, taşıma ve dağıtım açısından yüksek bir maliyete sahip olmasıdır.

1.2.5. Hidroelektrik Enerji

Barajlarda biriktirilen suyun potansiyel enerjisinden yararlanılarak elde edilen hidroelektrik enerjisi günümüzde en çok kullanılan enerji kaynaklarından birisidir. Güvenli

olması ve ekonomik olarak ucuza mal edilmesi de bu enerji türünden yaygın olarak yararlanılmasının önünü açmıştır.

Baraj göllerinde biriktirilen suyun potansiyel enerjisi, dev türbinlerden geçirilerek, mekanik enerjiye oradan da elektrik enerjisine dönüştürülür. Belirlenmiş teknik hidrolik potansiyel 13.974 milyar kWh/yıl'dır. Avrupa ve Kuzey Amerika'da değerlendirilebilecek kapasitenin %60'ı kullanılırken, dünyanın geri kalan kısmında bu potansiyelin %10'u kullanılmaktadır. Dünya potansiyelinin hemen hemen 1/5'i değerlendirilmiş bulunmaktadır (Şen, 2003).

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre, Türkiye'nin yıllık ortalama yağış miktarı yaklaşık 643 mm./m²'dir. Bu rakamlar yüksek gibi görünse de Türkiye su zengini bir ülke değildir. Hızlı nüfus artışı dikkate alındığında 2030 yıllarında Türkiye su fakiri bir ülke hâline gelecektir. Türkiye'nin brüt su potansiyeli, yeraltı suyunu besleyen miktar da göz önüne alındığında 234 (milyar m³) km³'tür. Ancak ülkemizdeki nehirlerin genellikle düzensiz akım şartlarına sahip olması sebebiyle toplam su potansiyeli ile teknik ve ekonomik olarak yararlanılabilir su potansiyeli arasında önemli farklar bulunmaktadır (Ural vd., 2006). Türkiye'de 26 akarsu havzasına dağılmış olan su kaynaklarının enerji üretimi açısından toplam debisi 186 km³/yıl düzeyindedir. Bu doğal kaynakta havzaların en büyük payları sırasıyla; Fırat % 17, Dicle % 11.5, Doğu Karadeniz % 8, Doğu Akdeniz % 6 ve Antalya % 5.9 düzeyindedir.

Türkiye'nin brüt hidrolik potansiyeli 433 milyar kWh/yıl, teknik potansiyeli 216 milyar kWh/yıl ve kullanılabilir hidrolik potansiyeli de 125 kWh/yıl olarak verilmektedir. İşletmeye açılan 125 adet hidroelektrik santralin kurulu güç kapasitesi 11600 MW, yıllık ortalama enerji üretim potansiyeli ise 42 milyar kWh'dir. Buna göre, ülkemizdeki teknik ve ekonomik değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyelin, ancak %34'ünün değerlendirildiği görülmektedir. TEAŞ tarafından hazırlanan "Enerji Üretim Planlaması" çalışmalarına göre, ülkemizdeki kurulu güç kapasitesinin, 2010 yılında 60 000 MW'a, 2020 yılında ise 104 000 MW'a çıkartılması öngörülmüştür. Aynı dönemde, hidroelektrik kurulu güç kapasitesinin ise, 2010 yılında 22 000 MW'a, 2020 yılında ise 31000 MW'a çıkartılması hedeflenmektedir. Bu da, her yıl ortalama 1000 MW'lık bir kurulu güç kapasitesinin, mevcut sisteme ilavesini gerektirmektedir.

2004 yılında işletmede bulunan 135 hidroelektrik santralinin kurulu gücü 12.619 MW'a, yıllık ortalama enerji üretim kapasitesi ise 45.300 milyar KWh'te ulaşmıştır. Bu üretim kapasitesi, toplam 127 milyar KWh'lik kapasitenin yaklaşık % 36'sına karşılık

gelmektedir. Gelecek için öngörülen projeler tamamlandığında 10.636 milyar KWh'lik bir üretim artışı elde edilecektir. Geriye kalan hidroelektrik potansiyelinin değerlendirilmesi için toplam 20.394 MW kurulu güce sahip 497 hidroelektrik santralin daha inşa edilmesi söz konusudur. Bu üretim kapasitesi değerleri 2004 yılı itibariyle şu şekilde gösterilebilir:

Tablo 1.12 Türkiye Ekonomik Yapılabilir 127 Milyar KWh Hidroelektrik Enerji Potansiyelinin Proje Durumlarına Göre Dağılımı (2004 Yılı itibariyle)

Santraller	Sayısı	Kurulu Güç MW	Ortalama Üretim GWh/yıl	Oran %
İşletmede	135	12.619	45.300	36
İnşa Hâlinde	41	3218	10.636	8
İnşaatına Başlanmamış	497	20.394	41.409	56
TOPLAM	673	36.231	127.345	1000

1.2.5.1. Hidroelektrik Enerjinin Avantaj ve Dezavantajları

Hidroelektrik enerjinin sağlayacağı faydalar aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Kirlilik yaratmaz
- Pik enerji ihtiyacında çok hızlı devreye girer
- Acil durumlarda hızla devreden çıkarılabilir
- Doğal kaynaklar kullanılır dışa bağımlı değildir
- Yapılan yatırım sadece enerji için değil sulama-taşkın amaçlı kullanılabilir.

Öte yandan hidroelektrik santrali inşaatı ile birlikte oluşan suni göl, sulama, taşkından korunma, taşımacılık olanakları sağlamakta, balıkçılık ve turizmin gelişmesine yardımcı olmaktadır.

Yukarıda sıralanan avantajları yanında, her enerji kaynağında olduğu gibi, hidroelektrik enerji kaynağının da kendine özgü birtakım sorunları mevcuttur. Bazı tarım arazilerinin, yerleşim birimlerinin ve sit alanlarının baraj gölü altında kalması, kurak geçen yıllarda elektrik üretiminin yavaşlaması ve durması, yatırım maliyetlerinin fazla olması, toplam inşaat süresinin uzun olması hidroelektrik enerjinin dezavantajları arasındadır.

1.2.6. Küçük Hidroelektrik Santralleri

Su gücünden yararlanılarak elde edilen enerji yenilenebilir enerji kaynakları içinde en çok kullanılanlardan biridir. Su enerjisi temel olarak elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik enerjisinin %92 si ve dünya elektrik enerjisi arzının %16 sı hidrolik kaynaklardan karşılanmaktadır. Avrupa Komisyonu ve Uluslararası Elektrik Üreticileri ve Dağıtımçıları Birliği (UNIPEDA) tarafından kabul edilen genel tanıma göre; 10 MW toplam kapasiteye kadar olan santraller küçük HES olarak tanımlanır. Dünyada küçük hidroelektrik santrallerinin tanımında henüz bir fikir birliği yoktur. Çin'de 25 MW kurulu güce, Hindistan'da 15 MW, İsveç'te ise 1,5 MW kurulu güce kadar olan santraller küçük HES olarak tanımlanır. Türkiye'de küçük HES'ler için UNIDO tarafından yapılan sınıflandırma sistemi kullanılmaktadır. Buna göre;

- Kurulu gücü →0-100 KW arası mikro HES,
- Kurulu gücü →1001-10000 KW arası küçük HES
- Kurulu gücü →101-1000 KW arası mini HES,
- Kurulu gücü →10000 KW'tan büyük olanlar büyük HES olarak kabul edilmiştir.

Küçük ölçekli su gücü sistemleri, akan suyun enerjisini yakalayarak faydalı enerjiye dönüştürür. Bu tür santraller genellikle nehir tipi santraller olup, rezervuarları hiç yoktur veya çok küçüktür.

Büyük HES'lere oranla ilk yatırım maliyeti yüksek olan bu tesislerin finansman ihtiyacının küçük olması, işletme bakım masraflarının çok düşük olması, kısa sürede inşa edilebilmeleri, taşkın koruma, içme ve kullanma suyu temini, balıkçılık, turizm ve yörenin sosyoekonomik gelişimi yanı sıra istihdama yaptığı önemli katkılar gibi pek çok avantajları bulunmaktadır.

Son yıllarda yapılan ön çalışmalar ile Türkiye'nin 190 ila 200 milyar KWh civarında değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyelinin olabileceği yönünde bilgilere ulaşılmıştır. Söz konusu bu potansiyelin varlığı, en kısa sürede yeni metotlar ve teknolojiler kullanılarak incelenmelidir (Ural v.d.,2007).

Türkiye'deki ve Dünyadaki Durumu: Dünyada hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler, halen sahip oldukları küçük HES potansiyellerini gerektiği kadar iyi değerlendirememektedir. Sahip oldukları potansiyeller elde edilen enerjinin çok daha üzerindedir. Günümüzde ise bu durum değişmeye başlamıştır.

Asya'da Çin, hidroelektrik enerji üretiminde lider durumdadır. Avustralya ve Yeni Zelanda küçük HES'lerin geliştirilmesi konusuna ağırlık vermektedir. Kanada uzun yıllar geleneksel hidroelektrik enerjisi kullanmış daha sonra iletimden uzakta kırsal bölgelerde pahalı dizel santrallerin yerine küçük HES'ler inşa etmeye başlamıştır. Güney Amerika'da, Afrika'da ve eski Sovyetler Birliği'nde halen geliştirilmemiş büyük su gücü potansiyelleri bulunmaktadır.

2000 yılında dünyada küçük HES kurulu kapasitesi, 37 GW, 2003'te ise 56 GW olarak belirlenmiş ve Çin başta olmak üzere her ülkede küçük HES'ler hızla geliştirilmeye başlanmıştır.

Avrupa'da da 1997'de yayınlanan yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili dokümanlar AB üyesi ülkelerinin yenilenebilir enerji kullanımını 2010 yılına kadar % 6'dan % 12'ye yükseltilmesi hedefi konmuştur. Bu hedef elektrik enerjisi için % 22.1'i öngörmektedir. Küçük HES'lerin de 2010 yılına kadar kurulu güçlerini 14 GW'a ve üretimine 55 TWh'e ulaşması anlamına gelmektedir.

AB'nin enerji potansiyelinin % 82'si kullanılmış geriye % 18'lik (20 TWh/yıl) potansiyel kalmıştır. Birliğe yeni üye olanlar ile aday ülkelerdeki potansiyel ise 26 TWh/yıl civarındadır. Bu potansiyelin de % 80'lik kısmı Türkiye'dedir.

Türkiye'de hidroelektrik potansiyeli için yapılan bütün çalışmalarda, akarsuların ana kol ve büyük yan kolları ele alınmıştır. Küçük akarsular ve yan kolları üzerinde fazla durulmamıştır. Ancak EİE tarafından önceki yıllarda yapılan bir çalışmada Türkiye'de önemli miktarda küçük su potansiyelinin olduğu belirlenmiştir.

DSİ tarafından havza bazında yapılan bir araştırma sonucunda ise 19 milyar KWh'lik değerlendirilebilir HES potansiyeli olduğu tahminine varılmıştır. Türkiye'de hala 10 MW ve altında işletilen ve inşa edilmekte olan 80 küçük HES projesinin toplam kurulu gücü 230 MW'tır. Yapımı planlanan da 844 MW kurulu gücünde 210 HES söz konusudur. Yapılan ön değerlendirilmeler gerçekleştiği takdirde, küçük HES'lerin sayısını 1590'a, kurulu güçlerinin 6100 MW'a ve ortalama üretim kapasitesininin 73500 GW'e ulaşması mümkün olabilecektir.

Bunların yanında hidroelektrik enerji üretimi konusunda, özel sektör de büyük ilgi göstermektedir. 2005 yılında yapılacak yatırımlar arasında ciddi rekabetler başlamış 2006'da da aynı durum devam etmiştir.

Tüm bu gelişmelere ve projelere rağmen küçük HES'ler için büyük bir su potansiyeline sahip olan Türkiye'de, 2005 yılı sonu itibariyle sadece 192,59 MW kurulu gücünde olan 74 küçük HES işletme bulunmaktadır.

1.2.6.1. Küçük Hidroelektrik Santrallerinin Avantaj ve Dezavantajları

Küçük HES sistemlerinin büyük HES'lere oranla ilk yatırım maliyetleri yüksektir. Bunun yanında finansman ihtiyacının küçük olması işletme bakımının masraflarının çok düşük olması, kısa sürede inşa edilebilmeleri, taşkın koruma, içme ve kullanma suyu temini, balıkçılık, turizm ve yörenin sosyo-ekonomik gelişiminin yanı sıra istihdama yaptığı önemli katkılar gibi pek çok faydası bulunmaktadır.

Enerji tesislerinin maliyet karşılaştırılmasında ilk anda sadece yatırım maliyetleri dikkate alınmaktadır. Oysa hidroelektrik dışındaki santrallerden kaynaklanan sera gazı emisyonları, asit yağmurları, atıkların bertaraf edilmesi gibi çevreye tahrip edici unsurların etkilerinin azaltılması için de bazı yatırımların yapılması gerekmektedir. Bu da maliyetin en az %30'unu teşkil etmektedir.

Bu yüzden hidroelektrik santrallerinin son derece ekonomik yatırımlar olduğu kabul edilmektedir. Yakıt gideri ve işletme maliyetleri bakımından hidroelektrik tesislerinin avantajı açıkça görülür. Türkiye için her koşulda en ekonomik enerji yatırımı hidroelektrik santralleridir.

1.2.7. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde bulunan birikmiş ısının oluşturduğu sıcaklıkların, bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığının üzerinde olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla çözülmüş mineral, çeşitli tuzlar ve gaz içerebilen basınç altındaki sıcak su ve buhar (akışkan) yolu ile sürekli yüzeye taşınan ısı olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca herhangi bir akışkan içermemesine rağmen bazı teknik yöntemlerle çok derinlerdeki ısısından yararlanılan "Sıcak Kuru Kayalar" teknolojisi de jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir.

Jeotermal enerji yerin derinliklerinden gelen, yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağıdır. Isı yeryüzüne yakın derinliklere, termal kondüksiyon yolu ile taşınır. Bu olay eriyik haldeki magmanın yukarı bölgelere sokulumu ile veya sıcak katmanlar olan astenosferin, kıtasal kabuk kalınlıklarının az olduğu kıta parçalarında yukarıya daha çok ısı iletilmesi ile gerçekleşir. Bu olaylar sonucu, anormal ısınmış bölgelerdeki yeraltı suları, hidrotermal kaynaklar olarak sıcak su veya buhar çıkışları şeklinde yüzeyde görülür. Jeotermal enerji yerküre içindeki içsel enerjinin bir sonucudur. Yerin yüzeye yakın

kısımlarında jeotermal enerji, geçirimli kanallarda ve gözenekli ortamlarda hidrolik konveksiyon ile kontrol edilir. Bunun sonucunda, jeotermal enerji yüzeye yakın derinliklerde sıcak su ve buhar şeklinde yoğunlaşarak erişilebilecek derinliklerde hidrotermal sistemleri oluşturur.

Isı kaynağı yer kabuğu içine sokulmuş magmatik bir intrüzyon ise 600-900°C sıcaklığa sahiptir ve genelde 7-15 km arası derinliklerde yer alır. Yüzeye yaklaşmış astenosfer ise çok daha derinlerdedir.

İlk çağlardan yakın geçmişe kadar sadece sağlık amacıyla kullanılan jeotermal enerjiden günümüzde ya doğrudan kullanım, ya da başka enerji türlerine dönüştürülerek yararlanılmaktadır. 20. yüzyılın başına kadar sağlık ve yiyecekleri pişirme amacıyla yararlanılan jeotermal kaynakların kullanım alanları, gelişen teknolojiye bağlı olarak günümüzde çok yaygınlaşmış ve çeşitlenmiştir.

Düşük ve orta sıcaklıklı sahalardan üretilen jeotermal akışkan, bugünkü teknolojik ve ekonomik koşullar altında başta ısıtmacılık olmak üzere (Sera, Konut, Tarımsal kullanımlar), endüstride (Yiyecek Kurutulması, Kerestecilik, Kâğıt ve Dokuma Sanayi, Dericilik ve Soğutma tesislerinde) ve kimyasal madde üretiminde (Borik Asit, Amonyum Bikarbonat, Ağır Su ve Akışkandaki CO₂ den Kuru buz elde edilmesinde) kullanılmaktadır. Bunun yanında orta sıcaklıklı sahalardaki akışkandan da elektrik üretimi için teknolojiler geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur. Yüksek sıcaklıklı sahalardan elde edilen akışkandan ise elektrik üretiminin yanı sıra entegre olarak diğer alanlarda da yararlanılmaktadır.

Düşük sıcaklıklı jeotermal akışkanlar doğrudan ısıtmacılıkta kullanılmaktadır. Ayrıca, ısı pompaları (heat pumps) yardımıyla özellikle soğuk ülkelerde suların sıcaklığı 5 °C'ye düşüncüye kadar akışkandan yararlanılabilmektedir. Jeotermal ısıtma kavramı kapsamında aşağıdaki değişik uygulamalar ilk akla gelenlerdir:

40 °C'den fazla sıcaklıktaki jeotermal akışkanlardan binaları ve kentleri merkezi sistemle ısıtmada ve de sıcak kullanma suyu olarak (İzlanda, Fransa, Japonya, Yeni Zelanda, Türkiye, B.D.T., Macaristan, Kanada, Çin, Meksika, Arjantin, Kuzey Avrupa Ülkeleri) yararlanma.

Seraların ısıtılması ile turfanda sebzeçilik, meyvecilik, çiçekçilik yapılmakta ve dünyadaki jeotermal doğrudan kullanım değerinin önemli bir bölümü sera ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Macaristan, İtalya, Türkiye, ABD, Japonya, Meksika, Doğu Avrupa Ülkeleri, Yeni Zelanda ve İzlanda'da 30° C'en fazla sıcaklıktaki akışkan kullanılarak seraların ısıtılması.

Tropikal bitki (Japonya) ve balık (Japonya'da timsah yetiştiriciliği dâhil) yetiştirilmesi (Filipinler, Çin, İzlanda).

Tavuk ve hayvan çiftliklerinin ısıtılması (Japonya, ABD, Yeni Zelanda, Macaristan, B.D.T).

Toprak, cadde, havaalanı pistlerinin (Sibirya, İzlanda) vb. Isıtılması

Yüzme havuzu, termal tedavi ve diğer turistik tesislerdeki (İtalya, Japonya, ABD, İzlanda, Türkiye, Çin, Endonezya, Yeni Zelanda, Arjantin, Doğu Avrupa Ülkeleri, B.D.T) kullanım.

Jeotermal akışkanın endüstriyel uygulamaları çerçevesinde;

Yiyeceklerin kurutulmasında (balık, yosun vb.) ve sterilize edilmesinde, konservecilikte (Japonya, ABD, İzlanda, Filipinler, Yeni Zelanda, Tayland),

Kerestecilikte ve ağaç kaplama sanayinde (Yeni Zelanda, Meksika, B.D.T),

Kâğıt (Yeni Zelanda, İzlanda, Japonya, Çin, B.D.T), dokuma ve boyamacılıkta (Yeni Zelanda, İzlanda, Çin ve B.D.T),

Derilerin kurutulması ve işlenmesinde (Japonya vb.),

Bira ve benzeri endüstrilerde mayalama ve damıtma (Japonya),

Soğutma tesislerinde (İtalya, Meksika) ve

Beton blok kurutulmasında (Meksika) yaygın kullanım söz konusudur.

Ayrıca bunlara;

Soğutularak içme suyu olarak kullanım (Macaristan, B.D.T, Tunus, Cezayir ve Türkiye-Kütahya) ve

Yıkama amaçlı olarak çamaşırhanelerde kullanım da (Japonya) ilave edilebilir.

Kimyasal madde üretiminde ise jeotermal akışkan; borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su (döteryum oksit: D₂O), amonyum sülfat, potasyum klorür vb. kimyasal maddelerin elde edilmesinde (İtalya, ABD, Japonya, Filipinler, Meksika) ve jeotermal akışkandaki CO₂'den kuru buz elde edilmesinde kullanılmaktadır (ABD, Türkiye).

Jeotermal enerjiden yararlanılan alanlar Tablo 1.13'te gösterilmiştir.

Tablo 1.13 Jeotermal Enerjiden Yararlanılan Alanlar

Sıcaklık (°C)	Kullanım Yeri	Elektrik Üretimi	Isıtma
180	Yüksek konsantrasyon solüsyonunun buharlaşması, amonyum absorpsiyonu ile soğutma, kağıt hamuru yumuşatılması	X	
170	Hidrojen sülfid yoluyla ağır su eldesi, diyatmitlerin kurutulması	X	
160	Kereste, balık vb. yiyeceklerin kurutulması	X	
150	Bayers yoluyla alüminyum oksit eldesi	X	
140	Tarla ürünlerinin çabuk kurutulması, konservecilik		X
130	Şeker saflaştırmasında buharlaştırma, tuzların buharlaştırma ve kristalleştirme ile üretimi		X
120	Temiz tuz eldesi, tuzluluk oranının artırılması		X
110	Çimento kurutulması		X
100	Organik maddeleri kurutma(yosun, et, sebze vb.) yün yıkama ve kurutma		X
90	Balık kurutma, yoğun buz çözme işlemleri		X
80	Ev ve sera ısıtma		X
70	Soğutma(alt sıcaklık sınırı)		X
60	Kümes ve ahır ısıtma, seraların toprak ve alanının ısıtılması		X
50	Mantar yetiştirme balneolojik banyolar		X
40	Toprak ısıtma, kent ısıtması(alt sınır), sağlık tesisleri		X
30	Yüzme havuzları, fermentasyon, damıtma, sağlık tesisi, buz çözme		X
20	Balık çiftlikleri ve toprak ısıtma		X
Kaynak:DPT Altıncı BYKP Jeotermal Enerji OİK Raporu			

Jeotermal enerji olayında, üretim teknolojileri, yer ısısının yüzeysel akışkanlar ve sondajlar aracılığı ile yüzeye çıkartılması olayından sonraki tüm işlemlerdir. Başka bir anlatımla bu enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi (dolaylı kullanım) veya ısı enerjisi şeklinde doğrudan kullanımı ya da endüstri, sağlık ve turizm alanlarında yararlanması amaçlı çok değişik teknolojiler söz konusudur. Üstelik bu yöntem ve teknolojilere her gün yenileri eklenmektedir.

Elektrik enerjisi üretimi: Gerekli araştırmaları yapılmış olan bir jeotermal sahada açılan kuyulardan üretilen akışkan, separatörlerde buhar ve su olarak ayrıştırıldıktan sonra buhar, türbinlere gönderilerek jeneratör aracılığı ile elektrik üretilir. Jeotermal sistemler; buhar hâkim ve su hâkim sistemler olarak ikiye ayrılırlar. Santral kurulmasında, sahanın durumu da göz önüne alınarak, en ekonomik ve verimli teknolojiyi seçmek gereklidir.

Isı enerjisi üretimi: Jeotermal akışkanın kimyasal özelliğine bağlı olarak ısıtma sistemleri önemli farklılıklar göstermektedirler. Jeotermal akışkan, kimyasal özelliğine göre, problem yaratmayacaksa, ısıtılacak alanda radyatör ve uygun borular sistemi aracılığı ile dolaştırılarak doğrudan kullanılabilir. Ancak kullanılacak akışkan çok fazla çözelti içeriyorsa ve kimyasal açıdan problem yaratacak ise (kabuklaşma, korozyon, vb. problemler) akışkanın

ısı, ısı eşanjörleri aracılığı ile düşük kimyasal konsantrasyonlu suya (örneğin şehir şebekelerinde kullanılan su) aktarılmakta ve bu, sorun yaratmayacak ısıtılmış su ile ısıtma sağlanmaktadır. Bu eşanjör sistemi ise kuyu başı ve kuyu içi eşanjörleri şeklinde, sahanın özelliğine göre değişik türde olabilmektedirler. Isıtma sistemlerinin verimliliği, sürekliliği veya başarısı teknolojisine uygun olarak kullanılmasına bağlıdır.

Doğrudan kullanılmayacak kadar kimyasal madde içeren ve eşanjörler yolu ile ısı enerjileri kullanılabilir temizlikteki şebeke suyuna aktarılmış olan jeotermal suların çevreyi kirletmemesi için ortamdan uzaklaştırılmaları gerekmektedir. Bu işlem değişik uygulamalar yolu ile gerçekleştirilebilir. Şöyle ki:

Isısı alınmış termal su, yeraltındaki termal rezervuarı ve yeraltı sularını etkilemeyecek bir biçimde (soğutma veya kirletme) tekrar yeraltına geri gönderilir (reenjeksiyon).

Denize yakın bölgelerde termal akışkanların kimyaları deniz suyu ile benzerlik gösterirler (örneğin İzmir-Çeşme). Bu tür bölgelerde enerjisi alınmış termal sular genelde denize bırakılırlar.

Bilindiği gibi fosil yakıtlar yakılma olayından sonra ardında bir miktar katı ve gaz şeklinde artıklar bırakılmaktadırlar. Bunlar herhangi bir şekilde değerlendirilemediği için atılmak zorundadırlar ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Yakıtlar olarak ele alındığında bölgelere göre değişiklik göstermekle beraber en önemli kirleticilerden biri olan CO₂ çıkışı jeotermal akışkanlarda en düşük düzeydedir. Günümüzde, jeotermal ve diğer çevre dostu alternatif enerjilerin kullanımı sonucunda, fosil yakıtlarının tüketimlerinin neden olduğu, sera etkisi ve asit yağmuru gibi çevre kirlilikleri giderek azalmaktadır. Ancak arzu edilen düzeye gelebilmek için, çok daha fazla temiz enerjiye ihtiyaç vardır.

Jeotermal enerjiye dayalı modern jeotermal santrallerde CO₂, NO_x, Sox emisyonu çok daha düşük olup, özellikle merkezi ısıtma sistemlerinde bu değer sıfırdır.

Yeni kuşak modern jeotermal santrallerinde (Binary Cycle Sistem), yoğunlaşmayan gazları buharın içinden alıp, kullanılmış jeotermal akışkan ile birlikte yeraltına geri veren reenjeksiyon sistemleri vardır. Bu jeotermal santraller ile jeotermal ısıtma sistemleri tarafından dışarı hiçbir şey atılmaz. Bu özellikler jeotermal enerjinin kullanımı için oldukça olumlu bir etkidir.

Dünyada jeotermal ısı kullanımı ve kaplıca uygulamalarındaki ilk 5 ülke Çin, Japonya, ABD, İzlanda ve Türkiye'dir. Türkiye, keşfedilmiş 170 adet jeotermal alan ve alt sıcaklık sınırı 20°C kabul edilen toplam 1000 dolayında sıcak ve mineralli su kaynağı varlığı ile jeotermal enerji kaynağı açısından Avrupa'da birinci sırayı almaktadır. Bilinen jeotermal

alanların %95'i ısıtmaya ve kaplıca kullanımına, diğerleri de elektrik üretimine uygundur. Sadece doğal jeotermal kaynakların boşalimleri değerlendirildiğinde potansiyel 600 MW'tir.

Jeotermal enerji, yenilenebilir kaynaklar içerisinde üçüncü sırada yer almakla birlikte, kullanımı sınırlıdır. Türkiye, jeotermal enerji yönünde şanslı ülkeler arasındadır. Volkanizmaya bağlı olarak doğal buharların, hidrotermal alternasyonların ve sıcaklığı yer yer 100°C'ye ulaşan, 600'den fazla sıcak su kaynağının varlığı, Türkiye'nin önemli jeotermal potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Isıl uygulamalara uygun brüt olası jeotermal kapasitemiz, 31500 MW olarak verilmektedir. Bu da Türkiye'deki konut sayısının %30'una karşılık gelmektedir. Ancak teknik (kullanılabilir) ısıl potansiyelimizin 7500 MW seviyesinde olduğu rapor edilmektedir. Elektrik enerjisinde kullanılacak teknik potansiyelimiz ise, 500 MW olarak tahmin edilmektedir. Türkiye'de halen Denizli-Kızıldere'de 20,4 MW kurulu güç kapasitesinde bir jeotermal elektrik santrali mevcuttur.

1.2.7.1. Jeotermal Enerjinin Avantaj ve Dezavantajları

Jeotermal potansiyelin büyüklüğü, başarılı uygulamaların örnek olması, çevre dostu ve ucuz oluşu, aynı akışkanın eşzamanlı olarak çok amaçlı kullanılabilmesi, güvenli oluşu, istihdam yaratması, kaynağın mevsimlerdeki talebe göre kullanılabilmesi, kaplıcalar vasıtasıyla insan sağlığına faydası, sera ısıtması ile organik üretimdeki faydası, merkezi ısıtmada konfor sağlaması, meteorolojik koşullardan etkilenmemesi, karbondioksit emisyonlarının azaltılmasına olan etkileri ve özellikle yerli bir kaynak olması, jeotermal enerjinin önemli avantajları arasındadır.

Bunların yanında; hala mevzuatta ve idari sistemlerde görülen boşluklar, finansman konusundaki yetersizlikler, yeterli proje hazırlanması için teknik bilgi ve tecrübe azlığı, bazı teknik zorlukların giderilememiş olması, eşgüdüm ve teşvik yetersizliği de, jeotermal enerji uygulamalarının genişlemesini zorlaştıran olumsuz unsurlar arasındadır.

Bununla beraber, ithal fosil yakıt fiyatlarının yüksekliği ve artma eğilimi, yatırımcıların ilgisi, bu enerji kaynağına karşı olan lobi ve rekabet faaliyetlerinin getirebileceği zorlukları giderecek bir gelişim göstermektedir (Ural vd., 2006).

1.2.8. Dalga ve Gel-Git Enerjisi

Suyun kabarması ve inmesi şeklinde gelişen gelgit hareketi süresince suyun hareket enerjisinin faydalı amaçlar için kullanımı mümkündür. Çok önceleri Med değirmenleri ismi verilen ve eski vapurların kepçe çarklarına benzeyen sistemler ile değirmen yapılmıştır. Değirmen denizin üstünde olup çarkın alt kısmı suya dalmaktadır. Dalan çark kısmı gelip giden suyun zorlamasıyla itilmekte ve dönme hareketi elde edilmektedir. Dalga enerjisi tüm dünya için 3000 GW'lık bir potansiyele sahiptir. Bununla birlikte bunun ancak 64 GW'lık kısmı kullanılabilir durumdadır. Bu Türkiye'nin bugünkü elektrik enerjisi üretiminin 3 katına tekabül etmektedir. Med-cezir olayı yerin ve ayın çekimi arasında suyun denge sağlamasından ileri gelmektedir. Sadece dünyanın aya bakan yüzünde değil, diğer yüzünde de meydana gelir. Genellikle her 12 saat 25 dakikada bir med-cezir meydana gelir. Her gün bir önceki günden 50 dakika sonra meydana gelir. Yaklaşık 6 saatte yükselme ve takip eden 6 saatte de çekilme süreci meydana gelir. Deniz veya okyanusun sahil şekli ve derinliği önemlidir. Limana yaklaşan gemiler üzerinde çok etkili olduğundan her sahilin med-cezir haritası belirlenmiştir.

Dalga enerjisinin rüzgâr gibi diğer yenilenebilir enerji türlerine göre sahip olduğu belirgin üstünlükler var. Dalgaları önceden tahmin etmek rüzgâra göre çok daha kolay. Üstelik rüzgârdan 50 kat daha fazla enerji yoğunluğuna sahipler. Bir şamandıra ağından gelen düzensiz alternatif akım (Alternatif Current –AC) voltajı, elektrik tellerinin birleştiği bir bağlantı kutusuna bağlanıp doğru akıma (Direct Current –DC) dönüştürülerek yaklaşık 12.000 volta yükseltilebilir ve daha sonra kıyıya gönderilerek bir güç istasyonunda yeniden AC'ye dönüştürülebilir (Bilim Teknik, 2005).

Med-cezir enerjisini alabilmek için koy formundaki sahile bir baraj yapılmalıdır. Med esnasında su baraj üzerindeki türbinlerden geçerek baraja dolar. Cezir süresince barajdan yine türbinler üzerinden geçerek denize döner. Burada med-cezir enerjisinin %8-25 i faydalı hale dönüştürülebilir. Med-cezir santrali mevsim değişikliklerinden etkilenmez. Med-cezir vasıtasıyla enerjinin daha verimli elde edilebilmesi için sahillerin okyanusa açık olmalıdır. Bu manada bu enerji Türkiye açısından kullanışlı olmayacaktır. Okyanusa sahili olan Fransa 18 km lik sahilden 6000 MW lık bir enerji üretim projesi üzerinde çalışmaktadır (Ünalan, 2007).

