

T.C.
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ FEN
BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YAPI FİZİĞİ VE MALZEME PROGRAMI

TERMOELEKTRİK JENERATÖRLER KULLANILARAK
YAPILARDAKİ ATIK ENERJİNİN GERİ KAZANILMASI
ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Talha KILIÇ

TEZ DANIŞMANI
Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER

İSTANBUL – 2010

T.C.
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ FEN
BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YAPI FİZİĞİ VE MALZEME PROGRAMI

TERMOELEKTRİK JENERATÖRLER KULLANILARAK
YAPILARDAKİ ATIK ENERJİNİN GERİ KAZANILMASI
ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Talha KILIÇ

TEZ DANIŞMANI
Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER

İSTANBUL – 2010

Talha KILIÇ tarafından hazırlanan “**Termoelektrik Jeneratörler Kullanılarak Yapılardaki Atık Enerjinin Geri Kazanılması Üzerine Bir Çalışma**” adlı araştırmanın Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Tez Danışmanı: **Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER**

Bu çalışma, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği ve Malzeme Programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : **Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER (MSGSÜ)**

Jüri Üyesi : **Prof. Dr. Kemal ÇORAPÇIOĞLU (MSGSÜ)**

Jüri Üyesi : **Doç. Dr. Mustafa ÖZDEMİR (İTÜ)**

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
RESİM LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ	x
GRAFİK LİSTESİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Problemin Tanımı	1
1.2. Çalışmanın Amacı	1
1.3. Çalışmanın Kapsamı	2
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları	3
2.1.1. Petrol.....	5
2.1.2. Kömür.....	6
2.1.3. Doğal Gaz.....	7
2.1.4. Nükleer Enerji.....	10
2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	12
2.2.1. Doğa Temelli Kaynaklar	12
2.2.1.1. Güneş Enerjisi	14
2.2.1.2. Hidrolik Enerji	23
2.2.1.3. Jeotermal Enerji	26
2.2.1.4. Biyo-Kütle Enerjisi	29
2.2.1.5. Hidrojen Enerjisi	30
2.2.1.6. Dalga ve Gel-Git (Med-Cezir) Enerjisi.....	33
2.2.1.7. Rüzgar Enerjisi.....	35

2.2.2. Malzeme Temelli Kaynaklar.....	40
2.2.2.1. Piezo-elektrik Seramikler ve Polimerler	40
2.2.2.2. Termoelektrik Jeneratörler.....	43
3. DENEYSEL ÇALIŞMA VE HESAPLAMALAR	55
3.1. Kullanılan Malzemeler.....	56
3.2. Deney Düzenineğinin Hazırlanması ve Deneyler.....	56
3.3. İlk Yatırım Maliyetlerinin Hesabı.....	63
3.4. Termoelektrik Jeneratörlerin Baca Kesiti İçindeki Konumlarına ve Baca Malzemesine Göre Performans Hesapları.....	66
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	79
Kaynakça	
Özgeçmiş	

ÖNSÖZ

Dünyamızın artan nüfus ve yeni gelişen teknolojilere paralel olarak enerji ihtiyacının gün geçtikçe artması yadsınamaz bir gerçektir. Enerji kaynağı türlerinin sınırlı ve düşük verimli olması, enerjinin önemini arttırmaktadır.

Günümüzde enerji verimliliği ve enerji tasarrufu kavramları ön plana çıkmaktadır.

Enerji verimliliği, tasarrufu da içine alan bir kavram olup, hayat standardını, üretim kalitesini, ve işletme kârlılığını düşürmeden enerji tüketimini asgari seviyeye indirerek kaynakların en iyi şekilde değerlendirilmesini ifade eder.

Enerji verimliliği yaklaşımı ile birlikte “Enerji mühendisliği”, “Enerji mimarlığı” gibi çağdaş kavramlar ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmaya ışık tutan enerji mimarlığı; yapıların doğallığı, optimal enerji kullanılmasını ve kendisine gerektiği kadarını da üretebilmesini öngörür.

“Enerji penceresinden bir bakış” da diyebileceğimiz **enerji mimarlığı**, kent tasarımından başlayan ve yapı malzemelerinin doğru seçimine kadar sorumluluk taşıyan bir planlama sürecidir.

Enerjiyi verimli kullanmak için çeşitli yollar vardır. Bu çalışmada da enerjiyi verimli kullanıp, tasarruf sağlamaya yönelik bir sistem önerilmiştir.

Genel olarak enerjiyi verimli kullanmak için;

Tasarruf bilincinin oluşturulması için ilk adımı resmî kurumların atması ve örnek olarak öncülük yapması,

Işıklandırma: floresan lambaların, elektronik balastların, ve hareket sensörlü lambaların kullanımının yaygınlaştırılması, trafik lambalarının LED tipine çevrilmesi,

Eski buzdolaplarının piyasadan çekilmesi ve hane tipi derin dondurucu kullanımından vazgeçilmesi,

Yüksek verimli (invertörlü) klimaların teşvik edilmesi,

Kaçak elektrik kullanımının önlenmesi,

Su israfının önlenmesi,

Fiyatlandırmanın bir tasarruf enstrümanı olarak kullanılması,

Enerji verimliliği toplumun her kesimi için bir yaşam tarzı haline getirilmesi,

Yaz saati uygulaması tüm yıla yayılması,

Tüm termik ve hidrolik santraller gerekli yatırımları gerçekleştirerek daha verimli hale getirilmesi, ve dolayısıyla bu santrallerin daha yüksek güç üretmelerinin sağlanması,

Yalıtım, çift camlı (hatta ısı camlı) pencere, ve tabii ışıktan azami yararlanan gibi uygulamaların yaygınlaştırılması,

Isı enerjisi kullanımının yüksek olduğu sektörlerde kojenerasyon sistemlerinin teşvik edilmesi,

Düşük verimli elektrikli ev aletlerinin satılmasına karşı caydırıcı tedbirler alınması ve yüksek verimli olanların cazip hale getirilmesi,

Sanayide yüksek verimli motorların kullanımının artırılması ve sanayide enerji verimliliği bilincinin artırılması,

Belediyelerin öncü rol üstlenmesi ve her il belediyesinde enerji ile ilgili uygulama, denetim, ve eğitim faaliyetlerinin yürütüldüğü bir birimin oluşturulması,

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması,

Yeni enerji teknolojilerinin geliştirilmesi, ve üniversitelerde mükemmellik merkezlerinin kurulması,

TÜBİTAK bütçesinin bir kısmının enerji verimliliği uygulamaları ve teknoloji gelişimi konularına ayrılması,

Rüzgar enerjisi ile ilgili her türlü sanayi dallarının teşvik tedbirleri ile hızla kurulması, ve Türkiye rüzgar santralleri ihraç eden bir ülke haline getirilmesidir.

Tüm bunları uyguladığımızda önemli ölçüde tasarruf yaparak, gelecek nesillere daha yaşanabilir dünya ve daha zengin bir ülke bırakabiliriz.

2007 yılı verilerine göre Amerika Birleşik Devletleri'nin enerji verimliliği yoluyla sağladığı bir yıllık tasarrufun, ülkemizin bir yıllık enerji tüketiminden fazla olduğu unutulmamalıdır.

TEŞEKKÜR

Çalışmama öneri ve yorumlarıyla yön veren, değerli görüşlerinden yararlandığım, Yüksek lisans tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER'e katkılarından dolayı teşekkür ederim. Yüksek lisans çalışmamın her aşamasında, desteğini her zaman sürdüren Yrd. Doç. Dr. A.Cüneyt DİRİ'ye, tez çalışmam sırasında değerli görüş ve önerilerini esirgemeyen Prof. Dr. Kemal ÇORAPÇIOĞLU'na ve Doç. Dr. Mustafa ÖZDEMİR'e, düşüncelerimi uygulamaya dökmekte çok önemli desteklerini gördüğüm kayınpederim makine yüksek mühendisi Cengiz VARLI'ya, eşim Handan KILIÇ'a, aileme, ders aşamasında engin bilgi desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Murat ERİÇ'e, Prof. Dr. Halit Yaşa ERSOY'a, Dr. Ünver ANIL'a, çalışmalarımı değerlendirip farklı bir boyut katan Yrd. Doç. Dr. Murat ÇAKAN'a, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca her anlamda yardımlarıyla beni destekleyen öğrencim Berk DİLER ve kimya mühendisi Zeki DİLER'e, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Mimarlık Bölümü Yapı Fiziği ve Malzemesi kürsüsünden değerli arkadaşlarım, Araş. Gör. Ümit ARPACIOĞLU, Araş. Gör. Binnaz VURAL ve Araş. Gör. Dilek Dilhan HATİPOĞLU'na, teşekkürlerimle...

ÖZET

Dünyamızın artan nüfusu, insanlık için gerekli olan tüm ihtiyaçlarının yanında enerji ihtiyacının da artması gerçeğini ortaya çıkarmakta ve enerjinin önemi en üst seviyeye taşımaktadır.

Bu çalışmada enerji mimarlığı çerçevesinde yapılan bir deney düzeneğiyle, binlerce bacadan atık olarak çıkan baca gazının oluşturduğu hava kirliliğinin olumsuz etkisini, oluşan baca ısısından hibrit enerji elde ederek olumlu yöne çevirmek amaçlanmıştır.

Önerilen sistemde, termoelektrik jeneratörlerden, elektrik elde etmek için, jeneratörün her iki yüzeyi arasında bir sıcaklık farkı yaratmak gerekmektedir. Termoelektrik jeneratörün bir yüzeyinde, bacadan gelen atık ısı, diğer tarafında ise çevre havası ve soğutma suyu döngüsü kullanılarak, herhangi bir ısı kaybı olmaksızın yapının sıcak su ve elektrik enerjisi ihtiyacını verimli bir şekilde karşılanmaktadır.

Bu çalışmada ev, işyeri ve sanayi bacalarından atılan ısı enerjisinin termoelektrik dönüştürücü kaplanarak ısı enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi yoluyla günlük yaşamda her çeşit yapıda kullanılabilir elektrik enerjisi elde edilebileceği pilot sistem üzerinde gösterilmiştir.

Birinci bölümde; problemin tanımı yapılarak, çalışmanın amacı ve kapsamı anlatılmıştır.

İkinci bölümde; Literatür araştırması yapılarak, enerji kaynakları sınıflandırılmış ve bu kaynaklar hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde; deney düzeneğinin hazırlanması, sistemin teknik analizi ve deneyler gösterilmiş, sistemin hayata geçirilebilmesi için gerekli yatırım ve üretim

maliyetleri analizi ile termoelektrik jeneratörlerin baca kesiti içindeki konumlarına ve baca malzemesine göre performans hesapları yapılmıştır.

Sonuç olarak, deneyler ve hesaplamalardan elde edilen veriler değerlendirilmiş ve sistemin sağlayacağı yararlar konusunda öneriler yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Termoelektrik jeneratör, Seebeck etkisi, Peltier etkisi, Atık ısı, Enerji.

ABSTRACT

Growing population of the world has brought up the importance of energy along side the all needs of humanity and has headed for it to the highest level.

In this study, with the help of a mechanism in the context of architecture of energy, the aim is to turn the negative effect of the gas releasing from thousands of chimneys which causes, in to a positive one producing hybrid energy from waste heat.

In the proposed system, in order to generate electricity from a thermoelectric generator, a temperature difference on the both surfaces of the generator is required.

On the surface of the thermoelectric generator is heated by the waste heat coming out of the chimney, while the other surface by the both the cycle of cooling water and, of ambient air, which is resulted in producing hot water and electricity without any loss of heat so that needs of the building is supplied efficiently.

In the first chapter, the problem is defined and the aim and scope of the study is explained.

In the second chapter, the definition of energy is made and the energy sources are classified and general information is given about these sources.

In the third chapter, the preparation of experimental setups, the technical analysis and experiments are explained. The analysis of operational and production costs related to investment is made.

In the fourth chapter, the evaluation of the data obtained from the experiments and calculations is made and some suggestions on benefits of the system are made.

Key words: Thermoelectric generator, Module, Seebeck effect, Peltier effect, Waste heat.

RESİM LİSTESİ

Resim 2.1: Hidrojen kaynakları	32
Resim 2.2: Dikey eksenli rüzgar türbin modeli	39
Resim 2.3: Pouillet termoelektrik jeneratörü	47
Resim 2.4: Ruhmkorff termoelektrik jeneratörü	48
Resim 2.5: Markus termoelektrik jeneratörü	48
Resim 2.6: Henri Becquerel termoelektrik jeneratörü	48
Resim 2.7: Clamond termoelektrik jeneratörü	49
Resim 2.8: Thermattaix termoelektrik sobası	49
Resim 2.9: Termoelektrik jeneratörle çalışan radyo	50
Resim 2.10: Rus termoelektrik gaz lambası ile çalışan radyo	50
Resim 2.11: Termoelektrik jeneratör çeşitleri	51
Resim 2.12: Termoelektrik jeneratörlerin çeşitli kullanım alanları	51
Resim 2.13: Termoelektrik jeneratörlerin jeotermal kaynaklarda kullanılması amacıyla yapılan deney düzeneği	53
Resim 2.14: Termoelektrik jeneratörlerin otomobil egzozunda kullanılması	53
Resim 3.1: Deney düzeneğinde kullanılan malzemeler	56
Resim 3.2: 0.5mm alüminyum levha kullanılarak hazırlanan baca	57
Resim 3.3: Alüminyum eloksallı kutu profil kullanılarak hazırlanan baca	57
Resim 3.4: Alüminyum eloksallı kutu profil kullanılarak hazırlanan baca	58
Resim 3.5: Soğutma sistemi bağlı, 19.2 volt elektrik üreten baca	58
Resim 3.6: Deneylerden görünüşümler	65

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: Nükleer reaktörlerin güvenlik sistemi (ÇANEM)	11
Şekil 2.2: Nükleer reaktörlerin gelişme süreci (ÇANEM)	12
Şekil 2.3: Fotovoltaik hücrenin çalışma prensibi (www.alternaturk.org/image/enerji-kaynaklari)	18
Şekil 2.4: Güneşten sıcak su eldesi (www.alternaturk.org/image/enerji-kaynaklari)	19
Şekil 2.5: Hidroelektrik santral (www.alternaturk.org/image/enerji-kaynaklari)	26
Şekil 2.6: Biyo-kütle döngüsü (www.alternaturk.org/image/enerji-kaynaklari)	29
Şekil 2.7: Med-cezir santrali(www.alternaturk.org/image/enerji-kaynaklari)	35
Şekil 2.8: Uçurtma tipi rüzgar jeneratörünün enerji üretimi (http://www.magenn.com)	36
Şekil 2.9: Dikey eksenli rüzgar türbini yapısı(www.alternaturk.org/image/enerji-kaynaklari)	38
Şekil 2.10: Yatay eksenli rüzgar türbini bileşenleri	39
Şekil 2.11: Piezo-eletrik etkinin oluşumu (http://www.e3tam.com/destek/Algılayicilar_(Sensors-Transducers).htm)	42
Şekil 2.12: Termoelektrik jeneratör şeması (imder, 2002)	44
Şekil 2.13: Termoelektrik jeneratörün iç yapısı	44
Şekil 2.14: Seebeck etkisi oluşumu	45
Şekil 2.15: Peltier etkisi oluşumu	46
Şekil 2.16: Termoelektrik dönüştürücünün çalışma prensibi	46
Şekil 2.17: Termoelektrik jeneratörlerin jeotermal kaynaklarda kullanılması	52

Şekil 2.18: Termoelektrik jeneratör kaplanmış bacanın şematik gösterimi	55
Şekil 3.1 : Deney düzeneğinin teknik tasarımı	59
Şekil 3.2: 5 katlı apartman modeli	63
Şekil 3.3: 19'luk tuğla ile örülmüş iç ve dışı sıvalı baca	67
Şekil 3.4: 5cm Brüt beton perdeli baca	68
Şekil 3.5: 5 cm brüt beton ve perdeli (nişli) baca	69
Şekil 3.6: Paslanmaz sac baca	70
Şekil 3.7: Paslanmaz sac ve nişli baca	71

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: Türkiye'nin enerji profili	4
Tablo 2.2: Enerji kaynakları analizi	9
Tablo 2.3: Tükenebilirliğine göre enerji türleri (Özdamar, A., 2000 (3), s.3)	13
Tablo 2.4: 2020 yılında yenilenebilir enerji kaynakları tahmini (Tübitak-ttgvg enerji teknolojileri politikası çalışma grubu 1998, Ankara)	14
Tablo 2.5: Hidrojenden enerji elde edilme yöntemleri	33
Tablo 3.1 TS 825 Tablo 1'e göre m ² bazında ısı ihtiyacı	64
Tablo 3.2 :19'luk tuğla ile örülmüş iç ve dışı sıvalı baca hesabı	67
Tablo 3.3: 5cm Brüt beton perdeli baca hesabı	68
Tablo 3.4: 5 cm brüt beton ve perdeli (nişli) baca	69
Tablo 3.5: Paslanmaz sac baca hesabı	70
Tablo 3.6: Paslanmaz sac ve nişli baca hesabı	71
Tablo 3.7: Paslanmaz sac ve su sirkülasyonlu baca	72
Tablo 3.8 : Paslanmaz sac ve su sirkülasyonlu cebri baca	73
Tablo A-B: Grafik data	77
Tablo C-D-E-F: Grafik data	78

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 3.1: Grafik 3.1: $\alpha_i \cdot \Delta t$ değişimi	79
--	----

1. GİRİŞ

1.1. Problemin Tanımı

Bilim adamları dünyamızın hızla artan nüfusuyla birlikte ortaya çıkan hava kirliliği, küresel ısınma, enerji ihtiyacı gibi birçok soruna çözüm üretmeye çalışmaktadır.

Enerji kaynakları ile türlerinin sınırlı ve düşük verimli olması, enerjinin önemini daha da arttırmaktadır. İlk çağlardan bu yana kullanılan odun, kömür, petrol gibi fosil yakıtların giderek tükenmesi ve havayı kirletmesi insanoğlunu yeni arayışlara yöneltmiştir. Hidroelektrik, jeotermal kaynaklar, güneş, rüzgar, biyo-kütle gibi enerji türlerinden daha temiz, verimli ve ucuz enerji elde etme çalışmaları sürmektedir.

Bu bağlamda, mimari açıdan bakıldığında sürdürülebilir malzemeler kullanılarak çevreye duyarlı yapılar üretmek ve enerji tasarrufu sağlamak, kısaca ekolojik mimarlık şimdi ve gelecekte ortaya çıkacak problemleri en aza indirmek için ortaya çıkmış bir kavramdır. Gelişen dünyada enerji kaynaklarını kullanmadan iş yapabilmek artık mümkün değildir. Burada önemli olan konu enerjiyi verimli kullanıp tasarruf yapabilmektir.

Bu çalışmada, ekolojik mimarlık ve enerji mühendisliği koordinasyonu ile dünyanın en büyük problemlerinden biri olan enerji sorununa enerji verimliliği yaklaşımıyla çözüm önerilmiştir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Mimar tarafından tasarlanan binalarda enerji tasarrufu sağlamak ve sürdürülebilir malzemeler kullanarak çevreye duyarlı yapılar üretmek kaçınılmaz bir gerekliliktir.

Bu çalışmanın temel amacı, enerji konusunun önemine dikkat çekmek, alternatif yaklaşımlarla enerji tüketimini azaltmak ve atık enerjiyi geri kazanabilecek çözümler üreterek, bunların binalar ile entegrasyonunu sağlamaktır.

Bu amaçla, alternatif enerji kaynaklarının özellikleri, kullanım alanları, avantajlı ve dezavantajlı yönleri incelenmiş ve yeni nesil malzemelerden termoelektrik jeneratörler kullanılarak bina bacalarında oluşan atık ısı enerjisinin geri kazanılabilmesi için alternatif bir yöntem önerilmiştir.

Termoelektrik jeneratörlerin kullanımı 1980'li yıllarda portatif soğutuculara uygulanması yoluyla başlamıştır. Başlangıçta sadece ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılan jeneratörlerde (Peltier etkisi), yarı iletken teknolojisinin gelişmesiyle enerji elde etme amaçlı da (Seebeck etkisi) kullanılmaya başlanmıştır.

1.3. Çalışmanın Kapsamı

Genel olarak enerji başlığı altında alternatif enerji kaynakları ve bu kaynakların mimari ile entegrasyonu konusunda literatür taraması yapılmıştır.

Alternatif enerji üretimi ile ilgili bir deney düzeneği hazırlanmıştır. Deney düzeneğinden termoelektrik jeneratörler kullanılarak, bina bacalarda oluşan sıcaklık farkından yararlanarak elektrik üretilmiştir. Bunun yanında istenildiğinde, aynı sistemle yapının sıcak su ihtiyacının da karşılanabileceği gösterilmiştir.

Maket üzerindeki deneylerden hareketle korelasyon yapılarak gerçek ortamda elde edilebilecek kazanç hesaplanmaya çalışılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu çalışmanın temelini enerji kaynakları oluşturduğundan literatür taraması yapılırken çıkış noktası olarak enerji kavramı kullanılmıştır.

Kelime anlamıyla enerji, Yunanca "energia" sözcüğünden gelme olup, etki eden kuvvet anlamına gelmektedir. Ayrıca, enerji fiziksel anlamda iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanır.

Enerji kavramı, 17. yüzyılda James Watt tarafından buhar makinelerinin bulunması ile önem kazanmaya başlamıştır. Sanayi devrimiyle birlikte tüm dünya ülkeleri enerji üretiminde öne geçebilmek için büyük kaynaklar ayırmaya başlamışlardır.

Ülkelerin ekonomik kalkınma düzeylerine göre enerji tüketim miktarları incelendiğinde, gelişmiş ülkelerdeki fert başına düşen enerji tüketiminin, gelişmekte olan ülkelerdeki tüketimin on katından fazla olduğu tespit edilmiştir.

Dünyamızın hızla artan nüfusuna paralel olarak enerji ihtiyacı da sürekli artmaktadır. Ancak kullanılan fosil yakıtlar hem hızla tükendiğinden hem de ekolojik dengeyi bozduğundan alternatif enerji arayışları hız kazanmıştır. Bu konu enerji kaynakları başlığı altında incelenmiştir.

Enerji kaynaklarının sınıflandırılması kaynaklarda çok değişik şekillerde yapılmıştır. Ancak çok genel bir yaklaşımla yenilenemeyen (tükenen) enerji ve yenilenebilir (sürdürülebilir) enerji olmak üzere iki grupta incelenebilir.

2.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Genelde doğal kaynaklı olup nükleer enerji haricinde geleneksel olarak yapılarda doğrudan kullanılabilen ve fosil yakıtlar adı verilen bu kaynaklarda, içerisindeki karbonun havadaki oksijen ile birleşerek tam yanması sonucunda CO₂ veya yetersiz

hava ile yanması durumunda CO gazları ortaya çıkmaktadır. Bu maddelerin yanı sıra yakıt içerisinde eser miktarda bulunan kurşun, kükürt gibi elementler yanma sırasında oksijen ile birleşerek insan sağlığı açısından önemli tehdit oluşturan bileşikler (SO_x, PbO, NO_x...) meydana getirmektedir. Bu yanma ürünleri atmosfere bırakılmakta ve atmosfer içerisinde birikmektedir. Fotosentez, çürüme gibi doğal dönüşümler bu birikimi azaltsa da, aşırı yakıt tüketimi kısa süreli bir birikime neden olmaktadır. Atmosfer içinde biriken yanma gazları güneş ve yer arasında doğal olmayan bir katman meydana getirip sera etkisi yaratmaktadır. Ancak fosil yakıt kaynaklarının tamamen ortadan kalkması gelecekte farklı sıkıntılara neden olabilecektir. Örnek olarak fosil yakıtların temelini oluşturan karbon, sanayinin en temel malzemesi olan çeliğin de önemli bir elementidir. Bunun yanı sıra gelecekte üretilen plastik-sentetik kumaş, çözücüler (solventler), yağlar, karbon lifli ürünlerin üretimi için mevcut fosil yakıt kaynaklarının belli oranda korunması gerekmektedir. Kömür rezervlerinin yaklaşık 200 yıl, petrol rezervlerinin yaklaşık 30 yıl dayanacak olması alternatif enerji kaynağına olan ihtiyacı daha önemli yapmaktadır.

TÜRKİYE BİRİNCİL ENERJİ ÜRETİMİ ve TÜKETİMİ			
	Tüketim	Üretim	Üretim/Tüketim
T.kömürü (Bin Ton)	11,039	2357	21.4%
Linyit (Bin Ton)	64,883	64,883	
Doğalgaz (Milyon m³)	16,339	312	1.9%
Petrol (Bin Ton)	29,661	2551	8.6%
Hidrolik (GWh)	24,010	24,010	
Jeo.+Rüzgar Elek (GWh)	152	152	
Jeotermal Isı (Bin TEP)	618	618	
Odun (Bin Ton)	16,263	16,263	
Hayvan-Bitki.Art.(BinTon)	5790	5790	
Güneş (Bin TEP)	287	287	
TOPLAM (Bin TEP)	75,402	24,266	32.6% (2001)
	78,331	24,259	31.0% (2002)
	83,826	23,783	28.4% (2003)
	87,818	24,332	27.7% (2004)
	91,576	25,185	27.5% (2005)

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Tablo 2.1: Türkiye'nin enerji profili

2.1.1. Petrol

Petrol sözcüğü Latince'de 'kaya' anlamına gelen petra ve 'yağ' anlamına gelen oleum sözcüklerinden türetilmiştir. Günümüzde petrol ve petrol ürünleri büyük önem taşır. Benzin gazyağı mazot fueloil (yağyakıt) makine yağı bitüm ve parafin mumu en çok bilinen petrol ürünleridir. Benzin otomobillerde gazyağı gaz lambalarında bazı ısıtma aygıtlarında ve jet uçaklarının motorlarında mazot (dizel) otobüs kamyon ve gemilerdeki dizel motorlarında kullanılır.

