

T.C.  
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**DUBLEKS EVLERDE SICAKLIK DENGESİNİN YENİ BİR YÖNTEMLE  
SAĞLANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Fatih ÇİÇEK**

**Anabilim Dalı: Makine Mühendisliği**

**DANIŞMAN**  
**Doç. Dr. Oğuz TEKELİOĞLU**

**ŞUBAT – 2015**

**T.C.  
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DUBLEKS EVLERDE SICAKLIK DENGESİNİN YENİ BİR YÖNTEMLE  
SAĞLANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Fatih ÇİÇEK  
(122107105)**

**Anabilim Dalı: Makine Mühendisliği**

**DANIŞMAN  
Doç. Dr. Oğuz TEKELİOĞLU**

**ŞUBAT – 2015**

**T.C.**  
**TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DUBLEKS EVLERDE SICAKLIK DENGESİNİN YENİ BİR YÖNTEMLE  
SAĞLANMASI**

**Fatih ÇİÇEK**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez / / 2015 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği/ oyçokluğu** ile kabul edilmiştir.

**İmza:.....**

**İmza:.....**

**İmza:.....**

Doç. Dr. Oğuz Tekelioğlu  
(T.Ü)

Yrd. Doç. Dr. Erdem Işık  
(T.Ü)

Yrd. Doç. Dr. Ali Aşkın (T.Ü)

**DANIŞMAN**

**ÜYE**

**ÜYE**

Bu tez, Enstitümüz Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Abdullah DİKİCİ  
Enstitü Müdürü  
İmza ve Mühür

**NOT:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı “Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu”ndaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

Bu çalışmada konveksiyon yoluyla ısı transferinin kullanıldığı içten merdivenli dubleks evlerdeki ısınma sorununa bir çözüm üretebilecek yeni bir metot geliştirildi. İçten merdivenli dubleks evlerde kışın yaşanan en büyük sorun ısının merdiven boşluğundan yükselerek alt kattan üst kata kaçmasıdır. Doğal olarak gerçekleşen bu sorunun çözümü genellikle alt katın sürekli bir şekilde ısıtılmasıyla çözülmeye çalışılmaktadır. Bu durumda çok fazla enerji israfı gerçekleşmektedir. Bu problem , Sıcak Hava Transfer Tüneli (SHTT) olarak adlandırdığımız bir tünel ile üst katın üstünde biriken sıcak havanın bir fan yardımıyla soğuk bölge olan alt kata transfer edilmesiyle çözüldü.

Öncelikle içten merdivenli dubleks evi temsil edecek bir model yapıldı. Tüm çalışmalarımız, boyutları her bir katın iç hacmi 46 x 46 x 67 cm büyüklüğünde iki katlı ve birde tavan arası bulunan toplam iç hacmi 308 dm<sup>3</sup> olan bir modelde yapıldı. Modelde üst katın tavanına bir adet fan yerleştirildi. Modelin çatısı ile alt bölme arasında boru şeklinde dışarıdan bir tünel sistemi ile bağlantı sağlandı. Böylelikle konveksiyon yoluyla modelin üst bölümünde biriken sıcak hava, modelin soğuk bölgesi olan alt kata taşınması sağlanarak gereksiz ısıtmalar azaltılmış oldu. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki; modelin ilk ısınması sürecinde deneyin 25. dakikasında alt kattaki sıcaklık 25 °C'ye ulaşırken üst katın sıcaklığı 30,8 °C'ye ulaşmıştır. 140 cm yüksekliğindeki modelde bile üst bölme ile alt bölme arasındaki sıcaklık farkı 5,8 °C'ye ulaşmıştır. SHTT'nin kullanıldığı ve fanın sürekli çalıştırıldığı deneyde ise alt kat ile üst katın arasındaki sıcaklık farkının oluşmadığı gözlemlenmiştir. SHTT'nin kullanılması durumunda gereksiz ısıtmadan kaçınılabileceği yapılan deneyler sonucunda gözlemlenebilmiştir. Böylece sadece yüksek miktarda tasarruf sağlanmakla kalmamış, ayrıca hem üst kattaki rahatsız edici sıcaklık normal seviyeye düşürülürken hem de alt kattaki soğuk bölgenin hızlı bir şekilde ısıtılması sağlanarak yaşam kalitesinin artırılabilceği gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Isınma Problemi, Isı Transferi, Dubleks Ev, Sıcak Hava Transfer Tüneli

## ABSTRACT

### Providing Temperature Balance by a New Method in Duplex Houses

A new method has been developed for the problem of heating in the houses of two floors connected by an indoor staircase using the transferring heat by the way of convection in this study. The biggest problem in winter, in the houses of two floors connected by an indoor staircase is to fly away from the downstairs to the upstairs. The solution of this problem which happens naturally is generally being tried to solve by heating the ground continuously. In this situation, too much energy dissipation is occurred. This problem is solved by transferring hot air accumulating in the ceiling of upstairs to the downstairs which is a cold part by the help of a fan with a tunnel which we named "*Hot Air Transfer Tunnel*" (*HATT*).

First of all, a model miniature which represents the house of two floors connected by an indoor staircase was made. All our study is done on the model of double-storied with/in size of 46x46x67 cm internal mass of every floor and which has 308 dm<sup>3</sup> internal dimension in total with an attic. A fan is placed to the ceiling of upstairs in the model. A connection is provided with a tunnel system by using a flexible tube externally between the ceiling of the model and the lower part. In this way, too much energy wastage is decreased by transporting the hot air accumulating in the upstairs of the model to the downstairs of the model being cold part by the way of convection.

Studies showed that while the temperature in the lower part is reaching 25°C in the twenty-fifth minutes of the test, the temperature in the upper part is 30,8 °C in the initial heating period. The temperature difference between the lower part and upper part reaches 5,8°C even in a 140 cm height model. It is observed that no temperature difference occurs between the lower part and the upper part in the test being used *Hot Air Transfer Tunnel* and being worked the fan continuously. It is observed in the tests that when the *Hot Air Transfer Tunnel* is used, then we can avoid unnecessary heating. It is observed that the quality of life can be increased by both decreasing the temperature in the upstairs to the normal level and heating cold part in the downstairs quickly. Besides, we can save up big amount of energy by using *HATT* method.

**Key words:** Heating Problem, Heat Transfer, Duplex Houses, Hot Air Transfer Tunnel

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmam boyunca beni yönlendiren, değerli bilgilerini, ilgi ve hoşgörüsünü hiçbir zaman esirgemeyen ve çalışmanın ortaya çıkmasında büyük katkısı bulunan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Oğuz Tekelioğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

Sıcaklık ölçüm deneylerinde kendi çalışması için hazırlamış olduğu programı kullandığımız Arş. Gör. Mustafa Suat Aydın'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca yüksek lisans çalışmam boyunca sabır ve kararlılıkla yanımda duran ve manevi desteğini benden esirgemeyen eşime ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

**FATİH ÇİÇEK**  
**2015- TUNCELİ**

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Enerji kavramı ve Enerjinin Ekonomideki Önemi .....	1
1.2. Enerji Nedir?.....	2
1.3. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması .....	2
1.3.1. Birincil Enerji Kaynakları .....	3
1.3.1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	3
1.3.1.1.1. Biyokütle Enerjisi .....	3
1.3.1.1.2. Hidrolik Enerji.....	4
1.3.1.1.3. Rüzgâr Enerjisi .....	5
1.3.1.1.4. Jeotermal Enerji.....	5
1.3.1.1.5. Güneş Enerjisi.....	6
1.3.1.2. Yenilenemez Enerji Kaynakları.....	6
1.3.1.2.1. Petrol .....	7
1.3.1.2.2. Doğalgaz.....	7
1.3.1.2.3. Kömür .....	8
1.3.1.2.4. Nükleer Enerji.....	9
1.3.2. İkincil Enerji Kaynakları.....	10
1.3.2.1. Elektrik Enerjisi .....	10
1.3.2.2. Hidrojen Enerjisi.....	10
1.4. Enerjinin Ekonomideki Yeri.....	11
1.5. Enerjide Dışa Bağımlılık .....	13
1.6. Türkiye’de Enerji Sektörünün Durumu .....	14
1.6.1. Türkiye’de Enerji Sektörü ve Mevcut Durumu .....	14
1.7. Türkiye’de Birincil Enerji Kaynakları .....	17
1.7.1. Türkiye’de Petrol Kaynakları .....	18
1.7.2. Türkiye’de Kömür Kaynakları .....	20
1.7.3. Türkiye’de Doğalgaz Kaynakları.....	21

1.7.4.	Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Kaynakları .....	23
1.7.5.	Türkiye Birincil Enerji Talebi-Projeksiyonu.....	23
1.7.6.	Enerjide Yeni Hedef Kaya Gazı .....	24
1.8.	Türkiye’de İkincil Enerji Kaynakları .....	25
1.8.1.	Türkiye’de Elektrik Enerjisi .....	26
1.9.	Isı ve Sıcaklık Kavramları.....	26
1.9.1.	Isı İletimi .....	27
1.9.1.1.	Kondüksiyonla (temas yolu ile iletimle) Isı İletimi .....	27
1.9.1.2.	Konveksiyonla (akışkan ile taşınım) Isı İletimi.....	28
1.9.1.3.	Radyasyonla (ışınım yoluyla) Isı İletimi.....	29
1.10.	Binalarda Isıtma .....	30
1.11.	Dubleks Evlerde Isıtma.....	36
1.12.	Dubleks Evde Isı Transferi .....	38
<b>2.</b>	<b>MATERYAL VE METOT .....</b>	<b>40</b>
2.1.	Materyal .....	40
2.1.1.	Dubleks ev modeli .....	40
2.1.2.	Fan/pervane .....	42
2.1.3.	Anahtar .....	43
2.1.4.	Isıtıcı.....	43
2.1.5.	Sıcak Hava Transfer Tüneli (SHTT).....	44
2.1.6.	K Tipi Termokupl (Isıl çift).....	45
2.1.7.	Sıcaklık Ölçümü Yapan Labview Programı.....	46
2.2.	Metot.....	46
<b>3.</b>	<b>BULGULAR.....</b>	<b>49</b>
3.1.	Veri Analizi.....	49
3.2.	İstatistikî Analiz .....	52
<b>4.</b>	<b>SONUÇ ve TARTIŞMA.....</b>	<b>55</b>
<b>5.</b>	<b>ÖNERİLER.....</b>	<b>57</b>
	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>58</b>
	<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>61</b>



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Türkiye’de Enerji Kaynakları .....	18
Şekil 1.2.	Türkiye’de Petrol Üretiminin Tüketimi .....	19
Şekil 1.3.	Türkiye Enerji Talebi-Projeksiyonu .....	24
Şekil 1.4.	Isının iletim yoluyla geçişi.....	28
Şekil 1.5.	Isının taşınım yoluyla geçişi .....	29
Şekil 1.6.	Isının bina içinde taşınması.....	29
Şekil 1.7.	Isının ışınım yoluyla geçişi.....	30
Şekil 1.8.	Soba ile ısıtılan bir odada sıcaklık dağılım simülasyonu.....	31
Şekil 1.9.	Kömür veya odun sobalarında kullanılan fan (The Caframo Ecofan) .....	32
Şekil 1.10.	Fan kullanılan ve fan kullanılmayan odalardaki sıcaklık dağılım simülasyonu .....	32
Şekil 1.11.	Soba ile ısıtılan bir odadaki sıcak hava akışı .....	33
Şekil 1.12.	Alt kattan üst kata sıcak hava akışı .....	34
Şekil 1.13.	Sobalı odadan üst kattaki ve yandaki odalara sıcak hava akışı.....	35
Şekil 1.14.	Sobalı odadan yandaki odaya sıcak hava akışı .....	35
Şekil 1.15.	Radyatörle ısıtılan bir odada sıcaklık dağılım haritası .....	36
Şekil 1.16.	Yatay ekseninde sıcak havanın yüksekliğe bağlı heterojen dağılımını gösteren grafik.....	37
Şekil 2.1.	Dubleks ev modelinin düşey kesiti.....	40
Şekil 2.2.	İmal edilen dubleks ev modeli .....	41
Şekil 2.3.	Model kapısının izolasyon işlemi.....	41
Şekil 2.4.	120x120x38 240 VAC Fan.....	42
Şekil 2.5.	Fanın model evin tavanına monte edilmiş hali .....	42
Şekil 2.6.	Model üzerine monte edilmiş fanın açılıp kapanmasını sağlayan anahtar .....	43
Şekil 2.7.	Mumların model içerisindeki konumu .....	43
Şekil 2.8.	Model evde kullanılan alüminyum folyo esnek boru.....	44
Şekil 2.9 .	SHTT’nin montajı ve Tavan ile alt kat arasında tünel görevi gören SHTT’nin görüntüsü.....	44
Şekil 2.10.	SHTT’nin montajı ve Tavan ile alt kat arasında tünel görevi gören SHTT’nin görüntüsü.....	44
Şekil 2.11.	SHTT’nin izole edilmiş görüntüsü .....	45
Şekil 2.12.	K tipi termokupl (Isıl çift).....	45
Şekil 2.13.	Sıcaklık ölçümü yapan Labview programının blok diyagram görüntüsü.....	47

<b>Şekil 2.14.</b>	Sıcaklık ölçümü yapan Labview programının ön paneli görüntüsü.....	48
<b>Şekil 3.1.</b>	Modelin ısıtılmasıyla birlikte katlar arası sıcaklık farkının oluşması .....	49
<b>Şekil 3.2.</b>	SHTT'nin katlar arası sıcaklık farkının oluşmasına engel olması .....	50
<b>Şekil 3.3.</b>	SHTT'nin katlar arası sıcaklık farkının azalması üzerine etkisinin gösterilmesi .....	51

## TABLULAR LİSTESİ

<b>Tablo 2.1.</b>	K tipi ısılı çifte ait DIN 43710 ve IEC 584 standardına uygun tablo değerleri .....	46
<b>Tablo 3.1.</b>	SPSS programında alt ve üst kat sıcaklıklarının fan çalışmaz durumundaki sonuçların bağımsız örnek t-testine göre analizi .....	52
<b>Tablo 3.2.</b>	SPSS programında alt ve üst kat sıcaklıklarının fan çalışır durumundaki sonuçların bağımsız örnek t-testine göre analizi .....	53
<b>Tablo 3.3.</b>	SPSS programında alt kat sıcaklıklarının fan çalışırken ve çalışmaz durumundaki sonuçların bağımsız örnek t-testine göre analizi .....	53
<b>Tablo 3.4.</b>	SPSS programında üst kat sıcaklıklarının fan çalışırken ve çalışmaz durumundaki sonuçların bağımsız örnek t-testine göre analizi .....	54

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ

<b>BDT</b>	: Bağımsız Devletler Topluluğu
<b>ETKB</b>	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
<b>BTE</b>	: Bakü-Tiflis-Erzurum
<b>MGM</b>	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
<b>DSİ</b>	: Devlet Su İşleri
<b>YEGM</b>	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
<b>IEA</b>	: Uluslararası Enerji Ajansı
<b>ISO</b>	: Uluslararası Standartlar Örgütü
<b>MTA</b>	: Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü
<b>MTA</b>	: Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü
<b>REPA</b>	: Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası
<b>SHTT</b>	: Sıcak Hava Transfer Tüneli
<b>TDK</b>	: Türk Dil Kurumu
<b>TKİ</b>	: Türkiye Kömür İşletmeleri
<b>TPAO</b>	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
$\Phi_p$	: Isı akışı (Heat Flux)
<b>V</b>	: Hava hacmi (Volume)
$C_p$	: Havanın termal ısı kapasitesi
$\dot{m}$	: Debi
$h$	: Taşınımli ısı aktarım katsayısı
$A$	: Yüzey alanı
$i$	: Hava akımı alt-bölüm numarası
$j$	: Alt bölüm bitişiğindeki alt bölüm

# 1. GİRİŞ

## 1.1 Enerji kavramı ve Enerjinin Ekonomideki Önemi

Enerji, ülkelerin gelişmişlik düzeylerini etkilemede ve ülkelerin uluslararası politikalarının belirlenmesinde önemli rol alır. Enerji, insanlık için önemli bir unsurdur. Dünya devletleri ve uluslararası kuruluşlar enerji kaynaklarını elde edebilmek için birbirleriyle yarışmaktadır. Enerji, sanayileşmek için bir şart ve günlük hayatın vazgeçilmez bir ögesidir. Bu nedenle, enerji ihtiyacının karşılanması ulusal ve uluslararası gündemde oldukça önemli bir yer tutar. Enerji kaynaklarının tükenebilir olması, dışa bağımlılık ve çevresel etkiler sebebiyle; günümüzde ülkeler için güvenli, yeterli miktarda, ucuz ve temiz enerji üretmek, sosyal hayatın temel problemleri arasında yerini almaktadır. Ülkemiz, sanayisi, ekonomisi ve nüfusu ile hızla büyümesine olan paralel olarak enerji ihtiyacı sürekli artmaktadır. Bu nedenle, üretilen enerjinin yüksek verimle kullanılmasını zorunlu kılmakla birlikte, mevcut enerji kaynaklarının yanı sıra alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ait potansiyelin değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. İnsanların ihtiyaçlarının karşılanmasında ve gelişmenin sağlıklı olarak sürdürülmesinde gerekli olan enerji; özellikle sanayi, konut ve ulaştırma gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Ancak enerji; yaşantımızdaki vazgeçilmez yararlarının yanı sıra üretim, çevrim, taşınım ve tüketim esnasında büyük oranda çevre kirlenmesine de yol açmaktadır. Bu etmen; bilimsel çevreleri, enerji dönüşüm araçlarını yeniden değerlendirmeye ve var olan sınırlı enerji kaynaklarından daha çok yararlanabilmek için yeni yöntemler geliştirmeye zorlamaktadır. Dünyadaki politik gelişmelere bağlı olarak enerji fiyatlarının sürekli artması, fosil yakıtların belli bir süre sonra bitecek ve üretiminin oldukça pahalı olması, alternatif enerji kaynaklarının tespit edilerek bu kaynaklardan yüksek verimle faydalanılmasını zorunlu kılmaktadır (Pamir, 2005).

Bu bölümde ilk olarak enerjinin tanımı ve enerji kaynaklarının sınıflandırılması yapılacaktır; enerjinin ekonomideki yeri ve önemi hakkında bilgi verilecek ve son olarak enerjide dışa bağımlılık kavramı açıklanacaktır.

## **1.2. Enerji Nedir?**

Türk Dil Kurumu (TDK), Fransızcadan Türkçeye giren enerji sözcüğünün birinci anlamını “maddede var olan ve ısı, ışık biçiminde ortaya çıkan güç, erke” olarak tanımlamaktadır. Ülkelerin toplumsal gelişimlerinin sürükleyici unsurlarının başında enerji kullanımı gelmektedir. Enerji kaynakları günlük yaşamımızın, enerji ve sanayi ürünleri ise üretimimizin en önemli yaşamsal girdilerindedir. Bu nedenle de ülkenin ve enerji alanının yönetimini üstlenenler, toplumun ve ekonominin gereksinim duyduğu enerjiyi kesintisiz, güvenilir, zamanında, temiz ve ucuz yollardan temin etmek ve gerek en uygun fiyatlarla sağlayabilmek, gerek enerji arz güvenliği açısından bu kaynakları çeşitlendirmek zorundadırlar (Pamir, 2005).

Enerji; üretimin en temel girdilerinden biri olmasının yanı sıra, insanın günlük hayatının da vazgeçilmez bir parçasıdır. Evimizde ısınmak, serinlemek, televizyon seyretmek, beslenmek gibi temel ihtiyaçlarımızı karşılayabilmek için hepimiz belli bir miktar enerji tüketmekteyiz. Bu ihtiyaçlarımızı gidermek için satın almak durumunda olduğumuz araç gerecin üretiminde de, yani sanayide de enerji vazgeçilmez bir gerekliliktir. Kısaca, enerji insanın en büyük gereksinimlerinden biridir (Pamir, 2005).

Sosyal ekonominin gelişimi ve toplumsal refah seviyesinin artması için enerji önemli bir unsurdur. Enerji talebi ekonomilerin ve insanlığın yaşam kalitesini artırmak için sürekli olarak artmaya devam edecektir (Dursun vd., 2008). Ulusal ve uluslar arası enerji politikaları küresel güç dengeleri için önemli birer unsurdur ve önemi de sürekli artmaktadır. Bundan dolayı enerji kaynaklarının çeşitli teknolojik ve stratejik noktalarda kullanımı önemlidir. Enerjiyi verimli kullanmanın önemini artırmak için enerji güvenliği dikkate alınmalı ve enerji kaynaklarının dışa bağımlılığı azaltılmalıdır (Öztürk, 2014).

## **1.3. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması**

Enerji kaynakları birincil enerji kaynakları ve ikincil enerji kaynakları olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Birincil enerji kaynakları da kendi içerisinde yenilenebilir ve yenilenemez olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. İkincil enerji kaynakları ise birincil enerji kaynaklarından elde edilmektedir.

### **1.3.1. Birincil Enerji Kaynakları**

Türkiye birincil enerji kaynakları açısından yeterli bir ülke olmamakla birlikte kömür (özellikle linyit) ve hidroelektrik enerji açısından önemli derecede yerli potansiyele sahiptir. Önemli olan bu yerli kaynakların bir an önce verimli ve ekonomik olarak ülke kullanımına kazandırılarak giderek artan ithal enerji kaynak oranlarının azaltmaktır. Birincil enerji kaynakları da kendi içerisinde yenilenebilir ve yenilenemez olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları kendini yenileyebilen enerji kaynaklarıdır. Bu enerji kaynakları, biyokütle enerjisi, hidrolik enerji, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji ve güneş enerjisi olarak sıralanabilir. Yenilenemez enerji kaynakları tükenen ve oluşumu çok uzun yıllar süren enerji kaynaklarıdır. Bu enerji kaynakları, petrol, doğalgaz, kömür ve nükleer enerji olarak sıralanabilir (ETKB, 2013).

#### **1.3.1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları**

Yenilenmesi ve yeniden oluşumu mümkün olan enerji kaynaklarıdır. Bu şekilde adlandırılmalarının sebebi kendini kısa zaman içerisinde yenileyebilmeleridir. Biyokütle enerjisi, hidrolik enerji ve rüzgâr enerjisi bunlardan bazılarıdır. Enerjiye bağımlı olarak yaşadığımız dünyada güneş, rüzgâr ve jeotermal enerji gibi çevreye daha az zarar veren, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için yeni teknikler geliştirilmesine gereksinim artmaktadır. Ağaçlardan, bitkilerden, nehirlerden hatta çöplerden bile yenilenebilir enerji elde etmek mümkün olabilmektedir (ETKB, 2013).