Bu enerji yenilenebilir ve temiz bir enerjidir. Son yıllarda özellikle ABD, Japonya, İngiltere ve Norveç kıyılarında çokça kullanılmaktadır. Rüzgâr hareketleriyle oluşan deniz dalgaları, diğer nedenlerle oluşan dalgalardan daha süreklidir. Dalga enerjisi santralleri ise, kıyılara ve açık denizlere kurulabilir. Bu sistemler deniz tabanına yerleştirileceği gibi su

yüzeyine de yüzer olarak konulabilir. Dünyada kurulu sistemlerde, küçük sistemler için birim dalga cephesi başına güç 10-20 kW/m olurken geliştirilmiş sistemlerde güç 40 kW/m gibi bir değere çıkmaktadır. Türkiye’de gel-git santrallerinin kurulabileceği herhangi bir kıyı mevcut değildir. Dalga enerjisinden de, henüz yararlanılmamaktadır (Şen, 2003).

1.2.8.1. Dalga ve Gel-Git Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları

Gelgit enerji kaynaklarının ve zamanlamasının yüksek tahmin edilebilirliğine rağmen, uzun yapım aşaması, yüksek yoğunluklu maliyeti ve düşük yükleme faktörleri, yakın bir gelecekte gelgit teknolojilerindeki önemli fiyat düşmesi ihtimalini de geçersiz kılmaktadır. Dalga enerjisindeki son başarılı gelişmeler, iklim değişimi konusundaki odaklanmalar ve İskoçya, Avustralya, Danimarka, USA’daki teknolojik ilerlemeler sebebiyle enerji temini için yüksek potansiyel, dünyanın mevcut elektrik kaynağının %10 unu (eğer uygun şekilde faydalanılırsa) karşılayabileceği yolundadır ve potansiyel sinerjileri offshore petrol ve gaz endüstrisi kadar anlamlı olabileceğini gösterir. Buna rağmen teknolojik olarak çözülmemiş çok sayıda önemli nokta vardır. Raporda 3-5 yıl içinde dalga enerjisi birim fiyatının 2-3 pence/kwh’a düşmesi ihtimali, bu maliyetin dalga enerjisindeki tecrübelerden değil, kıyıda (onshore) rüzgâr enerjisi maliyet tecrübelerine göre yapıldığını göstermiştir. Bununla birlikte, dalga enerji potansiyelinin tam kullanımı bazı durumlarda ertelenmiş gözükmektedir.

Okyanus termali enerji çevriminin (OTEC) çok sayıda faydaları vardır, şöyle: Günlük ve mevsimlik küçük değişikliklerin varlığında iyi çevresel performans ve derin okyanus su uygulama ürünleri yüksek petrol fiyatlarına göre, örneğin, yiyecek (denizsel ve tarımsal) ve şifelenabilir suyun, ekonomisini geliştirilebilir. Buna rağmen, olası yatırımcılara OTEC in avantajlarını gösterecek temsili bir santral inşa edebilmek için çok sayıda ana bileşenin, teknolojileri ve daha ileri araştırma ve geliştirmeleri hala gereklidir. Güç üretimi için deniz akıntı enerjisini kullanarak küçük araştırmalar yapıldığı bilinmektedir ve hâlen, işletimde ticari türbünler yoktur (bu sebeple üretim maliyetlerini değerlendirmek güçtür). Buna rağmen, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre çok sayıda avantajları bulunmaktadır; küresel olarak deniz akıntısı kaynak potansiyeli büyüktür, daha yüksek enerji yoğunluklarına, yüksek tahmin edilebilirlikte güç çıktıklarına sahiptir, ekstrem atmosferik dalgalanmalardan bağımsızdır ve görsel etkileri yoktur (<http://www.obitet.gazi.edu.tr>).

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İLE İLGİLİ MEVCUT UYGULAMALAR

2.1. Rüzgâr Enerjisi Uygulamaları

Rüzgâr enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarından en gelişmiş ve uygulaması en kolay enerji kaynaklarından biridir. Kullanımı çevreye zarar vermemekle birlikte, temiz ve tükenme ihtimali olmayan bir kaynaktır.

Rüzgâr enerjisinin elektrik enerjisine dönüşümü, rüzgâr türbinleri sayesinde gerçekleştirilmektedir. Rüzgâr türbinleri dünyada, çok sayıda uygulamalar için kullanılmaktadır. Tek bir evin elektriğini üretmek için küçük rüzgâr türbinleri kullanılırken, güç gridine elektrik temin etmek için büyük çiftliklerde çok sayıda türbin kullanılmaktadır.

1998'in sonunda yaklaşık 50 ülkede 10.000MW 'tan fazla elektrik üreten rüzgâr türbinleri işletmedeydi. Günümüze gelindiğinde ise rüzgâr türbini satışlarında yıllık %40'lık bir büyüme gerçekleşmiştir.

Son yıllarda rüzgâr enerjisi için en başarılı pazarlar başta Danimarka, Almanya ve İspanya olmak üzere Avrupa'dır. Bu teknolojinin kullanımında A.B.D ve bunun yanı sıra gelişmekte olan ülkelere Hindistan, Çin ve Güney Amerika'da büyük bir patlama olmuştur. Rüzgâr enerjisi geniş bir coğrafyada ve çeşitli yapılarıdaki ekonomilerde başarılı olmuştur.

Bunun sonucu olarak, artan pazar payı ile işletme maliyeti bugün itibari ile kWh başına 3 cente kadar inmiştir. Batı Avrupa ülkelerinin hemen hemen tamamı, elektrik üretimi alanında rüzgâr enerjisinden yararlanmaktadır. Sadece ABD'de rüzgâr enerjisi kurulu gücü 4250 megawatt'ı geçmiştir. Tüm Avrupa da ise kurulu güç 20447 MW'dır (www.ewea.org).

Danimarka, Finlandiya, Norveç ve İsveç'in toplam nüfusları kadar, 23 milyon nüfusun elektrik enerjisi ihtiyacı karşılanmaktadır. Yeryüzü Politikası Enstitüsü'nün geçici verilerine göre, rüzgâr enerjisi üretim kapasitesi 2000 yılında 17 bin 800 MW iken 5 bin 500 MW (%31)'lık artışla 2001'de 23 bin 300 MW'a, 2005 sonunda ise 59 bin MW'a çıkmıştır. Oysa bu rakam daha 1994 yılında sadece 3488 MW'tı. Aynı yıl dünyada 742 MW'lık rüzgâr tesisi kurulmuş olup, bu oran 1993 yılındakinden %50 daha fazladır. 1995 yılında eklenen kapasite ise, 1253 MW ile 1994 yılında eklenenin 1,7 katıdır. 1996 yılında 1292 MW, 1997 yılında 1568 MW, 1998 yılında 2597 MW, 1999 yılında ise 3922 MW'lık, rüzgâr enerjisi tesisi kurulmuştur. Görüldüğü gibi tesis kurulma hızı, her yıl bir önceki yıldan daha fazla

artmaktadır. Bu da rüzgâr enerjisinin önünün açık olduğunun bir göstergesidir (Krosgsgaard, P., 2001, s.4).

Dünyadaki rüzgâr enerjisi uygulamalarından, 24 MW'lik Rsjby Moor rüzgâr çiftliği, Danimarka standartlarına göre büyük olarak kabul edilmektedir. Çiftlik 40 rüzgâr türbininden oluşmaktadır. Türbinler, rüzgâr hızına uyum sağlamak için iki değişik hızda çalışan bir jeneratör kullanmakta olup, çift etkilidir. Rüzgâr çiftliğinin, ayrıca bir otomatik kontrol sistemi bulunmaktadır ve yılda 60 GWh elektrik üreteceği tahmin edilmektedir. Çiftliğin yerleşimi, bir kıyı bölgesinde bulunan büyük bir Rüzgâr çiftliğinin görsel etkisinden faydalanmaktadır (<http://www.eren.doe.gov/greenpower>).

2.1.1. Rüzgâr Enerjisinin Türkiye'deki Uygulamaları

Türkiye, özellikle Ege, Akdeniz ve Marmara bölgeleri, rüzgâr enerjisi potansiyeli yüksek ancak var olan kaynaklara göre yeterince kullanılmayan bir ülkedir. Avrupa standartlarıyla yakınlaşmak için, Türkiye'nin küresel ısınmaya karşı etkin bir şekilde önlem alması ve yenilenebilir kaynaklarını değerlendirmesi gerekmektedir.

Türkiye'de de mevcut planlama çalışmalarında rüzgâr santralleri gündeme gelmiştir. Ülkemizde şu anda 20,34 MW, kurulu güç bulunmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na Yap-İşlet-Devret Modeli çerçevesinde toplam 3750-4100 MW civarında 37 adet başvuru olmuştur.

Tablo 2.1 Türkiye'nin Rüzgâr Enerjisi Gücü ve Kurulu Santralleri

Santral Adı	Yeri	Kurulu Gücü(MW)	Tarih
Delta Plastik	İzmir-Çeşme Germiyan	1,74	1997
Çeşme Alaçatı	İzmir-Çeşme	7,2	1998
Bozcaada	Çanakkale-Bozcaada	10,2	2000
Sunjüt	İstanbul-Hadımköy	1,2	2003
TOPLAM KURULU GÜÇ		20,34	

Ayrıca 2000 yılında faaliyete geçen Bares, yenilenebilir enerji projelerine yatırımlar yapmaktadır. Bandırma'daki her biri 1,5 MW gücündeki 20 türbinlik rüzgâr santrali

projesinin temelleri 2004 yılında atılmıştır. Santral Mayıs 2006 tarihinden bu yana faaliyet göstermektedir

Yenilenebilir potansiyelden yararlanmak için türbinlerin yanı sıra EİE'nin iki adet mekanik rüzgâr enerjisi su pompalama sistemi bulunmaktadır. Bu proje ile Mevcut teknoloji ile ilgili bilgi birikiminin sağlanması, bu sistemlerin bakım-onarım ve işletme konularında deneyim kazanılması, yurt içinde imalat ve kullanım olanaklarının araştırılması amaçlanmaktadır. 6 m yükseklikte çelik halatlı bir direk üzerinde bulunan bu sistemlerden biri 6 kanatlı olup emme basma tulumla yardımıyla maksimum 7 m derinlikten 5 m yüksekliğe su basabilmektedir. Sistem 3 m/s rüzgâr hızında su pompalamaya başlamaktadır. Bu sistem "EİE Yeni Enerji Kaynakları Parkı"na tesis edilmiştir.

Ayrıca EİE tarafından rüzgâr su pompalama sistemi tasarlanmış ve imal edilmiştir. Bu sistemin rotor çapı 2 m, kanat sayısı 16, piston çapı 10 cm, stroku 32 mm ve pompalama yüksekliği 4 m'dir. Didim (Aydın) "Güneş ve Rüzgâr Enerjisi Araştırma Merkezi"ne tesis edilen bu sistem 3 m/s rüzgâr hızında 5.3 m³/gün su pompalayabilmektedir (<http://www.eie.gov.tr>).

Günümüzde gerek dünyada gerekse Türkiye'de rüzgâr enerjisinden elektrik elde etmenin dışında yeni teknolojiler kullanılarak bu potansiyel çok farklı alanlarda da değerlendirilmeye başlanmıştır.

Karayollarında gece aydınlatması büyük bir sorundur. Bu sorunu yenmek amacıyla yapılan çalışmalar genellikle sınırlı ve ancak yerleşim birimleri içerisinde sorunu çözebilmiştir. Burada en önemli sorun çoğu karayolunun elektrik şebekelerinden uzakta olmasıdır.

Otoyollarda araçların hareketinden dolayı ciddi bir rüzgâr potansiyeli oluşmaktadır. İşte bu rüzgâr özel olarak geliştirilmiş rüzgâr türbinleri sayesinde elektrik enerjisi üretmekte kullanılabilir. Rüzgâr türbini yeterli enerji elde edemeyeceği zamanlarda ilave edilen güneş panelleri devreye girmektedir.

Burada kullanılan özel rüzgâr türbinine savonius türbini denilmektedir. Savonius türbininde üretilen enerji çok az enerji tüketen LED(Işık yayan diyot) teknolojili lambalarla aydınlatmakta kullanılmaktadır (www.alternaturk.org/ruzgar_teknik.php).



Şekil 2.1 Güneş Pilleriyle Birlikte Kullanılan Savonius Türbini

Rüzgâr enerjisi konusunda yapılan bir diğer uygulama oldukça ilginç, ilginç olduğu kadar da önemli denilebilir. Alçak alanlarda rüzgâr enerjisinden yararlanmanın zor olduğu bilinmektedir. Rüzgâr türbinleri bu yüzden yüksek bir ayak üzerine inşa edilmektedir. Magenn Power Inc. İsimli firma rüzgâr türbinleri üreten bir firma olmasına rağmen bu buluşu ile rüzgâr enerjisinden yararlanmada yeni bir bakış açısı getirmiştir.

Bir diğer teknoloji de ise rüzgâr evi olarak adlandırılan ve çeşitli dönebilen parçalardan oluşan bir bina, rüzgâr etkisiyle dönme hareketi yapmakta ve ev için gerekli enerjiyi sağlamaktadır. Dönen parçalar evin ana iskeletinin merkezinde döndüğü için ev içi alanlarda dönme olayı yaşanmamaktadır.

Rüzgâr türbinlerinin çiftliklere yerleştirilmesinde çalışan bazı firmalar çeşitli bilgisayar programları geliştirerek en uygun rüzgâr alanlarına türbinleri yerleştirmeyi başarmaktadırlar. Sonrasında kurulan türbinlerin çalışma verimleri yine bilgisayar programlarıyla takip edilebilmektedir (www.alternaturk.org/ruzgar_teknik.php).

2.2. Hidrojen Enerjisi Uygulamaları

Yenilenebilir enerjiye duyulan ihtiyaç diğer enerji kaynaklarında olduğu gibi hidrojen enerjisinde de ön plana çıkmıştır. Hidrojen enerjisinin kullanımını geliştirmek için birçok yeni projeler üretilmeye başlanmıştır.

Dünyanın en büyük petrol şirketlerinden olan BP, İngiltere’de kömürden ucuz hidrojen ve elektrik üretmek için büyük bir proje başlatmıştır. Bu projede CO₂ çıkışı %90 oranında azalmaktadır. Texaco da benzer bir projeyi Amerika’da başlatmıştır.

AB’nin 2003 yılının ortalarında başlattığı bir program dâhilinde sürdürülmekte olan CUTE (Clean Urban Transport for Europe) Projesi kapsamında 9 Avrupa

şehrinde(Amsterdam, Barcelona, Hamburg, Londra, Lüksemburg, Madrid, Porto, Stockholm, Stuttgart) 27 hidrojenli belediye otobüsü kullanmaktadır. Bu araçlar sıfır emisyonla 1 milyon km yol kat edip, 4 milyondan fazla yolcu taşımaktadır.

Amsterdam ve Hamburg'da yenilenebilir enerji ile üretilen elektrik kullanılarak suyun hidrolizi sonucu elde edilen hidrojen, yakıt olarak kullanılacaktır. Amsterdam da Shell, Hamburg'da BP, projeye ortaktır. Londra'daki çalışmalarda hidrojen petrolden elde edilecektir. Madrid'de doğal gazdan, Reykjavik'te jeotermal ve hidrolik enerjiden Stockholm'de hidrolik enerjiden, Stuttgart'da doğal gazdan hidrojen üretilmesi planlanmaktadır. Barcelona'da ise hidrojen güneş enerjisi kullanılarak elde edilecektir.

Şu anda Rusya, ABD ve Japonya da nükleer santrallerden hidrojen üretmek için yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Pekin'de yapılacak 2008 Olimpiyatları'nda Çin, sporcuları hidrojenle çalışan otobüslerle taşıyacak, cep telefonları ve dizüstü bilgisayarlarda gelecekte hidrojen enerjisi teknolojilerinden yararlanabilecektir.

Japonya'nın en büyük tren şirketi olan ve Tokyo da günde 16 milyon yolcu taşıyan East Japan Railways Şirketi, yakıt hücreli ilk hızlı trenin deneme sürüşünü yapmış, ve hizmete gireceğini bildirmiştir.

Canon, kısa süre önce duyurduğu hidrojen enerjisi kullanan Mp3 çalardan sonra, son ürünü olan hidrojen pilli kamerayı basına tanıtmıştır.

Dünyada, hiçbir baraj veya bent gerektirmeyen “sıfır yüklü” kanal ve nehirlerden merkezileştirilmemiş enerji üretim potansiyeli bulunmaktadır. Kanallardaki ve nehirlerdeki kinetik enerji, 24 saat mevcut olabilen ve su akımlı bir türbin aracılığıyla faydalanılabilecek bir enerji kaynağıdır. Bu yöntemle Garman su akımlı türbini, Juba'daki evsiz insanlara içme suyu sağlamak amacıyla Nil nehri üzerinde kullanılmaktadır.

Taşınabilir güç kaynağı olarak yakıt pili uygulamaları özellikle cep telefonları (enerji tüketimi ortalama 400 mW olan, beklemede 50 mW ve görüşme sırasında 1 mW) ve dizüstü bilgisayarları (ortalama 10 W) üzerinde olmuştur. Kısa bir süre içinde çok büyük bir pazar payına ulaşılmıştır. Ancak en büyük engel kullanacakları bataryanın ömrü olmuştur. Li-ion bataryaların yaklaşık 160 Wh/kg'lık bir enerjisi vardır. Bu telefon için birkaç günlük, dizüstü bilgisayar için 3 saatlik bir enerji demektir. Günümüzde, tüketiciler bunun 3–5 kat daha fazlasını istemektedir. Ancak elektrokimyasal piller zaten su anda ulaşabilecekleri tüm limitleri zorlamış durumdadırlar. Günümüzde, ayrıntılı bir şekilde üzerinde çalışılan çözüm, daha iyi enerji sağlayan, yakıt hücresi destekli şarj edilebilir, küçük boyutlu pillerdir. Bu durumda pilin ömrü sadece taşınan hidrojen veya metanol tankının büyüklüğüyle

sınırlandırılacaktır. Kullanıcı cihazını birkaç saniyede dolduracak ve her dolum günümüz pillerinden 3–5 kat daha fazla enerji sağlayacaktır. Fakat en önemlisi her ikisinin de aynı oranda yer kaplamasıdır.

Üretici firmaların yeni geliştirdiği gazla çalışan yakıt pilleri sayesinde bu sorun ortadan kalkacakmış gibi görünmektedir. Bu sistem ile cep telefonlarını ayda bir şarj etmenin yeterli olacağı söyleniyor. Araştırmacıların geliştirdiği yakıt pilleri, kemere takılabilecek kadar küçük bir elektrokimyasal enerji kaynağı şeklindedir. Metan gazı pilin içinde özel bir bölümde saklanırken, bir kimyasal reaksiyon sayesinde ısı, oksijen ve elektrik enerjisi açığa çıkartılıyor. Bu enerji de doğrudan cep telefonuna güç verdiği gibi, telefona takılı bir başka bataryayı da şarj edebilecek şekilde tasarlanmıştır. Tüm bu işlemleri gerçekleştirebilen 50 mm. genişliğinde, 101 mm. uzunluğunda ve 12 mm. inceliğinde bir cihaz ortaya çıkmıştır. Bu, neredeyse ortalama bir cep telefonunun şarjı ile aynı boyutlara denk gelmektedir. Amerikalı firmanın yeni yakıt pillerini ticari kullanıma ne zaman sokacağı henüz belli değildir.

Yakıt pillerinin sabit tesislerde kullanımına yönelik olarak yapılan çalışmalarda da iki uygulama alanında yoğunlaşmıştır. Toplu üretim (200 kW'tan birkaç MW'a kadar güç gerektiren) ve konutsal üretim (2 ile 7 kW arası güç gerektiren). İlk alanla ilgili olarak birçok çalışma yapılmıştır. Bu amaçla, Kanada firması Ballard bünyesinde oluşturulan iki sanayi merkezinin amacı, PEMFC kullanan (elektrik-ısı) jeneratörleri dağıtmaktır (Bunlar 250 kW elektrik, 230 kW ısısal güce sahiptir).

Ayrıca 2000 yılı yine Avrupa PEMFC yakıt hücresi teknolojisi tabanlı bir projenin prototipinin, Thermie, Air Liquide dahil, Schneider Electric ve Fransız CEA ve İtalyan De Nora (şu anda Nuvera) ortaklığıyla oluşturulmasına tanık olmuştur. Son birkaç yılda ONSI Corp. adında bir Amerikan firması 200 kW PAFC tipi (PC25) yakıt hücresinin (200 kW lık enerji sağlayabiliyor) pazarlamasını yapmaktadır. Bir Alman firması MTU, 1 MW'lık MCFC modelini test etmektedir. Aynı zamanda bir Amerikan firması M-C Power Generation 250 kW ve bir Japon firması Hitachi 1 MW'lık modelleri test aşamasına getirmiştir. Siemens Westinghouse tarafından 100 kW'lık SOFC de test edilmektedir. UTC Fuel Cell, ticari maksatlı sabit büyük güçlü yakıt hücreleri üretmektedir.

Son olarak piyasaya sürdüğü PC25 tipi hücreleri 200 KW ve 900.000 BTU gücünde elektrik enerjisi ve ısıtma sağlamaktadır. UTC tarafından 2005 yılı sonuna kadar 19 ülkede 245 adet ünite monte edilmiş ve problemsiz çalışmaktadır.

Ulaşım sektöründe yakıt hücreli otobüs üretimini gerçekleştiren Kanada'nın Ballard Şirketinin yanı sıra General Motors, Ford, Chrysler, Toyota, Honda, BMW, Renault öncü firmalar olmak üzere dünyadaki hemen hemen bütün otomobil firmaları 1974'ten beri hidrojenli otomobiller üzerinde çalışmaktadır. 1999 yılında Alman DaimlerChrysler'in ürettiği (yakıt hücresi Ballard'dan temin edilmiştir) NECAR4 (sıvı hidrojenle çalışır) otomobillere örnek verilebilir. 2000'li yıllarda metanol dönüştürücülü NECAR5'in de üretimi de gerçekleştirilmiştir. Bunun dışında, General Motors tarafından Opel Zafira adı verilen ve 75 kW lık Ballard tescilli yakıt hücresi taşıyan bir araç üretilmiştir.

ABD, Japonya ve Avrupa'da 5. nesil prototip yakıt hücreli araçlar test edilmektedir. DaimlerChrysler, Ford ve Honda 2005 yılı itibarı ile ticari araçlara sahip olmuşlardır. 30 adet Mercedes-Benz Citaro otobüs 10 farklı Avrupa şehrinde kullanıma girmiştir. Yol uygulamalarının yanında bazı üreticiler (Fransa'da RVI ve Iris-bus) üstünde enerji hattı olmayan yakıt hücresi kullanan, temiz tramvay projesi üzerinde çalışmaktadır.

PSA Peugeot Citroen tarafından Partner / Berlingo modeli olarak, CEA ve endüstriyel ortakları tarafından geliştirilen yakıt pilli prototip araç üretilmiştir. Araç üzerinde Ana hücre, DC / DC elektrik dönüştürücüleri, hidrojen dolaşım devresi ve yüksek basınçlı hidrojen tankı bulunmaktadır.



Şekil 2.2 CEA ve Endüstriyel Ortakları Tarafından Geliştirilen Yakıt Pili Prototip Araç

HONDA firması tarafından üretilen CFX model yakıt pilli araçlar California ve Japonya'da trafikte kullanılmaktadır. Yine aynı firma tarafından üretilen bir diğer yakıt pilli araç ise 125 cc Scooter tabanlı FCMC model motosiklettir.



Şekil 2.3 Honda firması tarafından üretilen yakıt pilli araçlar

PALCAN Fuel Cell Co tarafından üretilen dördüncü nesil yakıt pilli araç sınıfına giren bisiklet 2001 yılında üretilmiştir.

EIVD Üniversitesi, İsviçre'de 100 W'lık ilk model ile başlayan Hydroxy projesi şu anda 3kW gücünde olan ve yolcu taşıyan Hydroxy 3000 modeli ile devam etmektedir.



Şekil 2.4 Yakıt Pili Deniz Araçları

Boeing şirketi 2005 yılı içerisinde ticari bir uçak olması hedeflenen yakıt hücreli tanıtım uçağı üzerinde çalıştığını ve uçuş testlerinin ise 2006 yılına planlandığını bildirmiştir. Şirket bu alanda 5 ortakla çalışmaktadır. Programda, Qinetiq (İngiltere) yakıt dönüşüm teknolojisi konusunda, Diamond Aircraft Industries (Avusturya) uçuş test aracı olarak kullanılacak olan motorlu planörü imalinde çalışmıştır. Intelligent Energy (İngiltere) PEMFC yakıt hücresi sistemlerini temin etmekte, Sener (İspanya) yakıt hücresi kontrol ünitesi geliştirmekte ve Aerlyper (İspanya) ise uçak yapısının değiştirilmesi konusunda destek vermektedir. Çalışmalar İspanya'nın başkenti Madrid'deki Boeing Araştırma ve Teknoloji Merkezinde yürütülmektedir.

Yakıt hücresi teknolojisinde günümüzdeki çalışmalar; maliyetin ve ağırlığın/hacmin düşürülmesi ve güvenliğin artırılması yönünde devam etmektedir. Bu konuda faaliyet gösteren firmaların önemli bir kısmı da, yakıt hücreli sistemlerin, içten yanmalı motor sistemleri ile aynı birim fiyata gelmesine çalışmaktadırlar. Otomotiv için PEM yakıt hücrelerinin en iyi çözüm olduğu hususunda görüş birliği sağlanmıştır.

Yakıt hücrelerinin kullanım alanlarından biri de bina için tasarlanmış olanıdır. Bu konuya örnek olarak Sulzer Hexis firması tarafından geliştirilen ve doğal gaz ile çalışabilen sistem verilebilir. Sistem bir ailenin, içinde yaşadığı dairenin gereksinim duyduğu ısı ve elektrik enerjisini üretebilecek kapasitededir. Kojeneratif yapısı, yüksek elektrik verimi, çevre dostu yapısı, CO indirgeme reaksiyonuna katkısı, sessiz çalışma prensibi ve günümüzde kullanılan sistemlerle bütünleşebilmesi sistemin önemli avantajlarından. Sisteme yakıt beslemesi yapıldığı müddetçe elektrik ve ısı üretebilmesi önemli bir özelliğidir. Boş halde 450 kg ağırlığında ve 200 kg yakıt depolama kapasitesine sahiptir. 1080 mm x 720 mm x 1800 mm boyutlarına sahip sistemde 2 adet elektrot ve elektrolit olarak Zirkonyum oksit kullanılmaktadır. Sistemde birbirine seri olarak bağlı birçok yakıt hücresi bulunmaktadır. Üretilen elektrik enerjisinin maksimum miktarı 1 kW, ısı enerjisi ise 2.5 kW civarındadır. Üretilen elektrik doğrudan kullanılırken, ısı enerjisi sıcak su depolama tankında veya doğrudan sıcak su temininde kullanılabilir (Hidrojentürk).

Yakıt hücreleri, atık su ve atıkların işlenmesi sırasında yanma reaksiyonları sonucunda oluşan emisyonları azaltmak ve oluşan metan gazından güç elde etmek için de kullanılmaktadır Çetinkaya, vd. (2002). ONSI Corp. adında bir Amerikan firması 200 kW enerji sağlayan fosforik asit tipi (PC25) yakıt pilinin pazarlamasını yapmaktadır.

Hâlen Japonya'da Tokyo Electric Company tarafından kurulan 11 MW'lık elektrik santrali Rokko adasının elektrik ve ısı ihtiyacını karşılamakla birlikte, kapasiteleri 50 ile 500

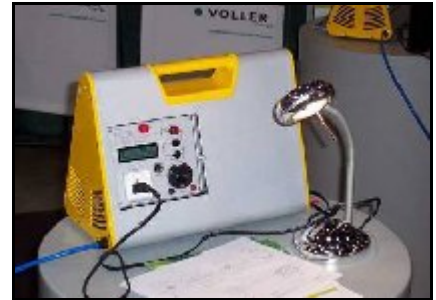
MW arasında değişen yüzlerce yakıt pilli tesisi bulunmaktadır. Sadece Tokyo'da şehrin elektrik ihtiyacının 40.000 kW'lık bölümü hidrojen enerji sistemlerinden sağlanmaktadır (www.bilgiustam.com).

Yakıt pillerinin cep telefonunda kullanımı konusunda Hitachi, Toshiba ve KDDI firmalarının güçlerini birleştirme kararı vermesiyle ortaya çıkan ve DMYP kullanılan cep telefonu önceki bataryasının 2,5 katı konuşma süresi sağlamaktadır. Ayrıca Toshiba firması cep telefonunun yanı sıra yine DMYP kullanarak ürettiği laptopu 2004 yılında CeBIT fuarında tanıtmıştır. PC'ye batarya olmaksızın doğrudan enerji sağlayan yakıt pili sıradan bir Li-ion pile göre 5 kat daha fazla enerji yoğunluğuna sahiptir.



Şekil 2.5 Toshiba DMYP Labtop

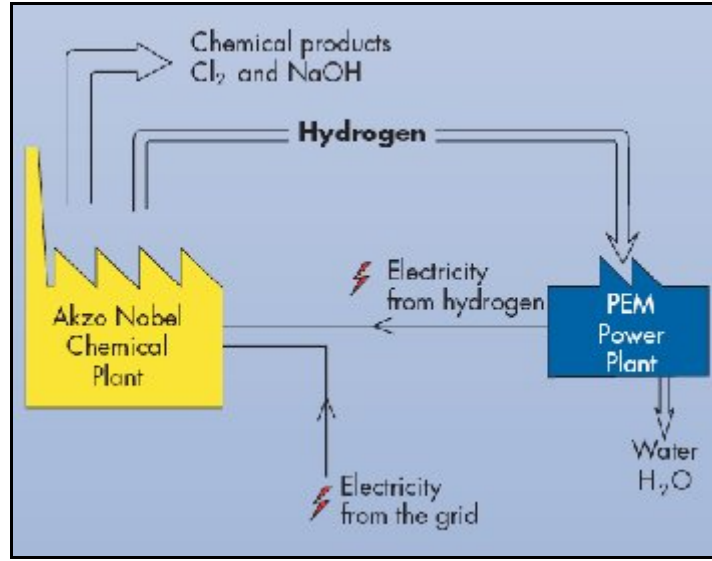
Voller Energy tarafından üretilen V100 Taşınabilir güç kaynağı, 2004 senesinde pazara tanıtılan 4. nesil üründür. Standart 220VAC ve 24 VDC çıkışa sahip 100W nominal değerde güç üretmektedir.



Şekil 2.6 V100 Taşınabilir Güç Kaynağı

Hollanda'da, Akzo Nobel firmasının kimya tesisinde yan ürün olarak ortaya çıkan hidrojenin geri kazanımına yönelik çalışma, NedStack firması tarafından yürütölmektedir. Bu proje neticesinde üretim prosesi için gerekli enerjinin %20'sinin geri kazanılması

planlanmaktadır. 1 Ocak 2004'te başlanan projede yan ürün olarak ortaya çıkan hidrojenin çevrimi için PEM tipi yakıt pili güç modüllerinin kullanımı planlanmıştır.



Şekil 2.7 PEM Tipi Yakıt Pili Güç Modüllerinin Kullanımı

Uzmanlara göre yakıt pillerinin seri üretimine 2- 4 yıl içerisinde geçilecektir. 2010 yılında ise 200 milyon cep telefonu, avuç içi cihaz ve dizüstü bilgisayarın yakıt pilleri tarafından çalıştırılacağı tahmin edilmektedir

2.2.1. Hidrojen Enerjisinin Türkiye'deki Uygulamaları

1990'lı yıllarda başta Ortadoğu Teknik Üniversitesi olmak üzere üniversitelerde hidrojen enerjisi konularında yapılan bilimsel araştırmaların yanı sıra, EİE Genel Müdürlüğü tarafından 1998 de yayınlanan "Yakıt Hücreleri Tarihsel Gelişimi, Teknolojisi, Çeşitleri ve Dünyadaki Uygulamaları" adlı EİE Bülteni ile hidrojen enerjisi konusu kamu kurumlarında da telaffuz edilmeye başlanmıştır.

2000'li yıllarda Türkiye'de hemen her üniversitenin malzeme, kimya, makine ve diğer ilgili bölümlerinde hidrojen enerjisi ile ilgili projeler yürütülüp tezler hazırlanırken, sanayinin de konuya ilgisi artmaya başlamıştır. Koç Gurubu şirketlerinden Ford Otosan, Arçelik, Tofaş, Aygaz, Demirdöküm ile Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi tarafından Yakıt Pillerinin Yerli İmkânlarla Üretilmesi Projesine 2004'ün Kasım ayında başlanmıştır. Ayrıca yeni projeler de planlanmaya devam etmektedir.

