



**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ'NDE  
ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ  
KAYNAKLARINDAN YARARLANABİLME OLANAKLARININ  
ARAŞTIRILMASI**

**SONUÇ RAPORU**

Yenilenebilir Enerji Komisyonu

Nisan-2013

ADANA

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
	No
İÇİNDEKİLER .....	I
ÖNSÖZ.....	III
YÖNETİCİ ÖZETİ.....	IV
<b>1. DURUM ANALİZİ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Genel Durum.....	1
1.2. Mevcut Elektrik Tarifelerinin İncelenmesi.....	1
1.2.1. Balcalı Hastanesi Elektrik Tüketimi Analizi.....	1
1.2.2. Üniversite Yerleşkesi Elektrik Enerjisi Kullanım Analizi.....	2
1.3. Elektrik Tarifelerinin Değiştirilmesi ve Elektrik Satın Alımı.....	3
<b>2. ÜNİVERSİTE ENERJİ YÖNETİMİ BİRİMİNİN KURULMASI.....</b>	<b>3</b>
2.1. Enerji Yönetim Birimi ve Enerji Yönetim Komitesi.....	3
<b>3. ENERJİ ETÜDÜ.....</b>	<b>5</b>
3.1. Binaların Enerji Kimlik Belgelerinin Çıkarılması.....	6
3.2. Enerji Tasarrufu Odakları.....	6
3.3. Enerji Verimliliğini Artıran Önlemler.....	7
3.3.1. Kısa Vadede Alınması Gereken Önlemler.....	8
3.3.2. Orta ve Uzun Vadede Alınması Gereken Önlemler.....	10
3.3.2.1. Kojenerasyon/Trijenerasyon Sistemleri ile Enerji Üretimi.....	11
3.3.2.2. Aydınlatmada Enerji Verimliliği ve Güneş Enerjisiyle Aydınlatma.....	12
Doğrudan Güneş Işığı Fiber Optik Çözüm.....	16
Yansıtıcı Sistemler.....	17
3.3.2.3. Enerji Araştırma ve Uygulama Enstitüsü / Merkezi.....	17
3.3.2.4. Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü Kurulması.....	17
<b>4. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKALARINDAN YARARLANMA YÖNTEMLERİ.....</b>	<b>17</b>
4.1. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretimi.....	19
4.1.1. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi.....	19
4.1.1.1. Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	19
4.1.1.2. Güneş Enerjisinden Fotovoltaik Yöntemle Elektrik Üretimi....	20
4.1.1.3. Güneş Enerjisinden Yoğunlaştırıcı Sistemler Kullanılarak Kızgın Buhar ve Elektrik Üretimi.....	21
Güneş Kuleleri.....	21
Güneş Kulesi Santralleri Yatırım Maliyet Kalemleri.....	22

Parabolik Oluk Sistem Güneş Santralleri.....	23
Parabolik Oluk Sistem Güneş Santralleri Yatırım Maliyet Kalemleri.....	23
4.1.2. Biyogazdan Elektrik Üretimi.....	24
4.1.2.1. Biyogaz.....	24
4.1.2.2. Biyogaz Kojenerasyonu.....	25
4.1.2.3. Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğine Biyogaz Kojenerasyon Tesisi Kurulması.....	26
4.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından İklimlendirme Amacıyla Yararlanma..	26
4.2.1. Güneş Enerjisi ile Isıtma ve Absorbsiyonlu Soğutma.....	26
4.2.2. Güneş Enerjisinden Isı Enerjisi Üretimi.....	28
4.2.2.1. Düzlem Toplaçlar.....	28
4.2.2.2. Vakum Borulu Toplaçlar.....	28
4.2.2.3. Güneş Enerjisiyle Merkezi Kafeteryaya Sıcak Su Temini için Bir Uygulama.....	29
Amaç.....	29
Merkezi Kafeterya İçin Önerilen Güneş Enerjisi Sistemi.....	29
4.2.3. Üniversitemizde Örnek Bir Yeşil-Akıllı Binanın Oluşturulması.....	30
4.2.4. Toprak Kaynaklı Isı Pompalarının Isıtma ve Soğutmada Kullanılması.....	30
4.2.5. Buz Depolama Sistemleri.....	31
4.2.6. Yenilenebilir Kaynakları İle Termal Enerji Depolama Sistemleri.....	32
4.2.6.1. ATED Yöntemi.....	34
4.3. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Yakıt Üretimi.....	37
4.3.1. Biyodizel.....	37
4.3.2. Atık Yağlardan Biyodizel Üretimi.....	37
4.3.3. Atık Yağlardan Biyodizel Üretim Maliyeti.....	38
4.3.4. Atık Yağlardan Biyodizel Üretim Tesisi.....	38
<b>5. ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ YATIRIMLARI İÇİN FİNANS OLANAKLARI.....</b>	<b>38</b>
5.1. Enerji Verimliliği Destekleri .....	38
5.2. Enerji Sektörü Araştırma-Geliştirme Projeleri Destekleme Programı.....	39
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>39</b>
<b>KOMİSYON ÜYELERİ.....</b>	<b>42</b>

## ÖNSÖZ

Enerji üretimi, dönüşümü ve kullanımı, çevre ve sürdürülebilir bir gelişme için önemli bir girdi olarak dikkate alınmaktadır. Ancak, enerji sistemleri ile enerji üretiminden, kullanımına ve atılmasına kadar gerçekleşen değişik aşamalarda çevreye değişik salımlarda bulunulur. Son zamanlarda, çevre ve insan sağlığına zararlı kirletici madde salımlarıyla ilişkili mevcut çevresel sorunlar için önemli çözümler geliştirilmiştir. Bu çözümler arasında **yenilenebilir enerji kaynakları** önemli yer almaktadır. **Yenilenebilir enerji kaynakları**; fosil enerji kaynaklarına göre, insan ve çevresi açısından çok daha az zararlı olan; **güneş, hidrolik, rüzgar, jeotermal, biyokütle ve deniz** enerjileri gibi *doğal enerji kaynaklarıdır*.

Çukurova Üniversitesinde bulunan bina ve tesislerin enerji ihtiyacının yaklaşık olarak tamamı ulusal şebeke elektriği ve kalyak (fuel-oil)'dan karşılanmaktadır. Bu enerji kaynakları, özellikle sistemlerin çalıştırılması, aydınlatma, ısıtma, soğutma ve sıcak su ve buhar elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Fosil yakıtlardan enerji üretimi, hem yüksek maliyetli hem de çevre kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca, fosil yakıt maliyetlerinin giderek artması, yenilenebilir enerji sistemlerindeki teknolojik gelişmelerle birlikte maliyetinin düşmesi, çevreye duyarlı olması ve özellikle yenilenebilir enerjinin kullanımı konusunda **toplum bilincinin arttırılması amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarından yeterli ölçüde yararlanılmalıdır**.

Enerji maliyetinin artması nedeniyle enerjinin verimli kullanılması ve ilgili yasa/yönetmeliklerin gereği olarak mevcut durumun enerji etüdünün yapılması, enerji verimliliğini sürekli olarak izlenmesi ve uygulanması, geleceğe yönelik enerji planlamasının yapılması için **Enerji Yönetim Biriminin ve Enerji Yönetim Komitesinin** kurulması gereklidir. Bu birim; enerjinin verimli kullanılması, verimliliğin izlenmesi, yürütme sürecinin sağlanması, enerji tasarrufu hedeflerinin belirlenmesi ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarından yeterli ölçüde yararlanılmasında sorumlu olmalıdır.

Sonuç olarak; bu raporda, Çukurova Üniversitesinde, enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik çalışmalar ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma yöntemleri değerlendirilmiştir.



## YÖNETİCİ ÖZETİ

- Çukurova Üniversitesi'nin **2012 yılı enerji tüketimi gideri yaklaşık 27 Milyon TL**'dir. Bu tutarın **17 Milyon TL**'si elektrik tüketimi, diğer **10 Milyon TL**'si ise ısıtmada ve buhar üretiminde kullanılan kalyak ve mazot (fosil yakıt) giderlerini kapsamaktadır.
- Üniversitemizde enerji tasarruf önlemlerinin belirlenmesi ve uygulanması için enerji verimliliği çalışması yapılmalıdır. Bu kapsamda, enerjinin kullanıldığı sistem, tesis ve süreçlerin ayrıntılı olarak **uzman firma tarafından etüdünün yapılması**, diğer bir deyişle **ısı analizi, verimlilik ve ekonomik analizi yapılarak alternatif projeler** hazırlanmalıdır.
- Enerji maliyetinin artması nedeniyle enerjinin verimli kullanılması ve ilgili yasa ve yönetmeliklerin gereği olarak mevcut durumun enerji etüdünün yapılması ve enerji verimliliğini sürekli olarak izlenmesi ve uygulanması, geleceğe yönelik enerji planlamasının yapılması için **Enerji Yönetim Birimi ve Enerji Yönetim Komitesi oluşturulmalıdır**.
- Bu birim; enerjinin verimli kullanılması, verimliliğin izlenmesi, yürütme sürecinin sağlanması, enerji tasarrufu hedeflerinin ortaya konulması ile birlikte Üniversitenin enerji planlamasını, yıllara göre enerji ihtiyacı projeksiyonunu ve enerjinin güvenli, etkin, verimli ve ekonomik kullanım stratejisini belirlemede ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yeterli ölçüde yararlanılmasında sorumlu olmalıdır.
- Üniversitenin bütün elektrik enerjisi abonelikleri için uygun abonelik yöntemlerinin seçilmesi halinde aylık **ortalama 100.000 TL'ye kadar tasarruf potansiyeli** mevcuttur. Sonuç olarak, elektrik kullanımı yıllık tasarruf 1.000.000 TL'yi geçecektir.
- **Balcalı Hastanesi** 3 zamanlı tarifede ve serbest tüketici olduğundan, tek zamanlı tarifeden enerji alınacağı için **tasarruf sınırlı** kalmaktadır.
- Ç.Ü., Rektörlüğü tek zamanlı tarifede olduğundan, tasarruf oranı, hastaneye kıyasla daha yüksektir. Firmalardan alınacak ilave indirimlerle bu abonelikte **yıllık 600.000 TL** tasarruf yapmak mümkündür.
- Elektrik dağıtım şebekesinin ve elektrik satışının özelleşmesinden sonra birçok firma uygun şartlarda elektrik enerjisi satışı yapmaktadır. Firmalarla yapılacak görüşmelerle **mevcut elektrik tüketimi ödemesi %3-9 civarında aşağıya çekilmesi muhtemeldir**.

- Serbest tüketici olarak **enerji temininde tüm abonelikler birleştirilebilir ve enerji toptan satın alınabilir**. Bazı abonelikler tarımsal sulama tarifesinden enerji almaktadır. Bunların fiyatı uygundur ve değiştirilmesine gerek yoktur.
- Üniversitemize ait olan bütün binaların **Enerji Kimlik Belgeleri** çıkarılarak uygun enerji tasarruf projeleri hazırlanmalıdır ve uygulamaya konmalıdır.
- **Yeni yapılacak binalar, enerji tüketimi düşük, uluslararası bina enerji performans sertifikaları alabilecek** şekilde projelendirilmelidir.
- Üniversite bünyesindeki ısı merkezleri ve klima santrallerinde görevli **personel, enerji sistemleri ve enerji verimliliği konularında kurslara katılmalı ve mühendislerin enerji yönetimi sertifikası almaları sağlanmalıdır**.
- Üniversite kendi elektrik ihtiyacını kısmen de olsa karşılamak amacıyla **Kojenerasyon/trijenerasyon uygulamalarını** içeren yöntemlerle elektrik üretmeyi düşünmelidir.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanabilmek için gerekli **yasal mevzuatlar incelenmelidir**.
- Üniversite olarak toplumu yönlendirici olma misyonumuz nedeniyle, **Enerjinin verimli kullanımı ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma konusunda örnekler oluşturulmalıdır**.
- Ç.Ü. Yerleşkesinde elektrik tüketiminin bir kısmının karşılanması amacıyla, yatırım maliyeti ve maddi destekler dikkate alınarak, **şebeke bağlantılı orta ölçekli bir güneş pili (PV) elektrik üretim santrali** kurulabilir. PV hücrelerin satış fiyatı 1.0–1.5 USD/W<sub>p</sub> arasında değişmektedir. PV modüllerin kullanım süresi ortalama 25 yıl olarak dikkate alınabilir.
- Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinden açığa çıkan bitkisel ve hayvansal atıklar ile yerleşke alanındaki kafeteryalardan açığa çıkan organik kökenli atıklardan, ısı ve elektrik üretimi amacıyla, oluşturulacak olan ulusal veya uluslararası bir proje kapsamında, **küçük ölçekli (250 kW ) biyogaz kojenerasyon tesisi** kurulabilir. Ancak burada yöntemin çevre koşullarına olan etkisine, işletme girdisi maliyetine ve işletme yönetimine önem verilmelidir. Bu ölçekte bir tesisin maliyeti yaklaşık 1.5-2.0 milyon TL arasında olup; geri ödeme süresi 4.0-4.5 yıldır.
- Ç.Ü. Yerleşkesinde mevcut aydınlatma sistemleri eski ve oldukça verimsizdir. Bu nedenle enerji verimliliği açısından detaylı olarak incelenmelidir. Otomasyon ile birlikte **LED aydınlatma gibi yenilikçi sistemler kullanılmalıdır**. Böyle bir uygulama mevcut

aydınlatma sistemlerine (binalarda ve çevre aydınlatmada) göre yüksek düzeyde tasarruf sağlayacağı bilinmektedir.

- Üniversitemizde aydınlatmada, bilhassa kapalı alanlarda **tasarruflu ampullerle birlikte otomasyon sistemine** geçilmelidir.
- **Merkezi Kafeteryadaki değişik işlemlerde tüketilen ısı enerji miktarının bir bölümünün güneş enerjisi** ile karşılanması durumunda, ısıtma giderleri azalacak ve enerji tasarrufu sağlanacaktır.
- Üniversitemizde örnek oluşturacak bir **yeşil-akıllı bina projesi ve yapımı** gerçekleştirilmelidir.
- **Toprak kaynaklı ısı pompası kullanımı** teşvik edilmelidir.
- **Buz depolama sistemleri** ile, elektrik birim fiyatının minimum olduğu zaman diliminde, soğuk enerjisi depolanarak, soğutma elektrik yükü gece saatlerine kaydırılması halinde enerji tasarrufu mümkündür.
- Türkiye’de Akiferde Termal Enerji Depolama (ATED) için ilk fizibilite çalışması **Çukurova Üniversitesi Balcalı Hastanesi** için yapılmıştır. Bu projenin uygulanabilirliği ve ekonomikliği incelenmelidir.
- Ç.Ü. Yerleşkesindeki kafeteryalardan açığa çıkan atık yağlardan, biyodizel üretimi amacıyla **küçük ölçekli bir biyodizel üretim tesisi** kurulabilir. Üretilecek olan biyodizel, Üniversite yerleşkesinde bir kısım araçlarda, ring servisinde veya ısınma amaçlı olarak kullanılması mümkündür.
- Yenilenebilir enerjinin kullanımı konusunda **toplum bilincinin artırılması amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarından yeterli ölçüde yararlanılmalıdır.**
- Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmaya karar verilmesi halinde projenin çevreye uyumluluğu, verimliliği, ilk yatırım maliyeti, işletme maliyeti, bakım onarım maliyeti, getirisi ve ekonomik ömrü dikkate alınarak ekonomik analizi detaylı olarak yapılmalıdır. **Teknolojinin** güncel olması, bilhassa **işletmenin sürdürülebilirliği** konularına da hassasiyet gösterilmelidir.

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ'NDE  
ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ  
KAYNAKLARINDAN YARARLANABİLME  
OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

## 1. DURUM ANALİZİ

### 1.1. Genel Durum

Üniversitemiz TEDAŞ'tan elektrik tedarik etmektedir. Toplam 16 abonelik mevcuttur. Üniversitenin aylık elektrik faturası ortalama 1.200.000 TL civarındadır. Fatura Haziran-Ekim döneminde özellikle yükselmekte diğer dönemlerde ortalama değer in altında seyretmektedir. Tüketimleri yüksek olan Balcalı Hastanesi ve Rektörlük (Zeytinlik) abonelikleri dikkat çekmektedir. Faturanın %85'i bu iki tüketiciden kaynaklanmaktadır. Su pompa istasyonları özellikle Sepici mevkiindeki, Tıp Fakültesi Dekanlığı, Lojmanlar, Spor Kompleksi diğer büyük tüketim noktalarıdır. Serbest tüketici olarak enerji temininde tüm abonelikler birleştirilerek elektrik enerjisi toptan alınabilmelidir. Bazı abonelikler tarımsal sulama tarifesi nden elektrik enerjisi almaktadır. Bunların alış maliyeti uygundur ve değiştirilmesine gerek yoktur. Serbest tüketici olarak enerji tedariki durumunda tasarruf edileceği gözükmektedir. Üniversitenin tüm abonelikleri ele alındığında aylık ortalama 100.000 TL'ye kadar tasarruf potansiyeli mevcuttur. Yıllık tasarruf 1.000.000 TL'yi geçecektir. Üniversite kendi elektrik enerjisini üretmesi halinde daha fazla tasarruf yapacağı anlaşılmaktadır.

Çukurova Üniversitesinin yıllık enerji sarfıyatı gideri 27 Milyon TL'dir. Bunun 17 Milyon TL'si elektrik enerjisi giderlerini, diğer 10 Milyon TL'si ise kalyak ve mazot giderlerini kapsamaktadır.

### 1.2. Mevcut Elektrik Tarifelerinin İncelenmesi

#### 1.2.1. Balcalı Hastanesi Elektrik Enerjisi Kullanımı Analizi

Balcalı Hastanesi, "Üç Zamanlı Diğer 1" (Resmi Üniversite, Hayır Kurumları vs.) tarifesi nden elektrik enerjisi almaktadır. Hastane faturalarında elektrik tüketim vergisi yoktur. **Bununla ilgili aynı indirimlerden faydalanmak için gerekli belgeleri düzenlemek gerekmektedir.**

Hastane elektrik enerjisi faturaları Temmuz 2012 – Ocak 2013 dönemi için incelenmiştir. Analizler tüm aylar için güncel 2013 yılı Ocak ayı tarifesi fiyatlarıyla yapılmıştır. Bu sebeple gerçek faturalarla farklılık mevcuttur. Yapılan analiz sonucunda belirlenen sonuçlar Çizelge 1.1'de verilmiştir. Serbest tüketici olarak enerji alınması durumunda elektrik tasarrufu sağlanabilecektir. Hastane halihazırda "üç zamanlı" tarifeden elektrik enerjisi temin ettiğinden dolayı, serbest tüketici olarak "tek zamanlı" tarifeden elektrik enerjisi temin etmesi halinde yapacağı tasarruf sınırlı kalacaktır.