##### **1.3.1.1.1. Biyokütle Enerjisi**

Biyokütle enerjisi, hayvan ve bitki atıklarının doğrudan ve/veya işleme tabi tutulmasıyla elde edilen enerji kaynağı olarak dünyada yaygın şekilde kullanılmaktadır. Biyokütle enerjisi, içinde sayılan, biyoyakıtlar, canlı organizmalardan elde edilmiş her türlü yakıt olarak tanımlanır.

Biyodizel, kolza (kanola), ayçiçek, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen bitkisel yağlardan veya hayvansal yağlardan üretilen bir yakıt türüdür. Biyodizel petrol içermez; fakat saf olarak veya her oranda petrol kökenli dizel ile karıştırılarak yakıt olarak kullanılabilir. Biyodizel, ulaştırma sektöründe dizel yakıtı yerine; konut ve sanayi sektörlerinde de fuel-oil yerine kullanılmaktadır. Hammaddesi olan şeker pancarı, mısır, buğday ve odunsular gibi tarımsal ürünlerin fermantasyonu ile elde edilen biyoetanol ise benzinle belirli oranlarda harmanlanarak kullanılan alternatif bir yakıttır. Ulaştırma

sektöründe benzin ile karıştırılarak kullanılan yakıt, küçük ev aletlerinde ve kimyasal ürün sektöründe kullanılmaktadır. Biyogaz, hayvan, bitki atıkları, şehir ve endüstriyel atıklar gibi organik maddelerin oksijensiz şartlarda biyolojik parçalanmasıyla oluşan ağırlıklı olarak metan ve karbondioksit gazından oluşmaktadır. Bugün modern yöntemler kullanılarak şehir atıklarının enerji üretiminde alternatif kaynak olarak kullanılmasıyla, biyokütle enerjisi yeni bir boyut kazanmıştır. Biyokütle enerjisi, Brezilya, Çin, Kosta Rika, Hindistan, Meksika, Tanzanya, Tayland ve Uruguay gibi gelişmekte olan ülkelerde de önemli bir artış sağlamıştır. 2009 yılında kapasitesini %14 artırarak 3,2 GW'a çıkaran Çin, 2020 yılında kapasitesini 30 GW'a çıkarmayı planlamaktadır. Hindistan 1,5 GW olan kogenerasyon kapasitesini 2012 yılında 1,7 GW'a çıkarmayı hedeflemektedir. Brezilya, 2009 yılında 14 TWh elektrik enerjisi elde ettiği 4,8 GW kogenerasyon kapasitesini daha da artırmayı planlamaktadır. Dünya etanol üretiminin %88'i ABD ve Brezilya tarafından yapılmaktadır. Etanola göre daha az yaygın olan biyodizel üretiminin %77'si, dünyada on ülkede yapılmaktadır. AB'de, 2005 yılından bu yana üretim oranı %65 oranında gerilemiştir. Ancak yine de 2009 yılında %6 artışla toplam üretimin %50'ni gerçekleştirerek biyodizel üretiminde merkez olma durumunu korumaktadır (UNEP, 2010).

Biyokütle bazı Avrupa ülkeleri ve Çin ve Hindistan gibi gelişmekte olan ülkelerde elektrik üretiminde, kullanılmaktadır. AB, başta Almanya, Finlandiya ve İsveç ülkeleri olmak üzere, elektrik üretiminin yarısına yakını katı biokütle enerjisinden sağlamaktadır (REN21, 2010).

### **1.3.1.2. Hidrolik Enerji**

Hidroelektrik santrali, suyun yerçekimine bağlı potansiyel enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü yer olarak tanımlanmaktadır. Daha açık bir ifade ile suyun akış gücünden faydalanmak suretiyle jeneratöre hareket kazandırmak esasına dayanarak elektrik üretme işlemine hidrolik enerjiden faydalanarak enerji üretimi denilmektedir. Bu şekilde çalışan enerji santrallerine de hidroelektrik enerji santralleri (hidroelektrik santral) adı verilmektedir (ETKB, 2013).



### **1.3.1.1.3. Rüzgâr Enerjisi**

Rüzgâr, ısıları farklı olan hava kütlelerinin yer değiştirmesiyle oluşur. Güneşten yeryüzüne ulaşan enerjinin %1-2'si rüzgâr enerjisine dönüşmektedir. (ETKB, 2013). Rüzgâr yüzyıllarca teknelerin yelkenlerini şişirmek, tarımsal ürünleri öğütmek ve su pompalamak gibi amaçlarla kullanılmıştır. Ancak bugün insanoğlu rüzgâr enerjisinden elektrik üretmektedir. İnsanlık, yel değirmenlerinden, modern rüzgâr santrallerine uzanan teknolojik bir süreç yaşamıştır (BÜKR, 2014).

Rüzgâr türbinleri, yenilenebilir nitelikte olan hava akımını elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Rüzgâr türbinlerinin çalışması çevreye zararlı gaz emisyonuna neden olmadığından rüzgâr enerjisi geleceğimizde ve iklim değişikliğini önlemede büyük bir role oynayacaktır. Rüzgâr enerjisi, enerji güvenliği açısından yakıt maliyetlerini ve uzun dönemli yakıt fiyatı risklerini eleyen ve ekonomik, politik ve tedarik riskleri açısından diğer ülkelere bağımlılığı azaltan yerli ve her zaman kullanılabilir bir kaynaktır. Ancak rüzgâr türbinlerinin büyük alan kaplaması, gürültü kirliliği oluşturması ve üretilen elektriğin kalite sorunları gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır. Dünya rüzgâr kaynağı 53 TWh/yıl (TeraWattsaat/yıl) olarak hesaplanmakta olup, günümüzde toplam rüzgâr enerjisi kurulu gücü 40.301 MW'tır (MegaWatt). Bunun üçte biri Almanya'da bulunmaktadır (ETKB, 2013).

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından rüzgâr enerji sektörünün alt yapısını oluşturmak ve sektörün kısa, orta, uzun vadede etkili ve verimli yönde gelişimini sağlamak amacıyla Türkiye'nin rüzgar potansiyelinin belirlenmesi amacıyla Türkiye'nin "Rüzgar Atlası" çalışması bitirilerek Haziran 2002'de yayınlanmıştır. Rüzgâr enerjisi açısından Bandırma, Antakya, Kumköy, Mardin, Sinop, Gökçeada, Çorlu ve Çanakkale zengin bölgeler olarak tespit edilmiştir. Ayrıca Bandırma, Bozcaada, Çeşme, Gökçeada, Çanakkale, Karadeniz Ereğlisi, Florya ve Siverek gibi bölgelerde yöresel potansiyel belirleme çalışmaları da yapılmıştır (Hepbaşlı ve Özgener, 2004).

### **1.3.1.1.4 Jeotermal Enerji**

Jeotermal enerji yerin derinliklerindeki kayalar içinde birikmiş olan ısının akışkanlarca taşınarak rezervuarlarda depolanması ile oluşmuş sıcak su, buhar ve kuru buhar ile kızgın kuru kayalardan yapay yollarla elde edilen ısı enerjisidir (ETKB, 2013).

Bu enerji direkt olarak yerin kendi ısısından elde edilebilir. Jeotermal kelimesi yer anlamına gelen jeo ve ısı anlamına gelen termal kelimelerinin birleşiminden oluşmuştur. Bu enerji yer kabuğunun kilometrelerce derinliğindeki erimiş kayalardan oluşan magmanın ısısından kaynaklanır. Magmadan yükselen ısı ile jeotermal rezervuarlar olarak bilinen yeraltı su havuzları ısınır. Hatta bazen su kaynarak buhar oluşturabilir. Bunlar yeryüzüne çıkacak bir yer bulduğunda su veya kaynar bir şekilde gayzerlerden dışarıya çıkarlar. Bunlar kaplıcalar olarak bilinirler. Yüzyıllardır insanlar bu suları banyo yapmakta veya mutfaklarında kullandılar. Ancak bugünkü teknoloji ile artık bunların kendiliğinden yeryüzüne çıkmalarını beklemek yerine jeotermal rezervuarların oldukları yerlere sondaj yaparak enerji açığa çıkarılabilmektedir. Bu jeotermal enerjinin direkt kullanımındır. Aynı zamanda jeotermal enerji elektrik üretiminde de kullanılabilir. Toplaçlarla güneş enerjisinden elektrik üretimine benzer olarak, jeotermal kaynaklardaki sıcak suyun oluşturduğu buhar ile çalışan tribünler sayesinde elektrik üretilir.

#### **1.3.1.1.5 Güneş Enerjisi**

Güneş enerjisi yeni ve yenilenebilir bir enerji kaynağı oluşu yanında, insanlık için önemli bir sorun olan çevreyi kirletici artıkların bulunmaması, yerel olarak uygulanabilmesi ve karmaşık bir teknoloji gerektirmemesi gibi üstünlükleri sebebiyle son yıllarda üzerinde yoğun çalışmalar yapıldığı bir konu olmuştur. Dünyada 100 ülkede elektrik üretmek için kullanılan, güneş enerjisi, en hızlı büyüyen enerji üretim teknolojisi olmuştur. Binaların ısıtılması, soğutulması, endüstriyel, bitkilerin kurutulması ve elektrik üretimi güneş enerjisinin yaygın olarak kullanıldığı alanlardır. Güneşin ışınım enerjisi, yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkileyen en önemli enerji kaynağıdır. Güneşten gelen güç, insanlığın yıllık ticari gereksiniminin 16.000 katından çoktur. Dünyadaki tüm elektrik santrallerinin toplam gücü; güneşten gelen gücün 61.000'de birinden azdır. Güneşten dünyamıza ulaşan güç dünyadaki tüm nükleer santrallerin ürettiği toplam gücün 527.000 katıdır. Güneş enerjisi geniş bir coğrafi dağılıma sahip bir enerji kaynağıdır.

#### **1.3.1.2 Yenilenemez Enerji Kaynakları**

Yenilenmesi çok uzun süren veya oluşumu bakımından çok uzun yıllar alan kaynaklara yenilenemez enerji kaynakları denir. Fosil yakıtlar ve radyoaktif elementler yenilenemez enerji kaynaklarıdır. Bu kaynakların bu şekilde isim almalarının nedeni kullandıkça bitmeleri ve yenilerinin gelmesinin insanlık medeniyet tarihine göre çok uzun sürmesidir. Dünya birincil enerji arzında fosil yakıtlar, özellikle petrol, kömür ve doğal gaz

en önemli enerji kaynağı olmaya devam etmektedir (ETKB, 2013).

#### **1.3.1.2.1 Petrol**

Modern dünya ile birlikte üretim faaliyetleri; enerji kaynaklarına bağımlı hale getirmiştir. Hiç kuşkusuz otomotiv sanayinden savaş endüstrisine kadar birçok alanda hayatın vazgeçilmez gereksinimleri arasına giren hammaddelerin başında fosil yakıtı olan petrol bulunmaktadır. Petrol, 20. yüzyılın başından itibaren ekonomik ve siyasi tarihte “etkin” bir öge olarak; ülkeleri, toplumları, uluslararası sistemi, uluslararası politikaları, devletlerarası güç mücadelelerini, savaşları ve barışları şekillendiren, değiştiren ve dönüştüren en önemli unsur olmuştur (Emeklier ve Ergül, 2010).

Petrol, yüzyıllar önce insanoğlu tarafından bulunmuş ve çeşitli amaçlarla kullanılmış bir enerji türü olarak hala kullanılan ve uzun bir sürede kullanılacak olan bir doğal kaynaktır. Petrol, başlıca hidrojen ve karbondan oluşan ve içerisinde az miktarda nitrojen, oksijen ve kükürt bulunan çok karmaşık bir bileşimdir. Normal şartlarda gaz, sıvı ve katı halde bulunabilir. Gaz halindeki petrol, imal edilmiş gazdan ayırt etmek için genelde doğal gaz olarak adlandırılır. Ham petrol ve doğal gazın ana bileşenleri hidrojen ve karbon olduğu için bunlar "Hidrokarbon" olarak da isimlendirilirler. Dünyadaki mevcut enerji kaynaklarına, ispatlanmış rezervleri ve yıllık üretim miktarları açısından bakıldığında, rezerv ömrünün; petrol için yaklaşık 50 yıl olacağı tahmin edilmektedir. Bu sürenin uzaması alternatif enerji kaynaklarının devreye girmesine bağlıdır. Tüm dünyada en temel enerji kaynağı durumunda olan petrol, 2008 yılı itibariyle küresel enerji ihtiyacının %34,6'sını karşılamıştır. Petrol rezervinin 102 milyar tonu (%57) Orta Doğu Ülkelerinde, 16,7 milyar tonu (%9) Rusya ve Bağımsız Devletler Topluluğu (BDT) ülkelerinde, 16,9 milyar tonu Afrika'da (%10) bulunmaktadır (ETKB, 2013).

#### **1.3.1.2.2 Doğalgaz**

Doğalgaz; havadan hafif, renksiz ve kokusuz bir gazdır. Yer altında, petrolün yakınında bulunur. Yeryüzüne çıkarılışı petrole aynıdır, büyük boru hatları ile taşınır. Doğal gaz rezervlerinin 76 trilyon metreküpü (%41) Orta Doğu ülkelerinde, 59 trilyon metreküpü (%33) Rusya ve BDT ülkelerinde, 31 trilyon metreküpü (%17) Afrika/Asya Pasifik ülkelerinde bulunmaktadır. Şu ana kadar ulaşılabilmiş bilgiler doğrultusunda 2009 yılı sonu itibari ile ülkemizde üretilebilir doğalgaz rezervimiz 6,2 milyar m<sup>3</sup>'tür. Doğal gaz yanıcı, kokusuz, renksiz ve havadan hafif bir gazdır. Metan, etan, propan, azot ve az

miktarda karbondioksit gazlarının bileşiminden meydana gelen bir enerji türüdür. Doğal gaz hidrokarbonların karışımından meydana gelen bir gazdır. Çoğunlukla metan ihtiva eder. Çıktığı yere göre metan dışındaki diğer hidrokarbonlar da az miktarda bulunabilir. Yine çıktığı yere göre karbondioksit, azot ve kükürtlü hidrojen de içerebilir. Havadan hafif olan doğal gaz basınç altında sıvılaştırılabilir, depolanabilir. Enerji üretim sektöründe doğal gaz kullanımı ilk olarak ABD'de olmuştur. Modern üretim ve tüketim teknikleri ile yeryüzüne yakın kaynaklardan elde edilen doğal gaz, borularla tüketim yerlerine taşınarak şehir aydınlatmasında kullanılmıştır. Fakat 1950'lere gelindiğinde doğal gazın toplam enerji sektöründeki payı %10'un altında olmuştur. Organik teoriye göre, diğer fosil yakacaklar gibi doğal gaz da milyonlarca yıl önce yaşamış bitki ve hayvan artıklarından oluşmuştur. Yeryüzü kabukları arasına gömülen bu artıklar, basınç ve ısı etkisiyle, kimyasal değişikliklere uğrayarak doğal gazı meydana getirmiştir. Genelde doğal gaza sıra dağ yamaçlarında, petrol yatakları ile birlikte veya serbest olarak rastlanmaktadır. Bugün çıkarılan doğal gazın yaklaşık %40 kadarı petrol ile aynı yataklarda, %60 kadarı ise petrolün bulunmadığı yataklardan sağlanmaktadır (ETKB, 2013).

### **1.3.1.2.3 Kömür**

Linyit, ısı değeri düşük, barındırdığı kül ve nem miktarı fazla olduğu için genellikle termik santrallerde yakıt olarak kullanılan bir kömür çeşididir. Buna rağmen yer kabuğunda bolca bulunduğu için sıklıkla kullanılan bir enerji hammaddesidir. Taşkömürü ise yüksek kalorili kömürler grubundadır (ETKB, 2013).

Yeraltı madenciliği veya açık işletme metotları kullanılarak çıkarılan fosil kaynaklı yakıttır. Genellikle hayvan fosillerinden oluşur. Kolayca yanabilen siyah veya kahverengimsi redüksiyonunda çok büyük önemi vardır ve birçok çeşidi vardır. Mesela taş kömürü, fabrikalarda kullanılır. Isı derecesi yüksektir. Antrasit, ısı değeri en yüksek olan kömürdür, ülkemizde az bulunur. Ayrıca ülkemizde en çok bulunan kömür linyittir. Kömür; homojen olmayan, kompakt, çoğunlukla lignoselülozik bitki parçalarından meydana gelen, tabakalaşma gösteren, içerisinde çoğunlukla karbon (C), az miktarda hidrojen (H), oksijen (O), kükürt (S) ve azot (N) elementlerinin bulunduğu, inorganik maddeleri de içeren, bataklıklarda oluşan, kahverengi ve siyah renk tonlarında, yanabilen, katı fosil organik kütledir. Değişik tipte kömürlerin kullanım amaçlarına göre uluslararası sınıflandırılmasında; ilk olarak 1957 yılında çeşitli ülkelere üyelerin oluşturduğu Uluslararası Kömür Kurulu'nca birçok ülkeden temin edilen numuneler üzerinde yapılan

çalışmalar, Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) tarafından da desteklenerek genel bir sınıflama yapılmıştır. Bu sınıflamada; kalorifik değer, uçucu madde içeriği, sabit karbon miktarı, koklaşma ve kekleşme özellikleri temel alınarak, kömürler sert (taşkömürü) ve kahverengi (alt- bitümlü ve linyit) kömürler olarak iki ayrı sınıfa ayrılmıştır. Kömür üretimi ve ticaretinde OECD-Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından bu iki kategori kullanılmaktadır (DEKTMK, 2010).

#### **1.3.1.2.4. Nükleer Enerji**

Atom çekirdeklerinin parçalanması sonucunda büyük bir enerji açığa çıkmaktadır. Filyon ve füzyon tepkimeleri ile elde edilen bu enerjiye "çekirdek enerjisi" veya "nükleer enerji" adı verilmektedir. Nükleer reaktörler nükleer enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Temel olarak filyon sonucu açığa çıkan nükleer enerji nükleer yakıt ve diğer malzemeler içerisinde ısı enerjisine, bu ısı enerjisi de kinetik enerjiye ve daha sonra da jeneratör sisteminde elektrik enerjisine dönüştürülür. 1.000 MW gücündeki bir nükleer reaktör, yılda yaklaşık olarak 27 ton (7 m<sup>3</sup>) kullanılmış yakıt üretmektedir. Fosil yakıtlı, özellikle de kömür yakıtlı santrallerin, çevre etkisi nükleer santrallerle kıyaslanamayacak ölçüde olumsuzdur. Nükleer santraller, çevre etkisi bakımından tercih edilmesi gereken bir seçenektir. Normal işletme koşulları altında çalışan nükleer reaktörlerin, dışarıya verebilecekleri en fazla radyoaktivite, normal doğal radyasyon seviyesinin %0,1-1'i ile sınırlandırılmış olup pratikteki durum ise bu sınırların da altındadır. Elektrik üretiminin sürekliliği yönünden, nükleer santraller, termik ve hidrolik santrallere göre daha güvenlidir. Dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılmasına yönelik gelişmelerin yanı sıra, nükleer enerji yatırımlarına yönelik projeler küresel ölçekte ivme kazanmaya başlamıştır. Nükleer Santrallerin Önemi, ürettikleri elektriğe olan ihtiyacın büyüklüğünden kaynaklanmaktadır. Burada elektriğin nasıl üretildiğinden çok ekonomik ve güvenilir olması önemlidir. Ekonomik olmalıdır, keza birçok sektörün temel girdisi durumundadır. Güvenilir olmalıdır, keza kesintilerin maliyeti küçümsenemez daha da önemlisi kesinti maliyeti çağdaş bir maliyet değildir (ETKB, 2013).

Nükleer enerji kırk yılı aşkın geçmişi ile bugün dünya elektriğinin %17'sini karşılamaktadır. Bu oran, nükleer enerjinin gerektirdiği yüksek ilk yatırım maliyeti ve ileri teknoloji aslında kısa vadede hemen devreye sokulacak bir enerji üretim yöntemi olmaması sebebiyle, oldukça yüksek bir orandır. Zaman içerisinde bu enerjiye dünyanın büyük

çoğunluğu ihtiyaç duyacaktır ancak nükleer enerjiye yeterli fonu bulabilenler buna sahip olabileceklerdir. Bir başka deyişle, önümüzdeki yüzyılda nükleer enerjiyi tercih etmek demek sadece nükleer santralin kurulum, işletim ve yakıt maliyetine gerekli finansal kaynağı sağlayabilme ile eşdeğer olacağı öngörülmektedir. Zaten günümüzde de, biraz zenginleşen ülkelerin, büyümeden dolayı ihtiyaç duydukları yoğun enerjiyi nükleer enerjiden elde etme yoluna gitmektedirler. Hindistan'da sekiz, Çin'de üç nükleer santralin inşaatı devam etmektedir (Belen, 2012).

### **1.3.2 İkincil Enerji Kaynakları**

Birincil enerji kaynaklardan elde edilen enerji kaynaklarıdır. Elektrik enerjisi ve hidrojen enerjisi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

#### **1.3.2.1 Elektrik Enerjisi**

Elektrik, elektronik eşyaların ana enerji kaynağı olduğu gibi günümüzde otomotiv endüstrisinin yakından ilgilendiği bir ikincil enerji kaynağıdır. Elektrik, dünyada en hızlı gelişme gösteren enerji formudur. Son 20-30 yıllık döneme bakıldığında tüm ülkelerde ekonomik gelişmelerin yanında genel enerji ve elektrik enerjisi tüketiminin hızla arttığı görülmektedir. Elektrik enerjisi diğer enerji türlerine göre çok uzaklara taşınması ve kullanılması son derece rahattır, verimi yüksektir. Ancak elektrik enerjisinin belirtilen bu avantajları yanı sıra dezavantajları da vardır. Bunların başında elektrik enerjisinin depo edilemeyen bir enerji türü olmasıdır. Ayrıca elektrik enerjisi üretildiği anda kullanılması gerekmektedir. Bundan dolayı üretim ile tüketim arasında devamlı bir dengenin bulunması gerekir. Ayrıca üretim sisteminde bir arıza ortaya çıktığında, bu sisteme bağlı sayısız abonede hizmetlerin durmasına ya da aksamasına neden olur. Bu nedenle elektrik enerjisinin, üretiminde sürekli bir devamlılığın sağlanması ve elde büyük ölçüde yedek sistemlerin bulundurulması zorunludur (URL-1, 2014).