Buharlı gemilerin kazanlarında buhar üretilmesinde çelik, cam seramik gibi maddelerin üretiminde kullanılan bazı sanayi fırınlarında ve bazı binaların ısıtma sistemlerinde fueloil yakılır. Makinelerin düzgün ve rahat çalışabilmesi için ince ya da kalın makine yağlarına (en kalınlarına gres denir) gereksinim vardır. Bitümden Asfalt ve yalıtım malzemesi üretiminde yararlanır.

Petrol binlerce yıl boyunca basit bir biçimde kullanılmıştır. Babilliler yol döşerken ve bağlayıcı madde olarak bitümden, Romalılar yolları için Sicilya'dan getirttikleri asfalttan yararlanmışlardır. Ham petrolün tedavi edici özellikleri olduğundan ilaç sanayinde de kullanılmaktadır.

Günümüzde dünyada enerji üretiminin yaklaşık %45'i petrolden karşılanmaktadır. Şu an sahip olduğumuz kanıtlanmış petrol rezervi 150 milyar ton civarındadır.

1990 yılı istatistiklerine göre, dünya petrol üretiminin %40'ndan fazla bir kısmını Orta Doğu ülkeleri üretmektedir. Bu ülkeleri, %19,1 ile eski SSCB ülkeleri izlemektedir. Çin, İran, ABD, Meksika, Venezüella ve İngiltere de diğer belli başlı üreticilerdir. (Sarıkayalar, O., 1998, s.3).

20. yüzyılın başından beri petrol, bunu üreten ülkelerde politik bir silah olarak kullanılmaktadır. 1991 yılında çıkan Körfez Savaşı ve günümüzde Ortadoğu da gelişen olaylar bunun en büyük kanıtıdır.

Türkiye’de ise, petrol, uzun yıllardan bu yana enerji ithalatında en önemli yeri tutmuştur ve önümüzdeki yıllarda da önemini koruyacağı açıktır. Türkiye’nin yıllık petrol üretimi 1991 yılında 4,45 milyon ton seviyesindeyken, o yıldan günümüze gelene kadar 2,7 milyon tona gerilemiştir. Öte yandan petrol tüketimi 1996 yılında 28,3 milyon ton seviyesinde iken, her yıl giderek artmaktadır. Aradaki bu fark, ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Ham petrol ithalatı başta Suudi Arabistan olmak üzere İran, Libya, Rusya, Cezayir, Suriye gibi ülkelerden yapılmaktadır. Petrolün toplam enerji üretimi içindeki payı %14’tür.

2.1.2. Kömür

Kömür, dünyada en büyük rezerve sahip fosil yakıttır. Günümüzde üretilen toplam enerjinin, ABD %80, İngiltere %70, Rusya %50 ve Ortak Pazar Ülkeleri ise %40’ını, kömürden elde etmektedirler (Sarıkayalar, O.,1998, s.3).

Dünya konvansiyonel enerji varlığının en büyük bölümü taşkömürüdür. 1992 yılında dünya genelinde 3178,8 milyon ton taşkömürü, 1308,1 milyon ton linyit çıkarılmıştır. Dünyanın en önemli taşkömürü rezervleri Çin’dedir. Dolayısıyla, en büyük taş kömürü üreticisi ülkelerin başında %32,1 ile Çin gelmektedir. Bu ülkeyi sırasıyla %19,1 ile ABD ve %6,8 ile Rusya takip etmektedir. En büyük linyit rezervleri ise Rusya’da bulunmaktadır. Ancak, linyit üretiminde %22,5 ile ABD başı çekmektedir. Bunu %18,5 ile Almanya, %9 ile Rusya takip etmektedir. Günümüzde kanıtlanmış değeri ile dünya taş kömürü rezervi 519,4 groston, linyit rezervi 512,2 groston’dur. (Sarıkayalar, O.,1998, s.3).

Türkiye’nin en büyük kömür havzası Zonguldak yöresinde yer almaktadır. Ayrıca Antalya-Kemer, Diyarbakır-Hazro yörelerinde de önemsiz iki taş kömürü yatağı bulunmaktadır. Türkiye’nin toplam taş kömürü rezervi 112.654.800 tondur.

Türkiye’nin linyit rezervi ise 8.374.373.000 tondur. Bu rezervin 3,3 milyar tonu Elbistan havzasındadır. Linyit rezervlerinin kalori değerleri 700-5574 kcal/kg arasında değişmektedir. Üretilen 58,3 milyon ton linyitin 42,4 milyon tonu, yani

%72'sinin kalori değeri dūşük olduğundan termik santrallerde kullanılmıştır. Türkiye'de, linyite dayalı elektrik üretimi yapan santrallerin toplam gücü yaklaşık 6000 MW'dır (Sencer, A., 2001).

2.1.3. Doğal Gaz

En eski dokümanlarda eski dünya dediğimiz kıtaların merkezi orta Asya'da alevlerden bahsedilmiştir. Din düşünürleri, doğadan çıkan gazda ilahi bir işaret görüp geleceği okumuşlardır. 1815 yılında Batı Virginia'da bir tuz ocağında ilk doğalgaz yatağına rastlanmıştır. Doğalgaz deniz seviyesinden 7000 metre derinde, gözenekli katmanlarda ve 300 bar basınçta bulunmuştur.

Metan, etan, propan, azot ve az miktarda karbondioksit gazlarının bileşiminden oluşan, renksiz, kokusuz havadan hafif olan yanıcı bir maddedir. Yataklarda gaz halinde bulunur. Genellikle borularla, basınç ayarlı olarak taşınır. Kullanılmadan önce kaçakların oluşturacağı olumsuzlukların önceden insanlar ve cihazlar tarafından anlaşılması için ilave koku maddeleri katılır.

Gaz halinde elde edilen doğalgazın iletimi ve taşınması borularla yapılması en uygun olanıdır. Ancak gerektiği hallerde doğalgaz, (-163) derecede basıncı yükseltilerek sıvılaştırmak ve tankerlere alınmak suretiyle de taşınabilir. Son kullanım yerine borularla gaz halinde iletilmektedir.

Nakil için enjekte edilmeden önce aşındırıcı bileşenlerinden arındırılması gerekmektedir. Bu durumda basınç altında 1.40 metreye varabilen toprağa gömülmüş özel borularla taşınır. Başlangıçta gaz, boru içinde yatağın doğal dolaşım basıncındadır. Hat boyunca boruda gazın hareketini sağlayacak 70 bar basınçta pompa istasyonları kurulmaktadır.

Boru ile doğalgaz naklinin başlıca yararı; gazın fiziksel ve kimyasal hallerinin değişmemesi, kusuru ise üretim ve tüketim bölgeleri arasında bulunan esnek olmayan ikmali ve başlangıç yatırımının fazla olmasıdır.

Petrolden elde edilen ürünlerin tamamına yakını batılı ülkeler tarafından işlenip mamul hale getirildiğinden, petrolün ürünlerine ayrılarak satılması yerine ham olarak taşınması sağlanmalıdır. Aksi takdirde rafine edilip farklı petrol ürünlerine ayrıştırılan mamulleri, kendine has özellikleri olduğundan ürünleri taşıma zorluğu vardır.

Doğalgaz boru hatlarının petrol boru hatlarına göre daha avantajlı duruma geçirecek özellikleri vardır.

Kullanıcı batı ülkelerine ulaştırılacak boru hatlarından hattın geçtiği ülkelerin de gaz kullanmak durumunda olması,

Depo edilmesindeki zorluklar (Direk kullanılması),

Çevre dostu olması,

% 90 petrolün yerine kullanılabilmesi,

İlk yatırım ve tesis masrafının az olması,

Lüks ve kontrolü rahat, huzurlu kullanma imkanı olması,

Tüketici tarafından hilesiz olması mecburiyetinin bilinmesi

Çoğunluğu oluşturan tüketici kesimi tarafından başka enerji türlerine karşı tercih edilmesi (alışkanlık yapması),

Karadan, denizden ve (Havai hat) borularla taşınabilme imkanının olması.

Ülkemizde doğalgaz tüketimi için anlaşmalarla sağlanan miktar Rusya'dan 6 milyar m³, Cezayir 2 milyar m³ olmak üzere toplam 8 milyar m³/yıl'dır.

Toplam doğalgaz tüketiminin % 50'si elektrik, % 22 'si sanayi, % 16'sı gübre, %12'si konut sektöründe kullanılmaktadır. Doğalgazın, Türkiye enerji tüketimi içindeki payı % 7.6'ya ulaşmış durumdadır.

Dünya enerji pazarındaki artışa paralel olarak ülkemizde de önümüzdeki yıllarda gerek çevre bilincinin artması gerekse gaz yatak sahibi ve tüketici ülkeler arasında köprü olmamız ihtimali sonucunda pazar payının artacağı görülmektedir.

Ülkemiz için yeni bir enerji kaynağı olan doğalgazın kullanımı eski yıllara dayanmaktadır. 1960'lı yıllardan itibaren doğalgaz ABD, Kanada, İngiltere, Fransa, Almanya ve Hollanda gibi birçok ülkede yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Yapı tasarımında mekanik tesisat mühendisliği hizmetleri, makine mühendisliğinin özel bir dalı olan tesisat mühendisleri tarafından yürütülür. Tesisat mühendisliği hizmeti, yapı mimarisi, statik, aydınlatma ile başlayan tasarım ekibinin zinciridir. Isıtma, havalandırma, sıhhi tesisat, mutfak, çamaşırhane, pis su, temiz su, bahçe sulama gibi konfor ve servislerinin yanı sıra enerji üretim, enerji tasarrufu, iletici akışkanı, akışkan şebekeleri, basınçlandırma, zonlama ve benzeri mühendislik hizmetlerini yürüten ekibin görevi, yapı fonksiyonuna uygun konforun yanında yangın, sağlık, hijyen, can, mal güvenliğini sağlayan, gürültü, kaza, titreşim, toz tedbirlerini alan, toksin, gaz ve pis hava sirkülasyonunu ortadan kaldıran, emniyet tedbirlerine uyan prensipleri ve sistemleri uygulamaktır.



Tablo 2.2: Enerji kaynak analizi

2.1.4. Nükleer Enerji

Atom çekirdeklerinin parçalanması sonucunda büyük bir enerji açığa çıkmaktadır. Fizyon ve füzyon tepkimeleri ile elde edilen bu enerjiye "çekirdek enerjisi" veya "nükleer enerji" adı verilmektedir.

Nükleer reaktörler, nükleer enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Temel olarak fizyon sonucu açığa çıkan nükleer enerji nükleer yakıt ve diğer malzemeler içerisinde ısı enerjisine, bu ısı enerjisi de kinetik enerjiye ve daha sonrada jeneratör sisteminde elektrik enerjisine dönüştürülür.

Nükleer santrallerde kullanılan yakıtlar, 10 ile 20 yıl arasında santral sahasında saklanır. Bu dönemde aktivitelerinin %98'inden fazlasını kaybederler. Asıl sorunu oluşturan, uzun ömürlü radyoaktif maddeler kademeli koruma mantığı çerçevesinde kurşun, beton ve korozyona dayanıklı kaplar içine konularak, jeolojik olarak kararlı bölgelerde yerin yaklaşık 1.000 metre altında hazırlanan beton zırhlı galerilerde saklanmalarıdır. 1.000 MWe gücündeki bir nükleer reaktör, yılda yaklaşık olarak 27 ton (7 m³) kullanılmış yakıt üretmektedir.

Nükleer santraller, çevre etkisi bakımından tercih edilmesi gereken bir seçenektir. Normal işletme koşulları altında çalışan nükleer reaktörler, dışarıya verebilecekleri en fazla radyoaktivite, normal doğal radyasyon seviyesinin % 0,1-1'i ile sınırlandırılmıştır, pratikteki durum ise bu sınırların altındadır.

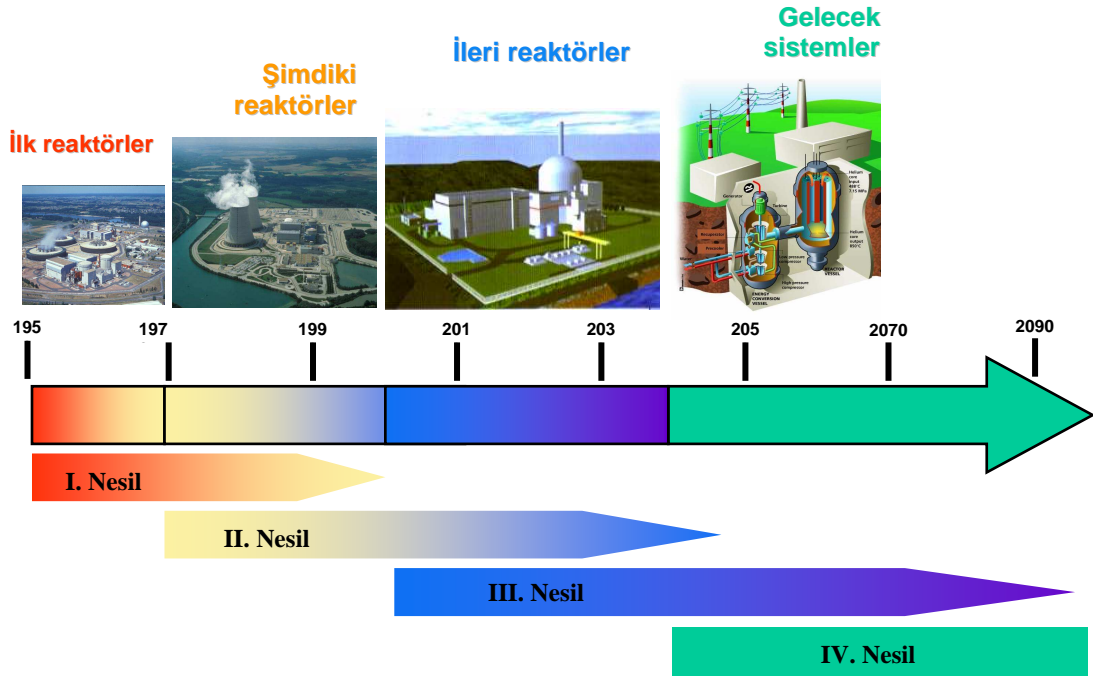
Elektrik üretiminin sürekliliği yönünden, nükleer santraller, termik ve hidrolik santrallere göre daha güvenlidir. Tek sakıncası radyoaktif sızıntıdır, fakat gerekli güvenlik önlemleri alındığında çok önemli enerji üretim kaynağıdır.



Şekil 2.1: Nükleer reaktörlerin güvenlik sistemi (ÇANEM)

Dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılmasına yönelik gelişmelerin yanı sıra, nükleer enerji yatırımlarına yönelik projeler küresel ölçekte ivme kazanmaya başlamıştır.

Elektrik enerjisi arz ve talep projeksiyonlarına bağlı olarak, 2015 yılından başlayarak yaklaşık 5.000 MW gücünde nükleer santral kapasitesinin işletmeye alınması planlanmaktadır. Bu amaçla 5710 sayılı Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması ve İşletilmesi ile Enerji Satışına İlişkin Kanun (2007) çıkartılmıştır. Nükleer güç santrallerinin kurulmasına ilişkin süreç devam etmektedir. Mersin-Akkuyu'da kurulması planlanan Türkiye'nin ilk nükleer santralının lisansı alınmış olup, Sinop için lisanslama çalışmaları devam etmektedir.



Şekil 2.2: Nükleer reaktörlerin gelişme süreci(ÇANEM)

2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

2.2.1. Doğa Temelli Kaynaklar

Yenilenebilir enerji kaynağı, enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilmesidir. Yenilenebilir enerji kaynakları doğrudan kullanılabilir veya enerjinin başka bir şekline dönüştürülebilir. Direkt kullanım örnekleri, güneş enerjisi ile çalışan aletler, jeotermal ısıtma ve su veya rüzgar jeneratörleridir. En direkt kullanıma örnek olarak ise, elektrik üretiminde kullanılan rüzgar türbinleri veya fotovoltaik piller verilebilir.

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI				
Ana Kaynak	Birincil Enerji Kaynakları	Doğal Enerji Dönüşümü	Teknik Enerji Dönüşümü	Kullanım Enerjisi
	Su	Buharlaştırma, Yağış	Su Güç Tesisleri	Elektrik
	Rüzgar	Atmosferdeki Hava Hareketi	Rüzgar Enerjisi Tesisleri	Elektrik ve Mekanik
		Dalga Hareketi	Dalga Enerjisi Tesisleri	Elektrik ve Mekanik
Güneş		Yer ve Atmosferin	Isı Pompaları	Isı
	Güneş Işınlari	Isınması		
				Kolektörler
		Güneş Işınlari	Güneş Pilleri	Elektrik
	Biyo-kütle	Biyo-kütle	Isı Güç Tesisleri	Isı ve Elektrik
		Üretimi	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 Santralleri	Elektrik Enerjisi

Tablo 2.3: Tükenebilirliğine göre enerji türleri (Özdamar, A., 2000 (3), s.3)

ENERJİ TÜRÜ	2020 Yılında Minimum		2020 Yılında Maksimum	
	MTEP	Toplama göre yüzde	MTEP	Toplama göre yüzde
Biokütle	243	45	561	42
Güneş	109	20	355	26
Rüzgar	85	15	215	16
Jeotermal	40	7	91	7
Hidrolik	48	9	69	5
Deniz Enerjileri	14	4	54	4
TOPLAM	539	100	1345	100
Genel Enerji Talebinin % si		3 - 4		8 - 12

Tablo 2.4: 2020 yılında yenilenebilir enerji kaynakları tahmini
(Tübitak-ttgV enerji teknolojileri politikası çalışma grubu 1998, Ankara)

2.2.1.1. Güneş Enerjisi

Güneş dünya için, temel bir enerji kaynağıdır; canlıların yaşaması güneşe bağlıdır. Yaşamsal öneminin yanında güneşten enerji üretimi yapmakta mümkündür. Güneş yarıçapı 700.000 km (dünya yarıçapının yaklaşık 109 katı), kütlesi 2×10^{30} kg (dünya kütlesinin yaklaşık 330.000 katı) olan bir yıldızdır.

Güneşin merkezinde, temelde hidrojen çekirdeklerinin kaynaşmasıyla füzyon reaksiyonu meydana gelir. Güneşin merkezinde sıcaklık yaklaşık 15-16 milyon santigrat derecedir. Güneşin yaklaşık % 90'ı hidrojendir. Güneş içerisinde hidrojen çekirdekleri füzyon yaparak helyum çekirdekleri oluşturmakta ve bu tepkimeler sonucu büyük bir enerji ortaya çıkmaktadır. Güneşin toplam ışınması 3.8×10^{26} J/s olduğundan, güneşte bir saniyede yaklaşık 600 milyon ton proton, yani hidrojen

tüketilmektedir. Bu sayı ilk bakışta ürkütücü gibi gelse de, güneşin kütlesi ve bu kütleinin %90'ına yakın kısmının protonlar olduğu düşünülürse, güneşteki hidrojen yakıtının tüketilmesi için daha, yaklaşık 5 milyar yıllık bir süre olduğu ortaya çıkar. Bu yönüyle güneş, insanlık için tükenmez bir enerji kaynağıdır.

Dünyaya ulaşan güneş enerjisi, güneşin daha serin (yaklaşık 6000 Kelvin) ve birkaç yüz kilometrelik dar bir bölgesinden gelmektedir. Bu bölge, düşük yoğunlukta (yaklaşık deniz yüzeyindeki hava yoğunluğunun 10-14 katı) iyonlanmış gazlardan oluşur ve görünür ışığı pek fazla geçirmeyen bir bölgedir. Bu bölgedeki atomlar, sıcaklıklarıyla orantılı olarak ışıma yaparlar ve böylece bu bölgenin ışımasına yol açarlar.

Dünya, güneşten yaklaşık 150 milyon kilometre uzakta bulunmaktadır. Dünya hem kendi çevresinde dönmekte, hem de güneş çevresinde eliptik bir yörüngede dönmektedir. Bu yönüyle, dünyaya güneşten gelen enerji hem günlük olarak değişmekte, hem de yıl boyunca değişmektedir. İlave olarak, Dünyanın kendi çevresindeki dönüş eksenini, güneş çevresindeki dolanma yörüngesi düzlemiyle 23.5° lik bir açı yaptığından, yeryüzüne düşen güneş şiddeti yörünge boyunca (yıl boyunca) değişmekte ve mevsimler de böylece oluşmaktadır.

Dünyaya, güneşten saniyede, yaklaşık 4×10^{26} Joule'lük enerji, ışınlımlarla gelmektedir. Güneşten gelen toplam enerji göz önüne alındığında bu çok küçük bir bölümdür. Bu miktar dünyada insanoğlunun bugün için kullandığı toplam enerjinin 15-16 bin katıdır. Dünyaya gelen güneş enerjisi çeşitli dalga boylarındaki ışınlımlardan oluşur ve güneş-dünya arasını yaklaşık 8 dakikada aşarak dünyaya ulaşır. (ışınlımlar saniyede 300.000 km'lik bir hızla, yani ışık hızıyla yol alırlar) Dünyanın dışına, yani havakürenin (atmosfer) dışına güneş ışınlarına dik bir metrekaare alana gelen güneş enerjisi, Güneş değişmezi (S) olarak adlandırılır ve bunun değeri $S=1373 \text{ W/m}^2$ dir. Bu değer, tanım gereği, yıl boyunca değişmez alınabilir. Çünkü her zaman, gelen güneş ışınlarına dik yüzey göz önüne alınmalıdır. Ancak, dünyanın güneş çevresindeki yörüngesi bir çember olmayıp bir elips

olduğundan, yıl boyunca bu değerde % 3.3 'lük bir değişim söz konusudur. Soğurma ve yansıma olaylarından dolayı yeryüzüne bu enerjinin 832 W/m^2 lık kısmı ulaşır.

Güneş enerjisinin avantajları şu şekilde sıralanabilir:

Güneş enerjisi tükenmeyen bir enerji kaynağıdır.

Güneş enerjisi, saf bir enerji türüdür, gaz, duman, toz, karbon veya kükürt gibi zararlı maddeleri yoktur.

Güneş, tüm dünya ülkelerinin yararlanabileceği bir enerji kaynağıdır. Bu sayede ülkelerin enerji açısından bağımlılıkları ortadan kalkacaktır.

Güneş enerjisinin bir diğer özelliği, hiçbir ulaştırma harcaması olmaksızın her yerde sağlanabilmesidir.

Güneşi az veya çok gören yerlerde biraz verim farkı olmakla birlikte, dağların tepelerinde vadiler yada ovalarda da bu enerjiden yararlanmak mümkündür.

Güneş enerjisi doğabilecek her türlü siyasi bunalımın etkisi dışındadır. Örneğin, ulaşım şebekelerinde yapacakları bir değişiklik bu enerji tümünü etkilemeyecektir.

Güneş enerjisi hiçbir karmaşık teknoloji gerektirmemektedir. Hemen hemen bütün ülkeler, yerel sanayi kuruluşları sayesinde bu enerjiden kolaylıkla yararlanabilirler.

Dezavantajları ise şöyledir:

Güneş enerjisinin yoğunluğu azdır ve sürekli değildir. İstenilen anda istenilen yoğunlukta bulunamayabilir.

Güneş enerjisinden yararlanmak için yapılması gereken düzeneklerin yatırım giderleri bugünkü teknolojiyle yüksektir.

Güneşten gelen enerji miktarı bizim isteğimize bağlı değildir ve kontrol edilemez.

Güneş enerjisinden elde edilen ışınım talebinin yoğun olduğu zamanlarda kullanılmak üzere depolanmasını gerekir. Enerji depolaması için fotovoltaik pillere ihtiyaç vardır ve maliyetleri yüksektir.

Güneş enerjisinden, ısı enerjisine dönüştürerek, elektrik enerjisine dönüştürerek yararlanılmaktadır. Yarı iletkenler kullanarak doğrudan elektrik üretimi de mümkündür. Isıya dönüştürerek yararlanma alanları sıcaklık sınırlarına göre üç bölüme ayrılır:

a- Düşük Sıcaklıklarda: $150 \text{ }^\circ\text{C}$ den düşük sıcaklıklar

Kullanma suyunun ısıtılması

Bina ısıtma ve havalandırma

Tarım da ürün kurutma, seracılık

Su damıtma, tuz üretimi

b- Orta Sıcaklıklarda: 600°C' a kadar olan sıcaklıklar

Sulama için su pompaları

Küçük motorlar, güneş tencereleri

Buhar jeneratörüyle elektrik üretimi

c- Yüksek Sıcaklıklarda: 600°C' nin üzeri sıcaklıklar

Güneş fırınları

Elektrik elde edilmesi

Madde araştırılması

Egzotik maddeler yapımı, seramikler.

Isı enerjisi olarak kullanılan sistemler aktif ve pasif olarak ikiye ayrılır. İster pasif, ister aktif, ister basit, ister karmaşık olsunlar güneş enerjisinden yararlanmaya yönelik sistemlerde işlev yönünden ortak öğeler vardır. Bu öğeler şu şekilde sınıflandırabiliriz.

Birincil Öğeler:

Güneşten yeryüzüne gelen ışıma enerjisinin ısı enerjisine dönüştüren "TOPLAYICI"

Toplayıcıda elde edilen ısıyı depoya ulaştıran "TOPLAYICI DEVRESİ"

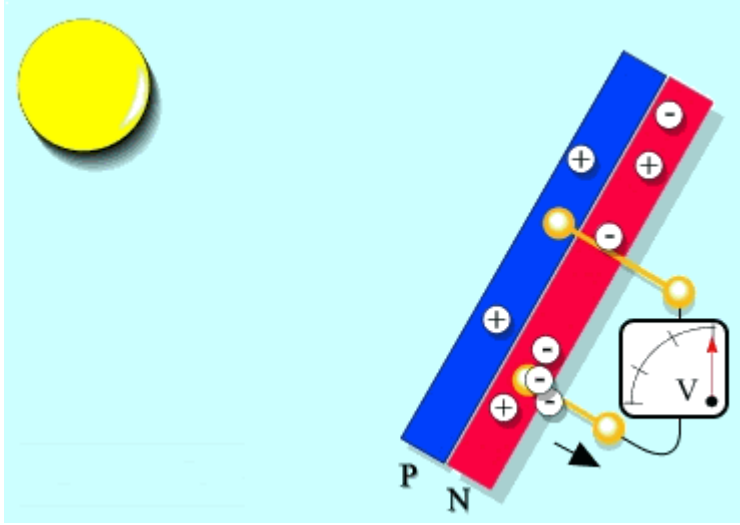
Enerjiyi güneşin olmadığı zamanlarda kullanabilmek için toplanan ısının depolandığı

"ISI DEPOSU"

Depodan veya ek ısı kaynağından gelen yada doğrudan toplayıcıdan gelen ısı enerjisini istenen yere ileterek yayan "KULLANICI DEVRESİ"

Güneşten depolanan enerjinin yeterli olmaması halinde devreye giren "EK (YARDIMCI) ISITICI"

Güneş enerjisi sistemin çalışmasını düzene sokan "KONTROL DÜZENİ" temel öğelerdir.