Çizelge 1.1. Ç.Ü. Balcalı Hastanesi Toplam Elektrik Tüketimi ve Tutarı

Balcalı Hastanesi	Temmuz 2012	Ağustos 2012	Eylül 2012	Ekim 2012	Kasım 2012	Aralık 2012	Ocak 2013
Toplam Tüketim (kWh)	3.345.360	3.235.560	2.877.480	2.033.280	1.243.680	1.238.880	1.250.640
Mevcut Durum (TL)	1.070.587	1.036.697	923.460	657.096	400.109	396.216	399.111
Serbest Tüketici (TL)	1.045.760	1.011.436	899.501	635.603	388.774	387.274	390.950
Kar (TL)	24.827	25.261	23.959	21.493	11.335	8.942	8.161
Kar (%)	2,32%	2,44%	2,59%	3,27%	2,83%	2,26%	2,04%
7 Aylık Kar (TL)	123.978						

### 1.2.2. Üniversite Yerleşkesi (Ç.Ü. Rektörlüğü, Zeytinlik) Elektrik Enerjisi Kullanım Analizi

Üniversite Yerleşkesi (Ç.Ü. Rektörlüğü, Zeytinlik), “Tek Zamanlı Diğer 1” (Resmi Üniversite, Hayır Kurumları vs.) tarifesinden enerji almaktadır. Elektrik tüketim vergisi, Ç.Ü., Rektörlüğü elektrik faturalarında mevcuttur. **Bu ödemelerde aynı indirimlerden faydalanmak için gerekli başvuru yapılmalıdır.**

Ç.Ü. Rektörlüğü faturaları Temmuz 2012 – Ocak 2013 dönemi için incelenmiştir. Analizler tüm aylar için güncel olan 2013 yılı Ocak ayı tarifesi fiyatlarıyla yapılmıştır. Bu sebeple, gerçek faturalarla kıyaslandığında farklılıklar mevcuttur. Faturalandırma işleminde, Ç.Ü. Rektörlüğü süzme sayaç sistemi kullanmaktadır. Ç.Ü. Rektörlüğü elektrik giderleri faturalar üzerindeki tüketim rakamlarından hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonucunda belirlenen sonuçlar Çizelge 1.2’de verilmiştir. Çizelgede verilen rakamlar incelendiğinde, Serbest Tüketici olarak enerji alınması durumunda, tasarruf sağlanabileceğini göstermektedir. Ç.Ü. Rektörlüğü “Tek Zamanlı Tarifede” olduğundan, tasarruf oranı Balcalı Hastanesine kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken serbest tüketici birim fiyatı 18,227 kr/kWh olarak alınmıştır. Firmalardan alınacak ilave indirimle, bu abonelikte yıllık 600.000 TL tasarruf yapılması mümkündür.

Bazı abonelikler tarımsal sulama tarifesinden enerji almaktadır. Bunların fiyatı uygundur ve değiştirilmesine gerek yoktur.

Elektrik satışının özelleşmesinden sonra birçok firma uygun şartlarda daha ucuz elektrik enerjisi satışı yapmaktadır. Özel firmalardan elektrik enerjisi alınması halinde %3-9 civarında tasarruf sağlanması mümkündür. Elektrik dağıtım sistemi özelleştikten ve toptan elektrik satışı gerçekleştiren firma sayısı arttığından elektrik enerjisi piyasası rekabete açıktır.

Çizelge 1.2. Ç.Ü. Rektörlüğü/Zeytinlik Toplam Elektrik Kullanımı ve Tutarı

Rektörlük (Zeytinlik)	Temmuz 2012	Ağustos 2012	Eylül 2012	Ekim 2012	Kasım 2012	Aralık 2012	Ocak 2013
Toplam Tüketim (kWh)	1.716.219	1.823.952	1.613.859	1.076.000	1.072.261	1.356.448	1.329.339
Mevcut Durum (TL)	616.708	655.421	579.926	386.651	385.307	487.427	477.686
Serbest Tüketici (TL)	557.728	592.738	524.463	349.673	348.457	440.811	432.001
Kar (TL)	58.980	62.683	55.463	36.978	36.850	46.616	45.685
Kar (%)	9,56%	9,56%	9,56%	9,56%	9,56%	9,56%	9,56%
7 Aylık Kar (TL)	343.255						

## 2. ÜNİVERSİTE ENERJİ YÖNETİMİ BİRİMİNİN KURULMASI

Enerjinin etkin ve verimli kullanılması, israfın önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması amacıyla 02 Mayıs 2007 tarihinde, 5627 sayılı “*Enerji Verimliliği Kanunu*” yürürlüğe girmiştir. Bu kanun; **enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekeleri ile ulaşımda enerji verimliliğinin artırılmasına ve desteklenmesine, toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik uygulanacak usul ve esasları kapsamaktadır.** Bu kapsamda;

1. Üniversitemiz bünyesinde **Enerji Yönetim Birimi** oluşturulmalı ve **Enerji Yönetim Birimi Yöneticisi** ( Rektör Yardımcılığı düzeyinde) atanmalı ve ayrıca bu birime bağlı Yapı İşleri Daire Başkanlığı bünyesinde **Enerji Yönetim Komitesi** oluşturulmalıdır.
2. Üniversitemizin bağlı bulunduğu bütün birimlerin **enerji etüdü kapsamında ekipman, süreç ve tesisin enerji verimlilik ve maliyet analizleri** yapılmalıdır.
3. Enerji analizi sonuçları değerlendirilmeli ve enerji tasarrufu yapılabilmesi muhtemel görünen **bina, makine, ekipman, sistem, ve süreçler belirlenerek gerekli önlemler** alınmalıdır.
4. “**Yürütme**” süreci sağlanmalıdır. Bu süreçte, etkin bir enerji yönetim programı uygulanmalı, **enerji tasarrufu hedefleri konulmalı, etkin ölçme ve izleme yöntemleri oluşturulmalıdır.**

### 2.1. Enerji Yönetim Birimi ve Enerji Yönetim Komitesi

Üniversiteye bağlı bütün birimlerde enerji yönetimi ile ilgili faaliyetleri yerine getirmekle sorumlu olan teknik personelin; **enerji yöneticisi**, eğitim-etüt-proje sertifikasına



sahip olması gereklidir. Enerji Yönetim Birimi ve Enerji Yönetim Komitesi görev, yetki ve sorumlulukları şunlardır:

1. Üniversite yerleşkesinde tüm enerji tüketim kayıtlarını, sayaç okuma ve enerji satın almayı takip etmek, denetlemek, bunun için önemli ısı ve klima tesislerinde ve bunların dağıtım şebekelerinde gerekli kontrol, ölçme ve ölçülen verilerin analizlerini yaparak enerji kullanımı takip ve değerlendirme raporlarını hazırlamak ve gerektiğinde uzman firmalardan da destek alarak bu tesislerin yenilenmesi durumunda proje hazırlamak, hazırlanan projenin termal ve ekonomik analizini yapmak.
2. Yerleşkede bilhassa ısı ve klima merkezleri başta olmak üzere enerjinin etkin ve verimli kullanılması için işletme planlarının hazırlanması ve yapılan bu planlara göre bütün enerji sistemlerinin sevk ve idaresini sağlamak.
3. Özgül (spesifik) enerji tüketim (SET) değerleri için mevcut durum ve iyileştirme sonrası endeksleri geliştirmek, üst yönetime verilmek üzere SET değerleri ve enerji maliyetleri (örneğin ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerji tüketim ilişkisini) enerjinin kullanım alanına göre maliyetlerini özetleyen aylık raporları hazırlamak, enerji tüketimi SET değerlerini aşması halinde bu artan enerji tüketimini düşürülmesini teminen alternatif teklifler hazırlamak.
4. Yerleşkemiz için mali avantaj sağlaması açısından yakıt cinsini ve elektrik tarifesini değiştirme ve kullanılabilen enerji kaynaklarından yararlanma yöntemlerini araştırmak ve enerji ikmal kesintisi halinde uygulanmak üzere muhtemel planlar hazırlamak.
5. Yıllık enerji maliyet bütçelerini hazırlamak ve gerçekleştirmelerini izlemek.
6. Enerji komitesi personeli, ekipman teminini sağlayan firmaların uzman teknik elemanları ve dış danışmanlarla işbirliği yaparak enerji tasarrufu projelerini, süreç değişiklikleri de dahil olmak üzere geliştirmek, gerekli mali analizleri yaparak yönetimin bu konuda yatırım yapması için yeterli bilgiye sahip olmasını, üniversitenin kendi mali ve teknik imkanları içinde olanlar da dahil, sağlamak.
7. Üniversitemiz yerleşkesinde makine ve tesislerin daha verimli olarak işletilmesi için verimlilik standartları oluşturmak.
8. Hazırlanmış tasarruf projelerinin, şartnameden montaja kadar her safhada olmak üzere yürütülmesini sağlamak.
9. Enerji yönetim programı için üniversitemizde her kademe arasında iletişimi sağlamak, programa katılan tüm mühendis, tekniker, teknisyen ve çalışanları teşvik etmek için bilinçlendirme ve eğitim programları geliştirmek.



10. Baca gazı emisyonlarını sürekli izleyerek 2.11.1986 tarih ve 19269 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nde belirtilen sınır değerlerinin aşılmamasını sağlamak ve ayrıca, yanma işleminin maksimum düzeyde olup olmadığını görmek.
11. Sayaç ve benzeri cihazların kalibrasyonlarının yaptırılmasını sağlamak ve izleme raporları tanzim etmek.
12. Detaylı Enerji Etüdü sonuçlarına göre enerjinin verimli kullanılması hususunda sistem ve süreçlerin işletilmesi ile ilgili çalışma planları hazırlamak ve uygulamak ve uygulama sonuçlarını takip etmek, Üniversitenin gelecek yıllar için enerji planlaması, yıllara göre enerji ihtiyacı projeksiyonu, maliyet analizini ve enerjinin verimli kullanım stratejisi ortaya koymaktır.

### 3. ENERJİ ETÜDÜ

Üniversitemizde enerji tasarruf önlemlerinin belirlenmesi ve uygulanması için enerji verimliliği çalışması yapılmalıdır. Bu kapsamda, enerjinin kullanıldığı makine, ekipman, sistem, bina, tesis ve süreçlerin ayrıntılı olarak incelenmesi, ısıl analizi, verimlilik ve ekonomik analizi yapılmalıdır. Bu anlamda, üniversitemiz yerleşkesinde elektrik enerjisi ve yakıtın kullanıldığı yöntemler hakkında kesin değerlerin elde edilmesi ve anlaşılması, enerji atığının olabileceği ve enerji tasarrufunun yapılabileceği alanların belirlenmesi amacıyla üniversitemiz genelinde bir **ENERJİ ETÜDÜNÜN** yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu sayede, üniversitemiz yapı ve tesislerin faaliyetleri için kaçınılmaz olan enerji giderini azaltılmasına bakım, işletme ve kalite kontrol çalışmalarına olumlu yönde katkı sağlanacaktır.

Üniversitemizde enerji verimliliği analizi çalışmalarında aşağıdaki etmenlerin dikkate alınması gerekmektedir:

- Enerjiyle ilgili geçmiş kayıtlar incelenmelidir.
- Enerji kullanan başlıca bileşenler ve enerji kayıpları belirlenmelidir.
- Etüt için veri ihtiyaçları ayrıntılı olarak elde edilmelidir.
- Enerji ve kütle akışları hesaplanmalıdır.
- Enerji Tasarrufu Odaklarının (ETO) ayrıntılı listesi oluşturulmalıdır.
- Binaların enerji kimlik belgeleri çıkarılmalıdır.
- Termal ve ekonomik analiz yapılmalıdır.
- Belirlenecek enerji tasarrufu alanları için alternatif detaylı projeler hazırlanmalıdır.
- Sonuç raporu düzenlenmelidir.

### 3.1. Binaların Enerji Kimlik Belgelerinin Çıkarılması

Toplam kullanım alanı 1.000 m<sup>2</sup> ve üzerinde olan mevcut binalar ve işletmeye alınan yeni binalar için **Enerji Kimlik Belgesinin TS EN 15217 standardına göre düzenlenmesi zorunludur**. Bu durumda, Üniversitemize ait olan bütün binaların **Enerji Kimlik Belgelerinin çıkarılması gereklidir**.

Binanın enerji ihtiyacı, yalıtım özellikleri, ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi/etkinliği ve binanın enerji tüketim sınıflandırması ile ilgili bilgilerle birlikte; binanın ısıtılması, soğutulması, iklimlendirmesi, havalandırması, aydınlatılması ve sıhhi sıcak su temini için kullanılan enerjinin miktarı (kWh/yıl) ve diğer hususlar belirtilmelidir.

### 3.2. Enerji Tasarrufu Odakları

Enerji verimliliği sağlanmasına yönelik enerji tasarrufu odakları şunlardır:

- Kazanlardaki hava-yakıt oranının ayarlanması
- Buharın maliyetinin belirlenmesi
- Buhar kaçaklarının onarılması (Kondenstopların kontrolü ve onarımı)
- Toplam buhar sistemi veriminin belirlenmesi
- Çıplak boru şebekesinin yalıtımı
- Vana ve flanşların yalıtımı
- Isıtılan açık tankların üst yüzeylerinin kapatılması
- Tankların yalıtımı
- Atık ısı geri kazanımında ekonomizerlerin kullanımı (kazana giren besi suyunun ısıtılması)
- Atık ısı geri kazanımında hava ısıtıcılarının kullanımı (kazana giren yakma havasının ön ısıtılması)
- Kazanın su tarafı ısı geçiş yüzeylerinin temizlenmesi
- Kazanın duman gazı tarafı ısı geçiş yüzeylerinin temizlenmesi
- Kazanlarda maksimum verimde yanmanın takibi için baca gazı salım değerlerinin sürekli olarak ölçülmesi
- Sistem ve sürecin SET değerlerinde çalışıp çalışmadığını görmek için yakıt, basınç, sıcaklık ve debi değerlerinin ölçülmesi
- Kondensatın minimum kayıpla kazana geri gönderilmesi
- Kazan blöfünün en düşük düzeyde tutulması
- Flaş tankın kullanılması ile enerji tasarrufu

- Isı değiştiricisi kullanılmasıyla flaş buhar enerjisinden ısı geri kazanımı
- Yüksek basınçlı kondensatın düşük basınçlı buhar elde etmek için flaş edilmesi
- Standart elektrik motorları yerine yüksek verimli devir kontrollü elektrik motorların kullanılması
- Gerilim dengesizliğinin düzeltilmesi
- Güç faktörünün iyileştirilmesi
- Tesis dağıtım sistemindeki aşırı gerilim düşüşlerinin giderilmesi
- Trafoların uygun seçimi ve iyileştirilmesiyle kayıpların azaltılması
- Değişken devirli sürücülerin (invertörlerin) kullanılması
- Enerji tasarruflu aydınlatma yöntemlerinin kullanılması
- Elektrik talebinin izlenmesi
- Enerji verimli santrifüj pompanın seçilmesi
- Paralel pompa kullanımının optimize edilmesi
- Birden fazla buhar kazanlarının paralel kullanımının optimize edilmesi
- Boruların optimum boyutlandırılmasıyla pompalama giderlerinin düşürülmesi
- Kontrol vanalarında enerji tasarrufu sağlanması
- Soğutma kulesi sisteminin performansının değerlendirilmesi
- Soğutma grubunda (chillerde) kondenser suyu sıcaklığının ayarlanması
- Soğutma grubunda (chillerde) soğutulmuş su gidiş sıcaklığının ayarlanması
- Enerji verimli soğutma grubunun (chillerin) tercih edilmesi
- Soğutulmuş su gidiş (besleme) basıncının ayar değerinin düşürülmesi
- Soğutulmuş su pompalama basıncı SET değerinin ayarlanması
- Değişken devirli pompa grubunda pompa sayılarının optimize edilmesi
- Direk genleşmeli soğutma sisteminin soğutulmuş su sistemiyle değiştirilmesi
- Mekanik soğutma sistemlerinde enerji tasarrufu sağlanması
- Doğal aydınlatma pencereleri veya rafları kullanılarak bedava aydınlatma yapılması
- Binaların enerji kullanımının TS EN 15217 standardına göre belirlenmesi

### **3.3. Enerji Verimliliğini Artıran Önlemler**

Sanayi sektörü, ülkemizdeki nihai elektrik tüketiminde %55 düzeyindeki payı ile önemli bir yere sahiptir. Bu %55'lik oranın %70'i elektrik motorlarında harcanmaktadır. Benzer şekilde üniversitemizdeki mevcut elektrik motorlarının sayısı ve sınıfının belirlenmesi gerekmektedir (Yüksek güçlü tüm cihazların güçleri ve çalışma saatlerinin bilinmesi

gerekmektedir). Özellikle fan ve pompa motorları yaklaşık %40 gibi verimlilik sağlayabilen hız sürücü sistemleriyle kullanılmalıdır. Hız sürücü uygulamaları %40'a yakın enerji tasarrufu sağlayabildiği gibi işletmelerde bu sistemlerin amortisman süresi 6-18 ay arası gibi kısa bir süreyi kapsamaktadır. Ayrıca, bundan sonraki alınacak motorların devir kontrollü ve verimli enerji sınıfından olmalıdır.

Enerji verimliliğini artıran bazı önlemler ve amortisman süreleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Sanayide Enerji Verimlilik Artırıcı Çalışmalar ve Amortisman Süresi

Verimlilik Artırıcı Uygulama	Amortisman Süresi (Yıl)
Basınçlı Hava Kontrolü	1,1
Yeni Nesil Yoğuşmalı Soğutma & HVAC	1,9
Kapsamlı Isı Yalıtım	2-4
Kazan & Buhar Atık Isı Geri Kazanım	0,4
Motor Sürücü Uygulamaları	0,8
Motorların Yüksek Verimli Olanlarla Değiştirilmesi	1,6
Atık Isı Geri Kazanım	0,7
Mevcut Binalarda Mantolama	3-4
Kazanlarda Vana Ceketi Uygulaması	0,4

### 3.3.1. Kısa Vadede Alınması Gereken Önlemler

- *Enerji Verimliliği Kanununun (5627 Sayılı Kanun) 7. maddesine göre, "Toplam inşaat alanı en az 20000 m<sup>2</sup> veya yıllık enerji tüketimi beş yüz Ton Eşdeğer Petrol (TEP) ve üzeri olan ticarî binaların, hizmet binalarının ve kamu kesimi binalarının yönetimleri, yönetimlerin bulunmadığı hallerde bina sahipleri, enerji yöneticisi görevlendirir veya enerji yöneticilerinden hizmet alır".* Ayrıca, yıllık enerji harcaması 2000 TEP olan kurum ve kuruluşların Enerji Etüdü yaptırmasının zorunlu olduğu bilinmektedir. Bu çerçevede, Üniversitemizin toplam enerji tüketimi rakamları bilinmemekle birlikte yaklaşık 10 bin TEP olduğu tahmin edilmektedir. Dolayısıyla üniversite birimleri için enerji etüdü yapılmasının kaçınılmaz olduğu görülmektedir. Ayrıca, ölçme, izleme ve geleceğe yönelik enerji stratejisini belirlemek üzere **Enerji Yönetim Birimi ve Enerji Yönetim Komitesi kurulmalıdır.**
- **Enerji Yönetim Birimine bağlı olan Enerji Yönetim Komitesinin denetiminde Enerji etüdü uzman firmalara yaptırılarak enerjinin verimli kullanılması** hususunda Üniversitenin enerji planlaması, yıllara göre enerji ihtiyacı projeksiyonu ve enerjinin verimli kullanım stratejisi ortaya konmalıdır. **Örneğin; Akdeniz**

**Üniversitesi Yerleşkesi ve Hastanesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi'nde, birçok kamu ve özel hastanelerde etüt çalışmaları yapılmıştır.** Bu konuda hazırlanacak olan şartnamenin hatasız olması çok önemlidir.