#### **1.3.2.2 Hidrojen Enerjisi**

Hidrojen; evrenin en basit ve en çok bulunan elementi olup, renksiz, kokusuz, havadan hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır. Hidrojen petrol yakıtlarına göre ortalama 1.33 kat daha verimli bir yakıttır ve hidrojenden enerji elde edilmesi esnasında çevreyi kirlenici ve sera etkisini artırıcı hiçbir gaz ve zararlı kimyasal madde üretimi söz konusu değildir. Ancak ikincil bir enerji kaynağı olan hidrojenin üretilirken ihtiyaç duyulan

enerjiyi hangi birincil enerji kaynağından karşıladığına göre çevreye dolaylı zararı olabilir. Hidrojen özellikle otomotiv sektöründe fosil yakıtların yerlerini alacağı düşünülen ikincil enerji kaynağıdır. Normal şartlar altında son derece yanıcı bir gazdır. Hidrojenin doğada elementel şekilde bulunması nadir gerçekleşen bir olaydır. Elektroliz gibi çeşitli yöntemlerle hidrojen üretilmektedir. Hidrojen çevreci ve verimli olmasına karşın üretim ve depolama masrafları yüksektir (Bilginoğlu ve Dumrul, 2012).

Hidrojenden enerji elde edilmesi esnasında su buharı dışında çevreyi kirletici ve sera etkisini artırıcı hiçbir gaz ve zararlı kimyasal madde üretimi söz konusu değildir. Araştırmalar, mevcut koşullarda hidrojenin diğer yakıtlardan yaklaşık üç kat pahalı olduğunu ve yaygın bir enerji kaynağı olarak kullanımının hidrojen üretiminde maliyet düşürücü teknolojik gelişmelere bağlı olacağını göstermektedir. Bununla birlikte, günlük veya mevsimlik periyotlarda oluşan ihtiyaç fazlası elektrik enerjisinin hidrojen olarak depolanması günümüz için de geçerli bir alternatif olarak değerlendirilebilir. Bu tarzda depolanan enerjinin yaygın olarak kullanılabilmesi örneğin toplu taşıma amaçları için yakıt piline dayalı otomotiv teknolojilerinin geliştirilmesine bağlıdır. Şu anda dünyada her yıl yaklaşık 50 milyon ton/500 milyar m<sup>3</sup> hidrojen üretilmekte, depolanmakta, taşınmakta ve kullanılmaktadır. En büyük kullanıcı payına kimya sanayi, özellikle petrokimya sanayi sahiptir (ETKB, 2013). Hidrojen enerjisi; verimli, sınırsız ve yeryüzünde bolca bulunmaktadır. Otomotiv sektöründen hava taşımacılığına kadar tüm sanayi kollarında enerji olarak kullanılabilme özelliğine sahiptir. Yakılmasıyla direkt kullanılabilirdiği gibi, yakıt pili kullanan araçlarda enerji kaynağı olarak da kullanılabilir. Alternatif yakıtlar içinde en verimlisi ve kullanışlısı hidrojendir (URL-2, 2014).

#### **1.4. Enerjinin Ekonomideki Yeri**

Ülkelerin ekonomik kalkınmalarında zorunlu olan temel girdilerin başında, enerji kaynakları yer almaktadır. Sürdürülebilir enerji politikaları, arz güvenliğinin sağlanması ve temin kaynaklarının çeşitlendirilmesinin yanı sıra, kullanılmak istenen enerji türünün düşük maliyetli, talep edilen miktar ve kalitede topluma arz edilmesini hedeflemektedir. Ülkelerin gelişimi, geliştirdikleri ve kullandıkları enerji kaynaklarına bağlı olarak seyrini belirler (Karluk, 2002).

Kalkınma ile enerji tüketimi arasında yakın bir ilişki olduğundan enerji, ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel girdilerindedir. Uluslararası karşılaştırmalarda kişi başına düşen birincil enerji kaynaklarının tüketimi ülkelerin refah seviyelerini belirlemek üzere

kullanılan önemli göstergelerden birisidir (Karluk, 2002). Günümüzde kalkınma sorunu çözümünün, kişi başına milli gelir artışının da ötesinde, toplumun ekonomik ve sosyal yapısını değiştiren modern teknolojinin fırsatlarından yararlanan bir sanayileşmeye bağlı olduğu ortadadır. Sanayi sektöründe kullanılan maddelerin tamamını dışarıdan ithal eden ve kendisi tamamen tarımsal üretimde faaliyet gösteren bir ekonomi hiç bir zaman gelişmiş ülkeler seviyesine gelmesinin mümkün olmadığını ortadadır. Gelişmekte olan ülkeler güçlü bir enerji artışına ihtiyaç duyarlar. Bunun temelinde hızlı ekonomik büyüme ve endüstriyel gelişme, yüksek nüfus artışı, kentleşme ve geleneksel ticari olmayan yakıtların ticari enerji ile ikame edilmesi yatmaktadır (Biol, 1997).

Ülkelerin ekonomik faaliyetlerinin genel bir değerlendirilmesi yapıldığında enerji gereksinimine en çok ihtiyaç duyulan, enerji yoğun olarak işlevini yerine getiren faaliyet grubu sanayidir. Sanayi için enerji her ne kadar tek girdi olmasa da en önemli girdi olma özelliğini taşımaktadır. Çağdaş ve modern bir medeniyet seviyesinin ölçümü yapılmak istenirse, enerjiyi bir gösterge olarak kullanmak hiç de yanlış olmaz (Tuğrul, 2006).

1973 yılında petrol fiyatlarındaki ani ve anormal artışlarla birlikte yaşanan enerji şoku, her ülkede yerli kaynaklara dayalı enerji arzının önemini bir kere daha ortaya koymuştur. Artan üretimle birlikte girdi olarak kullanılan enerji, refah seviyesinin yükselmesine paralel olarak daha fazla tüketilmektedir. Sanayileşmiş ve gelişmiş ülkelerde enerji tüketimi, gelişmekte olan ülkelere göre daha yüksektir (Başol, 2013).

Enerji kaynaklarının tükenebilir oluşu, dışa bağımlılığın varlığı ve çevresel etkiler sebebiyle; günümüzde ülkeler için güvenli, yeterli miktarda, ucuz ve temiz enerji üretmek, ekonomik ve sosyal hayatın temel problemleri arasında yerini almaktadır. İnsanların ihtiyaçlarının karşılanmasında ve gelişmenin sağlıklı olarak sürdürülmesinde gerekli olan enerji; özellikle sanayi, konut ve ulaştırma gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Dünyadaki politik gelişmelere bağlı olarak enerji fiyatlarının sürekli artması, fosil yakıtların belli bir süre sonra bitecek ve üretiminin oldukça pahalı olması, alternatif enerji kaynaklarının tespit edilerek bu kaynaklardan yüksek verimle faydalanılmasını zorunlu kılmaktadır (Etemoğlu ve İşman, 2004).

Enerjide dışa bağımlı olan ülkelerin önemli bir kısmında enerji tüketimi, enerji ithalatı ve cari açık arasında pozitif yönlü, sıkı ve derin bir korelasyonun varlığından söz etmek mümkündür. Özellikle yüksek büyüme rakamlarının söz konusu olduğu gelişmekte olan ülkelerde artan enerji tüketimi petrol ve doğalgaz gibi enerji kaynaklarının



tüketiminde ve dolayısıyla ithalatında yoğun artışlara yol açmakta, artan ithalat yeterli döviz girdisi olmayan ilgili ülkelerde önemli cari açıklara yol açmaktadır. Enerji kullanımında yerli üretim imkânlarının geliştirilememesi sonucu dışa bağımlı, enerji arzının giderek derinleşmesi söz konusu tabloyu daha da ağırlaştırmıştır (Demir, 2013).

### **1.5. Enerjide Dışa Bağımlılık**

Enerjide dışa bağımlılık; ülkelerin toplumsal gelişmelerinin sağlanması için sanayide, üretimde kullanılması zorunlu olan bir üretim girdisi olan enerjinin dışalım yoluyla ithal edilmesidir. Diğer bir deyişle dışsattım açısından yurtiçindeki üretimin dış piyasalara bağlı olmasıdır. Net enerji ithalatın daha az enerji ithalatını kullanmak gibi hem petrol eşdeğerleri ölçülür hem de tahmin edilir. Negatif bir değer ülkenin net ihracatçı olduğunu gösterir. Pozitif bir değer ise ilgili ülkenin net ithalatçı olduğunu gösterir. Enerji kullanımı diğer yakıtların değişiminden önce pozitif ithalat ve stok değişimleri yerli üretime eşittir. Negatif ihracat ve uluslararası taşımacılık yapan gemilere ve uçaklara verilen yakıt dönüştürülmeden önce birincil enerji kullanımı anlamına gelir (URL-3, 2014).

Ülkemizdeki enerji durumu birçok ülkeye göre daha sorunludur. Tüketilen enerjinin yaklaşık dörtte üçünü, 40 milyar dolar civarındaki bir kaynakla ithal etmek zorunda olan ülkemizde dışa bağımlılık çok önemli bir sorun olarak enerji güvenliğini tehdit etmektedir. Enerji kaynaklarında dışa bağımlılık, en fazla tükettiğimiz enerji kaynakları olan petrol ve doğal gazda %90'nın üzerindedir. Buna karşılık yerli enerji üretimi ise her geçen gün daha da azalmaktadır. Böyle bir enerji sisteminin 21. yüzyıldaki sürdürülebilirliği ciddi sorunlarla karşı karşıyadır. İç talepte daralma ve ekonomide yavaşlama nedeniyle ithalat düşüşe geçerken, Türkiye'nin ekonomi çarkını çevirmek için ihtiyaç duyduğu ve neredeyse tamamen dışa bağımlı olduğu enerji ürünlerindeki dış alımı ise hızla büyümeye devam ediyor. Petrol ve doğalgaz başta olmak üzere enerji ithalatına ödenen faturanın giderek kabarması, toplam ithalat faturasındaki düşüş ve cari açığı iyileşmeye karşı bir direnç oluşturuyor (URL-4, 2014).

Enerji, ekonomide büyüme ve rekabet için önemli bir değişkendir. Son dönemlerde tüketiciler ve sanayi için enerjide dışa bağımlı ülke ekonomilerinde enerji fiyatlarının yükselmesi açığa çıkmıştır. Enerji bağımlılığı, belirli bir üye ülkenin güvenlik açığı, fiyat şokları veya enerji arz kesintileri gibi önemli kayıplara dönüşebilir. Amaç, Enerji Bağımlılığı Göstergeleri için enerjinin ana boyutlarını tespit etmektir. Enerji kullanımında dışa bağımlı ülkelerin makroekonomik göstergeleri enerji kullanımı, enerjide dışa

bağımlılık oranları, cari işlemler dengesi, ekonomik büyüme ve enflasyondur. Enerjide dışa bağımlı ülkeler çoğunlukla cari açık vermektedirler. Cari açığın nedeni dışa bağımlılıktır. Cari açık veren ülkelerin enflasyon oranlarının da yüksek olduğu görülmektedir. Enerjide dışa bağımlı ülkelerde, enerji kullanımında dışa bağımlılık oranındaki değişimler enflasyonun bir kaynağıdır. Ülkelerin enflasyon oranları arttıkça enerji tüketimleri artmakta ve cari işlemler dengesi etkilenmektedir (URL-5, 2014).

## **1.6. Türkiye’de Enerji Sektörünün Durumu**

Bu bölümde, Türkiye’de enerji sektöründeki mevcut durumu, enerji arz ve talebi, enerji kaynaklarına göre dışa bağımlılıkları ele alınacaktır. Türkiye’nin enerjide dışa bağımlı olması durumunda Türkiye’yi gelecekte hangi koşulların bekleyeceği, dışa bağımlılığı azaltmak için hangi çözüm ve önerilerin sağlıklı olacağı konularına değinilmiştir ve mevcut enerji politikaları ile birincil enerji talebinde 2020 yılı tahminlerine ve gelecekte enerjide hedeflenen farklı enerji kaynaklarına yer verilmiştir. Ayrıca bu bölümde Türkiye’de birincil enerji kaynakları olan petrol, kömür, doğalgaz ve rüzgâr enerjisinden; ikincil enerji kaynağı olan elektrik enerjisinden bahsedilmiştir.

### **1.6.1. Türkiye’de Enerji Sektörü ve Mevcut Durumu**

Geçmişten bugüne Türkiye’de enerji sektöründe yaşanan ekonomik değişimler ve gelişimler, enerji politikalarına da yansımıştır. Cumhuriyet öncesi dönemde enerji üretimi ve tüketimi oldukça sınırlı düzeyde seyretmiştir. Kurtuluş savaşından yeni çıkılması sebebiyle ülkenin ekonomik sorunları hakkında tespitler yapmak ve çözüm önerileri getirmek üzere Şubat 1923’de İzmir’de İktisat Kongresi yapılmıştır. Bu kongrede alınan kararlar ise, 1950’li yıllara kadar benimsenen enerji politikasının temelini oluşturmuştur. Bu dönemde enerji, sanayiden çok konutlarda ısınma amacıyla kullanılırken, aydınlatma için ise gazyağı tüketilmiştir (ETKB, 2013).

1930’lu yılların başlarında sürdürülen devletçilik politikası, enerji politikasına yansiyarak, enerji tüketiminin yerli kaynaklardan karşılanması ve o dönemin en önemli enerji kaynağı olan kömürün dış rekabetten korunması hedeflenmiştir. 1933-1942 dönemi için hazırlanan 1. ve 2. beş yıllık sanayi planlarında enerjiyle ilgili olarak üretimi artırmak, dışa bağımlılığı azaltmak ve döviz tasarrufu amaç olarak benimsenmiştir. Bu dönemde kömür üreten yabancı şirketler millileştirilmiş ve Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA), Elektrik İşleri Etüt İdaresi, Etibank ve Petrol Ofisi kurulmuştur. MTA tarafından

Raman'da petrol ilk kez bu dönemde, 1940 yılında bulunmuştur. 1950-60 döneminde altyapı girişimleri hız kazanmış, hidrolik ve termik santrallerin kurulması planlanmıştır. Enerji üretimi ve tüketimi sanayileşmeye ve ekonomik büyümeye bağlı olarak arttırılmış, bu dönemde sanayi kesiminde enerji tüketimi de giderek artmıştır. Devlet Su İşleri (DSİ), Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO), Başbakanlık Atom Enerjisi Kurumu, Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) bu dönemde kurulmuştur. Sarıyar, Seyhan, Kemer, Göksu hidrolik santralleri 1956 ve 1959 yıllarında, Tunçbilek ve Soma termik santralleri de 1956 ve 1957 yıllarında kurularak üretime geçmiştir. 1963 yılında planlı kalkınma dönemine geçilen Türkiye'de, 1. (1963-67) ve 2. (1968-72) beş yıllık kalkınma planlarında hidrolik enerji kaynaklarına gereken ağırlığın verilmesi ve elektrik tesislerinin verimli bir şekilde işletilmesi esas alınmış ve 1970 yılında Türkiye Elektrik Kurumu kurulmuştur. 3. Beş yıllık planda (1973-77) ise, ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin sürekli ve etkin bir biçimde elde edilebilmesi yolunda TEK'in çalışmaları hızlandırılmıştır. Planlı dönemde TEK'ten başka, Yol Su ve Elektrik İşleri Genel Müdürlüğü (YSİ), ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı kurulmuştur. 3. Beş yıllık kalkınma döneminde Keban (1974) hidrolik santrali ile Seyit Ömer (1973), Hopa (1973) ve Aliağa (1975) termik santralleri devreye girmiştir. Bununla birlikte 3. beş yıllık kalkınma döneminde enerji talebi, zamanında ve yeterli derecede karşılanamamıştır. Kömür ve su gibi birincil enerji kaynakları talebi karşılayacak kadar geliştirilememiş, petrol üretimi arttırılamamış ve bu durum enerji kesiminde bir darboğazın oluşmasına neden olmuştur. 4. Beş yıllık kalkınma planında, dönem sonuna değin toplam enerji tüketiminin yüzde 53'ünün birincil enerji kaynaklarından üretilecek enerji ile karşılanacağı belirtilmiştir. Planlı dönemler boyunca toplam enerji üretimi artış hızı giderek azalırken, tüketim hızı artmıştır. 1977 yılı sonunda enerji talebinin ancak yarısı ulusal kaynaklardan üretilen enerji ürünleri ile karşılanabilmiştir. 3. plan döneminde Bulgaristan ile enerji bağlantısı gerçekleştirilerek elektrik arzı arttırılmaya çalışılmıştır. Olgunlaşma dönemi diğer yatırımlara oranla daha uzun olan ve yoğun sermaye gerektiren enerji yatırımları daha çok devlet eli ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan yatırımın maliyeti karşılama süresi diğer yatırımlara oranla daha uzun olan ve yoğun sermaye gerektiren enerji yatırımları daha çok devlet eli ile gerçekleştirilmiş, özel kesimin payı oldukça sınırlı kalmıştır. İmalat sanayi için önemli bir girdi olan enerji yatırımlarının, imalat sanayi yatırımlarının gerisinde kalmasından dolayı enerji üretimi, talebi karşılayamamıştır (ETKB, 2013).

Türkiye’de özellikle 1980 sonrasında nüfusun ve sanayileşmenin hız kazanması sonucunda enerji tüketiminin hızla arttığı görülmüştür. Ekonominin genel yapısındaki söz konusu değişim daha fazla enerji kullanımını gerektirdiği için özellikle petrol, doğalgaz ve kömür türü fosil yakıtlara olan talep de yükselmiştir (Mucuk ve Uysal, 2009).

Türkiye, 2006 yılında yaşanan Ukrayna enerji krizi ile birlikte enerji arz çeşitlendirmesine yönelmiş, Kuzey Afrika ve Hazar bölgesi ülkeleri ile yaptığı enerji alımı antlaşmaları ile Rusya ve İran’a olan enerji arzı bağımlılığını azaltmaya çalışmıştır ve bu doğrultuda AB ve ABD ile ortak projeler geliştirmektedir. Sürekli artan enerji talebi Türkiye’yi aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynaklarına da yöneltmiştir. Türkiye 2001 yılında ekonomik kriz ile karşılaşmasına rağmen, Türkiye’nin enerji tüketimi enerji üretiminden daha fazla artmaktadır (Devlet, 2004). 2008 yılında Türkiye’nin toplam birincil enerji tüketimi yaklaşık 108 milyon Ton Eşdeğeri Petrol (TEP), üretimi ise 29 milyon TEP olarak gerçekleşmiştir (ETKB, 2013).

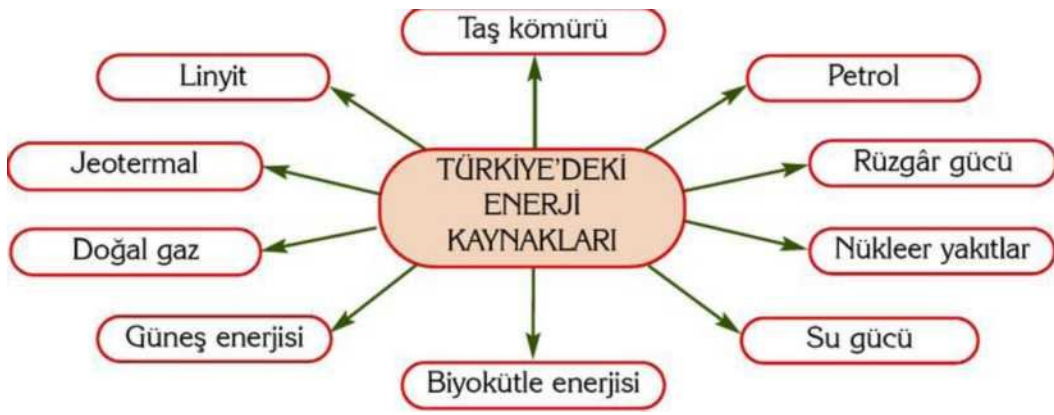
Türkiye’nin başlangıçtan bugüne keşfedilen üretilebilir petrol rezervi, yaklaşık 1 milyar varildir. Bu rezervin bugüne kadar yaklaşık % 70’i tüketilmiş olup, kalan tahmini rezervimiz 296 milyon varil civarındadır. Bu rezervin ise yaklaşık % 70’i ulusal kuruluşumuz TPAO (Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı)’ya aittir. Türkiye, yılda yaklaşık 25 milyon ton ham petrol tüketmekte, bunun % 89’unu ithal etmektedir ve en yüksek tüketim oranına sahip olan petrole yönelik ihtiyacın tamamının yerli kaynaklarla karşılanmasına ise imkân bulunmamaktadır. Zira tükettiğimiz ham petrolün yaklaşık % 10’unu yerel üretimden tedarik etmektedir (Korkmaz ve Develi, 2012). Günümüzde tükettiği enerji kaynaklarından yarısını ithal etmekte olan Türkiye’de uygulanan enerji politikaları, dünya enerji sektörünün genel yapısından büyük ölçüde etkilenmektedir. Enerji tüketiminde ithalatın payı %70 düzeyindedir. Enerji açısından yüksek orandaki dışa bağımlılığın yanı sıra, doğal gaz ithalatının %65’i Rusya Federasyonundan yapılmaktadır ve bu durum da, enerji güvenliği açısından önemli sıkıntılara neden olmaktadır (Ulutaş, 2008). Stratejik bir geçiş ülkesi olan Türkiye, aynı zamanda enerji pazarı olmaya aday bir ülkedir. Bu nedenle petrol ve doğalgaz ithalatında kaynak çeşitliliği, arz güvenliği ve sürekliliğinin sağlanması açısından, geniş kapsamlı enerji taşıma projelerinin geliştirilmesi Türkiye için büyük önem taşımaktadır. Orta Doğu ve Hazar Bölgesini, Akdeniz ve Avrupa’ya bağlayan hemen hemen tüm kara ve deniz güzergâhları Türkiye’den geçmektedir. Türkiye mevcut boru hatlarının yanı sıra, pek çok yeni projeye de dahil

olmuştur. Bu projelerin bitirilmesiyle Türkiye, yakın gelecekte Doğu-Batı Enerji Koridoru olmasının yanı sıra, Kuzey-Güney Enerji Koridoru olmaya aday, AB ülkelerini enerji krizinden kurtaracak kilit ülke konumuna gelecektir. Böylece AB ile kurulacak enerji işbirliği, tam üyelik sürecinde Türkiye'nin önemini daha da arttıracaktır (Ültanır, 1998). Türkiye'nin enerji politikasının temel stratejileri, iktisadî büyümeye destek olan ve sosyal refaha katkıda bulunan bir üretim ve tüketim dengesinde, yeterli, güvenilir ve ulusal kaynaklardan elde edilen bir enerji yapısının sağlanmasıdır. Enerji politikasının temel öncelikleri ise, serbest piyasaya ve rekabete dayalı verimli bir enerji sektörü ihdas etmek, doğu-batı koridorunda bir enerji köprüsü oluşturmak ve enerjide dışa bağımlılığı azaltmaktır (İKV, 2004).