Şekil 2.3: Fotovoltaik hücrenin çalışma prensibi (www.alternaturk.org/image/enerji-kaynaklari)

Toplayıcılar: Güneş enerjisinin kullanılabilmesi için her şeyden önce toplanması gerekir. Bu toplama işlemi toplayıcı (kolektör) adını verilen düzenekler yardımıyla gerçekleştirilir. Üzerlerine düşen doğru, yaygın ve yansıtılmış güneş ışınlarına ısı enerjisine dönüştürülen toplayıcılar, çalışma sıcaklıklarına göre sınıflandırılırlar.

Düzlemsel Toplayıcılar: Güneş enerjisinin dönüştüğü alan ile yutucu levha alanının yaklaşık birbirine eşit olduğu toplayıcılardır. Maksimum 150°C sıcaklık değerlerinde çalışırlar.

Yoğun Toplayıcılar: Geniş bir alana düşen güneş ışınlarını yansıtarak veya kırarak daha dar bir alanda yoğunlaştıran ve yutan toplayıcılara yoğun toplayıcı denir. Yoğun toplayıcılardaki sıcaklık, tiplerine ve ışınları yoğunlaştırma oranlarına göre 200°C ile 1000°C arasında değişir. Toplayıcı genel olarak sürekli güneş alan, özellikle yapıların güneye bakan cephesine yerleştirilmelidir. Yerleşik toplayıcılarda tam güney verimin en yüksek olduğu yöndür. Ancak bu kural bazı esneklikler gösterir. Örneğin, gün içinde güneşlenme süresi bölgede öğle saatlerine göre simetri göstermiyorsa, bazı doğal yada yapay engeller toplayıcıya belirli saatlerde gölge yapıyorsa, güneş ışınımının en fazla olduğu yönde dik ışınım alacak şekilde yönlendirilmesi gerekir. Hareketli toplayıcılarda güneş ışınımının dik konumunu

korumak amacıyla güneşin hareketine uygun hareket verilir. Bir toplayıcının eğimi, güneş ışınımından en fazla yararlanabilecek konumda olmalıdır. Bulunulan yerin coğrafi enlemi, toplayıcının sisteme ısı enerjisi sağlama amacı (ısıtma, soğutma, sıcak su eldesi vb.), çevreden yansıma olup olmaması (kar kaplı yamaç) gibi faktörler eğimi belirlerler. Kural olarak, toplayıcılar onlardan tüm yıl boyunca yararlanılacaksa enlem açısına eşit bir eğimle, yazın yararlanılacaksa enlem açısından 10°C derece eksik bir eğimle, kışın yararlanılacaksa enlem açısından 10°C fazla bir eğimle yerleştirilir.



Şekil 2.4: Güneşten sıcak su eldesi (www.alternaturk.org/image/enerji-kaynaklari)

Toplayıcı Devresi: Toplayıcıda elde edilen ısıyı, ısı deposuna götüren kısımdır. Isı transfer akışkanı, bunu hareket ettiren pompa, vantilatör ayrıca boru ve vanaları içerir. Toplayıcı devresindeki akışkana göre havalı veya sıvılı sistemlerden söz edilebilir. Toplayıcı devresinde dolaşan akışkan ısının depolama maddesi ile aynı madde olabileceği gibi depo maddesinden ayrı bir madde de olabilir. Bu durumda toplayıcı devresi ile depo arasında bir ısı eşanjörü kullanmak gerekir.

Isı Deposu: Güneş enerjisinden yararlanmak amacıyla kurulan sistemlerin en önemli sorunu ısının depolanmasıdır. Güneş ışınlarının kullanılacağı yere her zaman aynı miktarda gelmemesi, kesintili olarak gelmesi, geceleri güneşten hiç yararlanılamaması, kış aylarında ve kapalı havalarda gelen güneş enerjisinin daha az olması doğaldır. O halde enerjinin gereksiniminden fazla olduğu zamanlarda

depolanıp saklanması, gereksinimden az olduğu zamanlarda da ısının kullanıcıya depodan yollanması gerekir. Isı şu şekillerde depolanır:

Duyulur Isı Halinde Depolama: Prensip, sıvı veya katı bir maddeyi ısıtıp daha sonra kullanım için soğutarak depo edilen enerjiyi tekrar geri almaktır. Bu çeşit depolamada amaç, mümkün olduğunca fazla enerjiyi mümkün olduğu kadar küçük hacimde depolamaktır. Böylece hem depo ucuza mal olur, hem de ısı kayıpları azalır. Suyun termik açıdan çok uygun olması her yerde bulunabilir olması, çoğu kez hem toplama hem de kullanma devresinde kullanılabilir olması gibi nedenlerle sıvı deney malzemeleri için en uygun malzeme, sudur. Ancak suyun 0 °C'de donması veya 100 °C'de kaynaması onun kullanım alanını sınırlamaktadır. Her yerde bulunabilir olması 100 °C 'nin üzerinde ve 0°C ' nin altında depolayabilme özellikleri bakımından avantajlıdır. Havalı toplayıcılarda kullanılan ısı deposunun hacminde her m² toplayıcı alanı için 0,15-0.35 m³ çakıl olmalıdır. Çakıl taşlarının büyüklükleri 1-3 cm ve çakıl taşları boyunca havanın alacağı yolda 1.25-2.5 m olmalıdır.

Gizli Isı İle Depolama: Prensip, bir maddenin fazının değiştirilerek ısının depolanmasıdır. Bir maddenin 1 kg' ını ergetmek için gerekli ısı onun 1 kg' ını 1°C ısıtmak için gerekli ısıdan daha büyük olduğundan, gaz değişimleri esnasında hacimde depolanabilecek enerji miktarı daha yüksektir. Isı sabit sıcaklıkta depolandığından, her zaman aynı sıcaklıkta sıcak su elde edilebilir.

Ayrıca depo hacmi küçük olduğundan ısı kayıpları daha azdır. Ancak faz değişimi esnasındaki hacim değişikliğini göz önünde tutmak gerekir. Ayrıca ergime ve donma esnasında aşırı ısınma ve soğuma gözlenmektedir. Bunlar gizli ısı depolama yönteminin sakıncalarıdır.

Kimyasal Tepkime İle: Prensip, tersinir bir endotermik reaksiyon oluşturularak dışardan ısı almazdır.

Tepkime ters yönde sürdürülerek çevreye ısı verilebilir. Tuzlardan sulu eriyiklerde yapılarak ısı depolanabilir. Tuzlar suda erirken ısı alırlar ve sıcaklıkları arttıkça

depolamak istenirse o kadar ısıda fazla miktarda depolanabilmektedir. Ancak bu maddelerin korozif olması sorun yaratmaktadır.

Kullanıcı Devresi: Toplanan ısının kullanıcıya ulaşmasını sağlayan kısımdır. Kullanıcı devresi ögesinin yeri aktif sistemlerde genellikle alışılmış merkezi ısıtma ve soğutma sistemleri gibidir. Boru ve kanallar bodruma, çatı arasına, döşeme altına yerleştirilebilir. Kullanıcı devresi, direkt depodaki akışkanı alarak kullanıcıya iletebileceği gibi akışkandaki ıyı, bir ısı değıştirgeci devresi gibi çalışarak ısı deposundan alabilir. Kullanıcı devresi de, pompa, vantilatör, borular, vana ve ek ısıtıcı gibi düzenleri içerir.

Ek Isıtıcı: Ek ısıtıcı, güneş enerjisi sisteminin toplayıcılarından yada ısı deposundan yeterli düzeyde ısı enerjisi elde edilemediği zamanlar devreye giren ünitesidir. Ek enerji ünitesi gerekli ısı enerjisini katı, sıvı, gaz yakıtlardan yada elektrik enerjisinden üretir. Ek ısıtıcı kullanıcı devresine seri olarak da bağlanabilir. Ek ısıtıcı depodan gelen yeterli sıcaklığa ulaşmamış akışkanı istenen sıcaklığa çıkartarak kullanıcıya verir. Seri bağlı ek ısıtıcılar başlangıç sıcaklığı düşük olan ısıtıcılarda ve açık sistemlerde kullanılır. Ek ısıtıcı ünitesinin devreye paralel bağlanması durumunda ise sistemin ya güneş enerjisi ile yada ısıtıcı ile tamamen kendi başına çalışması öngörülmektedir. Kapalı devreli güneş enerjisi sistemlerinde paralel ek ısıtıcı kullanılır.

Kontrol Düzeni: Güneş enerjisi sistemlerinin bu ögesi sistemin çalışmasını düzene sokan "duyum, değerlendirme ve karşılama" işlevlerini yerine getirir. Elle kumandalı basit sistemler ile tümüyle otomatik kumanda ile çalışan sistemler vardır. Elle kumandalı pompalı sistemlere karşı, otomatik kumandalı, sistemlerin, yüksek sistem verimi, dolaşım pompalarının ömrünü uzatması, toplayıcılarda kireçlenmenin önlenmesi gibi önemli avantajları ve kullanım rahatlığı nedeniyle otomatik kontrol kullanıp bu da fark (diferansiyel) termostadı ile sağlanır. Fark termostadı, depoda bulunan akışkanın sıcaklığı ile kolektörden çıkan akışkanın sıcaklığını aynı anda ölçer ve karşılaştırır. Eğer sıcaklık farkı belirlenen farktan (örneğin 5°C) fazla ise

pompaya çalışma kumandası verilir. Fark belli bir değerin altına inince pompalara bu defa durma kumandası verilir.

Güneş enerjisinden düşük sıcaklıkta diğer bir yararlanma alanı konut ısıtılmasıdır. Konut ısıtılması için büyük ölçüde enerji sarf edildiğinden bu konuda güneş enerjisinden yararlanılarak önemli miktarda enerji tasarrufu sağlanması beklenmektedir. Bunun da özellikle hava şartlarına, ısıtılacak alanın büyüklüğüne ve ısı kayıplarına bağlı olduğu unutulmamalıdır. Konutların bir ek ısı kaynağı kullanmadan yalnızca güneş enerjisi ile ısıtılması bugünkü koşullarda ekonomik olmamaktadır.

Konut ısıtılmasında gerekli ısı miktarı, sıcak su elde edilmesine oranla çok daha fazladır. Bu nedenle bu konu da güneş enerjisinden yararlanılmak istenirse fazla yatırım yapmak gereklidir. Yatırım giderlerini düşürmek için konutun çok iyi yalıtılmış olması gerekir. İyi yalıtılmamış bir konutta güneş enerjisinin kullanılma şansı çok azdır. Bugünkü konutlar 50, 60, 70, 90°C'de su ile ısıtılmaktadır, bu sıcaklıklarda düzlemsel toplayıcılar için sınır değerlerdir. Düşük sıcaklıkta ısıtmanın yapıldığı döşemeden ısıtma da güneş enerjisinden daha verimli olarak yararlanılmaktadır. Enerji arzı ile talebi arasındaki zaman farkı güneş enerjisinin yoğun olduğu zamanlar sonradan kullanmak için depolanmasını gerektirir. Enerji depolaması ise daha önce anlatıldığı gibi birçok sorunlar yaratmaktadır. Konut tasarımında güneş enerjisinden yararlanarak ısıtma prensibi pasif ve aktif ısıtma sistemleri olarak iki ana yönde gelişmektedir.

Pasif Sistemle Isıtma: Güneş ışınlarını doğrudan konuta kabul ederek, ısınma sağlayan düzeneklerdir. Pasif olarak ısınma prensibinde konutun kendi toplayıcı olarak kullanılıp, mekanik hiçbir aksam kullanılmaz. Bunun için pasif sistemlerle güneş enerjisinden ancak kontrolsüz olarak yararlanılabilir. Pasif sistemle güneş enerjisinden yararlanma da, konutun güneşe yönelmesi, biçimi ve diğer yapılar tarafından gölgelenmemesi gibi sorunları konutun tasarımı ve inşası yapılırken dikkate alınıp çözümlenmesi gerekir. Pasif sistemler içinde en yaygın olanı ve tercih edilen uygulaması tromp duvarıdır. Bu duvarda normal duvarın biraz önüne çift

camlı bir duvar daha yapılır. Normal duvar siyah renkli olup, cam ve duvar arasında hava sirkülasyonu meydana gelecek kadar boşluk bulunur. Asıl duvarın alt ve üst kısımlarında odaya açılan kanallar vasıtasıyla sirkülasyonla oda havası ısıtılır. Kanallar güneşi olmadığı zamanlarda kapatılarak dışarıya karşı yalıtım sağlanır.

Aktif Sistemle Isıtma: Aktif sistemlerle güneş enerjisinden yararlanma da enerjiyi toplamak için bilinen konut elemanları dışında bir mekanik sistemden yararlanılır. Kolektörlerde ısıtılan hava veya su klasik kalorifer sisteminde dolaştırılarak kapalı alanlar ısıtılır. Daha önce tarif edilen kolektör sistemi normal kalorifer sisteminde kazan yerini alır. Güneş enerji sistemi normal ısıtma sistemi ile seri veya paralel bağlanabilir. Hatta güneşten akışkan vasıtasıyla alınan ısı duvar ve beton yapı içerisinde borular vasıtasıyla dolaştırılarak duvar ve betona depolama yapılabilir. Tüm bunlara ilaveten güneş enerjisi ile kurutma, damıtma, soğutma ve pişirme işlemleri de yapılabilir.

Güneş Enerjisi İle Elektrik Üretimi (Güneş Pili): Güneş pilleri, güneş enerjisini doğrudan doğruya elektrik enerjisine dönüştüren, yarı iletken sistemlerdir. Güneş pillerinin ömürleri ve güç yoğunlukları oldukça yüksektir. Genel olarak iki elektrottan meydana gelir. Bu elektrotların biri üzerine güneş düştüğü zaman bir potansiyel fark oluşur. Elektrik bir elektron akımı olduğu için, güneş ışınları çarptığı elektronun potansiyelini ve elektron düzenini değiştirerek elektrik akımına neden olur. Genellikle silisyum en temel malzeme olarak kullanılır. Bu pillerin verimi %15 civarındadır. İmalatları çok kolay olup verimleri sıcaklığa bağlı değildir. En temel problem maliyetlerin yüksek olması ve bir depolama sisteminin gerekliliğidir. Özellikle, elektrik şebekesine çok uzak köylerde, televizyon istasyonlarında ve uydularda uygundur.

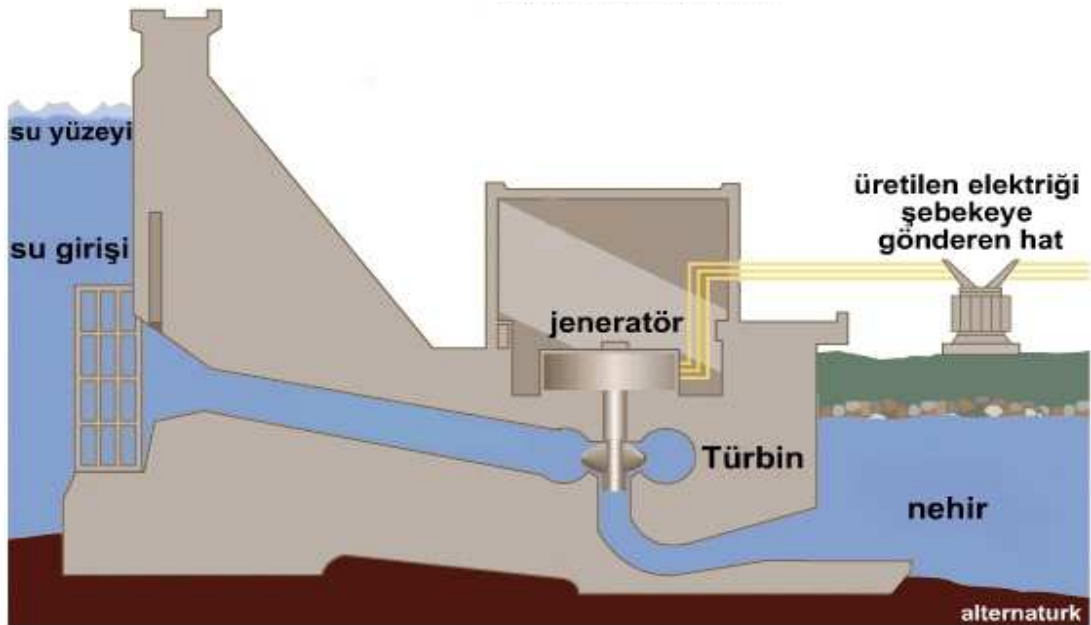
2.2.1.2. Hidrolik Enerji

Hidrolik enerji, Türkiye'nin kullanılabilir en önemli yenilenebilir enerji kaynağını oluşturmaktadır. Gelişmiş ülkelerin potansiyellerini büyük ölçüde değerlendirmiş olmalarına karşın, Türkiye'de işletmeye açılan tesislerle söz konusu potansiyelin

ancak %29'luk bölümü hizmete sunulmuş durumdadır. Önümüzdeki 25 yıl içerisinde, bu potansiyelin tamamının kullanılmasını sağlayacak projelerin hızlandırılması gereklidir. Özellikle Çoruh, Dicle ve Harşit havzalarındaki önemli enerji üretim kapasitesine sahip hidroelektrik projelere gereken önem verilmelidir. Ayrıca bugün için ekonomik görülmeyen teknik potansiyelin büyük kısmının da ekonomik potansiyel karakteri kazanması ihtimalinin yeniden değerlendirilmesi üzerinde durulmalıdır.

Bugünkü durumu ile hidroelektrik santrallerin finans sorunu, karar verici mercilerin katılımı ile üst düzeyde çözülmesi gerekli bir sorundur. 2000'li yıllarda potansiyel bir elektrik enerjisi sıkıntısının gündemde olduğu günümüz Türkiye'si için bunun önemi ortadadır. "Yap-İşlet-Devret (BOT)" modeli için hukuksal alt yapı bir an önce oluşturulmalıdır.

Bu hukuksal düzenlemelerin yapılması belirli bir süre alacağından, kısa dönemde hidrolik enerji üretiminde devlet payının aşağıya çekilmesinin zor olacağı görülmektedir. Bir enerji darboğazına girilmemesi için, devletin yatırım bütçesinden hidroelektrik enerji üretimine ayrılan payların artırılması zorunludur.



Şekil 2.5: Hidroelektrik santral (www.alternaturk.org/image/enerji-kaynaklari)

Büyük güçlü hidroelektrik santral uygulamaları, literatürde klasik yenilenebilir enerji üretimleri arasında yer alırken, küçük hidroelektrik santraller yoluyla üretilen enerji yeni ve yenilenebilir enerjiler kapsamına sokulmaktadır; ancak ülkemizde bu kaynaktan bugüne kadar yararlanılmamıştır. Güçleri 10 MW'ın altında kalan ve çoğunlukla birkaç MW'ı aşmayan bu tür imkanların değerlendirilmesi de önem arz etmektedir. Bütünü ile yerli teknoloji kullanılarak değerlendirilebilecek bu tür imkanlar için, organizasyon ve yasal mevzuat düzenlemeleri yapılması gereklidir. Bu santrallerin, suların değişik amaçlı kullanımları ile entegre biçimde kurulmaları sağlanmalıdır. Ayrıca, kooperatiflerin bu tür santraller kurmalarına ve elektriği üretim ve dağıtım kuruluşlarına satmalarına imkan tanıyan bir yasal düzenlemelerde düşünülmelidir.

Avantajları: Hidrolik santraller sayesinde üretilen enerjinin maliyeti düşüktür ve kirlilik oluşturmaz. Aynı zamanda yüksek verimlidir (% 80).

Dezavantajları: Barajlar, çevrelerindeki bölgenin ekolojisini değiştirir. Örneğin, barajlarda toplanan su, her zaman için, nehirlerden akan durumda olan suya göre daha soğuktur ve bu durum bazen balık ölümlerine neden olur. Barajlardan dolayı, nehirlerdeki su seviyesi doğal ortamından daha aşağıda veya yukarıda olduğunda nehir çevresindeki bitki gelişimini olumsuz etkiler.

Hidrolik Kaynaklar ve Türkiye: Türkiye'nin işletilebilir su gücü, 122.4 milyar kwh kadar hesaplanmaktadır. Bunun şimdilik önemli bir kısmı henüz işletmeye açılmış değildir. 1995 yılı itibariyle 36.7 milyar kwh dolayına çıkmış olan üretim yoluyla ülkemiz ancak bu potansiyelin % 29.5' unu değerlendirmiştir. Bu da 275 adet hidroelektrik santralden elde edilmektedir.

Henüz su gücünün çok az kısmı değerlendirilmiş olmakla birlikte, bu alanda geçmiş yıllara göre önemli gelişmeler vardır. Örneğin 1960' da yaklaşık 1 milyar kwh olan su gücü elektriği, 1995 de 36.7 milyar kwh olup, 1960-1995 devresinde yani 35 yılda yaklaşık 36 katından fazla bir artış göstermiştir. Türkiye'de elektrik enerjisi üretimi giderek artmaktadır. 1940 yılı toplam üretimi yaklaşık 397 milyon kwh ve 1950 yılı

üretimi ise yine yaklaşık 790 milyon kwh idi. Bir yandan yeni termik ve hidroelektrik santrallerin devreye girmesi, bir yandan da ülke ihtiyacının hızla artması, ülke yıllık elektrik enerjisinin üretiminin artışını teşvik etmiştir.

Elektrik enerjisi, santrallerden yani elektrik üretim fabrikalarından, tüketim merkezlerine, yüksek gerilim hatları denilen enerji nakil hatlarıyla nakledilirler.

Ülke genelinde bütün üretim ve tüketim merkezlerini birbirine bağlayan hatlar sistemine enterkonnekte sistem denir. Bu hatların uzunluğu ile orantılı diyebileceğimiz şekilde, yüksek gerilim hatlarında enerji kaybolur. Taşıyıcı hatların uzunluğuna, ormanlık sahadan geçip geçmediğine ve hatların eski veya yeni olup olmayışına göre değişmesine rağmen, enterkonnekte sistemdeki elektrik kaybı yaklaşık % 10 ila % 20 arasında değişir. Bunun anlamı şudur: Örneğin 1995 Türkiye enterkonnekte sisteminde elektrik enerjisi üretimi yaklaşık 87 milyar kwh idi. Türkiye enterkonnekte sisteminde % 10 kayıp meydana geldiği kabul edilirse, demek ki Türkiye' nin 1995 net elektrik enerjisi üretimi yaklaşık 78,3 milyar kwh idi.

Toplam üretim giderek artmakla birlikte ülke ihtiyacını karşılayacak düzeyde değildir. Bu nedenle de ülke zaman zaman komşu ülkelerden elektrik enerjisi satın almaktadır. Türkiye elektrik üretiminin % 60' a yakını termik kaynaklardan elde etmektedir. Oysa sadece işletebilir su gücü 122.4 milyar kwh olup, 1995 yılı itibariyle bu potansiyelin sadece % 29.5'i değerlendirilebilmiştir. Türkiye elektrik enerjisi üretiminin büyük bir çoğunluğu sanayi ve konutlarda tüketilmektedir.

2.2.1.3. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji doğal bir enerji türüdür. Yenilenebilen bu enerjinin oluşumunda kullanılan ısı kaynağı yer kabuğunun derinliklerindeki magmadır. Yer kabuğunun iç kısmına doğru yerin sıcaklığı artar. Yaklaşık 1°C lik sıcaklık artışı için dikey olarak yer kabuğu içinde inilmesi gereken derinliğin metre olarak derinliğine jeotermi derecesi denir. Jeotermi derecesi için genellikle 30-35 metrelik iç sıcaklık basamakları esas alınır. Yer kabuğunun derinliklerinde bulunan ısı enerjisi yüklü

yağmur sularının sondajla yeryüzüne çıkarılarak insanlara yararlı bir duruma getirilmesine jeotermal enerjiyi ortaya çıkarır.

Yerkabuğunda oluşan sıcaklığın başlıca iki kaynağı vardır. Birincisi yer kabuğu içine girmiş bulunan ve yeryüzüne doğru yükselen magma ile birlikte taşınıp yayılan sıcaklıktır. İkincisi ise, yer sıcaklığı ya da jeotermi denilen ve kabuk içinde derinlere doğru inildikçe artan, yerin kendi sıcaklığıdır. Bunun değeri ise 1100-1200°C yi bulur.

Kuşkusuz yerin merkezine kadar bu sıcaklık değeri daha da yükselir. Yeryüzünden yaklaşık 6370 kilometrelik bir derinlik gösteren iç çekirdekte bu değer 3000-5000°C' ye ulaştığı tahmin edilmektedir. Buradan da anlaşıldığı üzere jeotermal enerjinin orijini jeotermi ve magmadan gelen sıcaklıktır. Yer kabuğu içinde magmatik faaliyet son bulduğu zaman magma giderek soğur. Soğuma binlerce yıl devam eder ve yavaş yavaş meydana gelir. Soğuma sırasında bazı gazlarla birlikte, doğal buharda oluşur. Gazlar ve buhar yer kabuğu içinde kırık hatlar veya volkanik bölgelerin derinliklerindeki çatlak ve yarıklardan geçerek yüzeye, sıcak kaynak suları gayzerler ve doğal buhar şeklinde ulaşır. Doğal buharın elektrik enerjisi üretiminde, diğer sıcak suların ise ısıtma işlerinde ekonomik olarak kullanılmaları mümkün olmuştur. Doğal buhar ve diğer sıcak suların yani termal kaynakların kökeni büyük ölçüde yüzeyden yer altına sızan sulardır. Bu gruptaki sular genellikle volkanizma hareketleri sırasında magmadan ayrılan gazların yoğunlaşması sonucu oluşan sıcak su buhar karışımı ve buhar şeklinde (doğal buhar) sulardır.