Dünyanın büyük ve küçük ekonomileri 2000’li yıllarda fosil yakıt bazlı ekonomiden hidrojen ekonomisine geçmeye başlamışken Türkiye’nin “Enerji ve Doğal Kaynaklar Alanındaki 2023 Türkiye Vizyonu” ve “Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007 – 2013)” çerçevesinde hidrojen enerjisi teknolojileri kapsamında alabileceği tedbirler şöyle sıralanabilir:

1- Hidrojen enerji sistemlerinin ülkemizin geleceğini nasıl etkileyeceği konusunda en üst seviyede çalışmalar yapıp, bu konuda orta ve uzun vadeli ulusal politikalar oluşturulmalıdır.

2- Yakıt hücreleri ile ilgili olarak ve özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirmek üzere teknolojik yenilikleri uygulamak ve geliştirmek için Üniversite ve sanayi kuruluşlarınca gerçekleştirilecek AR-GE çalışmaları özendirilmeli ve desteklenmelidir.

3- Avrupa Birliği Çerçeve Programlarında enerji ve özellikle hidrojen enerjisi ile ilgili çalışmalara yüksek kaynaklar ayrılmaktadır. Ülkemizin de katılım sağladığı bu programda hidrojen enerjisi için ayrılan kaynaklardan istifade edilmesi için gayret sarf edilmelidir.

4- Hidrojen üretimi için gereken elektrik üretiminde birincil enerji kaynakları olarak özellikle ülkemizde bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarına (hidrolik, rüzgâr, güneş vb.) önem verilmelidir.

5- Doğal gazdan elektrik üretimi için gaz türbünlü santraller yerine, çok daha verimli olan hidrojen yakıt hücreli santraller kurulmalıdır.

6- Hidrojen enerjisi sistemine geçerken, her şeyden önce, insanların bu enerji sistemi ile tanıştırılması, nitelikleri ve faydaları hakkında bilinçlendirilmesi konusunda çalışmalar yapılmalıdır.

Ayrıca ülkemizde, hidrojen üretimi, saflaştırılması ve depolanması konularında teknolojik bilgi birikimini oluşturmak, hidrojen- yakıt pili sistemleri entegrasyonu kabiliyetini kazanmak, bu teknolojileri Türk sanayisinin (özel sektör/savunma, otomotiv vb.) ve girişimcilerinin rekabet gücünü artırabilmek için, imkân ve kabiliyetler doğrultusunda geliştirmek, pilot ve/veya sanayi ölçekli bir tesis kurulması için gerekli altyapıyı oluşturmak, Türkiye’de hidrojen teknolojileri ile ilgili bir çekim merkezi oluşturmak ve danışmanlık hizmetlerini sağlamak amacıyla “Ulusal Hidrojen Teknolojileri Mükemmeliyet Merkezi”nin oluşturulması gerekmektedir.

Ülkemizde hidrojen enerjisi ve yakıt hücreleri ile ilgili şimdiye kadar gerçekleştirilen araştırma-geliştirme çalışmaları yetersiz kalmıştır. TÜBİTAK-MAM, İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ), Yıldız Teknik Üniversitesi

(YTÜ) ve Gazi Üniversitesi (GÜ)'nde yakıt hücreleri, hidrojen üretimi ve hidrojen depolama teknolojileri konusunda bazıları yerli ve yabancı literatüre de girmiş akademik çalışmalar yapılmaktadır.

Konutlarda yakıt hücresinin kullanımı ve Türkiye'de yakıt hücresi üretimi amacıyla, TÜBİTAK - TEYDEB (TÜBİTAK-TEKNOLOJİ VE YENİLİK DESTEK PROGRAMLARI BASKANLIĞI) tarafından desteklenen bir proje başlatılmıştır. Proje kapsamında, doğrudan hidrojenle çalışan veya bir yakıt işlemci (reformer) ilavesi ile doğalgaz veya LPG ile de çalışabilecek bir prototip yakıt hücresi üretilmesi hedeflenmektedir.

Ayrıca, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO), Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü (UNIDO), Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Araştırma Merkezi (ICHET), TÜBİTAK-MAM Enerji Enstitüsü ile birlikte hidrojen enerjisi teknolojileri alanında bir projeye başlanmıştır. Bu proje kapsamında, doğalgazdan hidrojen üretmek, TPAO, BOTAS doğalgaz boru hatlarına %30 oranında hidrojen eklenmesi, İstanbul'da 12 adet belediye otobüsü için günde 300 kg hidrojen üretimi ve hidrojen sülfür yönünden zengin Karadeniz dip sularından hidrojen üretimi hedeflenmektedir. Bununla birlikte, TÜBİTAK-MAM Enerji Enstitüsü, Arçelik, Aygaz, Ford, Tofaş, Türk Demirdöküm ve Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) işbirliğinde Yakıt Pili Teknolojisi Çerçeve Projesi başlatılmıştır. Projenin ilk aşaması "Temiz Enerji Üretimine Yönelik Yakıt Pili Teknolojilerinin Geliştirilmesi", ikinci aşaması ise "Polimer Elektrolit Membranlı Yakıt Pili Modül Bileşenlerinin Geliştirilmesi ve Üretimi" çalışmalarını içermektedir.

Hidrojen üretimi, depolanması ve bor esaslı yakıt hücreleri ile ilgili olarak Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN) tarafından aşağıdaki projeler finanse edilmektedir:

- Sodyum Borhidrür Sentezi ve Üretimi,
- Doğrudan Sodyum Borhidrürlü Yakıt Pili Üretimi ve Entegrasyonu (Hidrojen enerjisinin ve dolayısı ile yakıt hücrelerinin kullanımının yaygınlaştırılması kapsamında Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü (UNIDO)'nun desteğiyle; ülkeler arasında hidrojen teknolojilerinin geliştirilmesi ile ilgili bilgi iletişiminin sağlanması ve hidrojen enerjisi konusunda AR-GE çalışmaları yapılması amacı ile Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi (ICHET) 21 Ekim 2003 tarihinde İstanbul'da kurulmuştur.
- . Kalkınmış ve kalkınmakta olan ülkeler arasında bir köprü vazifesi görerek; hidrojen araştırma, geliştirme ve yatırımcı kuruluşlar arasında bir koordinasyonu sağlamak ve gelecekteki hidrojen teknolojisi ve endüstrisinin uygulama alanlarını tespit etmek,

- Hidrojen teknolojisi uygulamalarında barışçıl ve kalkınmaya yönelik işbirliğini geliştirmek,
- Hidrojen araştırma ve geliştirme çalışmalarının artırılması için kalkınmış ülkelerin bilim adamlarının ve uzmanlarının doğrudan katkılarını sağlamak,
- Kalkınmakta olan ülkelerin Ar-Ge merkezlerinin programlarını desteklemek, hidrojen teknolojileri alanındaki yatırımları teşvik etmek, olarak belirlenmiştir.

Türkiye’de yakıt hücreleri konusunda özel sektörde ise aşağıdaki faaliyetler gerçekleştirilmiştir:

Zorlu Grubu 10 milyon dolarlık yatırımla evler için yakıt hücresi geliştirmiştir. Ayrıca Vestel, diz üstü bilgisayarlar, cep telefonları için gerekli yakıt hücreli şarj aletlerinin prototiplerini üretmiştir.

Akaryakıt firması Aytemiz, ABD’li gaz şirketi Praxair ile hidrojen üretimi çalışmaları yürütmektedir.

Elimsan Topluluğu Plug Power şirketi ile birlikte 5 kW’lık yakıt hücreleri geliştirmiştir.

KOBİ’ler de hidrojenli cihazlara ilgi göstermektedir. Fırat Otomotiv otomobillerde hidrojen üreten Hidrokit adlı ürünü geliştirmiştir. Benzinle bir arada kullanılan hidrojen sayesinde yüzde 25 oranında yakıt tasarrufu ve performansı artışı, karbondioksit emisyonunda da yüzde 70’lik bir azalma sağlanmaktadır.

Endüstriyel uygulamalar için enerji dağıtım sistemleri üzerine çalışan EAE Elektrik de hidrojenle beslenerek elektrik üretimi yapan 1.5 kW’lık bir yakıt hücresi geliştirmiştir.

Bu çalışmaların yanı sıra Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü 100.000 Euro başlangıç bütçesi ile hidrojen enerjisi ile çalışan hibrit bir otomobil prototipi geliştirmiştir.

TÜBİTAK-MAM, Türk Tofaş Otomobil A.Ş. ile proje anlaşması yapmış ve Türkiye'nin ilk sivil seri hibrid elektrikli aracını geliştirmiştir. Ayrıca, TOFAŞ ile paralel hibrid elektrikli binek aracı projesine başlanmıştır.



Şekil 2.8 ELİT-1 Hibrid Elektrikli Taşıt

12-13 ŞUBAT 2007 tarihinde Ankara’da gerçekleştirilen “Enerji Enstitüsü AB Projeleri ve Avrupa Hidrojen-Yakıt Pili Teknoloji Platformu” kapsamında, su üstü gemiler (Cruise, Ro-Ro, Ro-Pax ve yat) için 500 kW gücünde Ergimiş Karbonatlı Yakıt Pili teknolojisi ile yardımcı güç kaynağının geliştirilmesi çalışmalarına başlanılmasına karar verilmiştir. Çalışmalara demo tesis kullanılarak sistem ve alt sistemler için problemlerin analiz edilmesi ile başlanacak ve deniz koşullarına uygun sistemin tasarımı, imalatı ve uygulanması ile sonuçlandırılacaktır. Projenin ana ortağı TÜBİTAK MAM olup çalışmaların 60 ayda tamamlanması hedeflenmiştir.

Atatürk Havalimanı Otobüs Projesi ile üretilen hidrojenli otobüsler havalimanı içinde ve dışında çalışacak ve işletilecek, ayrıca havalimanı içine bir istasyon kurularak hidrojen yakıtı sağlanacaktır. Projenin tamamlanma tarihi Kasım 2007 olarak belirlenmiştir.

Demirer Holding, BOS, Çukurova Holding, Unilever şirketlerinin yer aldığı Rüzgâr-Hidrojen Projesinde, rüzgârdan hidrojen üretilecektir. Üretilen hidrojenin bir kısmı margarin yapımında kullanılacak, bir kısmı da forkliftlerin yakıtı olacaktır.

Ankara Hastanesi Projesi ile Ankara’daki bir hastanede hidrolizle hidrojen ve oksijen üretilecektir. Oksijen, ameliyathanede ve bebek doğum kısmında, hidrojen ise ambulans yakıtı ve yemek pişirmede kullanılacaktır. Projenin Haziran 2008 de bitmesi beklenmektedir.

Deniz Taksi Projesi ile denizde giden ve hidrojen ile işleyen 2 taksi yapılacaktır. Birisinde hidrojen deposu olacak, diğerinin üstüne güneş pili konulacaktır.

Biyomas-Hidrojen Projesi ile tatlı sorgun bitkisinden hidrojen üretilecektir. Yapılan Ar-Ge çalışmalarının sonuçlarına göre en ucuz hidrojen, biyoyakıtlardan üretilmektedir.

Bunların yanında Hidroelektrik-Hidrojen Projesi, Denizli Hidrojenli Ev Projesi, Traktör Projesi, Forklift Projesi, Güneş-Hidrojen Projesi, İzmit Belediyesi Otobüs Projesi ve Yakıt Pili Projesi adlı projelerin en kısa zamanda hayata geçirilmesi düşünülmektedir.

Orta ve yüksek gerilim salt cihazları üreticisi olarak, ulusal ekonomiye katkıda bulunan Elimsan Grubu, şimdi de "Hidrojen Enerji Sistemleri"ni ulusal ekonomiye kazandırma faaliyetlerinde bulunmaktadır.

Son yıllarda süratle gelişen ve batı ülkelerinde geniş uygulama alanı bulan, cep telefonundan bilgisayara, bisikletten otomobillere, uçaklardan denizaltılara, iş merkezlerinden, toplu konutlara kadar her yerde hidrojen enerjisi kullanılmaya başlanmıştır. Hidrojen enerjisi ile çalışan bisiklet, toplumun bütün katmanlarının geleceğin enerjisi olan hidrojenden geniş bir şekilde istifade edebileceğinin açık bir göstergesidir. Bundan böyle bisiklet sürücüleri de seyahatlerinde kendi enerjilerini tüketmek zorunda kalmayacaktır.

2.3. Jeotermal Enerji Uygulamaları

Jeotermal enerji, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde uygulama alanı geniş olan enerji kaynaklarından biridir. Geniş ölçüde elektrik elde etmek için kullanılırken, bunun yanında hane ısıtma, seracılık, termal turizm, soğutma gibi birçok alanda da uygulamaları görülmektedir.

DPT 9ncu plan döneminde (2007 – 2013) jeotermal elektrik üretimi, ısıtma (konut, termal tesis vb), sera ısıtma, kurutma, termal turizm hedeflerine ulaşılması için gerekli olan yatırım tutarı aşağıdaki gibidir:

Tablo 2.2 Jeotermal Uygulamalar ve Maliyetleri

Jeotermal Uygulama	Ulaşılacak 2013 yılı hedefleri	İlave Yatırım Farkı (USD) (2013'e kadar)
Elektrik Üretimi	550 MWe (4 Milyar kWh)	1 Milyar USD
Isıtma (konut, termal tesis vb)	4000 MWt (500.000 konut eşd.)	800 Milyon USD
Sera ısıtma	1700 MWt (5000 dönüm)	350 Milyon USD (kuyular dâhil)
Kurutma vb.	500.000 ton/yıl	100 Milyon USD
Termal Turizm	400 kaplıca eşd.	800 Milyon USD
Soğutma	50.000 konut eşd.	200 Milyon USD
Toplam		3 Milyar 250 Milyon USD
Jeotermal elektrik üretimi, ısıtma, termal turizm (kaplıca), seracılık, kurutma, balıkçılık vb uygulamaların 2013'deki hedeflere ulaşıldığı takdirde yaratacağı ekonomik büyüklük		16 Milyar USD/yıl

Hastanelerde, bilhassa bu iş için kurulmuş özel hastanelerde, muhtelif hastalıkların tedavisinde ve nekahet devresinde, sanatoryumlarda, turistik otel ve tesislerde ki bugün turistik tesislerin % 20 si jeotermal alanlarda kurulmuş olup, her tesis sondajlarla kendi suyunu kendisi temin etmekte ve buralara senede bir defa giden turist sayısı 100 milyonu aşmaktadır. Beppu'da 1000 litre/saniye jeotermal su termal turizm amaçlı kullanılmaktadır.

Ayrıca ilâç fabrikalarında, şeker fabrikalarında, 98°C lik sular, bira sanayisinde, damıtma ile ilgili sanayi kollarında, kaya tuzu, kükürt istihsalinde (120°C'lik buhar), kümes hayvanlarının yetiştirilmesinde, kuluçka makinelerinde, civcivlerin daha çabuk gelişmesini sağlamakta, timsah yetiştirmede (28°C-32°C arasındaki havuzlarda), nehir kenarlarında ayrılmış özel havuzları sıcak sularla 23° C de sabit tutarak yılan balığı, sazan balığı cinsinden sıcak ortamda çabuk gelişebilen bazı tür balıkların yetiştirilmesinde, cam veya plâstik kaplı serlerde çiçek, turfanda sebze ve tropikal meyve yetiştirmede (bugün serlerde 1000 çeşitten fazla tropikal ve yarı tropikal meyve ağacı, daima yeşil kalan bitkiler ve süs bitkileri ile ilâç sanayisi için gerekli 1600 türden fazla bitki yetiştirilmektedir.)termal enerji kullanılmaktadır. Yine deniz suyunu ısıtarak kısa sürede tuz elde etmekte, bunun için deniz suyu ile irtibatta olan bir m²'lik ufak tanklar kullanılmakta ve bunlar sondajlarla elde edilen tabii buhar ile ısıtılmaktadır. Bu şekilde 200 tanklık basit bir tesiste, iki işçi günde bir ton tuz elde edebilmektedir

Japonya'da bugün gerek sıcak su kaynaklarından ve gerekse sondajlarla elde edilen tabii sıcak su ve buhar, çok çeşitli alanlarda uygulanmaktadır. Tabii sıcak su ve buhar kaynaklarının, gayzerlerin bulunduğu termal alanlar ile fümerol safhasındaki volkanlar çevresini millî park haline getirerek iç ve dış turizmin gelişmesini sağlamaktadırlar.

Japonya'da elektrik enerjisi üretiminde, bugün iki jeotermal alanda (Matsukawa, Otake) tabii buhardan elektrik elde edilmektedir. Bunlardan başka ilk planda ayrılmış 23 jeotermal alanda bu maksatla jeolojik, jeofizik ve sondajlı çalışmalar yapılmaktadır.

Berlin'deki parlamento binası yeraltında depolanan termik enerjinin kullanılması ile ısıtılmakta ve soğutulmaktadır.60m derinlikteki yeraltı suyunu ileten tabaka kışın çevrenin soğuşunu depolamakta ve yazın da serinletici olarak kullanılmaktadır. Bitkisel yağ ile çalışan termik santralin atık ısısı ise 300m derinlikteki akiferlerde depolanmaktadır. Bu sayede parlamento binası hem soğutulmakta hem de ısıtılmaktadır.

Termal turizm amaçlı olarak Almanya ve Macaristan'a 10 Milyon kişi, Rusya'ya 8 Milyon kişi, Fransa'ya yaklaşık 700 Bin, İsviçre'ye 800 Bin ve İspanya'ya 400 Bin kişi

gitmektedir. 126 Milyon nüfuslu Japonya'nın sadece Beppu şehrine 12-13 milyon kişi termal turizm amaçlı olarak gelmektedir.

Amerika'da da yaklaşık 10.000 yıldır kullanılan, Kızılderili kültüründen gelen termal turizm amaçlı 210 adet kaplıca vardır. Bu kaplıcalardan yılda 4,5 milyon kişi yararlanmaktadır.

İzlanda'nın nüfusu 200 000 olup, bunun yarısından fazlası tabii sıcak sularla ısıtılan evlerde oturmaktadırlar. Okullar, çiftlikler sıcak suların bulunduğu yerlerde veya civarında kurulmuştur. Bugün yedi şehir tabii sıcak sularla ısıtılmaktadır.

Jeotermalden üretilen elektriğin reaktörde ve jeotermal akışkanın su olarak kullanılması ile hidrojen üretimi pilot çalışmalarına İzlanda'da başlamıştır. İzlanda, jeotermal zenginliği nedeniyle, bu işe başlamak için en ideal yer olarak görülmüştür. 24 Nisan 2003'de Özel Sektör (Shell) Belediye işbirliği ile dünyanın ilk hidrojen gaz istasyonu Reykjavik-İzlanda'da açılmıştır. Doğal ve ucuz kaynak olan jeotermalden üretilen hidrojenin petrolün yerini alarak şehirdeki hava kirliliğini önlenecek ve ekonomi sağlanacaktır. Shell Tokyo'da Belediye işbirliği ile bir dolmuş istasyonu açmış bunu Amerika Kaliforniya ve Lüksemburg izlemiştir.

Dünyanın en büyük jeotermal potansiyeline sahip Endonezya, sıcak su rezervlerinden elektrik üreterek petrole bağımlılığını azaltmayı hedeflemektedir. Endonezya hükümeti, yeraltı jeotermal potansiyelin değerlendirilmesi için yeni bir yasayı onaylıyor. Endonezya'nın yeraltı termal kaynakları açısından dünyanın en büyük potansiyeline sahip olduğu değerlendirilmektedir. Söz konusu jeotermal ekosistemin, ülkede yaşayan 220 milyon kişiye yetecek kadar yılda 21.000 megawatt enerji üretebileceği tahmin edilmektedir. Bu girişim, büyük bir petrol ithalatçısı bir ülkenin enerjide dışa bağımlılıktan, öz kaynağa geçişine önemli bir örnek teşkil edecektir. Söz konusu yasa, şimdilik Endonezya'nın toplam enerji ihtiyacının yüzde 4'üne denk düşen 800 megawatt'lık bir üretimi öngörmektedir.

Yine bir Güneydoğu Asya ülkesi olan Filipinler de jeotermal yöntemle 1.775 megawatt enerji elde edilmektedir. Aynı rakam ABD'de 2.100 megawatt'tır.

2.3.1. Jeotermal Enerjinin Türkiye'deki Uygulamaları

Kaynak zenginliği açısından dünyada ilk 7 ülke arasında yer alan Türkiye'nin termal suları, hem debi ve sıcaklıkları hem de çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikleri ile Avrupa'daki termal suların daha üstün nitelikler taşımaktadır. Ülkemizde debileri 2-500 lt/sn arasında

değişen 1300 dolayında termal kaynak bulunmaktadır. Türkiye'de, 240 adet kaplıcadan yılda 10 Milyon kişi birçok hastalığın tedavisinde, rehabilitasyon ve dinlenme (tatil) amaçlı olarak faydalanmaktadır.

Dolayısıyla Türkiye'de kurulacak olan Termal Turizm Tesisleri ile Avrupa'dan gelecek tedavi maksatlı turistlerin ihtiyaçları rahatlıkla karşılanabilecek ve işletilebilecektir. Bunun için Türkiye'de her türlü alt yapı (termal su, güzel tabiat, uygun iklim) bilgi birikimi, teknoloji, hizmet anlayışı mevcuttur. Termalizm Türkiye için bir şanstır. 10 yıl için hedeflenen termal turizm ekonomik faaliyet tutarımız şu andaki Almanya'nın termal turizm ekonomik faaliyet tutarına eşittir.

Türkiye, jeotermal kaynaklarından elektrik üretim potansiyeline de sahiptir. Bu amaca uygun olarak Türkiye'de belirlenen jeotermal sahalar arasında en önemli olarak Denizli-Kızıldere sahası (198°C), Aydın-Germencik (200-232 °C), Çanakkale- Tuzla (173°C), Aydın-Salavatlı (171°C), Kütahya-Simav (162°C), ve İzmir-Seferihisar (150°C) sahalarını gösterebiliriz (Şimşek, 1998).

Bunu yanında Afyon Ömer-Gecek jeotermal alanında yer alan sıcak ve mineralli su kaynakları, termal turizme yönelik olarak 3 adet kaplıca ile 33 adet termal motelin ısıtılmasında ve termal olimpik bir havuza sıcak su verilmesinde kullanılmaktadır (Yılmaz, 1999).

Türkiye'de jeotermal enerji ile ısıtılacak potansiyel yerleşim birimlerinin toplamının meydana getirdiği 945 bin konutluk kapasite, sadece şehir ısıtmasına yöneliktir. Sera ve kaplıca ısıtma, soğutma, endüstriyel kullanım, mineral eldesi, balık üretimi v.b. için kullanılan enerji bu değer dışındadır. Bazı Jeotermal kaynaklarımızın yerleşim birimlerine uzaklığı ve küçük yerleşim birimleri olmaları nedeniyle 5 Milyon konut eşdeğeri ısı potansiyelinin yaklaşık 1 Milyon konutu bugünün şartlarına göre ısıtma amaçlı olarak değerlendirilebilecektir. Ancak jeotermal sahalarla yakın bölgelerde sera ısıtması, endüstriyel kullanım, kaplıca maksatlı kullanım, kimyasal madde üretimi, balık çiftlikleri v.b. kullanımları uygulamak mümkündür. Jeotermal Merkezi Isıtma/soğutmadan arta kalan potansiyelimiz ile de yukarıda adı geçen değerlendirmeleri gerçekleştirerek potansiyelimiz tam olarak değerlendirilebilecektir.

2003 yılı sonu itibarıyla jeotermal enerji ile ısıtılan yerleşim birimlerini şöyle sıralamak mümkündür. Gönen 3400 konut, Simav 3200 konut, Kırşehir 1800 konut, Kızılcahamam 2500 konut, Balçova 11500 konut, Afyon 4500 konut, Kozaklı 1000 konut, Sandıklı 2000 konut, Diyardin 400 konut, Narlıdere 1500, Salihli 2000 konut jeotermal

merkezi ısıtma sistemi ile ısıtılmaktadır. Balçova Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi teknik ve ekonomik açıdan dünyadaki yedi en başarılı jeotermal uygulama arasına EGEC-European Geothermal Energy Council (Belçika) tarafından Nisan 1999 tarihinde Ferrara/İtalya'da seçilmiştir.

2.4. Güneş Enerjisi Uygulamaları

Güneş enerjisinin kontrollü uygulamaları; kullanım suyu ısıtma, yüzme havuzu ısıtma, kaynatma ve pişirme, bitkisel ürünlerin kurutulması, su distilasyonu, aktif olarak yapılarda hacim ısıtma ve serinletme (iklimlendirme), soğutma, pasif ısıtma ve serinletme, toplam enerji sistemleri ile ısı ve elektriği birlikte üretme, sulama suyu pompajı, endüstriyel işlem ısısı üretme, elektrik üretme, fotokimyasal ve fotosentetik çevrimler gerçekleştirme biçiminde sıralanabilir. Her uygulamanın özelliğine göre kullanılan kollektörler değişik olmaktadır. Bazı uygulamalarda enerji depolamaya gerek duyulurken, bazı uygulamalarda kesintili veya alternatif üretim koşulları yeterli görülerek, depolamaya gerek duyulmamaktadır.

Dünya genelinde kurulu bulunan güneş kollektörü alanı 30 milyon m²'nin üzerindedir. En fazla güneş kollektörü bulunan ülkeler arasında ABD, Japonya, Avustralya İsrail ve Yunanistan yer almaktadır. Türkiye, 7,5 milyon m² kurulu kollektör alanı ile dünyanın önde gelen ülkelerinden biri konumundadır.

Bazı ülkelerde yenilenebilir enerjiden yararlanmak için yapılan çalışmalarda devlet desteği bulunmaktadır. Almanya, Fransa (yeni başladı), İspanya (yasal mecburiyet ve maddi teşvik var), Portekiz, Avusturya gibi ülkelerde güneşli sıcak su ısıtma sistemlerinin alış fiyatının % 40 ile 60'ını karşılayacak şekilde destek verilmektedir. ABD'de ve Japonya'da ise ilan edilen hedef her türlü güneş enerjisi sistemi için 1 milyon adet güneşli çatıdır. Aynı zamanda ABD eyaletlerinde elektrik üretim ve dağıtım şirketlerine toplam yıllık kWhaat satış miktarlarına % 30'lara kadar varan zorunlu "yenilenebilir portfolyo standartları" getirilmektedir. Aynı zamanda yenilenebilir enerji üreticilerine kWhaat başına 0.015 USD vergi iadesi uygulanmaktadır (TEMA Vakfı Raporu, 2007).

Güneş pillerinin uygulama alanlarıyla ilgili dünyada ve ülkemizde çok farklı projeler geliştirilmektedir. Geliştirilen bu projeler sayesinde de çok farklı ürünler ve yeni yeni uygulama alanları ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2.9 CIS Tower, Manchester

İngiltere bulunan bu yapının fotovoltaik panelleri 5,5 milyon sterline mal olmuştur. Bu tesis 2005 Kasım ayından beri ulusal elektrik ağına elektrik satmaktadır. Bu uygulamalardan biri güneş havuzlarıyla ilgilidir. Derin ve siyah zemini ile güneşi yakalayarak suyun ısıtılmasını sağlayan, güneş havuzları konusunda en fazla İsrail'de çalışma ve uygulama yapılmıştır. Bu ülkede 150 kW gücünde 5 MW gücünde iki sistemin yanında Avustralya'da 15 kW ve ABD'de 400 kW gücünde güneş havuzları bulunmaktadır.

Bir diğer uygulama çanak şeklinde ya da kutu şeklinde, içi yansıtıcı maddelerle kaplanmış güneş ocaklarında odakta ısı toplanarak yemek pişirmektir. Bu yöntem, Hindistan, Çin gibi bir kaç ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır.

Amerikalı bir girişimcinin fikir ürünü olan bir düzenek ile ise ucuz ve temiz güneş enerjisini daha ucuza üretmek mümkün olabilecektir. Sunflower (Günebakan) – 250 adı verilen ve olumsuz iklim koşullarında testleri yapılmakta olan düzenek, silikon temelli pahalı fotovoltaik hücrelerin yerine bir toplayıcıya odaklanan hareketli aynalar kullanılarak verimi artırmakta ve çatılarda kullanılabilecek kadar hafif ve ucuz olma özelliğini taşımaktadır. Sunflower-250'nin aynaları hareketli ve gün boyunca güneşi izlemektedir. Güneşli bir gündeki verimi ise, 1 KWh'i bulmaktadır.

Güneş evleri (Solar building) özellikle Avrupa ve ABD'de, birçok üniversite ve araştırma kuruluşlarında sürdürülmekte olan bilimsel çalışmalar yanında, ticari anlamda uygulamaya geçildiği ve bu konuda uzmanlaşmış birçok ticari kuruluşun pasif güneş

sistemleri kurmakta olduğu gör÷lmektedir. Bunlara örnek olarak, Almanya’da DOMUS, ve ABD’de ise “Enertia Building Systems” gösterilebilir. ABD’de bugüne kadar 17,000 binanın pasif sistem olarak dizayn edildiği belirtilmektedir. Ayrıca, bu ÷lkelerde pasif sistemlerin özendirilmesi ve yaygınlaştırılması amacıyla yönelik olarak devlet politikaları geliştirilmiştir. Örneğin, ABD Enerji Bakanlığı tarafından yürüt÷lmekte olan “Federal Energy Management Program (FEMP)” çerçevesinde bu sistemlerin yaygınlaştırılması amacıyla bir dizi çalışmalar yapılmaktadır. Buna ek olarak, ABD’de bir adım daha atılarak, pasif sistemler konusunda bilimsel çalışmalar ve ticari uygulamalar yapan kurum ve kuruluşların aynı çatı altında toplanıp, birbirleri ile daha kolay iletişim sağlamaları ve organize bir şekilde çalışmalar yaparak, ortak projeler geliştirmeleri amacıyla, “Pasif Güneş Endüstrileri Konseyi” (Passive Solar Industries Council : PSIC) kurulmuştur (www.fizikkulubu.net).

İnternetin en büyük arama motoru Google, 10 hektarlık merkez kampüsünü güneş enerjisine geçirmeye yönelik çalışmalara başlamıştır. Bu kapsamda söz konusu kampüste kullanılan enerjinin %30’unun güneşten elde edilmesi planlanmıştır. Proje kapsamında 9.200 adet güneş paneli yerleştirilecektir. Bu sayede 1.6 megawatt elektrik enerjisi üretilmesi beklenmektedir. Proje, EI Solutions şirketi tarafından yürüt÷lmektedir. Google’ın kendi enerjisini güneşten çıkarması sayesinde 10 yıl içinde tasarruf edeceği meblağdan proje maliyetini kurtaracağı tahmin edilmektedir. (NTV-MSNBC, 2006).

İngiltere’de üretilen ve güneş enerjisiyle çalışan Serpentine Solar Shuttle isimindeki tekne, Londra’da Hyde Park Gölü’nde saatte 5 deniz mili yol alarak 42 yolcu taşıyabilmektedir. Ürünün tasarımcısı Christoph Behling’tir. Teknenin üzerinde 27 adet güneş paneli bulunmakta, tekne azami 160 km yol alabilmektedir. Teknenin motorları hiç ses çıkarmamakta ve çalışma esnasında çevreyi kirletici gaz çıkışı olmamaktadır. Teknenin Londra’nın kapalı ve bulutlu havasında dahi güneş enerjisi üretebileceğini açıklanmaktadır. Teknenin sefer yapmadığı zamanlar ürettiği artık elektrik enerjisi ise parkın aydınlatılmasında kullanılmaktadır. Serpentine Solar Shuttle teknesinin maliyeti 421 bin dolar olarak açıklanmıştır. Teknenin seri üretilmesi halinde maliyetinin de düşeceği belirtilmektedir. Behling 300 kişilik güneş enerjili bir teknenin yapımı üzerinde çalışmalarını sürdürmektedir (Associated Press, 2006).



Sekil 2.10 Serpentine Solar Shuttle İsmindeki Güneş Enerjisi İle Çalışan Tekne

Güneşli kaynatıcılar ve yemek pişiriciler, güneşli sterilizörler ise genelde odaklı kollektörlü olup, güneş ışınlarının yoğunlaştırılmasıyla elde olunan yüksek sıcaklıklı ısıyı kullanırlar. Çift camlı, kutu tipli ocaklar güneşli saatlerde yemek pişirilmesini sağlayabilirler. Hindistan, Çin gibi bazı ülkelerde yemek pişirmek için güneş enerjisi yaygın olarak kullanılmaktadır (www.fizikkulubu.net).