### **1.7. Türkiye'de Birincil Enerji Kaynakları**

Türkiye'nin, özellikle akışkan fosil yakıtların görünür rezervleri yeterli düzeyde olmamasına rağmen kömür, jeotermal ve hidrolik enerji rezerv ve potansiyeli dünya kaynak varlığının %1'i civarındadır. Türkiye çok çeşitli birincil enerji kaynaklarına sahip bir ülkedir. Türkiye'de taşkömürü, linyit, asfaltit, ham petrol, doğal gaz, uranyum ve toryum gibi fosil kaynak rezervleri ile hidrolik enerji, jeotermal enerji, güneş enerjisi, deniz dalga enerjisi, biomas enerji gibi tükenmez kaynak potansiyelleri bulunmaktadır. Türkiye'nin, dünyada halen yoğun olarak kullanılan fosil kaynakların, özellikle akışkan fosil yakıtların görünür rezervleri yeterli düzeyde değildir. Kömür, jeotermal ve hidrolik enerji rezerv ve potansiyeli ise dünya kaynak varlığının %1'i civarındadır. Türkiye fosil kökenli kaynakların yoğun olarak kullanıldığı bir ülkedir. Yıllar içerisinde hızlı talep artışını karşılayabilmek için fosil kaynaklara özellikle doğalgaza olan bağımlılık giderek artmıştır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre 2010 Yılı içerisinde gerçekleşen birincil enerji arzının %87 si fosil kaynaklardan karşılanmıştır. Dünya üretilebilir petrol ve doğal gaz rezervlerinin yaklaşık %72'lik bölümü, ülkemizin yakın coğrafyasında yer almaktadır. Türkiye, jeopolitik konumu itibariyle dünya ispatlanmış petrol ve doğal gaz rezervlerinin dörtte üçüne sahip bölge ülkeleriyle komşu olup enerji zengini Hazar, Orta Asya, Orta Doğu ülkeleri ile Avrupa'daki tüketici pazarları arasında doğal bir "Enerji Koridoru" olmak üzere pek çok önemli projede yer almakta ve söz konusu projelere destek vermektedir. 2030 yılına kadar %40 oranında artması beklenen dünya birincil enerji talebinin önemli bir bölümünün içinde bulunduğumuz bölgenin kaynaklarından karşılanması öngörülmektedir (ETKB, 2013).

Son günlerde önemi daha iyi anlaşılan enerjide arz güvenilirliği ve sürekliliği, rezervin %90'ının açık işletme olması, petrol ve doğal gaz fiyatlarındaki beklenmeyen ve öngörülemeyen artışlara karşın ucuz olması, dış etkenlerden fazla etkilenmemesi nedeniyle fiyatının kararlılığı, dışa bağımlılığı azaltması, kömüre dayalı üretim ve dönüşüm teknolojilerinin istihdama katkısı dikkate alınarak arama ve rezerv belirleme çalışmalarının artırılması, linyit rezervlerinin kalorilik değerlerinin düşük, kirletici madde oranlarının yüksek olması nedeniyle yasal çevre kısıtlarına uyumlu ve verimli bir şekilde üretimi, tüketimi, dönüşümü (elektrik) için gerekli teknolojileri uygulamak için kamu liderliğinde bir politika acilen hayata geçirilmelidir (UTES, 2008).

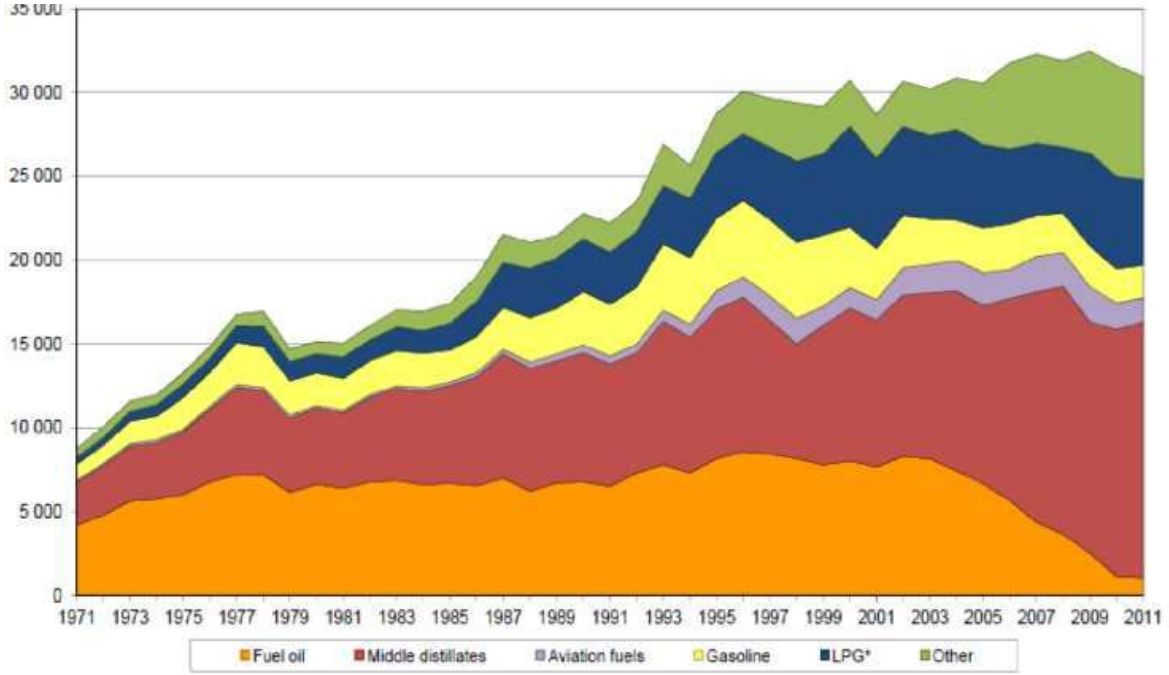


Şekil 1.1. Türkiye’de Enerji Kaynakları (ETKB, 2013)

### 1.7.1. Türkiye’de Petrol Kaynakları

Türkiye, dünyanın petrol ve doğal gaz yönünden en zengin ülkeleriyle çevrili olduğu halde, bugüne kadar gerek TPAO’nun gerekse yabancı şirketlerin araştırmalarıyla ihtiyacını karşılamaktan çok uzakta olan miktarlarda petrol kaynaklarını değerlendirebilmiştir. Türkiye’de petrol varlığının ispatlandığı Güneydoğu Anadolu’da yaklaşık üçte ikilik alan henüz aranmamıştır. Denizsel alanlarımızda da yeterli arama faaliyetleri gerçekleştirilememiştir. Yerli kaynakların değerlendirilmesi çerçevesinde, eksik olan Türkiye’nin petrol rezervinin belirlenebilmesi için gerekli aramalar yapılmalı ve gelişen teknoloji paralelinde bu rezerv sürekli artırılmalıdır. Petrol işleri Genel Müdürlüğü verilerine göre, 2006 yılı sonu itibarıyla Türkiye’de 1.176 milyar varil üretilebilir ham petrol rezervi ve bu üretilebilir petrol rezervinden kümülatif üretimin düşülmesi ile 284.1milyon varil kalan üretilebilir ham petrol rezervi bulunmaktadır. Türkiye’nin 2006 yılı ham petrol üretimi yaklaşık 2.18 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Bunun % 66.5’ini oluşturan 1.45 milyon ton’unu TPAO gerçekleştirmiştir. Buna göre, yerli üretimin tüketimi

(58.9 milyon ton) karşılama yüzdesi %3.7'dir. Diğer bir deyişle, ülkemizin tükettiği petrolün %96.3'ü ithal edilmektedir. Ham petrol ithalatı Rusya, İran, Libya, Suudi Arabistan ve Irak gibi ülkelerden yapılmaktadır. Petrolün toplam enerji üretimimiz içindeki payı (2006 yılı) %8.5 iken, buna karşılık toplam enerji tüketimimiz içindeki payı ise %33.2'dir (UTES, 2008).



Şekil 1.2. Türkiye’de Petrol Üretimini Tüketimi (IEA, 2014)

Tablo 1.1’de 1985-2012 dönemleri arası petrol verileri gösterilmektedir. Petrol üretiminin 1990 döneminde arttığı ve sonraki dönemlerde düşüşe uğradığı görülmektedir. Petrol talebi ülkelerin en önemli ihtiyaçlarından biri olduğu için sürekli artış halindedir. Petrolde net ithalatın ve ithalat bağımlılığı son dönemlerde en yüksek seviyeye geldiği görülmektedir.

**Tablo 1.1.** Türkiye’de Petrol Verileri (IEA, 2014)

	1985	1990	1995	2000	2006	2010	2011	2012
<b>Üretim (kb/d)</b>	40.6	72.5	87.7	52.6	43.5	46.3	45.6	44.9
<b>Talep (kb.'d)</b>	359.5	477. D	60S. 3	662.6	647.5	649.B	655.9	67D.3
<b>Benzin</b>	44.4	74.0	100.2	33.6	619	47.3	44.7	41.2
<b>Dizel</b>	114.2	153.7	180.0	184.8	218.8	300.1	310.6	327.6
<b>Fuel oil</b>	121.3	119.8	144.4	141.5	117.8	202	18 7	19.8
<b>Diğerleri</b>	79.7	129.6	1S3.7	252.9	251.1	282.3	281.9	281.7
<b>Met ithal (kb/d)</b>	318.9	404.5	540.6	610.0	604.0	6D1.5	610.3	625.4
<b>İthal bağımlılık</b>	88.7%	84.8%	88.9%	92.0%	93.3%	92.6%	93.0%	93 3%
<b>Rafine kapasitesi (kb/d)</b>	460	725	713	691	714	630	630	630
	46.0%	44.3%	46.1%	4fl.0%	34.0%	20.6%	27.7%	-

### 1.7.2. Türkiye’de Kömür Kaynakları

Yerli kaynak potansiyelimizin 12,4 milyar tonunu linyit, 1,33 milyar tonunu taşkömürü oluşturmaktadır. Ülkemiz rezerv ve üretim miktarları açısından linyitte dünya ölçeğinde orta düzeyde, taşkömüründe ise alt düzeyde değerlendirilebilir. Toplam dünya linyit rezervinin yaklaşık %1,6’sı ülkemizde bulunmaktadır. Türkiye’nin toplam linyit rezervi 12,4 milyar ton seviyesinde olup işletilebilir rezerv miktarı ise 3,9 milyar ton düzeyinde bulunmaktadır. Bununla birlikte linyitlerimizin büyük kısmının ısı değeri düşük olduğundan termik santrallerde kullanımı ön plana çıkmıştır. Ülkemiz linyit rezervinin yaklaşık %46’sı Afşin-Elbistan havzasında bulunmaktadır. Ülkemizin en önemli taşkömürü rezervleri ise Zonguldak ve civarındadır. Zonguldak Havzası’ndaki toplam taşkömürü rezervi 1,322 milyar ton, buna karşılık görünür rezerv ise 519 milyon ton düzeyinde bulunmaktadır. Türkiye’nin sahip olduğu enerji kaynakları arasında çok önemli bir yeri bulunmaktadır. Türkiye kömür rezervlerinin ülkenin geniş bir coğrafyasına dağılmasına, tüketim merkezlerine yakın olmasına, bağlı olarak düşük üretim maliyetine ve doğal gaz alternatif tek yerli kaynağı olmasına rağmen bu kaynakla ilgili projeler hayata geçirilememiştir. 2006 yılı toplam enerji tüketiminin %26.7’si kömür kaynaklı olup enerji bazında kömürün %50’si ithal edilmiştir. Linyit tüketiminin %76’sı enerji santrallerinde kullanılmaktadır. 1986’dan günümüze linyit rezervlerinde sadece %3 artış olup taşkömürü ve asfaltit rezervlerinde değişiklik olmamıştır (TSR, 2014).



Türkiye'nin sahip olduğu enerji kaynakları arasında çok önemli bir yeri bulunmaktadır. Türkiye kömür rezervlerinin ülkenin geniş bir coğrafyasına dağılmasına, tüketim merkezlerine yakın olmasına, bağıl olarak düşük üretim maliyetine ve doğal gazın alternatif tek yerli kaynağı olmasına rağmen bu kaynakla ilgili projeler hayata geçirilememiştir. 2006 toplam enerji tüketiminin %26.7'si kömür kaynaklı olup eşdeğer enerji bazında kömürün %50'si ithal edilmiştir. Linyit tüketiminin %76'sı enerji santrallerinde kullanılmaktadır. 1986'dan günümüze linyit rezervlerinde sadece %3 artış olup taşkömürü ve asfaltit rezervlerinde değişiklik olmamıştır. Son günlerde önemi daha iyi anlaşılan enerjide arz güvenilirliği ve sürekliliği, rezervin %90'ının açık işletme olması, petrol ve doğal gaz fiyatlarındaki beklenmeyen ve öngörülemeyen artışlara karşın ucuz olması, dış etkenlerden fazla etkilenmemesi nedeniyle fiyatının kararlılığı, dışa bağımlılığı azaltması, kömüre dayalı üretim ve dönüşüm teknolojilerinin istihdama katkısı dikkate alınarak arama ve rezerv belirleme çalışmalarının arttırılması, linyit rezervlerinin kalorilik değerlerinin düşük, kirletici madde oranlarının yüksek olması nedeniyle yasal çevre kısıtlarına uyumlu ve verimli bir şekilde üretimi, tüketimi, dönüşümü (elektrik) için gerekli teknolojileri uygulamak için kamu liderliğinde bir politika acilen hayata geçirilmelidir (UTES, 2008).

### **1.7.3. Türkiye'de Doğalgaz Kaynakları**

Türkiye'de 1970 yılında keşfedilen doğal gaz sahalarından doğal gaz üretimine 1976 yılında başlanmıştır. 1980'li yıllarda başka sahaların bulunmasıyla 1986'da rekor bir üretim gerçekleşmiştir. Türkiye çok zengin doğal gaz yataklarına sahip olmadığından dolayı yapılan üretim de hiçbir zaman Türkiye'nin doğal gaz ihtiyacını karşılayacak düzeyde gerçekleşmemiştir. Başlangıçta üretimin tüketimi karşıladığı görülse de daha sonrasında doğal gaz tüketiminin ciddi bir şekilde arttığı ve üretimin tüketimi karşılamasının imkânsız olduğu bir durumla karşılaşmıştır. Bu durum, enerji ihtiyacını büyük ölçüde doğal gazdan karşılayan Türkiye'nin enerji konusunda tamamen dışa bağımlı kalmasına neden olmaktadır (UTES, 2008).

Doğal gaz arz-talep dengesine ilişkin çalışmalara göre 2011 yılına kadar olan dönemde yıllık gaz talebini karşılamakta sorun bulunmamaktadır. Ancak, talebin yoğun olduğu kış aylarında kaynak ülkelerdeki veya güzergâh ülkelerindeki aksamalar, dönemsel arz-talep dengesizliklerine yol açabilmektedir. Bu kapsamda, 2007 yılında 1,6 milyar m<sup>3</sup> kapasiteli Silivri doğal gaz depolama tesisinin devreye alınması mevsimsel arz

güvenliğinin sağlanması açısından oldukça yararlı olmuştur. Eylül 2009 tarihi itibari ile tesisin kapasitesi 2,1 milyar m<sup>3</sup>'e çıkarılmıştır. Ayrıca, Tuz Gölü Doğalgaz Yer altı Depolama Tesisi Projesinin tamamlanması için çalışmalar devam etmektedir. Hazar bölgesi gaz kaynaklarının ülkemize ve Avrupa pazarlarına taşınmasını amaçlayan Bakü-Tiflis-Erzurum (BTE) Doğal Gaz Boru Hattı (Şah Deniz Projesi) faaliyete geçmiştir. 26 Kasım 2006 tarihinde gaz sevk edebilir hale getirilmiş ve Şah Deniz projesi ilk üretimini 15 Aralık 2006 tarihinde gerçekleştirmeye başlamıştır. Hazar ve Orta Doğu bölgesi gaz kaynaklarının AB piyasalarına ulaştırılmasını hedefleyen Güney Avrupa Gaz Ringi (Türkiye- Yunanistan-İtalya Boru Hattı) Yunanistan bağlantısı 2007 yılında tamamlanarak işletmeye başlamıştır. İtalya bağlantısının 2012 yılında tamamlanması hedeflenmektedir. Yıllık 12 milyar m<sup>3</sup> kapasite ile Yunanistan ve İtalya gaz piyasalarında önemli bir paya sahip olacak olan bu proje, Türkiye gaz sisteminin AB ile bütünleşmesinin ilk adımını oluşturmuştur. Avrupa'ya doğal gaz açılımı çalışmaları kapsamında Türkiye'yi Bulgaristan, Romanya ve Macaristan üzerinden Avusturya'ya bağlayacak ve Hazar Bölgesi ve Ortadoğu'nun gaz kaynaklarını Orta Avrupa Doğal Gaz Dağıtım Merkezine ulaştıracak olan Nabucco Projesi ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. AB resmi belgelerinde en öncelikli projeler arasında yer verilen Nabucco projesi ile toplam 3.400 km uzunlukta bir hattan yıllık 31 milyar m<sup>3</sup> gazın taşınması hedeflenmektedir. Nabucco Projesi Uluslararası Anlaşması 13 Temmuz 2009 tarihinde Ankara'da imzalanmış olup 14 Temmuz 2009 tarihinde de Proje Destek Anlaşması müzakereleri başlatılmıştır. Mısır doğal gaz kaynaklarının ülkemize taşınmasına yönelik Arap Doğal Gaz Boru Hattı Projesi ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Bunun dışında ülkemizde (ETKB, 2013);

- Yurt içinde petrol ve doğal gaz arama ve üretim çalışmalarımıza önem ve öncelik vermeye devam edilecektir.
- Avrupa'nın artan doğal gaz talebinin karşılanmasında, bölgemizdeki kaynakların Avrupa'ya nakline yönelik projelerin ülkemiz üzerinden geçişine stratejik bir önem verilecektir.
- Ülkemizin orta ve uzun vadede bir doğalgaz ticaret merkezi (hub) konumuna gelmesine yönelik politikamız ısrarla sürdürülecektir.

Tablo 1.2'de 1985-2012 dönemleri arasındaki doğalgaz verileri gösterilmektedir. Doğalgaz üretimi gösterilen dönemler içinde sürekli artış göstermiştir. Ulaşım, sanayi, yerleşim amaçlı kullanılmak üzere talep edilen doğalgazın talebinin de bu dönemler içerisinde arttığı görülmektedir. Doğalgazda net ithalatın da artış halinde olduğu açıktır.

İthalat bağımlılığı 2011 yılında en yüksek seviyeye gelmiştir.

**Tablo 1.2.** Türkiye’de Doğalgaz Verileri (IEA, 2014)

	1985	1990	1835	2000	2005	2010	2011	2012
<b>Üretim (mcm/y)</b>	67	212	182	639	B97	682	761	632
<b>Talep (mcm/y)</b>	67	3 463	7 029	14 835	27 375	38 127	44 865	45 254
<b>Dönüşüm</b>	18	2 585	3600	8 845	15 157	20 7B3	21 570	-
<b>Endüstri</b>	49	814	1 984	2098	3B39	7 901	9878	-
<b>Residential</b>		49	1 364	3 218	5 747	5 888	8 779	-
<b>Diğerleri</b>		20	81	674	2 632	3 630	4 459	-
<b>Met ithal (mcm/y)</b>	-	3 258	6 347	14 196	26 476	37 445	43 925	44 622
<b>Dışa bağımlılık</b>	0.0%	93.9K	97.4%	95.7%	96.7%	98.2%	90.3%	98.6%
<b>Doğal Gaz TPES</b>	0.1%	5.4%	9.4%	16.6%	27.0%	29.3%	32.3%	-

#### 1.7.4. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Kaynakları

2007 yılında gerçekleştirilmiş olan Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) ile ülkemizde yıllık rüzgâr hızı 8,5 m/s ve üzerinde olan bölgelerde en az 5.000 MW, 7,0 m/s'nin üzerindeki bölgelerde ise en az 48.000 MW büyüklüğünde rüzgâr enerjisi potansiyeli bulunduğu tespit edilmiştir. 2004 yılı itibariyle sadece 18 MW düzeyinde olan rüzgâr enerjisi kurulu gücünün artırılmasında aşama kaydedilmiştir. 2009 yılı sonu itibariyle rüzgâr kurulu gücümüz 802,8 MW düzeyine ulaşmıştır. Yenilenebilir Enerji Kanununun yürürlüğe girmesinden sonra 3.363 MW kurulu gücünde 93 adet yeni rüzgar projesine lisans verilmiştir. Bu projelerden yaklaşık 1.100 MW kurulu gücünde santrallerin yapımı devam etmektedir (ETKB, 2013).