Yüzyıllardır insanlar bu suları banyo yapma veya mutfaklarında kullanırlar. Ancak bugünkü teknoloji ile artık bunların kendiliğinden yeryüzüne çıkmalarını beklemek yerine jeotermal rezervuarların oldukları yerlere sondaj yaparak enerji açığa çıkarılabilmektedir.

Jeotermal enerji ülkemiz için önemli bir yenilenebilir kaynaktır. Türkiye jeotermal potansiyel açısından dünyanın yedinci ülkesidir, muhtemel jeotermal potansiyelin kullanımının getirebileceği ekonomik kazanım 9 milyar\$/yıl'dır.

Yüzey sıcaklığı 40°C'nin üzerinde 140 adet jeotermal saha mevcuttur. Ancak, bunlardan sadece dört tanesi elektrik üretimine uygundur. Bu sahalardan Denizli-Sarayköy'de 20.4 MW elektrik gücünde kurulu bir santral mevcuttur. Diğer üç sahada da elektrik santralleri kurulmalıdır. Ayrıca, bu sahalarda elektrik üretimine entegre olarak, merkezi ısıtma vb. jeotermal uygulamalar gerçekleştirilebilir.

Geri kalan sahaların ısıtma amaçlı olarak ve düşük sıcaklıkta ısı enerjisi gerektiren uygulamalarda değerlendirilmesi teşvik edilmelidir. Türkiye'nin teorik jeotermal toplam kapasitesi 31.500 MWt dir ve bunun eşdeğeri de 5 milyon konuttur. Ancak, bu muhtemel bir değer olup, hedef olarak bir milyon konut öngörülebilir. Jeotermal enerjinin çevre dostu karakterde kullanılması için tüm dünyada yasalarla zorunlu hale getirilmiş olan re-enjeksiyon (akışkanı yeraltına geri verme) tekniğinin uygulanması, hem rezervuar parametrelerinin korunması hem de jeotermal suyun çevreye zarar vermemesi için şarttır.

Jeotermal kaynakların gelişmiş teknoloji ile yüksek verimli ve entegre kullanılmalarına yönelik Ar-Ge çalışmaları artırılmalıdır. Özellikle, jeotermal enerjinin elektrik enerjisine dönüşüm verimini artıran (çift buharlaştırıcı sistemler) ve düşük sıcaklıktaki jeotermal akışkanlardan elektrik üretimine imkan sağlayan yeni teknolojiler (İkili Çevrim Teknolojileri) üzerinde durulmalıdır. Ayrıca, sıcak kuru kaya (hot dry rock) jeotermal olanakları da araştırılmalıdır.

Avantajları: Çok yüksek verimlidir ve direkt olarak elde edilebildiği için maliyeti düşük iyi bir güç kaynağıdır.

Dezavantajları: Yeraltından çıkarılan tüketilen kısmın, aynı oranda, kısa süreçte tekrar oluşması mümkün olmamaktadır. Ayrıca bu kaynaklardan elde edilen su genellikle aşındırıcı ve kirlilik yaratıcı maddeler de içermektedir.

Jeotermal Enerjiden Yararlanma Alanları

Elektrik enerjisi üretimi,

Konutların ısıtılması,

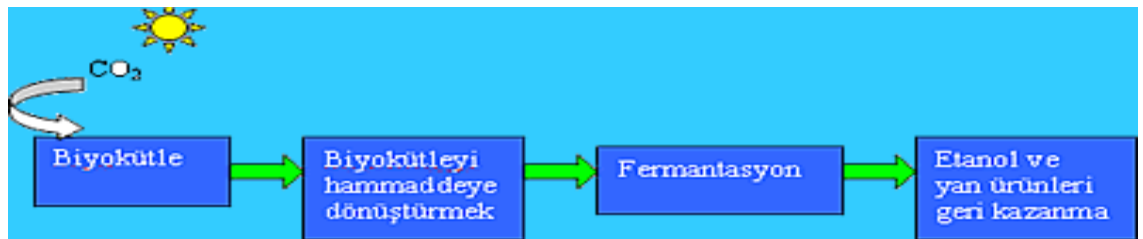
Tarım seralarının ısıtılması,
 Yüzme havuzları, kaplıcalar ve hamamlar gibi sıhhi tesislerin ısıtılması,
 Kimyasal madde üretimi,
 Kağıt endüstrisi,
 Tekstil endüstrisi,
 Hayvancılık
 şeklindedir.

Dünya da insanlığın sürekli olarak artan enerji ihtiyacını mümkün olduğunca çevreyi kirletmeyen enerji kaynakları (güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji gibi) ile karşılamak için yapılan araştırmalar için her geçen gün artmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ve enerji imkanları kısıtlı olan ülkelerin bu tür kaynaklardan bir kısmına önem vermesi tabiidir. Endüstrisi hızla gelişen ülkemizin enerji ekonomisi açısından böyle yeni ve temiz enerji kaynaklarına önem vermesi gerekmektedir. Ülkemizde bu alandaki etüt ve araştırmaların tam anlamıyla yapılabilmesi için yatırımlara ihtiyaç vardır.

2.2.1.4. Biyo-Kütle Enerjisi

Biyo-kütle enerjisi hayvansal, bitkisel atıkların ve çöplerin rejenerasyonu sonucunda enerji elde edilmesidir. Çağdaş ve klasik yöntemler olmak üzere, iki grupta incelenebilir. Çağdaş yöntemde, ağaç endüstrisi, enerji tarımı, hayvansal atıklar ve kentsel atıklar kullanılır.

Klasik yöntemde ise, ormanlardan elde edilen odun, bitki, hayvan atıkları yakacak olarak kullanılır.



Şekil 2.6 : Biyo-kütle döngüsü (www.alternaturk.org/image/enerji-kaynaklari)

Çöplerin depolanması sonucunda elde edilen 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 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 86.25 MW gücünde beş adet çöp santrali projesi vardır. İzmit ve İstanbul Belediyeleri çöp santrallerini devreye almıştır.

2.2.1.5. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen dünyada en çok bulunan elementlerden biridir. Su, hidrojen ve oksijenden oluşur ve akarsu ve denizlerde çok miktarda bulunmaktadır. Hidrojen doğada saf halde bulunmaz. Ancak çeşitli yöntemlerle elde edilebilir. Bu sebeple yenilenebilir bir yakıttır. Bunun yanında yakıtlar içerisinde çevresel açıdan en temizidir. 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 halen bir yakıt olarak uzay mekiği ve roketlerde kullanılmaktadır. Düşünülen diğer kullanım yerleri ise mobil uygulamalar (cep telefonu, bilgisayar, vb) ve yerleşik uygulamalar (yedek güç üniteleri, uzak mekanlarda güç gereksinimi, vb) dır.

Hidrojen enerji sistemi şu kısımlardan oluşur:

Hidrojen üretimi

Depolama ve iletim

Enerji çevrimi

Hidrojen enerjisi konusunda son yıllarda meydana gelen gelişmeler, 2010 yılından itibaren hızlanan bir süreç içinde hidrojenin özellikle ulaşım sektöründe diğer yakıtların yerine geçeceğini göstermektedir.

Hidrojen Üretimi

Kömür, doğalgaz, benzin gibi fosil yakıtlardan termokimyasal yöntemlerle hidrojen elde edilebilir. Buharla reaksiyon yöntemi en çok kullanılan yöntemdir. Burada fosil yakıt bir nikel esaslı katalizör vasıtası ile buharla reaksiyona girer ve hidrojen açığa çıkar. Ayrıca biyo-kütle'den proliz yöntemi ile elde edilen bio-yağ'dan da benzer şekilde buharla reaksiyon ile hidrojen elde edilir.

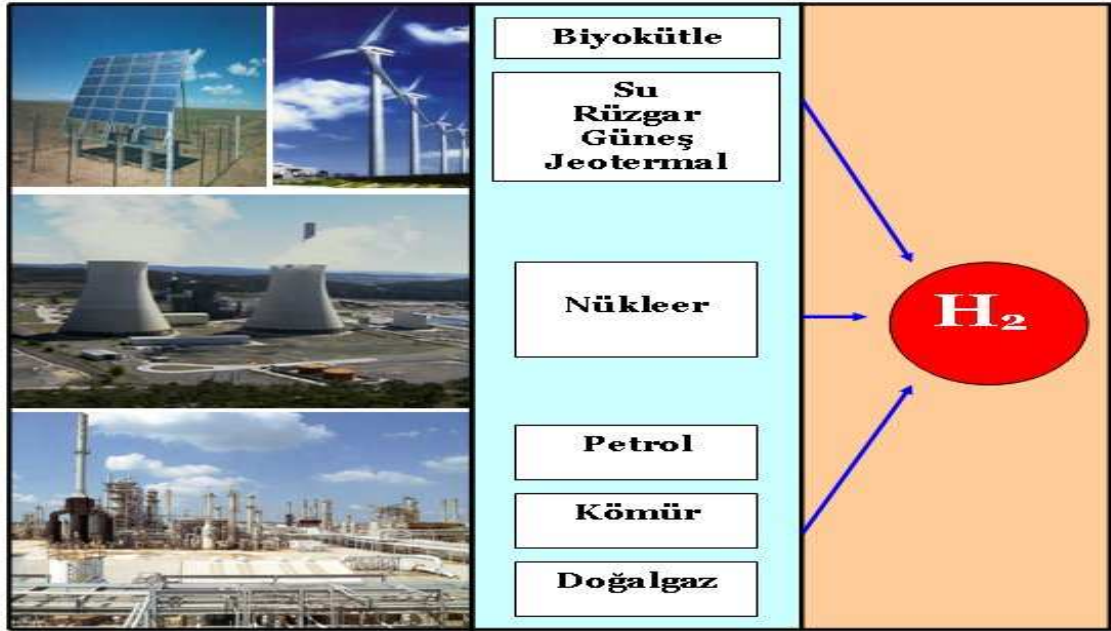
Suyun elektrolizi ile hidrojen elde edilebilir. Burada elektrik enerjisi kullanarak su hidrojen ve oksijene ayrılır.

Foto-elektrokimyasal yöntemle güneş enerjisinden hidrojen elde edilebilir. Bu yöntem elektroliz yönteminin bir benzeridir ve elektrik akımı suya batırılmış güneş pillerinden elde edilir. Normal elektroliz yönteminden daha verimlidir.

Foto-biyolojik yöntemle yeşil yosunlardan doğal fotosentez faaliyetlerinden yararlanarak hidrojen elde edilebilir.

Çeşitli hidrür bileşiklerinden kimyasal yöntemlerle hidrojen elde edilebilir. Bunların en önemlisi sodyum borhidrürdür.

Hidrojen halen en ucuz olarak fosil yakıtlardan buharla reaksiyon yöntemi ile elde edilmektedir. Ancak bu yöntem fosil kaynaklara olan bağımlılığı azaltmamakta ve hava kirliliğine sebep olmaktadır. Diğer en çok kullanılan yöntem elektrolizle suyun ayrıştırılmasıdır. Elektroliz yönteminin ve diğer yöntemlerin verimlerinin artırılması ve üretim maliyetlerinin azaltılması için araştırmalar sürdürülmektedir.



Resim 2.1: Hidrojen kaynakları

Hidrojenin Depolanması ve Taşınması

Hidrojen, gaz halinde, sıvı halinde veya bir kimyasal bileşik içinde depolanabilir. Daha çok gaz halinde saklanmaktadır. Fakat düşük yoğunluklu olduğundan çok yer kaplar. Bunun için basınçlı tanklarda ve tüplerde sıkıştırılmış olarak saklanır. Tank malzemeleri hafiflik ve güvenlik açılarından geliştirilmektedir.

Sıvı hidrojen daha az yer kaplar. Fakat hidrojenin sıvılaştırılması için çok yüksek enerji (sıvılaştırılan hidrojenin enerji değerinin 1/3'ü kadar) gerekir.

Katı şekilde hidrojen depolanması için metal hidrürler kullanılmaktadır. Hidrojen gazı metal hidrür tarafından sünger gibi çekilerek gözenekleri içinde depolanır. Ancak metal hidrürler çok ağırdır. On kat daha hafif malzeme olarak karbon nano yapıları geliştirilmektedir.

Hidrojenden Enerji Elde Edilme Yöntemleri

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 NO_x gazı çıkar. Askeri 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.

Termal	Buharlı dönüşüm	Doğalgaz	Yüksek sıcaklıkta buhar
	Termokimyasal su ayrışımı	Su	Nükleer reaktörlerden elde edilen yüksek sıcaklık
	Gazifikasyon	Kömür, Biyo-kütle	Yüksek sıcaklık ve basınçta su buharı ve oksijen
	Piroliz	Biyo-kütle	Orta sıcaklıkta su buharı
Elektro-kimyasal	Elektroliz	Su	Elektrik (Rüzgar, güneş, nükleer)
	Elektroliz	Su	Elektrik (kömür, doğalgaz)
	Foto-elektro kimyasal	Su	Güneş ışığı
Biyolojik	Fotobiyolojik	Su ve alg bakterisi	Güneş ışığı
	Oksijensiz sindirim	Biyo-kütle	Yüksek ısı
	Fermentatif mikroorganizmalar	Biyo-kütle	Yüksek ısı

Tablo 2.5: Hidrojenden enerji elde edilme yöntemleri

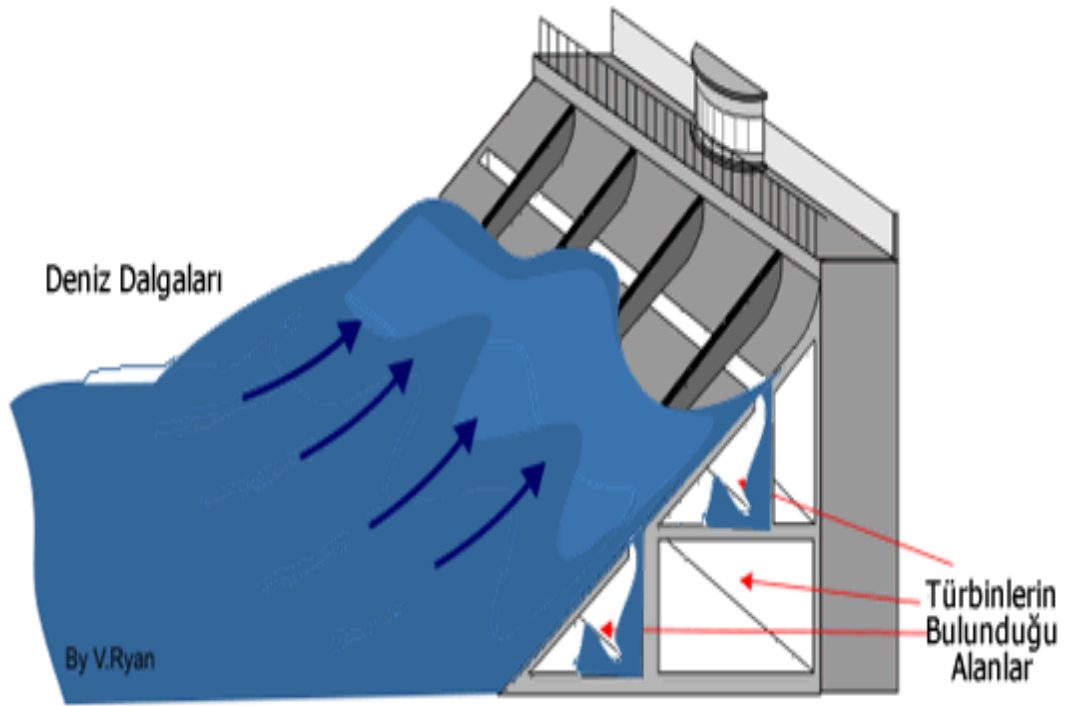
2.2.1.6. Dalga ve Gel-Git (Med-Cezir) Enerjisi

Dalga ve Gel-Git enerjisinden yararlanmak ideal bir fikirdir. Suyun kabarması ve inmesi şeklinde gelişen gelgit hareketi süresince suyun hareket enerjisinin yararlı 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 hareketiyle 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 karşılık gelmektedir. 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.

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 yararlı hale dönüştürülebilir. Med-cezir santrali mevsim değişikliklerinden etkilenmez. Med-cezir vasıtasıyla enerjinin daha verimli elde edilebilmesi için sahillerin okyanusa açık olmalıdır. Bu yüzden bu enerji Türkiye açısından kullanışlı olmayacaktır. Ancak Karadeniz'in yüksek potansiyelli dalgalarından yararlanılabilir. Bunun için fizibilite çalışmaları yapılmaktadır.

Okyanusa sahili olan Fransa da 18 km'lik sahilden 6000 MW'lık bir enerji üretim projesi üzerinde çalışmaktadır.

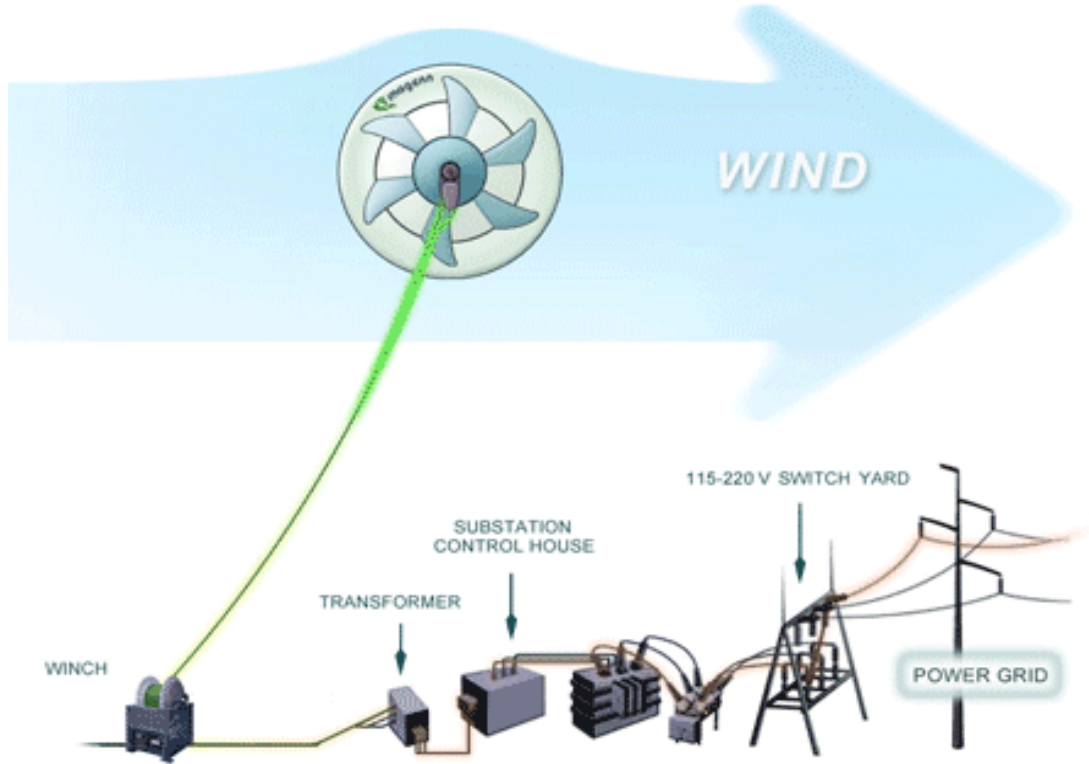


Şekil 2.7: Med-cezir santrali (www.alternaturk.org/image/enerji-kaynaklari)

2.2.1.7. Rüzgar Enerjisi

Çıkış noktası güneş olan rüzgar enerjisi, sınırsız ve temiz enerji kaynaklarından olup gelişen teknolojilerle birlikte kullanılabilirliği gün geçtikçe artmaktadır.

Yüksek verimli olmasından dolayı daha çok yatay eksenli jeneratörler tercih edilmektedir. Ancak rüzgarı çok olan bölgelerde kurulabilmesi, ilk yatırım maliyetinin yüksek olması gibi dezavantajları, yatırımcıları her ortamda çalışabilir daha düşük maliyetli sistemler üzerinde araştırmaya yöneltmektedir. Örnek olarak “Magenn power” firması bu yıl içersinde prototip olarak ürettikleri, uçurtma yaklaşımı mekandan bağımsız enerji jeneratörüyle yüksek miktarda enerjiyi her ortamda üretebilmektedir.



Şekil 2.8:Uçurtma tipi rüzgar jeneratörünün enerji üretimi (<http://www.magenn.com>)

Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği'nin verilerine göre 2 yıl önce Avrupa'da 16'ncı sırada bulunan Türkiye, rüzgâr enerjisi kapasitesine 2008 yılında 311 megavat ve 2009'da 343 megavat ilave ederek Belçika, Norveç ve Polonya'yı geride bırakarak 13'üncü sıraya yükseldi. Avrupa'da en büyük rüzgar enerjisi üreticileri 25 bin 700 megavatla Almanya ve 19 bin 149 megavatla İspanya olurken, 4 bin 850 megavatla İtalya, 4 bin 492 megavatla Fransa ve 4 bin 51 megavatla İngiltere ilk 5'i oluşturdu. Rüzgâr enerjisinde 3 bin 535 megavatla Portekiz, 3 bin 465 megavatla Danimarka, 2 bin 229 megavatla Hollanda, 1560 megavatla İsveç, 1260 megavatla İrlanda, 1087 megavatla Yunanistan ve 995 megavatla Avusturya, Türkiye'nin önünde sıralandı. Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği, geçen yıl Avrupa'da yeni elektrik enerjisi üretim kapasitesinde yüzde 39 payla rüzgar santrallerinin ilk sıraya yerleştiğini ve 2008 sonunda 65 bin 741 megavat olan rüzgar enerjisi üretim kapasitesinin 13 milyar Euro yatırımla geçen yıl sonunda 76 bin 152 megavata ulaştığını duyurdu. Rüzgâr enerjisi,

AB’de 820 bin 606 megavat olan toplam elektrik üretim kapasitesinin yüzde 9’dan fazlasını oluşturuyor. (Hürriyet gazetesi, 05,02,2010)

Rüzgar Türbinlerinin Sınıflandırılması

Kullanımdaki rüzgar türbinleri boyut ve tip olarak çok çeşitlilik gösterse de genelde türbinler, dönme eksenine göre sınıflandırılırlar. Rüzgar türbinleri dönme eksenine göre Yatay Eksenli ve Dikey Eksenli olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar.

Her ne kadar türbinler dikey eksenli ve yatay eksenli türbinler olarak ikiye ayrılırsalar da, her iki tip türbin de temelde aynı aerodinamik prensiplerle çalışırlar. Yararlı aerodinamik kuvvet türü olarak ise, taşıma yada sürüklenme kuvvetlerini kullanırlar.

Dikey Eksenli Rüzgar Türbinleri

Adından da anlaşılacağı gibi, türbin mili dikey ve rüzgarın geliş yönüne diktir. Savonius tipi, Darrieus tipi gibi çeşitleri vardır. Verimleri düşük olduğundan ticari kullanımları azdır. Darrieus tipi dikey eksenli rüzgar türbininde, dikey şekilde yerleştirilmiş iki tane kanat vardır (Resim). Kanatlar, yaklaşık olarak türbin mili uzun eksenli olan bir elips oluşturacak biçimde yerleştirilmişlerdir. Kanatların içbükey ve dışbükey yüzeyleri arasındaki çekme kuvveti farkı nedeniyle dönme hareketi oluşur. Yapısı gereği Darrieus tipi rüzgar türbinlerinde, devir başına iki kere en yüksek tork elde edilir. Rüzgarın tek yönden estiği düşünülürse; türbinin verdiği güç, sinüs şeklinde bir eğri oluşturur.

Dikey eksenli rüzgar türbinleri her yönde çalışır ve değişen rüzgar yönlerinde dönerler. Böylece rüzgarı her bir yönden kabul ederler. Dönüşün dikey eksenli, sürücününün toprak seviyesine dahi yerleştirilmesine izin vermektedir.

Dikey Eksenli Türbinlerin Avantajları

Türbin ve dişli kutusu yere yerleştirildiği için, türbini kule üzerine yerleştirmek gerekmez. Böylece kule masrafı olmaz.

Türbini rüzgar yönüne çevirmeye gerek yoktur. Yani dümen sistemine ihtiyaç yoktur.

Türbin mili hariç diğer parçaların bakım ve onarımı kolaydır.

Elde edilen güç toprak seviyesinde çıktığından, nakledilmesi daha kolaydır.

Binaların üstlerine monte edilebilirler.

Dikey Eksenli Türbinlerin Dezavantajları

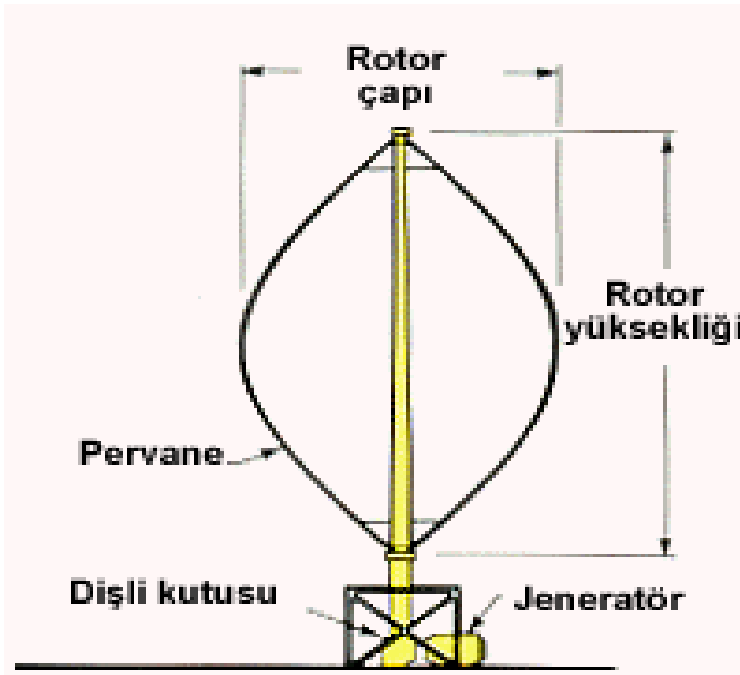
Yere yakın oldukları için alt noktalardaki rüzgar hızları düşüktür.