Güneş enerjisi teknolojisinin gelişim süreci içerisinde yüksek sıcaklık üretmeye yönelik güneş fırınları önemli yer tutmuştur. 1955–1965 dönemindeki teknoloji ile Fransa Pireneler’de kurulan 1 MW güçlü Mont-Louis Güneş Fırını, gelişmiş ve örnek bir fırın olarak gösterilmektedir (www.fizikkulubu.net).

Parabolik oluk kollektörlü sistemler konusunda faaliyet gösteren LUZ International (ABD), dünyada güneş enerjisiyle üretilen toplam elektriğin % 92'sini gerçekleştirmektedir. Bu şirket, 1984 yılında başlattığı çalışmalar ile günümüze kadar 9 güç santralini (SEGS: Solar Electric Generating System) işletmeye sokmuş olup 4 santral ise proje safhasındadır. 80 MW gücündeki SEGS-9, 1990 yılında Harper Gölü’nde inşa edilen santrallerin ikincisi olup, inşa edilmesi ve devreye sokulması 8.5 ay gibi kısa bir sürede tamamlanmıştır. SEGS-8 ve SEGS-9’dan sonra 1994 yılına kadar inşa edilecek olan 4 santral da işletmeye alındığında, 1 milyon insanın elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayacak ve toplam 680 MW’lık bir enerji üretilecektir.

SEGS teknolojisi, güneş enerjisini birincil enerji kaynağı olarak kullanan Rankin çevrimli buhar türbin sistemine dayanır. Güneş Santrali, parabolik oluk kollektör gruplarından (Solar Collecting Assemblies-SCA) meydana gelmiştir. Güneşi iki boyutlu olarak takip eden ve yansıtıcı yüzeyleri vasıtasıyla güneş ışınlarını odaklayarak çelik boru üzerinde yoğunlaştıran kollektörler, kolonlar üzerine kurulmuş olup, esnek hortumlarla birbirine bağlanmışlardır. Verimi arttırmak ve ısı kayıplarını en düşük seviyeye getirmek için, absorban olarak kullanılan ve özel bir madde ile kaplı olan bu çelik boru, içi vakumlanmış cam bir tüp içine yerleştirilmiştir. Boruların içinden geçirilen ısı transfer akışkanı (sentetik yağ), 380 °C

civarına kadar ısıtılır ve sistem boyunca dolaştırılarak türbin jeneratörü için gerekli olan buhar üretilir.

Güneş enerjisinin yetersiz olduğu zamanlarda, kesintisiz enerji üretimini sağlamak için, doğal gazlı ısıtıcı sistem kullanılmaktadır. Güneş enerjisinin yeterli, yetersiz veya hiç olmama durumuna göre sistem üç değişik şekilde çalışır.

Güneş enerjinin yeterli olduğu durumlarda, ısı transfer akışkanı doğrudan güneş tarlasından geçer. Yetersiz veya hiç olmama durumlarında ise doğal gazlı ısıtıcılarla desteklenir veya tamamen bu ısıtıcılar devreye sokulur. Her iki enerji kaynağının da kullanıldığı durumda, hem güneş enerjisinden hem doğal gazdan yararlanabilmek için by-pass valfi açık bırakılır. Bu durumda güneş tarlasında ısınan sıvı, destek ısıtıcılar yardımı ile çalışma sıcaklığına ulaşıncaya kadar ısıtılır.

2.4.1. Güneş Enerjisinin Türkiye'deki Uygulamaları

Güneş enerjisinin Türkiye'deki çeşitli uygulamaları ise, Çevre ve Orman Bakanlığı orman gözetleme kuleleri, Türk Telekom ve GSM aktarma istasyonları, karayolları imdat telefonları, EİE demonstrasyon uygulamaları ve çeşitli araştırma kurumları,500 kW civarında güneş pili kurulu gücü mevcut güneş pilleri maliyetlerin düşmesine bağlı olarak kullanımı yaygınlaşacaktır.

EİE Enerji Kaynakları Etüt Dairesi Güneş Enerjisi Şubesi, 1982 yılından bu yana güneş enerjisi konusunda araştırma, geliştirme, bilgilendirme ve demonstrasyon çalışmaları yürütmektedir. Çalışmaları arasında; teknoloji takibi, değerlendirilmesi, kaynak ve potansiyel belirlenmesi, kullanım alanlarının araştırılması ve araştırma-geliştirme ve demonstrasyon projeleri gerçekleştirilmesi yer almaktadır.

Güneş enerjisinin uygulama alanlarını incelerken termal uygulamalar ve güneş pilleri uygulamaları alt başlıklarında inceleyebiliriz.

a) Termal Uygulamalar: Güneş Kollektörleri Test Standı ile ülkemizde kollektör üretimini daha iyiye kanalize etmek ve standard bilincinin oluşmasına yardımcı olmak amacıyla yönelik olarak EİE Yenilenebilir Enerji Kaynakları Araştırma Parkına bilgisayar destekli bir güneş kollektörü test standı tesis edilmiştir. Türk Standartları Enstitüsü ile yapılan protokol çerçevesinde TS - 3680 standardının ısıl performans deneyleri bu stantta gerçekleştirilmektedir. Üreticilerin geliştirdikleri ürünler de bu stantta test edilmektedir.

Toprak Kaynaklı Isı Pompası Projesi sayesinde jeotermal enerjinin bir türü olan toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerini teknik ve ekonomik olarak incelemek üzere bir demonstrasyon sistemi, 2002 yılı içinde EİE Yenilenebilir Enerji Parkı'nda kurulmuştur. Bu tür sistemler; toprağın derinliklerindeki sabit sıcaklıktan yararlanarak ortam ısıtması ve soğutması yapmakta kullanılmaktadır. Böyle bir sistemle split klima olarak bilinen havadan havaya ısı pompalarına göre daha az enerji harcanmaktadır.

Güneş ışınlarını parabolik olarak yoğunlaştıran güneş ocakları dünyanın çeşitli yerlerinde yemek pişirmek için kullanılmaktadır. EİE'de deneme amaçlı imal edilen güneş ocağı 750 °C sıcaklığa ulaşmaktadır.

b) Güneş Pili Uygulamaları: Gün boyunca güneş enerjisinden üretilen elektrik ile akü şarj edilerek, geceleri lamba çalıştırılmaktadır. Bu birimlerden 2 tanesi Ankara AOC Atatürk Evi önünde, 2 tanesi Didim Güneş ve Rüzgâr Enerjisi Araştırma Merkezi'nde, 1 adeti EİE Genel Müdürlük Binası girişinde çalışmaktadır. Ayrıca, Didim'de 160 Wp gücünde bir sistem ile de çevre aydınlatması yapılmaktadır.

Güneş Pili Su Pompaj Sistemleri ile Küçük çaplı sulamada kullanılacak olan bu sistemlerin birincisinde 616 Wp gücünde güneş pili, invertör ve dalgıç pompa bulunmaktadır. 7 m derinlikteki bir kuyudan yılda yaklaşık 11000 m³ su pompalayabilen bu sistem şebekeden uzak yerlerde dizel motopomplarla ekonomik olarak rekabet edebilmektedir. 756 Wp gücünde diğer bir su pompaj sistemi ise EİE Yenilenebilir Enerji Parkı'nda bulunmaktadır.

Güneş Pili Trafik İkaz Sistemi, karayollarında, trafik ikaz amacıyla kullanılan uyarı lambalarının güneş pilleri aracılığıyla çalıştırılmasını amaçlayan bir projedir. Bu projede 50 W gücünde modül, 70 Ah akü kullanılmıştır.

Şebeke bağlantılı sistemlerin demonstrasyonu amacıyla 1,2 kWp gücünde bir şebekeye bağlı güneş pili sistemi de EİE Yenilenebilir Enerji Kaynakları Parkı'na tesis edilmiştir.

c) Güneş Enerjisi Potansiyel Çalışmaları: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün verileri kullanılmış ve güneş enerjisinin değerlendirilmesinde yeterli olunmadığı sonucuna varılmıştır. Bu proje kapsamında şu ana kadar 8 ile (Antalya, İzmir, Aydın, Ankara, Adana, Isparta, Kayseri ve Balıkesir) istasyon yerleştirilmiştir, bunlardan 3'ünde ölçümler sona ermiştir.

Bu istasyonlardan alınan ölçümlerden yararlanarak ve DMİ'nin verileri de kullanılarak bir model geliştirilmiş, 58 il için güneş ışınımı ve güneşlenme süreleri hesaplanmıştır.

Bunların yanında TÜBİTAK tarafından gerçekleştirilen bir projede organik maddeler kullanılarak elde edilen güneş pilleri, bant gibi yapılabilen yüzeyi ile de dikkatleri üzerine çekmektedir. Uygulama açısından fotosentez olayını taklit ederek elektrik elde etmeye dayanmaktadır.

2.5. Biyokütle Enerjisinin Uygulamaları

Biyokütle enerji teknolojisi kapsamında; odun (enerji ormanları, ağaç artıkları), yağlı tohum bitkileri (ayçiçek, kolza, soya v.b), karbonhidrat bitkileri (patates, buğday, mısır, pancar, v.b), elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum vb.), bitkisel artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk v.b), hayvansal atıklar ile şehrsel ve endüstriyel atıklar değerlendirilmektedir.

Biyokütlenin üretilmesinde ve kullanılmasında çeşitli yöntemler hızla gelişmekle birlikte uygulama alanlarında da genişlemeler görülmektedir. Biyokütlenin Dünya genelindeki üretiminin artmasının önemli faydalarından biri de atık ve artık maddelerden enerji elde edilebilmesidir. Böylelikle bir yandan enerji elde ederken öte yandan çevremizi temizlemiş ve temiz bırakmış oluyoruz.

Tablo 2.3 Dünya Biyokütle Potansiyeli

	Alan (%)	Biyokütle Üretimi (%)
Ormanlar	11	44
Koruluklar	5	1
Otlak-Çayır	5	9
Tarıma Uygun Alanlar	3	5
Çöl	5	0
Göl ve Nehirler	1	3
Okyanuslar	70	38

Biyolojik kütlenin (biyokütle)ormanlık alanlarda uygulamalarında, belirli büyüklükte bir orman alanındaki ağaç ve ağaççık topluluğunun yaşayan bir kütle, bir yığın halinde düşünülmesidir.

Ormanlık alanların ve biyokütle kaynaklarının ormanların enerji potansiyelinin araştırılmasında ağaçların bütün bileşenlerinin dikkate alınması gerekir. Ne yazık ki,

günümüzde uygulanan orman envanterlerinde genel amaç, ticarî ağaç türlerinin yalnız kabuksuz tomruk hacimlerinin tahmin edilmesidir.

AB'de 2005 yılında sıvı biyoyakıt üretimi 4 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Üretimin 3,2 milyon tonu biyodizel, 0,8 milyon tonu biyoetanol olarak ortaya çıkmıştır. Yine 2005'de 3,2 milyon ton kanola bazlı biyodizel üretimi yapılmıştır. 2004 yılına göre biyodizel üretimindeki artış % 35 olarak kaydedilmiştir (Ar, 2007).

Dünyanın yıllık biyokütle üretimi kaba bir tahminle 4.3 milyar ton kuru ağırlığa eşdeğerdir ve bu miktarın 2/3'ü yakacak odun özelliğinde değildir. Dünya ormanlarının günümüzde değerlendirilmeyen biyokütle kaynaklarının enerji değeri yıllık yaklaşık 1.2 milyar ton petrol eşdeğerinde ya da dünya enerji tüketiminin % 15'i kadardır. Tomrukların orman biyokütle kaynaklarının İsveç, Finlandiya, Rusya ve Türk Cumhuriyetleri, Kanada ve ABD gibi orman bakımından zengin ülkelerde, yenilenebilir enerji kaynağı olarak büyük önemi vardır.

Gelişmiş ülkelerde, birkaç istisna dışında, odunun rolü oldukça azdır. Yakacak odundan elde edilen enerji ortalama % 1' den düşüktür ve odun kökenli bütün yakacaklardan elde edilen miktar toplam enerji tüketiminin % 2'sinden daha az bir miktarı oluşturmaktadır. Finlandiya % 16'lık odun kökenli enerji üretimi ile diğer endüstri ülkeleri arasında ilk sırayı almaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde yakacak odun genellikle kullanıcılar tarafından ücretsiz sağlanan ürün olarak toplanmakta ve özellikle pişirme amaçlı tüketilmektedir. Gelişmekte olan bir toplumda kişi başına düşen yıllık enerji gereksinim miktarı 0,5- 1 m³ tür. Gelecek yirmi yıl içerisinde yakacak odun ve odun kömürü yerine kullanılacak gerçekçi bir seçenek enerji kaynağının bulunabileceği konusunda bir umut bulunmamaktadır.

Gelişmiş ülkelerde durum tamamen farklıdır. Her şeyden önce, yakacak odunun birincil kullanım alanı ısı üretimidir. Böylece yerleşim yerlerindeki mekânların, evlerin ve suların ısıtılması ya da orman endüstrilerinde ısı üretim işlemi gerçekleştirilmektedir. Odun yongalarının yakacak olarak yöresel ısı merkezlerinde ve diğer orta ölçekli su ısıtma tesislerinde kullanılması, 1980'li yıllardan itibaren özellikle Finlandiya ve İsveç gibi kimi ülkelerde hızla artmaktadır. Orman biyokütlesinden elektrik enerjisi ya da sıvı yakacaklar elde edilmesi konularında gelecek için büyük bir ilgi ve çaba vardır.

Gelişmekte olan birçok ülkede ticarî değeri olmayan orman biokütlesi, fosil yakacaklara (petrol, kömür) bağımlılığın azaltılmasında önemli bir potansiyel olarak önem kazanmaktadır. Bu potansiyel dünya çapında yıllık 1,2 milyar ton petrole eşdeğer olarak, yaklaşık dünyanın birincil enerji tüketiminin % 15'i kadardır. Bu miktarın bir kısmı normal

ağaç tomruklama etkinliklerinin uygulandığı orman alanlarının uzağında olsa bile, yarısından fazlası tomruklama yörelerinde aralama ve tıraşlama kesimlerinde ortaya çıkan artıklardan oluşmaktadır.

Örnek olarak ABD'de orman artıkları hacminin 268 milyon m³/yıl ve bu miktarın 170 milyon m³ ünün ya da 35 milyon ton kuru ağırlığın kullanılabilir olduğu tahmin edilmektedir. Finlandiya'da küçük ağaçlar, dallar, kütükler ve köklerin potansiyel biyokütle kaynağı 43 milyon m³/yıl, bu miktarın 15,3 milyon m³ ya da 2,8 milyon ton kuru ağırlığı kullanılabilir özelliktedir. İsveç'te bütün ormancılık etkinliklerinin tomruklama (kesim ve taşıma) işlemlerinde yoğunlaştırılması ile yılda 28 milyon m³ yakacak odun üretilebilecektir. Çeşitli ülkelerde enerji üretimi amacıyla, kolay kesilebilecek küçük boyutlu ağaçların ve kütüklerin sürekli üretilebilmesi için, teknoloji geliştirilmesi konusunda büyük çaba gösterilmektedir.

Kuzey Amerika'da tüm ağacın yongalanması programı esas olarak kesici-demet yapıcı, sürütücü ve ağır arazi yongalayıcısı gibi makineler ile gerçekleştirilir. Kuzey Avrupa'da tüm ağacın yongalanması programı esas olarak el ile kesim, ileriye doğru taşıma gibi işlemleri gerçekleştiren kamyonu monte edilmiş arazi yongalayıcısı gibi makinelerle sağlanır.

İsveç ağaç-seksiyon yöntemi ile ağaç bileşenleri parçalara ayrılmadan kereste fabrikasına getirilir ve daha sonra yakacak maddesi üretimi için kabuk ve dal biyokütlesi silindirlerde işlenerek yeni bir karışım oluşturulur. Avrupa'nın kimi ülkelerinde ve Kuzey Amerika'da enkaz ya da küçük boyutlu baltalıkların değerlendirilmesinde, sürekli hareket ederek hasat yapan ilk örnek makineler de kullanılmaktadır.

Rusya ve Türk Cumhuriyetleri, Avrupa ve Kuzey Amerika'da endüstriyel hammaddenin ve enerji odununun kesim, sınıflara ayırma ve değerlendirme işlemlerinin uygulandığı merkezî odun istasyonlarından yararlanır. Kuzey Amerika ve Kuzey Avrupa'da kâğıt üretimi ya da enerji amaçları ile ağacın toprak altında kalan bileşenlerinden yararlanmak için, çok çeşitli modelleri bulunan kütük hasat makineleri ve sistemleri kullanılır.

Teknik gelişim, on yıl önce düşlenebilen amaçları aşmıştır. Biyokütlenin yeniden değerlendirilmesi ve üretimi alanlarında bilim adamlarının uluslararası işbirliği ileri düzeydedir. Kuzey Avrupa Ülkeleri Konseyinin (NC) orman işlerinde geliştirme projeleri, Uluslararası Enerji Kurumu'nun (IEA) araştırma programları ve ayrıca Biyoenerji Dünya Konferansları çok yararlı işbirliği örnekleridir (Saraçoğlu, 1997).

Dünyanın en büyük etanol üreticisi Brezilya'da araçların üçte biri şeker kamışından yapılan etanol ile çalışmaktadır. Brezilya, Batı ülkelerine yılda 1.890.000 ton etanol ihraç etmektedir.

Biyodizele en büyük önemi veren ülke İsveç 2020 yılında petrolü günlük yaşamdan bütünüyle kaldırmayı planlıyor. Plana göre, ülkede tüm otomobiller biyodizel ile çalışacaktır. Hükümet iki büyük otomobil üreticisi Saab ve Volvo ile ortak ArGe projelerini hayata geçirmektedir İsveç'in yanı sıra İzlanda da benzer bir strateji izlemektedir.

AB tarım bakanları yaptıkları bir toplantıda biyodizelle ilgili bir yol haritası çıkarmıştır Gerek tarımsal istihdamı artırması gerekse çevre dostu olmasıyla benimsenen biyodizel üretimini desteklemek için hektar başına 45 Euro subvansiyon verilmesine karar verilmiştir.

AB'nin yanı sıra Çin, Hindistan, Tayland, Malezya ve Filipinler gibi gelişmekte olan ülkeler, şeker kamışı ve palmye yağı gibi tropikal mahsullerle geçinen köylüsünü enerji üreticisi konumuna getirmek için biyodizel üzerindeki çalışmalarını arttırmaktadır.

2.5.1. Biyokütlenin Türkiye'deki Uygulamaları

Türkiye biyokütle enerjisinden, dünyadaki modern biyokütle kullanım eğiliminin dışında kalarak sadece odun, bitki ve hayvan atık-artıklarından yakacak olarak ısınma ve pişirmede yararlanmaktadır.

Türkiye'nin hayvansal ve bitkisel artık miktarı 10.3 Mtep değerinde olup, bu değer ülkemiz enerji tüketiminin % 13'üne karşılık gelmektedir. Ülkemiz enerji ormancılığına uygun (kavak, söğüt, kızılâğaç, okaliptüs, akasya gibi hızlı büyüyen ağaçlar) 4 Milyar Hektar devlet orman alanına sahiptir. Toplam arazinin sadece %33.1'i işlenmektedir. İşlenmeyen arazi içinde tarıma uygun % 3'lük bir alan mevcuttur. Bu alanın enerji tarımında kullanılması, kota kapsamından çıkarılan ürünler (tütün, şeker pancarı gibi) yerine de enerji amaçlı tarım (sorgum, miskantus, kanola, C4 bitkileri ekimi gibi) yapılması, tarım kesimine yön verecek, istihdam yaratacak ve ulusal gelir artacaktır. Ayrıca uygun planlamalar dâhilinde söz konusu alanlar, modern enerji ormancılığında değerlendirilmeli, kıymetli ağaçların yakacak olarak kesimi önlenmelidir.

Ülkemizde önemli biyokütle enerji kaynaklarından birini tarımsal ürünler oluşturmaktadır. Türkiye'de 1997 yılı itibarıyla buğdayın 9.34 milyon hektar (ha) alanda üretimi yapılmakta ve yılda 18.650 milyon ton buğday elde edilmektedir. Arpada bu değer yılda 8.2 milyon ton olmaktadır. Yulaf, çavdar, pirinç ve kuşyeminde ise sırasıyla 280 000, 235 000, 165 000 ve 275 ton ürün sağlanmaktadır.

Türkiye için hububat bitkilerinin kati artık miktarı ise, sap - dane oranları dikkate alındığında, toplam 39.21-52.28 milyon ton olmaktadır. Mısır bitkisi 545 bin ha alana ekilmekte ve yılda 2.080 milyon ton ürün elde edilmektedir. Artık miktarı ise, 3.8 - 4.75 milyon ton kadardır. Şeker pancarı ve patatesin yıllık üretim miktarları 18.552 ve 5.10 milyon tondur. Elde edilebilecek artık miktarları ise, şeker pancarında 1.34 - 1.45 milyon ton ve patatesten 522 - 617 bin ton olmaktadır.

Ağaç artıkları gurubuna giren biyokütle bozulan bağlardan, ağaç korularından, eski ağaçlardan, zeytin, elma, armut ağaçlarından ve üzüm bahçelerindeki asmaların budanmasından elde edilir. Zeytin ağacı sayısı ülkemizde 95.7 milyon olarak tahmin edilmektedir. Bu alanda (120 ağaç/ha ve ağaç başına 5 kg kuru budama artığı varsayımıyla) 0.4784 milyon ton ağaç artığı olduğu tahmin edilmektedir. Özellikle, zeytin ağacının geniş yapıdaki gövde kenarlarından elde edilen artıkların katı yakıt olarak kullanımı, dünyada belirli bir pazara sahiptir. Ancak, bunun yarısı olan yapraklar ve küçük dallar enerji amacıyla kullanılmaktadır, bir kısmı da hayvanlara yem olarak verilmektedir. Bağcılıkta ülkemizde 545.000 ha alanda üretim yapılmaktadır. Üzüm budaması veya asmalarda 0.8175 milyon ton kuru artık tahmin edilmektedir (ha başına 1.5 ton asma üretimi varsayılarak). Bu artıkların büyük bir çoğunluğu kırsal alanlarda evlerin enerji gereksinimini karşılamak amacıyla kullanılır.

Türkiye’de atığı katı yakıt olarak kullanılan hayvanlar ise, genellikle süt sığırı, et sığırı, tavuk, horoz, koyun, keçi, at, eşek ve katırdır. Türkiye’nin bu hayvanlardan elde edebileceği yıllık atık miktarı, 10.849 milyon ton kuru madde (KM) kadardır. Hayvansal atıklardan elde edilecek enerji değerini biyogaz cinsinden inceleyecek olursak, 1 ton hayvansal atıktan 200 m³ biyogaz elde edilebilmektedir. 1 m³ biyogazın alt ısı değeri 22.7 MJ’ dur. Türkiye'nin biyogaz potansiyelinin 2.169 milyar m³ olduğu tahmin edilmektedir.

Yine kentler için yok edilmesi büyük sorun olan çöplerden enerji kaynağı olarak yararlanmak biyogaz uygulamalarından biridir.. Bu amaçla özellikle gelişmiş ülkelerde ve Avrupa Birliğine üye ülkelerde, çöpten elektrik enerjisi üreten termik santraller kurulmuştur. Türkiye’de bu konuda Ankara’da 40 MW, İstanbul’da 125 MW ve İzmir’de 30 MW’ lık çöp santrallerinin kurulması VII. Beş yıllık kalkınma planlarında istenmiştir. Ayrıca 45 MW güçte ve net enerji üretimi 302 milyon kWh/yıl olacak Adana çöp santralinin sözleşmesi imzalanmıştır. Yine Ankara Mamak, Mersin, Bursa ve Tarsus’ta çöp santralleri ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Türkiye’de Devlet İstatistik Enstitüsünün (DİE) verilerine göre, 2027 belediyece günde toplanan çöp miktarı ortalama 57432.4 tondur. Bunun yıllık toplamı

21 milyon ton olmaktadır. Çöpler (ortalama alt ısıl değeri 15 MJ/kg varsayımıyla) 315 PJ (7.150 MTEP) enerji eşdeğeri bir potansiyel göstermektedir. Bitkisel, hayvansal atık ve çöp toplamında, Türkiye'nin yıllık biyokütle enerji potansiyeli incelenen kaynaklar bazında toplam 1259.409 – 1444.769 PJ (28.588 – 32.796 MTEP) olmaktadır. Tüm ürünler dikkate alındığında ise tahmini biyokütle potansiyeli 5947 PJ (~135 MTEP) dür. Bunun 2863 PJ (~65 MTEP) teknik ve ekonomik olarak değerlendirilmesi mümkün görünmektedir.

2.6. Askerî Alandaki Uygulamalar

Stratejik bir önemi olan enerji kaynakları, ülkelerin politikalarında önemli bir yer tutmaktadır. Yakıt çeşitliliği ve veriminden dolayı, askeri amaçla kullanılacak en iyi yakıtlardan biri yakıt hücresidir. Gerek askeri araçlarda, gerek ısı ve elektrik ihtiyacı durumunda kolay kullanımıyla askeri yönden yakıt hücreleri iyi bir alternatiftir.

Yakıt hücrelerinin ilk uygulamaları uzay çalışmalarında karşımıza çıkmaktadır. ABD'de NASA'nın çalışmaları kapsamında Apollo, Gemini ve Space Shuttle uzay gemilerinde H₂-O₂ yakıt hücresi birbirine bağlı 3 ünite olarak kullanılmıştır. Toplamda 93 adet olmak üzere her üniteye 31 adet yakıt hücresi bulunmaktadır. Toplam üretilen güç 1.4 kW ve voltaj 27-31 Volt'tur. Hücrelerin ağırlığı 111 kg'dır. 1995 saatlik uçuş süresince 450 kg su ve 325 kW/h'lik enerji üretilmiştir. Her üniteye 32 adet pil bulunmakta ve 1 kW güç sağlanmaktadır. Gemini gemisinde ise, farklı olarak PEM tipi yakıt pili kullanılmıştır. Bu üç gemide de 2 ünite ihtiyacı karşılamak için yapılırken, 3. ünite acil ve özel görev için hazırda tutulmuştur. Bugün uzay mekiği elektriği 12 kW'lık yakıt hücreleri ile üretilmektedir. Amerikan UTC Fuel Cell firması NASA ihtiyacını karşılamaktadır.

Gemi ve denizaltı üreticileri MW veya daha yüksek seviyede SOFC veya MCFC yakıt hücrelerini, özellikle sessiz çalışma nedeniyle askeri uygulamalarda tercih etmekte ve bu konudaki araştırmalara devam etmektedir.

Idatech şirketi, A.B.D. Silahlı Kuvvetlerinin sessiz gözetleme görevlerinde kullanılmak üzere 2 kW'lık yakıt hücreli yardımcı güç ünitesi geliştirmiştir. Yakıt hücresi 3 ay içerisinde teslim edilmiştir ve şirketin bu üründe gösterdiği başarı savunma bakanlığının farklı bölümlerinden de ilave proje teklifleri almasını sağlamıştır. 2004–2005 Yıllarında şirket Hava Kuvvetleri araştırma laboratuvarına güç sağlamak amacıyla 5 kW'lık sabit yakıt hücreli sistem geliştirmiştir. 2004–2006 Yılları arasında ise yine askerlerin pillerini şarj etmek için kullanılacak 250w'lık yakıt hücresi sistemi geliştirmeye devam etmektedir. Bu ünitenin

öncelikle konvansiyonel ordunun değişik kesimlerinde (özel harekât gibi) kullanılması hedeflenmektedir ve takiben de ticari piyasaya sürüm yapılacaktır. Yine aynı şirketin geliştirdiği iGen taşınabilir güç sistemleri Amerikan askerleri tarafından değişik taşınabilir uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu sistemler 250 W'lık gövde üzerinde yakıt işlemcisi ihtiva etmektedir ve 12 V'luk direkt akımla çalışabilir. Idatech yakıt hücresi sisteminin uzun ve güvenilir bir kullanım süresinin olduğunu ve bakım idame maliyetinin ise çok düşük olacağını iddia etmektedir.

Jadoo Power isimli firma Mart 2006'da, Amerikan Özel Harekat Komutanlığı için bir askeri geliştirme planı hazırlamıştır. Bu planın hedefi askerlerin kullandığı pillerin, Şekil 2.11'de görülen yakıt hücresi güç sistemleri ile değiştirilmesidir (Adamson, 2006).



Şekil 2.11 Jadoo Power Taşınabilir Ünitesi

Millenium Cell ve Protonex şirketi birlikte yürüttükleri bir proje ile, askerler için 30 W'lık taşınabilir yakıt hücreli güç sistemleri geliştirmiştir. Bu üniteler askerlerin güç kaynağı ağırlık toplamını 13 kg'dan 5 kg'a düşürmektedir ve eğer yakıt hücreleri için kuru yakıt kartuşları geliştirilebilirse bu ağırlığın 3 kg'a kadar düşürülmesi beklenmektedir. Bu sistem halen 72 saatlik göreve yetecek kadar güç sağlamaktadır. Ayrıca Protonex, A.B.D. Silahlı Kuvvetleri için yakıt ikmali yapılabilir ve hidrojen yakıt hücresi tabanlı sessiz bir yedek takat ünitesi geliştirmektedir. Şekil 17'de gösterilen bu sistem, askerlerin muhabere ve elektronik gibi taşınabilir teçhizatları için 150-250 W güç sağlayacak şekilde tasarlanmaktadır. Bu sistem Protonex yakıt hücresi birimi ile Millenium Cell tarafından geliştirilen gerektiğinde hidrojen kullanan sodyum borhidrit yakıt hücresi teknolojisi ile birleştirilerek elde edilmiştir.- 20 ile 50 °C arasında uygun bir çalışma sıcaklığında bu sistem 8 adet yedek pilin yerini alabilecektir.



Şekil 2.12 Protonex Marka 150 W'lık Pil Dolum Cihazı

2005 Kasımında Millenium Cell şirketi A.B.D. Ordusu tarafından, şirketin geliştirdiği hidrojen pil teknolojisi ile 5 kW'lık PEMFC yakıt hücresinin birlikte kullanılabilirliğini araştırmakla görevlendirilmiştir.

Mobion teknolojisinin geliştiricisi olan MTI Micro Fuel Cells askerler için 30 W ve 1 W'lık yakıt hücreleri üzerinde çalışmaktadır. 30 W'lık güce sahip DMFC yakıt hücresi taşınabilir güç kaynakları için üretilirken, 1 W'lık üniteler uzun süre düşük güçle çalışan sistemler için geliştirilmektedir. MTI Micro aynı zamanda Saft America ile hibrid Li-Ion pil/yakıt hücresi üzerinde çalışmaktadır.

2003 yılından itibaren Neah Power Systems Şirketi, gelecekte askerlerin şu anda kullandıkları bütün pillerinin yerini almasını umdukları silikon tabanlı yakıt hücresini geliştirmeye yönelik çalışmalara başlamış ve PEMFC tabanlı bir sistem geliştirmiştir. Yine aynı şirket, Office of Naval Research ile birlikte deniz piyadelerinin küçük elektrikli cihazlarına güç sağlayacak yakıt hücresi teknolojisi üzerinde çalışmaktadır. Eğer PEMFC tabanlı yakıt hücreleri geleneksel pillerin yerini almayı başarabilirse 72 saatlik görevlerde kullanılan pillerin ağırlığında %50-60'lık bir azalma sağlanacaktır.

Nuvant Systems Şirketi US Army Research Laboratory tarafından yönlendirilen ve çok hafif taşınabilir güç kaynakları ve araçlara itme sağlayacak yakıt hücreleri geliştirmeyi hedefleyen bir "Güç ve Enerji Konsorsiyum"uyla (Power and Energy Consortium) birlikte çalışmaktadır.

Angstrom Power isimli firma, 2006 Martında Şekil 18'de görülen A2 mikro hidrojen yakıt hücresi el fenerini piyasaya çıkarmıştır. 15 cm uzunluğunda ve 300 Wattsaat/litre üzerinde enerji yoğunluğu sağlayan A2 feneri şu an piyasada satılmaktadır. Bu fenerin özellikle, arama-kurtarma ekipleri ve askerî uygulama alanlarında etkin şekilde kullanılabileceği değerlendirilmektedir.



Şekil 2.13 Angstrom Power Tarafından Geliştirilen Fener

2006 Yılı'nın başında Gas Technology Institute (GTI) yüksek güçlü SOFC ünitesinin halen kullanılmakta olan bir askeri lojistik yakıt (JP8) kullanarak istikrarlı bir şekilde çalıştığını (600 saatlik test süresince) duyurmuştur. SOFC sistemi Versa Power Systems tarafından temin edilmiştir ve bir sonraki nesil SOFC de 3-10 kW güç hedefine ulaşacak şekilde sistemler kullanacaktır. Bu hedef A.B.D Mobil Elektrik Güç (Mobile Electric Power MEP) gereksinimlerini karşılamaya yeterli olacaktır.