#### 1.7.5. Türkiye Birincil Enerji Talebi-Projeksiyonu

Türkiye enerji ihtiyacına en çok sahip ülkelerden birisidir. Sanayide ulaşımda, konutlaştırmada en çok gereksinim duyduğu girdi kaynağıdır. Şekil 1.3, Türkiye’nin gelecek yıllarda enerji talebinin tahmini durumunu ortaya koymaktadır. Türkiye’nin birincil enerji talebi-projeksiyonuna göre 2007-2020 yılları arasında birincil enerji talebinin artacağı tahmin edilmektedir. 2007 yılında 107 olan enerji talebinin 2010 yılında yükselerek 126’ya çıkması ve ilerleyen yıllarda sürekli artışın olacağı tahmin edilmektedir. 2020 yılında ise 2007 yılına oranla yaklaşık 2 katına çıkacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 1.3. Türkiye Enerji Talebi-Projeksiyonu (URL-6, 2014)

#### 1.7.6. Enerjide Yeni Hedef Kaya Gazı

Enerjide dışa bağımlılığı azaltmak isteyen hükümet, alternatif enerji kaynaklarına odaklandı. Bu çerçevede gündeme gelen kaynaklardan biri de, son dönemde dünyanın dört bir yanında araştırmaların yapıldığı "kaya gazı" oldu. Bir taraftan ABD ve Kanada'ya, kaya gazı teknolojisiyle ilgili analiz yapmak üzere uzmanlarını gönderen Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, diğer yandan Türkiye'nin kaya gazı rezervini belirlemek üzere geniş çaplı bir çalışma yürütüyor. Türkiye'nin, enerjide %72 yurt dışına bağımlı olduğunu hatırlatan yetkililer, bunda doğalgaz ithalatının ana faktör olduğunu vurguluyor. Bu bağımlılığı ortadan kaldıracak imkânlardan biri olarak da kaya gazı gösteriliyor. Bu durum, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın son faaliyet raporuna da yansdı. 2012 yılı göstergelerinin derlendiği raporda, konuyla ilgili şu tespitler öne çıktı: Son dönemde önem kazanan ve ABD'de gelişim gösteren kaya gazı (shalegas) gelecekte doğal gaza alternatif olabilecek bir kaynaktır. 2007 yılında başlatılmış olan ülkemiz kaya gazı potansiyelinin belirlenmesi çalışmaları aralıksız sürdürülmektedir. Yapılan araştırmalar ülkemizde özellikle de Güneydoğu Anadolu ve Trakya Havzasında olmak üzere kaya gazı potansiyelinin varlığını ortaya koymaktadır. Bugüne kadar yürütülen çalışmalar, Güneydoğu ve Trakya'daki kaya gazı potansiyeline işaret ediyor. Özellikle Trakya bölgesinde Edirne, Kırklareli kaya gazının elde edileceği yerler arasında başı çekiyor. Güneydoğu Anadolu'da Adıyaman, Diyarbakır, Batman, Siirt kuşağı potansiyelin yüksek

olduğu yerler arasında bulunuyor. Zonguldak- Bartın bölgesi, Muğla-Uşak-Kütahya illerinin olduğu noktalar, Sivas ve Yozgat bölgesinin de kaya gazı potansiyeli barındıran yerlerden olduğu Enerji Bakanlığı'nın haritasına da yansdı. Hükümet, enerjide dışa bağımlılığı azaltmak için nükleer santralle birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarından yapılacak üretimin artırılmasına odaklandı. Enerji çeşitliliğinin sağlanmasının hedeflendiği belirtilen Faaliyet Raporu'na göre, 2012 sonu itibariyle Türkiye'nin kurulu gücünden %38.7' si yenilenebilir enerji, %61.1'i termik ve %0.2'si diğer kaynaklardan oluşuyor. Doğal gazın kurulu güç içindeki payı ise %30'u buluyor.

Hedeflenen bazı veriler ise şöyle:

- Türkiye, rüzgâr enerjisi kurulu gücünü 2023 yılına kadar 20 bin MW seviyesine ulaştırmayı hedefliyor. Bugüne kadar 9 bin 734 MW'lik kurulu güce lisans verildi.
- Güneş enerjisindeki hedef ise 2014 yılı sonuna kadar 10 bin MW kurulu güce ulaşmak.
- 2012 yıl sonu itibariyle hidrolik enerji kurulu gücü 19 bin 620 MW oldu.
- Jeotermalde, 2023 yılına kadar 600 MW jeotermal kapasitesinin kullanılması hedefleniyor. Halen 162.2 MW olan jeotermal kurulu gücü 2014 yılı sonuna kadar 300 MW'ye çıkarılacak.

## **1.8. Türkiye'de İkincil Enerji Kaynakları**

Birincil enerji kaynaklardan elde edilen, elektrik enerjisi ve hidrojen enerjisi ikincil enerji kaynakları olarak adlandırılmaktadır. Elektrik enerjisi üretiminde doğalgaza dayalı kurulu gücümüz 14.576 MW olup bu değer toplam kurulu gücümüzün %32,7'sini karşılamaktadır. Ülkemizde elektrik enerjisi arz ve talep projeksiyonlarına bağlı olarak, 2020 yılına kadar, nükleer enerji santrallerinin, elektrik enerjisi üretimi içerisindeki payının en az %5 seviyesine ulaşması hedeflenmektedir. Bu amaçla 5710 sayılı Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması ve İşletilmesi ile Enerji Satışına İlişkin Kanun 2007 yılı içerisinde çıkartılmıştır. Mayıs 2010'da Türkiye ile Rusya Federasyonu arasında Mersin-Akkuyu'da nükleer santral yapımına ilişkin hükümetler arası anlaşma imzalanmıştır (ETKB, 2013).

### 1.8.1. Türkiye’de Elektrik Enerjisi

Ülkemizde elektrik çok fazla kullanım sahası olan bir enerji kaynağıdır. Endüstriyel üretimden, evlerdeki kullanıma, tarımdan, ticarete, aydınlatma ve ısınmaya kadar değişen hemen hemen her türlü beşeri faaliyette kullanılmaktadır. Elektrik, ikincil enerji kaynağı olarak üretilebildiği gibi birincil enerji olarak da üretilmektedir (IEA, 2014).

### 1.9. Isı ve Sıcaklık Kavramları

**Isı:** Aralarındaki sıcaklık farkı nedeni ile bir cisimden diğer cisme geçen, iletim halinde olan enerji türüdür. Farklı sıcaklıklardaki cisimler bir araya geldiğinde, sıcak olanlar soğur, soğuk olanlar ısınır. Bu bize cisimler arasında ısı alverişi olduğunu gösterir. Bir cismin sıcaklık değişimi, bu cismin aldığı veya bıraktığı ısının sonuçlarından biridir. Su buz karışımı gibi katı ve sıvı fazın bir arada bulunduğu durumlarda sıcaklık sabit kalır. Sisteme verilen enerji katı fazın sıvı faza dönüşmesini sağlayacaktır. Sadece mekanik veya elektrik enerjisi harcanması ile bir su kütlesi ısıtılabilir (Joule Deneyi). Isı bir enerji olduğuna göre, ısı ölçüldüğünde enerji ölçülmüş olacaktır. Bu etkilerle ısı, mekanik enerji veya elektrik enerjisinin bir eşdeğeri olarak ortaya çıkar. Termodinamikte ısı çevreden sisteme iletiliyorsa (+) pozitif, sistemden çevreye iletiliyorsa (-) negatif olarak kabul edilir. Bir ısıtıcı kullanılarak bir kap içerisindeki su kütlesi ısıtılırsa su kütlesinin sıcaklığı artar ve suya (sisteme) ısıtıcı tarafından ısı iletilmiş olur. Isı alverişinde kütle alışverişi olmaz dolayısıyla aynı su kütlesine daha yüksek sıcaklıktaki başka bir su kütlesi eklenirse sistemin sıcaklığı yine artar. Fakat bu durumda sistem çevresinden ısı değil kütle almış olur. Doğal olarak kendi enerjisini sisteme getiren kütle kap içerisindeki suyun sıcaklığının artmasına sebep olur (Dilmaç, 1999).

**Sıcaklık:** Bir cisimdeki moleküler hareketin artmasıyla artan sayısal bir büyüklüktür. Maddenin molekül ve kinetik teorisi, sıcaklığı taneciklerin enerjisiyle ilişkilendirir. Genellikle ısı alışverişleri moleküller arasında enerji alışverişi olarak düşünülebilmektedir (Aydın, 2010).

Dilmaç (1999)’a göre, ısı ve sıcaklık farklı iki kavramdır. Belirtildiği gibi ısı, iletim halindeki bir enerjidir. Sıcaklık ise atomların kinetik enerjilerinin (hızlarının) bir ölçüsüdür ve sisteme ait bir özelliktir. Sıcaklığı yüksek olan cisimden sıcaklığı düşük olan bir cisme doğru daima kendiliğinden bir ısı iletimi gerçekleşir. Sıcaklıkları farklı iki cisim ya da sistem arasındaki ısı alverişini durdurmak mümkün değildir. Sıcaklık, farklı ısı enerjilerinin hareketini sağlayan bir potansiyel fark ya da bir cismin ısınma durumunu

gösteren sayısal bir büyüklüktür (Aydın, 2010). Isı transferinde genellikle T ile gösterilir ve uluslararası birim sisteminde (SI) sıcaklığın birimi °C veya °K'dir.

### **1.9.1. Isı İletimi**

Sıcaklığı yüksek olan bir cisimden veya sistemden sıcaklığı düşük olan bir cisme veya sisteme doğru kendiliğinden sürekli bir ısı geçişi vardır. Bu geçiş üç farklı şekilde gerçekleşir.

- Kondüksiyonla (temas yolu ile iletim)
- Konveksiyonla (akışkan ile taşınım)
- Radyasyonla (ışınım ile iletim)

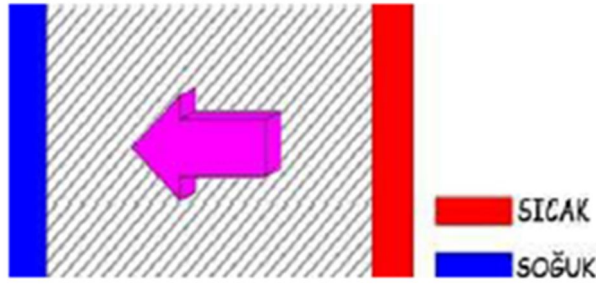
#### **1.9.1.1. Kondüksiyonla (Temas Yoluyla İletim) Isı İletimi**

Bir maddenin atom veya moleküllerinin titreşimleri yoluyla enerjinin atomlar arasında iletilmesi olayıdır. Çoğunlukla katı cisimlerde meydana gelir; sıvı ve gazlarda da görülür. Ancak gazlarda moleküller arası mesafe çok büyük olduğu için etkin bir enerji iletim şekli değildir ve ihmal edilir. Yüksek sıcaklıktaki atomların kinetik enerjileri düşük sıcaklıktaki atomların kinetik enerjilerine göre daha fazladır ve daha yüksek hızla titreşirler. Bu titreşimler sonucunda yüksek kinetik enerjili atomlar ile komşu atomlar arasında çarpışmalar meydana gelir. Bu çarpışma esnasında komşu atomların hızlarını da artırırlar. Bu çarpışmaların devamında sıcaklığın yüksek olduğu bölgedeki enerji sıcaklığın daha düşük olduğu bölgeye iletilir. Bu iletim yüksek sıcaklıktaki bölgenin sıcaklığını biraz düşürür, diğer tarafın sıcaklığını biraz yükseltir, tüm kütlelerin sıcaklığı bir müddet sonra aynı değere ulaşır (Aydın, 2010).

Dilmaç (1999)'a göre, serbest elektron bulunan ortamlarda (metallerde) enerji iletimi elektronların hareketi ile yapılır. Elektronların hareketi ile yapılan enerji iletimi, atomların titreşimi ile olan ısı iletiminden çok daha hızlı ve çok daha fazladır. Serbest elektronların olmadığı ortamlarda ısı iletiminin fazla olmasını atomların sık ve düzenli olması sağlar. Atomların arasındaki mesafenin artması, amorf yapı vb. durumlar kondüksiyonla ısı iletimini azaltır (Aydın, 2010).

Eriç (2002)'e göre, bir ürünün kendi yapısı içinde ya da bağlantılı olduğu farklı ısıdaki bir madde ile moleküler yapıdaki kinetik enerji iletimi, ısı iletimi olarak tanımlanmaktadır (Aydın, 2010). Genellikle katı ortamlarda gerçekleşen bu durum, durgun

haldeki sıvı ya da gaz ortamlarda da gözlenebilir. Enerji, moleküller arasındaki titreşimle yayılır (Şekil 1.4).



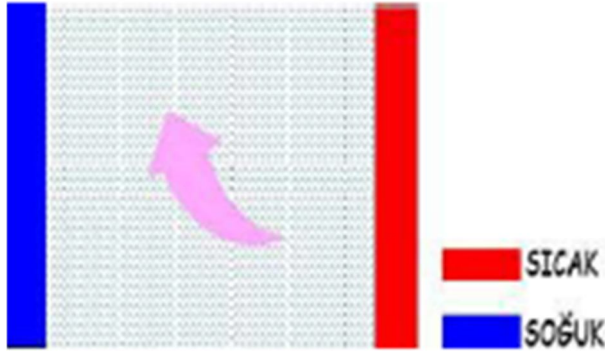
Şekil 1.4. Isının iletim yoluyla geçişi (Aydın, 2010).

Eriç (2002)'e göre, iletim yoluyla yapı malzemelerinden geçen ısının miktarı, ürünün kalınlığına ( $d$ ) ve ısı iletkenlik katsayısına ( $\lambda$ ) bağlıdır. Isı iletkenlik katsayısı; malzemelerin iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkının  $1^{\circ}\text{C}$  olduğu birim zamanda,  $1\text{ m}^2$  alana dik yönde  $1\text{ m}$  kalınlıktan geçen ısı miktarı olarak tanımlanmaktadır (Aydın, İ. 2010). Birimi  $\text{W/mK}$ 'dir. Malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları farklılık göstermektedir. Bir yapı malzemesinde bu değer düşükse, malzemenin ısı iletiminin düşük olacağı, dolayısıyla ısı kaybının da düşük olacağı bilinmelidir (Aydın, 2010).

### 1.9.1.2. Konveksiyonla (Akışkanlarla Taşınım) Isı İletimi

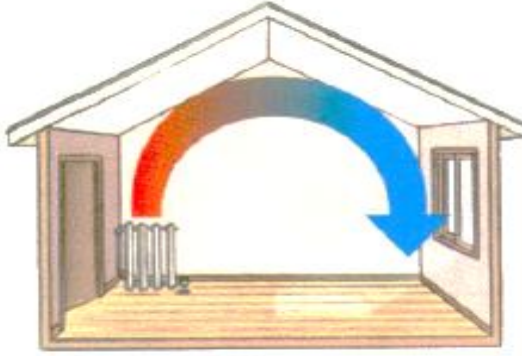
Eriç (2002)'e göre, sadece sıvı ve gazlarda meydana gelmektedir. Enerjinin iletilmesi akışkan maddenin atom veya moleküllerinin uzun mesafeli hareketleri ile gerçekleşir. Hacim yeterli olduğunda yüksek enerjili (yüksek sıcaklıktaki) atom veya moleküller, düşük enerjili (düşük sıcaklıktaki) bölgeye enerjiyi taşırlar. Hacmin küçülmesi konveksiyonla ısı iletiminin azaltmasına sebep olur. Havanın durgun kalması ısı tutucu olarak bilinen malzeme ve sistemlerde çok önemlidir. Hava moleküllerinin konveksiyon yoluyla ısıyı iletmesi, sistemin yalıtım seviyesinin büyük ölçüde düşmesine sebep olacaktır. Molekülleri serbestçe hareket edebilen sıvı veya gaz (hava) gibi molekül ağırlıkları düşük akışkanlarda, sıcak moleküllerin soğuk moleküllerle yer değiştirmeleri sonucu meydana gelen ısısal geçirimsizlik olayı, ısı taşınımı olarak tanımlanmaktadır (Aydın, 2010).





Şekil 1.5. Isının taşınım yoluyla geçişi (Aydın, 2010).

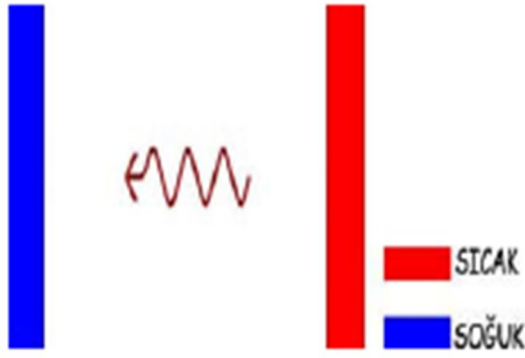
Moleküllerin yer değiştirmeleri sonucunda meydana gelen ısı geçişinde, sıcak moleküllerle karşılaşan soğuk sıvı ya da gaz molekülleri enerji kazanarak yükselmekte, daha sonra aldıkları enerjiyi kaybederek soğumakta ve yere inmektedir. Radyatörle ısıtılan yapılarda havanın taşınma durumu, bu döngünün nasıl devam ettiğini göstermektedir (Aydın, 2010).



Şekil 1.6. Isının bina içinde taşınması (Aydın, İ. 2010).

### 1.9.1.3 Radyasyonla (ışınım yoluyla) ısı iletimi

Eriç (2002)'e göre elektromanyetik dalgalar, dalga boyuna bağlı olarak foton diye adlandırılan enerji paketçikleri taşırlar. Elektromanyetik dalgaların dalga boyları küçüldükçe enerjileri artar. Mutlak sıfır sıcaklığının ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) üzerindeki sıcaklık değerlerinde bütün cisimler elektromanyetik dalgalarla (ısı ışınlarıyla) çevrelerine enerji yayarlar ve çevrelerindeki cisimlerden elektromanyetik dalgalarla enerji kazanırlar. Isı enerjisinin, ışıınım yolu ile herhangi bir ara taşıyıcıya ihtiyaç duymadan, elektromanyetik dalgalarla maddeye geçişi olarak ifade edilen ısısal iletim şekli, ısı ışıınımı olarak tanımlanmaktadır (Aydın, 2010).



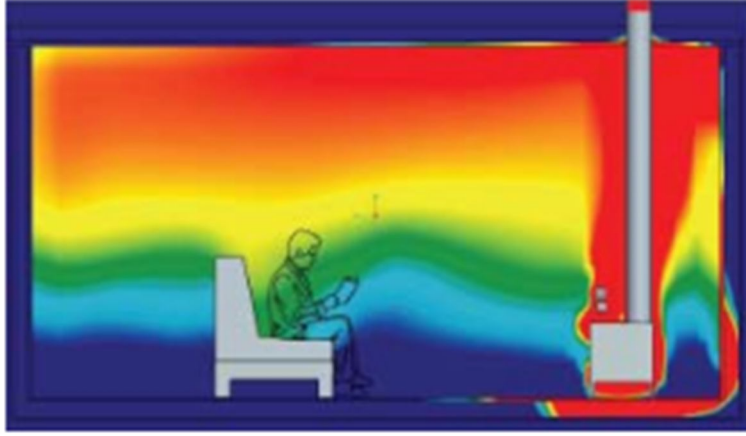
Şekil 1.7. Isının ışınım yoluyla geçişi (Aydın, 2010).

Keskinkol (2007)'a göre, ısının ışınım yoluyla geçişi için belirli bir ortam olması gerekmemektedir. Güneş ışınlarının Dünya'yı ısıtması ışınım yoluyla geçişe örnek olarak gösterilebilir. Ancak bu yolla meydana gelen ısı geçişinde, yutuculuk ya da yansıtma kavramları önem kazanmaktadır. Yutuculuğu yüksek olan malzemelerin ve renklerin ısı enerjisi daha yüksek olup, yansıtıcılığı yüksek olan malzemelerin ve renklerin ısı enerjisi daha düşük olmaktadır (Aydın, 2010). Bu durum, yapı cephelerinde dikkat edilmesi gereken bir konudur.

### 1.10. Binalarda Isıtma

Binalarda ısıtma ihtiyacının temelini bina içerisinde yaşayan insanların yaşamsal faaliyetlerini konforlu bir biçimde sürdürebilmeleri oluşturmaktadır. Bina sıcaklığının konfor sıcaklığından daha düşük bir noktada olması durumunda ısıtma yükü oluşmaktadır ve bu sebeple binalar için ısıtma sistemleri tasarlanmaktadır. Ancak kurulan ısıtma sistemlerinin gerçeğe en yakın durumu öngören bir hesaplama yönteminden uzak bir biçimde tasarlanması halinde ısıtma yükünü aşan durumlar oluşmaktadır. Isıtma yükünün aşımı, ilk olarak bina içi konforu etkilemektedir. İkinci olarak enerji sarfiyatı artmaktadır ve bu yüzden kullanılan enerjinin verimsiz kullanımı söz konusu olmaktadır (Şeremet, 2012).

Radyatörle yapılan ısıtma işlemlerinde 20°C ortam sıcaklığına ulaşmak için peteklerin 60-80 °C arası ısıtılması gerekmektedir. Bu durumda sıcaklık, oluşan hava akımı ile oda içerisinde dağılacığından, mahal içinde dengesiz sıcaklık dağılımı oluşacaktır. Şekil 1.8'de görülen, radyatörle ısıtma işlemine benzer nitelikte olan soba ile ısıtma işleminde oda içerisinde meydana gelen sıcaklık dağılımına ait sıcaklık haritası bu durumu açıkça ifade etmektedir.



**Şekil 1.8.** Soba ile ısıtılan bir odada sıcaklık dağılım simülasyonu (URL-7, 2015).

Taşınım esasına dayanan klasik ısıtma sistemlerinde konfor şartlarını elde etmek için ısıtma durumunda hava sıcaklığının, konfor sıcaklığının üzerinde olması gerekmektedir. Mekân içerisindeki hava sıcaklığını konfor şartlarına uygun hale getirmek için yapılan ısıtma işlemlerinde ısınan hava molekülleri hafifler ve düşey yönde yukarı doğru hareket ederek ısıtıcıdan uzaklaşırlar. Düşey yönde meydana gelen bu hava hareketi kapalı ortam içerisinde dengesiz bir sıcaklık dağılımı meydana getirmektedir. Meydana gelen bu dağılım insanların yaşam kalitesini düşürmektedir.

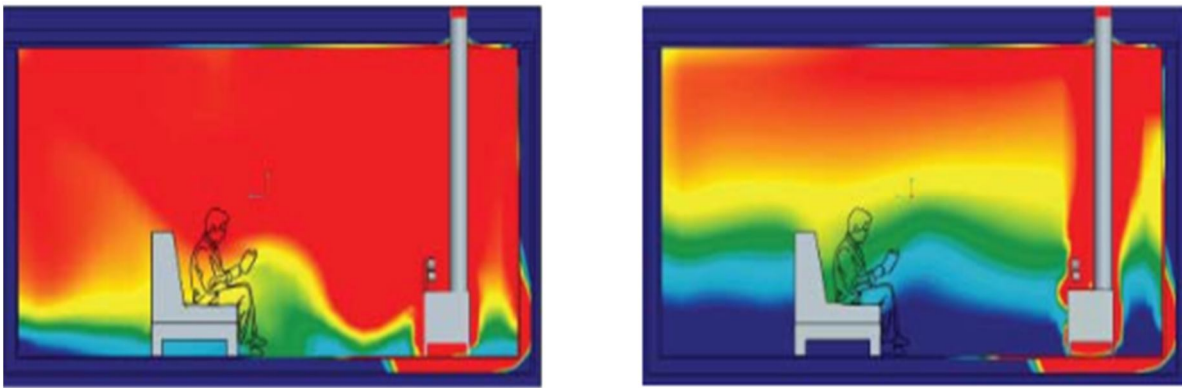
Bina içerisinde ısıtma sırasında meydana gelen dengesiz sıcaklık dağılımı sorununu ortadan kaldırmak için sıcaklık dağılımına müdahale etmek yeterli olacaktır çünkü bu durum tamamen doğal yollarla meydana gelmektedir ve herhangi bir müdahale olmadığı sürece bir döngü şeklinde hep aynı biçimde olmaya devam edecektir.