Verimi düşüktür.

Çalışmaya başlaması için bir motor tarafından ilk hareketin verilmesi gerekir. İlk hareket motoruna ihtiyacı vardır.

Ayakta durabilmesi için tellerle yere sabitlenmesi gerekir.

Türbin mili yataklarının değişmesi gerektiğinde, makinenin tamamının yere yatırılması gerekir.



Şekil 2.9: Dikey eksenli rüzgar türbini yapısı

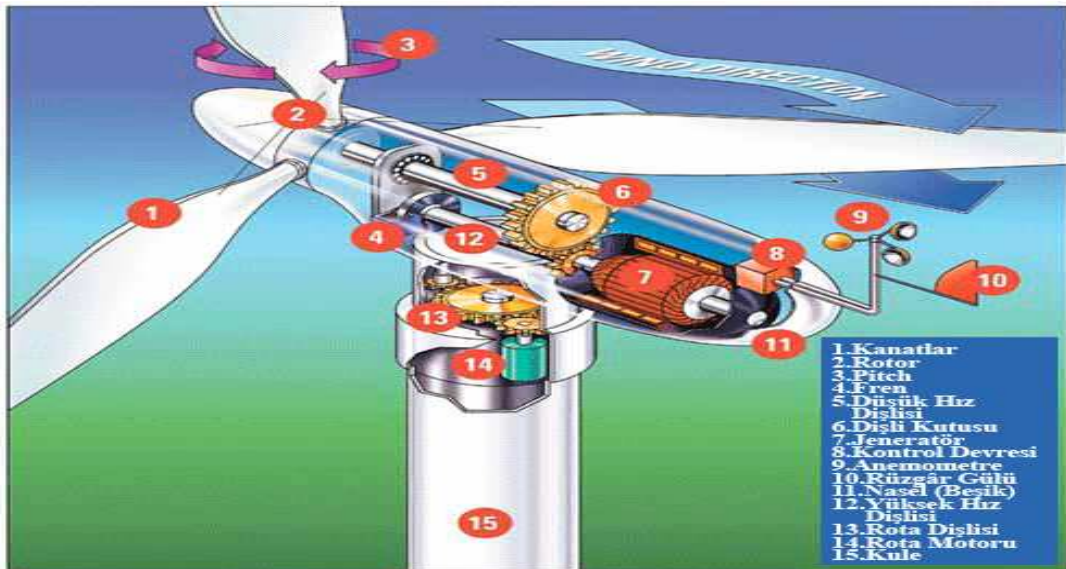
(www.alternaturk.org/image/enerji-kaynaklari)



Şekil : Dikey eksenli rüzgar türbin modeli

Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri

Adında anlaşılacağı gibi, bu tip türbinlerde dönme eksenini rüzgar yönüne paraleldir. Kanatları ise rüzgar yönüyle dik açı yaparlar. Ticari türbinler genellikle yatay eksenlidir. Rotor, rüzgarı en iyi alacak şekilde, döner bir tabla üzerine yerleştirilmiştir.



Şekil 2.10 : Yatay eksenli rüzgar türbini bileşenleri

Yatay eksenli türbinlerin çoğu, rüzgarı önden alacak şekilde tasarlanırlar. Rüzgarı arkadan alan rüzgar türbinlerinin ise, yaygın bir kullanım yeri yoktur. Rüzgarı önden alan türbinlerin iyi tarafı, kulenin oluşturduğu rüzgar gölgenmesinden etkilenmemesidir. Kötü tarafı ise, türbinin sürekli rüzgara bakması için dümen sisteminin yapılmasıdır.

Rüzgarı arkadan alan türbinlerde ise, eğer rotor ve gövde uygun şekilde tasarlanmışsa, dümen sistemine gerek yoktur. Bu nedenle daha hafiftirler. Fakat büyük çaplı türbinlerde rüzgarın arkadan gelmesi tercih edilmez. Bunun nedeni ise; serbestçe dönmeye bırakılan türbinin elektrik enerjisini taşıyan kabloları burmasıdır. 1000 amper gibi yüksek akımlarla çalışan bu sistemde, akımın mekanik sistemlerle de toplanması sağlıklı değildir. Fakat küçük çaplı türbinlerde kolaylıkla uygulanabilirler.

2.2.2. Malzeme Temelli Kaynaklar

Bu tür kaynaklar malzemelerin yardımıyla ve dönüşüm yoluyla enerji üretimi yaparlar. Literatürde genellikle “smart materials” akıllı malzemeler olarak tanımlanırlar. Akıllı malzemelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri nano teknolojiyle düzenlenerek, çok çeşitli alanlarda farklı amaçlarla kullanılabilir hale getirilebilirler.

Bu çalışmada kullanılan termoelektrik elemanlar yarı iletken teknolojisinin enerji boyutundaki yansımasıdır.

Malzeme temelli kaynaklar, Piezo-elektrik Seramikler ve Polimerler ve Termoelektrik Jeneratörler olarak iki bölümde incelenmiştir.

2.2.2.1. Piezo-elektrik Seramikler ve Polimerler

Piezo sözcüğü Latince “bastırmak-press” anlamına gelir. Bazı kristal ve seramik malzemeler üzerine mekanik bir basınç uygulandığında bir elektriksel gerilimin oluşması olarak tanımlanabilir. Piezo-elektrik etki tersinirdir.

Piezo-elektrik etkiyi bulan Pierre Curie ve Paul Jacques Curie kardeşlerdir. Bazı kristal türlerinin, üzerine ağırlık konulduğunda yada eksenleri boyunca sıkıştırıldıklarında, yüzeyler arasında bir gerilimin oluştuğunu gözlemlemişlerdir. Piezo-elektrik etki adını verdikleri bu olayın bulunuşundan bir yıl sonra ters Piezo-elektrik etki ortaya atıldı.

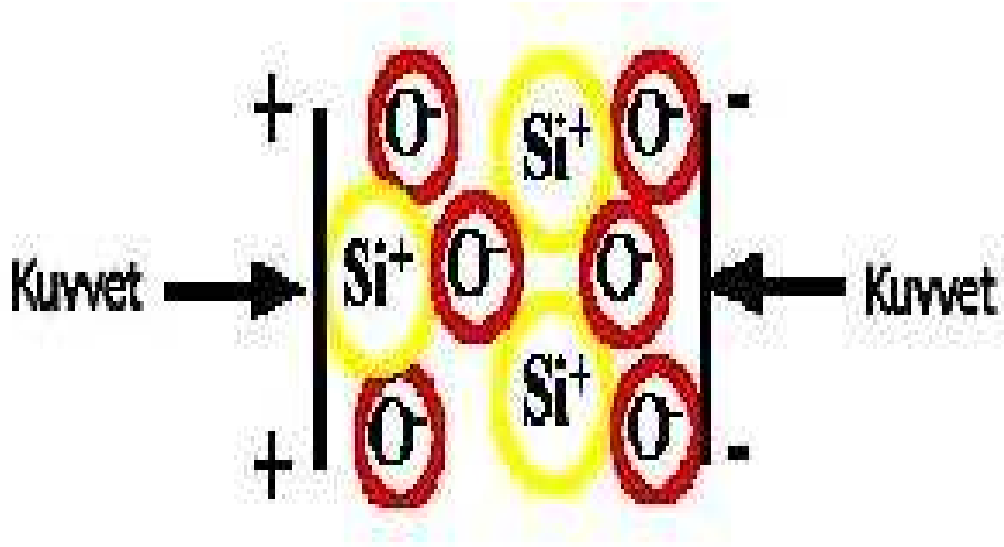
Piezo-elektriğin matematiksel ve kristalografik teorisi ise, bu buluştan birkaç yıl sonra tamamlandı. Curie kardeşlerin üzerinde çalıştıkları ilk kristal türleri, bugün de hala kullanılmakta olan, kuvars, turmalin ve rochelle tuzudur. Günümüzde daha fazla kristalin yanı sıra birçok seramik malzemede aynı alanda kullanılmaktadır.

Piezo-elektrik etkinin oluşumu

Katı kristal yapıdaki maddelerin içindeki negatif (anyon) ve pozitif (katyon) yüklü iyonlar dengededir yani elektriksel olarak yüksüzdür. Ancak mekanik bir yolla malzeme üzerine bir kuvvet uygulanması, yüzey yüklerinin oluşmasına neden olabilir. Bir kristalde piezo-elektrik özelliğin gözlenmesi, bu yüzey yüklerinin oluşmasına bağlıdır. Fakat simetri özellikleri bu yüklerin oluşması için gerekli koşulları kısıtlamaktadır. Bu nedenle simetri merkezi olmayan kristaller bu iş için en uygun malzeme grubunu oluşturmaktadır. Elektriksel olarak yüksüz ve yapısal simetri merkezi bulunmayan bir kristale uygulanan basınç, pozitif yüklerin merkezi ile negatif yüklerin merkezinin birbirlerinden hafifçe ayrılmasına ve kristalin karşılıklı yüzeylerinde zıt yüklerin ortaya çıkmasına neden olur. Yüklerin bu şekilde ayrılması bir elektrik alanı yaratır ve kristalin karşılıklı yüzeyleri arasında ölçülebilir bir potansiyel farkı oluşur. Piezo-elektrik etkiyi ifade eden bu sürecin terside geçerlidir. Ters piezo-elektrik etkide de, karşılıklı yüzeyleri arasına bir elektrik gerilimi uygulanan bir kristalde boyutsal bir şekil değişimi oluşmaktadır.

Piezo-elektrik malzemeler, başlıca iki malzeme grubundan oluşur; kuvars ve turmalin gibi doğal olarak piezo-elektrik etki gösteren kristaller ile polarite sonrasında piezo-elektrik etki gösteren ferro-elektrik malzemelerdir.

Şekil 'de gösterilen büyük daireler silikon atomlarını, küçük olanlar ise oksijen atomlarını belirtmektedir. Doğal ya da işlenmiş kuvarz kristali en hassas ve kararlı piezo-elektrik malzemelerden biridir. Doğal malzemelerin yanı sıra yüksek teknolojilerle üretilen poli-kristalin ve piezo-seramik gibi malzemeler de yüksek elektrik alana maruz bırakıldıklarında piezo-elektrik özellik kazanmaları sağlanabilmektedir. Bu kristaller çok yüksek değerde yük çıkışı üretirler. Bu özellikleri sayesinde de özellikle düşük genlikli sinyallerin ölçülmesinde kullanılırlar.



Şekil 2.11: Piezo-eletrik etkinin oluşumu

([http://www.e3tam.com/destek/Algilyayicilar_\(Sensors-Transducers\).htm](http://www.e3tam.com/destek/Algilyayicilar_(Sensors-Transducers).htm))

Kullanım alanları

Günümüzde birçok kristalin piezo-elektrik özelliğinden yararlanılmakta ve her birinin, kendine özgü özellikleriyle farklı kullanım alanları ortaya çıkmaktadır. Piezo-elektrik kristaller, her tür elektronik donanımda, çakmaklarda, masa ve kol saatlerinde, akustik ve hassas ölçüm yapan mikroskoplarda, yüksek frekansta ses üretimi için ultrasonik aygıtlarda, yarı-iletken ve entegre devre teknolojilerinde, en hassas termometrelerin yapımında olduğu kadar, günlük hayatımızda kullandığımız daha bir çok aygıtta kullanılmaktadır. Kol saatlerinin içlerinde bulunan kuvars (quartz) kristaline kol hareketlerimiz vasıtasıyla basınç uygularız ve böylece saatin belli bir miktar enerji gereksinimini karşılamış oluruz. Kullandığımız çakmaklarda

da durum böyledir; ateşleme butonuna basmamızla çakmak düzeneğinde bulunan kuvars kristaline basınç uygulamış oluruz ve oluşan elektrik akımı gazı tutuşturur. Günümüzde her ne kadar cd çalarlar kullanılıyorsa da pikaplarda da piezo-elektrik düzeni işlemektedir. Pikap üzerine titreşimler yoluyla açılan çukurlara kaydedilen ses, pikap çalıcıların iğnelere yerleştirilen piezo-elektrik maddenin yardımıyla, iğne ses çukurlarından geçerken titreşimlerin tekrar elektrik akımına dönüşüp cihaz tarafından işlenebilmesini sağlar.

II. Dünya savaşında uçaktan atılan bombaların patlama düzeneklerinde de piezo-elektrik kristaller kullanılmıştır; bomba yere çarpınca, bombanın ucuna yerleştirilmiş kristal bir elektrik gerilimi oluşturuyor, bu da bombanın patlamasını sağlıyordu.

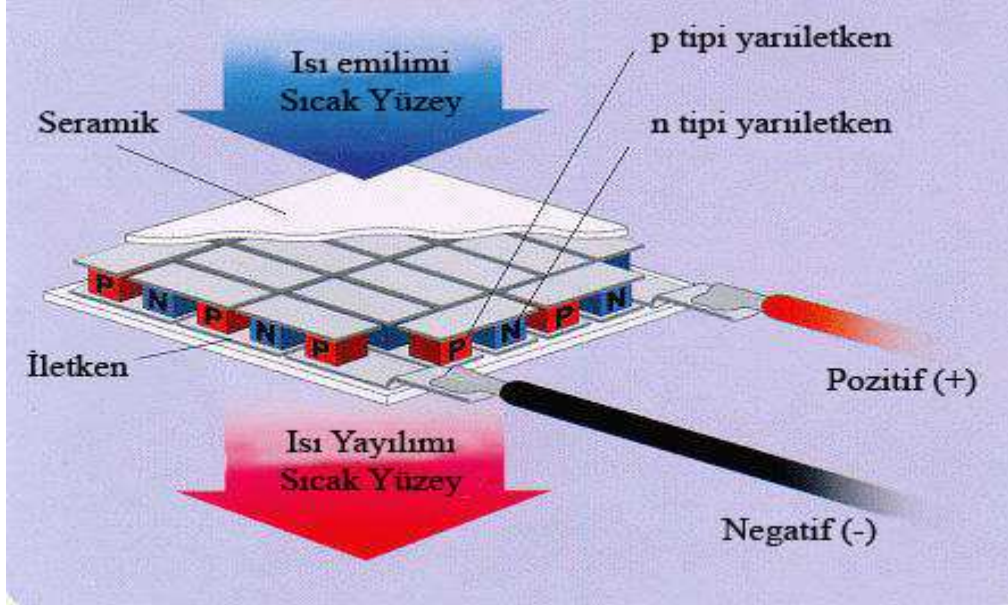
Bu denli çok kullanım alanı olmasına karşın daha fazla uygulama alanı için, yeni piezo-elektrik malzemeler üzerinde yapılan çalışmalar, katı hal fiziğinin gittikçe önem kazanan bir alanını oluşturmaktadır. Bu araştırmaların temel hedefi, yüksek sıcaklığa karşı dayanıklı ve daha küçük boyutlarda devre elemanları ile cihazlar; başka bir deyişle geleceğin teknolojilerini üretmektir.

2.2.2.2. Termoelektrik Jeneratörler

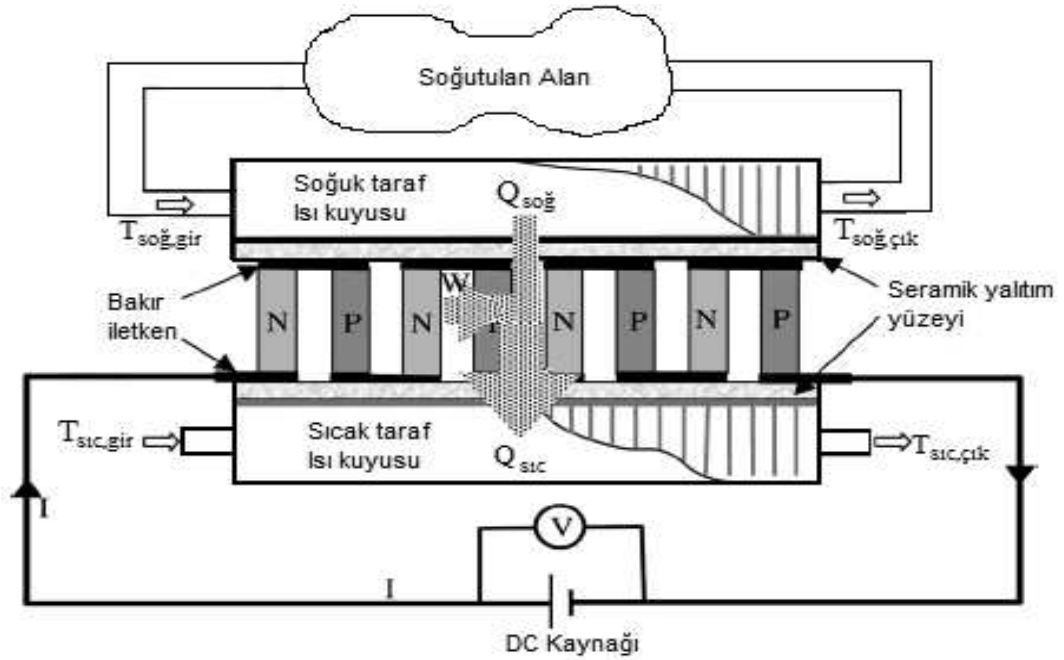
Termoelektrik jeneratörlerin temelini oluşturan termoelektrik etki prensibi, Estonya kökenli Alman fizikçi Thomas Johann Seebeck'in 1821 ve Fransız fizikçi Charles Athanase Peltier'in 1834 yıllarında yaptıkları çalışmalarla ortaya çıkmıştır. Birbirinin tersi olan olayları bulmalarından dolayı termoelektrik etki hem Peltier hem de Seebeck etkisi olarak adlandırılır.

Termoelektrik etki, sıcaklık farklarının elektriğe, elektriğin de sıcaklık farkına dönüşmesidir. Termoelektrik jeneratörün iki yanına sıcaklık farkı uygulandığında bir gerilim farkı oluşur, yada jeneratöre dışarıdan gerilim uygulanırsa, termoelektrik jeneratörün her iki yanına sıcaklık farkı oluşur. Bu durum elektrik üretmek, cisimleri soğutmak cisimleri ısıtmak yada cisimlerin sıcaklığının ölçmek için

kullanılabilir. Isıtma yada soğutma işlemi termoelektrik jeneratöre uygulanan voltajın yönüne göre belirlenebilir.



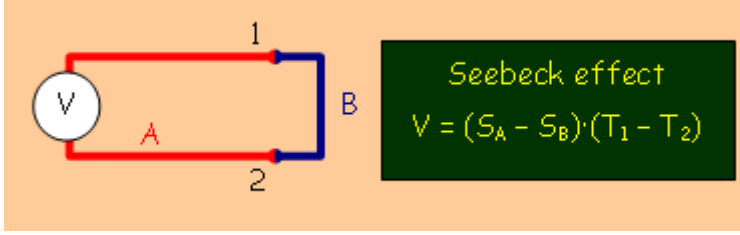
Şekil 2.12: Termoelektrik jeneratör şeması (imder, 2002)



Şekil 2.13: Termoelektrik jeneratörün iç yapısı

Seebeck Etkisi

Dış etkiyle oluşturulan sıcaklık farkının elektriğe dönüştürülmesidir. Seebeck deneysel çalışmalarında iki metalden bir halka oluşturmuştur.



Şekil 2.14: Seebeck etkisi oluşumu

S_A ve S_B Seebeck katsayılarıdır ve sıcaklığa bağlıdır. T_1 ve T_2 bağlantıların sıcaklığıdır. Seebeck katsayıları sıcaklıkla lineer olmayan değişim gösterirler ve iletkenin yapısına bağlıdır.

Seebeck deney sırasında metallerin bağlantı yerlerinde sıcaklık farkı oluşturduğunda metaller farklı tepki göstermiş bu da halkada akıma sebep olduğundan yakındaki bir pusula iğnesinin saptığını gözlemlemiştir. Seebeck olayı termo-manyetik etki olarak açıklamıştır. Akımın oluştuğunu düşünmemiştir.

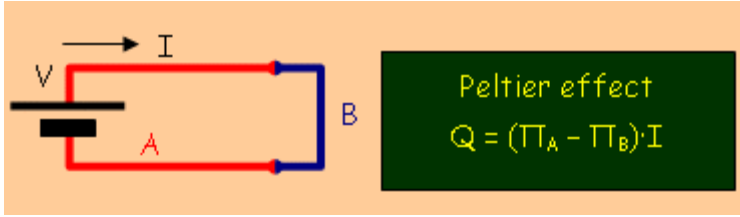
İlk olarak Danimarkalı fizikçi Hans Christian Ørsted termoelektrik kavramını kullanmıştır.

Sıcaklık farkında iki metal yada yarıiletken arasında termoelektrik EMF (elektromotor kuvveti), voltaj farkı oluşur. Her derece farkında mikrovolt mertebesinde fark oluşur. Termoelektrik jeneratörde, termal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken bir dizi termoelektrik pil kullanılır. Seebeck Olayı süresince, pile giren ısı pil içindeki elektronların bir kısmının enerji düzeylerini artırır. Daha yüksek enerji düzeyinde, elektronlar yarıiletkenin kristal yapısında artık hareket edecek şekilde serbest kalırlar. Elektronlar serbest kaldıkça, kristalde bir boşluk bırakırlar. Düşük enerjili elektronlar, materyalin içinde serbestçe harekete edememelerine rağmen, bir boşluktan diğerine sıçrayabilirler. Bu şekilde, termoelektrik jeneratörde bir potansiyel farkı (voltaj) oluşur. Seebeck etkisi termoelektrik çiftte kullanılır. Bu

çiftle sıcaklık farkı ya da sıcaklık ölçülür. Birçok çift seri bağlanarak termo-pil yapılır böylece çıkış voltajı artar.

Peltier Etkisi

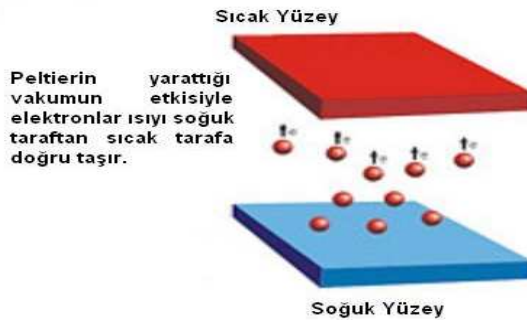
Devreye akım verdiğimizde, üstteki bağlantıda sıcaklık artar, alttaki bağlantıda sıcaklık azalır.



Şekil 2.15: Peltier etkisi oluşumu

Eşitlikte, I akım, π Peltier katsayısıdır, π_A ve π_B her metalin kendi katsayısıdır. Peltier katsayıları, verilen metal için ne kadar ısının birim yükte taşıdığını gösterir. Isı transferinin yönü akımın yönü ile değiştirilebilir.

Peltier etkisinden yararlanarak p-n eklemlerinin seri olarak bağlanmasıyla TEC “Termo elektrik soğutucu” jeneratör oluşturulur.



Şekil 2.16: Termoelektrik dönüştürücünün çalışma prensibi

Thomson etkisi, 1851 yılında William Thomson (Lord Kelvin) tarafından önce tahmin edildi sonra ispatlandı.

Thomson İlişkisi

Seebeck etkisi, Peltier ve Thomson etkilerinin birleşimidir. Thomson 1854 yılında aşağıdaki denklemi buldu.

Mutlak sıcaklık T, Peltier katsayısı π , Seebeck katsayısı S : $\Pi = S T$

Termoelektrik Jeneratörlerin Tarihsel Gelişimi

Bu bölümde başlangıçtan günümüze tarihsel gelişimi incelenmiştir.

Fourier 1823 yılında küçük antimon ve bizmut barlar dizi kaynaklı çiftini kullanarak ilk termoelektrik jeneratörü icat etti.

1840 yılında Pouillet güneş kaynaklı kızıl ötesi radyasyon miktarını ölçmek amacıyla termoelektrik jeneratör yapmıştır.



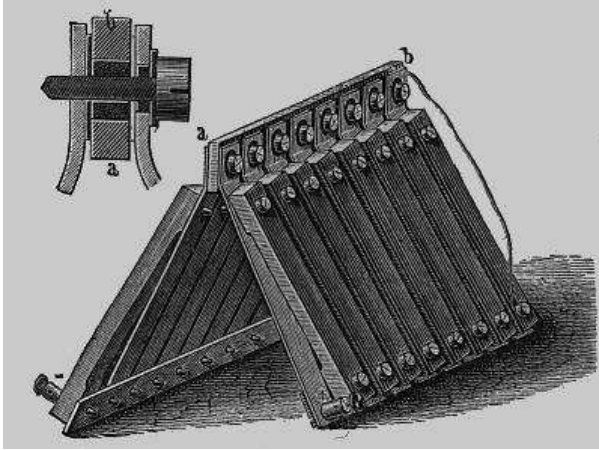
Resim 2.3: Pouillet termoelektrik jeneratörü (1840)

1860 yılında ilk gaz yakıtlı termoelektrik jeneratör Ruhmkorff tarafından bulunmuştur.



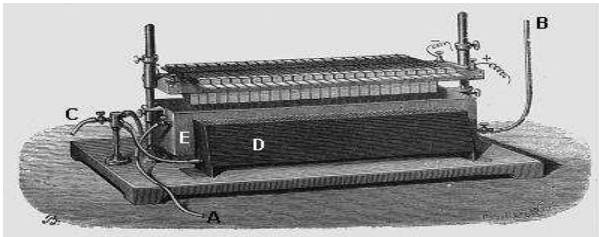
Resim 2.4: Ruhmkorff termoelektrik jeneratörü

Markus 1864 yılında bakır, çinko, nikel, antimon bizmut alaşımıyla oluşturduğu termoelektrik jeneratörle 55 milivolt elde etmiştir.