Smart Fuel Cell ve ortağı DuPont, US Army Communications-Electronics Research Development and Engineering Centre (CERDEC)'e askeri taşınabilir uygulamalarda kullanılmak üzere bir DMFC teslim etmiştir. Bu ünite halen askerler için olası bir güç kaynağı olup olmadığını belirlenmesi için CERDEC tarafından test edilmektedir.

Ultracell, A.B.D. Ordusu CERDEC ile birlikte askeri uygulamalardaki klasik pillerin yerini alacak yakıt hücresi üzerinde çalışmaktadır. Bu şirket askeri pazarlar için metanol yakıt hücrelerinin kullanımına odaklanmaktadır.

Voller Energy, V100 ünitesinin ilk örnek sürümünü askerlerin kullanımı için geliştirmiştir. Şekil 19'de görülen bu sistem, normal V100 ünitesinin 1/6 büyüklüğünde olup bir elle rahatlıkla tutulabilmektedir (Adamson and Crawley, 2006). Voller, yakıt hücresi sistemlerinin büyüklüğünü, plakaları püskürtmeli baskı (ink-jet printing) ile üretmek suretiyle azaltmıştır. Taşınabilir pil şarj cihazı halen askeri teçhizatları şarj etmekte kullanılan cihazların yerini alacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 2.14 Voller Energy Tarafından Geliştirilen Pil Şarj Cihazı Prototipi

A.B.D. Savunma Bakanlığı 91 iskân alanında yakıt hücresi teknolojisini kullanmaktadır. Bu rakam ile A.B.D, dünya genelinde Japonya'dan sonra ikinci sırada bulunmaktadır. Logan Energy şirketi, sabit yakıt hücresi sistemlerin kurulumu için çok özel çözümler sunan bir alanda çalışan çok az şirketten biridir. Savunma Bakanlığı'nın konutlarda kullanılacak yakıt hücresi programlarının çoğunda sistemi kuran ve çalıştıran acente olarak görev yapmaktadır.

Askeri teknoloji ve lojistik alanında uzmanlaşmış bir Amerikan grubu olan DRS Technologies (önceki adıyla Engineered Support Systems (ESS)) RASP (Radiant Silent Power) olarak adlandırılan ve UPS uygulamalarında kullanılacak direkt hidrojen kullanan 1 kW'lık sabit PEMFC ünitesi (Şekil 2.15) pazarlamaktadır (Adamson And Crawley, 2006).



Şekil 2.15 ESS'nin geliştirdiği 1 kW'lık RASP Hidrojen Ünitesi

İnsansız Hava Araçları (İHA) yakıt hücresi teknolojisinin en yoğun olarak kullanıldığı alandır. Aerovironment, Boeing, Lynntech ve Protonex gibi birçok şirket bu alanla ilgilenmektedir. İHA'lar düşman bölgesi gerçek hava resminin iletilmesini de kapsayan birçok görevi yapacak yeteneğe sahip olacak şekilde geliştirilmektedir. Bu araçların ebatları kanat açıklığı 75 metre olan Helios büyüklüğünde olabildiği gibi, kanat acılığı sadece 3 metre olan Spider-Lion kadar da küçük olabilir. Bu konuda yürütülen projelerden ikisi, Multidisciplinary Flight Dynamics and Control Laboratory (MFDC Lab) tarafından geliştirilmekte olan düşük süratli İHA projesi ile Protonex tarafından geliştirilmekte olan Spider-Lion projesidir. MFDC'in düşük sürat projesinde, ısı imzasının (heat signature) azaltılması, alçak irtifa uçuş yeteneklerinin artırılması ve sıfır hidrokarbon atımının sağlanması hedeflenmektedir. Şekil 21'de görülen bu araçlar, hidrojen kullanan ve 650 W çıkışa sahip Horizon Fuel Cell Technologies PEMFC yakıt hücresi teknolojisi kullanmaktadır ve en fazla 56 km/s'lik bir sürata ulaşabilmektedir. Bu projenin askerler için geliştirildiği ifade edilmemesine rağmen, MFDC'nin NASA ve Air Force Office of Scientific Research tarafından desteklendiği bilinmektedir.



Şekil 2.16 MFDC'nin Geliştirdiği Yakıt Hücresi Teknolojisiyle Çalışan İnsansız Hava Aracı

U.S. Air Force Research Laboratory (AFRL) Protonex, uzun süre havada kalabilecek Mikro İHA'lar için yakıt hücresi teknolojisi geliştirme projesi ihalesini kazanmıştır. Navy Research Laboratory 2005 Kasımında sadece 2.5 kg ağırlığında olan Şekil 21'deki Spider-Lion Mikro İHA, sadece 15 gr. sıkıştırılmış hidrojen kullanarak 3 s 19 dk havada kalmıştır. (ADAMSON and CRAWLEY, 2006) Bir sonraki neslin, sıkıştırılmış hidrojen yerine kimyasal hidritler kullanarak uçuş zamanının 8–12 saate çıkarılması hedeflenmektedir.



Şekil 2.17 USAF Spider-Lion Mikro İHA'sı

Hydrogenics firmasına hafif zırhlı araçlarda (özellikle Stryker birimlerinde) kullanılmak üzere regenerative PEMFC yakıt hücresi geliştirilmesi projesi ihale edilmiştir. Şekil 23'de görülen ve A.B.D. ordusunun çok önem verdiği bu hafif zırhlı araç yedek güç kaynağı olarak prototip regeneratif PEMFC ile donatılmıştır. (ADAMSON and CRAWLEY, 2006) Stryker projesi, US Army Tank Automotive Research, Development and Engineering Centre (TARDEC) ve Kanada Milli Savunma Bakanlığına ait Canadian Defence R&D Group ortaklığında geliştirilen bir projedir. "Multi-Service-Regenerative Fuel Cell Auxiliary Power Unit (MREF-APU)" olarak adlandırılan takat ünitesi, Stryker zırhlı araçlarının yapacağı sessiz gözetleme görevlerinin gerektirdiği düşük emisyonu (akustik, termal, atık, v.s.) sağlamayı hedeflemektedir. Bu takat ünitesi, elektroliz ile hidrojen üretmekte, motor durdurulduğunda ise metal hidrit içerisinde saklanan bu hidrojen PEMFC yakıt hücresi tarafından yakılarak elektrikli teçhizata takat sağlanmaktadır. Bu zırhlı araç A.B.D. ordusunun görünmezlik yeteneğini artıracaktır.



Şekil 2.18 Yakıt Hücreli Yedek Takat Üniteli Stryker Hafif Zırhlı Aracı

Aerovironment firması, ilki İHA'lar, diğeri ise forkliftlerde kullanılmak üzere hızlı şarj olan akü geliştirilmesi üzerinde çalışmaktadır. Hornet ve Helios İHA'ları birçok A.B.D. askeri birimi ile birlikte geliştirilmiştir. Aerovironment tarafından geliştirilen diğere projeler

ise Naval Surface Warfare Centre ile gerçekleştirilen İnsansız Deniz Üstü Aracı Sensor Takat Kaynağı (Unmanned Sea Surface Vehicle Sensor Power Source) ve Oak Ridge National Laboratory ile gerçekleştirilen asker zırhı (exoskeleton) tasarımıdır.



Şekil 2.19 Aerovironment Şirketinin Geliştirdiği Projelerden Bazıları

Chevron Technology Ventures, US Army's Tank and Automotive Research Development and Engineering Centre (TARDEC) ile nakliye ve takat gereksinimlerini karşılamak amacıyla hidrojen yakıtlı teknolojileri geliştirmek üzere bir ortak araştırma ve geliştirme anlaşması (Cooperative Research and Development Agreement (CRADA) imzalamıştır. Bu anlaşma hidrojen altyapı teknolojileri geliştirilmesi amacıyla TARDEC ile uluslar arası bir enerji şirketi arasında imzalanan ilk anlaşmadır. Bu programın amacı, bütünleşik (entegre) hidrojen üretim ve altyapı teknolojilerinin geliştirilmesi, test edilmesi, değerlendirilmesi ve tanıtımının yapılmasıdır.

Enerfuel'in çalıştığı ürünlerin içerisinde yüksek basınçlı PEMFC elektrolizerlerin geliştirilmesi, yeniden oluşturulabilen (regenerative) yakıt hücreleri ve direkt metanol yakıt hücre yığınları ve sistemleri bulunmaktadır. Firma, askerler için geliştirmekte olduğu yüksek enerjili pil çalışmalarına devam ederken, NASA için geliştirilmekte olan mürettebat kesif aracı çalışmalarını da kapsayan birçok askeri proje için yakıt hücresi çalışmalarına da girişmiştir.

Franklin Fuel Cells, A.B.D. Deniz Kuvvetleri Deniz Araştırmaları Ofisi için gerçekleştirilen projenin birinci evresinde, yüksek yakıt kullanımlı hidrokarbon yakıt ile 500 saat sürekli çalışma yapabileceğini kanıtlamış ve tek hücre güç yoğunluğunu %50'den fazla artırabilmiştir. İlk evrede ayrıca hücre üretim maliyetleri üçte iki oranında azaltılmıştır. Franklin tarafından geliştirilen direkt oksitlenmeli SOFC teknolojisi hidrokarbon yakıtların herhangi bir dönüşüme uğratılmadan veya ilave su/buhara ihtiyaç duymadan direkt olarak yakıt hücresine beslenmesini sağlamıştır.

Fuel Cell Energy, A.B.D. Savunma Bakanlığı Yakıt Hücresi Test ve Değerlendirme Merkezine (Department of Defense Fuel Cell Test and Evaluation Centre (FCTec)) 250 kW'lık bir direkt yakıt hücre teknoloji güç ünitesini geliştirmiştir. FCTec ayrıca US Navy's Office of Naval Research (ONR)'nin İleri Teknoloji Geliştirme programı kapsamında gemilerdeki yakıt hücreli güç sistemlerinde kullanılmak üzere 625 kW'lık bir MCFC yakıt hücresi jeneratörü geliştirmektedir.

Siemens'in ortaklarından olan Almanya'da konuşlu Howaldswerke Deutsche Werft (HDW) şirketi, denizaltılar için yakıt hücresi teknolojisi geliştirmektedir. Bir yandan havadan bağımsız itme birimleri siparişlerini gerçekleştirmeye çalışırken, bir yandan da yeni nesil denizaltı geliştirmeye çalışmaktadır. HDW tarafından dünyada ilk kez geliştirilen ve Şekil 2.20'de görülen yakıt hücreli yeni nesil denizaltılardan 3 tanesi Alman Donanmasına teslim edilmiştir.



Şekil 2.20 HDW Şirketinin Geliştirdiği Yakıt Hücreli Denizaltı

Hydrogenics firması, PEMFC ünitesi üreticisi olarak yakıt hücresi ve rejeneratif yakıt hücresi üniteleri geliştirmektedirler. Stryker hafif zırhlı araçlarının yapacağı sessiz gözetleme görevlerinde kullanılacak yeniden dönüştürülebilen PEMFC ünitesini de içeren birçok

savunma amaçlı projede faaliyet göstermekte ve birçok askeri araç için PEMFC üniteleri üretmektedir.

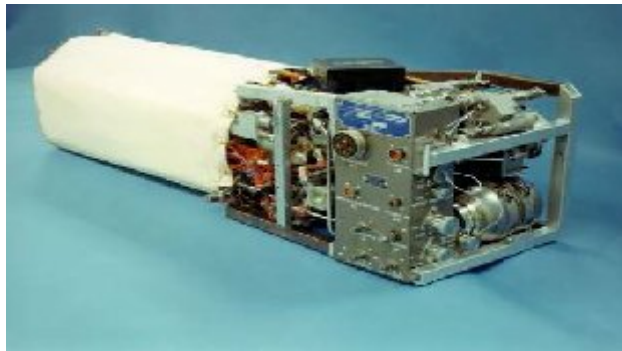
Medis Technologies'in temel odak noktası direkt sıvı yakıt hücresi teknolojisidir. Bu şirket askeri pazarı hedeflemekte ve askeri uygulamalar için yakıt hücreli güç sistemlerini geliştirmeye çalışmaktadır.

NanoDynamics, A.B.D.Ordusu ile 2004 Kasımından bu yana askeri korunma uygulamalarında kullanılmak üzere karbon nanotup (CNT) tabanlı çözümler üzerinde çalışmaktadır. Bu şirket kısa bir süre önce A.B.D.Ordusundan 729.000 dolarlık ikinci evre Küçük İşletme Yenilik Araştırması ihalesini almıştır ve söz konusu kaynak CNT üretiminde ve SOFC yapılarının patentlerinin alınmasında kullanılacaktır.

Celltech Power, A.B.D. Ordusu tarafından araştırılan atık plastik paketlerle çalışan yakıt hücresi konusunda çalışmaktadır.

2005 Yılı yazında US Naval Meteorology and Oceanography Command, SeaRobotics ve Seafloor Systems'in ortak girişimi ile geliştirilen İnsansız Hidrografik Araştırma Aracının (Hydrographic Unmanned Survey Craft (HUSCy)) tanıtımı yapılmıştır. Bu yüzey aracı, sahile yakın sığ sularda hidrografik ve çevresel çalışmalar yapabilecek şekilde tasarlanmıştır ve Komutanlığın araştırma filoları için bir güç çarpanı olarak kullanılabilir. Bu araç 3 metre uzunluğunda ve iki adet 90–130 kg ağırlığında dalga kırıcı buruna (hull) sahiptir. HUSCy'nin motorları pille, yakıt hücresi ile ve motor jeneratörü ile çalışabilmektedir.

Uzay ve savunma platformları için yakıt hücresi sistemleri geliştiren UTC Power şirketi, NASA için, Orbiter uzay mekiğinde elektrik gücü sağlamak için kullanılmak üzere Şekil 2.21'de görülen 12 kW'lık üç alkalın yakıt hücresi geliştirmiştir (Adamson And Crawley, 2006). Bu yakıt hücrelerinden bir tanesi mekiğin güvenli bir şekilde dünyaya geri dönmesi için yeterlidir. Ayrıca, elektrokimyasal reaksiyon sonucunda ortaya çıkan su, mekik mürettebatının içme suyu ihtiyacını da karşılamaktadır.




Şekil 2.21 Power Tarafından NASA Orbiter Uzay Mekiği İçin Geliştirilmiş 12 kW'lık Yakıt Hücresi


Yukarıda yer alan 2006 yılına ilişkin yakıt hücrelerinin askeri uygulamaları örneklerinden de anlaşılacağı üzere, özellikle A.B.D.'de yakıt hücrelerinin askeri uygulamaları alanında araştırma-geliştirme çalışmalarına büyük önem verilmektedir. 2006 yılında A.B.D.'de yenilenebilir enerji kaynakları için gerçekleştirilecek araştırma-geliştirme çalışmaları için ayrılan 325 milyon A.B.D. Doları kaynağın 100 milyon A.B.D. Dolardan daha fazlası hidrojen ve yakıt hücreleri ile ilgili araştırmalara ayrılmıştır.

Yakıt hücrelerinin denizaltılara uygulanması ile ilgili olarak 1980 yılında, Almanya'da Howaltswerke-Deutsch Werft AG (HDW), Ingenieurkontrol Lubeck (IKL) ve Ferrostaal tarafından bir konsorsiyum oluşturulmuştur. İlk araştırmalarda Polimer elektrolitli yakıt hücrelerinin denizaltı sistemlere uygulanması ile ilgili büyük gelişme kaydedilmiştir. Daha sonra Siemens tarafından 16 modülden oluşan 6.2 kW'lık yakıt hücreleri geliştirilmiştir. HDW tarafından üretilen ve 212 Tip olarak adlandırılan denizaltılarda yakıt hücrelerinin enerji çıktısı 300 kW'a kadar ulaşmıştır. Sistemin güvenli bir ortamda çalışabilmesi için tüm modüller basınca dayanıklı kompartımanlarda tutulmaktadır. 212 Tip denizaltılar için standart üretilen yakıt hücreleri 30–50 kW'lık modüllerden oluşmaktayken daha sonra modül gücü 120 kW'a kadar Siemens tarafından geliştirilmiştir (Bedir vd., 2002).


2.6.1. Dünyada Geliştirilen Elektrikli Muharebe Araçlarından Örnekler.

	NATO
Yapımcı	
Ana Tahrik Motoru	2 adet 375 kW
Motor	V8 dizel, 500 hp, 5000 RPM
Generatör	Westinghouse, hava soğutmalı 400 Hz., 312 kW AC (4500 RPM de 156 kW olarak sınırlandırılmış).
Güç Konvertörleri	IGBT, alüminyum soğutma
Enerji Depolama	12 V Pb-asit, 90 adet (60-30-30 olmak üzere üç grup)
Maksimum Hız	65 km/h
Azami Meyil Tırmanma	% 50


Şekil 2.22 M-113 Elektrikli Muharebe Aracı

	Almanya Savunma Bakanlığı
Destekleyici	
Yapımcı Firma	Magnet Motor
Menşei	Almanya
Yapım Yılı	1986
Ağırlık	30 Ton
Azami Sürat	72 km/h
Dizel+Generatör Gücü	440 kW (Permanent Magnet)
Azami Çekiş kuvveti	320 kN
Sürüş Motorları	Her biri 8320 Nm (2 adet tekerleğe harici bağlı Magnet Motor)


Şekil 2.23 IFV MARDER Elektrikli Muharebe Aracı

	Almanya Savunma Bakanlığı
Destekleyici	
Yapımcı Firma	Rhein Metall ve Magnet Motor
Menşei	Almanya
Yapım Yılı	1996
Ağırlık	2,8 Ton
Azami Sürat	75 km/h
Dizel+Generatör Gücü	65 kW
Azami Çekiş kuvveti	33 kN
Sürüş Motorları	Her biri 900 Nm (2 adet tekerlek içinde Magnet Motor)

Şekil 2.24 WIESEL Elektrikli Muharebe Aracı

	İsveç Savunma Bakanlığı ve Firma
Destekleyici	
Yapımcı Firma	Hagglunds ve ZF
Menşei	Almanya
Yapım Yılı	2000
Ağırlık	13,5 Ton
Azami Sürat	85 km/h
Dizel+Generatör Gücü	225 kW x 2 (Çift Motor Cummins) Sürüş Motorları: (4 adet tekerlek içinde ZF)
Enerji Depolama	Batarya. Pivot Dönüş Kabiliyeti bulunmaktadır. 2 personel ve ayrıca 12 kişi taşıma kapasitesi bulunmaktadır. Çelik Gövde Transmisyon elektrikli %66 eğim ve 66 km/h Sistemin yarısı ile devam edebiliyor (1 Dizel ve 2 motor) Elektrikli dreksiyon
Fren	Mekanik ve rejeneratif elektrikli

Şekil 2.25 SEP Elektrikli Muharebe Aracı

 <p>Destekleyici</p>	<p>DARPA</p>
Yapımcı Firma	UDLP
Menşei	Amerika
Yapım Yılı	1999
Ağırlık	18 Ton
Azami Sürat	90 km/h
İvmelenme	0-50 km/h 8.3 saniye
Sessiz sürüş	4 km boyunca 30 km/h sürat ile
Sesiz izleme	6 saat boyunca 2.5 kW tüketim için
Bara Gerilimi	600 VDC
Dizel+Generatör Gücü	300 kW (2 adet önde sağ sol) Yağ soğutmalı
Sürüş Motorları	2 adet AC Induction
Enerji Depolama	16.1 kWh Li-İyon Batarya Saft

Şekil 2.26 FSCS LANCER Elektrikli Muharebe Aracı (Yaşar, 2004).

3. TİPİK BİR KARARGÂHTA YENİLENEBİLİR ENERJİ UYGULAMALARI

“Doğanın kendi evrimi içinde, bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı” olarak da tanımlanabilen yenilenebilir enerjinin, mevcut teknik ve ekonomik sorunlarının çözümlenmesi hâlinde 21. yüzyılın en önemli enerji kaynağı olacağı kabul edilmektedir.

Hükümetlerin yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması için pek çok faaliyet, promosyon ve maddi yardımlarına rağmen, hâlâ yenilenebilir enerji kaynakları enerji pazarlarında yüksek engellerle karşı karşıyadır. Bunun birçok sebepleri vardır, en önemlisi fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik olarak zayıf algılanmasıdır.

Gerek dünyada gerekse ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarının sivil sektörde ve askerî alanda uygulama yerlerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir. Elde edilen sonuçlar, önümüzdeki yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının hızla fosil kaynaklı enerjinin yerini alacağını göstermektedir.

Çalışmanın bu bölümünde, askerî birliklerin farklı alanlarında yenilenebilir enerjiye neden ihtiyaç duyulduğu ve enerji gereksiniminin temiz enerji ile nasıl sağlanabileceği hususu üzerinde bazı örnekler verilmiştir.

3.1. Karargâhın Tanımı ve Karargâhta Enerji İhtiyacı Duyulan Yerler

Çalışmanın bu bölümünde askerî birlik ve karargâhların konuş ve teşkilatları incelenerek, hâlihazırda fosil kaynaklarla sağlanan enerjinin kullanım alanları özetlenecektir.

Kışla terimini, askerî birliğin daimi yerleştiği yer olarak açıklamak mümkündür. Birlik bina, tesis, eğitim ve atış alanları kışlalardadır. Eğer askerî birlik daimi garnizonunu terk edip almış olduğu görevi yerine getirmek amacıyla barışta ve seferde geçici bir zaman için açıkta, çadır veya barakada yerleşir ise bu sahaya “ordugâh” denmektedir.

Askerî birlikler tek bir kışlada konuşlanabileceği gibi birden fazla kışlada da konuşlanabilmektedir. Özellikle komşu ülkelerle aramızdaki sınırı korumak veya iç güvenlik harekâtı icra edilen bir bölgede konuşlanmış birliklerin irili ufaklı birçok kışlası, karakolu veya üs bölgesi olabilmektedir. Kışlanın büyüklüğü ne olursa olsun, içinde barınan askerin hayatta kalabilmesi, yaşam ihtiyaçlarının karşılanabilmesi, emniyet ve beka sistemlerini çalıştırabilmesi için muhtelif enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Askerî birlikler, barış zamanında eğitim, atış, spor, bakım gibi plan görevlerine yönelik icra ettiği faaliyetlerini kışlalarda icra ederler. Kışlalarda erbaş ve erlerin barınma, yiyecek, sağlık, emniyet, ısınma, vb. gibi her türlü yaşamsal ihtiyacının karşılandığı gibi kışla emniyeti, komuta ve kontrol sistemleri ile haberleşme sistemleri kurulup işletilmektedir. Farklı amaçlara hizmet etmek üzere inşa edilmiş binalar, kışlanın çevre emniyet sistemi, bu birlikte askerlik hizmetini yerine getiren erbaş ve erlerin barındıkları, yaşam ihtiyaçlarını karşıladıkları tesisler bulunmaktadır. Kışlalardaki birliklerin her biri teşkilat, malzeme ve kadro uygulamalarında farklılıklar gösterse de enerjinin kullanıldığı alanlar genel olarak birbirine benzer niteliktedir. Bu yerlerde elektrik enerjisi ve fosil yakıtlardan elde edilen enerji en çok kullanılan enerji türleridir. İhtiyaç duyulan enerjinin sağlanması için kışlalarda taşınabilir sistemlerden ziyade sabit tesisler inşa edilmiştir.(Kazan daireleri, jeneratör daireleri, enerji nakil hatları, trafo ve kompanzasyon sistemleri, vb.)

Bir kışlada enerjinin kullanım alanlarını genel hatlarıyla şu şekilde sıralamak mümkündür:

Yemek pişirme, banyo, çamaşır yıkama ve kurutma, bulaşık yıkama yerleri,

Binaların ısıtılması,

Binaların iç aydınlatması,

Kışlanın çevre aydınlatması,

Kışla içi yolların ve yeşil alanların aydınlatılması,

Kışla içindeki her cins elektrikli aletlerin bulunduğu yerler,

İdari hizmet araçları ile muharebe araçları,

Birlikler arasındaki komuta ve kontrol sisteminin işletilmesi için kurulan ve devamlı işletimde olan muhabere merkezleri, telsiz parklarıdır.

Birlikler yılın belirli dönemlerinde eğitim, tatbikat, vb. faaliyetleri icra etmek için kışlalarından çıkar ordugâhlarda kalır. Ordugâhtaki bir birliğin enerji ihtiyacı duyduğu yerler yukarıda bahsedilen yerler ile hemen hemen aynıdır. Burada ihtiyaç duyulan enerjinin tamamına yakını taşınabilir enerji kaynaklarından (muhtelif güçteki jeneratörler ağırlıklı olmak üzere, güç kaynakları, LPG, akü) sağlanmaktadır.

İç güvenlik bölgesinde görevli birliklerin büyük bir bölümü dağlık arazide, bir veya birden fazla üs bölgesini işgal etmekte ve operasyonlara çıkmaktadır. Bu tür yerlerde kurulup işletilen tesislerin sayısı az olduğundan enerji ihtiyacı da azdır. Özellikle muhabere sistemleri (role, telsiz çevrimleri), pil ve telsiz batarya şarjı, termal kamera, gece görüş cihazları ve radarlar, kısıtlı olarak çevre aydınlatması ve üs bölgesinde bulundurulmuş ilaçların

muhafazasında elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Eğer birlik üs bölgesinde uzun bir süre kalacaksa bu enerji ihtiyacını küçük güçteki (3-5 kVA) jeneratörler kullanılarak sağlayabilmektedir. Pusu, alan emniyeti, arama-tarama vb. gibi görevleri ifa etmek için işgal edilen kısa süreli işgal edilen yerlerde enerji ihtiyacını karşılayacak bir sitem hâlihazırda kullanılmamaktadır. Bu durumda birlikler beraberinde yedek batarya veya pil taşımak zorunda kalmakta, personel üzerindeki ağırlık miktarı artmakta ve daha çok el telsizi, gece görüş gözlüğü, detektör gibi enerji sarfiyatının az olduğu malzeme ve teçhizat çalıştırılabilmektedir. Kısa süreli olarak göreve sevk edilen askerî birliklerin terörist unsurlarla temasa geçmesi veya durumda meydana gelen beklenmedik gelişmelere istinaden operasyon süresi uzayabilmekte, bu durumda personelin yanında yedek olarak bulundurduğu batarya ve pillerin tamamının tükenmesi ile karşı karşıya kalılabilmektedir. Bu durumda batarya ve pil ihtiyacının karşılanması için helikopter görevlendirmesi dahi yapılarak birliğin ihtiyacı karşılanmaktadır.

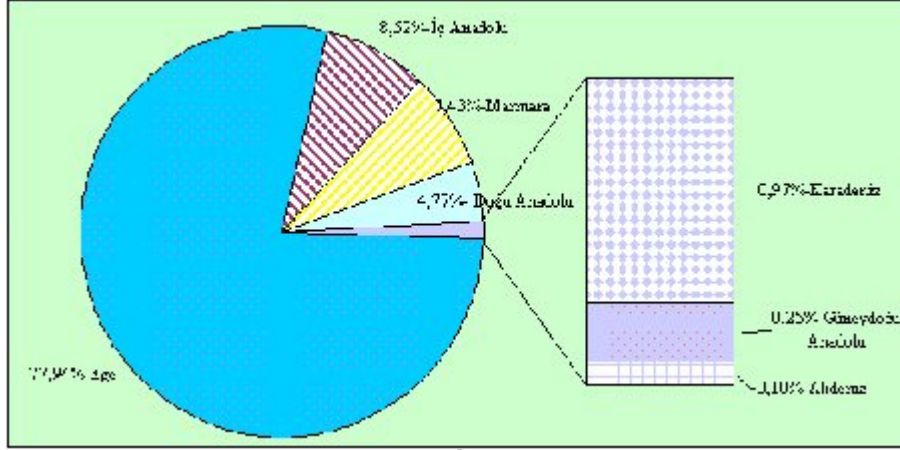
3.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Tipik Bir Karargâhta Kullanılabilirlik Durumunun İncelenmesi:

Son yıllarda tüm insanlığı ve dünya üzerinde yaşayan diğer canlıları tehdit eden küresel ısınma, ülkelerin enerji gereksinimlerinin her geçen yıl hızla artması, petrol ve doğalgaz kaynaklarının birkaç ülkenin kontrolünde olması, petrol ve doğal gaz fiyatlarında meydana gelen hızlı yükselişin ülke ekonomilerine olumsuz etkisi, endüstrinin büyük bir bölümünde enerji sağlanması için kullanılan petrol ve doğalgazın yakın bir gelecekte tükenecek olması, ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgisini artırmaktadır. Son yıllarda dünyada ve Türkiye’de bu alanda yapılan çalışmalara hız verilmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının askerî bir birlikte kullanılabilirlik durumunun incelenmesinde, jeotermal enerji, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, hidrojen enerjisi (yakıt pilleri) üzerinde durulacaktır. Küçük hidro, biokütle ve dalga enerjiden faydalanmak için yapılan çalışmalar ve üretilen sistemler incelendiğinde bu kaynakların doğrudan askerî bir tesiste kurulup işletilmesi mümkün görülmemektedir.

3.3. Jeotermal Enerjinin Askerî Bir Birlikte Kullanılabilirlik Durumu:

Türkiye; jeotermal potansiyeli bakımından, Avrupa'nın 1'inci, Dünyanın 7'nci, ülkesi konumundadır. Potansiyel oluşturan alanlar Batı Anadolu'da yoğunlaşmıştır(Şekil 3.1). Ülke genelinde jeotermal kaynakların bölgelere göre dağılımı arasında ciddi farklar mevcuttur.



Şekil 3.1 Türkiye'de Jeotermal Potansiyel Oluşturan Sahaların Yüzde Oranları

Ülkemizde jeotermal enerji daha çok bina ısıtması ve sıcak su teminine yönelik kullanılmakta, elektrik enerjisi üretimine yönelik uygulamalar da bulunmaktadır.

Jeotermal enerjinin kullanım alanları, akışkan sıcaklığına ve bölge şartlarına bağlı olarak büyük farklılıklar göstermektedir. Jeotermal enerjinin bulunduğu yerde değerlendirilmesi ekonomikliği artıracığından, akışkan, kaynağa en yakın bölgede kullanılmalıdır. Bu enerjiden askerî birliğin yararlanması ancak bu birliğin jeotermal sahaya yakın bir yerde konuşlanmış olması durumunda ısıtma ve sıcak su ihtiyacının karşılanmasına yönelik olabilecektir. Ancak jeotermal enerjinin kışlaya getirilmesi, kışla içindeki bina ve tesislere ulaştırılması ciddi yatırım harcamalarını da beraberinde getirecektir. Askerî birliklerden sayıca çok azı jeotermal sahalarına yakındır. Bu nedenle ülke genelindeki kışlaların bu enerjiden istifade etmesi sınırlı sayıda olabilecektir.

3.4. Rüzgâr Enerjisinin Askerî Bir Birlikte Kullanılabilirlik Durumu:

Rüzgâr enerjisinden mekanik enerji ve elektrik enerjisi olmak üzere iki temel yararlanma şekli vardır. Mekanik uygulamalar, ev ve çiftliklerde hayvanların su ihtiyacının sağlanması, arazilerin kurutulması gibi amaçlarla ve ayrıca su pompalamada, çeşitli ürünleri

kesme, biçme, öğütme ve sıkıştırmada kullanılmaktadır. Rüzgâr enerjisi, hem kırsal alanda elektrik enerjisinin yerle tüketim ve üretiminde, hem de elektrik şebekesini beslemek için kullanılmaktadır. Rüzgâr enerjisinin elektriksel uygulamalarını üç grupta toplamak mümkündür; şebeke bağlantılı AC uygulamalar (büyük türbinler adını alan endüstriyel kullanıma yönelik sistemler), şebeke bağlantısı olmayan AC/DC uygulamalar ve uzak DC sistem uygulamaları (küçük türbinler olarak adlandırabileceğimiz kişisel kullanıma yönelik sistemler).

Küçük türbinler, genellikle şebekenin olmadığı, ulaştırmanın ekonomik olmadığı yada sorunlu olduğu yerlerde uygulanır. Askerî birliklerde, şehir dışında bulunan ve şehir şebekesinin uzak olduğu birlikler, telsiz role istasyonları, gözetleme kuleleri, kışlalar, askerî araçlarda küçük türbinler için uygun kullanım alanlarıdır. Üretilen enerjinin depolanması ile güvenilir enerji sağlanır. Küçük türbinlerin güç değerleri, 0,05-20 kW arasındadır. En fazla 4 adet hareketli parçadan oluşan bu tip türbinler bakımsız ya da çok az bakımlı olarak dizayn edilir. Otomatik kontrol mekanizmaları, sistemi aşırı şarjdan koruyan kontrol sistemleri vardı ve ayrıca çok yüksek rüzgâr hızlarında otomatik korunmalı dizayn edilmiştir (Şen, 2003).