- Ay içinde belirli periyotlarda elektrik sayaçları üzerindeki tüketim miktarları okunarak, kanunen istenen aktif, reaktif güç oranları kontrol edilmeli, böylece ceza kapsamına girilmesi önlenmelidir.
- Öncelikle, bina, sistem ve süreçlerin ne kadar enerji kullandığı, kayıp-kaçak oranlarının ne olduğu ve nihai iyileştirme sonucunda hangi oranda tasarruf yapılabileceği ve maliyeti belirlenmelidir.
- Raporlar, tahmini veriler ile değil, gerçek ölçüm sonuçları ile hazırlanmalıdır.
- Yeni yapılan binalarda enerji tüketiminin düşük, uluslararası bina enerji performans sertifikaları alabilecek şekilde projelendirilmesinde yarar vardır. Bazı üniversiteler bir kısım binaları için Uluslararası Bina Enerji Performans Sertifikası "Leadership in Energy Environmental Design" (LEED) aldığı bilinmektedir.
- Bilhassa öğretim elemanları, masaüstü bilgisayar yerine dizüstü bilgisayar ve ofislerde bulunan kişisel buzdolapları yerine, bölümlerde ihtiyacı görecektel şekilde uygun kapasitede ortak kullanım amaçlı A-enerji sınıfı buzdolabı kullanımı özendirilmelidir.
- Binaların ısıtılmasında kullanılan sıcak su ve/veya buhar ana şebekelerde kullanılan vanaların bir merkezden otomasyon yöntemi ile kontrolü sağlanmalıdır. Kalorifer sistemlerinin radyatör vanaları termostatik vanalarla değiştirilmelidir. Isı merkezlerinde vana ve flanşların yalıtımı sağlanmalıdır. Basınç kaybı az olan vanalar tercih edilmelidir.
- Isı merkezlerindeki kazanların ısı verimliliği hesapları yapılmalı ve çıkan sonuçlara göre kazanın yenilenmesi veya gerekli iyileştirme ihtiyacı belirlenmelidir. Yeni kazan veya iyileştirilmiş hali için, kazanların kullanılacak olan yakıtlara göre ısı ve ekonomik analizi mutlaka yapılmalıdır.
- Üniversitemizin ana yerleşkesinde ve ilçelerdeki Meslek Yüksek Okullarında klima sistemlerine ödenen 10 yıllık bakım onarım giderleri yıl-yıl ortaya çıkartılarak incelenmeli ve yüksek maliyet durumunda üniversiteye bir klima bakım ve onarım birimi kurulmalıdır veya Yapı İşleri Daire Başkanlığına Bağlı Mühendis ve teknisyenlerden Bakım Onarım Ekibi oluşturulmalıdır.

- Üniversitemize klima alımları tek merkezden toplu olarak alınmalıdır. Böylece klimaların maliyeti düşürülebilir. Alımlarda etkinlik katsayısı (COP) değerlerine dikkat edilmelidir.
- Üniversite bünyesindeki ısı merkezleri ve klima santrallerinde görevli personeller, enerji sistemleri ve enerji verimliliği konularında kurslara katılmalıdırlar.
- Binaların çatılarından, pencerelerinden ve radyatör arkalarından oluşan ısı kaybı ve maliyet hesabı yapılmalı, çatı ve duvar yalıtımı yapılmalı ve ısı kaybına sebebiyet veren ekonomik ömrünü tamamlamış pencerelerin değiştirilmesi yoluna gidilmelidir.
- Yeni takılacak klimaların montajında servis teknisyenleri denetlenmelidir. Odaların soğu ihtiyacı iyi belirlenmelidir. Yapılacak küçük yanlışlardan dolayı her klimada 1 kW fazla enerji kullanımının üniversitedeki tüm klimalarda olması durumunda ortaya çıkacak enerji sarfiyatının ne kadar büyük boyutlara ulaşabileceği unutulmamalıdır.
- Isı merkezlerindeki baca gazından, yakıttan en fazla verim alınması amacıyla sürekli ölçümler alınmalı ve aynı zamanda yakıt emisyonlarının çevreye zararlarının en aza indirilmesi yönünde çalışmalar yapılmalıdır. Basınç, sıcaklık, debi değerleri ve yakıt miktarı sürekli olarak ölçülmelidir.
- Kazanlarda, eşanjörlerde ve ısıtma sistemlerindeki diğer ekipmanlarda kireç taşı oluşumunu ortadan kaldırmak için yumuşak su kullanımı sağlanmalı ve yazları yapılacak kireç taşı eritme işlemleri mühendis onayından geçirilmelidir. Kireçlenme hem ısı transferini azaltmakta hem de basınç kaybını arttırmaktadır. Dolayısıyla, enerji kaybına neden olmaktadır.
- Uygun koşullarda kullanılmayan, olması gereken ısı veriminde çalışmayan kazanların revizyonu sonucunda ekonomik ve ısı analizi yapılarak alternatif yeni kazanın ısı ve ekonomik analiz sonuçları karşılaştırılarak revizyonuna veya değiştirilmesine karar verilmelidir.

### **3.3.2. Orta ve Uzun Vadede Alınması Gereken Önlemler**

- Üniversitedeki tüm binaların enerji sistemlerinin (Isıtma, soğutma, aydınlatma vb.) analizi yapılmalı, mevcut durum ortaya çıkartılmalıdır. Yapı İşleri Daire Başkanlığı dışındaki sistemdeki müdahaleler belirlemelidir. Sistemlerin çalışır durumda mı yoksa atıl ya da çürümeye mi terk edildiği ve sebepleri rapor halinde sunulmalıdır.
- Son 10 yıl içerisinde üniversite bünyesindeki birimlere alınan bireysel klimalar (demirbaştan düşenler dahil) yıllara göre adet ve alış maliyetleriyle incelenmeli,



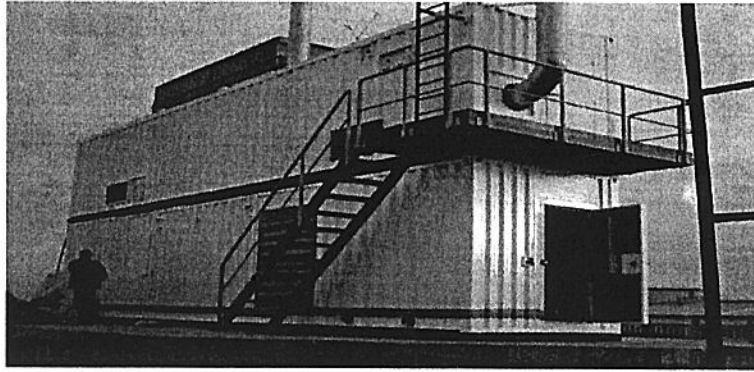
gerekli teknik analizler yapılarak gerekiyorsa VRF/VRV sistemlerine geçilmelidir. Bu sistemlerde, bir adet dış ünite ile gaz akışkan dağıtıcıları yardımıyla birden çok iç ünitenin birbirinden bağımsız olarak kontrol edilebildiği klima sistemleridir.

- Enerji sarfıyatı en fazla olan elektrik sistem ve motorları belirlenerek yeni teknolojilerle değiştirilmesi durumunun verimlilik ve ekonomik analizi yapılmalıdır.
- Mevcut galerilerin durumu incelenerek bakım onarım çalışması yapılmalıdır. Bütün ısı ve temiz su ve atık su tesisatlarının, telefon, bilgisayar ve elektrik hatlarının bu galerilere taşınması durumundaki maliyeti hesaplanabilir. Tesisatlar galerilere taşındığı takdirde arıza tespiti kolaylaşacak, arızalar kolayca giderilecek, toprağa gömülmeyeceği için malzemelerin ömrü uzayacaktır. Yeni kurulması düşünülen birimlerin kurulacağı noktalarda ısıtma, su, telefon, bilgisayar, elektrik, kanalizasyon branşmanları hazır tutularak sistemlerin sağlıklı şekilde çalışır konuma getirilmesi sağlanacaktır.
- Sıcak su kullanımının yakıtla karşılandığı tesislerdeki sıcak su maliyeti hesaplanmalı, gerekiyorsa basit açık devre sıcak sulu güneş enerjisi panelleri ile destekleme yapılmalıdır. Örneğin, sıcak suyun çok kullanıldığı; Lütfullah Aksungur Spor Salonu, Yüzme Havuzu, Yemekhane ve Sosyal Tesisler gibi birimlerin sıcak su ihtiyacı güneş enerjisi panelleri ile karşılanabilir.
- Isı merkezlerinde, dış hava sıcaklığındaki artışa duyarlı otomasyon sistemleri kullanılmalıdır. Böylece, dış hava sıcaklığının belirli değerlere ulaşması durumunda binaların ısı beslemesinin durdurulması otomatik olarak sağlanabilir.
- Isı merkezleri ve binalardaki ısı kayıpları düzenli olarak izlenmeli, kazanların basınç, sıcaklık, debi ve atık gaz emisyon değerleri de sürekli olarak ölçülmelidir.

#### **3.3.2.1. Kojenerasyon/Trijenerasyon Sistemleri ile Enerji Üretimi**

Kojenerasyon yönteminde, sistemden elektrik üretilirken yanma işleminde ortaya çıkan atık ısının sıcak su ve buhar elde edilmesinde kullanılması ile ısı geri kazanımı sağlanmaktadır. Böylece, aynı anda elektrik ve ısı enerjisi elde edilmektedir ve %35-45 arası olan elektrik üretim verimi, ısıyı da sisteme dahil ederek sistem verimi %90'lara çıkmaktadır. Ancak, Trijenerasyon yönteminde olduğu gibi bu verimin yıl boyu temini için atık ısının sürekli olarak kullanılması zorunludur. Trijenerasyon yöntemi ise elektrik enerjisi üreten sistemde açığa çıkan atık ısının, ısıtmada ve soğutmada kullanılması tekniğidir.

Trijenerasyon sistemi, elektrik, ısı ve soğutma üretimi yapılacak olan 3 ana bölümden oluşmaktadır. Doğalgaz ile çalışan bir jenaratör vasıtasıyla elektrik üretilmekte olan sistemin ısı bölümünde sıcak su üretimi sağlanmaktadır. Sıcak su üretimi, motor gövdesinden çıkan atık ısı ve atık gazlar kullanılarak yapılmaktadır. Sistemde üretilen sıcak su ile absorbsiyonlu soğutucuyla yazın soğutma hizmeti de sunulmaktadır. Absorbsiyonlu soğutma sistemindeki termodinamik çevrim ile gerçekleşen soğutma etkinliği ise ısı gücü sağlanmaktadır. Hiçbir hareketli parçası olmayan, çalışması için sadece ısı enerjisine ihtiyaç duyulan absorbsiyonlu chillerde, soğutma prensibi termodinamik çevrimli buharlaşma-yoğuşma döngüsüne dayanmaktadır. Buharlaştırıcı, absorber, ısıtıcı ve yoğuşturucu olmak üzere dört temel eleman söz konusudur. Pek çok ticari kurumda yaygın olarak yer alan basit bir absorbsiyonlu soğutma sisteminde solüsyon olarak genellikle lityum bromür-su çözeltisi veya amonyak-su çözeltisi kullanılmaktadır. Sonuç olarak trijenerasyon sistemi ile elektrik enerjisi daha ekonomik şartlarda temin edileceği gibi, bahsi geçen ısı enerjisi, yakıt tüketimi olmaksızın elde edileceğinden, ısıtma ve soğutma hizmetleri de daha az maliyetle sağlanmış olacaktır. Aynı zamanda, trijenerasyon sistemi çevre duyarlılığı yönüyle de oldukça avantajlıdır. Sistemin geri ödeme süresi ise 2-3 yıl olarak tahmin edilmektedir. Bu sistemle sadece tasarruf sağlanmayacak, aynı zamanda üniversitemizde bilhassa sık görülen elektrik kesintileri de en az düzeye çekilebilecektir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Kojenerasyon/Trijenerasyon sistemi

### 3.3.2.2. Aydınlatmada Enerji Verimliliği ve Güneş Enerjisiyle Aydınlatma

Üniversitemizde binalarda iç ortam aydınlatması ve yerleşke dahilinde dış ortam aydınlatması elektrik tüketiminde önemli bir oran teşkil etmektedir.



Aşağıdaki çizelgelerde iç ve dış ortamlarda kullanılan aydınlatma tipleriyle ilgili bilgiler verilmektedir.

Çizelge 3.2. İç ve Dış Ortam Aydınlatma Tipleri

Tipi	Gücü (W)	Maksimum etkinlik faktörü (lm/W)	Ekonomik ömür (saat)	Işık rengi	Renksel geriverim
Tungsten halojen	25 – 300	27	2000 – 4000	Sıcak beyaz	Çok iyi
Kompakt fluoressan	5 – 80	85	10000	Çeşitli	İyi
Tüp fluoressan	14 – 80	104	12000	Çeşitli	Orta (iyi)
Metal halojen	35 - 1800	83	6000 - 9000	Soğuk beyaz	İyi

Tip	Güç (W)	Etkinlik faktörü (lm/W)*	Ekonomik ömür (saat)	Işık Rengi	Renksel Geriverim Endeksi
Tüp Fluoresan	15-140	50-104	7500-15000	çeşitli	Orta→iyi (50-95)
Yüksek Basıncılı Civa Buharlı	50-1000	36-58	4000 (7000)	Soğuk-beyaz	zayıf→orta (20-40)
Yüksek Basıncılı Sodyum	50-1000	64-123	7000 20000	Altın sarısı	zayıf→orta (25)
Metal Halojen	70-1800	73-83	9000 (6000)	Soğuk-beyaz	iyi→mük. (70-80)
Alçak Basıncılı Sodyum	18-180	50-145	13500	Monokromatik sarı	-















Aydınlatmada enerji tasarrufu sağlayabilmek için şu tedbirler alınmalıdır.

- Binaların mimarisi gün ışığından maksimum ölçüde yararlanacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Etkinlik faktörü yüksek lambalar kullanılmalıdır.
- Verimli lamba yardımcıları kullanılmalıdır.

- Işığın istenilen şekilde yönlendiren yüksek verimli armatürler kullanılmalıdır.
- Armatürlerin yerleştirilmesi aydınlatma tasarımına göre yapılmalıdır.
- Aydınlatma Kontrol sistemleriyle ihtiyaç duyulan zamanlarda ve ihtiyaç duyulan miktarlarda aydınlatma yapılmalıdır.
- Armatür ve lambalar düzenli aralıklarla temizlenmelidir.
- Tüm lambalar ekonomik ömürleri sonunda yenileriyle değiştirilmelidir.

Doğru lamba kullanımıyla mümkün olabilecek tipik tasarruf değerleri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

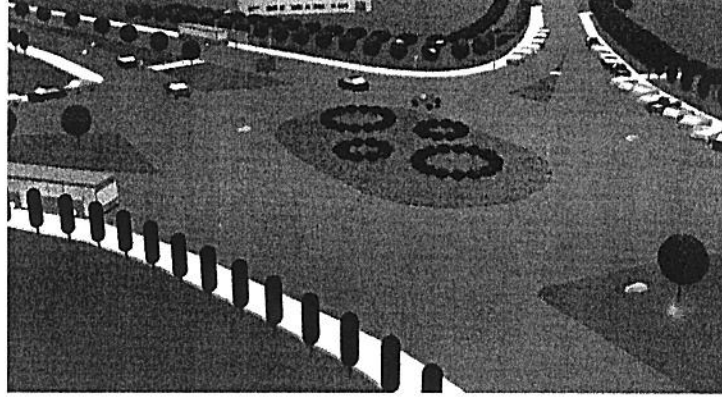
Çizelge 3.3. Tipik tasarruf değerleri

Genel aydınlatma uygulamaları	Yenilikçi ürünlerle değişim			~tasarruf / lamba / yıl	Tasarruf / çevre / yıl*	
Sokak aydınlatmaları		Civa buharı	→ Yüksek basınç sodyum lambalar		220 kWh / 110 kg CO <sub>2</sub>	5,5
Office ve endüstri aydınlatmaları		halophosphate floresan	→ 3-band phosphor lambalar ve Elektronik Balast		180 kWh / 90 kg CO <sub>2</sub>	9
Mağaza dükkan aydınlatmaları		2x halojen	→ Seramik metal halide		350 kWh / 175 kg CO <sub>2</sub>	17,5
Hotel restoran aydınlatmaları		Normal halojen	→ IRO halojen		60 kWh / 30 kg CO <sub>2</sub>	3
Endüstriyel Alanlar		Standart Deşarj	→ Yüksek Tavan T5 veya İndüksiyon Lambaları		660 kWh / 330 kg CO <sub>2</sub>	27,5
Yaşam alanları		Klasik	→ Tasarruflu halojen lambalar		18 kWh / 9 kg CO <sub>2</sub>	0,9
Aydınlatma tasarımı		Normal halojen	→ LED lamp		45 kWh / 22 kg CO <sub>2</sub>	2,3

\* for typical usage / Energy-Mix 0,5 kg CO<sub>2</sub>/kWh/ \* one tree can absorb 20kg CO<sub>2</sub> / year  
 \*\* Average energy cost: 0,15€/kWh

LED'li aydınlatma sistemlerinin kullanımı da ciddi olarak artmaktadır. LED'li aydınlatma sistemleri mevcut sistemden yaklaşık %75 tasarruflu çalışacağı gibi geceleri beyaz ışık verme özelliği sayesinde güvenilirliği de arttıracaktır. Ayrıca, 13 Ağustos 2008 tarihli **BAŞBAKANLIK** genelgesinde aydınlatma ile ilgili "Enerji verimliliği çalışmalarına öncülük etmek amacıyla tüm kamu kurum ve kuruluşları, belediyeler ve kamu kurumu niteliğindeki meslek odaları 1 ay içinde kendi sorumluluklarında bulunan yerlerdeki mevcut akkor flamanlı lambaları tasarruflu ampullerle değiştireceklerdir. Bu uygulamaya ilişkin bilgiler, her bir kurum ve kuruluş tarafından, bağlı veya ilgili bulunulan bakanlık aracılığı ile **Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına bildirilecektir.**" talimatı yer almaktadır.

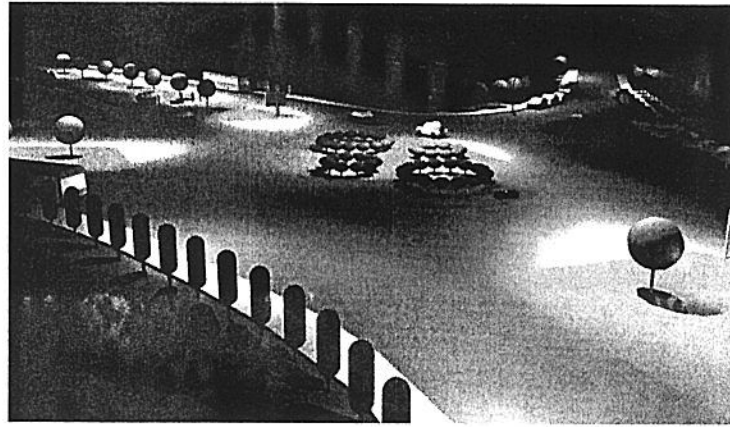
Şekil 3.4’de üniversite yerleşkesinin gün ışığı durumuna ait görünümü ve Şekil 3.5-6’da ise gece LED aydınlatmalı durumu görünmektedir.