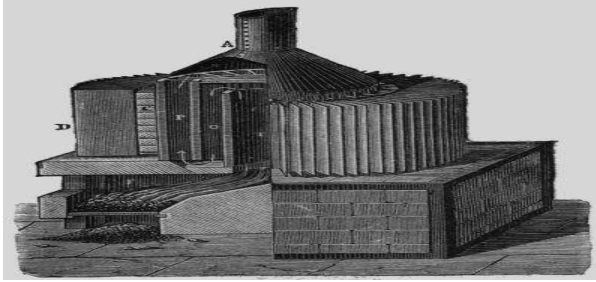
Resim 2.5: Markus termoelektrik jeneratörü 1864

Radyoaktivite konusunda yaptığı önemli çalışmalarla tanınan Henri Becquerel bakırsülfür ve alman gümüşü kullanarak termoelektrik jeneratör yapmıştır.



Resim 2.6: Henri Becquerel termoelektrik jeneratörü

1879 da Clamond tarafından oluşturulan termoelektrik pilde gas yakıtı kullanarak enerji elde edilmiştir. Bu sistemin maksimum güç çıkışı 192 Watt, 54 Volt ve 3.5 Amper olarak ölçülmüştür.

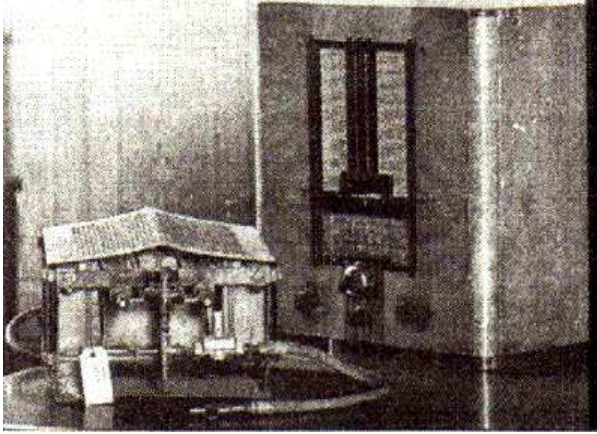


Resim 2.7: Clamond termoelektrik jeneratörü

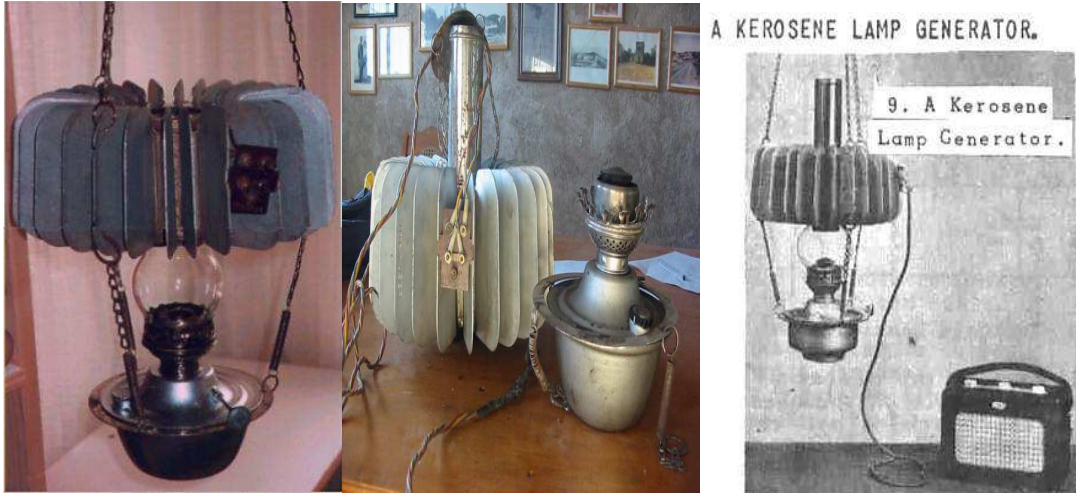
1900'lü yıllara gelene kadar birbirine çok benzeyen jeneratörler üretilmiştir. Bu cihazların günlük yaşamda kullanılması 1925 yılında termoelektrik sobasıyla başlamış, genellikle radyoları çalıştırmak için enerji üretmek amacı ile kullanılmıştır.



Resim 2.8: Thermattaix termoelektrik sobası



Resim 2.9: Termoelektrik jeneratörle çalışan radyo



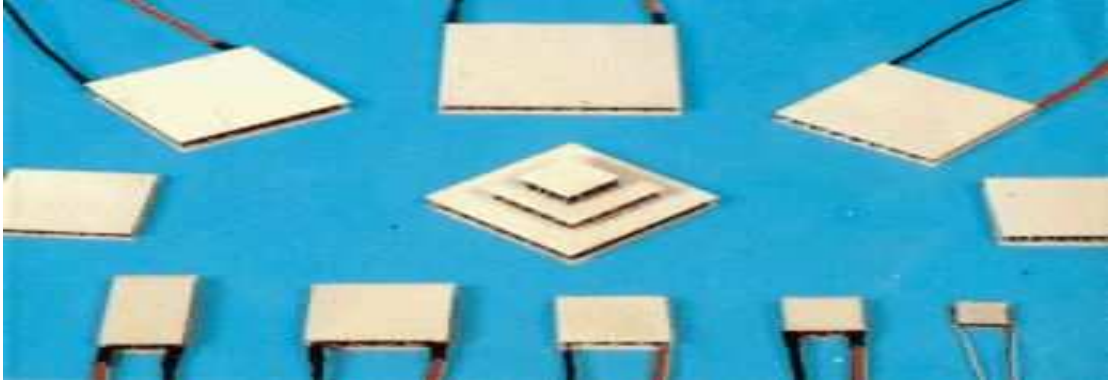
Resim 2.10: Rus termoelektrik gaz lambası ile çalışan radyo

Termoelektrik jeneratörler 1960'lı yıllardan itibaren daha çok ısıtma ve soğutma amaçlı olarak kullanılmıştır, yarı iletken teknolojisinin gelişmesiyle birlikte elektrik enerjisi üretme amacıyla kullanımı için araştırma ve geliştirme çalışmaları sürmektedir.

Özellikle Nasa'nın bu konuda yaptığı çalışmalarla termoelektrik jeneratörlerin yakın bir gelecekte enerji üretimi için çok önemli kaynaklar haline geleceği söylenebilir.

Termoelektrik Jeneratörlerin Sanayide Kullanım Alanları

Termoelektrik jeneratörler çeşitli alanlarda kullanılmaktadır.



Resim 2.11: Termoelektrik jeneratör çeşitleri

Elektronikte; güç elemanı (transistör, tristör vb.), düşük gürültülü yükselteç, lazer diyotu (veri anahtarlama, tarayıcılar, ataletsel güdüm sistemleri), CPU soğutucu ve besleme ünitelerinde,

Elektro-optikte; kızılötesi (IR) algılayıcılar (aktif gece görüş ve termal güdüm sistemleri), CCD kameralar (askeri ve uzay), foto-yükselteçler (pasif gece görüş)

Fizikte; kalorimetre, ısıl şartlandırma hücresi, nem gidericiler, yoğuşma tipi nemölçer buz (donma noktası) referansı, kalibrasyon banyosu

Kimyada; elektroforez hücresi soğutması, ısı bataryası (termo-pil)



Resim 2.12: Termoelektrik jeneratörlerin çeşitli kullanım alanları

Biyomedikalde; DNA analizi, kan tahlili, tıbbi tanı cihazları, biyomedikal sıvı soğutmada kullanılır.

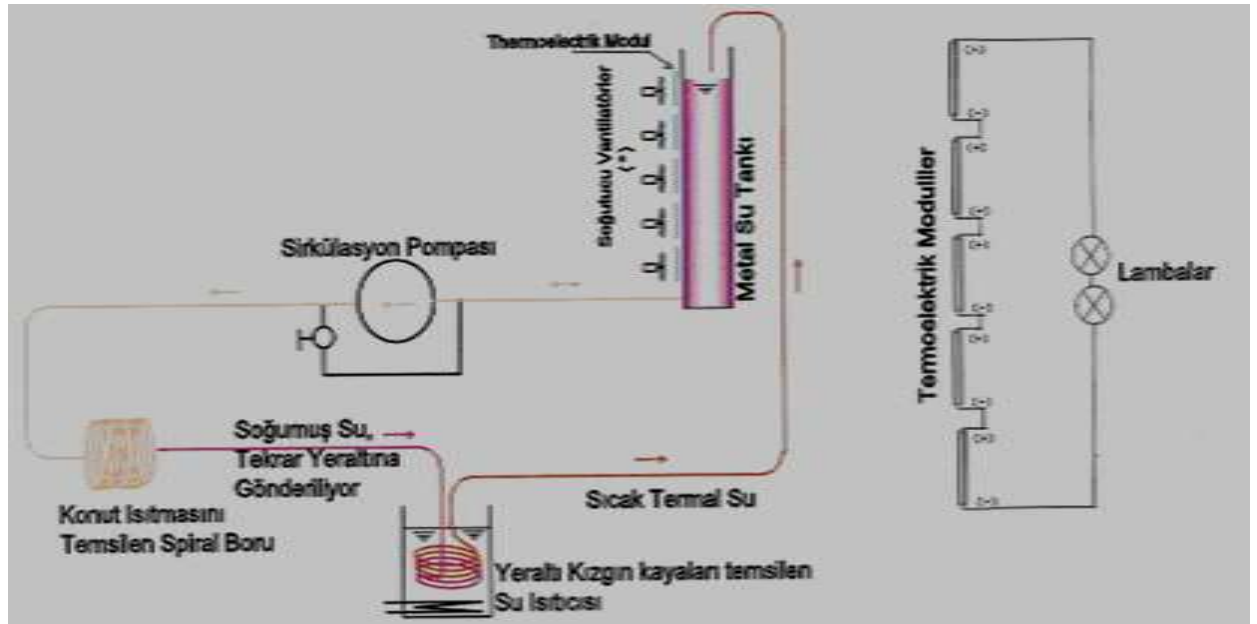
Sanayide; taşınabilir buzdolapları, bardak soğutucular, daldırma ve karıştırma tipi sıvı soğutucular, cihaz içi iklimlendirme, oto-buzdolabı örnekleri, kabin içi iklimlendirme, plastik/cam/fiber hazne için, akvaryum soğutucusu olarak kullanılır.

Termoelektrik Jeneratörlerden Enerji Üretiminde Yaralanılması

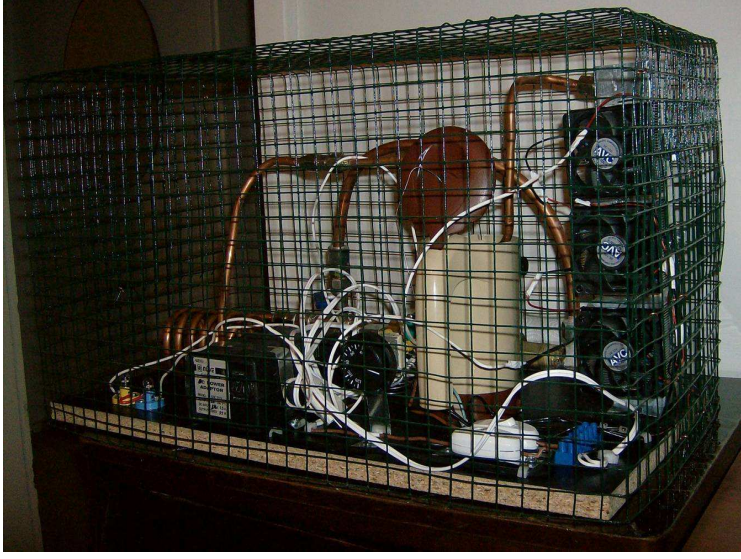
Termoelektrik jeneratörlerin enerji üretiminde kullanılması yeni nesil teknolojilerin gelişmesiyle daha fazla önem kazanmıştır.

Bu amaçla tasarlanan sistemlerin günlük yaşama uygulanabilmesi amacıyla çalışmalar sürmektedir.

Jeotermal kaynaklardaki sıcak su döngüsünden yararlanarak termoelektrik jeneratörler yardımıyla elektrik enerjisi üretmek mümkündür. Bu yaklaşımdan yararlanmak amacıyla çalışmalar sürdürülmektedir, yakın bir gelecekte kullanılmaya başlanılacaktır.



Şekil 2.17: Termoelektrik jeneratörlerin jeotermal kaynaklarda kullanılması



Resim 2.13: Termoelektrik jeneratörlerin jeotermal kaynaklarda kullanılması amacıyla yapılan deney düzeneği

Termoelektrik jeneratörlerin otomobillerin egzoz manifolduna monte edilmek suretiyle burada oluşan ısı farkını elektrik enerjisine çevrilerek buradan 2000 watt güç elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma Amerikan uzay araştırma dairesi Nasa ve BMW firması tarafından ortak olarak yürütülmektedir ve beş yıl içersinde verimli olarak araçlarda kullanılmaya başlanacaktır.



Resim 2.14 : Termoelektrik jeneratörlerin otomobil egzozunda kullanılması

Bacalar

Türkiye'de konutlarda ve sanayi tesislerinde bacalara proje ve uygulama aşamasında gerekli önemin verilmediği bilinmektedir. Ülkemizde 1990'lı yıllardan itibaren doğal gaz kullanımına geçilmesiyle bacaların önemi bir kat daha artmıştır. Dünyada, baca ve bağlantılarının standartlara uygun olarak imal edilmemesi nedeniyle enerji kayıpları ve zehirlenmelerden dolayı ölümler meydana gelmektedir. Bu problemlerin aşılabilmesi kombi soba kazan gibi doğal gazla çalışan cihazların verimli çalışabilmeleri, temiz bir çevre ve yapı sağlamlığı açısından bacaların; kesit ve yüksekliğinin uygun olarak belirlenmesi, malzemesinin doğru seçimi, konstrüksiyonu ve mukavemeti, sızdırmazlığının sağlanması, ısı yalıtımının yapılması çok önemlidir. Doğru değerlerin belirlenebilmesi için yanma, yoğunlaşma, basınç ve ısı yüküyle ilgili değerler bilinmelidir. Bilhassa doğal gazın kimyasal yapısı ve yanma ürünlerinin baca çekişi ve boyutlandırmaya doğrudan etkisi vardır.

Ülkemizde kullanılan konut bacalarını üç ana gruba ayırabiliriz;

Adi bacalar

Müstakil (Ferdî) bacalar

Ortak (Şönt) bacalar

Adi Bacalar

Tek kolon halindedir. Zeminden çatıya kadar yükselir. Birden fazla birim kullanır. Bu tip bacalara doğal gaz cihazları bağlanmaz.

Müstakil Bacalar

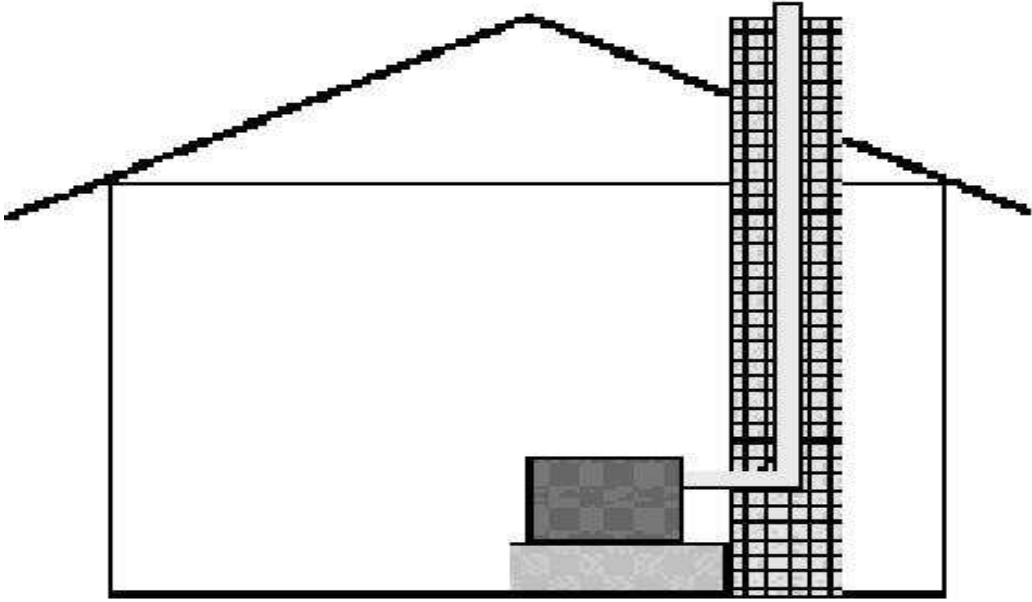
Tek kolon halinde hitap edeceği birimden çatıya kadar yükselir. Sadece bir birimin kullanımını mevcuttur. Ortak atık gaz boruları sadece ferdi bacalara bağlanabilir.

Şönt Bacalar

Zeminden çatıya kadar yükselen ana baca ve buna bağlanan her birime ait bransmanlardan meydana gelen bacaya şönt baca denir. Bu tip bacalara doğal gaz cihazları bağlanmaz. Alttaki şekilde her üç bacanın yapısı görülmektedir.

Termoelektrik Jeneratörlerin Bacalara Uygulanması

Termoelektrik jeneratörler yukarıda sözü edilen bacalara uygulanabilir. Jeneratörler bacaya boydan boya kaplanabileceği gibi bir yüzeyden sıcak bir yüzeyden soğuk elde edilip sıcaklık farkını etkin kullanmak amacıyla bacanın yapı dışında kalan kısmına da uygulanabilir. Hava sirkülasyonunun sağlanabilmesi için termoelektrik jeneratörler baca yüzeyine monte edilirken aralarında en an birer santim boşluk bırakılması yararlı olacaktır.



Şekil 2.18: Termoelektrik jeneratör kaplanmış bacanın şematik gösterimi

3. DENEYSEL ÇALIŞMA VE HESAPLAMALAR

Termoelektrik elemanların bacalarda kullanılabilmesi fikrinden yola çıkılarak kurgulanan deneysel bölümde küçük ölçekli bir baca hazırlanarak baca iç yüzeyi termoelektrik jeneratörlerle kaplanmış ve performansları araştırılmıştır. Deney düzeneğinin hazırlanması ve elde edilen sonuçlar bu bölümde açıklanmıştır.

3.1. Kullanılan malzemeler

Deney düzeneğinin oluşturulmasında; 10 adet termoelektrik jeneratör, termal macun, alüminyum baca, galvanizli su hazneleri, demo için ayarlı baca ayakları, su sirkülasyon radyatörü, fan ve pompası, demo için mini kamp tüpü, bağlantı hortum ve kabloları su deposu, enerji üretimini gösteren voltmetre, radyo ve cep telefonu kullanılmıştır.



Resim 3.1: Deney düzeneğinde kullanılan malzemeler

3.2. Deney Düzeneğinin Hazırlanması ve Deneyler

Amaca uygun baca maketinin oluşturulması için farklı malzemeler kullanılarak çeşitli maketler hazırlanmış ve uygun malzemeye karar verilmiştir.

Deney düzeneği yapılırken ilk aşamada yapılarda bulunan bacalara uygun olması için paslanmaz çelik profil malzeme denenmiş, ancak paslanmaz çelik üzerinde

şekillendirme, delik açma gibi işlemlerde zorlanıldığından bu malzeme yerine 0.5mm alüminyum levha alınarak baca şekli verilmiştir.



Resim 3.2: 0.5mm alüminyum levha kullanılarak hazırlanan baca

Alüminyum levha çok çabuk deforme olduğundan amaca uygun model oluşturulamamıştır. Son olarak alüminyum eloksallı kutu profil denenmiş ve oluşturulan modelin deneylerde kullanılabilceği görülmüştür.



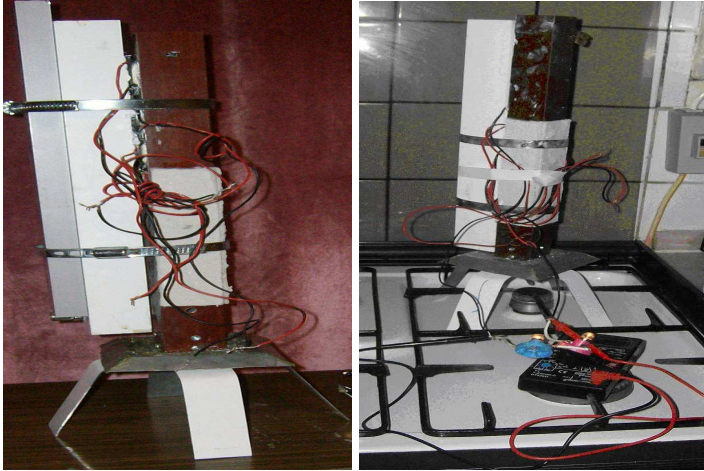
Resim 3.3 : Alüminyum eloksallı kutu profil kullanılarak hazırlanan baca

Alüminyum eloksallı kutu profil kullanılarak dizayn edilen baca üzerinde kontrollü ısı geçişi sağlamak ve termoelektrik jeneratörün bağlantı kablolarını korumak amacı ile termoelektrik jeneratör sisteminin bulunduğu bölge amyant malzeme ile kaplanmıştır.



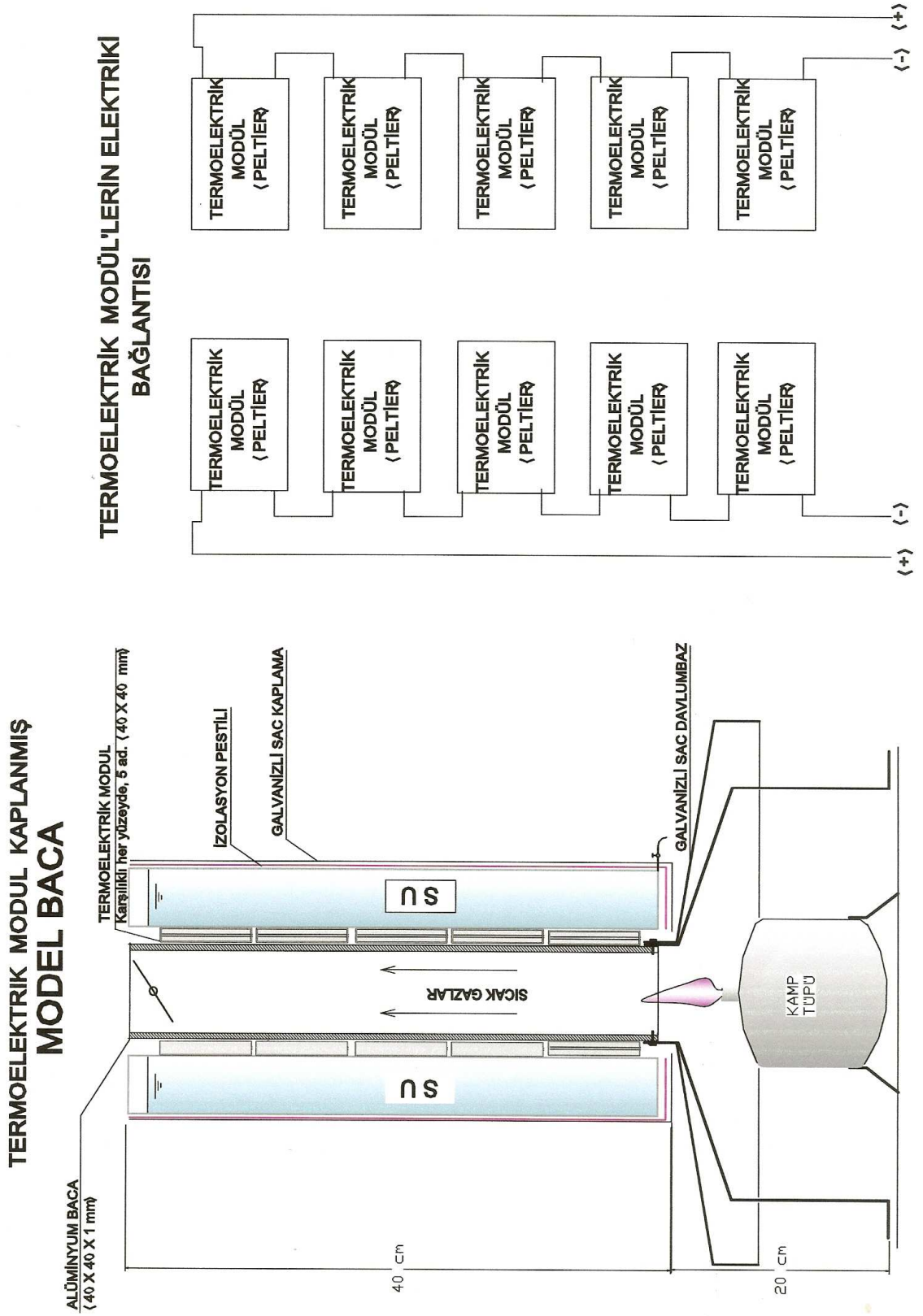
Resim 3.4: Alüminyum eloksallı kutu profil kullanılarak hazırlanan baca

Hazırlanan modelde termoelektrik jeneratörün tek yüzeyini soğutabilmek amacı ile baac etrafına bir su haznesi yapılarak su ile soğutma sağlanmıştır. Soğutma sisteminde kullanılan suyun daha sonra bina sıcak su sistemine verileceği öngörülmüştür. Yapılan denemeler sonucunda baca içi sıcaklığını arttırmada yetersiz kalan ispirto ocağı yerine, doğalgazlı ocak kullanılmıştır.



Resim 3.5: Soğutma sistemi bağlı, 19.2 volt elektrik üreten baca

Ön deneyler sonucunda son şekli verilen deney düzeneğinin teknik tasarımı ve sistem analizi aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 3.1.: Deney düzeneğinin teknik tasarımı

40x40x1 mm kesitli alüminyum kutu profil baca modelinin iç yüzeylerine ısı iletkenliği arttıran termal macun ile 5'er adet termoelektrik jeneratör yapıştırılmıştır.