Askerî birliklerde kullanılabilirlik durumu incelendiğinde ilk bakılması gereken kıstas birliğin konuşlu bulunduğu bölgenin rüzgâr potansiyelidir. 2002 yılında yayınlanmış olan Türkiye Rüzgâr Atlası incelendiğinde, yer seviyesinden 50 metre yükseklikteki rüzgâr potansiyeline göre sıralama, Ege, Marmara, Doğu Akdeniz ve Karadeniz kıyı alanları şeklindedir (Ural vd., 2006). Özellikle Ege ve Trakya bölgesi rüzgâr enerjisinden en çok yararlanabileceğimiz alanlardır. Ülkemizde şebeke bağlantılı AC uygulamalarına örnek olarak verilebilecek rüzgâr santrallerinin tamamı bu bölgelerde kurulmuştur. Bu tip uygulamaların askerî bir birlikte uygulanabilirliği, yatırım maliyetlerinin çok yüksek olması ve bütçe masraf planlarıyla bu maliyetin karşılanamayacak olması nedeniyle oldukça zordur.

Rüzgâr enerjisinin mekanik uygulamalarından olan su pompalama sistemleri, genellikle ihtiyaç sahipleri tarafından yerel imkânlarla tasarımı yapılarak imal edilen, çok kanatlı, yatay eksenli, piston pompalı ve düşük verimlidir. Bu sistemler çoğunlukla kısa süreli olarak işletildikten sonra devre dışı kalmaktadır. Askerî birliklerde kullanılabilirliği göz önüne alındığında, içme suyu sistemlerinde ihtiyacın sürekli ve yüksek debide olması kullanılabilirliğini azaltmakta ancak bahçe sulama işlerinde ya da su tüketiminin az olduğu yerlerde kullanılabilirliğini artırmaktadır.

3.5. Güneş Enerjisinin Askerî Bir Birlikte Kullanılabilirlik Durumu:

Türkiye, üzerinde bulunduğu coğrafya nedeniyle güneş enerjisinden etkin bir şekilde yararlanabilecek dünyanın sayılı ülkelerinden biridir. Yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7. 2 saat), ortalama yıllık toplam ısınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl'dır. Ülkemizde en fazla güneş alan bölge Güney Doğu Anadolu Bölgesi (2993 saat/yıl) olup, bunu sırasıyla Akdeniz Bölgesi, Ege Bölgesi, Doğu Anadolu Bölgesi, İç Anadolu Bölgesi, Marmara ve Karadeniz Bölgeleri (1971 saat/yıl) izlemektedir. Ülke genelinde bir metrekarelik alanda, bir yılda ortalama 1.100 kWh enerji üretilebilir. Binaların sıcak su ihtiyacının karşılanmasına yönelik yapılan uygulamalar daha çok Akdeniz ve Ege Bölgesindedir. Güneş kolektörleri kullanılarak ısı enerjisi elde edilmesinin kışların tamamında uygulanabileceği değerlendirilmektedir.

Güneş enerjisinden istifade ile doğrudan elektrik enerjisi üretmekte kullanılan güneş pilleri şebekeden bağımsız olarak kullanılabilmesi gibi, uygulamaya bağlı akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte de kullanılabilir. Güneş pillerinin elektrik şebekesinden bağımsız olarak askerî alanda kullanılabilmesi yerler:

1. Telsiz role istasyonları,
2. Telsiz ve telefon sistemleri,
3. Kışların veya kritik tesislerin çevre aydınlatması,
4. Karakol/Üs bölgelerinin çevre aydınlatması,
5. Ordugâh/Üs bölgelerinde kullanılan elektrikli aletlerin çalıştırılması,
6. Ordugâh/Üs bölgelerinde kullanılan sabit veya el/sırt telsizler ile telefon, hedef tespit cihazları, gece görüş cihazlarının batarya ve pillerinin şarjı,
7. Alarm ve güvenlik sistemleri,
8. Ordugâh/Üs bölgelerinde ilaç ve aşı soğutma teçhizatlarıdır.

Anlaşılabileceği üzere, güneş enerjisinin gerek ısıtma amaçlı gerekse doğrudan elektriğe çevrilerek askerî birliklerce kullanılabilmesi mümkündür ve bu konudaki en iddialı yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir.

3.6. Yakıt Pillerinin Askerî Bir Birlikte Kullanılabilirlik Durumu:

Teknolojik gelişmeler, çevreye zarar vermemesi, hareketli parçasının olmamasından dolayı sessiz çalışması ve diğer elektrikli araçlara göre daha avantajlı olmasından dolayı yakıt pilleri ve taşıtlara uygulanabilirliğindeki rekabet artık açık bir şekilde ortaya çıkmıştır. Çağımızın ve geleceğin enerjisi olan hidrojene ülkemizde de gereken önemin verilmeye başlandığı görülmektedir. Bu alandaki gelişmelerin sürmekte olduğu şu günlerde, normal taşıtlara uygulanabilirliğinin yaygınlaşması ve kullanmakta olduğumuz taşıtların çevreye verdiği zararların bu sistemler vasıtasıyla sifira indirilmesi umut edilmektedir.

Ulaşımında, içten yanmalı pistonlu ve gaz türbinli motorlar ulaşım araçlarında hâkim olan güç kaynaklarıdır. Alternatif yakıt arayışının temel sebebi olan, çevre kirliliği ve petrol rezervlerinin azalmasında en çok etkilenecek alan da ulaşım alanıdır. Bu sebeple, hidrojenin gerek sivil gerekse askerî araçlarda kullanımı konusunda üzerinde en çok araştırma geliştirme çalışmalarının yapıldığı alanda ulaşım alanıdır. Yakıt pilleri de ulaşım araçlarında hidrojenin kullanımı açısından diğer bir alternatif yöntemdir. Bu yöntemde yakıt pili elektrik üretir ve üretilen elektrik, elektrik motorunu çalıştırarak aracın hareket etmesini sağlar.

Dünya genelinde özellikle enerji ihtiyacının daha az olduğu cihazlarda (dizüstü bilgisayar, cep telefonu, vb.) çalışmalar askerî birliklerde haberleşme için kullanılan el telsizlerinde de kullanılabilir olacaktır. Bir askerî operasyonun süresi planlanan süreden daha uzun olabilmekte ve operasyon anında mevcut bataryalar yetersiz kalabilmektedir. Bu maksatla üretilen yakıt pilleri, sessiz, hafif ve uzun süre kullanılabilir olması nedeniyle askerî sistemlerde doğrudan kullanılabilir olacaktır.

3.7. Yenilenebilir Enerji Kaynakları İle İlgili Örnek Uygulamalar:

3.7.1. Mardin Bölgesindeki Bir Cephanelik Müfrezesinin Enerji İhtiyacının Karşılanması:

3.7.1.1. Cephanelik Müfrezesi Hakkında Bilgi:

Cephanelik müfrezesi, kışla birliklerine ait cephanelerin muhafaza edildiği muhtelif büyüklükteki cephanelik binalarının yakın emniyetini ve çevre emniyetini alarak herhangi bir taciz veya saldırı durumunda bulunduğu tesisi her ne şekilde olursa olsun korumakla görevlendirilmiş bir birliktir. Müfrezede yaklaşık 30 personel görev yapmaktadır. Söz konusu

personel 20x10 m ebatlarındaki betonarme binada iskân etmekte ve bu personel belirli periyotlarla değiştirilmektedir.

Cephanelik müfrezesinin kışlaya uzaklığı yaklaşık 5 km'dir. İsimsiz tepe olarak bilinen tepenin eteklerinde kurulmuştur. Elektrik şebekesi bulunmakla birlikte özellikle sonbahar ve kış mevsiminde bölgede görülen şiddetli rüzgâr nedeniyle sık sık elektrik kesintisi yaşanabilmektedir. Elektrik kesintilerinde devreye girmek üzere bir adet 20 kVA'lık jeneratör bölgede bulundurulmaktadır. Bu jeneratörün devreye girmesi durumunda yeterli miktarda elektrik üretilmektedir. Ancak yaratmış olduğu gürültü kirliliği nedeniyle özellikle yakınında bulunan nöbet yerlerindeki personelin gece dinleme faaliyetlerini aksatmaktadır. Bu durumda emniyet sistemin olumsuz etkilenmektedir.

Müfreze binasının ısıtılması için bir adet 60.000 kcal'lik sıcak su kazanından istifade edilmektedir.

Burada görev yapan personel, banyo ihtiyacını karşılamak üzere kışladaki hamamdan istifade etmektedir. Aynı şekilde çamaşırlarının yıkanması için de yine kışlada bulunan çamaşırhaneden istifade edilmektedir. Personel yemeğini kışladan getirerek müfreze içindeki binada yemekte, bulaşıklar kışladaki bulaşıkhanede yıkanmaktadır. Bu durum gün içinde yoğun bir trafik akışını beraberinde getirmekte ve emniyet sisteminde birtakım zaafaların oluşmasına neden olmaktadır.

Cephanelik binalarına ulaşımı sağlayan iç yolların aydınlatılması için toplam 25 adet sokak aydınlatma lambası (125 watt'lık), çevre emniyet sisteminde kullanılmak üzere toplam 20 adet projektör (250 watt'lık) kullanılmaktadır. Bina içindeki mevcut elektrik tesisatının tamamının kullanılması durumunda harcanacak elektrik enerjisinin 5000 watt/h olduğu tespit edilmiştir.

Cephanelik müfreze binasında günlük ortalama enerji sarfıyatı 80 kwatt'tır.

3.7.1.2. Cephanelik Müfrezesindeki İç Yolların ve Çevre Emniyet Sisteminin Güneş Pilleri İle Aydınlatılması:

Söz konusu Cephanelik Müfrezesinin çevre aydınlatması ve iç yollarının aydınlatılması güneş pillerinden istifade edilerek yapılacaktır. Güneş enerjisi ile yapılan aydınlatma sistemlerinin verimli çalışabilmesi ve uygun ilk yatırım maliyetlerin çıkması için, aydınlatma ürünlerinde tasarruflu/ekonomik LED (Light Emitting Diode – Işık Yayan Diyot) teknolojisi ürünlerin kullanılması öngörülmektedir.

LED'in ömrü yaklaşık 100.000 saattir. Elektrik enerjisinden %98 oranında tasarruf sağlar ve geleneksel floresan lambasına göre 1/10 oranında daha az güç tüketimi söz konusudur. Diğer halojen ve ampullerle direkt olarak değiştirilebileceği gibi ısı dağılımı ve zararlı ışın (radyasyon) emisyonu yoktur. Şoka dayanıklıdır, cıva içermez ve güvenilirdir. Enerji tasarrufu sağlar ve bakıma ihtiyaç duymaz. LED ampulleri, elektrikli aydınlatma ampullerinden daha dayanıklı, uzun süreli ve enerji verimlidir.

LED Projektörler ise, LED'in avantajlarına ilave olarak, kolay montaj ve kurulum özelliğinin bulunması, diğer projektörlere kıyasla daha çevreci ve hafif olması, bütünüyle şoka ve titreşime dirençli bir yapıya sahip olması, flemansız veya gaz içermedikleri gibi, kırılğan cam yapısına da sahip olmaması, yüksek enerji tasarrufları ile kısa sürede kendilerini amorti edebilmeleri, düşük enerji sarfiyatı sayesinde, asgari güçteki yedek enerjili/kesintisiz (akülü) uygulamalara müsait olması, timer ve / veya fotosel uygulamalarına son derece müsait olması, DC ve/veya AC kaynak ile çalışabilmeleri sayılabilir (www.normenerji.com.tr).

Cephanelik müfrezesinde bulunan 15 adet 125 watt'lık ve 20 adet 250 watt'lık projektörler yerine Şekil 3.2'de örnekleri gösterilen güneş enerjisi ile çalışan LED projektörlerin kullanılması ile ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin sağlanabileceği değerlendirilmektedir. Sistemde mevcut şehir şebekesi yine bağlı olacak, yağışlı ve kapalı havalarda gerekli enerjinin güneşten sağlanamaması durumunda mevcut şebekeden istifade edilecektir.

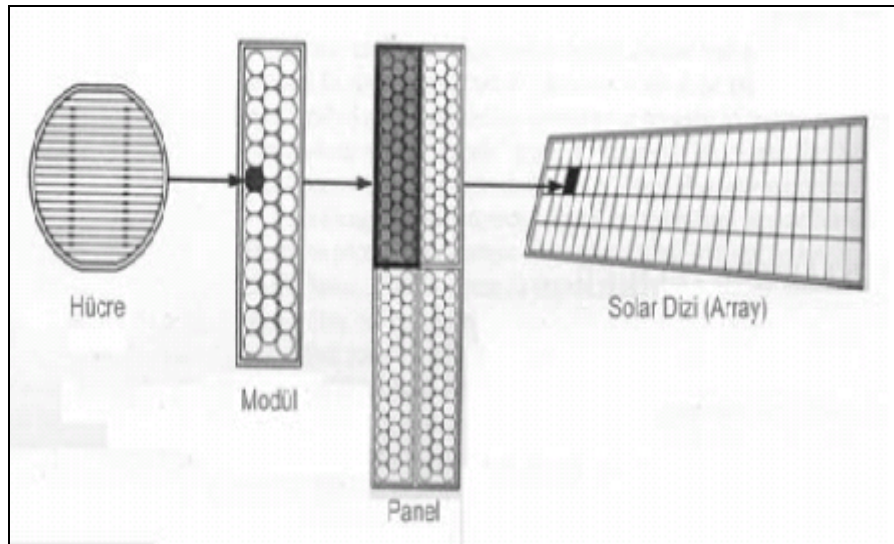


Şekil 3.2 Cephane Müfrezesi İç Yolları ve Çevre Aydınlatmasında Kullanılabilecek Güneş Pilleri

3.7.1.3. Cephanelik Müfrezesindeki Binanın Elektrik Enerjisi İhtiyacının Güneş Pilleri İle Sağlanması:

Cephanelik Müfrez Binasının günlük ortalama elektrik enerjisi sarfiyatının 5 kwatt olduğu bilinmektedir. Bu binanın elektrik enerjisi ihtiyacının öncelikle fotovoltaiik (PV) paneller ile sağlanması istenmektedir. PV'den gelen elektrik enerjisi yetersiz olduğunda mevcut elektrik şebekesinden istifade edilecek, elde edilen enerjinin fazla olması durumunda yol ve çevre aydınlatmasında kullanılacak veya şebekeye verilecektir.

PV Sistemini Oluşturan Parçalar: PV'ler güneş ışınımını doğrudan elektrik akımına dönüştüren yarı iletken devre elemanlarıdır. Fotovoltaiik akım üretimi özel işlenmiş yarı iletken malzemelerden yapılan kare, dikdörtgen veya daire şeklinde biçimlendirilebilen solar hücrelerle sağlanır. Deniz seviyesinde, güneşli bir günde güneş ışınımının şiddeti 1000W/m² civarındadır. Bölgeye bağlı olarak 1m² ye düşen enerji miktarı yılda 800-2600 kWh arasındadır. Bu enerji PV yapısına bağlı olarak %5-%30 arasında bir verimle elektrik enerjisine dönüştürülebilir. Bir PV hücrenin çıkış voltajı yaklaşık olarak 0.5 volt civarındadır. Güç çıkışını arttırmak için çok sayıdaki hücreler seri veya paralel bağlanarak "solar modül", modüller birleştirilerek panel, ve paneller birleşerek "solar dizisi" elde edilir. Panellerin çok sayıda bağlanmasıyla daha büyük yüzeyli diziler elde edilebilir.



Şekil 3.3 Fotovoltaiik Hücre, Modül, Panel ve Solar Dizisi

Solar modüller yalnız direkt güneş ışığından değil, yaygın ışınımında da (bulutlu havalarda) daha düşük güçte elektrik üretebilmektedir.

PV piller doğru akım (DC) ve voltaj üreten aygıtlardır. Bu akım akülerde depolandıktan ve alternatif akıma (AC) dönüştürüldükten sonra bina gereksinimi için kullanılabilir gibi, şehir şebekesine de aktarılabilir.

PV türleri; yarı iletken ve absorblayıcı maddelerin türü, ışığı bünyesinden geçirme kapasitesi ve üretim teknolojisi bakımından çok çeşitlidir. PV pil yapımında kullanılan kristalin yapısı özellikle bu türlerin ortaya çıkmasında etkili rol oynar. Genellikle 'tek kristal', 'çok kristal' ve 'amorf' yapıda olmak üzere üç farklı türde üretilir. Bu türlerin yanı sıra ince film teknolojisiyle üretilen PV paneller de vardır ancak bu pillerin performansı diğerlerine oranla düşüktür. Yarı geçirgen veya opak olmak üzere iki tür ve çeşitli renklerde PV panel üretilmektedir. Geçirgen paneller binalarda pencerelerde kullanılabilir gibi, opak paneller güneş ışığının bina içinde istenmediği durumlarda tercih edilebilmektedir.

PV sistemleri tarafından üretilen elektrik akımı genellikle istendiği zaman kullanmak için depolanmalıdır. İhtiyaç duyulan depolamanın kesin miktarı kullanıcı için arzın sürekliliğinin önemine bağlıdır. Örneğin, bir ev sahibi bulutlu havalarda lambaların ve TV'nin kullanımı için elektrik akımının kesilmesini göze alabilmesine rağmen, bir telekomünikasyon röle istasyonu veya bir sağlık ocağında PV ile çalışan bir soğutucu gibi çok önemli bir uygulamada güneş ışığının az geldiği muhtemel dönemlerde veya bir PV sisteminde geçici bir kesilmenin tamamını karşılayacak şekilde yeterli miktarda elektrik akımı mutlaka depo edilmelidir. PV sistemleri genellikle 12 voltluk kursun-asit akümülatörleri kullanır. Daha fazla pahalı, yeniden şarj edilebilir nikel kadmiyum akümülatörleri çoğu kez yeniden şarj edilebilir lambalar gibi sadece küçük uygulamalarda kullanılır. Bazı üreticiler popüler adıyla güneş enerjisine dayalı aküler (solar batteries) satmaktadır; bu aküler de kursun-asit tipindedir fakat onların tasarımında yapılan bazı tadilatlar onları güneş enerjisine dayalı bir tesisattaki çalışma koşullarına daha uygun hale getirmektedir. Oto akülerini PV sistemlerinde kullanmada ortaya çıkan sorun, onların güneş ışığından elektrik enerjisi üreten PV sistemlerinde kullanmaya göre tasarlanmamış olmalarıdır.

Genellikle, bir eve ait PV teçhizatında akü kapasitesi ev sahibinin günlük elektrik tüketiminin yaklaşık beş katı olmalıdır. Akülerin bakım ihtiyaçları zahmetli değildir, fakat bakım mutlaka yapılmalıdır. Akü mutlaka damıtık (saf) su ile dolu tutulmalıdır ve nem oranı düşük olan sıcak alanlarda kurulan PV tesisatlarında bunun yapılması özel önem taşır. 30

santigrat derecenin üstündeki sıcaklıklarda akünün ömrü ve performansının önemli ölçüde düşmesi nedeniyle, akü her zaman serin ve çok iyi havalandırılmış bir yere yerleştirilmelidir.

Akü kapasiteleri amper saat Ah cinsinden ölçülür ve PV uygulamalarında kullanılan aküler yaklaşık 15–300 Ah arasında değişmektedir (Watt-saat cinsinden kapasite amper saat cinsinden kapasitenin voltajla çarpılması ile elde edilir. Örneğin, 100-Ah 12-voltluk akü tam olarak şarj edilmiş 1.200 Wh'lik kapasiteye sahiptir.).

Aküyü aşırı şarjdan ve cereyan boşalmasından korumak için elektronik bir şarj regülâtörü kullanılır. Evlerdeki PV sistemlerinde kullanılan elektronik şarj regülâtörleri şarj seviyesine bağlı olarak akünün voltajının düştüğünün veya yükseldiğinin tespitinde iş görmektedir. Voltaj tamamen şarjlı akü seviyesinin üzerine çıktığı zaman, regülâtör PV donatısından voltajı keser; yine voltaj kabul edilebilir boşalma seviyesinin altına düştüğü zaman regülâtör yükü keser. Şarj regülâtörlerinin gelişmişlik seviyesi ve buna bağlı olarak onların sağladığı koruma oldukça değişme gösterir. Ucuz modeller ekseriyetle aşırı yükten korumak için yükün kesilmesi gerektiği zaman kararı kullanıcıya bırakarak, sadece aşırı yükten koruma özelliğine sahiptir. Eğer yeterli büyüklükte bir akü kullanılıyorsa ve sistem yönetiminde tedbir alınıyorsa bu bir sorun yaratmaz, aksi halde akünün ömrünün kısalmasına yol açması mümkündür. Bazı şarj regülâtörlerine sıcaklık algılayıcıları takılmış olup, eğer akünün sıcaklığı 30 santigrat dereceyi geçerse, şarj olan voltajın azaltılmasına izin vermektedir ve böylece akünün zarar görmesine karşı ek bir koruma tedbiri sağlamaktadır. PV sistemleri çoğunlukla 12 voltluk bir doğru akım üretmek için tasarlanır. 220 voltluk bir dalgalı akımın gerekli olduğu durumda, bu bir elektronik adaptörle (çevirici) sağlanabilir. Bir elektronik adaptör kullanılması ile %15'e kadar varan önemli bir güç kaybı meydana gelebilir, ancak bu tür bir akım standart ev aletlerinin kullanılmasına imkân vermektedir. Bununla birlikte, PV sistemleri ile standart ev aletlerini kullanmanın önemli sıkıntılarından birisi, birçok ev aletinin enerji randımanı dikkate alınarak tasarlanmamış olmasıdır. Bu durum ana elektrik şebekesine bağlı tüketiciler için önemli bir problem değildir. Buradaki tek etkisi aylık faturaya ekstra bir miktar kilovat saat ilavedir. Enerji düşüklüğünün ihtiyaç duyulan kapsüllerin alanını ve sistemin toplam maliyetini önemli ölçüde artırması durumunda, onun bir PV sistemine önemli bir etkisi vardır.

Sistemi dengeleyici diğer unsurlar; kablolar, bağlantı elemanları, devre anahtarları (şalterler), bağlantı kutuları (buatlar), elektrik sigortaları ve diğer küçük kalemlerden oluşur. Bunlardan birçoğu açık alanda monte edilmiştir ve bu yüzden sert hava koşullarına maruz kalır; eğer sistemin iyi çalışması isteniyorsa, bu elemanların mutlaka iyi kaliteli ve dikkatli bir

şekilde yerleştirilmiş olması gerekir. Çürük veya hasarlı bağlantılar sisteme verilebilecek elektrik miktarını azaltır ve sistemin bütünüyle işlemez hale gelmesine neden olabilir. Şimşekli, yıldırımli fırtınaların yaygın olduğu yerlerde, sistemler için paratoner görevi gören iletkenlere gereksinim duyulabilir.

Teçhizat için payandalar sisteminin doğru biçimde tasarlandığından ve inşa edildiğinden emin olmak da önemlidir. PV donatısı bir binanın çatısına kurulacağı zaman, hava dolaşımına imkân vermek ve aşırı sıcaklık oluşmasını önlemek için (PV donatısı) çatı yüzeyinden kısa bir mesafe yukarıya kaldırılarak kurulmalıdır. Ayrıca, PV donatıları, alanı etkilemesi muhtemel en güçlü rüzgârların uçurma/yukarı kaldırma etkilerine mukavemet etmeye yetecek kadar mutlaka sıkı bir şekilde bağlanmalıdır. Düzenli temizleme işlemleri kesinlikle yapılmalıdır. Donatıların yere monte edildiği durumlarda, onlar mutlaka ekseriyetle betondan olmak üzere sağlam temeller üzerine inşa edilmeli ve onları insanlardan ve hayvanlardan korumak için muhafazalı bir parmaklık içine alınmalıdır.

Uygulama Alanında Randıman Oranları ve Elektrik Akımının Çıkış Gücü: PV sistemlerinin uygulama alanındaki toplam randıman oranları (verim oranları) kapsüller (modül) için laboratuarda belirlenen randıman oranlarından oldukça düşüktür. Örneğin, standart laboratuvar test sıcaklığı olan 25 santigrat derecenin üzerindeki her 1 santigrat derece artış için güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren ünitelerin randıman oranı yaklaşık %0.5 düşer. Bu durum öğle sıcaklığının sık sık 30 santigrat dereceyi geçtiği ve kapsüllerin çoğunlukla 60 santigrat derece ve daha yüksek sıcaklığa sahip olduğu bölgelerde gerçekten önemli olabilmektedir. Toprağa ulasan günlük toplam güneş enerjisi miktarının azami olduğu koşullarda, söz konusu aşırı sıcaklık güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren üniteler randıman oranında %20'ye kadar bir düşüşe yol açabilmektedir. PV uygulamalarında kablo uzantıları mümkün olduğu kadar kısa ve kablo çapları uygun ebatta tutulmalıdır. Uzun, ince ve ucuz kabloların kullanılması önemli kayıplara neden olabilir. Gevsek veya paslanmış bağlantılar da bu kayıpları artırır. Tozlar ve gölge yapan pislikler de sistemin performansını onun nazarı maksimum değerinin altına indirir. Kapsüllerin elektrik akımı çıkış gücü için kabul edilen toplam %10'luk bir kayıp, çoğunlukla başlangıçta sistemin enerji verim gücünün hesaplanmasında biraz iyimser bir varsayım olarak alınmaktadır. Cereyanı şarj etme-boşaltma devresinin genel toplam randımanı yaklaşık %80'dir, ancak akü eskidikçe kayıplar önemli ölçüde daha büyük hale gelebilir. Bu yüzden, üreticiye verilebilir nihaî elektrik akımı çıkışı kapsülün kabul edilen çıktısından türetilen değer yaklaşık %70'idir. Bu kayıpların etkisi metre kareye 1.000 watt'lık (W/m²) öğle güneşinin düştüğü ve günlük ortalaması 5 kWh/m²

Elektrik enerjisi kullanıcıları, ihtiyaç duyulan akım ve voltaj değerlerindeki elektriği, kullanılan tesisata uygun akım türünde (DC veya AC) ve ihtiyaç duyulduğu zamanda tüketmek isterler. Bu halde, yalnızca PV modüllerle kullanıma uygun bir sistem oluşturmak olanaksızdır. Elektrikte ihtiyaç duyduğumuz akım ve voltaj değerlerini sağlamak için modüllerin seri ve/veya paralel bağlama biçimlerinde projelendirilmesi, DC-AC dönüşümünün sağlanması için sistemde invertör kullanılması, güneş ışınımının yeterli olmadığı zamanlarda da (gece, bulutlu günler vb.) ihtiyaç duyulan anda elektriğin kullanılabilmesi için uygun akü gurubunu ve/veya ikincil bir enerji kaynağının (Dizel motor, şebeke vb.), akü gurubunun uzun ömürlülüğü için şarj kontrolörün sisteme ilave edilmesi gereklidir. Bunların yanında sistemin uzun yıllar verimli bir şekilde çalışabilmesi için projelendirme esnasında kablolama, sigortalama, topraklama hattı elemanlarının boyutlandırılmasının PV sistem kurulum şartlarına uygun ehil kişilerce yapılması mecburidir

Ülkemizin Akdeniz kıyılarında yaz aylarında günlük 8 kwh, kış aylarında 4 kwh lik enerji üretebilen bir güneş pili sisteminin ekipmanları Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1 Güneş Pili Sistemi Ekipmanları

Sistem Elemanı	Adet	Teknik Özelliği	Ürün Adı
Güneş pili	8	170W	KC170GHT-2 panel
Akü	8	12V 150Ah	Stasyonier akü
İnvertör	1	24V-230V 2000W	AJ 2400-24
Şarj regülatörü	1	70A 24V	Power Tarom 2070

Bu sistemin cepanelik müfreze binasında kullanımı ile; binanın günlük elektrik ihtiyacı karşılayabilecek, iki gün güneş ışınımı olmadığı durumda akü yardımı ile elektrik gereksinimi giderilebilecek, üretilecek fazla elektrik enerjisi müfrezenin diğer alanlarında kullanılabilir, yine de fazla kalan enerji şebekeye verilebilecek ve kışla seviyesinde elektrik enerjisine ödenen para azalacaktır. Tüm bunları 10 m² lik bir çatı yüzeyinde gerçekleştirmek mümkün olacaktır (www.ezincmetal.com).

Bölgede bulunan elektrik şebekesinden de istifade edilecek ve güneş pillerinin yetersiz kaldığı zamanlarda kullanılacaktır. Benzer şekilde, üretilen fazla elektrik enerjisi, binaya yakın yerlerde bulunan yol aydınlatması ve çevre aydınlatmasında da kullanılabilir. Bahse konu uygulamaya benzer, 10 kWp gücünde güneş pili sistemi Muğla Üniversitesi tarafından üniversitenin Merkez Kütüphane Çatısı’na kurulmuştur. Sistem, yüzeye gelen güneş enerjisi

değerine göre açık günlerde 60kWh, tamamen kapalı günlerde ise 3kWh kadar elektrik enerjisi üreterek şebekeye aktarabilmektedir. Yaz aylarında Kütüphane Binası'ndaki soğutma sistemleri tam kapasiteyle çalıştığı durumlarda günlük elektrik ihtiyacının yaklaşık %10'u güneş enerjisinden üretilen elektrik enerjisi ile karşılanabilmektedir (www.fizik.mu.edu .tr.)



Şekil 3.5 Muğla Üniversitesi Merkez Kütüphane Çatısına Yerleştirilen Güneş Pilleri

3.7.1.4. Cephanelik Müfrezesinde Görevli Personelin Sıcak Su İhtiyacının Güneş Kolektörleri İle Sağlanması:

Geçici veya yarı daimi askerî birliklerde bir personelin günlük su ihtiyacı yaklaşık 100 lt/gün'dür. (STANAG 2885 "Askerî birliklerde günlük su ihtiyacı"). İçmek ve yemek pişirmek için ihtiyaç duyulan su miktarı 25 lt/gün, banyo için ihtiyaç duyulan su miktarı 45 lt/gün, çamaşır yıkamak için ihtiyaç duyulan su miktarı 25 lt/gün'dür. Banyo, çamaşır ve bulaşık yıkamak için ihtiyaç duyulan su miktarı toplam 70 lt/gün'dür ve bu miktarın yaklaşık yarısı kadar (35 lt/gün) sıcak suya ihtiyaç duyulmaktadır.

Cephanelik müfrezesinde görev yapan personel, banyo, çamaşır ve bulaşık yıkama faaliyetlerini buldukları yerde yapamamakta ve her gün birkaç sefer kışla merkezine gitmek durumunda kalmaktadır.

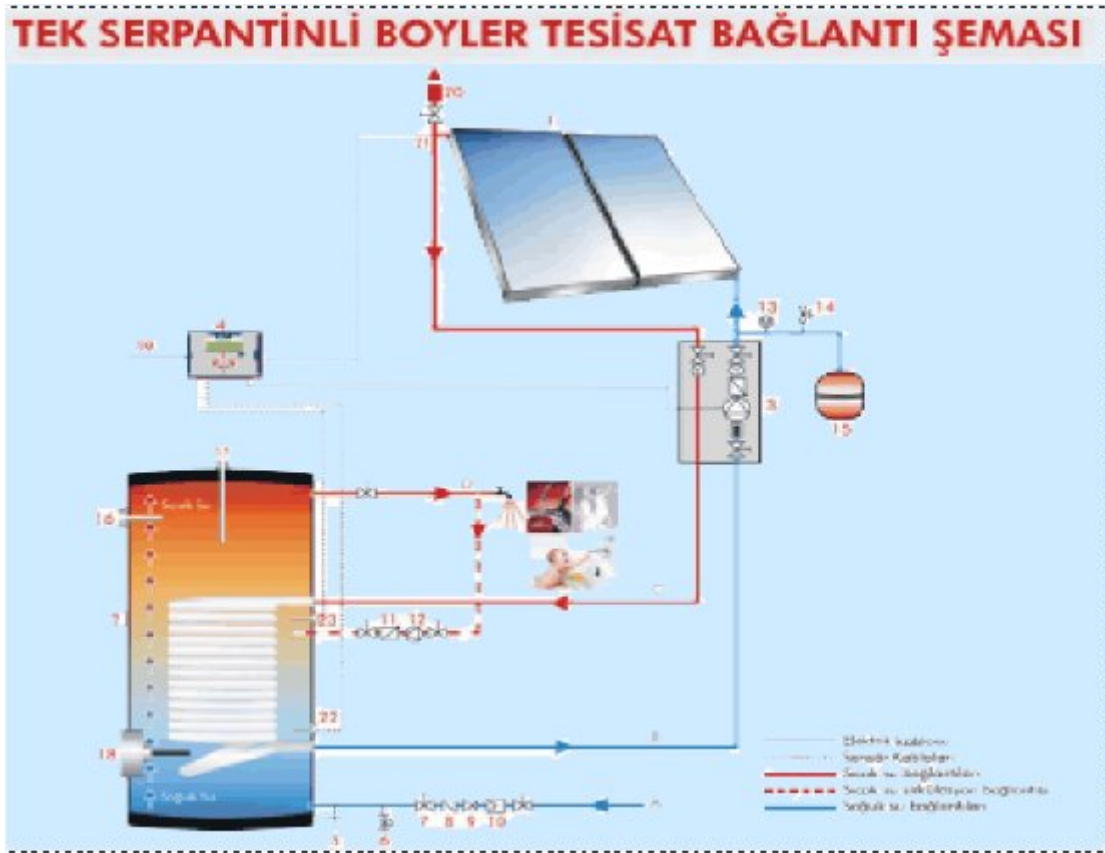
Kışlada görevli personel, haftada iki gün planlı olarak kışla banyosundan istifade edebilmektedir. Ayrıca her sabah 05:00-06:00 saatleri arasında ihtiyaç banyosu vardır. Kışlada görevli bir personelin haftalık banyo kullanımı ortalama üç sefer olduğu kabul edilmiştir.