Şekil 3.4. Yerleşke girişi (Gündüz)



Şekil 3.5. Yerleşke girişinin LED’li sistemle aydınlatılması



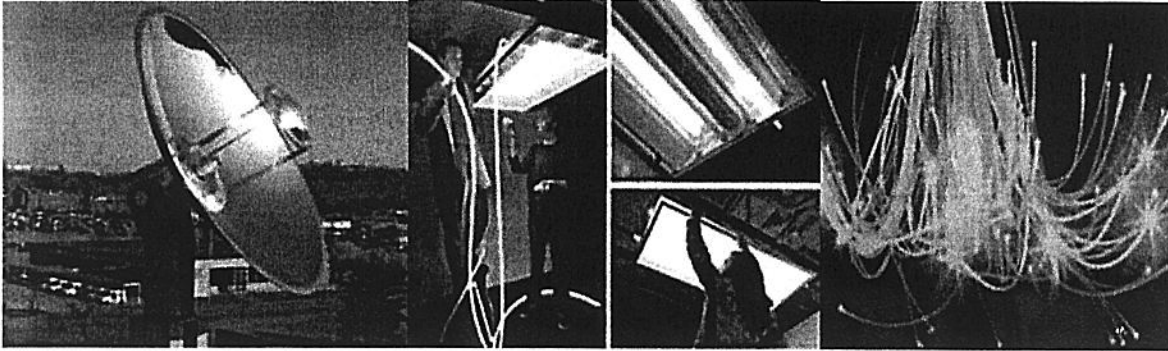
Şekil 3.6. Yerleşke girişinin LED’ li sistemle aydınlatılması

Mimari bakımdan özenle yapılmış binaların pek çoğu gün ışığından en üst seviyede yararlanacak şekilde tasarlanmıştır. Ancak kentlerdeki yapılaşmanın hızla artması çoğu binanın istenilen seviyede gün ışığı almasını engellemektedir. Bu da enerji maliyetlerini

artırmaktadır. Bu probleme çözüm bulmak için birçok deneme yapılmaktadır. Günümüzde başlı başına bir sektör haline gelen aydınlatma sektörü gün ışığının ulaşması mümkün olmayan alanlara ulaştırması ile ilgili çeşitli yöntemler üzerinde çeşitli teknikler geliştirilmektedir.

### **Doğrudan Güneş Işığı Fiber Optik Çözüm**

Bu yönteme göre çatıya yerleştirilen ışık toplayıcı (kollektör) güneş ışığını fiber optik kablolar yardımıyla yine fiber optik özellikteki ışık tüplerine ulaştırır. Bu sayede gün ışığından yararlanarak son derece ekonomik bir aydınlatma sağlanmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri, Sunlight Direct Şirketi tarafından patenti alınan teknolojiye her iki aydınlatma lambası 50 Watt gücündeki akkor flamanlı lambaya denk geldiği belirtilmektedir. Bu hibrit (çift fonksiyonlu) sistem sayesinde gün ışığının az olduğu zamanlarda elektrik enerjisini aydınlatma için kullanmak mümkün olmaktadır. Bununla beraber kollektörler güneşin sürekli yer değiştirdiği dikkate alınarak otomatik takip sistemi ile donatılmıştır. Birçok güneş enerji sisteminde görmeye alıştığımız takip sistemi kollektörün günün her saatinde güneşten azami ölçüde yararlanmasını sağlamaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Fiber optik aydınlatma

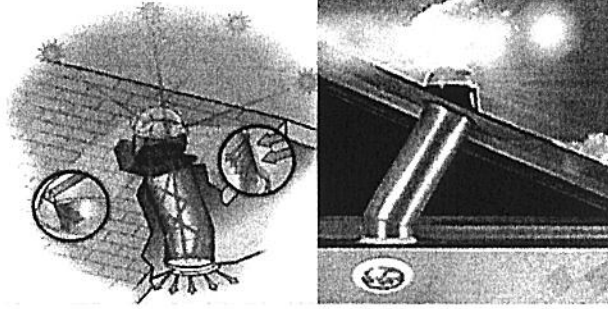
Fiber optik aydınlatma ürünleri ışığı kaynağından uzaklara taşımak için kullanılır. Bilindiği gibi doğrusal bir yol izleyen ışığı saydam olmayan bir engelin arkasına geçirmek mümkün değildir. Bu kablolar sayesinde ışık kırımlı yollar alabilmekte, istenilen bölgeye taşınabilmektedir. Fiber optik aydınlatmada;

- Sadece ışık taşınır, elektrik taşınmaz,
- Daha güvenlidir, çarpılma olmaz,
- Işık istenen yere taşınabilir,
- Isınma neredeyse olmaz, yanıcı malzemelerin bulunduğu alanlarda güvenle kullanılabilir,

- Farklı renklendirilmeler yapılabileceği için estetik yönü kuvvetlidir.

### **Yansıtıcı Sistemler**

Bu sistemlerde kullanılan teknoloji daha az olduğu için maliyetleri kısmen daha düşüktür. Teknoloji, güneşten alınan ışığın yansıtıcı yüzeylere sahip borular yardımıyla kapalı alanlara ulaştırılması esasına dayanır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Yansıtıcı aydınlatma

### **3.3.2.3. Enerji Araştırma ve Uygulama Enstitüsü / Merkezi**

Ülkemizde tüketilen toplam enerjinin %70'den fazlası ithalat yolu ile sağlanmaktadır. Toplumda artan çevre koruma bilinci, enerji yönetimi ve yenilenebilir enerji kaynaklarından etkin bir şekilde yararlanmayı kaçınılmaz duruma getirmiştir. Bu nedenle, Çukurova Üniversitesi'nde bir **Enerji Araştırma ve Uygulama Enstitüsü/Merkezi** kurulması halinde üniversitemiz, bölgemiz ve ülkemiz için katkı sağlanacaktır.

### **3.3.2.4. Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü Kurulması**

Ülkemizde yaklaşık olarak 20 üniversitede Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü bulunmaktadır. Bölgemizde enerji yatırımlarının çokluğu, uluslararası petrol boru hatlarının yükleme noktasının Ceyhan ilçesinde olması ve bir kısım yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı itibari ile Çukurova'nın uygun olması nedeniyle Üniversitemiz bünyesinde bir Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümünün kurulması yararlı olabilir.

## **4. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKALARINDAN YARARLANMA YÖNTEMLERİ**

Yenilenebilir enerji kaynakları, doğal ortamdaki enerji döngüsünde, sürekli veya tekrarlanır akımdan elde edilen enerji veya kullanıldıkları hızda yeri doldurulan enerji akışları



olarak tanımlanır. Yeryüzündeki bütün yenilenebilir enerji kaynakları, farklı teknolojiler kullanarak doğrudan veya dolaylı olarak enerjiye dönüştürülebilen güneş etkisiyle oluşur.

Sürdürülebilir bir kalkınma için, artan enerji ihtiyacını başta yenilenebilir enerji olmak üzere kurumun kendisinin maksimum düzeyde karşılayabilecek projeler geliştirmesi gerekmektedir. Üniversitede enerji kullanan mevcut sistemlerdeki enerji kayıplarının azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılarak enerji maliyetinin düşürülmesi artık kaçınılmaz bir gerçektir. Bu amaçla aşağıdaki önlemler alınmalıdır:

- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin 5346 Sayılı Kanunda belirtilen “Amaç, Usul ve Esaslar (1. 2. ve 3. Bölüm) kapsamında elektrik enerjisi üretilmesi için gerekli hazırlıklar yapılmalıdır” denilmektedir.
- 5346 Sayılı Kanundaki 4. Bölümde belirtilen yatırım dönemine ilişkin uygulama esaslarında belirtilen Madde 7’ e göre “*yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak sadece kendi ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla azami bin kilovatlık kurulu güce sahip izole elektrik üretim tesisi ve şebeke destekli elektrik üretim tesisi kuran gerçek ve tüzel kişilerden kesin projesi, planlaması, master planı, ön incelemesi veya ilk etüdü DSİ veya EİE tarafından hazırlanan projeler için hizmet bedelleri alınmaz.*” İfadesi yer almaktadır. Bu çerçevede, yenilenebilir enerji kaynaklarında yararlanmada kolaylıklar da vardır.
- Verimlilik esasları da dikkate alınmak kaydı ile Üniversitede kullanılan azami enerji miktarı tespit edilerek, enerji kullanım amacı, alanı ve mekânın belirlenmesi gerekmektedir. Bu alanlarda kullanılan enerji türlerinin belirlenmesi ve bunlardan hangi enerji türlerinin hangi zamanlarda daha verimli olabileceği belirlenmelidir. Enerji ihtiyacının fazla olduğu sistem ve süreçlerde yenilenebilir enerji kaynağı ile birlikte diğer enerji kaynaklarının bir arada kullanılabilirdiği hibrit sistemler tercih edilmelidir.

Üniversite olarak toplumu yönlendirici olma misyonumuz nedeniyle bilhassa yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma konusunda örnekler oluşturulmalıdır. Bu anlamda, üniversitenin enerji ihtiyacının bir kısmını yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamak üzere bazı örnekler aşağıda sunulmuştur.

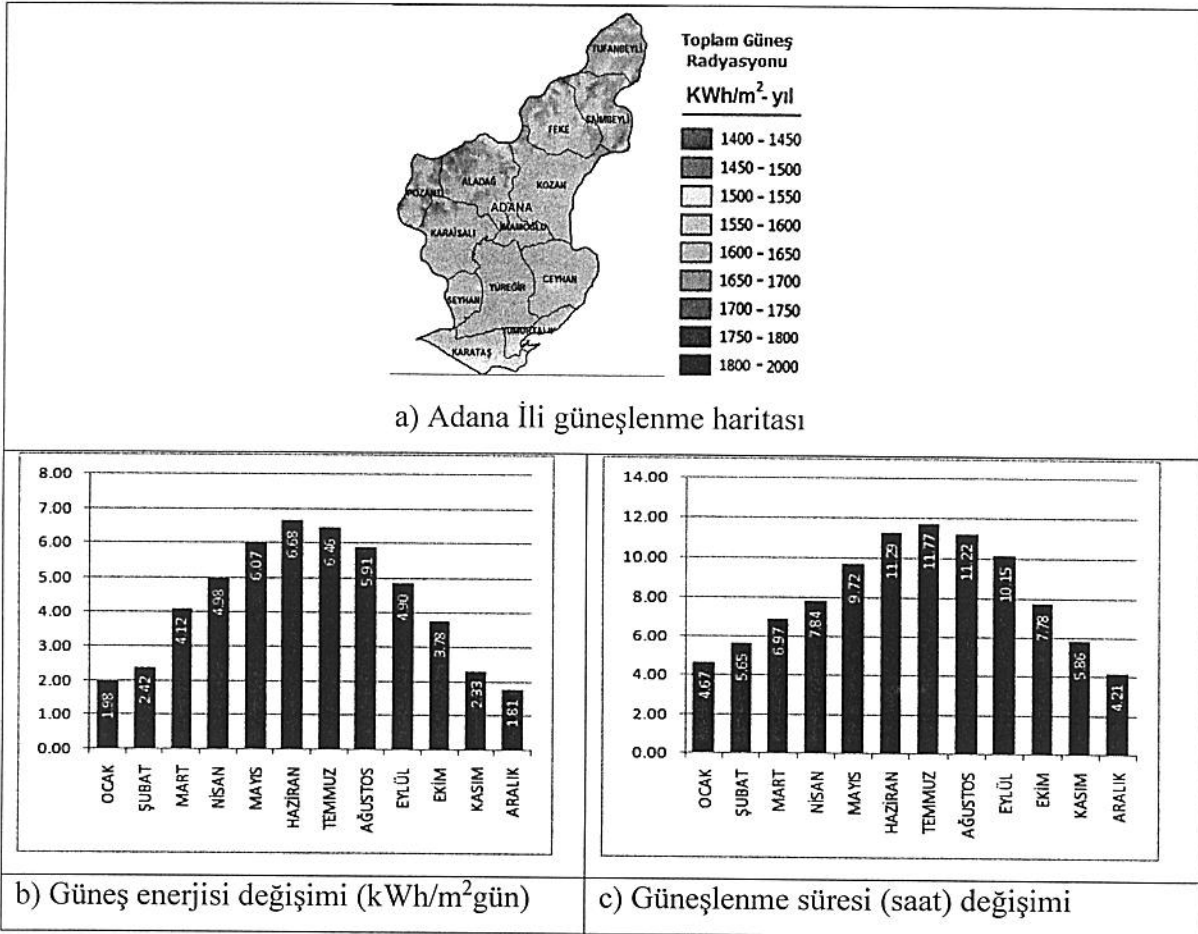
## 4.1. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretimi

### 4.1.1. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi

Güneş enerjisi ile elektrik üretiminde başlıca iki yöntem kullanılmaktadır. Birincisi, güneş enerjisini doğrudan elektriğe dönüştüren fotovoltaik (PV) sistemlerdir. İkinci seçenek ise, güneş enerjisinin yoğunlaştırıcı sistemler kullanılarak bir noktaya odaklanması sonucunda elde edilen kızgın buhardan, geleneksel yöntemlerle elektrik üretimidir.

#### 4.1.1.1. Güneş Enerjisi Potansiyeli

Adana'da yılın 196 günü yaz günüdür. Bu günlerin 134'ü tropik gün olarak belirlenmiştir. Adana ilinin yüksek bölgelerine yıllık olarak gelen güneş enerjisi miktarı, yükseltisi kısmen daha az olan bölgelere kıyasla daha yüksektir (Şekil 4.1a). Adana ilinde toplam güneş enerjisi 1,81–6,68 kWh/m<sup>2</sup>gün aralığında (Şekil 4.1b), güneşlenme süresi ise 4,21–11,77 saat aralığında değişmektedir (Şekil 4.1c).



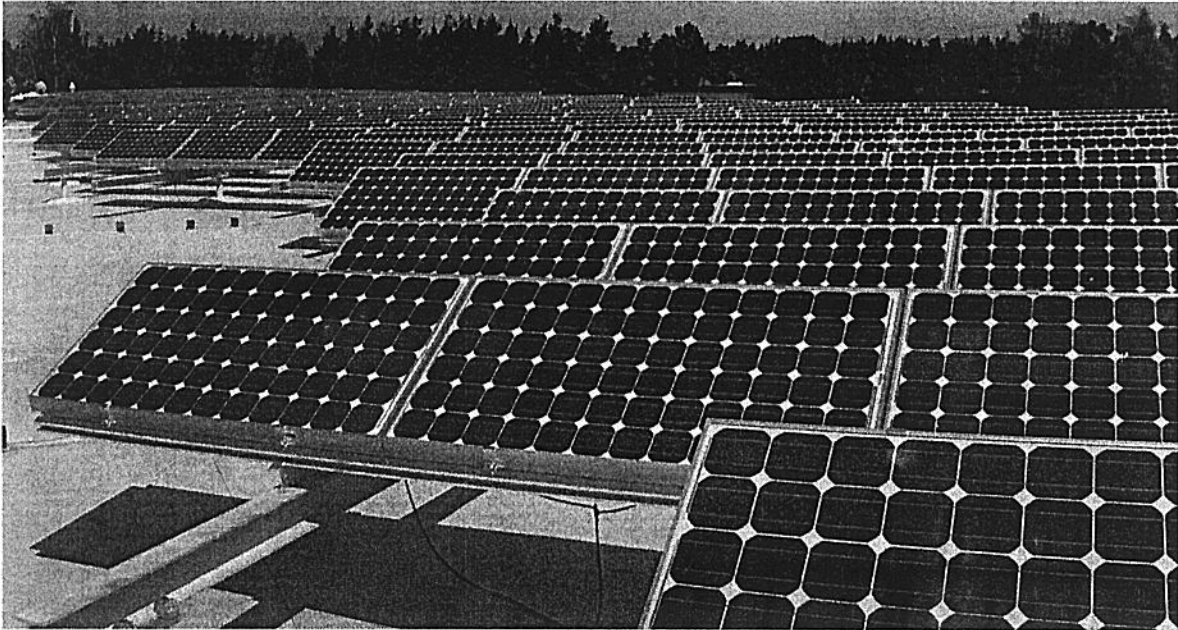
Şekil 4.1. Adana ilinde yıllık güneş enerjisi ve güneşlenme süresi değişimi (DMİ, 1975–2008)

#### 4.1.1.2. Güneş Enerjisinden Fotovoltaik Yöntemle Elektrik Üretimi

Güneş hücreleri, güneş ışınlarını doğrudan elektriğe dönüştürebilen, hareketli mekanik parçaları olmayan, bakımı kolay ve ömürleri uzun olan elektronik sistemlerdir. Güç üretimi amacıyla kullanılan güneş hücreleri fotovoltaik ilkeye bağlı olarak çalışırlar. Diğer bir deyişle, üzerlerine ışınım geldiğinde, uçlarında elektriksel gerilim oluşur. Hücrenin verdiği elektriğin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir.

CdTe ve Pc-Si güneş hücreleri için % 16–17 olmak üzere, ince film güneş hücreleri ile önemli verim düzeylerine ulaşılmıştır. Çok eklemli güneş hücreleri ile yaklaşık % 40 verim düzeylerine ulaşılmıştır. Gelecekte, daha düşük maliyetlerde verimli hücrelerin olacağı görüntüsü veren ikili, üçlü ve nanoteknolojik gelişmelerle sağlanabilecektir.

Güç çıkışını artırmak amacıyla, çok sayıda güneş hücresi birbirine paralel veya seri bir durumda bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir. Bu yapıya güneş hücresi modülü veya fotovoltaik (PV) *modül* adı verilir. Güç gereksinimine bağlı olarak modüller birbirlerine seri veya paralel bir durumda bağlanabilir. Böylece, güçleri bir kaç Watt'tan MegaWatt düzeyine kadar değişen büyüklükte sistemler oluşturulabilir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Güneş fotovoltaik (PV) elektrik santrali

PV teknolojisi ile enerji üretiminin üstünlük ve olumsuzlukları Çizelge 4.1'de verilmiştir. PV teknolojinin asıl üstünlüğü, çevreyi kirletmeyen, çevre dostu ve bakım maliyeti düşük, bir teknoloji olmasıdır.



Çizelge 4.1. PV Elektrik Üretiminin Üstünlük ve Olumsuzlukları

Üstünlükleri	Olumsuzlukları
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Herhangi bir fosil yakıt tüketmeden bağımsız olarak enerji üretilir.</li> <li>✓ Kullanılan enerji için bedel ödenmez.</li> <li>✓ Kurulumundan sonra, uzun yıllar sorunsuz olarak çalışabilir.</li> <li>✓ Sistemin hareketli parçaları az olduğundan, bakım gereksinimleri de azdır.</li> <li>✓ Sistemler, iklim etmenlerine ve doğal olaylara karşı dayanıklıdır.</li> <li>✓ Enerjiye gereksinim duyulan yerde enerji üretmeleri nedeniyle, enerji kaybı ve enerji iletim maliyeti yoktur.</li> <li>✓ Modüler yapıda olduklarından, artan enerji gereksinimine bağlı olarak, sistem elemanları kolay bir şekilde artırılabilir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kullanılabilir düzeyde enerji üretebilmek için, geniş alıcı yüzeylere gereksinim vardır.</li> <li>➤ Enerji kazanımı yaz aylarında yeterlidir.</li> <li>➤ Kış aylarında ise daha düşük seviyede ve gece dönemlerinde ise hiç yoktur.</li> <li>➤ Güneş ışınımı sabit ve sürekli olmadığından, depolama için alan gereklidir.</li> <li>➤ İlk yatırım maliyeti yüksektir. Bu nedenle başlangıçta ekonomik bir uygulama olarak görülmeyebilir.</li> <li>➤ Güneş ışınımından sürekli olarak yararlanabilmek için, sistemin çevresi açık olmalı ve gölge oluşmamalıdır.</li> </ul>

İnce film, CdTe ve A-Si PV hücrelerin satış fiyatı 1.0–1.5 USD/W<sub>p</sub> arasında değişmektedir. Güneş akülerinin de dahil olduğu toplam sistem maliyeti 3.5-4.5 USD/W<sub>p</sub> arasında değişmektedir. PV modüllerin kullanım süresi ortalama 25 yıl olarak dikkate alınabilir.