Sol tarafta 5 adet 40 x 40 mm termoelektrik jeneratör
Sağ tarafta 5 adet 40 x 40 mm termoelektrik jeneratör
kullanılarak kendi aralarında seri bağlanmıştır.

Termoelektrik jeneratör randımanı, termoelektrik jeneratörün yüzlerindeki sıcaklık farkına bağlıdır. Deney koşullarında, baca tarafında yüksek sıcaklık elde edilebilir. Ancak, termoelektrik jeneratör ince olduğundan, ısı iletimi yolu ile bu sıcaklık kısa zamanda diğer tarafa da geçtiğinden, yüzeyler arasında etkin bir sıcaklık farkı ortaya çıkmamaktadır. Gerçek ortam uygulamasında ise, kış şartlarında dış ortam soğuk olacağından soğutma işlemi için doğrudan dış hava kullanılabilir. Deney şartlarında, termoelektrik jeneratörün dış yüzlerinde düşük sıcaklık yaratmak için başka bir profil boru termoelektrik jeneratör yüzeyine bağlanarak içerisinden su geçirilmiştir. Hem termoelektrik jeneratörleri soğutmak, hem de binanın sıcak su ihtiyacını karşılamak için su dolu profiller, ince birer hortumla fanlı radyatör sistemine bağlanmış, böylece deney düzeneğinin verimi artırılmıştır .

Termoelektrik jeneratörlerin seri bağlanarak voltajı, paralel bağlanarak akım değeri artırılabilir.

Deney esnasında termoelektrik jeneratörler seri bağlanarak potansiyel farkı artışı sağlanmıştır. Tasarlanan baca modeli üzerinde baca içi sıcaklığı, döngüdeki su sıcaklığı ve ortam sıcaklığı ölçülmüş buradaki sıcaklık artışının termoelektrik jeneratörün enerji üretimine etkisi grafiksel olarak ifade edilmiştir. Deneylerden elde edilen veriler aşağıda gösterilmiştir.



Resim 3.6: Deneylelerden görüntüler

Deneysel veriler:

Deneyde TEP1-1264-1.5 termoelektrik jeneratörden 10 adet kullanılmış ve seri olarak bağlanmıştır. Ortam sıcaklığı 23°C ölçülmüştür. Sıcaklık ölçümleri IR termometre voltaj ve akım ölçümlerinde dijital multimetre kullanılmıştır. Kullanılan termoelektrik jeneratörün teknik özellikleri aşağıdaki gibidir.

Ebat: 40mm x 40mm

Çıkış voltajı: 4.2V

Çıkış akım şiddeti: 1.4A

Çıkış gücü: 5.9W

Δt : 105°C (Yukarıdaki değerleri elde etmek için termoelektrik jeneratörün her iki yüzeyi arasında elde edilmesi gereken sıcaklık farkı)

Deney sonuçları: (Rejim hali)

Sistem rejim haline girdiğinde, bulunan değerler aşağıdaki gibidir:

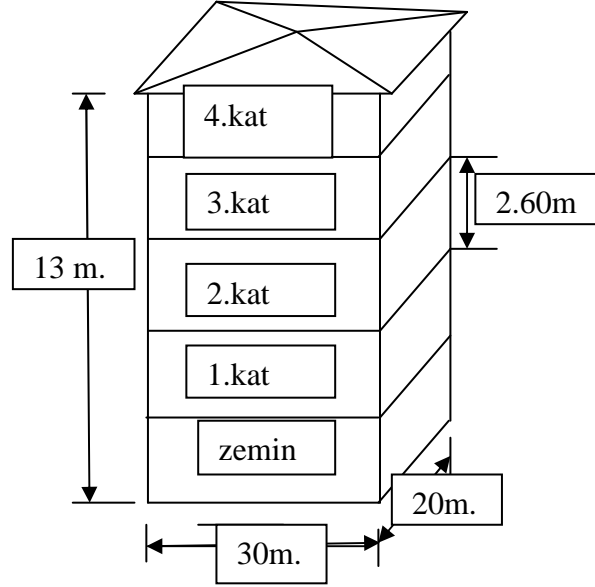
- Ortalama baca sıcaklığı: 120°C
- Soğutma suyunun giriş sıcaklığı: 36°C
- Soğutma suyunun çıkış sıcaklığı: 54°C
- Toplam voltaj: 19.2V (10 adet termoelektrik jeneratör seri olarak bağlı durumda)
- Akım şiddeti: 0.8A ((10 adet termoelektrik jeneratör seri olarak bağlı durumda)
- Elde edilen güç: 15.36W
- Verim: $\eta = 15.36 / (5.9 \times 10) = 0.26$

Deney sonuçlarının irdelenmesi:

Sistemde soğutma suyu şehir şebekesinden beslenmemiş, sirküle edilen su, fanlarla soğutulmuştur. Ancak bu soğutma yeterli olmadığından, suyun giriş sıcaklığı ancak 36°C olabilmıştır. Bu yüzden, termoelektrik jeneratörün her iki yüzü arasında yeterli Δt temin edilemediğinden verim düşük olmuştur.

3.3. İlk Yatırım Maliyetlerinin Hesabı

5 Katlı bir apartman bacasından, dumanla atmosfere atılan ısı miktarı hesabı:



Şekil 3.2: 5 katlı apartman modeli

- * Bu apartmanın her bir kat alanı: $S = 100 \text{ m}^2$
- * Kat yüksekliği: $h = 2.60 \text{ m}$.
- * Her bir kattaki daire sayısı: 6
- * Kat sayısı: 5
- * Baca Yüksekliği: $h = 18 \text{ m}$. $\sqrt{18} = 4.24$
- * Apartmanın iç hacmi: $V_{\text{brüt}} = 6 \times 100 \times 5 \times 2.60 = 7800 \text{ m}^3$
- * Apartman Toplam Alanı: $A_{\text{top}} = 6 \times 100 \times 5 = 3000 \text{ m}^2$
- * A/V Oranı = $3000 / 7800 = 0.385$

Türkiye'de, TS 825'e göre, binalarda ısı ihtiyacına sınır getirilmiştir. Bu standarda göre hiçbir bina bu sınır değerden daha fazla enerji sarf edemez. Mimar ve mühendisler yapacakları binalarda, inşaat malzemesi, yalıtım ve pencereleri binanın maksimum enerji hesabını yaparken söz konusu olan sınır değerini göz önüne alırlar.

Yukarıda şeması bulunan örnek bir binanın Q ısı ihtiyacı ve baca boyutlarının hesabı:

Örnek binanın hesapları, TS825'e göre İstanbul'da inşa edilmiş bir bina için yapılmıştır. Bu binanın ısı ihtiyacı, TS825'in sınır değerinde kabul edilmiştir.

Tablo 1 : Bölgelere göre $A_{top}/V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak yıllık ısıtma enerjisi (Q') ihtiyacı sınır değerleri

1. Bölge	A_N ile ilişkili	$Q^i = 46,62 A/V + 17,38$	[kWh/m ²]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili	$Q^i = 14,92 A/V + 5,56$	[kWh/m ³]
2. Bölge	A_N ile ilişkili	$Q^i = 68,59 A/V + 32,30$	[kWh/m ²]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili	$Q^i = 21,95 A/V + 10,34$	[kWh/m ³]
3. Bölge	A_N ile ilişkili	$Q^i = 67,29 A/V + 50,16$	[kWh/m ²]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili	$Q^i = 21,74 A/V + 16,05$	[kWh/m ³]
4. Bölge	A_N ile ilişkili	$Q^i = 82,81 A/V + 87,70$	[kWh/m ²]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili	$Q^i = 26,5 A/V + 28,06$	[kWh/m ³]

Tablo 3.1 TS 825 Tablo 1'e göre m² bazında ısı ihtiyacı:(A/V oranı yukarda: 0.385)

$$Q_1 = 68.59 \times 0.385 + 32.30 = 58.70 \text{ kWh/m}^2$$

Toplam bina alanı $A = 3000 \text{ m}^2$ olduğuna göre :

$$Q = 58.70 \text{ kWh/m}^2 \times 3000 \text{ m}^2 = 176100 \text{ kWh}$$

$$Q = 176100 \text{ kWh} \times 0.860 \text{ Kcal/KWh} = 151446 \text{ Kcal}$$

- * Apartmandaki kalorifer Kazanının verimi $R = 0.70$
- * Bacadan dışarı atılan Kayıp Isı: $Q_{kayıp} = 151446 \times 0.30 = 45433.8 \text{ Kcal/saat}$
- * Bu Apartman Bacasının boyutları:

$$F = k \frac{Q_k}{\sqrt{h}}$$

Bu apartmanın baca alanı:

$$k_{doğalgaz} = 0.01, \quad k_{fuel-oil} = 0.02, \quad k_{kömür} = 0.03$$

F: Baca kesit alanı (cm²)

Q_k: Kazanın ısı gücü (Kcal/h) : (Artış faktörü k=1.15 alınarak)

Q_k: Q x k = 151446 x 1.15 = 174163 Kcal/h

h: Baca yüksekliği (m): 18 m $\sqrt{18} = 4.24$

Buna göre gerekli Baca ebadı:

$$F = k \frac{Q_k}{\sqrt{h}}$$

k=0.01 (Doğalgaz için)

F= 0.01 x (174163 / 4.24)= 410.76 cm² (takriben 20.26 cm x 20.26 cm)

(Ancak yönetmeliklere göre minimum kesit 40 cm x 40 cm olmalıdır.)

Bacanın termoelektrik jeneratör kaplanacak bölümü olarak, üstten 4 metrelik kısmı alındı. Bu bölüm, bina dışında, bacanın apartman içinde olmayan, çatı arası veya teras üstündeki kısmıdır. Böylece, bacanın içi ile dış hava arasındaki sıcaklık farkı maksimum olacağından, termoelektrik jeneratörlerden alınacak verim artacaktır. Bir bacada bu sıcaklık farkı, 150°C civarında ölçülebilmektedir.

Doğal gaz yakan kazanlarda, genellikle baca içleri paslanmaz sacla kaplanır. Bu bacalara termoelektrik jeneratör montajı daha kolaydır. Bacanın 4 metrelik kısmı termoelektrik jeneratör kaplanacağına göre, örnek bacada termoelektrik jeneratör kaplanacak alan: (Her yüzeyde 30cm'lik kısım alınmıştır.)

$$A = (30 \times 4) \times 400 = 48000 \text{ cm}^2$$

Bacaya monte edilecek termoelektrik jeneratör sayısı hesabı:

Bir termoelektrik jeneratör yüzeyi 4 x 4 = 16 cm² dir. Ancak, termoelektrik jeneratörler elektrik bağlantısı için gerekli boşluk alanları göz önüne alınarak her bir jeneratör için 5 x 5 = 25 cm² alan düşünmek uygun olur. Bu durumda, kullanılacak termoelektrik jeneratör sayısı: N= 48.000 / 25 = 1920 adet olacaktır.

3.4. Termoelektrik Jeneratörlerin Baca Kesiti İçindeki Konumlarına Ve Baca Malzemesine Göre Performans Hesapları

Termoelektrik jeneratörlerden verim alınması için jeneratörlerin dış yüzeyleri arasında sıcaklık farkı olması gereklidir. Deney düzeneğinde bu sıcaklık farkı, dış yüzeyde oluşturulan sulu soğutma sistemiyle sağlanmıştır.

Uygulamada, şebekeden gelen soğuk su kullanılarak, ısınan su kullanıma verilmek üzere bir depoya gönderilebilir.

Soğutucu olarak, saca yapıştırılmış termoelektrik jeneratörlerin dış yüzeyine, kanatlı alüminyum soğutucular kullanılabilir.

Aşağıda, farklı baca tiplerine göre, termoelektrik jeneratörler kaplanmış bacalarda, ısı iletimi hesapları, hangi baca tipinin termoelektrik jeneratörler kullanılarak enerji elde etmeye uygun olduğu ve enerji bilançosu incelenecektir.

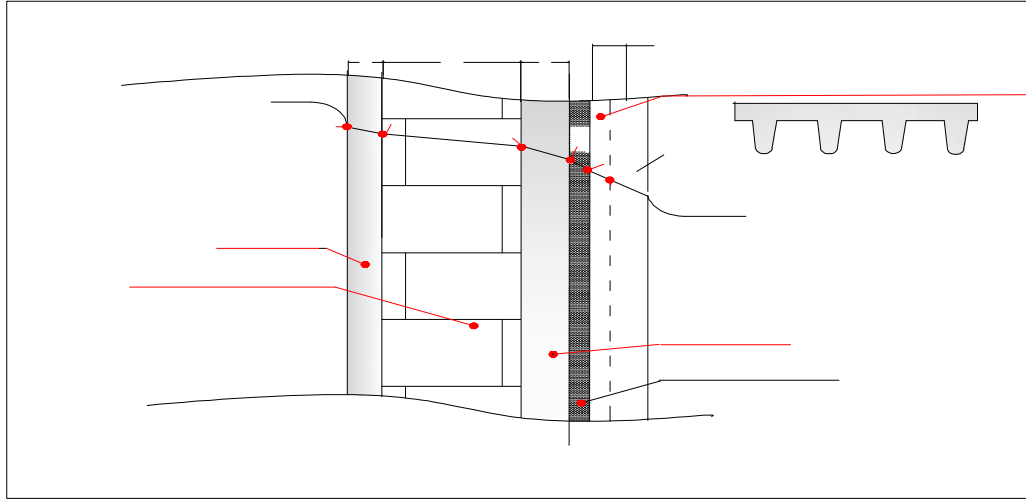
Hesaplamalarda baca gazı sıcaklığı $+150^{\circ}\text{C}$ dış sıcaklık ise İstanbul için -3°C alınmıştır. Termoelektrik jeneratörlerin iki yüzeyi seramik kaplı olduğundan, toplam kalınlığı 3mm olarak ölçülmüştür. Seramik için ısı iletim katsayısı $0.98 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ olarak alınmıştır.

• 19'lük tuğla ile örülmüş iç ve dış sıvalı + Termoelektrik Jeneratör + Kanatlı Soğutucu Konstrüksiyonu

$$t_i = 150^{\circ}\text{C} \quad t_d = -3^{\circ}\text{C} \quad \alpha_i = 100\text{W/m}^2\text{C} \quad \alpha_d = 25 \text{ W/m}^2\text{C}$$

Isı iletim hesaplarında, aşağıdaki Fourier formülü kullanılmıştır.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_d}}$$



Şekil 3.3: 19'luk tuğla ile örülmüş iç ve dış sıvalı baca

$$1/U = 1/\alpha_i + S(d/l) + 1/\alpha_d$$

U = ısı iletkenlik katsayısı ($W/m^2\text{°C}$),

t_i = Baca içi ortam sıcaklığı : 150°C t_d = dış ortam sıcaklığı: -3°C

λ = ısı iletkenlik hesap değeri ($W/m\text{°C}$)

α_i = iç yüzey iletim katsayısı ($W/m^2\text{°C}$)

α_d = dış yüzey iletim katsayısı ($W/m^2\text{°C}$)

d = malzeme kalınlığı (m)

q = $U \times \Delta t \times A$ (W/m^2h) (1 m^2 baca yüzeyinden, bir saatte geçen ısı miktarı)

Δt = termoelektrik jeneratörün her iki yüzündeki sıcaklık farkı

$\Delta t = q \times d/l$ (Yukarıdaki Fourier ısı iletim formülünün özel hali)

Formül ve deperler, Excel'e uygulanarak aşağıdaki değerler bulunmuştur:

Malzemenin adı	l	d	d/l	α_i	α_d	$1/\alpha_i$	$1/\alpha_d$	1/U	U	q	Δt
Metal Soğutucu	66,3	0,004	6E-05								
T.E. Jeneratör	0,98	0,003	0,0031								
İç Sıva	0,87	0,02	0,023								
Tuğla Duvar	0,52	0,19	0,3654								
Dış Sıva	1,4	0,03	0,0214								
			0,4129	100	25	0,01	0,04	0,463	2,16	330,5	1,012

Tablo 3.2: 19'luk tuğla ile örülmüş iç ve dış sıvalı baca hesabı

($\alpha_i=8$, hava durgun veya az hareketli olduğu iç mekanlarda göz önüne alınır.)

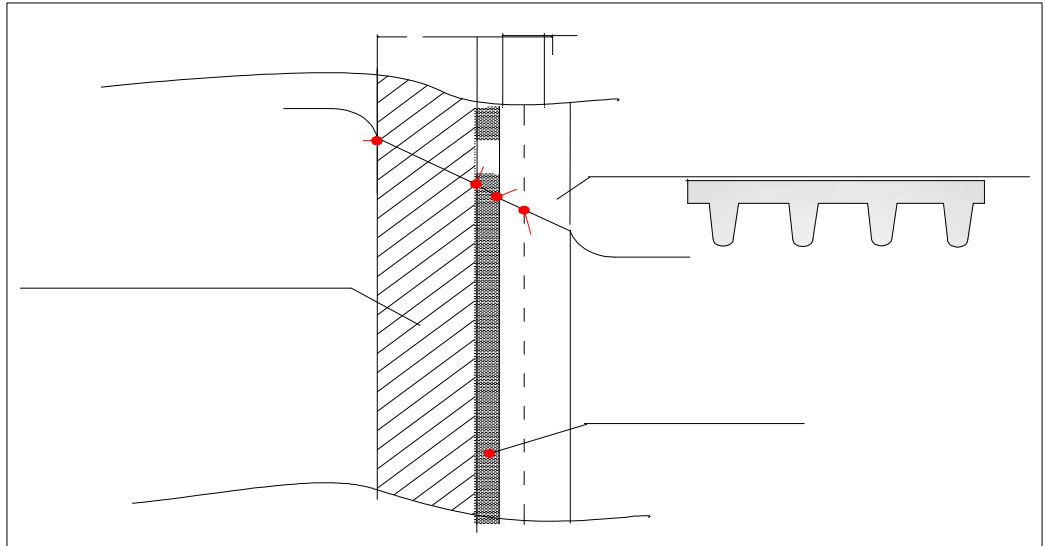
Burada, bacanın içindeki duman hızı fazla olduğu için $\alpha_i = 100$ olarak alınmıştır. (Rietschel/Uğur Köktürk, 2.cilt Sayfa 115)

Yukarıda ki excel cetvelinden elde edilen değerler kullanıldığında:

$$\Delta t = (t_4 - t_5) = 330.5 \times 0.003 / 0.98 = 1.012^\circ\text{C}$$

Δt değeri çok küçük olduğundan, bu tip baca konstrüksiyonunda elektrik elde edilemez.

• **5cm Brüt Beton + Termoelektrik Jeneratör + Kanatlı Soğutucu**
Konstrüksiyonu



Şekil 3.4: 5cm Brüt beton perdeli baca

$$1/U = 1/\alpha_i + S(\alpha/l) + 1/\alpha_d$$

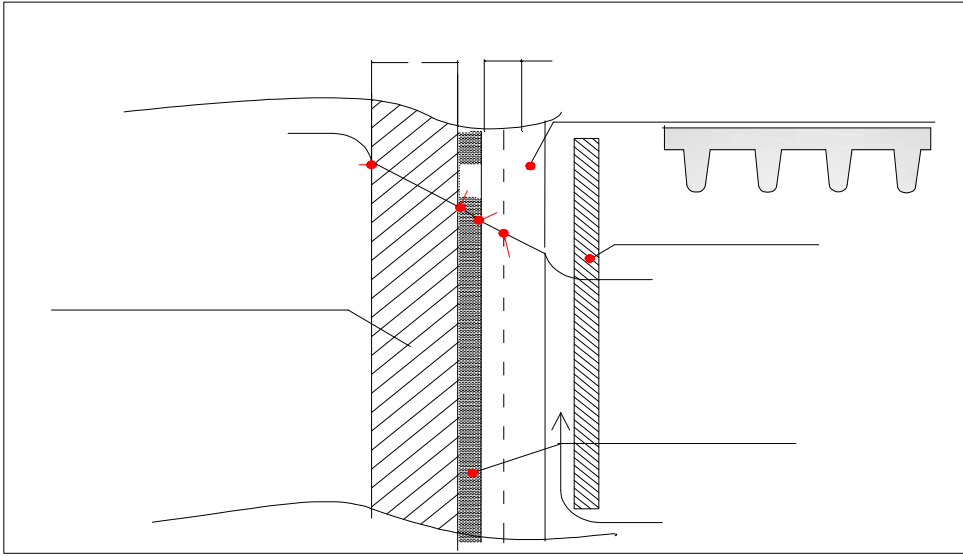
Malzemenin adı	l	d	d/l	α_i	α_d	$1/\alpha_i$	$1/\alpha_d$	1/U	U	q	Δt
Metal Soğutucu	66,3	0,004	6E-05								
T.E. Jeneratör	0,98	0,003	0,0031								
Donatılı Beton Perde	2,10	0,05	0,0238								
			0,0269	100	25	0,01	0,04	0,077	13,00	1988,8	6,09

Tablo 3.3: 5cm Brüt beton perdeli baca hesabı

Bu baca konstrüksiyonunda da, Δt küçük olduğundan, termoelektrik jeneratörlerin, yeterli elektrik üretmesi mümkün değildir.

5 cm brüt beton + Termoelektrik Jeneratör + Kanatlı Soğutucu + Perdeli (niş) Soğutucu

Bu durumda , $\alpha_d=500$ alınabilir. (Rietschel/Uğur Köktürk, 2.cilt Sayfa 115)



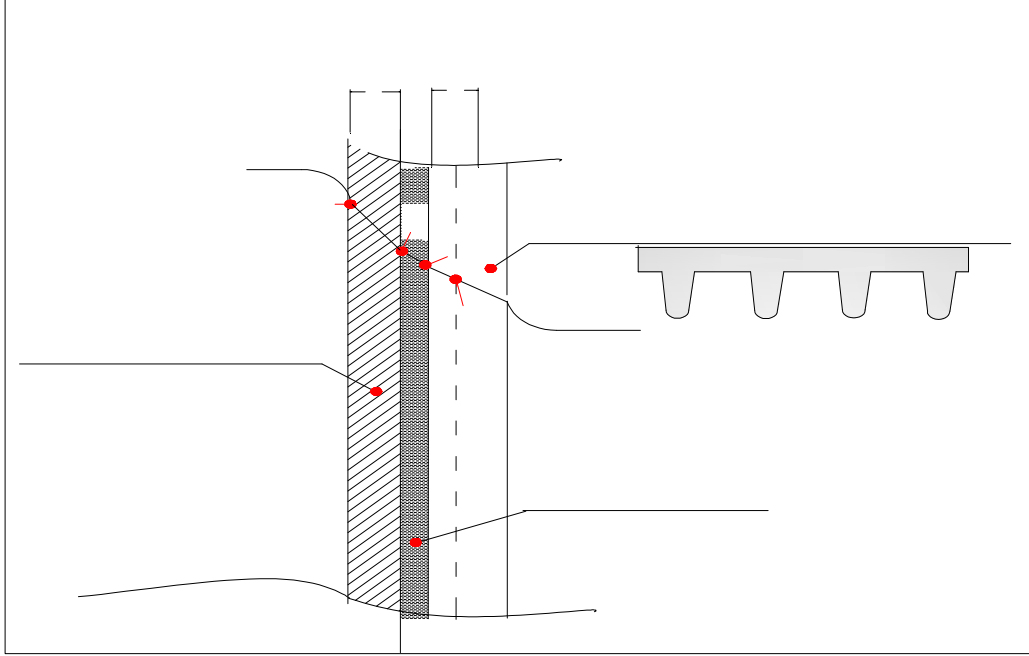
Şekil 3.5.: 5 cm brüt beton ve perdeli (nişli) baca

Malzemenin adı	l	d	d/l	α_i	α_d	1/ α_i	1/ α_d	1/U	U	q	ΔT^*
Metal Soğutucu	66,3	0,004	6E-05								
T.E. Jeneratör	0,98	0,003	0,0031								
Donatılı Beton											
Perde	2,10	0,05	0,0238								
			0,0269	100	500	0,01	0,002	0,039	25,69	3930,0	12,03

Tablo 3.4: 5 cm brüt beton ve perdeli (nişli) baca

Bu çözümde çok düşük elektrik elde edilebilir. Ancak yeterli değildir.

Paslanmaz Sac + Termoelektrik jeneratör + Kanatlı Soğutucu



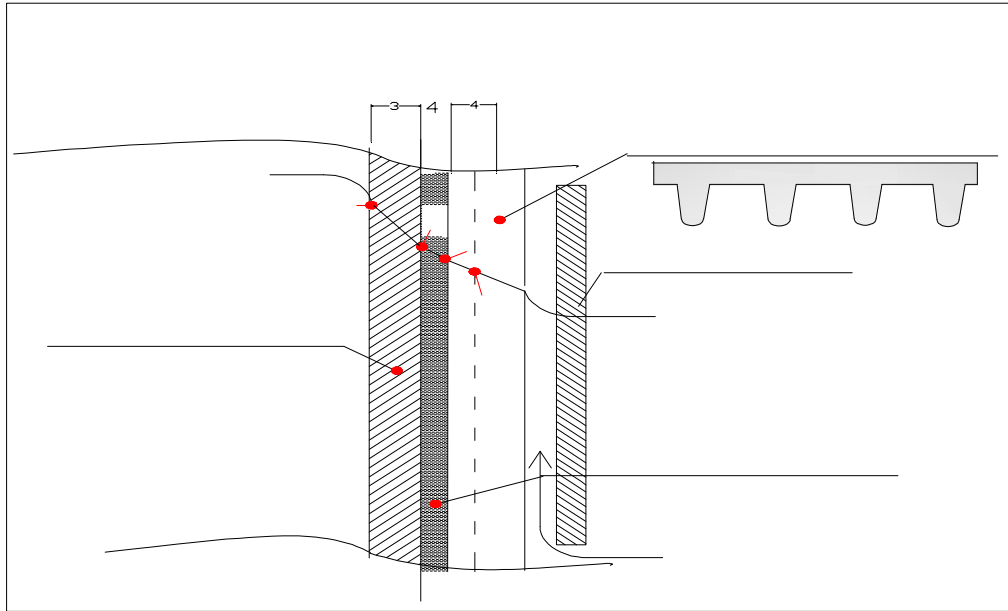
Şekil 3.6: Paslanmaz sac baca

Malzemenin Adı	l	d	d/l	α_i	α_d	$1/\alpha_i$	$1/\alpha_d$	1/U	U	q	Δt (*)
Metal Soğutucu	66,3	0,004	6,03E-05								
Termoelektrik Modül	0,98	0,003	0,003061								
Paslanmaz Sac Baca	66,30	0,03	0,000452								
			0,003574	100	100	0,01	0,01	0,024	42,42	6490,189	19,87

Tablo 3.5 : Paslanmaz sac baca hesabı

Buradaki durumda da, elektrik üretimi yetersizdir.