Sıcaklığın bina içinde dengeli bir şekilde dağılmasını sağlamak için karmaşık sistemler tasarlamaya ihtiyaç yoktur. Tek bir fan (aspiratör) ile ya da sıralı fanlar ile sıcaklık dağılımına müdahale edilebilir.



Şekil 1.9. Kömür veya odun sobalarında kullanılan fan (The Caframo Ecofan ) (URL-7, 2015).

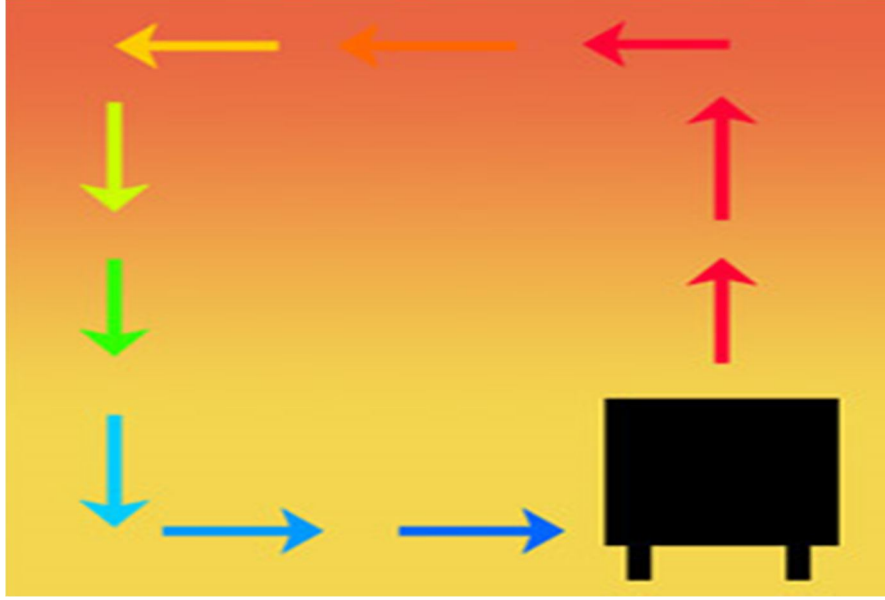
Şekil 1.9'da üç farklı görüntüsü bulunan fan (The Caframo Ecofan ) kömür ya da odun sobalarıyla birlikte kullanılmak üzere özel olarak üretilmiştir. İhtiyacı olan enerjiyi sıcaklıktan üreten fan, sobalardan elde edilen sıcak havanın oda içerisinde sirkülasyonunu sağlamakta kullanılmaktadır. 65 °C - 345 °C sıcaklıklar arasında çalışabilen bu fan üzerinde herhangi bir batarya vb. güç kaynağı bulunmamaktadır. Bir güç kaynağı kullanmak yerine ihtiyacı olan elektriği sobanın gövdesinden emdiği sıcaklıktan üretmektedir. Fan (Ecofan) otomatik olarak çalışmaya başlamaktadır ve hızını sobanın sıcaklığına göre ayarlamaktadır. Sobanın sıcaklığı arttıkça oda içerisine daha fazla sıcak hava dağıtmak için fan da hızını arttırmaktadır. Benzer şekilde soba soğumaya başlayınca fan da soba sıcaklığına bağlı olarak hızını düşürmekte veya fan tamamen durmaktadır (URL-1, 2015).



Şekil 1.10. Fan kullanılan ve fan kullanılmayan odalardaki sıcaklık dağılım simülasyonu (URL-7, 2015)

Şekil 1.10'de görülen iki adet sıcaklık haritasından soldaki üzerine fan (Ecofan) monte edilmiş olan bir soba tarafından ısıtılan odaya aittir. Sağdaki ise üzerine fan (Ecofan) monte edilmemiş bir soba tarafından ısıtılan bir odaya aittir. Görüldüğü üzere bir adet fan yardımıyla sıcak havanın oda içerisindeki dağılımına müdahale edilmiş ve dengeli

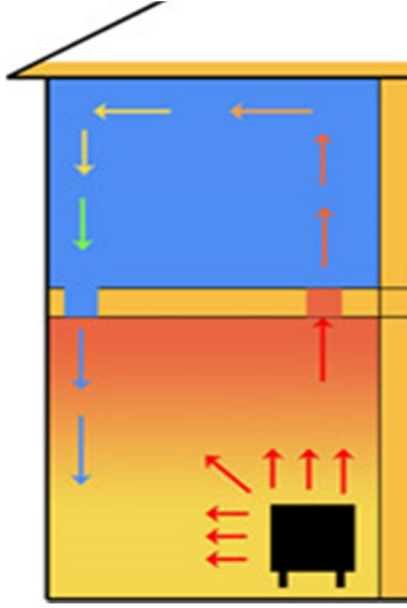
bir sıcaklık dağılımı elde edilebilmiştir. Bu sayede hem konfor şartlarına kolay bir şekilde ulaşılabilmiş, hem de odanın soğuk bölgelerini ısıtmak için daha fazla enerji harcanmasına engel olunarak enerji israfı önlenip eldeki enerjinin verimli bir biçimde kullanılması sağlanmıştır.



Şekil 1.11. Soba ile ısıtılan bir odadaki sıcak hava akışı (URL-8, 2015).

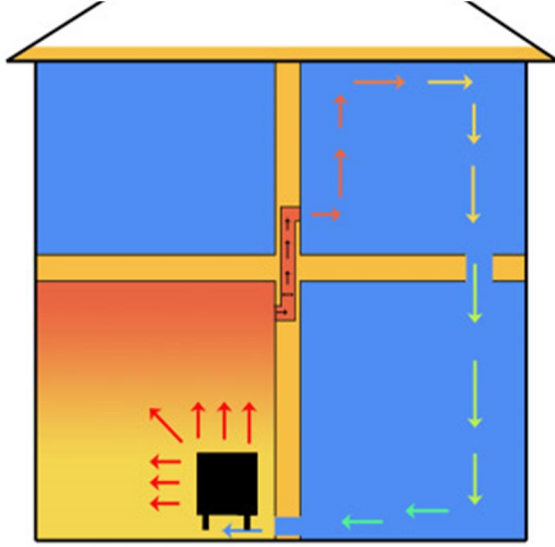
Soba ile ısıtılan bir odada sıcak hava akışı şekil 1.11'deki resme benzer şekilde meydana gelmektedir. Günümüzde çoğunlukla kullanılmakta olan radyatörle ısıtma sisteminde de durum benzer şekildedir. Sobadan veya radyatörden elde edilen sıcak hava düşey ekseninde dik bir şekilde tavana doğru hareket etmektedir. Tavana ulaşan sıcak hava molekülleri yatay ekseninde hareket etmekte, ısıtıcıdan uzaklaşan hava molekülleri tekrar soğumaktadırlar ve soğuyup ağırlaşan moleküller tavandan zemine doğru çökmektedirler.

Sıcak havanın oda içerisindeki bu akış yönü farklı uygulamalarla ihtiyacımızı karşılamakta kullanılabilir. Soba ile ısıtılan binalarda genellikle insanların en sık kullandığı odada bir adet soba olur ve diğer odalar soğuktur. Diğer odaların ısıtılması için sıcak havanın akış yönüne müdahale edilmesi yeterli olabilmektedir.



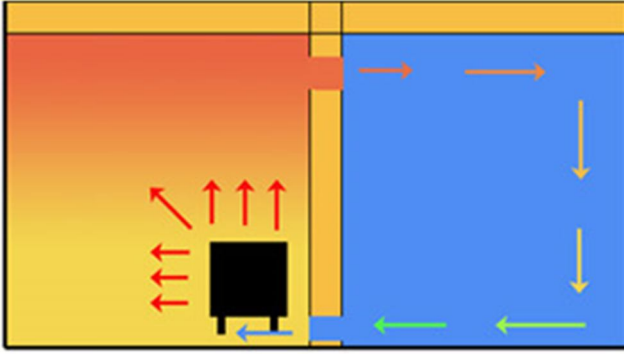
**Şekil 1.12.** Alt kattan üst kata sıcak hava akışı (URL-8, 2015).

Şekil 1.12’de görüldüğü üzere alt katta soba olan sıcak bir oda ve üst katta soba olmayan soğuk bir oda bulunmaktadır. Üst katın ısıtılması için alt katın çatısına iki adet fan konumlandırılmıştır. Bunlardan bir tanesi alt kattaki odadan sıcak havayı üst kata transfer etmekte, diğeri ise üst kattaki soğuk havayı alt kata transfer etmekte kullanılmaktadır. Bir döngü şeklinde meydana gelen hava hareketleri vasıtasıyla soba olmayan odadaki soğuk hava molekülleri ile soba bulunan odadaki sıcak hava moleküllerinin buluşması sağlanmaktadır. Bu buluşma sayesinde moleküller arasında ısı iletimi meydana gelmekte ve soğuk odanın ısıtılması sağlanmaktadır. Şekil 1.12-13 ve 14’te verilen şekiller içten merdivenli dubleks ev değildir. Sadece ısının diğer odalara taşınması için önerilmiş birer çizimdir ve bu konuda bir bilimsel bir çalışmaya rastlanmamıştır.



Şekil 1.13. Soba odadan üst kattaki ve yandaki odalara sıcak hava akışı (URL-8, 2015).

Şekil 1.13'teki sistemde ise bir hava transfer tüneli ve sıralı fan düzeneği kullanıldığı görülmektedir. Hava transfer tünelinin giriş ve çıkışına birer adet fan, odaların zemin ve yan duvarına yine birer adet fan şeklindeki gibi konumlandırılarak sadece alt kata ve üst kat arasında değil, ihtiyaç halinde soba bulunan odadaki sıcak havanın üst ve yan taraftaki odaların ısıtılmasında da kullanılabileceği net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 1.14. Soba odadan yandaki odaya sıcak hava akışı (URL-8,2015).

Şekil 1.14'te kurulmuş olan sistem de ısıtılmak istenen oda, soba bulunan odanın yanında bulunuyorsa kullanılabilecek alternatif bir ısıtma yöntemidir.

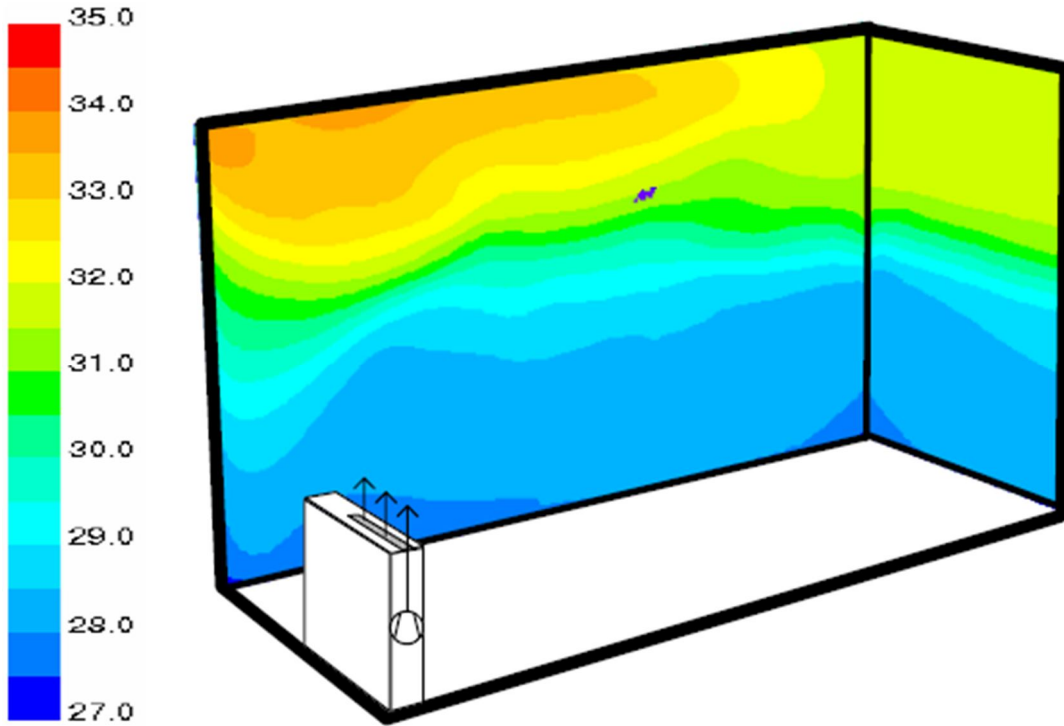
Bu gösterilen yöntemler gayet kullanışlı ve pratik yöntemlerdir. Ancak bu yöntemleri kullanırken dikkat edilmesi gereken husus sıcak hava transferi yaparken insan sağlığı için tehlikeli olan sobadan salınma ihtimali olan karbonmonoksit gazının veya yangın esnasında oluşacak dumanın hava transferi döngüsüne sokulmaması için önlem alınmalıdır. Hele ki ısıtılmak istenen oda yatak odası ise kötü sonuçlar doğurabilir.

Gerekli önlemler alındığı takdirde kullanımı kolay olan ve enerjinin verimli kullanılması hususunda yol gösterici fikirler veren bu yöntemler, gereğinden fazla enerji sarfiyatı yapmadan konfor şartlarının sağlanabileceğini gözler önüne sermektedir.

### 1.11. Dupleks evlerde ısıtma

Dünyada enerjiye olan ihtiyaç artmakta, buna paralel olarak enerji kaynakları da her geçen gün daha da azalmaktadır. Bu durumun doğuracağı ciddi problemlerin önüne geçmede alternatif enerji kaynakları bulmak bir çaredir, bunun yanında elimizde bulunan kaynakları verimli şekilde kullanmak ve enerji israfını önleyici pratik yöntemler geliştirmek de çok önemli bir yöntemdir.

Türkiye’de enerjinin %30’u binaların ısıtılmasında kullanılmaktadır. Büyük miktardaki bu enerji ise bilinçsizce harcanmaktadır. Bu kadar büyük miktarda enerji harcamamıza rağmen bina içerisindeki ısı konfor şartlarımız Avrupa standartlarının gerisinde kalmaktadır (Koca, 2011). Bu durumun sebeplerinden en önde geleni kapalı ortamda homojen dağılmayan sıcak havadır (Şekil 1.15).



Şekil 1.15. Radyatörle ısıtılan bir odada sıcaklık dağılım haritası (Riederer, 2002).

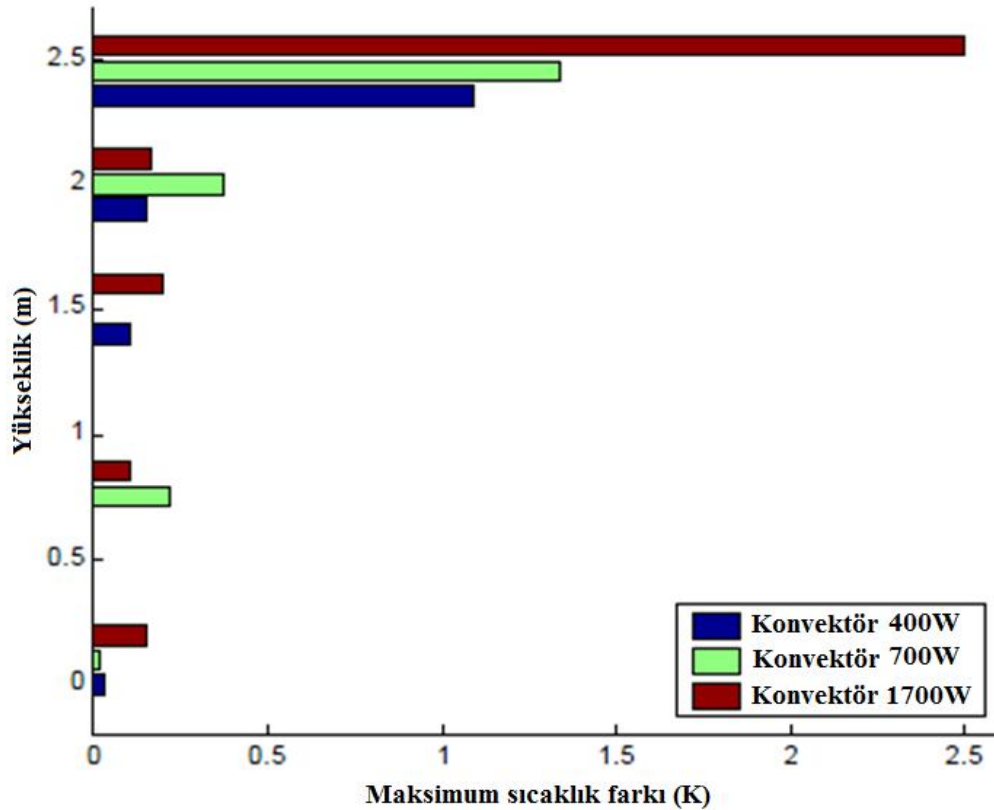
Ülkemizde ısıtma konusunda sıklıkla sorun yaşanan bina tiplerinden birisi dupleks evlerdir. Bina içinde merdivenle birbirine bağlanmış iki katlı binalar olan dupleks evlerin



mimarisi sebebiyle ısıtma konusunda konfor sıcaklığını yakalamak zor olduğu gibi, konfor sıcaklığına ulaşmak için ciddi miktarda enerji israfı yapılmaktadır.

“235 metrekare dubleks evde oturuyoruz. Çok güzel gerçekten. Manzara falan gözüküyor. Sadece bir sorun var o da ısınma. Kombi çok iyi aslında ama ev ısınmıyor. Kışın 19 dereceyi geçmiyor. Kombi 50’de çalışıyor ama nedense ısınmıyor. Petekleri büyüttük ama yine olmadı. Aylık 300 TL fatura geliyor.”(URL-9, 2014). donanimhaber.com isimli internet sayfasından alınan, dubleks evde yaşayan Story Line takma adlı bir kişiye ait bu ifadeler sorunu açık bir şekilde ortaya koymaktadır.

Şekil 1.16’deki sıcaklık haritasında vurgulanan bina içindeki sıcak havanın heterojen dağılımı dubleks evlerde daha sık yaşanmakta ve ısınma konusunda sorun oluşturmaktadır. Bilindiği üzere ısınan hava molekülleri genişler ve hafifler. Hafifleyen moleküller zeminden tavana doğru hareket ederler ve dolayısıyla kapalı ortamlarda sıcak hava molekülleri tavanda birikirler. Bundan ötürü kapalı ortamlarda tavadaki sıcaklık zemine göre daha fazladır.



Şekil 1.16. Yatay eksenle sıcak havanın yüksekliğe bağlı heterojen dağılımını gösteren grafik (Riederer, 2002).

Bu durum dubleks evlerde ciddi bir dezavantaja dönüşmektedir. Çünkü tavanda biriken sıcak hava merdiven boşluğundan üst kata transfer olmaktadır. Bu olay da kış aylarında üst katın sıcaklığının gereğinden fazla, insanların daha sık kullandığı ve binanın geniş bölümü olan alt katın sıcaklığının ise ihtiyaç duyulandan az olmasına sebebiyet vermektedir.

Sıcak havanın katlar arasında dengesiz dağılması sonucunda kış aylarında alt katta üşüyen insanlar, alt katın sıcaklığını arttırmak için daha fazla enerji harcayıp ısıtıcı performansını arttırarak çözüm üretmeye çalışmaktadırlar. Ancak bu işlem, sorunun ortadan kaldırılmasını sağlamamakta, bilakis üst kata daha fazla sıcak havanın transfer olmasına ve dolayısıyla enerji israfına sebep olmaktadır. Dubleks ev kullanan kişinin ifadelerinde görüldüğü üzere, kişi evini ısıtamadığı için kombinin performansını arttırmasına rağmen yine de evi verimli bir şekilde ısıtamadığını söylemektedir. Yüksek bir fatura ödemek zorunda kalması ise ayrı bir sorundur.

## 1.12. Dubleks Evde Isı Transferi

Literatürde dubleks evler üzerine bilimsel çalışmalar biraz ihmal edilmiş durumdadır. Dubleks evlerde ısının konveksiyon yoluyla transfer edilmesi için yapılmış uygulamalı bir modele rastlanılmamıştır. Riederer P., 2002 doktora çalışmasında bu konuya çok yakın olan ve benzerlikler içeren kapalı bir odanın içerisinde ısının konveksiyon yolla nasıl yer değiştirdiğini gösteren bir model geliştirmiştir. Modelde yüksekçe bir oda farklı parçalara (zone) bölünmüş ve ısınan havanın yer değiştirmesi modellenmiştir. Sistemin her bir alt bölümü (zone) için enerji dengesinin modeli aşağıdaki gibidir.

$$m_i c_p \frac{d\vartheta_i}{dt} = \sum_{j=1}^l \dot{m}_{j,i} c_p \vartheta_j - \sum_{j=1}^l \dot{m}_{i,j} c_p \vartheta_i + \sum_{k=1}^m h_{i,k} A_{i,k} (\vartheta A, k - \vartheta_i) + \sum_{r=1}^s \dot{m}_{ext;r,i} c_p \vartheta_{ext,r} - \sum_{r=1}^s \dot{m}_{ext;i,r} c_p \vartheta_i + \sum_{p=1}^q \Phi_p \quad (1.12.1)$$

Denklem 1.12.1'de açıklandığı üzere Model olarak çalıştığımız dubleks evde ev içi ısı transferi aynı prensibe dayanmaktadır. Formülde verilen semboller aşağıda açıklanmıştır;

$\Phi_p$ : Isı akışı (Heat Flux)

V: Hava hacmi (Volume)

$C_p$ : Havanın termal ısı kapasitesi (Thermal heat capacity of air)

$\dot{m}$ : Debi (Flow rate)

$h$ : Taşınımli ısı aktarım katsayısı (Convective heat transfer coefficient)

$A$  : Yüzey alanı (Surface)

$i$  : Hava akımı alt-bölüm numarası (Current air sub-volume number)

$j$  : Alt bölüm bitişigindeki alt bölüm (Sub-volume adjacent to sub-volume  $i$ )

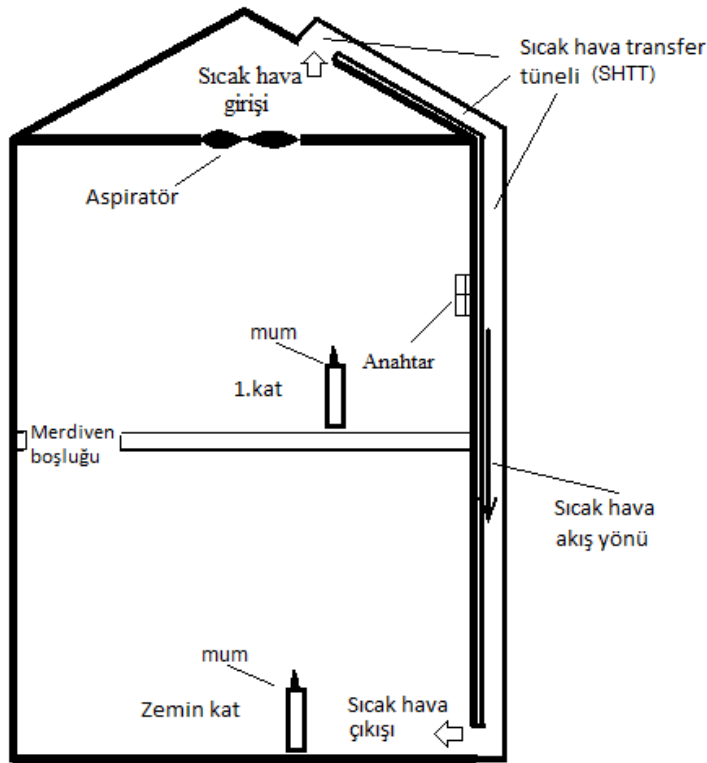
Bu modelde anlatılmak istenen olay, bizim sistemimizde anlatılmak istenen katlar arası ısı geçişı olayını tanımlayabilmektedir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Dupleks ev modeli

İçten merdivenli dupleks evlerdeki özellikle alt kattaki ısınma problemine çözüm üretebilmek için geliştirilen SHTT yöntemi bir model ev üzerinde yerleştirilmiş ve bu tasarımın kesiti şematik resim olarak Şekil 2.1. de gösterilmiştir. Geliştirilen yöntemin sıcaklık ölçüm deneyleri bu model üzerinde test edilmiştir.