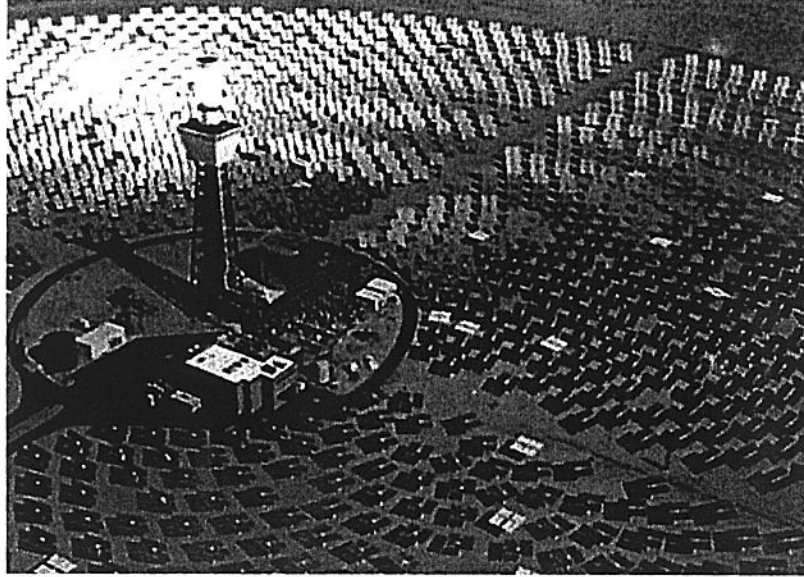
Ç.Ü. Yerleşkesinde elektrik tüketiminin bir kısmının karşılanması amacıyla, yatırım maliyeti dikkate alınarak, **şebeke bağlantılı orta ölçekli bir PV elektrik üretim santrali** kurulabilir.

#### 4.1.1.3. Güneş Enerjisinden Yoğunlaştırıcı Sistemler Kullanılarak Kızgın Buhar ve Elektrik Üretimi

##### Güneş Kuleleri

Güneş Kuleleri olarak adlandırılan Yoğunlaştırıcı Güneş Enerjisi sistemleri genelde, güneş ışınlarının odaklandığı bir adet kule, güneş ışınlarını yansıtan ve heliostat olarak adlandırılan aynalar, soğuk ve sıcak eriyik tuz depoları, buhar türbini ve jeneratörden meydana gelir. Güneş ışınları çok sayıda aynalar vasıtası ile güneş kulesine odaklanır. Şu ana kadar ki güneş kulesi uygulamalarında ısı transfer materyali olarak farklı maddeler kullanılmıştır. Eriyik tuz kullanan sistemlerde, sıvı haldeki tuz eriyiği soğuk depolama tankında kuleye doğru pompalanır, burada sıcaklığı 565°C'ye kadar çıkarılarak sıcak depolama tankına geri gönderilir. Yüksek sıcaklığa ulaşmış eriyik tuz buhar üretme sistemine

pompalanır. Elde edilen yüksek sıcaklıklı buhar ile Rankine çevrim türbini sayesinde elektrik enerjisi elde edilir. Bu sistemler enerji depolamaksızın yıllık %25 kapasite faktörü ile çalışırlar. Fakat enerji depolayarak yedek yakıt kaynağı ihtiyacı olmaksızın %65 kapasite faktörü ile ikisi birlikte %75 kapasite faktörü ile çalışabilmektedirler. Güneş kulesi sistemleri güneş doğduktan hemen sonra ısıl enerji toplamaya başlar ve toplanan enerji sıcak tuz depolama tankında depolanır. Depolama sistemleri sayesinde güneş ışınları kesildiğinde bile depo kapasitesine göre enerji üretimi devam eder. **Güneş kuleleri sistemlerinin ekonomik olması ancak büyük kapasitelerde inşa edilmelerine bağlıdır. Düşük kapasiteli sistemler ekonomik olmamaktadır.** Bu sistemlerin ekvatora yakın, sürekli güneş alan daha ziyade çöl bölgelerinde kurulmaları uygundur. Fakat sistemin ciddi miktarda suya ihtiyacı olması dezavantaj olarak değerlendirilmektedir (Şekil 4.3).



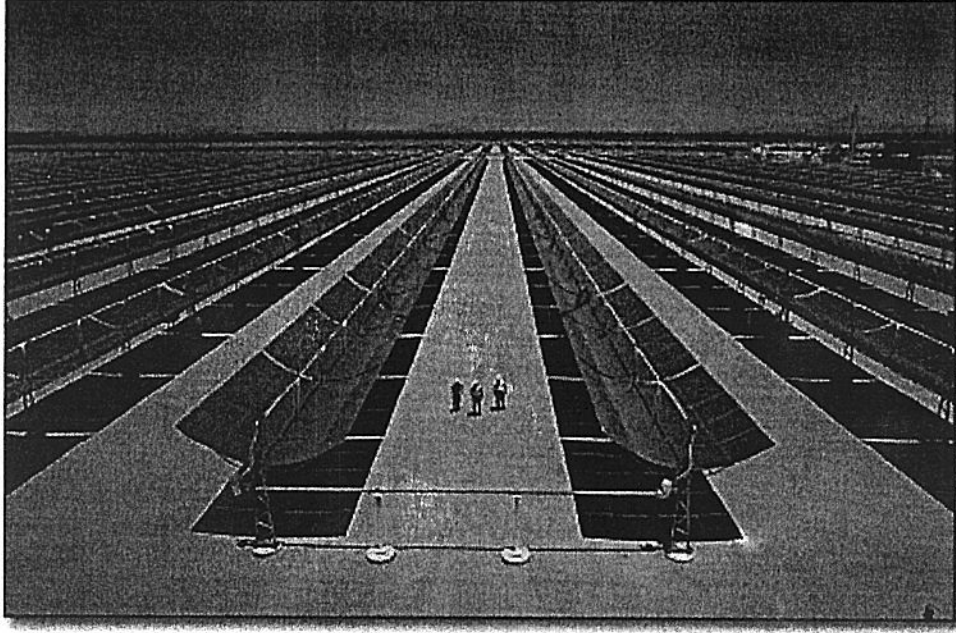
Şekil 4.3. Güneş kuleleri

### **Güneş Kulesi Santralleri Yatırım Maliyet Kalemleri**

Yatırım maliyetleri ana kalemlerini oranladığımız zaman heliostat olarak adlandırılan aynaların maliyetinin %47 ile birinci sırada olduğu görülmektedir. Alıcıların toplam yatırım tutarına oranı %8 iken termal deponun %13, buhar türbinin %2, kule ve iletim sisteminin %6 ve elektrik üretim sisteminin %20 ve diğer kalemlerin oranı %2'dir. Güneş Kulesi 2020 yılı için heliostat m<sup>2</sup> maliyetinin 76\$-117\$ aralığında olacağı, alıcı m<sup>2</sup> maliyetlerinin ise 21\$- 24\$ bandında olacağı öngörülmektedir. Kule ve iletim sistemi 2020 öngörülürü 9,2\$/m<sup>2</sup> iken, termal depo 40\$/kWt ve buhar türbini 7\$/kWe'dır. Elektrik üretim sistemi için öngörü 231\$/kWt-380\$/kWt aralığında değişmektedir.

### **Parabolik Oluk Sistem Güneş Santralleri**

Bu santrallerde çizgisel yoğunlaştırma yapılarak, güneş enerjisinden yüksek sıcaklık elde edilir. Güneş tarlası; bağımsız üniteler şeklinde birbirine paralel bağlanmış parabolik kollektör gruplarından oluşur. Kollektörler, gelen güneş enerjisini aynalar vasıtasıyla, odakta yer alan ve boydan boya uzanan emici bir boruya odaklar. Enerjiyi toplamak için emici boruda bir sıvı dolaştırılır. Toplanan ısı, elektrik üretimi için enerji santraline gönderilir. Bu sistemler yoğunlaştırma yaptıkları için daha yüksek sıcaklığa ulaşabilirler. Sistemde aynaların güneşi izlemesini sağlayan otomasyon-takip sistemi bulunur. Bu sistemle yüksek sıcaklık değerlerine ulaşılabilmesine rağmen güneş takip sistemi maliyetlidir. Ayrıca sistem elektromekanik aksamının hassas ve çok olmasından dolayı bakım maliyetleri fazladır. Parabolik oluk sistemlerde buhar türbinleri kullanılmaktadır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Parabolik Oluk Sistem Güneş Santralleri

### **Parabolik Oluk Sistem Güneş Santralleri Yatırım Maliyet Kalemleri**

Parabolik Oluk Sistemi (POS) güneş santralleri yatırım ana maliyeti 5 ana kalemden incelenebilir. Yatırımda en büyük mali kalemin %58 ile güneş tarlası (solar collection system) olduğu onu %23 ile ısı depolama sisteminin (thermal storage system) takip ettiği görülmektedir. Yatırımda elektromekanik aksam (powerblock) %14, buhar jeneratörü ve aksamı (steam gen) %3 ve inşaat tesisleri (structures and improvements) %2 oranında pay almaktadırlar. Fiyatlar, 1989 yılında uygulamada ayna birim maliyeti 43 \$/m<sup>2</sup>, metal taşıyıcı sistem birim maliyeti 67 \$/m<sup>2</sup>, dolayısı ile kollektör birim maliyeti 250 \$/m<sup>2</sup> olarak gerçekleşmiştir. 2020 öngörülerinde ayna birim maliyeti 18-26 \$/m<sup>2</sup> aralığında, metal taşıyıcı sistem birim maliyeti 46-52 \$/m<sup>2</sup> aralığında, dolayısı ile kollektör birim maliyeti 122-181

\$/m<sup>2</sup> aralığında olması beklenmektedir. Yatırımda bir diğer önemli kalem alıcılardır ve adet maliyeti 847 \$/adet olarak gerçekleşmiştir. 2020 yılı itibari ile alıcı maliyetlerinin 400-525 \$/adet aralığında gerçekleşmesi beklenmektedir. Maliyetlerimizde önemli yekûn tutan bir diğer kalem ise elektrik üretim sistemidir. Sistemde kurulu güç arttıkça maliyetlerin ciddi şekilde aşağı düşmesi beklenmektedir. 527 \$/kWe olan elektrik üretim sistemi maliyetinin 2020 yılı itibari ile 400 MW'lık santral büyüklüğüne ulaşılması ile 197 \$/kWe olması beklenmektedir. Ayrıca termal depolama sistemi birim maliyetinin 2020 yılı itibari ile 383 \$/kWe olması öngörülmektedir.

#### **4.1.2. Biyogazdan Elektrik Üretimi**

##### **4.1.2.1. Biyogaz**

Biyogaz; organik kökenli atık/artıkların oksijensiz ortamda bozunması (anaerobik fermentasyonu) sonucu ortaya çıkan renksiz-kokusuz, havadan hafif ve parlak mavi bir alevle yanan bir gaz karışımdır. Biyogazın bileşiminde, % 50–70 oranında metan, % 30–40 oranında karbondioksit, % 5–10 oranında hidrojen ve çok az miktarlarda da; azot (% 1–2), su buharı (% 0,3) ve hidrojen sülfür bulunur.

Biyogaz, biyolojik olarak bozunabilir bir materyalden anaerobik koşullarda, metan bakterileri ile üretilen bir gaz karışımdır. Biyogaz, havadan yaklaşık % 20 oranında daha hafif olup, tutuşma sıcaklığı 650°C –750 °C aralığındadır. LPG' ye benzer şekilde açık mavi bir alevle yanar. Isıl değeri yaklaşık 20 MJ/m<sup>3</sup> ve yanma verimi % 60'dır.

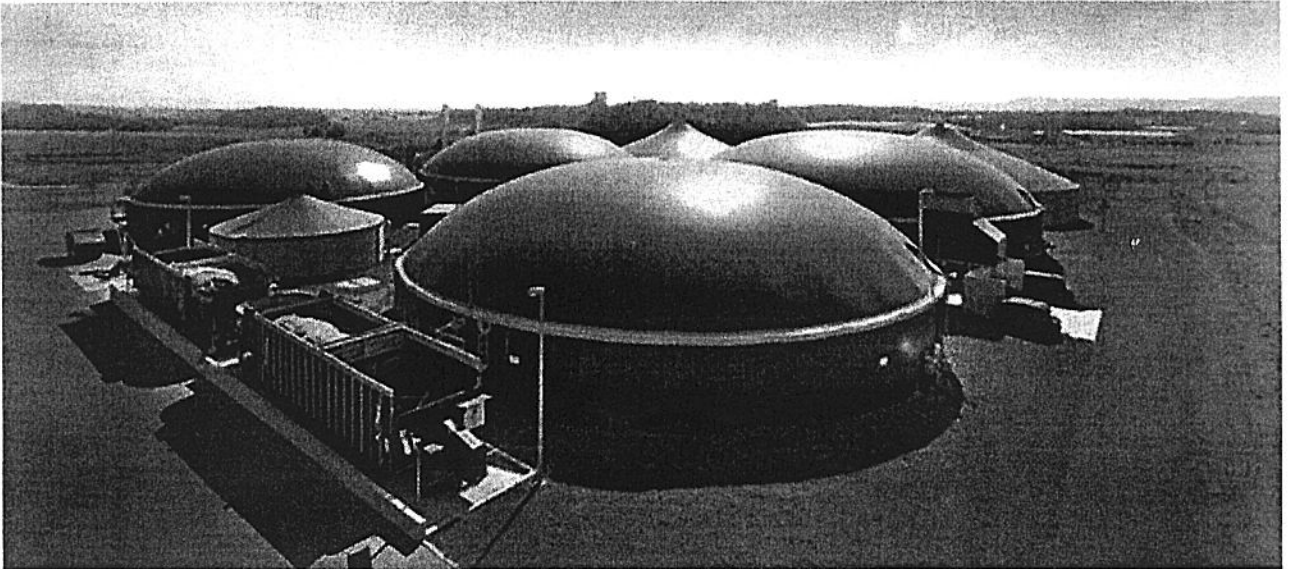
Hayvan atıkları, tarımsal atıklar içerisinde özel bir yer tutar. Hayvan atıkları, birçok bölgede geleneksel bir şekilde tarlalarda gübre olarak kullanılır. Bu durum, gübre olarak kullanılacak hayvan atıklarının hacminin azaltılması gerektiği gerçeğini ortaya koyar. Yakma ve gazlaştırma gibi ısıl dönüşüm işlemleri geliştirilmiş olmakla birlikte, yaş durumdaki hayvan atıklarının ısıl değeri düşüktür. Hayvan atıkları için alternatif işleme ve kullanma yöntemi, anaerobik bozunmadır. Anaerobik fermentasyon işleminde, enerji amacıyla metan üretilir. Arta kalan kısım, toprak için gübre olarak kullanılır. Anaerobik fermentasyon, sıvı ile karışık durumdaki lağım atıkları için yaygın olarak kullanılmakla birlikte, birçok tesiste hayvan atıkları kullanılır.

Anaerobik fermentasyon işlemi sonucunda üretilen gaz, doğal gaz ile çok benzer özelliklere sahiptir. Bu işlem sonucunda açığa çıkan başlıca ürün metandır. Metan, birçok kullanım için üstün özelliklere sahip bir yakıttır. Uygulamada temizlenmiş gaz, doğal gazın kullanıldığı birçok uygulamada kullanılabilir. Güç üretimi için doğal gazın en yaygın olarak

kullanıldığı alanlardan birisi de içten yanmalı motorlardır. Küçük ölçekli (<200 kW) tesislerde elektriksel dönüşüm verimi % 25'e kadar çıkabilir. Büyük tesislerde verim % 30–35'dir.

#### 4.1.2.2. Biyogaz Kojenerasyonu

Organik atıkların enerji üretimi amacıyla değerlendirilmesinde kullanılan biyogaz teknolojisi, birçok ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır. Biyogaz teknolojisi, organik atıkların belirli bir sıcaklıkta ve kapalı bir ortamda bakterilerle fermentasyonu ilkesine dayanır. Üretilen biyogaz, bir birleşik ısı ve güç tesisi (kojenerasyon sistemi) aracılığıyla ısı ve/veya elektrik üretmek için kullanılabilir. Bu durumda, uygun bir ısı değiştirici kullanılarak yanma süresince açığa çıkan ısı geri kazanılabilir. Geri kazanılan ısının bir bölümü fermenteri ısıtmak, geri kalan kısmı da ısı amaçlı kullanılabilir. Bu durumda kojenerasyon işlemi, yakıtın enerji içeriğinin % 30'nun elektrik ve % 60'nun ise ısı enerjisi olacak şekilde, toplam olarak % 90'nın kullanılmasına olanak sağlar. Kojenerasyon sistemleri, özellikle son yıllarda geniş bir kullanım alanı bulmuş, etkin bir şekilde uygulanan ve sürekli olarak teknik gelişmelerle desteklenen yüksek verimli enerji üretim sistemleridir. Kojenerasyon sistemlerinin yüksek verimli olması, üretilen birim enerji başına atmosfere atılan salımlar önemli oranda azaltmaktadır. Biyogaz kojenerasyon sistemleri çevresel etki değerlendirmeleri bakımından büyük öneme sahiptir. Küçük ölçekli kojenerasyon uygulamalarının maliyetleri, teknolojik gelişmelere bağlı olarak azalmaktadır.