Cephanelik Müfrezesinde görev yapan personelin haftanın her günü banyo, çamaşır ve bulaşık faaliyetlerini yerine getirdiğini kabul edersek Cephanelik Müfrezesinde görevli personelin günlük sıcak su ihtiyacı azami

30 kişi X 35 lt/gün = 1.050 lt/gün olacaktır.

Yukarıda hesaplanan değer bir günde kullanılabilir azami sıcak su miktarıdır. Bu suyun bir bölümünün kullanılmayacağı değerlendirilmektedir.

İhtiyaç duyulan sıcak suyun temin edilebilmesi için “Eziç Metal Sanayi A.Ş.” tarafından üretilen “Galaksi Tek Serpantinli Güneş Enerji Sistemi” kullanılacaktır.



Şekil 3.6 Galaksi Tek Serpantinli Güneş Enerji Sistemi Bağlantı Şeması

Sistemin Elemanları: A- Soğuk su şebeke girişi, B- Güneş Enerjisi bağlantısı (soğuk), C- Güneş Enerjisi bağlantısı (sıcak), D- Kullanım suyu (sıcak)

1- Güneş kolektörü, 2- Boyler, 3- Güneş enerjisi pompa grubu, 4- Otomatik kontrol ünitesi, 5- Boşaltma, 6- Boyler emniyet ventili, 7- Açma-Kapama vanası, 8- Çekvalf, 9- Basınç düşürücü, 10- Soğuk su filtresi, 11- Yaylı çekvalf 12- Sirkülasyon pompası (kullanım suyu), 13- Manometre, 14- Emniyet ventili, 15- Kapalı genişleme tankı, 16- Termometre, 17-

Magnezyum anot, 18- Elektrikli ısıtıcı bağlantısı, 19- Elektrik şebeke bağlantısı, 20- Otomatik pürjör, 21- Kollektör sıcaklık sensörü, 22- Boyler sıcaklık sensörü (alt), 23- Boyler sıcaklık sensörü(üst).

Tablo 3.2 Galaksi Güneş Enerjisi Sistemleri

		Tavsiye Edilen Koll. Adedi	Tavsiye Edilen Koll. Adedi
	Sıcak Su Kapasitesi	Standartline L-XBB 11	Standartline L-Selektif
G-201	200 lt	2 adet	2 adet
G-351	350 lt	3 adet	3 adet
G-501	500 lt	5 adet	4 adet
G-601	600 lt	6 adet	5 adet

Söz konusu askerî tesiste G-501 model Galaksi Güneş Enerji Sisteminden iki adedin kullanılması ile ihtiyaç duyulan sıcak suyun karşılanabileceği görülmektedir (www.ezincmetal.com.tr.).

Boyer siteminin Cephanelik Müfreze Binasının kazan dairesine tesis edilmesi ve kış aylarında ihtiyaç fazlası sıcak suyun binayı ısıtmak üzere kullanılan 60.000 kcal'lik sıcak su kazanına verilmesi durumunda kazan dairesinde bir miktar yakıt tasarrufu da sağlanabilecektir.

3.7.2. Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki Bir Üs Bölgesinde İhtiyaç Duyulan Enerjinin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanılarak Sağlanması:

3.7.2.1. Üs Bölgesi Hakkında Bilgi:

Üs bölgeleri, genellikle bölük, takviyeli bölük veya tabur seviyesinde birlikler tarafından işgal edilerek kullanılan arazi kesimleridir. İç güvenlik harekâtı icra edilen yerlerde, bölgeye hâkim araziler arasından seçilir. Hemen hemen tamamında şehir şebekesi mevcut değildir. Eğer üs bölgesi devamlı işgal edilen bir yere ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin karşılanabilmesi için büyük güçteki jeneratörlerden istifade edilmektedir. Geçici üs bölgelerinde ise (genellikle ilkbahar-sonbahar arasında işgal edilmektedir) 3-5 kVA'lık jeneratörler, akü ve güç kaynakları kullanılmaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde geçici bir üs bölgesinin elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanması üzerinde durulacaktır. Böyle bir üs bölgesinde elektrik enerjisine ihtiyaç duyulan yerler:

Kısıtlı oranda çevre aydınlatması (Kritik yaklaşma istikametleri),

Üs bölgesinde kullanılan her cins muhabere malzemesi(sabit telsiz, el telsizi, telefon ve roleter)'nin çalıştırılması veya şarj edilmesi,

Gece görüş teçhizatında kullanılan pillerin/bataryaların şarj edilmesi,

Kritik ilaçların muhafaza edildiği aşı/ilaç soğutucular,

Komuta yerlerinin iç aydınlatması (çok zorunlu olmadıkça kullanılmamaktadır)'dır.

Bölgede gündüz saatlerinde operasyon icra eden birlikler, gece üs bölgesinde bulunmakta, sınırlı görüş şartları altında dinleme ve gözetleme faaliyetlerine devam etmektedir. Jeneratörler genellikle gündüz kullanılmakta ancak akülerin şarj edilebilmesi için gece de kullanılmak durumunda kalılabilmektedir. Gece şartlarında jeneratör kullanılması ise üs bölgesindeki personelin etkin bir dinleme yapmasına engel teşkil etmektedir.

İcra edilen operasyonlarda sıcak temasın sağlanması ve sürdürülmeye çalışılması halinde personel üzerinde bulunan pil ve bataryalar bitebilmekte ve muhabere irtibatında kesilmeler meydana gelmektedir. Fazla miktarda pil veya batarya bulundurmak ise savaş yükünü artırmaktadır.

3.7.2.2. Üs Bölgesi Çevre Emniyet Sisteminde Kablosuz Duyarga Ağlarının Kullanılması:

Üs bölgesinin çevre emniyetinin sağlanması için “Genetlab Bilgi Teknolojileri Sanayi ve Ticaret Şirketi” tarafından üretilen “Telsiz Duyarga Ağları ve C4ISRT Sistemleri”nin kullanılması planlanmıştır. Bu sistemlerin askerî uygulama alanları şu şekilde sıralanabilir:

Yetkisiz girişleri, hafif silah atışlarını ve atış mevkiilerini tespit etmek için gelişmiş gözetleme sistemleri,

Erişilemez veya kirletilmiş mıntıklarda ve düşman hatlarının gerisinde çalışabilen gelişmiş keşif sistemleri, gelişmiş hedef bulma ve hedef takip sistemleridir.

Sınır ve tesis güvenliği İçin Taktik Duyarga (sensör) Ağı Sistemi (TADAS): Taktik duyarga ağı sistemi – TADAS, sınırlardan, karakol ve üs bölgeleri çevrelerinden yapılan yetkisiz girişleri %100 doğrulukla tespit etmek ve sınıflandırmak (hayvan, insan, silahlı insan, araç, zırhlı araç) için geliştirilmiş gelecek nesil bir algılama sistemidir. TADAS, arazi (dağlık, ormanlık, çöl, leçelik, vb.), ışık ve hava koşullarından (kar, yağmur, sıcak, soğuk, vb.) etkilenmeyen, kendi kendine çalışabilen (operatör ihtiyacı en az), bakımı kolay, kurulum ve işletme maliyetleri düşük ve düşmanca etkilere hassasiyeti çok az olan bir sistemdir.



Şekil 3.7 Kablosuz Duyarga Ağının İşletim Mimarisi

Bu sistemde Sensenode duyarga düğümü kullanılmıştır. Sensenode üç temel bileşenden oluşmaktadır. Kara uygulamalarında kullanılan ve algılama modülü Duyarga-L, işlemci ve RF modülü Düğüm RF, dış kap(kabuk)'tan oluşmaktadır.

TADAS, telsiz duyarga ağı teknolojilerine dayanan gelecek nesil bir sistemdir. Telsiz duyarga ağları teknolojileri 1990'lı yılların sonlarından itibaren akademik ortamlarda üzerinde çalışılmaya başlanan bir konudur. TADAS, 2000 yılından beri yapılan çalışmalar neticesinde Genetlab A.Ş. tarafından geliştirilmiştir.

Sistem çeşitli ortam koşullarını sürekli gözleyen, birbiri ile yardımlaşarak çalışabilen, yaklaşık bir kibrit kutusu büyüklüğünde çok sayıda telsiz duyarga düğümlerinden oluşmaktadır. Bu düğümler gözetleme yapılacak ortama herhangi bir yöntemle (uçak veya helikopterden serpilerek, elle atılarak, vb.) rasgele serpilebilmekte, buna rağmen kendi kendine organize olup bir algılama ağı oluşturabilmektedirler. Bu ağ sayesinde elde ettikleri bilgileri ihtiyaç duyuldukça veya istendikçe belirlenen merkezlere iletebilmektedirler.

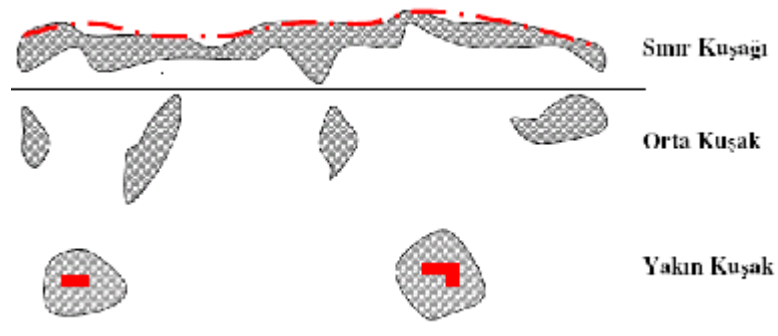
Düğümler her türlü ışık ve hava koşullarında (örneğin beş metre kar altında) tespit yapabilmekte ve tespit ettikleri bilgiyi aktarabilmektedirler. Düğümler kendi üzerlerindeki bataryadan yararlanarak en az altı ay çalışabilmektedirler. Genetlab tarafından geliştirilen birinci nesil duyarga düğümünün resmi Şekil 3.8’de örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.8 İşlemci ve RF Modülü, Düğüm RF

TADAS, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi veya benzer özelliklere sahip alanlarda Şekil 3.9'daki örneğe benzer şekilde konuşlandırılarak ve istenilmesi halinde diğer konvansiyonel sistemler (insansız hava araçları, termal kameralar, karar ve hava radarları, vb.) ile bütünleştirilerek kullanılmak üzere geliştirilmiştir.

Sınır kuşağı, iki ülke arasındaki sınır bölgesinde arazi koşullarına ve taktik değerlendirmelere göre 30 ile 100 metre arasında değişen derinliğe sahip bir alandır. Bu bölge içinden veya on metre üzerinden yapılan her türlü geçiş sistem tarafından %100 doğrulukla tespit edilmekte ve en az %90 doğrulukla hayvan, insan, silahlı insan, araç veya zırhlı araç şeklinde sınıflandırılabilir.



Şekil 3.9 Taktik Duyarga Ağı Sistemi

Orta kuşak, sınır kuşağında kullanılanlara benzer düğümlerden oluşmaktadır. Kritik yaklaşma istikametleri veya geçiş yerleri üzerinde arazi ve taktik koşullara uygun

genişliklerde duyurga ağlarıdır. Ülke içindeki hareketleri kontrol etmek, sınırlandırmak ve yönlendirilmek maksatlarıyla kullanılmaktadırlar. Büyüklüklerine göre birkaç saat içerisinde konuşlandırılıp toplanabilmektedirler.

Yakın kuşak, karakol, kritik tesis, üs bölgesi ve toplanma bölgesi gibi tesis ve alanların yakın güvenliğini sağlamak maksadıyla konuşlandırılan telsiz duyurga ağlarından oluşmaktadır. Bu ağda kullanılan düğümler sınır kuşağı ve orta kuşakta kullanılan düğümlerden daha yetenekli olup, yetkisiz geçişleri tespit edip sınıflandırdığı gibi, üzerinden geçen hafif piyade silahlarının ateşlendikleri noktaları da bulabilmektedir. Örneğin bir karakolun etrafına yerleştirilen bir ağ o karakola yapılan taciz atışının yapıldığı yerin koordinatlarını, herhangi bir koordinat sistemine (polar, coğrafik veya grid) göre verebilmektedir. Sistem diğer silah ve gözetleme sistemleri ile de doğrudan etkileşecek şekilde düzenlenebilir. Ayrıca düğümlerin yetkisiz şahıslar tarafından taşınması halinde yerlerinin takip edilmesi veya belli bir bölgenin dışına yetkisiz olarak çıkarılmaları halinde kendi kendilerini imha etmeleri sağlanabilir.

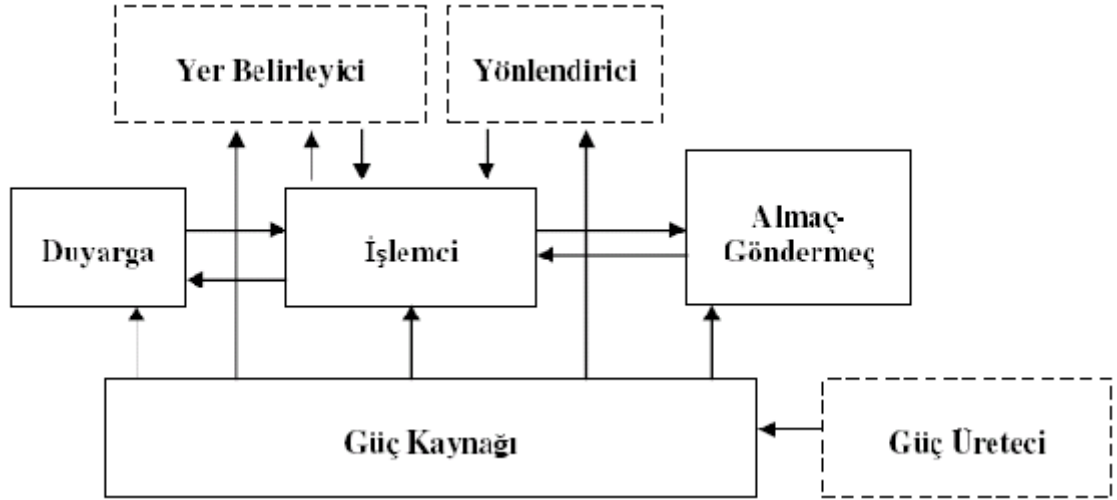
Sensenode'nin teknik özellikleri Tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.3 Sensenode'nin Teknik Özellikleri

Sensenode ₀ Özellikleri			
Düğüm-RF		Duyurga-I	
İşlemci Özellikleri		Duyurga Özellikleri	
Program Flash Belleği	Çipte 48 kB	Akustik	Piezzo Mikrofon
Veri RAM	Çipte 10 kB	Elektret Mikrofon	
Flash Ölçüm	1 MB harici	Manyetik	3 eksen Endüktif
Seri Bağlantılar	2 x UART	Sismik/Titreşim	= 1.2 g İvme Ölçer
Analogtan Dijitale Dönüştürme	8 kanal 12 bit ADC	Sıcaklık	55° b0C to 100° b0C
Diğer Arayüzler	I2C / I1AG / 2xDAC	Ultrasonik	20 metrede ± 5 cm
Geçerli Tüketim	Uyku: 0.1 mA İşlem: 2 mA	Mesafe Bulucu	
		LDR	Işığa duyarlı direnç
Radyo Özellikleri		Elektromanyetik Özellikler	
Merkez Frekansı	2.4 GHz	Pil	2 x AA pil
Kanal Sayısı	Ayarlanabilir 15	Harici Güç	0.6 V – 3.7 V
Veri Oranı	250 kbps	Kullanıcı Arayüzü	3 LEDs
Çıkış Gücü	5 level (-25 – 0 dBm)	Boyut	65 x 38 x 42 mm
Giriş Gücü	10 dBm	Dağıtım Bağlayıcı	41 pin directional bus
Alıcı Hassasiyeti	-94 dBm		
Geçerli Tüketim	TX 18.4 mA RX 20.7 mA		

Telsiz duyurga ağlarındaki en önemli tasarım kısıtlarının basında güç tüketiminin düşük olması zorunluluğu gelir. Duyurgalar genellikle değiştirilemeyen ve sınırlı kapasiteleri olan pillerde depolanan enerjiden yararlanarak çalışırlar. Bu nedenle duyurga

ağlarında öncelikle duyarga ağının ömrünü uzatacak düşük güç tüketimi olan tekniklerin geliştirilmesi üzerinde durulur. Bir duyarga biriminin parçaları Şekil 3.10’da verilmiştir.



Şekil 3.10 Bir Duyarga Biriminin Parçaları

Bir duyarga birimi dört temel parçadan oluşur: algılama birimi, işlemci, almaç-göndermeç ve pil. Bunun dışında uygulamaya bağlı olarak yer konumlandırma sistemi, güç üretici ve yönlendirici gibi bazı ilave parçalara da sahip olabilirler. Güç üretici hareket, ısı ve güneş ışığı gibi çevre koşullarından faydalanarak enerji üretir. Yer belirleyici duyarga biriminin coğrafik konumunun bulunmasını sağlar. Yönlendirici ise duyarga biriminin ihtiyaç duyulması halinde kısa mesafelerde bir yerden bir yere taşınması veya bir istikamete yönlendirilmesi için kullanılır. Duyarga birimleri genellikle ulaşılamayan yerlerde ve büyük sayılarda konuşlandırıldıkları için çalışırken pillerinin değiştirilmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle yaşam süreleri üzerlerinde bulunan pil ile sınırlı kalmaktadır. Pillerin boyutları da duyarga birimlerinin boyutları nedeni ile çok küçüktür (Genetlab: AR-GE/21.10.2005/WSNT Technology Telsiz Duyarga Ağları).

Üs bölgelerinde yakın, orta ve uzak alanların emniyetinin sağlanmasına yönelik olarak kullanılacak “Taktik Duyarga Ağı Sistemi”nin en büyük dezavantajı duyarga birimleri üzerinde bulunan pilin kısa ömürlü olması nedeniyle fonksiyonunu kaybedebilmesidir

Günümüzde yakıt pillerinin geliştirilmesine tüm dünyada hızla devam edilmektedir. Çok küçük güçten mega wattlara kadar çeşitli büyüklüklerde üretilebilmekte olan yakıt pillerinin

duyurga birimlerinde kullanılması durumunda, bahse konu sistemin çok daha uzun ömürlü olmasını sağlanabilecek ve sistem daha da çekici hale gelecektir.

Güneş pillerindeki gelişmeler de takip edilerek, özellikle duyarganın koruyucu kısmı olan ve kabuk olarak adlandırılan bölümü üzerine yerleştirilecek yeterli büyüklükteki elastik güneş pilleri ile sistemin enerji ihtiyacının karşılanabileceği değerlendirilmektedir.

3.7.2.3. Üs Bölgesinde kullanılan Muhabere Sistemleri ve Radarların Enerji İhtiyacının Karşlanması

Askerî birliklerin barışta ve savaşta olmazsa olmaz sistemlerinden birisi de muhabere sistemleridir. Günümüz şartlarında birlikler arasında kullanılan çok çeşitli muhabere cihazları bulunmaktadır. Bu cihazlar gelişen teknolojiye paralel olarak sürekli yenilenmektedir. Ortaya çıkan ihtiyaçların karşılanmasına yönelik olarak yeni sistemler de üretilmektedir. Bundan 20 yıl kadar önce kullanılan muhabere sistemleri ve muhabere cihazları yerini daha modern sistem ve cihazlara bırakmıştır. Bu durum yeni enerji ihtiyaçlarını da beraberinde getirmiştir.

1980’li yıllardan itibaren ülkemizin Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde baş gösteren ve halen devam etmekte olan terör olaylarıyla mücadelede termal sistemlerin ve keşif, gözetleme radarların da birlik envanterine girmesine neden olmuştur.

Üs bölgesi olarak işgal edilen arazi kesiminin yakın ve uzak emniyetinin alınması, teröristlerin keşfedilmesi ve yerinde ve zamanında doğru noktalara operasyon veya uzak mesafeli atışların yapılabilmesi için keşif ve gözetleme radarları ve termal cihazların ihtiyaç duyduğu enerji genellikle jeneratör, akü ve güç kaynağı üçlüsü ile sağlanmaktadır.

Şimdi sırasıyla bu cihazlardan ve muhabere sistemlerinden bahsedilecek, bu alanda yenilenebilir enerji kullanımının nasıl olması gerektiği üzerinde durulacaktır.

ASKARAD 7910 Kara Gözetleme Radarı: Bu radar, gündüz ve gece her türlü hava koşulunda (yağışlı, sisli) ufuk hattı içinde kalan ve herhangi bir nesnenin (dağ, tepe, bina) arkasında yer almayan hareketli nesnelerin varlıklarını saptayıp uzaklıklarını belirleyen bir mikrodalga sistemidir. Radar sözcüğü, İngilizce radyo dalgaları ile tespit (algılama) ve menzil ölçme anlamına gelen; Radio Detection And Ranging (RADAR) sözcüklerinden kısaltılmıştır. Radar, almaç göndermeç, anten ve görüntü birimlerinden oluşmaktadır. Radyo sinyalleri göndermeç tarafından üretilerek anten aracılığı ile istenilen yönde yayınlanır. Radarlarda en yaygın olarak kullanılan anten parabolik yansıtıcıdır. Parabolik yansıtıcı, odak noktasına

yerleştirilen bir mikrodalga yayıncısından çıkan elektromanyetik dalgaları yansıtıcının her noktasından yansıyarak yayınlanan ışınların aynı fazda ve paralel olmasını sağlar. Bu sayede menzil ölçümü ve doppler frekanslarının saptanmasında duyarlılığa katkıda bulunulur. Antenden yayınlanan sinyallerin bir kısmı, yansıtıcı nesnelere (hedef) çarparak her yöne yansır. Yansıyan işaretlerin de bir kısmı radar antenine ulaşır. Yankı adı verilen bu işaretler alıcı anten tarafından toplanır ve işlenmek üzere almaca iletilir. Almaç, gelen işaretlerden hedef bilgilerini çıkararak hedefin varlığını nokta veya küçük kısa bir çizgi olarak gösteren görüntü birimine iletilir. Kullanılan görüntüleme sistemine göre hedefin koordinatları, radardan okunabilmektedir.

Radarın 25 °C güç harcaması; gönderme konumunda yaklaşık 290 W (24 V), bekleme konumunda yaklaşık 120 W (24 V) kadardır. Ağırlığı; üç ana ünite (batarya grubu dâhil) 110 kg'dır.

Güç Kaynağı, ASKARAD'a gerekli besleme (24 VDC) sağlamak ve bu sırada batarya grubunun şarjda kalmasını sağlamak için kullanılır.

Akü takımı ve ara bağlantı kablosu; AC girişinin kesildiği durumlarda ASKARAD'a gerekli beslemeyi (24VDC) sağlayarak kesintisiz çalışmaya imkân verir. Ara bağlantı kablosu batarya grubunu oluşturan akülerin seri bağlanmasını sağlar.

Jeneratör; şebeke geriliminin bulunmadığı yerlerde güç kaynağını beslemek için kullanılır.

Tüm güç bağlantılarının tamamlanmış hali Şekil 3.11'de gösterilmiştir.



Şekil 3.11 ASKARAD'ta Kullanılan Güç Sistemi Bağlantıları

Bu cihazın kullanımı esnasında karşılaşılan arızaların büyük bir bölümü sistemin güç bağlantıları, güç kaynağı, batarya ve bağlantı kablolarından kaynaklanmaktadır.

ASKARAD Aselsan Kara Gözetleme Radarını 24 V batarya grubu ya da 220 V, 50 Hz AC ile beslemek mümkündür.

ASKARAD'ın batarya grubu ile beslemesi durumunda gerekli bağlantılar yapılırken güç kaynağı ile bağlantıyı sağlayan konektör boşa bırakılmalıdır. ASKARAD'ın normal çalışması için batarya grubunun 21 ile 30 V DC arasında olması gerekir. Batarya grubu gerilimi 21 V'un altında ise kesintisiz güç kaynağı üzerinde bulunan ikaz göstergesi ışıkla batarya grubunun doldurulması gerektiğini gösterir.

220 V AC ile Beslenmesi durumunda; bataryanın mutlaka güç kaynağına bağlanması gerekmektedir. 220 V, 50 Hz AC gerilim jeneratörden ya da uygun şebekeden sağlanabilir. Burada, güç kaynağı batarya grubunu şarjda tutmakta, DC gerilim aküler tarafından sabit tutulmaktadır. Herhangi bir nedenle AC gerilimin kesilmesi durumunda ASKARAD, batarya grubundan beslenerek çalışmasını kesintisiz olarak sürdürecektir.

Gerilimin yeniden sağlanması hâlinde güç kaynağı batarya grubunu şarj etmeye devam edecektir. Böylece ASKARAD'ın çalışma boyunca sürekli olarak beslenmesi sağlanmış olmaktadır.

Sistemin Çalıştırılmasında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar: ASKARAD yalnızca batarya ile ya da batarya, güç kaynağı ve jeneratör/AC şebeke ile çalıştırılabilir. Sistem güç kaynağıyla çalıştırıldığında bataryanın güç kaynağına mutlaka bağlanması gerekmektedir.

Sistem kurulurken ters polarite uygulanmaması için kablo bağlantıları doğru yapılmalı, topraklama kazığı toprağa en az 25 cm çakılmalıdır.

Bağlantıların yeterince sıkı yapılmasına, akü kutup başlarının ve bağlantı pabuçlarının temiz olmasına dikkat edilmelidir.

Batarya bağlantısı yapılmadan ve bağlantılar sökülmeden önce kontrol ve görüntü ünitesinde bulunan işlem seçme anahtarı "Kapalı" konuma alınmalıdır.

220 V AC ile beslenme durumunda, bütün cihazlar kapalı konumdayken bağlantılar yapılmalı; cihazların açılma sırası jeneratör (ya da şebeke), güç kaynağı ve ASKARAD olmalıdır.

Cihazların kapatılma sırası ise, ASKARAD, güç kaynağı ve jeneratör (ya da şebeke) olmalıdır.

Bağlantılar için akü kutup başları gerekmemektedir. Bağlantı, çabuk çıkma akü kutup başları ile sağlanmaktadır. Çabuk çıkma akü kutup başları kablolar üzerine monte edilmiştir. Basit bir el hareketi ile sökülebilen bu yapı, bağlantı sırasında el aleti kullanılmasına gerek bırakmamıştır. Akü ara bağlantı kablosu da çabuk çıkma konektörlere sahiptir. Bu kablo

sadece gerektiği zaman bağlanmalı, taşıma sırasında kabloya ya da aküye zarar gelmemesi için sökülmelidir.

Sistemde kullanılan güç kaynağı, kuru tip veya kurşun asitli 24 V bataryaları şarj etme işlevini yapmaktadır. Giriş gerilimi 187-260 V AC (230 V nominal), giriş akımı: 4,5 A-230 V AC, çıkış gerilimi 27 V-20 A'dır.

Jeneratör, şebeke gerilimin bulunmadığı yerlerde (arazi koşullarında), güç kaynağını beslemek için kullanılmaktadır. Bu durumda batarya grubunun sisteme bağlantılı olması, jeneratörün kapatılması gerektiğinde kesintisiz çalışmayı sağlar. Çıkış gücü 2,2 kVA max. 2,0 kVA sürekli, çıkış gerilimi 220 VAC, yakıt tipi normal benzin, yakıt tank kapasitesi 11 lt, ağırlık yaklaşık 45 kg'dır.

Batarya grubu, ASKARAD Kara Gözetleme Radarına gerekli beslemenin (24 V DC) sağlanması için kullanılmaktadır. Kuru tip akülerin şarjı için 24 V, 20 A güç kaynağının kullanılması önerilmektedir. Bu güç kaynağının bulunmadığı durumlarda sabit akım/sabit gerilim özelliğinde bir güç kaynağı kullanılabilir. Boş bir akünün şarj süresi güç kaynağının akım kapasitesi ve akünün boşaltılma oranına göre, genellikle 3-4 saat ile 14-15 saat arasında değişir.

Baykuş Termal Kamera: Baykuş Termal Kamera Sistemi, gün ışığında, karanlıkta ve görüşün sınırlı olduğu sis, pus ve toz gibi muharebe sahası koşullarında hedeflerin bulunmasını, tanımlanmasını ve izlenmesini sağlayan pasif bir termal gözetleme sistemidir. Termal görüntüleme sistemi hedefte oluşan ısı farkını algılamakta olup, kullanıcının düşman tarafından tespit edilmesini olanaksız kılar Baykuş Termal Kamera Sistemi bir kişi tarafından kurulup çalıştırılabilmektedir. Mobil kullanımlarda 12-24 V DC sızdırmaz akülerle, sabit kullanımda 220 V AC şehir şebekesiyle beslenmektedir. Gerektiğinde sistemi şehir şebekesinden beslemek ve aküleri şarj etmek için güç kaynağı kullanılmaktadır.

Baykuş Termal Kamera Sisteminin beslemesinde ve akü şarj işlemlerinde Güç Kaynağı (AC/DC Converter) kullanılmaktadır.

Sistem en çok 16 saatte (ortalama 10–12 saat) şarj edilebilen 5 saat kullanım süreli her biri 9 kg ağırlığında 18X13X17 cm ebadında 3 adet aküye sahiptir. Akü şarjı; güç kaynağının iki çıkışından biri olan “Akü” çıkışı kullanılarak yapılır. Gerilim düzeyi $7,7\pm 0,5$ V DC ‘den az olan aküleri güç kaynağı arızalı olarak kabul eder ve şarj etmez. Bu durumda tampon şarj ışığı sürekli yanar. Arızalı akülerin şarjı mümkün olmadığından değiştirilmeleri gerekir.

ASKARAD 7910 Kara Gözetleme Radarı ve Baykuş Termal Kamera Sistemlerinde Yenilenebilir Enerji Kullanımı: Her iki sitemde de kullanılan farklı büyüklüklerde akü,

kesintisiz güç kaynağı, ara bağlantı kabloları bulunmaktadır. Sistemde karşılaşılan arızaların büyük bir bölümü enerjinin elde edildiği ve sisteme bağlantı yapıldığı yerlerde görülmektedir. Özellikle ASKARAD'ın taşınmasında, ağırlığı itibariyle güçlkle karşılaşılabilmektedir. Üs bölgelerinde kullanılan bu sistemler, şehir şebekesi ile çalışabilseler de genellikle şebekenin olmaması akü grubu ile kullanılmalarını zorunlu kılmaktadır. Elektrik siteminin yanlış bağlanması durumunda cihaz üzerinde arıza meydana gelebilmektedir. Jeneratörle kullanılmaları esnasında ortaya çıkan gürültü, gece dinleme faaliyetlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Sistemlerde kullanılan çeşitli eklentiler, kablolar, akü ve kesintisiz güç kaynaklarının sayıca fazla olması karışıklığı artırmaktadır. Cihazı kullanan operatöre /operatörlere ilave olarak jeneratörün kullanımı için de bir personelin görevlendirilmesi gerekmektedir.

Yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı kullanımı kolay, söz konusu sitemlerin enerji ihtiyacını uzun bir süre karşılayabilecek ve deşarj olması durumunda kısa sürede şarj edilebilecek yakıt pillerinin kullanılması bahsedilen dezavantajların tamamının ortadan kalkmasını sağlayacaktır. Sistemlerin toplam yükü azalacak, güç kaynaklarından ve bunların hatalı kullanımından ortaya çıkan arızaların da önüne geçilmiş olacaktır.

Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş pilleri ve rüzgâr enerjisi de kullanılır gözükmele birlikte birtakım sorunlarla karşılaşılabilecektir. Güneş enerjisinden faydalanmak için kullanılacak panellerin taşınması ve montajı, sık sık sökölüp takılması, üs bölgesinde yer kaplaması ve uzak mesafelerden kolaylıkla tespit edilebilmesi, havanın kapalı olduğu zamanlarda ihtiyaç duyulacak enerjinin sağlanamaması bu maksatla üs bölgelerinde kullanımını güç hale getirmektedir. Benzer şekilde, rüzgâr tribününün yerleştirilmesi, üs bölgesinin rüzgâr potansiyeli açısından yeterli bir güce sahip olması, elde edilen enerjinin depolanma ihtiyacı gibi nedenler de rüzgâr tribünlerinin kullanımının oldukça güç olacağını göstermektedir. Bu maksatla kullanılacak en uygun temiz enerji kaynağı yakıt pilleri olmaktadır.

Telsizler:

PRC 4620 Sırt Telsizinin Teknik Özellikleri: PRC-4620 telsizi ASELSAN yapısı Frekans Modölasyonlu 4600 serisinin portatif olarak kullanılan telsizidir. Bu telsiz Sırt Telsizi olarak hareket halinde veya sabit olarak kullanılabilir. PRC-4620 Sırt Telsizi simpleks telsiz telefon ve DATA muhaberesi sağlar. Gerektiğinde röle olarak da kullanılabilir. Ses Emniyet Cihazıyla birlikte emniyetli muhabere imkânı sağlar. Telsiz için gerekli güç kaynağı olarak şarj edilebilir Ni-Cd pil bataryaları veya 1,5 Voltluk 12 adet standart kuru piller (BA-30 tipi)

kullanılır. Batarya Kullanma süresi an fazla 24 saattir (1/9 gönderme alma oranına göre). Batarya bloğu dâhil ağırlığı 7,5 kg'dır.

BB-4600 Nikel-Kadmiyum Batarya Bloğu, RT-4600' ün çalışması için gerekli olan 15 V' u sağlayan Ni-Cd pillerden meydana gelmiştir. Kutu üzerindeki özel konektör batarya bloğunun batarya kutusuna veya şarj cihazına irtibatlanmasını sağlar.

BC-4600/4601/4602 Batarya Şarj Cihazı, Ni-Cd bataryaları şarj etmek için kullanılır. Cihaz 110 /220 V AC akımla çalışır. Tekli, üçlü veya beşli olarak imal edilmiştir. Piller BB-4600 veya BH-4600 içerisinde ve bir blok halinde şarja bağlanır. Normal şarj sonunda şarj cihazı otomatik olarak şarjı keser. Şarj cihazı PRC-4620'nin muhteviyatından olmayıp ihtiyaca göre ayrıca ikmal edilmektedir.

Bu telsizde kullanılan Ni-Cd pillerin enerji verimi depolama şartlarının iyi olması ve doğru şekilde şarj ve deşarj işlemlerinin yapılmasına bağlıdır. Uygun muhafaza edilmeyen veya doğru olarak şarja bağlanmayan pillerin ömrü çok kısa olmaktadır. Bu duruma gelen pillerin kullanılması esnasında muhabere istenmeyen yer ve zamanda sekteye uğrayabilmektedir. Kullanılan bataryanın ağırlığı 1,9 kg'dır ve telsizin toplam ağırlığının dörtte birine denk gelmektedir.

MARCONİ Telsizi: 20 W sırt ve araç telsizleri ile 100 W ve 400 W araç telsizleri olarak kullanılmakta olan MARCONİ telsizler COMSEC/ECCM birimi ile saniyede 24 frekans kullanılarak frekans atlamalı çalışma yapabilmektedir. Frekans atlamalı çalışmak için gerekli frekanslar cihaza hem elle hem de otomatik olarak girilebilir. Güç Kaynağı 11 V - 14 V DC akımdır. Çıkış gücü; yüksek güçte 20 W, orta güçte 5 W, düşük güçte 1.25 W'tır. 20 Watt MARCONİ telsiz sistemi, Alıcı/Sürücü Birimi (H39-0001-06), 20 W Güç Yükselteci/Anten Ayar Birimi (H39-0003-1) ve Güç Kaynağı biriminden oluşmaktadır.

Aşırı deşarj olmuş pillerin 20/24 saat süre ile şarjı gerekebilir. Harici mekanik etkilerin Ni-Cd pillerin ömrü üzerinde çok az etkisi vardır. Ancak aşırı deşarj akımları, aşırı şarj süreleri ve aşırı sıcaklıklar pillerin ömürlerini kısaltıcı faktörlerdir. Normal kullanım şartlarında Ni-Cd pillerin ömrü 1000 şarj/deşarj kadardır. Bu ise beş yıl veya daha uzun süreye tekabül etmektedir. Soğukta bekletilmiş piller kullanımdan önce oda sıcaklığında en az 1 saat bekletilmelidir. Uzun süre depolanmış pillerin tam kapasiteye ulaşabilmesi 2-3 defa şarj/deşarj edilmelidir.

Bataryanın Kullanımında Dikkat Edilecekler Unsurlar: Kullanım sırasında Nikel-Kadmiyum bataryanın gerilimi 12 Volt civarındadır.

Batarya gerilimi 10 ile 11 V arasında düştüğü zaman şarj edilmeli,

Tam şarj edilmiş bataryalar en yüksek performansı gösterirler. Bu nedenle bataryaların tam şarj edilmesine dikkat edilmeli,

Bataryaların tam şarj edilmemesi kapasitesinin yetersiz olmasına sebep olur.

Bu yüzden şarj işlemi mutlaka tamamlanmalı,

Bataryaların şarj edilme sıcaklığı 5°C ile 40°C arasında olmalı,

Bataryalar 0 °C'nin altındaki sıcaklıklarda kesinlikle şarj edilmemelidir.

Bataryaların, yarım boşalmış halde tekrar doldurulmalarından kaçınılması gerekir, aksi halde bataryalarda kalıcı kapasite kayıpları meydana gelir. Bataryalar, uzun süreli depolamalardan sonra ancak 10 defa boşaltılıp doldurulduktan sonra tam kapasiteye ulaşır.

Kullanılan bataryadaki Ni-Cd pillerin verimlilikleri muhaberenin kesintisiz sürdürülmesi için önem arz etmektedir. Uygun koşullarda depolama, depo çıkışında birden fazla yapılacak şarj ve deşarj işlemleri, bataryanın tam olarak boşalmasını müteakip şarj edilmesi, uygun sıcaklık ortamında şarj işleminin yapılması gibi faaliyetler bataryanın ömrünü uzatır veya kısaltabilir. Bahse konu telsizde kullanılan bataryanın ağırlığı telsizin toplam ağırlığının yaklaşık üçte biri kadardır.

ASELSAN 4014 El Telsizi: Frekans modülasyonlu simpleks ve yarı dubleks alma/gönderme yapabilen mikroişlemci kontrollü sentezörlü telsiz cihazları olup sayısal ve analog modda çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Pil Bloğu ile ağırlığı 565 gr, pil bloğunun kendi ağırlığı 255 gr'dır (Telsiz ağırlığının yaklaşık yarısı). Pil blokları hızlı şarja uygun yüksek kapasiteli 6 adet Ni-Cd pilden oluşur. Bloğun çalışma sıcaklığı %85 bağıl nemde -20 °C ile +65 °C arasındadır. Blok yaklaşık 125 °C aşırı sıcaklık ve kısa devre korumasına sahiptir. Pilin tam kapasite kullanılabilmesi için pil, ilk kullanımda 20 saat şarj cihazında kalmalı ve 5 defa tam şarj-deşarj yapılmalıdır. Nominal Çalışma Gerilimi 7,2 VDC'dir (KKTT 11-5820-383-10 SK-4000 Telsiz Sistemi Teknik Talimnamesi).

PRC 4620 Sırt Telsizi, MARCONİ Telsizi ve ASELSAN 4014 El Telsizlerinin tamamı veya birkaçı üs bölgelerinde, muhabere irtibatlarının sağlanması için kullanılmaktadır. Bu telsizlerin batarya blokları bulunulan yerdeki jeneratörlerden istifade edilerek şarj edilmektedir. Kullanılan telsizlerin bataryaları telsizin toplam ağırlığının ciddi bir bölümünü oluşturmaktadır. Devamlı kullanıldıklarından, sık sık şarj edilmeleri gerektiğinden ancak şarj ve deşarj işlemlerinin teknik talimnamelerinde açıklanan hususlara riayet edilmeden yapılmasından dolayı verimleri düşmektedir. Bu zafiyetin bertaraf edilmesi düşüncesi ile operasyon birlikleri beraberinde daha fazla miktarda yedek batarya bulundurmaktadır. Bu

uygulama ise personelin ağırlığını artırmakta, özellikle uzun süreli operasyonlarda yorgunluk artmaktadır.

ASELSAN 4620 Sırt Telsizi, MARCONİ Telsizi, ASELSAN 4014 El Telsizi Cihazlarında Yenilenebilir Enerji Kullanım: Askeri birlikler için muhaberede aranan en kritik özellik devamlılıktır. Her üst, telsiz mandalina basıp bir istasyona çağrı yaptığında ivedi cevap almak ister. Benzer şekilde her ast da komutanına gelişen durumu bildirmek, olayı rapor etmek için beraberindeki muhabere vasıtasını kullanır.

Telsizlere enerji sağlayan bataryalarda halen ağırlıklı olarak seri/paralel bağlı Ni-Cd piller kullanılmaktadır. Pil sayısı cihazın ihtiyaç duyduğu enerji gereksinimine göre değişmektedir. Telsizler bir bütün olarak incelendiğinde batarya bloğunun telsiz gövdesine ve telsiz gövdesinin de bataryaya uygun tasarlanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu durumda telsizin hacmi ve ağırlığında istenmeyen artışlar meydana gelebilmektedir.

Telsiz cihazlarında karşılaşılan en büyük problem, bu cihazlarda kullanılan bataryaların uzun ömürlü olmamasıdır. Muhaberenin yoğunluğuna bağlı olarak değişmekle birlikte bir bataryanın şarjı en fazla 24 saat dayanabilmektedir. Bu oran telsizin sık kullanılması durumunda çok daha azalmaktadır. Operasyondaki bir birlik temas sağlandığında ast ve üst birliklerle arasındaki muhabere oldukça artmakta ve telsiz bataryaları kısa sürede deşarj olmaktadır. Boşalan bataryaları şarj etmek için personel üzerinde/beraberinde güç kaynağı veya şarj cihazı bulunmamaktadır.

Muhabere irtibatlarının devam ettirilebilmesi için, daha fazla miktarda yedek batarya taşınması personelin muhabere ağırlıklarını artırmaktadır.

Zaman zaman helikopterlerden de istifade edilerek birliklere yedek batarya götürülmekte, boşalan bataryalar toplanarak şarj için üs bölgelerine veya kışlaya taşınmaktadır. Bu durumda operasyonun maliyeti oldukça artmaktadır.

Yukarıda bahsedilen olumsuzlukların ortadan kaldırılabilmesinde yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılabileceği değerlendirilmektedir. Taşınabilir telsizlerin tamamında kullanılan batarya blokları yerine, istenilen enerji ihtiyacının çok daha fazlasını, daha uzun süre ile karşılayabilecek yakıt pillerinin kullanılması uygun olacaktır. Günümüzde, özellikle taşınabilir cihazlardan cep telefonu ve diz üstü bilgisayarlarda kullanılmaya başlanmıştır. Benzer pillerin telsiz cihazlarında kullanılması, muhaberenin devamlılığını sağlayacak, personelin savaş yükünü azaltacak, boşalan piller çok kısa sürede kullanıcı personel tarafından şarj edilebileceğinden yedek batarya taşımak zorunda kalınmayacaktır.

Yakıt pilleri dışında kullanılabilir diğerk bir enerji kaynağı güneş pilleridir. Yeterli miktardaki elektrik enerjisini üretebilecek güneş panelleri kullanılarak telsiz bataryalarının kırsal alanda şarj edilmesi mümkün olabilecektir. Benzer maksatla üretilmiş ve halen pazarlanmakta olan güneş paneli Şekil 3.12’de görölmektedir.



Şekil 3.12 Batarya Şarjında Kullanılan Güneş Panelleri

3.8. Bir Askerî Birlikte Yenilenebilir Enerjinin Kullanılmasına Yönelik Diğerk Uygulama Alanları

3.8.1. Aşı Soğutmasında Kullanımı:

Özellikle şehir şebeke elektriğinin olmadığı, jeneratör veya akü gruplarıyla ihtiyaç duyulan enerjinin sağlandığı karakol ve üs bölgelerinde bulunan ilaç ve aşuların belirli bir sıcaklık arasında muhafaza edilmesi gerekmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi, iklim itibari ile zehirli sürüngen ve böceklerin çok miktarda bulunduğu bir yerdir. Bölgede görevli personel akrep, yılan, çıyan sokmalarına her an maruz kalabilir. Bu tür bir olayla karşılaşıldığında kullanılacak aşı ve ilaçların serin bir yerde muhafaza edilmesi gerekmektedir. Hâlihazırda bu maksatla küçük buzdolapları veya soğutucular kullanılmaktadır. Bu cihazlar enerjiyi yakınında bulunan jeneratörden veya akü grubundan sağlamaktadır.

Klasik buzdolabı veya soğutucu yerine kullanılabilir, düşük enerji sarfiyatına sahip PV soğutucular aynı işlevi yerine getirmek üzere kırsal alanlardaki üs bölgeleri ve karakollarda kullanılabilir. Soğutucunun büyüklüğü, çalışma koşulları ve bir dondurucu bölmesi içerip içermediğine bağlı olarak, günlük enerji tüketim rakamları 0.15 kWh ile 1.0

kWh arasında değişir. Etraftaki ortalama sıcaklık 32 santigrat derece olduğu zaman, oldukça örnek teşkil edebilir bir rakam, günlük 0.3 kWh'dır (Foley, 2005).

şekil 3.13'te görülen Steca PF166 DC Buzdolabı şu ana kadar üretilen en verimli DC Elektrik tasarruflu buzdolaplarından biridir. Derin dondurucu olarak da kullanılabilir. En son geliştirilmiş A++ Enerji-Verim-Sınıfı, optimal elektronik ayarlama ve kompresörlerin hız ayarı sayesinde en verimli enerji kullanımını sağlar. 12 V veya 24 V giriş akımı ile de çalışabilir. Buzdolabı tüm klima bölgelerinde 70W enerji ile fotovoltatik modül ile de çalışabilmektedir (www.normenerji.com.tr).



şekil 3.13 Steca PF166 DC Buzdolabı

3.8.2 Komuta Yerleri ve Komuta Araçlarında Kullanımı:

TSK'da, Manga/Kısım araçlarından başlayarak en üst rütbeli komutanın harektta kullanacağı araca kadar her seviyede araca monte edilmiş olan çeşitli telsiz sistemleri, veri aktarıcıları ve diğer muhabere cihazları kullanılmaktadır. Araca monte edilen bu cihazlar enerjiyi aracın aküsünden veya araca ilave olarak konan aküden almaktadır.

Araç telsizlerinin çalıştırılmasında dikkat edilecek en önemli noktalardan biri, araç çalıştırılırken ve stop edilirken telsizin kapalı bulundurulmasıdır. Aksi hâlde telsiz üzerindeki elektronik devrelerde zarar meydana gelebilmektedir. Araç çalıştırılmadan uzun süre telsizin açık kalması aküyü boşaltmakta ve araç çalışmaya bilmektedir. Bu nedenle aracın belirli periyotlarla çalıştırılarak akülerin şarj edilmesi gerekmektedir.

Uygulanan bu sistem basit olmakla birlikte dikkat edilmesi gereken hususların atlanması durumunda kritik arızalar çıkabilmektedir.

Yukarıda söz edilen uygulamalardan doğan olumsuzlukları gidermek için telsiz veya diğer sistemlerin ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisinin yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanabileceği değerlendirilmektedir.

Faydalanılabilecek temiz enerji kaynaklarından ilki rüzgâr enerjisidir. Ancak bu sistemin kullanılabilmesi için bulunulan arazinin yeterli rüzgâr potansiyeline sahip olması göz önünde bulundurulmalıdır. Şekil 3.14'te benzer bir uygulama görülmektedir.



Şekil 3.14 Bir askerî araçta rüzgâr enerjisinin kullanımı

Komuta araçlarında elektrik elde etmek için kullanılabilecek diğer bir yöntem ise güneş pilleridir. Yeterli sayıdaki güneş paneli komuta aracının üzerine yerleştirilmek suretiyle araç içindeki sistemlerin çalıştırılmasına yetecek kadar elektrik enerjisi elde edilebilecektir. Benzer uygulama olarak bir karavan üzerine monte edilen güneş panelleri Şekil 3.15'te görülmektedir.



Şekil 3.15 Araç üstünde güneş pilinin kullanımı

Askerî amaçlı enerji ihtiyaçlarında taşınabilir, sessiz ve güvenilir enerji kaynakları birçok alanda zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır. Komuta yerlerinde elektrik ihtiyacı

daha fazla olacağından merkezi bir yerde taşınabilir güneş panellerinin bir arada bulunduğu portatif sistemler düşünülebilir. Bu sayede telsiz, SEMAC, uydu yer telefonu ve diğer elektronik cihazlar ile haberleşme araçlarının elektrik ihtiyacı fotovoltaiik paneller ile sağlanabilir.



Şekil 3.16 Komuta yerlerinde fotovoltaiik panellerin kullanımı

SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyanın enerji konusunda özellikle son yıllarda yaşadığı sıkıntıların bir çözümü olarak kabul edilmeye başlanan yenilenebilir enerji kaynakları ve bunlardan yararlanma konusundaki uygulamalar her geçen gün artarak devam etmektedir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, önümüzdeki yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının hızla fosil kaynaklı enerjinin yerini alacağını göstermektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma konusunda askerî alanda yapılan proje ve uygulamalar bu kaynakların askerî alanda da ihtiyaç duyulan tüketim kapasitesini karşılayabileceğini göstermektedir. Bütün yenilenebilir enerji kaynakları her bölgede kullanılamasa bile bu kaynaklara yakın olan ve bu kaynaklardan yararlanma kapasitesine sahip olan askerî birlikler belli oranlarda bunlardan yararlanabilecektir. Kışlalardaki birliklerin her biri teşkilat, malzeme ve kadro uygulamalarında farklılıklar gösterse de enerjinin kullanıldığı alanlar genel olarak birbirine yakındır. Özellikle elektrik enerjisi ve fosil yakıtlardan elde edilen enerji bu yerlerde en çok kullanılan enerji türleridir. İhtiyaç duyulan enerjinin sağlanması için kışlalarda taşınabilir sistemlerden ziyade sabit tesisler (kazan daireleri, jeneratör daireleri, enerji nakil hatları, trafo ve kompanzasyon sistemleri vb.) inşa edilmiştir. Söz konusu mekânlarda enerji sarfiyatı yapılan yerler şu biçimde sıralanabilir. Yemek pişirme, banyo, çamaşır yıkama ve kurutma, bulaşık yıkama yerleri, binaların ısıtılması, binaların iç aydınlatması, kışlanın çevre aydınlatması, kışla içi yolların ve yeşil alanların aydınlatılması, kışla içindeki her cins elektrikli aletlerin bulunduğu yerler, idari hizmet araçları ile muharebe araçları, birlikler arasındaki komuta ve kontrol sisteminin işletilmesi için kurulan ve devamlı işletimde olan muhabere merkezleri, telsiz parklarıdır. Birlikler yılın belirli dönemlerinde eğitim, tatbikat, vb. faaliyetleri icra etmek için kışlalarından çıkar ordugâhlarda kalır. Ordugâhtaki bir birliğin enerji ihtiyacı duyduğu yerler yukarıda bahsedilen yerler ile hemen hemen aynıdır. Burada ihtiyaç duyulan enerjinin tamamına yakını taşınabilir enerji kaynaklarından (muhtelif güçteki jeneratörler ağırlıklı olmak üzere, güç kaynakları, LPG, akü) sağlanmaktadır.

Güvenlik bölgesinde görevli birliklerin büyük bir bölümü dağlık arazide, bir veya birden fazla üs bölgesini işgal etmekte ve operasyonlara çıkmaktadır. Bu tür yerlerde kurulup işletilen tesislerin sayısı az olduğundan enerji ihtiyacı da azdır. Özellikle muhabere sistemleri (role, telsiz çevrimleri), pil ve telsiz batarya şarjı, termal kamera, gece görüş cihazları ve radarlar, kısıtlı olarak çevre aydınlatması ve üs bölgesinde bulundurulmuş ilaçların

muhafazasında elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Eğer birlik üs bölgesinde uzun bir süre kalacaksa bu enerji ihtiyacını küçük güçteki (3-5 kVA) jeneratörler kullanılarak sağlayabilmektedir. Pusu, alan emniyeti, arama-tarama vb. gibi görevleri ifa etmek için işgal edilen kısa süreli işgal edilen yerlerde enerji ihtiyacını karşılayacak bir sistem hâlihazırda kullanılmamaktadır. Bu durumda birlikler beraberinde yedek batarya veya pil taşımak zorunda kalmakta, personel üzerindeki ağırlık miktarı artmakta ve daha çok el telsizi, gece görüş gözlüğü, dedektör gibi enerji sarfiyatının az olduğu malzeme ve teçhizat çalıştırılabilmektedir. Kısa süreli olarak göreve sevk edilen askerî birliklerin terörist unsurlarla temasa geçmesi veya durumda meydana gelen beklenmedik gelişmelere istinaden operasyon süresi uzayabilmekte, bu durumda personelin yanında yedek olarak bulundurduğu batarya ve pillerin tamamının tükenmesi ile karşı karşıya kalılabilmektedir. Bu durumda batarya ve pil ihtiyacının karşılanması için helikopter görevlendirmesi dahi yapılarak birliğin ihtiyacı karşılanmaktadır.

Yukarıda belirtilen enerji ihtiyacının karşılanması için, bölgeler arası farklılıklar ve maliyet hesabı da dikkate alınarak, jeotermal enerji, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi ve yakıt pillerinden yararlanılabilir. Küçük hidro, biokütle ve dalga enerjiden faydalanmak için yapılan çalışmalar ve üretilen sistemler incelendiğinde bu kaynakların doğrudan askerî bir tesiste kurulup işletilmesi mümkün görülmemektedir.

Jeotermal enerjinin bulunduğu yerde değerlendirilmesi ekonomikliği artıracağından, akışkan, kaynağa en yakın bölgelerde kullanılmalıdır. Bu enerjiden askerî birliğin yararlanması ancak bu birliğin jeotermal sahaya yakın bir yerde konuşlanmış olması durumunda ısıtma ve sıcak su ihtiyacının karşılanmasına yönelik olabilecektir. Ancak jeotermal enerjinin kışlaya getirilmesi, kışla içindeki bina ve tesislere ulaştırılması ciddi yatırım harcamalarını da beraberinde getirecektir. Askerî birliklerden sayıca çok azı jeotermal sahalarına yakındır. Bu nedenle ülke genelindeki kışlaların bu enerjiden istifade etmesi sınırlı sayıda olabilecektir.

Rüzgâr enerjisinin askeri bir birlikte elektrik enerjisi üretimi için kullanılması, ciddi yatırım maliyeti gerektirmektedir. Herhangi bir yatırım yapmadan önce bölgenin rüzgâr enerji potansiyeli mutlaka tespit edilmelidir. Halen Silahlı Kuvvetlerde uygulanan Bütçe Masraf Planları ile elektrik üretimine yönelik rüzgâr tribünlerinin inşa edilmesi mümkün görülmemektedir. Rüzgâr enerjisinin mekanik uygulamalarından olan su pompalama sistemleri, genellikle ihtiyaç sahipleri tarafından yerel imkânlarla tasarımı yapılarak imal edilen, çok kanatlı, yatay eksenli, piston pompalı ve düşük verimlidir. Bu sistemler

çoğunlukla kısa süreli olarak işletildikten sonra devre dışı kalmaktadır. Askerî birliklerde kullanılabilirliği göz önüne alındığında, içme suyu sistemlerinde ihtiyacın sürekli ve yüksek debide olması kullanılabilirliğini azaltmakta ancak bahçe sulama işlerinde ya da su tüketiminin az olduğu yerlerde kullanılabilmesi düşünülmektedir.

Güneş enerjisinden istifade ile doğrudan elektrik enerjisi üretmekte kullanılan güneş pilleri şebekeden bağımsız olarak kullanılabilmesi gibi, uygulamaya bağlı akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte de kullanılabilir. Güneş pillerinin elektrik şebekesinden bağımsız olarak askerî alanda kullanılabilmesi yerler şöyle sıralanabilir: Telsiz role istasyonları, telsiz ve telefon sistemleri, kışlaların veya kritik tesislerin çevre aydınlatması, karakol/üs bölgelerinin çevre aydınlatması, ordugâh/üs bölgelerinde kullanılan elektrikli aletlerin çalıştırılması, ordugâh/üs bölgelerinde kullanılan sabit veya el/sırt telsizler ile telefon, hedef tespit cihazları, gece görüş cihazlarının batarya ve pillerinin şarjı, alarm ve güvenlik sistemleri ve ordugâh/üs bölgelerinde ilaç ve aşı soğutma teçhizatlarıdır. Güneş enerjinin gerek ısıtma amaçlı gerekse doğrudan elektriğe çevrilerek askerî birliklerce kullanılabilmesi mümkündür ve bu konudaki en iddialı yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir.

Hidrojenin gerek sivil gerekse askerî araçlarda kullanımı konusunda üzerinde en çok araştırma geliştirme çalışmalarının yapıldığı alan ulaşım. Yakıt pilleri de ulaşım araçlarında hidrojenin kullanımı açısından diğer bir alternatif yöntemdir. Bu yöntemde yakıt pili elektrik üretir ve üretilen elektrik, elektrik motorunu çalıştırarak aracın hareket etmesini sağlar. Özellikle enerji ihtiyacının daha az olduğu cihazlarda (dizüstü bilgisayar, cep telefonu, GPS vb.) çalışmalar askerî birliklerde haberleşme için kullanılan el telsizlerinde de kullanılabilir. Bir askerî operasyonun süresi planlanan süreden daha uzun olabilmekte ve operasyon anında mevcut bataryalar yetersiz kalabilmektedir. Bu maksatla üretilecek yakıt pilleri, sessiz, hafif ve uzun süre kullanılabilir olması nedeniyle askerî sistemlerde doğrudan kullanılabilir.

Sonuç olarak, yukarıda belirtilen ve tezin ilgili bölümlerinde de görüleceği gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından askerî alanda da yararlanmak mümkündür. Bu yararlanmanın maliyet, enerji kaynaklarına yakınlık, enerji üretim ve dönüştürme sistemlerinin kurulması gibi hususlar dikkate alınarak daha da gelişeceği düşünülebilir. Dolayısıyla bu alanda geliştirilecek proje ve uygulamalar askerî birliklerin enerji sorununu büyük oranda çözecektir.

KAYNAKLAR

- Acaroğlu, Mustafa, Mustafa Özcan Ültanır, Türkiye’de Biyokütle (Biomasa) Enerji Potansiyeli ve Değerlendirilmesi İçin Öneriler, www.biodieselturk.com/Turkey%20Energy%20biomass-potential.pdf (19.10.2007).
- Adamson, Kerry-Ann and Crawley, Gemma, “Fuel Cell Today Military Survey 2006” June 2006, <http://www.fuelcelltoday.com>
- Adamson, Kerry-Ann, “US Hydrogen and Fuel Cell R&D Targets and 2005 Funding” Fuel Cell Today, 2005, <http://www.fuelcelltoday.com>
- Akman, Ayşenur Topçuoğlu (Çev.), Mart 2004. “Rüzgâr Enerjisi”. Bilim ve Teknik Dergisi, 74-77.
- Atılğan, İ., 2000. Türkiye’nin Enerji Potansiyeline Bakış, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. 15 (1), 31-47.
- Bilim ve Teknik Dergisi, Aralık 2005. “Dalga Enerjisi”.
- Dikici, Aydın, Akbulut, Abdullah, Gülçimen, Fevzi, Güneş ve Hava Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Deneysel İncelenmesi, Mühendis ve Makine Dergisi 46 (544).
- Erdin, Ertuğrul, Görkem Şirin, Akın Alten, Biyokütle Enerjisi ve Avrupa Birliği, web.edeu.edu.tr/erdin/pubs/biyoenerji2002.pdf (19.10.2007).
- Foley, G., 2005. Fotovoltaik Enerji: Gelişmekte Olan Dünyanın Kırsal Alanlarında Uygulamaları Ahmet Kandemir, Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş. Araştırma Müdürlüğü, İstanbul.
- İder, S. Kemal, Hidrojen Enerji Sistemi, www.metalurji.org.tr/dergi/dergi134/d134_101105.pdf (19.10.2007).
- Kıyıkım, C. Cumhuriyet, 2007. Yakıt Hücre Sistemleri ve Yakıt Hücrelerinin Askeri Uygulamaları, Savunma Sanayii Müsteşarlığı Uzmanlık Tezi, Ankara.
- KKTT 11-5840-382-10 ASELSAN 4600 VHF/FM Telsiz Cihazları Teknik Talimnamesi
- KKTT 11-5820-383-10 SK-4000 Telsiz Sistemi Teknik Talimnamesi
- KKYY 213-3 BAYKUŞ Termal Kamera Teknik ve Taktik Kullanımı
- KKYY 213-2 ASKARAD Kara Gözetleme Radarının Teknik ve Taktik Kullanımı
- Öztürk, Nihat, Bilgiç, Mehmet, Aslan Cemali, Hidrojen Enerjisi ve Türkiye’deki Hidrojen Potansiyeli, www.emo.org.tr/resimler/ekler/51c5ffd6b62cc21_ek.pdf (19.10.2007).
- Şen, Ç., 2003. Gökçeada’nın Elektrik Enerjisi İhtiyacının Rüzgâr Enerjisi İle Karşılanması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Şimşek, N. 1998. Enerji Sorununun Çözümünde Jeotermal Enerji Alternatifi, Çev-Kor Dergisi, 8 (29), 15-20.
- TÜBİTAK, 2004. Enerji ve Çevre Teknolojileri Stratejisi Vizyon 2023 Projesi Enerji ve Çevre Teknolojileri Strateji Grubu, Ankara.
- http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/alternatif_enerji/yenilenebilir_enerji_kaynak.htm (12.10.2007).
- Özdamar, A., 2000. “Dünya ve Türkiye’de Rüzgâr Enerjisinden Yararlanılması Üzerine Bir Araştırma”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 58, Denizli.
- Uğur, Ayfer Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun Tasarısı, Elektrik Mühendisliği Dergisi, www.emo.org.tr/yayinlar/dergi_goster.php?kodu=4&dergi=1 (19.10.2007).
- Ural, Engin vd., 2006. Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Ankara.

Ünalın, Sebahattin, Alternatif Enerji Kaynakları, Ders Notları, me.erciyes.edu.tr/sunalan/alt-ener-kay.pdf (19.10.2007).

Uyar, Tanay Sıtkı, 2006. “Yenilenebilir Enerji”, <http://bugday.org/category.php> (02.03.2006).

Yaşar, Azmi, Temmuz 2004, Savunma ve Güvenlik Bülteni, “Hibrid Elektrikli Muharebe Araçları”

<http://www.ewea.org> (12.10.2007).

<http://www.windenergie.de> (12.10.2007).

<http://www.bilgiustam.com/?p=156> (12.10.2007).

<http://www.yougtforhabitat.com.tr> (12.10.2007).

<http://www.bilgiustam.com/?p=156> (12.10.2007).

http://www.gyte.edu.tr/basinda_gyte/ypil1.htm (12.10.2007).

http://www.ezincmetal.com/tr/urunler_gunes_pilleri.php (22.10.2007).

<http://www.normenerji.com.tr> (10.10.2007)

<http://www.fizik.mu.edu.tr/aras/temiz-enerji.htm>

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi : 11.04. 1974
Doğum yeri : Bursa
Lise (1988-1992) : Işıklar Askeri Lisesi
Lisans (1992-1996) : Kara Harp Okulu

Çalıştığı kurumlar:

1996-1997 İstihkam Okulu ve Eğitim Merkez Komutanlığı /İzmir
1997-1999 23 üncü İç Güvenlik Piyade Tugay Komutanlığı/Silopi
1999-2007 18 inci Zırhlı Tugay Komutanlığı/Gelibolu
2007- ---- 70 inci Mekanize Piyade Tugay Komutanlığı /Mardin