Şekil 2.1. Dupleks ev modelinin düşey kesiti

Tasarlanan içten merdivenli dupleks ev modeli, iç hacmi her biri 46 x 46 cm taban boyutu, 67 cm oda yüksekliği olacak şekilde iki katlı ve birde tavan yüksekliği 20 cm üçgen kesitli bir yapıda 2 cm kalınlığında suntadan imal edilmiştir. Dupleks evlerde bulunan merdiven boşluğunu temsilen iki kat arasında ısı geçişine müsaade eden 15x15 cm boyutunda bir bölüm kesilip çıkarıldı. Ev içerisine fan ve sensörler gibi araçları yerleştirebilmek ve ihtiyaç halinde evin içine müdahale edilebilmesi için ön cepheye 50 x 95 cm boyutunda bir kapı açıldı. Ayrıca üst katın tavanına 12 x12 cm boyutlarında bir bölüm kesilip çıkarılarak SHTT'ne üst katta biriken sıcaklığı transfer edebilmek için hava

akış yönü yukarıya doğru olan bir adet alternatif akım fan yerleştirildi. Alt katın yan duvarına ve çatıya 15'er cm genişliğinde birer delik açarak SHTT görevi görecek olan esnek bir boru çatı ile alt katı birbirlerine kapalı bir devre olacak şekilde monte edildi.



Şekil 2.2. İmal edilen dubleks ev modeli

Modelin yapımından sonra sıcaklık ölçümü deneylerini sağlıklı bir şekilde yapabilmek için ısı kaybı olabilecek bölgeler için yalıtım tedbirleri alındı. Ön cephede açılan kapıdan kaçak olmaması için kapının etrafına ısı kaybını önleyici sünger yapıştırıldı. (Şekil 2.3) Daha sonraki aşamada sıcak hava transfer tünelinin dış yüzeyi, sıcak hava transfer tüneli iletkenliği yüksek bir madde olan alüminyum malzemeden yapıldığından, alüminyum boru üzerinden ısı kaybını en aza indirebilmek için ısı kaybını önleyecek şekilde pamuk kumaştan imal edilmiş uzun bir bez parçası ile sarıldı (Şekil 2.2).



Şekil 2.3. Model kapısının izolasyon işlemi

### 2.1.2. Fan/pervane

Çalışmamızda üst kattaki sıcak hava kütesini SHTT vasıtasıyla alt kata iletmemizi sağlayan eleman, şebeke gerilimiyle çalışan şekil 2.4'deki fandır. Şekildeki fan üst katın üst bölmesinde havanın genişlemesinden dolayı birikmiş yüksek sıcaklıktaki hava kütesini emip zorlama etkisiyle SHTT üzerinden alt kata transferine yardımcı olmak için kullanılmıştır. Çalışmamızda kullanılan fan üst katın çatısına akış yönü yukarı doğru olacak şekilde yerleştirilmiş hali Şekil 2.5'te verilmiştir.



Şekil 2.4. 120x120x38 240 VAC Fan



Şekil 2.5. Fanın model evin tavanına monte edilmiş hali

### 2.1.3. Anahtar

Model ev üzerinde yapılan deneyler boyunca, sıcak hava transfer tünelinin girişine monte edilen fanın manuel kontrolünü yapmak için Şekil 2.6'da görülen anahtar kullanılmıştır.



Şekil 2.6. Model üzerine monte edilmiş fanın açılıp kapanmasını sağlayan anahtar

### 2.1.4. Isıtıcı

Çalışmamızın deney aşamasında model evin ısıtılmasında ısıtıcı olarak mumlar kullanılmıştır. Yapılan deneylerde modelin küçük olması sebebiyle 2 adet mum kullanılmış ve deneylerin yapılabilmesi için yeterli olmuştur.



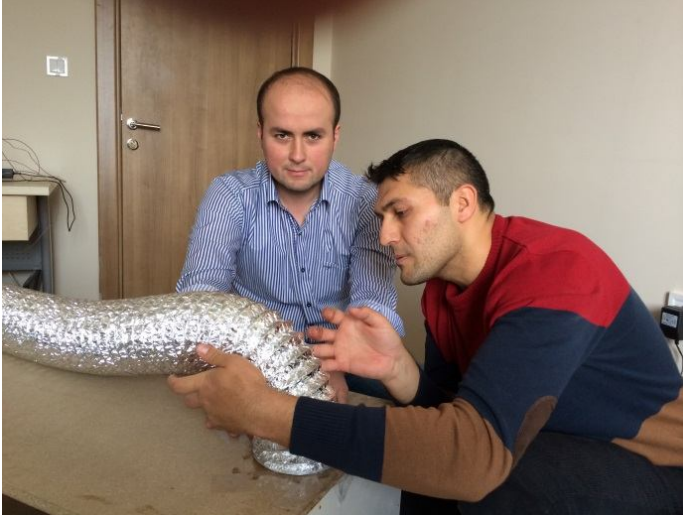
Şekil 2.7. Mumların model içerisindeki konumu

### 2.1.5. Sıcak Hava Transfer Tüneli (SHTT)

Dubleks ev modeli üzerinde yapılan deneylerde üst katta biriken sıcak havayı alt kata transfer etmek için çift katlı alüminyum folyodan yapılmış esnek boru kullanıldı (Şekil 2.8). Her ne kadar çift katlı folyodan üretilmiş olsa da alüminyumun iletkenliğinden dolayı ısı kaybına engel olmak için esnek boru pamuktan imal edilmiş bez ile sarılarak yalıtım işlemi uygulandı.



Şekil 2.8. Model evde kullanılan alüminyum folyo esnek boru



Şekil 2.9 ve Şekil 2.10. SHTT'nin montajı ve Tavan ile alt kat arasında tünel görevi gören SHTT'nin görüntüsü





Şekil 2.11. SHTT'nin izole edilmiş görüntüsü

#### 2.1.6. K Tipi Termokupl (Isıl çift)

Nikel (-) ve Nikelkrom (+) bacadan oluşan bu termokupl, oksitleyici ortamlarda tercih edilir. 1300°C'ye kadar mV değeri üretmesine rağmen yaygın olarak 1200°C'ye kadar kullanılır. Çalışmamızın Labview ile sıcaklık ölçümü yapılan bölümünde, biri modelin üst katının tavanına yakın bir yere, diğeri de modelin alt katının zeminine yakın bir yere konumlandırılan 2 adet K tipi termokupl kullanılmıştır (Şekil 2.12) (URL-10, 2015).



Şekil 2.12. K tipi termokupl (Isıl çift)

**Tablo 2.1.** K tipi ısıtıcı çiftte ait DIN 43710 ve IEC 584 standardına uygun tablo değerleri

														NiCr-Ni				
°C	-100	-0	°C	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300	°C
-0	-3.553	0.000	0	0.000	4.095	8.137	12.207	16.395	20.640	24.902	29.128	33.277	37.325	41.269	45.108	48.828	52.398	0
-10	-3.852	-0.392	10	0.397	4.508	8.537	12.623	16.818	21.066	25.327	29.547	33.686	37.724	41.657	45.486	49.192	52.747	10
-20	-4.138	-0.777	20	0.798	4.919	8.938	13.039	17.241	21.493	25.751	29.965	34.095	38.122	42.045	45.863	49.555	53.093	20
-30	-4.410	-1.156	30	1.203	5.327	9.341	13.456	17.664	21.919	26.176	30.383	34.502	38.519	42.432	46.238	49.916	53.439	30
-40	-4.699	-1.527	40	1.611	5.733	9.745	13.874	18.088	22.346	26.599	30.799	34.909	38.915	42.817	46.612	50.276	53.782	40
-50	-4.912	-1.889	50	2.022	6.137	10.151	14.292	18.513	22.772	27.022	31.214	35.314	39.310	43.202	46.985	50.633	54.125	50
-60	-5.141	-2.243	60	2.436	6.539	10.560	14.712	18.938	23.198	27.445	31.629	35.718	39.703	43.585	47.356	50.990	54.466	60
-70	-5.354	-2.586	70	2.850	6.939	10.969	15.132	19.363	23.624	27.867	32.042	36.121	40.096	43.968	47.726	51.344	54.807	70
-80	-5.550	-2.920	80	3.266	7.338	11.381	15.552	19.788	24.050	28.288	32.455	36.524	40.488	44.349	48.095	51.697		80
-90	-5.730	-3.242	90	3.681	7.737	11.793	15.974	20.214	24.476	28.709	32.866	36.925	40.879	44.729	48.462	52.049		90
-100	-5.891	-3.553	100	4.095	8.137	12.207	16.395	20.640	24.902	29.128	33.277	37.325	41.269	45.108	48.828	52.398		100

DIN 43710 ve IEC 584 standardına uygun tablo değerleri, soğuk noktanın 0°C’de tutulması ile elde edilmiştir (URL-10, 2015).

### 2.1.7. Sıcaklık Ölçümü Yapan Labview Programı

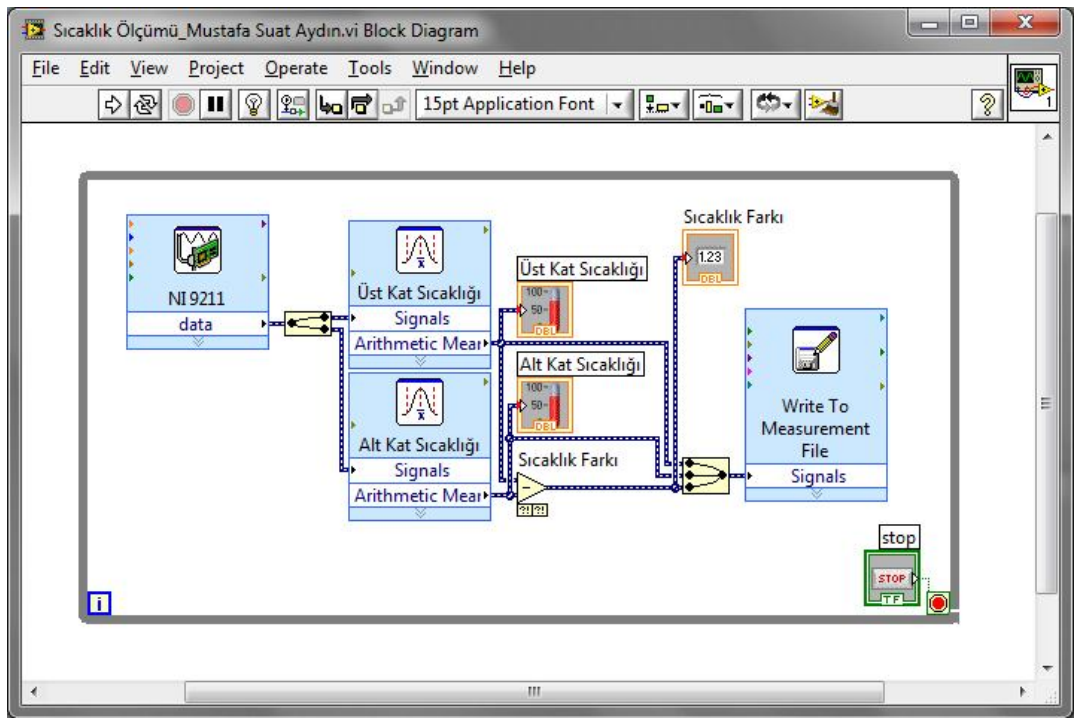
Dubleks ev modeli üzerinde yapılan sıcaklık ölçüm deneylerinde anlık sıcaklık gösteren termometreler yerine tüm ısı değişimini takip edebilmek için sıcaklık ölçümü yapan Labview programı kullanıldı.

### 2.2. Metot

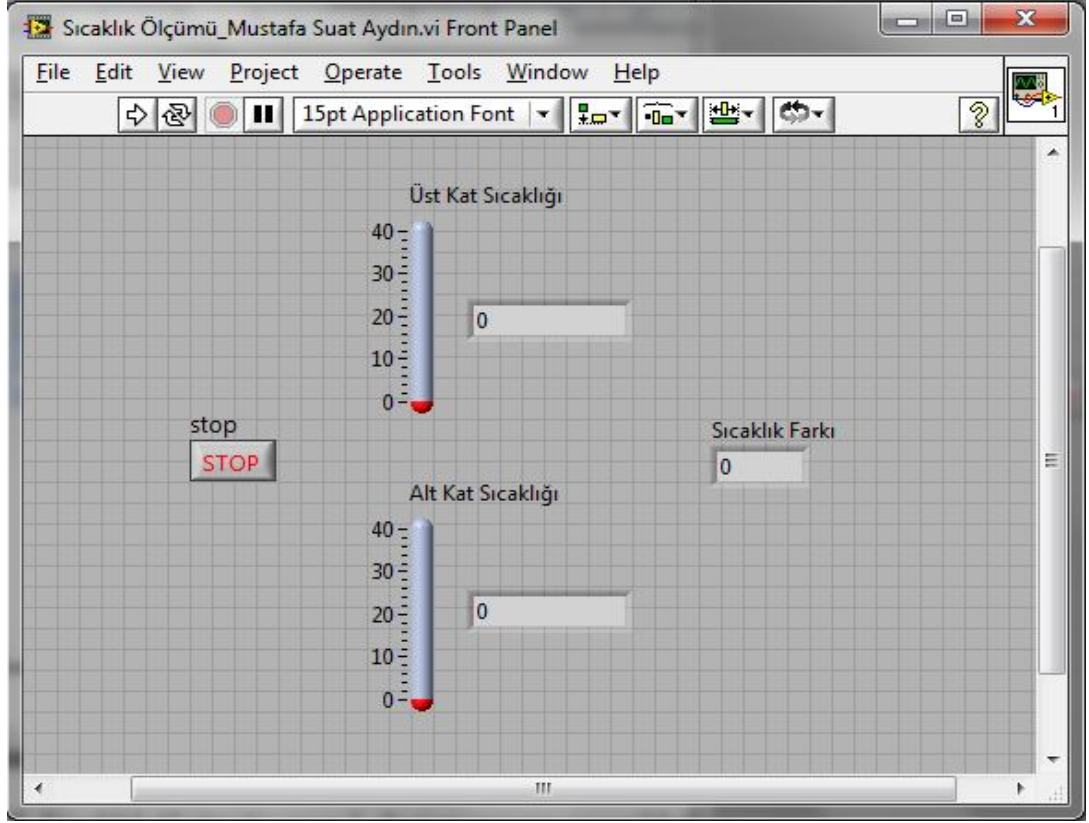
Model evimizin kapı çevreleri ve SHTT’nin iyi bir şekilde izole edildiği için 2-3 mumun birlikte kullanılmasıyla rahatlıkla ısıtılabilirdi. Projemizin çıkış kaynağı olan dubleks evlerdeki katlar arası ısı geçişine müsaade eden boşluk açılmasıyla alt kattaki ısının üst kata yükselmesi (kaçması) tüm deneylerimiz boyunca gözlemlenebilmiştir. Yukarıda bahsedilen probleme çözüm getiren ve model üzerine üst kattaki sıcak havanın alt katın zeminine transferine imkân tanıyan bir pervane ve bir Sıcak Hava Transfer Tüneli (SHTT) yerleştirildi.

Modelimiz deney boyunca dış ortamın sıcaklığını sabit tutabilmek amacıyla oda sıcaklığında tutulmuştur. Sadece sıcaklığı düşürebilmek ve düşük sıcaklıklarda başlayabilmek için (Ocak ayında yapılan deneyde) deney başlangıcında çalışma odasının pencereleri ve modelin kapağı açık tutularak modelimizin içerisinde sıcaklığın düşmesi sağlanmıştır. Daha sonra modelin bulunduğu odanın kapı ve pencereleri kapatılmıştır. Deneylerde alt ve üst kat eşit sıcaklıkta iken başlatılmış ve deneyde uzunca bir süre sıcaklığı kontrol eden hiçbir uygulama yapılmamıştır. Ayrıca deney esnasında modelin içerisindeki sıcaklığın değişmemesi için muhlara ve dolayısıyla ısıtma işlemine müdahale edilmemiştir. Yani muhtarlar tüm deneyler süresince yanık kalmıştır.

Dubleks ev modeli üzerinde yapılan sıcaklık ölçüm deneylerinde anlık sıcaklık gösteren termometreler yerine tüm ısı değişimini takip edebilmek için Mustafa Suat Aydın'ın tez çalışmasında kullanılmak üzere yazdığı sıcaklık ölçümü yapan Labview programlama dili kullanıldı. Labview programının veri kazanım özelliğinden yararlanılarak sıcaklık değerleri deneyler süresince anlık olarak bilgisayar ekranına aktarıldı ve kaydedildi. Bu amaçla Mustafa Suat Aydın tarafından hazırlanan aşağıdaki Labview programı ile hazırlanan veri kazanım blok diyagramı kullanılmıştır. Bu amaçla hazırlanan blok diyagramı Şekil 2.13'te verilmiştir. Ayrıca Şekil 2.14'te sıcaklık ölçümü yapan Labview programının ön paneli görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.13. Sıcaklık ölçümü yapan Labview programının blok diyagram görüntüsü



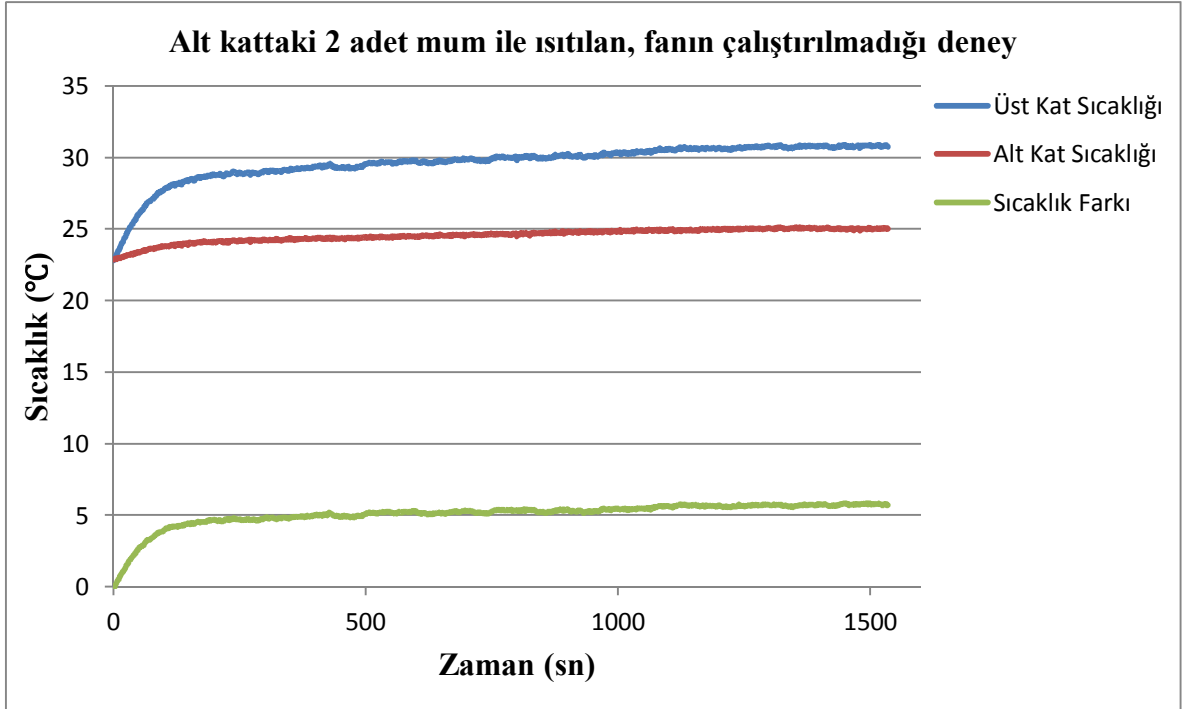
Şekil 2.14. Sıcaklık ölçümü yapan Labview programının ön paneli görüntüsü

Deneyler devam ettikçe katlar arası sıcaklık farkının giderek arttığı gözlemlenebilmiştir. Deneylerin belirli zamanında sıcaklık farkının iyice açıldığı bir durumda SHTT'nin etkisini gösterebilmek amacıyla modelin dış kısmına yerleştirilmiş bir anahtar yardımı ile fan çalıştırılmıştır.