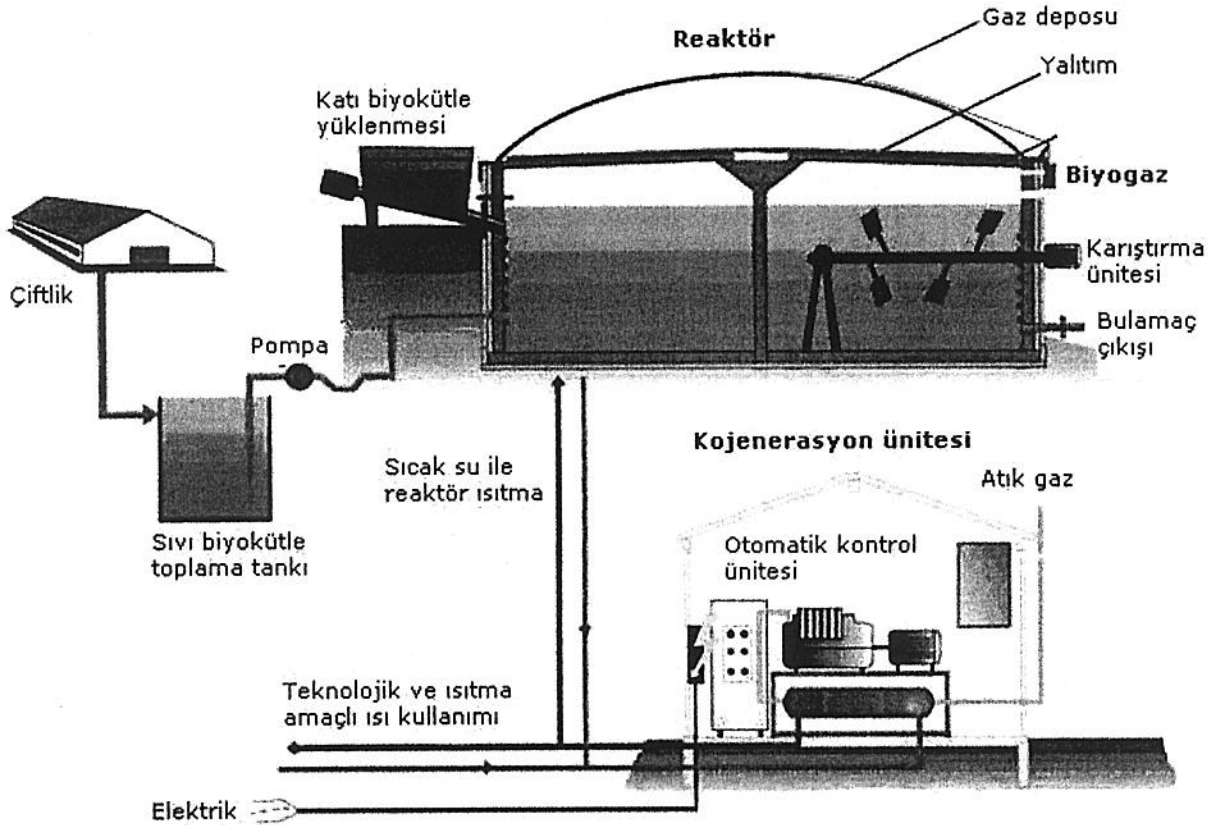


Şekil 4.5. Biyogaz tesisi



### 4.1.2.3. Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği'ne Biyogaz Kojenerasyon Tesisi Kurulması

Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinden açığa çıkan bitkisel ve hayvansal atıklar ile yerleşke alanındaki kafeteryalardan açığa çıkan organik kökenli atıklardan, ısı ve elektrik üretimi amacıyla, oluşturulacak olan ulusal veya uluslararası bir proje kapsamında, **küçük ölçekli (250 kW) biyogaz kojenerasyon tesisi** kurulabilir (Şekil 4.6). Ancak burada yöntemin çevre koşullarına olan etkisine, işletme girdisi maliyetine ve işletme yönetimine önem verilmelidir. Organik atıklardan enerji üretimi sonucunda arta kalan fermente olmuş materyal, yüksek kaliteli gübre olarak kullanılabilir. Böylece, yerleşkedeki birimlerden açığa çıkan bitkisel ve hayvansal atıkların sürdürülebilir tarımsal üretime ekonomik katkısı sağlanacaktır.



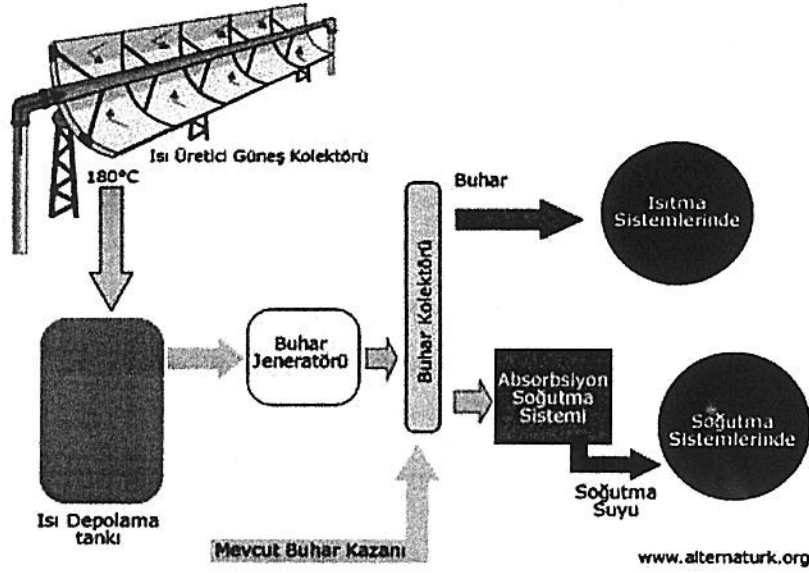
Şekil 4.6. Önerilen biyogaz kojenerasyon tesisi

## 4.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından İklimlendirme Amacıyla Yararlanma

### 4.2.1. Güneş Enerjisi ile Isıtma ve Absorbsiyonlu Soğutma

Sıcaklığı 100°C ile 200°C arasında olan ucuz bir ısı kaynağı bulunduğu zaman ekonomik açıdan kazançlı olabilecek bir soğutma yöntemi “absorbsiyonlu soğutma”

sistemidir. Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde soğutucu akışkanın bir ikinci akışkan içinde soğurulması gereklidir. Bu sistemler buhar sıkıştırma soğutma sistemine çok benzer fakat buradaki kompresörün yerini karmaşık bir soğurma mekanizmasının aldığı görülür. Soğutma mekanizması absorber ve ısıtıcıdan oluşmaktadır ve sıkıştırma işlemini gerçekleştirmektedir. Bu sistemlerin çalışması dış kaynaktan sağlanan ısıya dayanır. İş, ısıtıcıda sağlanan ısının yüzde biri mertebesinde olup, çevirimin termodinamik analizinde genellikle ihmal edilir. Güneş enerjisiyle soğutma yapan bir sistemin şeması Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7. Güneş enerjisi ile soğutma sistemi

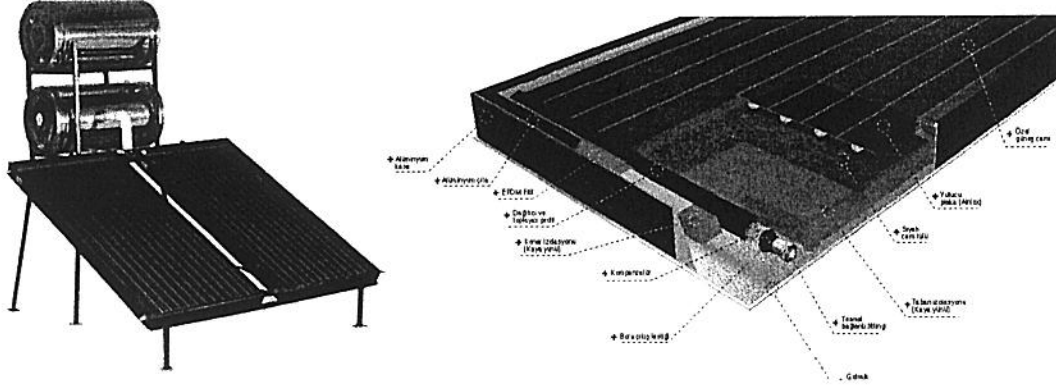
Şekil 4.7’de görüldüğü gibi, parabolik oluklu kolektör kullanarak 180 °C-200 °C civarında sıcaklık üretmek mümkündür. Üretilen sıcak su buhar oluşturmakta, bu buhar doğrudan ısıtma amaçlı kullanılabilceği gibi absorpsiyon aşamalarından geçerek soğutma amaçlı da kullanılabilir.

Güneş enerjisiyle soğutma sistemlerinde gece güneşlenme olmayacağı için soğuk su ve sıcak su depolarının bulunması gerekmektedir. Bu soğutma modeli çevreye uyumlu olması, doğayı kirletme miktarının az olması nedeniyle oldukça faydalı görülmektedir. Güneş enerjisiyle ısıtma ve soğutma sistemleri özellikle yüksek oranda soğutma ve ısıtma giderleri bulunan otel, iş yeri, turistik tesis ve sanayi kuruluşlarında elektriğe oranla çok daha ekonomik bir çözüm yoludur.

## 4.2.2. Güneş Enerjisinden Isı Enerjisi Üretimi

### 4.2.2.1. Düzlem Toplaçlar

Düzlem toplaçlar, güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır. Düzlem toplaçlar, genellikle konutlarda su ısıtma amacıyla kullanılmaktadır (Şekil 4.8). Ulaştıkları sıcaklık 70 °C civarındadır. Bu sistemler konutların yanında, yüzme havuzları ve sanayi tesisleri için de sıcak su temininde kullanılmaktadır.

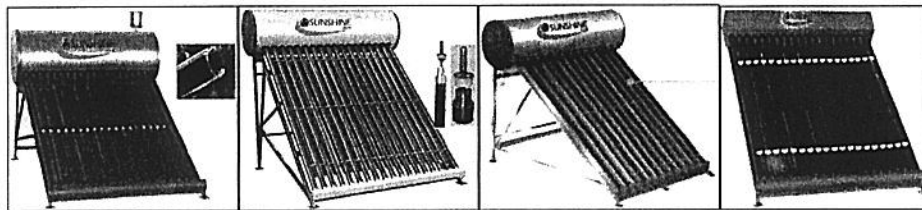


Şekil 4.8. Düzlem Toplaç ünitesi ve bileşenleri

### 4.2.2.2. Vakum Borulu Toplaçlar

Vakum borulu toplaçlar, yüksek sıcaklıklı ve güneşi izlemesi gerekmeyen güneş toplaçlarıdır. Vakum borulu toplaçlarda (Şekil 4.9), vakumlu cam borular ve gerekirse soğurucu yüzeye gelen enerjiyi artırmak için metal veya cam yansıtıcılar kullanılır. Bunların çıkışları daha yüksek sıcaklıkta olduğu için (100–120°C), düzlem toplaçlardan daha geniş kullanım alanına sahiptirler. Vakum borulu toplaçlar, kullanılan vakum borunun yapısına bağlı olarak farklı tasarımlarda olabilir (Şekil 4.9).

- 1) Basıncsız vakum borulu toplaçlar
- 2) Isı borulu vakum borulu toplaçlar
- 3) Metal vakum borulu toplaçlar
- 4) Manifoltlu cam vakum borulu toplaçlar



a) Basıncsız vakum boru b) Isı borulu vakum boru c) Metal vakum boru d) Manifoltlu vakum boru

Şekil 4.9. Vakum borulu toplaç sistemleri



### 4.2.2.3. Güneş Enerjisiyle Merkezi Kafeteryaya Sıcak Su Temini İçin Bir Uygulama

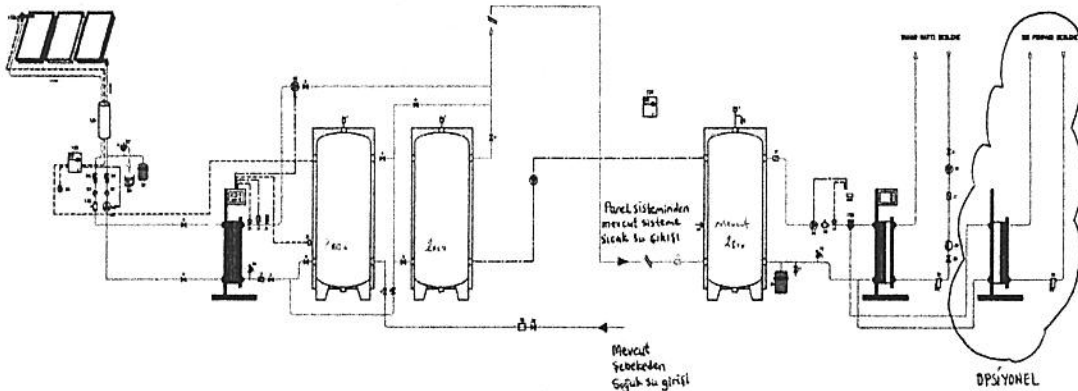
Ç.Ü. Merkezi kafeteryası, kendi personeli tarafından başarılı şekilde işletilen ve günlük olarak 5500-6000 kişiye yemek sağlayan bir işletmedir. Modern ve yenilenmiş binası ve ekipmanları ile kafeterya, özellikle ısı enerjisi ağırlıklı olarak enerji tüketmektedir. Merkezi kafeteryada yemek pişirme dahil kişi başına günlük LPG tüketimi 60 g/kişi-gün düzeyindedir. Kafeteryada; temizlik, bulaşık yıkama vb. uygulamalarda kullanılmak üzere sıcak su sağlamak amacıyla, fazla miktarda ısı enerjisi tüketilmektedir. Tüketilen sıcak su miktarını ölçme olanağı bulunmaktadır. Mevcut sistemde sıcak su, belirli basınç ve sıcaklıktaki akışkan ile beslenen 2 adet LPG kazanından sağlanmaktadır.

#### Amaç

Merkezi kafeteryada güneş enerjisi ile sıcak su sağlamanın başlıca amacı, bulaşikhane ve lavabolarda tüketilen sıcak suyun sağlanması için güneş enerjisinden yararlanarak, LPG tüketimini mümkün olabilen en düşük düzeye azaltmaktır. Kafeteryadaki değişik işlemlerde tüketilen ısı enerjisi miktarının bir bölümünün güneş enerjisi ile karşılanması durumunda, ısıtma giderleri azalacak ve enerji tasarrufu sağlanacaktır. Isıtma için kullanılması gereken enerji miktarının azalmasına bağlı olarak, önemli oranda enerji tasarrufu sağlanacaktır.

#### Merkezi Kafeterya İçin Önerilen Güneş Enerjisi Sistemi

Merkezi kafeterya için güneş enerjisinden ısı enerjisi üretebilmek amacıyla önerilecek olan proje kapsamında yeni tasarlanacak güneş enerjisi sistemi; güneş panelleri, ısı değiştirici, iki adet depolama tankı, sirkülasyon pompaları ve kontrol sisteminden oluşacaktır (Şekil 4.10). Güneş paneli sistemi, mevcut ısıtma sisteminin soğuk su girişine seri bağlanarak ön ısıtma işlemi yapacaktır. Yapılabilecek olan ileri düzenlemelerle, sistemde ısı pompası kullanılarak fosil yakıt tüketimi tamamen ortadan kaldırılabilir. Ancak bu uygulama, yatırımın geri dönüş süresini uzatacaktır.

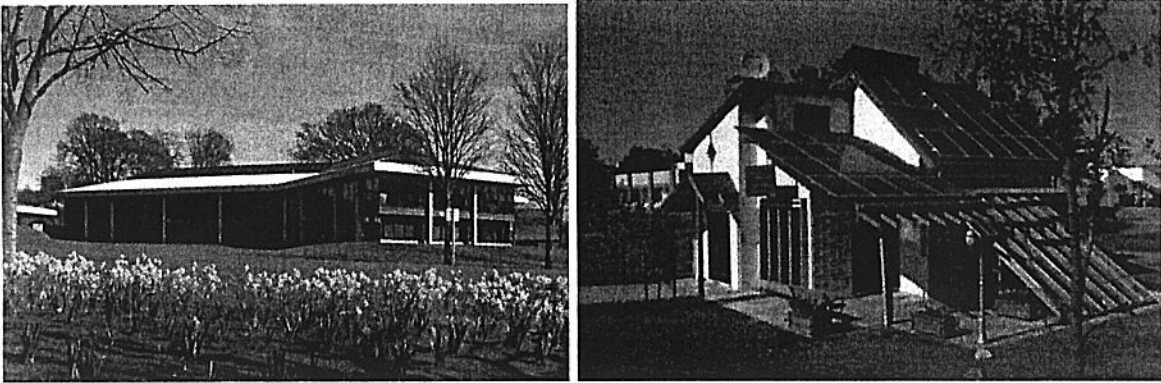


Şekil 4.10. Merkezi kafeterya için önerilen güneş enerjisi sistemi akış şeması

### 4.2.3. Üniversitemizde Örnek Bir Yeşil-Akıllı Bina Uygulaması

Dünyada enerjinin yaklaşık üçte biri binalarda kullanılmaktadır. Yeşil bina uygulamaları ile enerji tasarrufu, doğayı koruma ve konforlu bir yaşam ortamı hedeflenmektedir. Dolayısıyla, ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma enerji ihtiyacını tamamıyla güneş, rüzgar ve toprak gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından temin eden bir yeşil (akıllı) bina, üniversitemiz yerleşkesinde örnek olması, uygulama ve araştırma yapılması amacıyla kurulabilir. Bu şekilde,

- Etkili yalıtım sistemleri ile enerji tasarrufunun sağlanması, ses ve ısı yalıtımının oluşturulması,
- Doğal ışık ile aydınlatmayı binanın içinde olabildiğince kullanabilecek bir mimari yapı,
- Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinde etkili çözümler,
- Değeri düşük yapı malzemelerinin ve dekorasyon ürünlerinin kullanılması,
- Fotovoltaik panel sistemleri ile güneş enerjisinin kullanılması,
- Harekete duyarlı sensörler ile havalandırma ve ışıklandırma,
- Binanın kendi elektriğini üreten sistemlerin kurulması,
- Yeraltı ısı kaynağının kullanılması (Ground Source Heat Pump System - GSHP)
- Güney cephede trombe duvarı uygulamaları ile kışın ısı ihtiyacının yarısının güneşten sağlanması hedeflenmektedir.

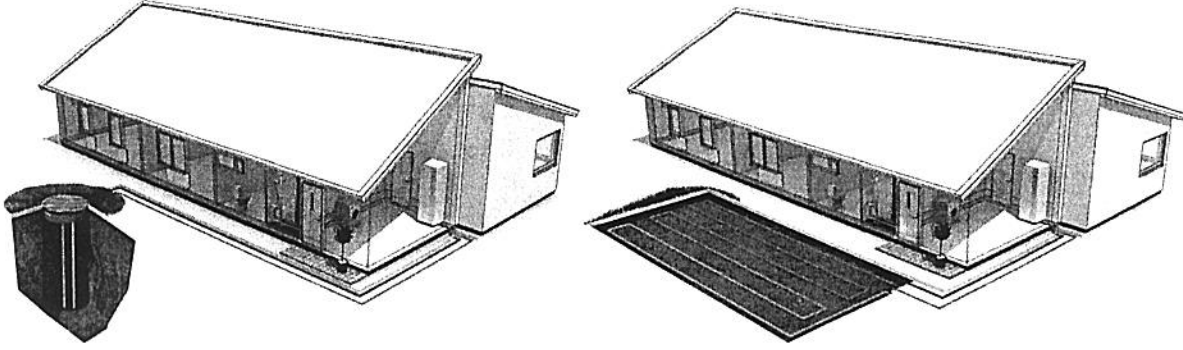


Şekil 4.11. Akıllı bina

### 4.2.4. Toprak Kaynaklı Isı Pompalarının Isıtma ve Soğutmada Kullanılması

Isı pompaları genel anlamda ısıyı üretmek yerine taşımayı amaçlar. Toprak kaynaklı ısı pompaları ise toprak altında bulunan enerjiyi yüksek bir verim ile bina içine taşırlar. Toprak altına 3-4 metre kadar inildiğinde sıcaklık yaz-kış çok az bir farklılık göstermekte ve

sonsuz bir enerji kaynağı sağlanmaktadır. Bahsedilen derinlikte toprak tabakası kışın havadan daha sıcak, yazın ise daha soğuktur. Toprak kaynaklı ısı pompası kullanılarak kışın yeryüzünün altında veya yeraltı sularında depolanmış ısı binaya, yazın bina içindeki ısı ise yeraltına taşınır. Yani yeraltı, kışın bir ısı kaynağı, yazın ise bir ısı çukuru olarak kullanılır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Toprağa sondaj ve serme yöntemi

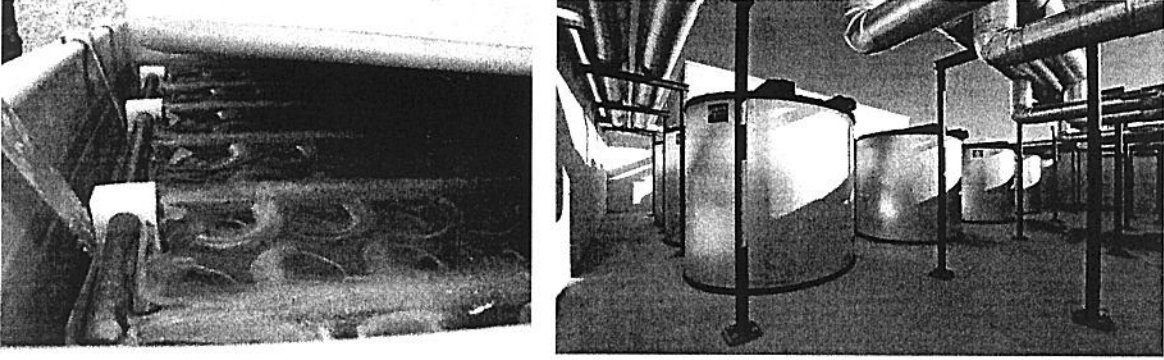
#### 4.2.5. Buz Depolama Sistemleri

Buz depolama sistemlerinde su, donma noktasında (0 °C) depolanır. Buz depolayan modüler tanklar ile soğutma sistemi arasında dolaşan aracı akışkan, soğutmayı sağlayan özel su soğutucu gruplar kullanarak “fan-coil” yardımıyla mahallin soğutulmasını sağlar ve geceleri soğutma ihtiyacının olmadığı saatlerde de buz üretimi yapar.