Paslanmaz Sac + Termoelektrik jeneratör + Kanatlı Soğutucu + Niş



Şekil 3.7: Paslanmaz sac ve nişli baca

Malzemenin adı	l	d	d/l	α_i	α_d	1/ α_i	1/ α_d	1/U	U	ΔT (*)	q
Metal Soğutucu	66,3	0,004	6,03E-05								
T.E. Jeneratör	0,98	0,003	0,003061								
Paslanmaz sac											
Baca	66,30	0,03	0,000452								
			0,003574	100	200	0,01	0,005	0,019	53,84	8237,301	25,22

Tablo 3.6: Paslanmaz sac ve nişli baca hesabı

Burada, niş'in canlandığı hava sirkülasyonu yüzünden $\alpha_d=200$ alınmıştır.

Bu çözümde elektrik üretimi daha iyidir. Ancak ısının büyük kısmı yine havaya gitmektedir.

Paslanmaz sac + termoelektrik jeneratör + soğutucu + soğuk su

Bu baca konstrüksiyonu, yukarıdaki (Paslanmaz sac baca + termoelektrik jeneratör + kanatlı soğutucu) ile aynıdır. Ancak, yapılacak bir konstrüksiyonla, kanatlı soğutucu üzerinden soğuk su geçirilmektedir.

(baca gazlarının atılmasında "karşı basınçlı brülör" veya "baca aspiratörü" kullanılmamaktadır.)

Termoelektrik jeneratörün, soğuk yüzeyinden , soğuk su geçirilmesi durumunda $\alpha_d = 1000$ alınabilir.

Malzemenin adı	l	d	d/l	α_i	α_d	1/ α_i	1/ α_d	1/U	U	q	$\Delta t(^{\circ})$
Metal Soğutucu	66,3	0,004	6,03E-05								
T.E. Jeneratör	0,98	0,003	0,003061								
Paslanmaz sac Baca	66,30	0,03	0,000452								
			0,003574	100	1000	0,01	0,001	0,015	68,62	10498	32,14

Tablo 3.7 : Paslanmaz sac ve su sirkülasyonlu baca

ΔT^* : Suyun giriş-Çıkış susıcaklığı ortalaması 30°C ile,

Baca iç sıcaklık farkı)= $150 - 30 = 120^{\circ}\text{C}$

Bu çözümde de elektrik elde edilebilir.

Paslanmaz Sac + Termoelektrik jeneratör + Soğutucu + Soğuk Su + (Cebri Baca)

Eğer, Soğutucu olarak, kanatlı soğutucu üzerinden soğuk su geçirilirse, hem elektrik üretimi hem de sıcak su elde edilir ve tesisin verimi artar.

Ancak, baca gazlarının dışarı atılması için "baca aspiratörü" veya "karşı basınçlı brülör" kullanılırsa verim daha da artar.

Bu durumda hesaplar aşağıdaki gibidir.

Termoelektrik jeneratörün, soğuk yüzünden , soğuk su geçirilecek.

Karşı basınçlı brülör veya baca aspiratörü kullanılacak.

Bu durumda , $\alpha_i = 200$, $\alpha_d = 1000$ alınabilir.

Malzemenin Adı	l	d	d/l	α_i	α_d	$1/\alpha_i$	$1/\alpha_d$	1/U	U	ΔT^*	q	Δt
Metal Soğutucu	66,3	0,004	6,03E-05									
T.E. Jeneratör	0,98	0,003	0,003061									
Paslanmaz sac Baca	66,30	0,03	0,000452									
			0,003574	200	1000	0,005	0,001	0,010	104,45	120	12534	38,4

Tablo 3.8 : Paslanmaz sac ve su sirkülasyonlu cebri baca

ΔT^* : Suyun giriş ve çıkış su sıcaklığı ortalaması (30°C) ile,

Baca iç sıcaklık farkı= 150-30=120°C

- **Tesis Maliyeti**

Termoelektrik Jeneratör ün fiyatını 6.00 TL, kanatlı soğutucu fiyatını 1.50 TL, işçilik masrafları da termoelektrik jeneratör başına 2.50 TL alınarak, jeneratör başına maliyet 10.00 TL olur.

$$\text{Toplam Maliyet : } 10.00 \text{ TL/ad} \times 1920 \text{ ad.} = 19200 \text{ TL}$$

- **Kazanılan Enerji Hesapları**

Verim hesaplarında, örnek bina ve bacaya (Paslanmaz Sac + termoelektrik jeneratör + Kanatlı soğutucu + Su) ait değerler kullanılmıştır. Bu konstrüksiyonda, baca gazlarından, sac bacaya, oradan termoelektrik jeneratöre akan enerji:

$$Q = 7705 \text{ W/m}^2 \text{ h}$$

Örnek bacada, 1920 adet termoelektrik jeneratör kullanılacağına göre alan:

$$A = 1920 \times 0.04 \times 0.04 = 3.072 \text{ m}^2$$

Toplam ısı geçişi(Q_t):

$$Q_t = q \times A = 7705 \text{ W/m}^2 \text{ h} \times 3.072 \text{ m}^2 = 23670 \text{ W/h}$$

Teorik olarak termoelektrik jeneratörün üreteceği enerji:

$$E_t := 1920 \text{ adet} \times 5.9 \text{ W /ad.} = 11328 \text{ Wh}$$

Ancak uygulamada, termoelektrik jeneratörlerden %100 verim almak mümkün olamaz. Yapılan deneysel çalışmada verim $\eta = 0.26$ olarak bulunmuştu. Ancak deneyde ki şartlar, olumsuz unsurlar içeriyordu. Gerçek uygulamada ise, soğutucu olarak kanatlı soğutucu ve su kullanılması, suyun her zaman 15°C gibi düşük bir

sıcaklık derecesinde olması, baca gazlarının ise 150°C veya üzerinde olması termoelektrik jeneratörün verimini arttıracaktır. Bu yüzden hesaplarda $\eta = 0.50$ alındı.

$$E_u = E_t \times \eta = 11328 \times 0.50 = 5664 \text{ W (elde edilen elektrik)}$$

$$\text{Suya Geçen Enerji: } E_{su} = Q_t - E_u = 23670 - 5664 = 18006 \text{ W}$$

Enerjinin korunumu kanunundan hareketle herhangi bir q ısı, termoelektrik jeneratör üzerinden geçerken elektrik üretiyorsa, bu ısı suya aktarılmış olmalıdır.

Bu durumda :

Baca gazlarından geçen enerji = Termoelektrik jeneratörün ürettiği elektrik enerjisi + Soğutma suyuna geçen ısı enerjisi

Suya geçen Enerjinin(E_s) bir miktarının, borulardan, depolardan kondüksiyon yoluyla kaybolduğunu , bu kaybın da 0.05 olduğunu kabul edersek, baca gazından geri kazanılan toplam Enerji:

$$E_{\text{toplam}} = E_u + 0.95 \times E_{su} = 5664 + 0.95 \times 18006 = 22770 \text{ W}$$

Geri Kazanılan Enerjinin Elektrik Olarak Parasal Değeri

Üretilen elektrik enerjisi: $E_u = 5664 \text{ Wh}$

Tesisin yılda 120 gün, hergün 10 saat çalıştığı kabul edilirse, Yıllık elektrik üretimi

$$E_y = 5664 \text{ W} \times 120 \text{ gün/yıl} \times 10 \text{ saat/gün} = 6.796.800 \text{ Wh/yıl} = 6797 \text{ KWh/yıl}$$

Elektriğin KWh bedelini 0.30 TL alındığında,

$$\text{Üretilen elektriğin bedeli: } 6797 \text{ KWh/yıl} \times 0.30 = 2039 \text{ TL/ yıl}$$

Tesise yapılan yatırımın, yalnız elektrik üretimi göz önüne alınarak geri dönüş müddeti: $19200 \text{ TL} / 2039 \text{ TL/yıl} = 9.42 \text{ yıl}$

Soğutma Suyu Vasıtasıyla Geri Kazanılan Enerjinin Parasal Değeri

Suya geçen enerji , $E_{su} = 17990 \text{ W}$ olarak hesaplanmıştı. Bir saat boyunca elde edilen bu enerjinin, Kcal olarak değeri: $Q_{su} = 18.006 \text{ KWh} \times 860 = 15485 \text{ Kcal/h}$

Yıllık çalışma süresi 120 gün/yıl ve ortalama 10 saat/gün değerleri göz önüne alınırsa:

$$Q_{yıl} = 15485 \text{ Kcal/h} \times 10 \text{ h/gün} \times 120 \text{ gün/yıl} = 18.582.000 \text{ Kcal/yıl}$$

Kazan verimini 0,70 alındığında:

$$Q = 18.582.000 / 0.70 = 26.545.714 \text{ Kcal/yıl}$$

Doğalgazın 1 metreküpünün ısıl değeri 9000 Kcal alınırsa, bu enerjinin doğalgaz olarak miktarı:

$$26.545.714 / 9000 = 2950 \text{ m}^3 \text{ doğalgaz./yıl}$$

Doğalgazın 1 metreküpünün konutlardaki değeri: 0,75 TL/lt (her türlü vergi ve hizmet bedeli dahil), bu durumda su vasıtasıyla kazanılan ısının parasal değeri:

$$2.950 \text{ m}^3 / \text{yıl} \times 0.75 \text{ TL/m}^3 = 2.213 \text{ TL/yıl}$$

Bacanın etrafına su cebinin yapılması, bu su sirkülasyon pompaları dahil yatırım masrafı 10000 TL kabul edildiğinde,

Genel Maliyet ve Amortisman Hesabı:

- * Genel Maliyet: $19.200 + 10.000 = 29.200$ TL
- * Yıllık Gelir: $2.039 + 2.213 = 4.252$ TL
- * Amortisman Süresi: $29.200 / 4.252$ TL = 6.87 yıl

Cebri Baca

Baca çekişinin, bir baca aspiratörü veya karşı basınçlı brülörle arttırılmış olmasına “Cebri Baca” denir. Cebri bacalarda baca gazı hızı artacağı için α_i çok artar.

Aşağıda bacada α_i 'ye bağlı olarak Δt 'nin değişim grafiği verilmiştir.

(Paslanmaz sac baca + termoelektrik jeneratör + soğutucu +su sirkülasyonu) tipi bir bacada α_d sabit tutularak, bacada, cebri çekiş yaratılması durumunda, α_i değerinin artması haline göre, Excel de Δt değerleri hesaplanmış ve $\alpha_i / \Delta t$ grafiği çizilmiştir.

Malzemenin adı	l	d	d/l	α_i	α_d	1/ α_i	1/ α_d	1/U	U	Δt *	q	Δt
Metal Soğutucu	66,3	0,004	6E-05									
T.E. Jeneratör	0,98	0,003	0,00306									
Paslanmaz sac Baca	66,30	0,03	0,00045									
			0,00357	50	1000	0,02	0,001	0,025	40,69	120	4883	14,9

Tablo A

Malzemenin adı	l	d	d/l	α_i	α_d	1/ α_i	1/ α_d	1/U	U	Δt *	q	Δt
Metal Soğutucu	66,3	0,004	6E-05									
T.E. Jeneratör	0,98	0,003	0,00306									
Paslanmaz sac Baca	66,30	0,03	0,00045									
			0,00357	100	1000	0,01	0,001	0,015	68,62	120	8234	25,2

Tablo B

Malzemenin adı	l	d	d/l	α_i	α_d	$1/\alpha_i$	$1/\alpha_d$	1/U	U	Δt^*	q	Δt
Metal Soğutucu	66,3	0,004	6E-05									
T.E. Jeneratör	0,98	0,003	0,00306									
Paslanmaz sac Baca	66,30	0,03	0,00045									
			0,00357	150	1000	0,0067	0,001	0,011	88,96	120	10675	32,7

Tablo C

Malzemenin adı	l	d	d/l	α_i	α_d	$1/\alpha_i$	$1/\alpha_d$	1/U	U	Δt^*	q	Δt
Metal Soğutucu	66,3	0,004	6E-05									
T.E. Jeneratör	0,98	0,003	0,00306									
Paslanmaz sac Baca	66,30	0,03	0,00045									
			0,00357	200	1000	0,005	0,001	0,010	104,45	120	12534	38,4

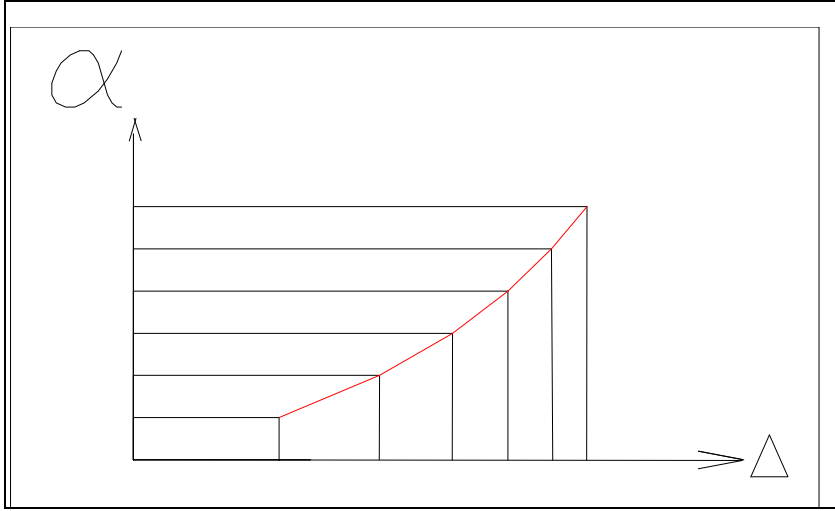
Tablo D

Malzemenin adı	l	d	d/l	α_i	α_d	$1/\alpha_i$	$1/\alpha_d$	1/U	U	Δt^*	q	Δt
Metal Soğutucu	66,3	0,004	6E-05									
T.E. Jeneratör	0,98	0,003	0,00306									
Paslanmaz sac Baca	66,30	0,03	0,00045									
			0,00357	250	1000	0,004	0,001	0,009	116,63	120	13996	42,8

Tablo E

Malzemenin adı	l	d	d/l	α_i	α_d	$1/\alpha_i$	$1/\alpha_d$	1/U	U	Δt^*	q	Δt
Metal Soğutucu	66,3	0,004	6E-05									
T.E. Jeneratör	0,98	0,003	0,00306									
Paslanmaz sac Baca	66,30	0,03	0,00045									
			0,00357	300	1000	0,0033	0,001	0,008	126,46	120	15176	46,5

Tablo F



Grafik 3.1: $\alpha_i \cdot \Delta t$ değişimi

Yukarıdaki hesaplamalarda, su tarafındaki $\alpha_d = 1000$ alınmıştır. Çünkü su dolaşımı bir sirkülasyon pompasıyla sağlandığından bu değeri elde etmek mümkündür. (Rietschel/Uğur Köktürk, 2.cilt Sayfa 115)

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada bin sekiz yüzlü yıllarda bulunmuş termoelektrik etkiden yararlanılarak yapı bacasındaki atık ısıdan yapının hem elektriği hem de sıcak suyu elde edilerek, enerjinin verimliliği yoluyla kazanç sağlanabileceği gösterilmiştir.

Hesaplamalardan da görüldüğü gibi elde edilen elektrik yoluyla yakıttan tasarruf sağlarken mekanın sıcak su ihtiyacı da karşılanabilmektedir.

Termoelektrik jeneratörün yapıldığı yarı iletken malzemelerin teknik özellikleri ve kalitesi elde edilen enerji verimini etkilemektedir.

Termoelektrik jeneratör kalitesinin artması ve fiyatını düşmesi enerji verimini arttırırken yatırım maliyetlerini azaltacaktır. Bunun yanında kış aylarının uzun yaşandığı soğuk iklim bölgelerinde baca aktivitesi fazla olacağından sistem daha verimli çalışacaktır.

Hesaplamalarda kullanılan α_i 'nin 100'den büyük değerlere çıkması, ancak karşı basınçlı brülör veya baca aspiratörü kullanmakla mümkündür.

Eğer, "termoelektrik jeneratörlü bir baca" dizayn edilecek ise, baca aspiratörü kullanılması gereklidir. Zira, baca, doğal çekişe bırakılırsa, baca gazları, termoelektrik jeneratör kaplanmış bölgede soğuyacağı için, çekiş zayıflayacaktır.

Görüldüğü gibi, baca aspiratörü kullanmak ek bir masraf getirecek, ancak hem çekişi arttıracak hem de α_i artacağı için Δt artacak, böylece elektrik üretimi de artacaktır.

Hesaplama sonucu bulunan değerlerden anlaşıldığı gibi, baca kesitinde termoelektrik jeneratör, baca dış katmanlarına yakın bölgelere taşındığında jeneratörün yüzeyleri arasında oluşan sıcaklık farkı (Δt) çok düşmekte, dolayısıyla elektrik üretimi gerçekleşmemektedir.

Baca malzemesi ısı iletkenlik değeri yüksek malzemedir (3mm paslanmaz çelik) seçildiğinde ise (Δt) artmaktadır. Termoelektrik jeneratörün dış yüzeyine yapıştırılan kanatlı soğutucu ve nişli kanatlı soğutucu (Δt)'yi, arttırıp elektrik üretimini mümkün kılacak seviyeye getiriyorsa da, sıcaklığı düşen baca gazları yüzünden baca çekişinin çok düşmesi gibi bir sorun ortaya çıkmaktadır.

Aspiratörsüz, su sirkülasyonlu bir termoelektrik baca jeneratörünün ekonomik analizi yapılmış ve sistemin ekonomik olduğu ortaya çıkmıştır.

Hem baca çekmesinin düşmesi probleminin giderilmesi, hem de sistemi ekonomik olarak yapılabilir konuma getiren çözüm ise soğutucu olarak su kullanılması ve sisteme baca aspiratörü / karşı basınçlı brülör ilave edilmesidir. (Cebri bacalı çözüm)

Ekonomik hesaplardan çıkan sonuç şöyle de değerlendirilebilir; su soğutmalı, termoelektrik jeneratörü, elektrik üretimi yanında bir "ekonomizer" olarak çalışmaktadır.

Toplam faydanın rakamsal değeri şöyledir:

$$\begin{aligned} \% \text{ Fayda} &= (\text{Bacadan sisteme geçen enerji}) / (\text{Kazanın ısııl gücü}) \\ &= 23670 \times 0.90 / 174163 \\ &= \%12.2 \text{ (Formüldeki } 0.90 \text{ katsayısı ısı kaçakları için kullanılmıştır.)} \end{aligned}$$

Cebri baca uygulanması durumunda ilave edilecek aspiratör ve karşı basınçlı brülör fiyat farkı, artacak Δt ' nin arttıracakğı ısı geçişinin yükselmesiyle, fazlasıyla karşılanacak, ayrıca baca gazı soğumasının yarattığı sorun giderilecektir.

Hesaplarda, yıllık bazda kaloriferin nispeten az kullanıldığı İstanbul seçilmiştir. Isıtmanın yılın daha fazla ayında yapıldığı soğuk bölgelerdeki uygulamalarda veya ısıtma yapılmaya bile, 12 ay merkezi sıcak su tesisatının bulunduğu binalarda daha verimli sonuçlar elde edilecektir.

Su soğutmalı sistemde, termoelektrik jeneratörlerin veriminin az olması, sistemin genel verimini değiştirmemektedir. Çünkü, elektrik üretimi azaldıkça, soğutucu suya geçen enerji artmaktadır.

Yakın bir gelecekte, daha verimli termoelektrik jeneratörlerin imal edilip piyasaya verilmesi durumunda sadece, elde edilecek elektrik artacak, suya geçen enerji azalacaktır. Toplam kazanç ise fazla değişmeyecektir.

Bundan sonra konuyla ilgili yapılacak çalışmalarda, sistemin gerçek ortam şartlarında oluşturulmasıyla sistemdeki net verimin ortaya konulması ve binalarda uygulanması yararlı olacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] **AHISKA R., DİŞLİTAŞ S.**,2003, “Jeotermal Termoelektrik Jeneratör”
Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi 3 - 4Ekim 2003,
Kayseri
- [2] **ALPHAN A.**, Binalarda Baca-2, Tesisat Mühendisliği, Ekim-Kasım 1994,56-59.
- [3] **ARUGASLAN E.**, “Termal Elektrik Kaynaklı Kablosuz Yüksek Sıcaklık Duyum
Devresi”,2008, Y.Lisans tezi, Süleyman Demirel Ü.Fen Bilimleri Ens.
- [4] **ATILGAN M., Altan Deda A.**, "Savonius Rüzgar Çarklarının Performansının
Geliştirilmesi Ve Karşılaştırılması", Atılğan M., Altan Deda A., Pamukkale
Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çamlık/Denizli
- [5] **DAS P., Jen D., Marchant B.**,2004, Solid State Energy Device, Design Report,
Penn State University
- [6] **DAĞSÖZ A.K.**, Bacalar ve Boyutlandırılması, TMMOB MMO Tesisat
Mühendisliği, Nisan Mayıs 1994,5:14-20.
- [7] **DURSUN B., GÖKÇÖL C., Ertürk E.**,2005, “Gyte Üç Katlı Savonius Rüzgar
Türbini Mekanik Tasarımı”, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Enerji
Sistemleri Mühendisliği Bölümü
- [8] **EREL Ş.**, 2009, “A Thermoelectrical Approach To The Waste Energy Thrown
By Chimneys”,Int.J.Eng.Research&Development, Vol.1, No.1, January
2009, Kırıkkale University-Faculty of Engineering 16
- [9] **EROL Y.**, Mart 2007, “Termoelektrik jeneratör”, Bilim ve Teknik Dergisi ,TÜBİTAK
- [10] **ERŞEN A.K.**, 2002, “Termoelektrik Soğutucular”, ppt
- [11] **GÜNGÖR T, ESKİBALCI M.F.**, 2003 “Türkiye enerji hammaddeleri
potansiyelinin Değerlendirilebilirliği”, İstanbul üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri
dergisi, c.16, s.1, ss.81 - 92,
- [12] **KARADAĞ Ç., GÜLSAÇ I., ERSÖZ A., ÇALIŞKAN M.**, 2009, “Çevre
Dostu ve Temiz: Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, Bilim ve Teknik Dergisi
- [13] **Melcor**, 2000, Thermoelectric handbook
- [14] **MMO**, Kazan ve Baca, TMMOB, MMO, Yayın no: 155,107 s.

- [15] MMO, Konut Tesisatı İşletmecileri İçin Doğalgaz El Kitabı, TMMOB, MMO, Yayın no:174,56s.
- [16] USTA H., KIRMACI V.,”Termoelektrik Etkiler Ve Soğutma Etkinliğinin Uygulanması”,G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi, TEKNOLOJİ, Yıl 5, (2002), Sayı 3-4, 65-71
- [17] ÜNALAN S.,2007, “Alternatif Enerji Kaynakları”, Ders notları
- [18] SEYMAN Ö., Doğalgazda Bacalar, Doğal Gaz Ekim 1991, Sayı 16,56-58.
- [19] SEYMAN Ö., Doğal Gazlı Kalorifer Dairelerinde Gerekli Şartlar, Doğal Gaz, Haziran 1991. Sayı 14,24-30.
- [20] SMITH K.D.,2009,“An Investigation into the Viability of Heat Sources for Thermoelectric Power Generation Systems”, Master thesis, Department of Mechanical EngineeringRochester Institute of Technology
- [21] SUNGUR C., “Güneş Pilleri İle Beslenen Termoelektrik Mobil Soğutucunun Tasarımı Ve Analizi”, Selçuk Üniversitesi ISSN 1302/6178 Journal of Technical-Online Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Volume 7, Number:1-2008Teknik-Online Dergi Cilt 7, Sayı:1-2008
- [22] ŞEN Ç., Ağustos 2003, ”Gökçeada’nın elektrik enerjisi ihtiyacının rüzgar enerjisi ile karşılanması”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Enerji Bölümü, , İZMİR
- [23] TAŞGETİREN S., Rüzgâr Enerjisi, Çev-Kor Dergisi Cilt, 8 Sayı 29 Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Denizli

İnternet kaynakları:

<http://www.alternaturk.org>

<http://www.americool.com/moduleworking.htm>

<http://www.dself.dsl.pipex.com/MUSEUM/POWER/thermoelectric/thermoelectric>

<http://enerjinet.com/x/f/Baca%20%C3%A7ap%C4%B1%20hesaplama.pdf>

<http://www.enerji.gov.tr>

<http://www.epkd.gov.tr>

<http://www.ewea.org>

<http://www.galeforce.niraland.co.uk>

<http://gramlich.net/projects/oceania/savonius.png>

<http://www.lorax-energy.com>

<http://www.montanagreenpower.com>

<http://www.newton.mec.edu>

<http://www.ntvmsnbc.com>

<http://www.offshorewindfarms.co.uk>

<http://stu.inonu.edu.tr/~idal/piezo.htm>

ÖZGEÇMİŞ

Talha Kılıç, 12.03.1964 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini İstanbul'da tamamladıktan sonra 1995 yılında Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Bölümünün ardından 1999 yılında Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi'ni bitirdi. Toplam Kalite Eğitimleri aldı. "Fizik", "Kimya", "Yerbilimleri" ve "Enerji Tasarrufu" konularında TÜBİTAK ve uluslararası yarışmalarda ödülleri bulunan Talha KILIÇ, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Fiziği ve Malzeme Programında Yüksek Lisans Eğitimine devam etmekte ve özel bir lisede kimya öğretmenliği ve proje danışmanlığı yapmaktadır.