Elektrik idaresinin 3'lü tarife olarak bilinen “Puant” tarifesine geçmesi ile birlikte buz depolama sistemleri özellikle soğutma işlemlerinde enerjiyi etkin bir şekilde kullanabilmek için ekonomik hale gelmiştir. “Puant” tarifesinde gün içinde 3 ayrı periyotluk sürede, 3 ayrı fiyat uygulaması bulunmaktadır.

Binaların iklimlendirmesi özellikle yaz aylarında gündüz saatlerinde elektrik kullanımını en üst seviyeye getirmektedir. Genele, iklimlendirme sistemleri gün içinde her zaman tam kapasitede çalışmaz. Isı yükünün en çok olduğu saatlerde, örneğin dış sıcaklığın en çok olduğu, 14:00-16:00 saatleri arasında tam kapasitede çalışma gerçekleşir. Buz depolama sistemlerinin amacı, elektrik tüketiminin minimum olduğu zaman diliminde, soğu enerjisini depolayarak soğutma elektrik yükünü gece saatlerine kaydırmaktadır. Su soğutma grubu, soğuk depolama periyodu boyunca tam kapasitede bir çalışma sürecindedir. Bu nedenle de soğutma tesisi beklenen en iyi verimlilikte çalışmaktadır.

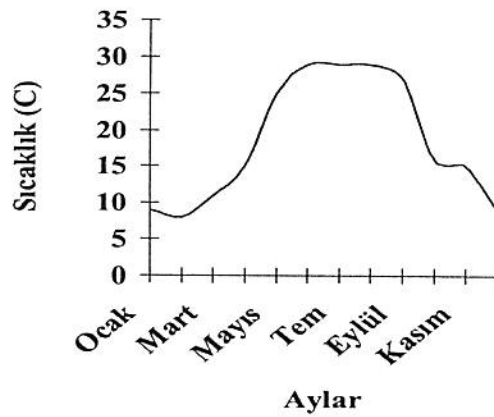
Ayrıca gece saatlerinde çevre sıcaklıkları gün içindeki değerlerin oldukça altında olduğundan hem sabit yükte ve hem de düşük çevre sıcaklıklarında çalışma, su soğutma grubu (chiller) verimliliklerini de artırır.



Şekil 4.13. Buz üretme ünitesi

#### 4.2.6. Yenilenebilir Enerji Kaynakları İle Termal Enerji Depolama Sistemleri

Isıtma ve soğutma amaçlı yenilenebilir enerji uygulamalarında güneş enerjisinin yanı sıra hava, su ve yeraltı da doğal kaynaklar olarak değerlendirilmektedir. Üniversitemizin yanı başında bulunan, Toros Dağlarından gelen kar sularıyla beslenen Seyhan Baraj Gölü yılın belli aylarında önemli bir soğuk kaynak olarak değerlendirilebilir. Seyhan Baraj Gölü'nün yüzey sıcaklıklarının aylara göre dağılımı Şekil 4.14'de gösterilmiştir. Derinlikle yapılacak ölçümlerde bu sıcaklık değerlerinin daha da altına düşebileceği öngörülmektedir.



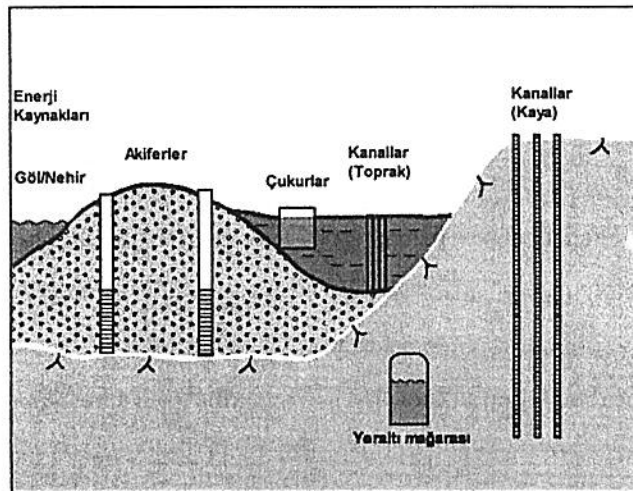
Şekil 4.14. Seyhan Baraj Gölü yüzey suyu sıcaklık dağılımı

Seyhan Baraj Gölü'nün soğuk olduğu dönemlerde soğutma talebinin maksimum düzeyde olduğu yaz ayları arasında zaman farkı bulunmaktadır. Bu zaman farkını kapatmadan soğuk kaynağın değerlendirilmesi mümkün değildir. Yenilenebilir ve doğal enerji kaynaklarından kesintisiz yararlanabilmek, arz ve talep arasındaki zaman farkını kapatmak için termal enerji depolama (TED) teknikleri kullanılır. TED teknikleri kullanım süresine göre

ikiye ayrılır: Kısa süreli depolama (gece-gündüz) ve uzun süreli depolama mevsimlik (yaz-kış). Uzun süreli TED ile temel olarak hedeflenen, yazın sıcaklığını koruyup kışın ısıtmada veya kışın soğukunu koruyup yazın soğutmada kullanmaktır. TED yöntemiyle depolanan enerjinin depolanması ve kullanımı arasındaki yer ve zaman farkı kapatılarak, hem ısıtma hem de soğutma için, iklim değişikliği ile mücadelede enerji tasarrufu ve verimliliğini artıran alternatif ve esnek çözümler sağlanmaktadır.

TED toprak-altı jeolojik yapıyı kullanarak gerçekleştirildiğinde Yeraltında Termal Enerji Depolaması (YTED) adını alır. Termal enerjinin depolanabilmesi için yeraltı çok uygundur. Yeraltının depo olarak kullanılması sırasında yalıtıma gerek olmadığı gibi, yüzeyde kullanılacak alandan da tasarruf edilir. Yeraltında 10-20 m'den sonra, toprak-altı sıcaklığı yüzeydeki iklim değişikliklerinden etkilenmeyerek sabit kalır. Daha derinlerde ise jeotermal ısı akısına bağlı olarak, sıcaklık her 100 m'de ortalama 3°C artar.

Yeraltında TED uygulaması için pek çok teknik geliştirilmiştir. Kullanım amacına ve depolama ortamına göre sınıflandırılan bu teknikler Şekil 4.15'de şematik olarak gösterilmiştir. Depolama ortamı sadece su olduğunda; doğal veya yapay yeraltı mağaralarında ve çukurda depolama yapılır. Akiferde Termal Enerji Depolama (ATED) suyla jeolojik formasyonun beraber olduğu akiferde yapılır. Depolama ortamı toprak veya kaya olduğunda Kuyularda Termal Enerji Depolaması (KTED) yapılır. Yeraltına sondajla açılan kuyuya, yerleştirilen U-boru sisteminde ısı taşıyıcı akışkan dolaştırılarak depolama yapılır. Depolamada kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları doğal (güneş, hava, su, toprak) ve yapay (atık ısı) olabilir. KTED doğrudan veya ısı pompasına entegre edilerek "Yer Kaynaklı Isı Pompası (GSHP veya Geothermal Heat Pump-GHP)" uygulamalarında kullanılabilir.

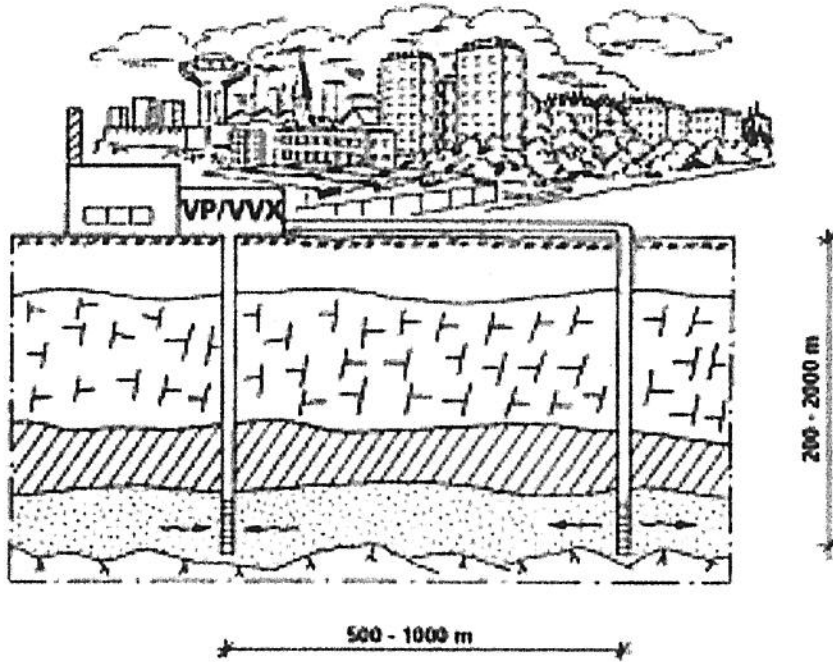


Şekil 4.15. Yeraltında termal enerji depolama teknikleri



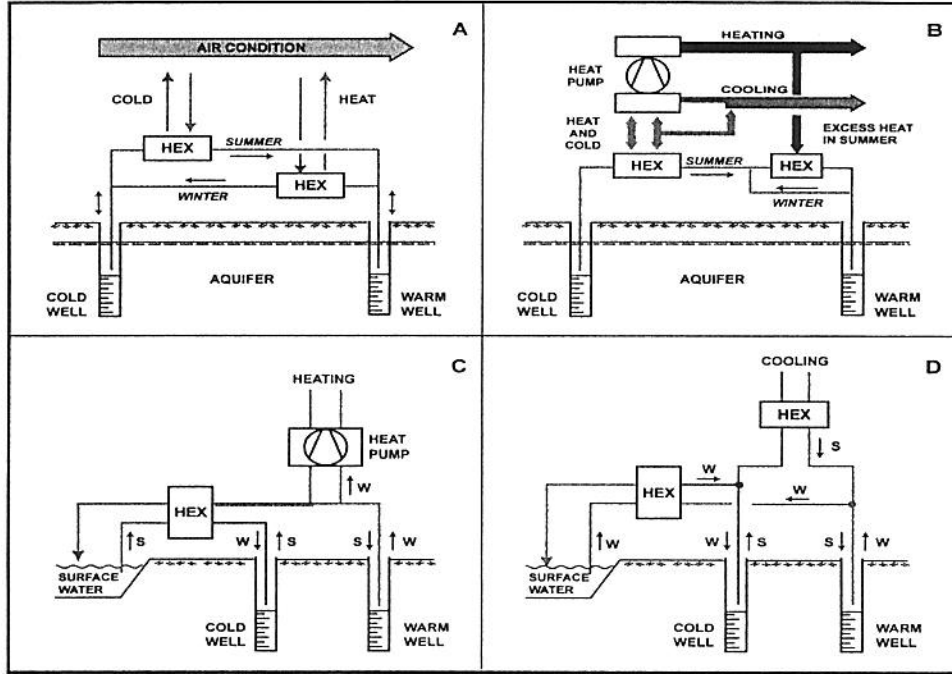
#### 4.2.6.1. ATED Yöntemi

Akifer, yapısında geçirimli jeolojik formasyon ve su bulunduran bir yer altı su havzasıdır. Üst ve alt bölgesi zayıf geçirgen veya geçirimsiz tabaka ile sınırlı, geçirimli su-kumlutaş tabakası olarak da tanımlanır. ATED tekniğinde akifer kullanılarak doğrudan ısıtma ve/veya soğutma yapılabilir. Bu amaçla yeraltı suyu, depolanması istenilen enerji kaynağı ile akifer arasında ısı taşıyıcı akışkan olarak kullanılır. Yeraltı suyunun yıllık ortalama sıcaklığı, akiferin bulunduğu yerin yıllık ortalama sıcaklığının  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  civarında sabit kalır. Sistemde biri sıcak, diğeri soğuk olmak üzere iki kuyu grubu bulunur (Şekil 4.16). Kışın sıcak kuyu grubundan çekilen su ısıtmada kullanıldıktan sonra sıcaklığı düşer ve soğuk kuyu grubuna yollanır. Soğutmaya ihtiyaç olduğunda da soğuk kuyu grubundan çekilerek kullanılır. Bu işlem sırasında ortamdan alınan ısı ise sıcak kuyu grubuna yollanır. Yeraltı suyu kuyular arasında kapalı devrede dolaştırılır. Bir ısı değiştirici aracılığıyla yeraltı suyundan kullanıcıya ısı veya soğuk aktarımı yapılır. Doğal akifer sıcaklıklarının doğrudan ısıtma ve/veya soğutma için yeterli olmadığı durumlarda ısı pompası da kullanılabilir. Şekil 4.17’de ATED için farklı uygulama şekilleri gösterilmiştir.



Şekil 4.16. ATED sistemi şematik gösterimi





Şekil 4.17. ATED farklı uygulama şekilleri: (A) Isı pompasız ısıtma ve soğutma, (B) Isı pompalı ısıtma ve soğutma, (C) Isı pompalı sadece ısıtma, (D) Isı pompalı sadece soğutma

Günümüzde ATED Avrupa, Kuzey Amerika, Japonya ve Çin’de uygulanmaktadır. Hollanda’da 1980 yılından itibaren yapılan 200’ü aşkın ATED projesinin %80’i konut sektöründe (hastaneler, alışveriş, ticaret merkezleri, hava alanları, vb.) geri kalan kısmı da sanayi (proses soğutma ve ısıtma) ve tarım (seralar) sektöründe uygulanmıştır. Hollanda hükümetinin yaptığı çalışmada ATED uygulamalarının 2020 yılında enerji üretimine yaklaşık yılda 500 milyon m<sup>3</sup> doğal gaz karşılığı 15 PJ katkıda bulunacağı söylenmektedir.

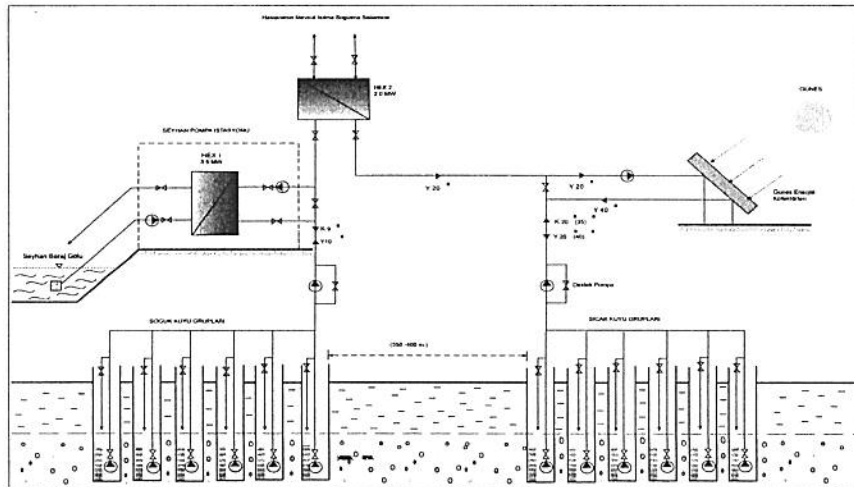
ATED uygulamalarının en fazla olduğu ikinci Avrupa ülkesi İsveç’tir. İsveç’deki ATED uygulamalarında doğrudan soğutma amaçlı depolamada % 90-95, hem soğutma, hem ısıtma amaçlı depolamada % 80-85, sadece ısıtma amaçlı ısı pompasının kullanıldığı depolamada % 60-75 enerji tasarrufu sağlandığı belirtilmektedir (Çizelge 4.3). Deniz suyunun soğuk enerji kaynağı olarak kullanıldığı ATED şehir merkezi soğutma sistemi Stokholm’de uygulanmıştır. Stokholm Arlanda havaalanının ısıtma-soğutma ve pistlerde buzlanmayı önlemek için yapılan ATED sisteminin yapımı 2010 yılında tamamlanmıştır. ATED sisteminin ısıtma ve soğutma kapasitesi 8 MW’dır. Bu sistem 2012 yılı için Arlanda havaalanında benimsenen sıfır-CO<sub>2</sub> emisyonu hedefinin bir parçasını oluşturmuştur. Elektrik tüketiminin yılda 4-5 GWh ve yerel ısıtma ihtiyacının da 10-15 GWh azaltılması hedeflenmiştir. Bununla birlikte yılda 7000 ton CO<sub>2</sub> salımı azaltılması öngörülmüştür.

Amerika'da Auburn Üniversitesi'nde yüksek sıcaklıkta ATED uygulamasında nükleer enerji santralının atık ısısının kaynak olarak kullanılması denenmiştir. Amerika'da Stockton Üniversitesi'nde 2009 yılında tamamlanan soğutma amaçlı ATED projesinin üniversitenin karbon ayak izini küçültüleceği belirtilmiştir. Almanya'daki ilk ATED uygulaması Berlin'de Parlamento binasının ısıtma soğutma sistemi için kullanılmaktadır. Buradaki enerji kaynağı ise kojenerasyon santralının atık ısısıdır.

Çizelge 4.3. İsveç'te Uygulanan ATED Sistemlerinin Ekonomik Olarak Karşılaştırılması

ATED Uygulaması	COP	Enerji Tasarrufu (%)	Geri-ödeme (yıl)
Doğrudan ısıtma ve soğutma	20-40	90-95	0-2
Isı pompası destekli ısıtma soğutma	5-7	80-87	1-3
Isıtma pompası destekli sadece ısıtma	3-4	60-75	4-8
Sadece doğrudan soğutma	20-60	90-97	0-2

Türkiye'de Şekil 4.18'de gösterilen ATED için ilk fizibilite çalışması Çukurova Üniversitesi Balcı Hastanesi için yapılmıştır. Türkiye'deki ilk ATED uygulaması ise Mersin'de bir süpermarketin ısıtma/soğutma sisteminde gerçekleştirilmiştir. Yatırım maliyetinin konvansiyonelle aynı olduğu sistem, Ağustos 2001'den itibaren, konvansiyonel sistemlere göre yaklaşık %60 daha yüksek verimle çalışmaktadır. Türkiye'deki ikinci ATED uygulaması Çukurova Üniversitesi araştırma çiftliğinde domates yetiştiriciliği yapılan 360 m<sup>2</sup> bir plastik seranın ısıtma ve soğutması için gerçekleştirilmiştir. 80 m derinliğinde iki kuyudan oluşan sistemle sıfır fosil yakıt tüketilmiş, kısa süreli de olsa soğutma uygulaması, hasat sürecinin erkene alınarak uzatılması ve ürün verimi %40 artırılması sağlanmıştır. %68 enerji tasarrufuyla sistemin geri ödeme süresi 2 yıldan azdır.



Şekil 4.18. Çukurova Üniversitesi Balcı Hastanesi ATED Sistem Tasarımı

### **4.3. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Yakıt Üretimi**

#### **4.3.1. Biyodizel**

Biyodizel; kolza (kanola), ayçiçek, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen bitkisel yağların, kullanılmış atık yağların veya hayvansal yağların alkol ile uygun bir katalizör kullanılarak kimyasal tepkimesi sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan bir üründür. Biyodizel saf olarak veya her oranda petrol kökenli dizel yakıt ile karıştırılarak yakıt olarak kullanılabilir. Saf biyodizel ve dizel-biyodizel karışımları herhangi bir dizel motoruna, motor üzerinde herhangi bir değişikliğe gerek kalmadan veya küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilir. Ayrıca, jeneratör veya kalorifer yakıtı olarak da kullanılabilir.

#### **4.3.2. Atık Yağlardan Biyodizel Üretimi**

Biyodizel firmaları artan hammadde ve ÖTV nedeniyle atık yağlardan biyodizel üretimine yönelik yasal altyapının oluşturulmasıyla, zaman içerisinde atık yağlardan biyodizel üretimine yönelmeye başlamışlardır. Atık yağların üretimde kullanılmasıyla birlikte biyodizel için yeni bir dönem başlamıştır. Atık yağ miktarı ciddi problemleri beraberinde getirmektedir. Bu yağlar doğaya karışmakta, çevresel sorunlara davetiye çıkarmakta ve geri dönüşü zor olan sorunlara neden olmaktadır. Atık yağlarda karşılaşılan bu sorunların önüne geçebilmek için bu yağlar biyodizel üretiminde kullanılmalıdır.

Ülkemizde bitkisel ve hayvansal kökenli atık yağların depolanmadığı, doğrudan veya dolaylı olarak çevreye atıldığı düşünülürse, atık yağların çevresel etkileri daha iyi anlaşılabilir. Bu kapsamda EPDK'dan işleme lisansı alan firmalar, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın "Bitkisel Atık Yağların Kontrolü" yönetmeliğine uygun olarak Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü ve TÜBİTAK'tan alınacak teknik uygunluk raporlarının kuruma ulaştırılması sonrasında atık yağları biyodizel yapımında kullanabilecek yasal duruma gelebilmektedirler. Bununla birlikte atık yağların toplanması, depolanması ve taşınması sırasında özel araçların kullanılması ve sadece lisanslı firmaların bu maddeleri toplayabilme zorunluluğunun olması, bu yağların olası zararlarının en aza indirilmesi açısından önemlidir.

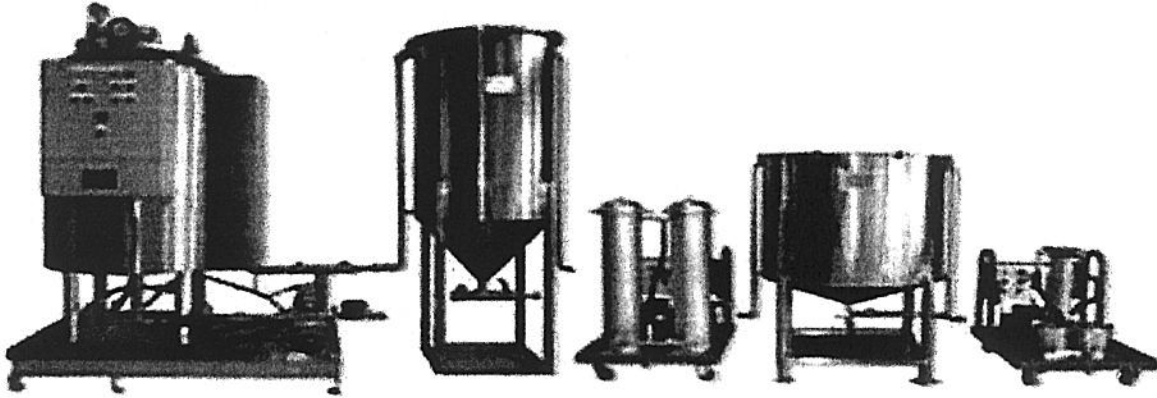
Atık yağ kullanılarak biyodizel üretiminin daha ekonomik ve hammaddenin daha ucuz olduğunun farkına varılması, firmaların atık yağlardan biyodizel üretimine yönelmelerine neden olmuştur. Atık yağları hammadde olarak kullanmaya başlayan firma sayısının artmasıyla birlikte, hammadde temininde ciddi sorunlar yaşanmaya başlamıştır. Zaman içerisinde; atık yağların istenilen miktarda ve zamanda temin edilememesi, atık yağ fiyatlarının yükselmesi ve atık yağ sektöründe denetimlerin artması, firmaları atık yağlardan biyodizel üretiminden de vazgeçmeye zorlamıştır.

#### 4.3.3. Atık Yağlardan Biyodizel Üretim Maliyeti

Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümünde 2009 yılında tamamlanan bir doktora çalışmasında, atık yağdan üretilen biyodizelin litre fiyatı 0,82 TL olarak hesaplanmıştır. Üretim maliyetinin üzerine ÖTV'nin eklenmesiyle 1,54 TL/L olan maliyet, KDV ile birlikte 1,82 TL/L değerine ulaşmaktadır. Üretici firmanın kar oranıyla birlikte, atık yağdan biyodizel üretim maliyeti 2 TL/L olarak hesaplanmıştır. Ülkemizde üretilen biyodizelin maliyeti ÖTV ve KDV hariç 2 TL/L civarında olup, AB ortalamasının altındadır.

#### 4.3.4. Atık Yağlardan Biyodizel Üretim Tesisi

Ç.Ü. yerleşkesinde kafeteryalardan açığa çıkan atık yağlardan, biyodizel üretimi amacıyla **küçük ölçekli bir biyodizel üretim tesisi** kurulabilir (Şekil 4.19). Üretilen biyodizel, Ç.Ü. iç tüketiminde kullanılarak, yakıt giderlerinden önemli düzeyde tasarruf sağlanabilir. Üretilecek olan biyodizel, yerleşke içi resmi araçlarda, ring servisinde veya ısınma amaçlı yasal olarak kullanılabilir.



Şekil 4.19. Önerilen küçük ölçekli biyodizel üretim tesisi

## 5. ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ YATIRIMLARI İÇİN FİNANS OLANAKLARI

### 5.1. Enerji Verimliliği Destekleri

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından, 3 Temmuz 2012 SALI tarihli Resmî Gazetede 28342 sayılı **ENERJİ VERİMLİLİĞİ DESTEKLERİ HAKKINDA TEBLİĞ (SIRA NO:2012/3)** yayınlanmıştır. Bu Tebliğ, endüstriyel işletmelerin mevcut sistemlerinde verimliliğin artırılmasına dair proje ve uygulamalarının desteklenmesi ile ilgili usûl ve esasların belirlenmesini amaçlamaktadır.

Elektrik üretim faaliyeti gösteren lisans sahibi tüzel kişiler dışındaki yıllık toplam enerji tüketimleri 1000 TEP ve üzeri olan ticaret ve sanayi odası, ticaret odası veya sanayi odasına bağlı olarak faaliyet gösteren ve her türlü mal üretimi yapan işletmeler Verimlilik Artırıcı Proje (VAP) desteklerinden yararlanmak için başvuruda bulunabilirler.

## **5.2. Enerji Sektörü Araştırma-Geliştirme Projeleri Destekleme Programı (ENAR)**

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından, 8 Haziran 2010 SALI tarihli Resmî Gazetede **ENAR YÖNETMELİĞİ** yayınlanmıştır. Bu Yönetmeliğin amacı; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından enerji politikalarına, arz güvenliğine, yerli enerji teknolojileri ve endüstrisine hizmet edecek şekilde oluşturulacak destek programları kapsamında tüzel ve gerçek kişilerin bilimsel ve teknolojik bilgiyi ürüne, sürece, yöneme, uygulamaya veya sisteme dönüştürme aşamalarında yapacağı teknoloji geliştirme ve yenilik odaklı araştırma, geliştirme, iyileştirme ve örnek uygulama projelerinin seçilmesi, desteklenerek izlenmesi, sonuçlandırılması ve sonuçların değerlendirilmesine ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.

## **5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Çukurova Üniversitesi'nde enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma konusunda bir rapor hazırlanmıştır. Konu ile ilgili olarak, Başkent ve Yaşar Üniversitesi'nden iki öğretim üyesi (Prof. Dr. Birol KILKIŞ ve Prof. Dr. Arif HEPBAŞLI), Komisyon Üyemiz Prof. Dr. Halime Ö. PAKSOY ve iki enerji sistemleri firması davet edilerek konferans vermeleri sağlanmıştır. Komisyon ve davetli öğretim üyeleri ile birlikte üniversitemizdeki ısı merkezleri ve bazı birimler gözden geçirilmiştir. Ayrıca bölgemizde yeni kurulan bir güneş enerjisi santrali komisyon üyeleri tarafından yerinde gözlemlenmiştir.

Hazırlanan bu raporun içeriğinde, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarından ne şekilde yararlanılabileceği konusunda temel bilgiler anlatılmaktadır. Bu bilgiler ışığında ve yapılan değerlendirilmeler sonucunda, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma konusunda önemli bir potansiyelin olduğu saptanmıştır. Yenilenebilir enerji teknolojilerinden hangilerinin Ç.Ü. birimleri için en verimli ve ekonomik olduğu konusu tartışılmıştır. Bununla birlikte, üniversitede enerji kullanan birimlerin (bina ve enerji kullanan sistemler) genel durumlarının enerji verimliliği açısından iyi olmadığı görüşü ortaya çıkmıştır. Bu genel değerlendirmede enerji tasarrufu yapılabilecek çok sayıda odak noktalarının olduğu belirlenmiştir. Ancak, bu odak noktalarda enerji tasarrufu yapılmasının somut verilerle desteklenmesi ve bu alanlara birden fazla ve uygun projelerin önerilmesi için



öncelikle merkez yerleşkede ve diğer birimlerde (Meslek Yüksekokulları) ENERJİ ETÜDÜNÜN yapılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Enerji maliyetinin artması nedeniyle enerjinin verimli kullanılması ve ilgili yasa/yönetmeliklerin gereği olarak mevcut durumun enerji etüdünün yapılması ve enerji verimliliğinin sürekli olarak izlenmesi/uygulanması ve geleceğe yönelik enerji planlamasının yapılması için Ç.Ü. **“Enerji Yönetim Birimi”** ve **“Enerji Yönetim Komitesi’nin”** kurulması gereklidir. Ç.Ü.’nin tüm birimlerinde enerji verimliliği çalışmaları, bu birim ve komite denetiminde uzman bir kuruluş tarafından yapılmalıdır. Uzman kuruluş ve ilgili birim/komitenin çalışmaları sonucunda elde edilecek bulgular, bu rapor kapsamında verilen kısa, orta ve uzun vadelerdeki önerilerin daha gerçekçi ve tutarlı bir şekilde gerçekleştirilmesine yardımcı olacaktır.

Çukurova Üniversitesi’nin 2012 yılı enerji tüketimi gideri yaklaşık 27 Milyon TL’dir. Bu tutarın 17 Milyon TL’si elektrik tüketimi, diğer 10 Milyon TL’si ise ısıtmada ve buhar üretiminde kullanılan kalyak ve mazot (fosil yakıt) giderlerini kapsamaktadır. Üniversitenin bütün elektrik enerjisi abonelikleri için uygun abonelik yöntemlerinin seçilmesi halinde aylık ortalama 100.000 TL’ye kadar tasarruf potansiyeli mevcuttur. Sonuç olarak, elektrik kullanımında yıllık tasarruf miktarı 1.000.000 TL’yi geçecektir. Elektrik dağıtım şebekesinin ve elektrik satışının özelleşmesinden sonra birçok firma uygun şartlarda elektrik enerjisi satışı yapmaktadır. Firmalarla yapılacak görüşmelerle, mevcut elektrik giderlerinin yaklaşık olarak %3-9 oranında azaltılması mümkündür. Çukurova Üniversitesi’nde serbest tüketici olarak enerji temini için tüm abonelikler birleştirilerek elektrik enerji gideri azaltılabilir.

Üniversite birimlerinde enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma konusunda yapılması gereken çalışmalar özetle aşağıda verilmektedir:

- Üniversitemize ait olan bütün binaların Enerji Kimlik Belgeleri çıkarılarak uygun enerji tasarruf projeleri hazırlanmalıdır ve uygulamaya konmalıdır.
- Yeni yapılacak binalar, enerji tüketimi düşük, uluslararası bina enerji performans sertifikaları alabilecek şekilde projelendirilmelidir.
- Üniversite bünyesindeki ısı merkezleri ve klima santrallerinde görevli personel, enerji sistemleri ve enerji verimliliği konularında kurslara katılmalı ve mühendislerin enerji yönetimi sertifikası almaları sağlanmalıdır.
- Üniversite kendi elektrik ihtiyacını kısmen de olsa karşılamak amacıyla Kojenerasyon/trijenerasyon uygulamalarını içeren yöntemlerle elektrik üretmeyi düşünmelidir.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanabilmek için gerekli yasal mevzuatlar incelenmelidir.



- Üniversite olarak toplumu yönlendirici olma misyonumuz nedeniyle, Enerjinin verimli kullanımı ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma konusunda örnekler oluşturulmalıdır.
- Ç.Ü. Yerleşkesinde elektrik tüketiminin bir kısmının karşılanması amacıyla, yatırım maliyeti ve maddi destekler dikkate alınarak, şebeke bağlantılı orta ölçekli bir güneş pili (PV) elektrik üretim santrali kurulabilir. PV hücrelerin satış fiyatı 1.0–1.5 USD/Wp arasında değişmektedir. PV modüllerin kullanım süresi ortalama 25 yıl olarak dikkate alınabilir.
- Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinden açığa çıkan bitkisel ve hayvansal atıklar ile yerleşke alanındaki kafeteryalardan açığa çıkan organik kökenli atıklardan, ısı ve elektrik üretimi amacıyla, oluşturulacak olan ulusal veya uluslararası bir proje kapsamında, küçük ölçekli (250 kW ) biyogaz kojenerasyon tesisi kurulabilir. Ancak burada yöntemin çevre koşullarına olan etkisine, işletme girdisi maliyetine ve işletme yönetimine önem verilmelidir.
- Bu ölçekte bir tesisin maliyeti yaklaşık 1.5-2.0 milyon TL arasında olup; geri ödeme süresi 4.0-4.5 yıldır.
- Ç.Ü. Yerleşkesinde mevcut aydınlatma sistemleri eski ve oldukça verimsizdir. Bu nedenle enerji verimliliği açısından detaylı olarak incelenmelidir. Otomasyon ile birlikte LED aydınlatma gibi yenilikçi sistemler kullanılmalıdır. Böyle bir uygulama mevcut aydınlatma sistemlerine (binalarda ve çevre aydınlatmada) göre yüksek düzeyde tasarruf sağlayacağı bilinmektedir.
- Üniversitemizde aydınlatmada, bilhassa kapalı alanlarda tasarruflu ampullerle birlikte otomasyon sistemine geçilmelidir.
- Merkezi Kafeteryadaki değişik işlemlerde tüketilen ısı enerji miktarının bir bölümünün güneş enerjisi ile karşılanması durumunda, ısıtma giderleri azalacak ve enerji tasarrufu sağlanacaktır.
- Üniversitemizde örnek oluşturacak bir yeşil-akıllı bina projesi ve yapımı gerçekleştirilmelidir.
- Toprak kaynaklı ısı pompası kullanımı teşvik edilmelidir.
- Buz depolama sistemleri ile elektrik birim fiyatının minimum olduğu zaman diliminde, soğuk enerjisi depolanarak, soğutma elektrik yükü gece saatlerine kaydırılması halinde enerji tasarrufu mümkündür.

- Türkiye’de Akiferde Termal Enerji Depolama (ATED) için ilk fizibilite çalışması Çukurova Üniversitesi Balcalı Hastanesi için yapılmıştır. Bu projenin uygulanabilirliği ve ekonomikliği incelenmelidir.
- Ç.Ü. Yerleşkesindeki kafeteryalardan açığa çıkan atık yağlardan, biyodizel üretimi amacıyla küçük ölçekli bir biyodizel üretim tesisi kurulabilir. Üretilen biyodizel, Üniversite yerleşkesinde bir kısım araçlarda, ring servisinde veya ısınma amaçlı olarak kullanılması mümkündür.
- Yenilenebilir enerjinin kullanımı konusunda toplum bilincinin artırılması amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarından yeterli ölçüde yararlanılmalıdır.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmaya karar verilmesi halinde projenin çevreye uyumluluğu, verimliliği, ilk yatırım maliyeti, işletme maliyeti, bakım onarım maliyeti, getirisi ve ekonomik ömrü dikkate alınarak ekonomik analizi detaylı olarak yapılmalıdır. Teknolojinin güncel olması, bilhassa işletmenin sürdürülebilirliği konularına da hassasiyet gösterilmelidir.

### KOMİSYON ÜYELERİ

Adı-Soyadı	Fakülte / Bölüm
Prof. Dr. Beşir ŞAHİN	Müh-Mim. Fak. / Makine Müh. Böl.
Prof. Dr. Halime Ömür PAKSOY	Fen Edebiyat Fak. / Kimya Böl.
Prof. Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK	Ziraat Fak. / Tarım Makineleri Böl.
Prof. Dr. Hüseyin AKILLI	Müh.-Mim. Fak. / Makine Müh. Böl.
Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ	Müh.-Mim. Fak. / Maden Müh. Böl.
Prof. Dr. Binnaz Zeynep ZAIMOĞLU	Müh.-Mim. Fak. / Çevre Müh. Böl.
Doç. Dr. Mehmet KARAKILÇIK	Fen Edebiyat Fak. / Fizik Böl.
Doç. Dr. Faruk KARADAĞ	Fen Edebiyat Fak. / Fizik Böl.
Doç. Dr. Mehmet BİLGİLİ	Ceyhan Müh. Fak. / Makine Müh. Böl.
Doç. Dr. K.Çağatay BAYINDIR	Müh.-Mim. Fak. / El. Elektronik Müh. Böl.
Doç. Dr. Ozan ŞENKAL	Eğitim Fak. / Bilgisayar ve Öğr.Tek.Eğ.Böl.
Yrd. Doç. Dr. Ahmet TEKE	Müh.-Mim.Fak. / El. Elektronik Müh. Böl.
Elektrik Müh. Tuncay TEZE	Yapı İşleri Daire Başkanlığı
Mak. Müh. İ.Şemi SÖZER	Yapı İşleri Daire Başkanlığı