### 3. BULGULAR

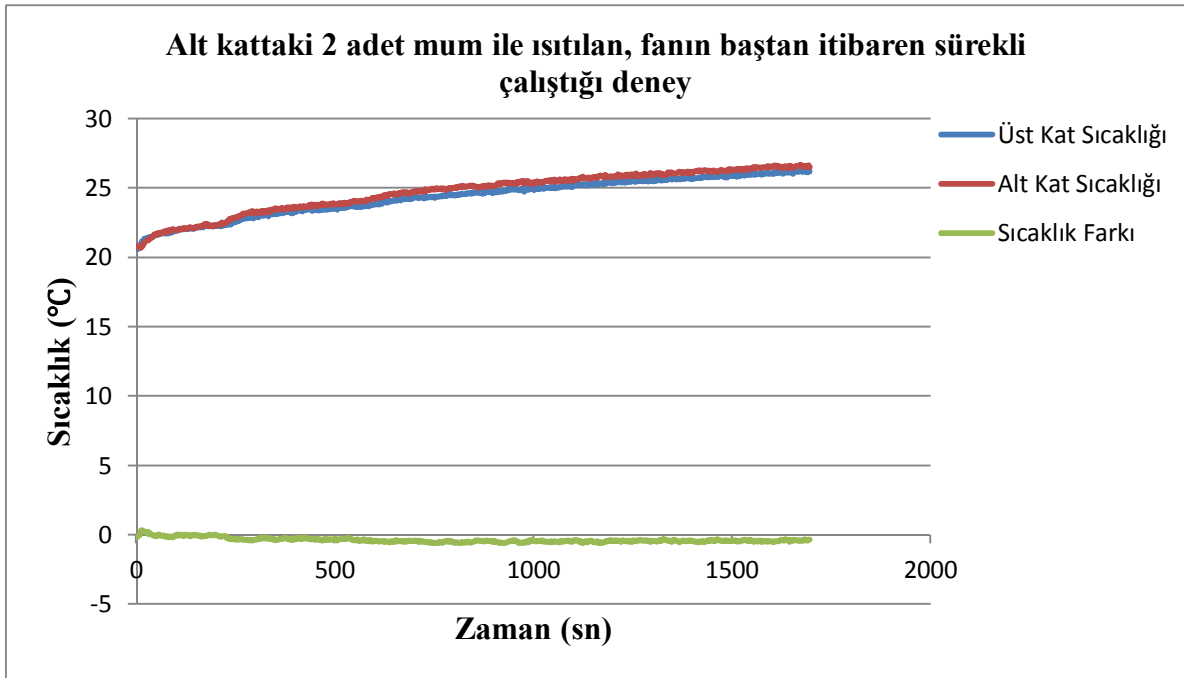
#### 3.1 Veri Analizi

2 cm kalınlığında suntadan imal edilen modelimiz tüm deneyler boyunca çalışma ortamı sıcaklığında tutulduğundan dolayı model dışı ısı kaybının az olması sağlandı. Bundan dolayı normalde dubleks evlerde yaşanan alt kattaki ısınma sorunu fazla etkisini gösterememiştir. Bununla birlikte projemizin çıkış kaynağı olan dubleks evlerdeki katlar arası ısı geçişine müsaade eden boşluk bulunmasından dolayı alt kattaki ısının üst kata yükselmesi (kaçması) tüm deneylerimiz boyunca gözlemlenebilmiştir. Dubleks model evde yapılan tüm deneyler Arş. Gör. Mustafa Suat Aydın'ın hazırladığı Labview programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Bütün deneylerde ısıtıcı olarak mum kullanılmıştır. Modelimiz deney boyunca oda ortamında ve sıcaklığında tutulmuştur. Deneylerde kullanılan model üzerinde üst kattaki sıcak havanın alt katın zeminine transferine imkân tanıyan bir pervane, pervaneyi kontrol etmek için bir adet anahtar ve izolasyonu yapılmış Sıcak Hava Transfer Tüneli (SHTT) bulunmaktadır.



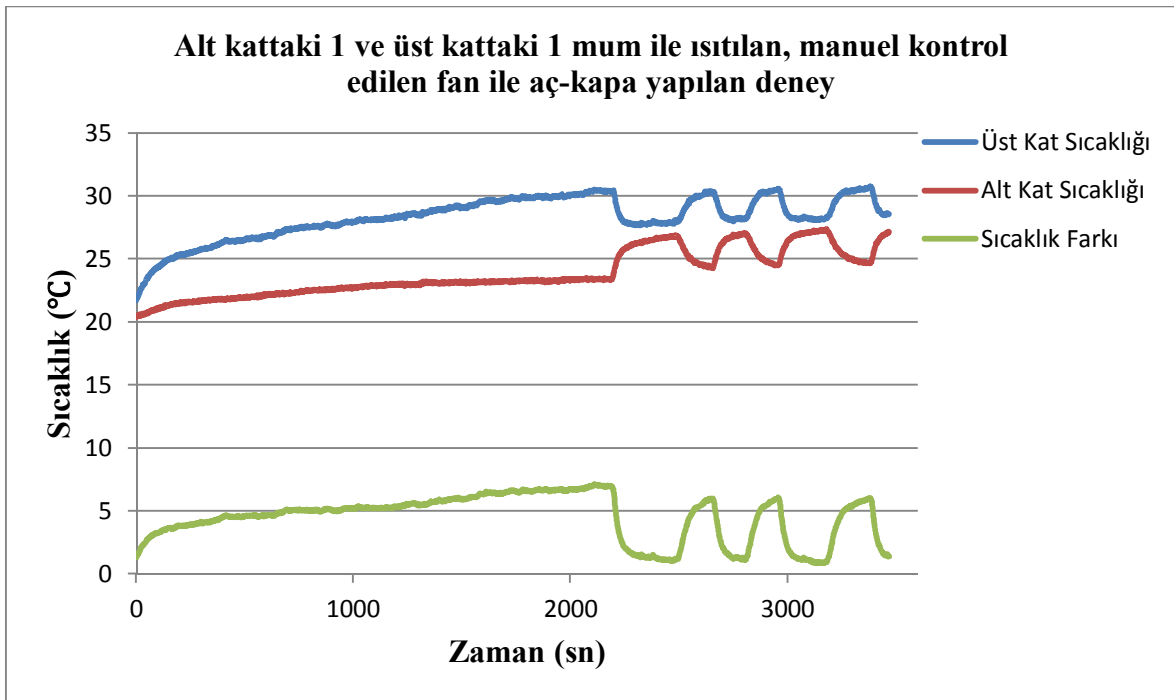
Şekil 3.1. Modelin ısıtılmasıyla birlikte katlar arası sıcaklık farkının oluşması

Şekil 3.1’de grafiği verilen deney, çalışmamızın çıkış noktası olan sorunun (dubleks evlerde katlar arasında oluşan sıcaklık farkının) varlığını tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Bu deneyde modelin ısıtılması için modelin alt katına 2 adet mum yerleştirilmiştir. Çalışma öncesinde öngörüldüğü şekliyle katlar arasında doğal yollardan bir sıcaklık farkı meydana geleceğinden üst katta ısıtıcı kullanılmasına gerek bile duyulmamıştır. Tüm deney boyunca ısıtma işlemi kesintisiz devam etmiştir. Modelimiz deney boyunca oda ortamında ve sıcaklığında tutulduğundan deneylerimiz oda sıcaklığında başlatılmıştır. Bu deneyde alt ve üst kat eşit sıcaklıkta iken başlatılmış ve tüm deney boyunca sıcaklığı kontrol eden hiçbir uygulama yapılmamıştır. Grafikte açıkça görülebilmektedir ki; model kapısı kapatılıp ısıtmaya başlamasıyla birlikte model içerisinde her iki katta sıcaklık yükselmesi gözlemlenmeye başlanmıştır. Üst katta mum kullanılmamasına rağmen ve her iki katta da sıcaklık artışı gözlemlenmiştir. Deneyin başlangıcından itibaren katlar arası sıcaklık farkı giderek açılmıştır. Alt kat daha yavaş ısınırken üst katın daha hızlı ısındığı kolaylıkla fark edilebilmektedir. Deneyin yaklaşık 1530. saniyesinde alt kat sıcaklığı (dubleks evlerin gün içinde en çok kullanılan bölümündeki sıcaklık) oda sıcaklığı olarak kabul edilen  $25^{\circ}\text{C}$ ’ye ulaşmış, aynı anda üst kat sıcaklığının yaklaşık  $30,8^{\circ}\text{C}$ ’ye ulaştığı görülmüştür. Deneyin 1530. saniyesinde sıcaklık farkının  $5,8^{\circ}\text{C}$  olduğu açıkça görülebilmektedir.



Şekil 3.2. SHTT’nin katlar arası sıcaklık farkının oluşmasına engel olması

Şekil 3.2'deki grafiğin elde edildiği deney, küçük dubleks ev modelimizde katlar arası bir bağlantı boşluğu bulunmasından dolayı oluşan sıcaklık farkını engellemek için pervanenin çalıştırılmasıyla birlikte SHTT'in etkisi gözlemlemek için yapılmıştır. Bu deneyde modelin ısıtılması için modelin alt katına 2 adet mum yerleştirilmiştir. Çalışma öncesinde öngörüldüğü şekliyle katlar arasında doğal yollardan bir sıcaklık farkı meydana geleceğinden üst kata ısıtıcı konulmamıştır. Bu deneyde alt ve üst kat eşit sıcaklıkta iken başlatılmıştır. Tüm deney boyunca ısıtma işlemi devam ettirilmiş ve SHTT'ne bağlı pervane deney başlangıcından itibaren kesintisiz olarak çalıştırılmıştır. Grafikten anlaşıldığı üzere; model kapısı kapatılıp ısıtılmaya başlamasıyla birlikte model içerisinde sıcaklık yükselmeye başlamıştır. Ancak pervanenin etkisiyle katlar arasında sıcaklık farkı meydana gelmemiştir. Alt ve üst kat sıcaklığı aynı hızda birlikte yükselmeye devam etmiştir.



Şekil 3.3. SHTT'nin katlar arası sıcaklık farkının azalması üzerine etkisinin gösterilmesi

Şekil 3.3'deki grafik, SHTT'ne bağlı pervanenin manuel olarak aç/kapa yapılmasının model evde oluşacak katlar arası sıcaklık farkı üzerine etkisini görmek üzere yapılan deneye aittir. Bu deneyde modelin ısıtılmasında alt ve üst kata 1'er adet mum yerleştirilmiştir (Herhangi bir dubleks evde hem alt katta hem de üst katta ısıtıcı bulunduğu için gerçeğe uygun bir deney olması için). Bu deneyde alt ve üst kat eşit sıcaklıkta iken başlatılmış ve deneyin yaklaşık 2130. saniyesine kadar sıcaklığı kontrol eden hiçbir uygulama yapılmamıştır. Tüm deney boyunca ısıtma kesintisiz devam etmiştir. Grafikte

açıkça görülebilmektedir ki; model kapısı kapatılıp ısıtılmaya başlamasıyla birlikte model içerisinde sıcaklık yükselmeye başlamıştır. Deneyin başlangıcından itibaren katlar arası sıcaklık farkı giderek açılmıştır. Alt kat daha yavaş ısınırken üst katın daha hızlı ısındığı kolaylıkla fark edilebilmektedir. Deneyin yaklaşık 2130. saniyesinde alt kat sıcaklığı (dubleks evlerin gün içinde en çok kullanılan bölümündeki sıcaklık) sıcaklık 23,5°C' ye ulaşmış, aynı anda üst kat sıcaklığının yaklaşık 30,5°C' ye ulaştığı görülmüştür. Deneyin 2130. saniyesinde sıcaklık farkı yaklaşık 7°C ulaşmış ve modelimizin orijinal yönü olan üst katta biriken sıcak havanın alt kata transferine imkan tanıyan SHTT'ne bağlı pervane çalıştırılmıştır. Pervane çalıştırılmasıyla birlikte deneyin 2130. – 2430. saniyeleri arasında üst kattaki sıcaklık alt kata transfer edildiğinden dolayı üst kattaki sıcaklık hızla düşerken alt kattaki sıcaklığın hızla yükseldiği görülmektedir. Bu süre zarfında sıcaklık farkı da yaklaşık 1°C' ye düşmüştür. Deneyin 2430. saniyesinde pervane kapatılmıştır. Pervane kapatılmasıyla birlikte deneyin yaklaşık 2430.–2600. saniyeleri arasında üst kattan alt kata sıcak hava transferi durduğundan dolayı alt kattaki sıcaklık hızla düşerken üst kattaki sıcaklığın hızla yükseldiği görülmektedir. Deneyin 2600. saniyesinde pervane tekrar manuel olarak çalıştırılmıştır. Pervanenin çalıştırılmasıyla birlikte yaklaşık 5,5°C' ye ulaşan sıcaklık farkının hızla kapanmaya başladığı gözlemlenmiştir. Bu işlem 2 defa daha tekrar edilerek deneyin yaklaşık 3410. saniyesinde deney sonlandırılmıştır.

### 3.2 İstatistikî Analiz

Modelimiz fansız olarak yani doğal bir şekilde ısıtıldığında deney başlangıcında sıcaklık farkı yaklaşık 1°C iken 30 dakikalık bir ısıtma sonunda sıcaklık farkı yaklaşık 6,5 °C' ye kadar ulaşmıştır. SHTT'deki fan çalıştırıldığında üst kattaki ısı tünel boyunca alt kata taşındığından kısa bir sürede iki kat arası sıcaklık farkı yeniden yaklaşık 1 °C' ye kadar düştüğü görülmüştür. Uygulamalar arasında istatistikî olarak belirgin bir farklılık olup olmadığını görebilmek için bağımsız örnek t-testi uygulanmıştır.

**Tablo 3.1.** SPSS programında alt ve üst kat sıcaklıklarının fan çalışmaz durumundaki sonuçların bağımsız örnek t-testine göre analizi

Alt Kat Sıcaklığı- Fan çalışmazken	Üst Kat Sıcaklığı- Fan çalışmazken
24,29±0,06	30,44±0,01**
** P<0,01	



Alt katın sıcaklık ortalaması 24, 29°C iken üst katın sıcaklık ortalaması 30,44°C olarak bulunmuştur. Görülen bu ortalamalar arasındaki sıcaklık farklarının istatistikî olarak önemli olduğu görülmüştür. Diğer bir deyişle fansız yapılan ısıtma deneyi verilerinde üst katın sıcaklık ortalamasının alt katın sıcaklık ortalamasından istatistikî olarak daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p<0,01$ ).

**Tablo 3.2.** SPSS programında alt ve üst kat sıcaklıklarının fan çalışır durumundaki sonuçların bağımsız örnek t-testine göre analizi

Alt Kat Sıcaklığı- Fan çalışırken	Üst Kat Sıcaklığı- Fan çalışırken
27,00±0,02	28,24±0,03**
** P<0,01	

Alt ve üst katlar arasındaki sıcaklık farkını en aza inebileceğini düşündüğümüz alt ve üst katların SHTT'nin kullanıldığı verilerine t-testi uygulanmıştır. İstatistikî olarak alt katın fan ile çalışmada elde edilen sıcaklık ortalaması 27,00°C iken üst katın fan ile çalışmada elde edilen sıcaklık ortalaması 28,24°C olarak bulunmuştur. Sıcaklık ortalamalarından da görüleceği gibi fan kullanılmadan oluşan sıcaklık farkı yaklaşık 6,5°C'ye kadar çıkarken fan kullanıldığında iki kat arasındaki sıcaklık farkı 1.24°C'ye kadar düşmüştür. Fakat bu iki veri serisini istatistikî olarak karşılaştırdığımızda ortalamalar arasındaki sıcaklık farklarının istatistikî olarak önemli olduğu görülmüştür. Diğer bir deyişle fan kullanılarak yapılan ısıtma deneyi verilerinde üst katın sıcaklık ortalamasının alt katın sıcaklık ortalamasından büyük olsa dahi istatistikî olarak fark olmadığı belirlenmiştir ( $p<0,01$ ). Bunun nedeni veri setinin aşırı homojen olmasıyla (Sig. değeri 0,00 olduğu için) grupların standart hataları 0,05'den çok düşük olmasından dolayı (iki kat arasındaki sıcaklık farkı 1.24°C'ye kadar düşmesine rağmen) ortalama farkları çok küçük olsa dahi, gruplar arasında fark görülmesine neden olmuştur.

**Tablo 3.3.** SPSS programında alt kat sıcaklıklarının fan çalışırken ve çalışmaz durumundaki sonuçların bağımsız örnek t-testine göre analizi

Alt Kat Sıcaklığı- Fan çalışmazken	Alt Kat Sıcaklığı- Fan çalışırken
24,29±0,06	27,00±0,02 **
** P<0,01	

SHTT'nin alt kat üzerindeki etkisini görebilmek için alt kata ait hem fansız (doğal) hem de fanlı sıcaklık verileri istatistikî olarak karşılaştırıldığında alt katın sıcaklık ortalaması fansız yapılan deneyde 24, 29°C iken fanlı yapılan deneyde 27,00°C olarak bulunmuştur. Isıtma olmaksızın SHTT'nin kullanılmasıyla alt katın sıcaklığı 2,7°C birden yükselmiştir. Görülen bu ortalamalar arasındaki sıcaklık farklarının istatistikî olarak önemli olduğu görülmüştür. Diğer bir deyişle fanın alt kat üzerindeki etkisini görmek için yapılan t-testi uygulamasında üst katın fansız olarak elde edilen sıcaklık ortalamasının alt katın fanlı olarak elde edilen sıcaklık ortalamasından istatistikî olarak daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p<0,01$ ).

**Tablo 3.4.** SPSS programında üst kat sıcaklıklarının fan çalışırken ve çalışmaz durumundaki sonuçların bağımsız örnek t-testine göre analizi

Üst Kat Sıcaklığı- Fan çalışmazken	Üst Kat Sıcaklığı- Fan çalışırken
30,44±0,01 **	28,24±0,03
** P<0,01	

SHTT'nin üst kat üzerindeki etkisini görebilmek için üst kata ait hem fansız (doğal) hem de fanlı sıcaklık verileri istatistikî olarak karşılaştırıldığında üst katın sıcaklık ortalaması fansız yapılan deneyde 30,44°C iken fanlı yapılan deneyde 28,24°C olarak bulunmuştur. Isıtma olmaksızın SHTT'nin kullanılmasıyla üst katın sıcaklığı 2,2°C birden azalmıştır. Görülen bu ortalamalar arasındaki sıcaklık farklarının istatistikî olarak önemli olduğu görülmüştür. Diğer bir deyişle fanın üst kat üzerindeki etkisini görmek için yapılan t-testi uygulamasında üst katın fansız olarak elde edilen sıcaklık ortalamasının yine üst katın fanlı olarak elde edilen sıcaklık ortalamasından istatistikî olarak daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p<0,01$ ).

#### 4. SONUÇ ve TARTIŞMA

Şekil 3.1’de yapılan deney sonuçlarından açıkça görülebilmektedir ki; içten hava akışına müsaade eden dubleks ev modelimizde, ısıtmanın başlamasıyla birlikte üst katta ısıtıcı olmamasına rağmen üst kat daha hızlı ısınırken alt katın daha yavaş ısındığı gözlemlenmiştir. Alt kat sıcaklığı oda sıcaklığı kabul edilen 25°C ‘ye ulaşmaya kadar deney devam ettirilmiştir. Böylece üst katta ısıtıcı olmamasına rağmen sıcaklığı kontrol edecek herhangi bir müdahale yapılmadan katlar arası sıcaklık farkının ne seviyelere ulaştığı ve öngörüldüğü şekliyle bir sorunun var olduğu görülmüştür.

Şekil 3.2’deki grafikte verilen deney sonuçlarına göre, katlar arasında hava akışı için boşluk bulunan modelimizde, oluşması beklenen sıcaklık farkına SHTT’ne bağlı pervanenin etkisi açıkça görülmektedir. Aynı koşullarda yapılan önceki deneyde sıcaklığı kontrol eden herhangi bir uygulama yapılmadığı için üst katta ısıtıcı bulunmamasına rağmen sıcaklık farkının sürekli ve düzenli bir şekilde açıldığı görülmüştür. Bu deneyde sıcaklığı kontrol edici uygulama olarak kullanılan pervane yardımıyla alt ve üst katın aynı hızda ısındığı ve her iki kata ait sıcaklık değerlerinin deneyin her saniyesinde yaklaşık aynı değerde olduğu açıkça görülmektedir.

Şekil 3.3’te grafiğe ait deney sonuçlarına göre, içten hava akışına müsaade eden dubleks ev modelimizde, ısıtma başlamasıyla birlikte üst kat daha hızlı ısınırken alt katın daha yavaş ısındığı gözlemlenmiştir. Alt kat sıcaklığı oturma odası için önerilen sıcaklık olan 23 °C ‘ye ulaşmaya kadar pervane çalıştırılmamıştır. Böylece pervane çalışmadan önce katlar arası sıcaklık farkının ne seviyelere ulaştığı görülmüştür. Pervanenin çalıştırılmasıyla birlikte üst katta biriken fazla ısı SHTT yardımıyla alt kata transfer edilmeye başlayınca üst katın rahatsız edici fazla sıcaklığı birden azalmaya başlamış, bu esnada alt kattaki sıcaklık hızla yükselmiştir. Zaman geçtikçe sıcaklık farkı azalmıştır. Bir müddet sonra pervane kapatılmıştır. Pervanenin kapatılmasıyla birlikte üst katın sıcaklığı hızla artarken, alt katın sıcaklığının hızla azaldığı gözlemlenmiştir. Böylece Sıcak Hava Transfer Tüneli yardımıyla içten merdivenli dubleks evlerde alt katta oluşan ısınma sorununun çözülebileceği görülmüştür.

Yapılan deneyler ve deneylere ait grafiklerin yorumlarına göre, içten merdivenli dubleks hava akışına müsaade eden merdiven boşluğu bulunmasından dolayı sıcak havanın alt kattan üst kata kaçmasıyla oluşan bir dengesiz sıcaklık dağılımı vardır. Bu heterojen

dağılım sonucunda ısınma sorunları yaşandığı deneylerle ortaya konmuştur. Bu sorunun çözümü için geliştirilen sıcak hava transfer tüneli bulunan model dubleks evin ısınma problemini çözmede çok başarılı olduğu yapılan deneyler sonucunda açıkça görülmüş oldu.

## 5. ÖNERİLER

Bilimsel literatürde yazılmamış olsa da; imal ettiğimiz içten merdivenli dubleks ev modeli üzerindeki deneysel çalışmalar göstermiştir ki; gerçekten dubleks evlerde alt kat ile üst kat arasındaki sıcaklık farkı normalin çok üzerindedir ve bunun nedeninin alt katta ısınan hava kütlelerinin merdiven boşluğundan üst kata kaçması olduğu bilimsel olarak ispatlanmış oldu. Bu durum, Türkiye’de yaygın olarak kullanılan içten merdivenli dubleks evlere ait ısı dağılımının çalışılması gereken bir konu olduğu, özellikle Türkiye’de yaşayan bilim adamlarının bu soruna alternatif çözüm önerileri getirmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

Bu çalışma, bilim insanları için yeni bir çalışma alanı açılmasına yardımcı olacaktır. Özellikle enerji tasarrufunun çok önemli olduğu günümüzde ısınma sorununa basit yöntemlerle çözüm üreten metotlar uygulamaya kazandırılmalıdır. Bu çalışma ile içten merdivenli dubleks evlerin en önemli sorunu olan ısınamama problemine basit bir SHTT yöntemiyle çözüm üretilmiştir. Bu yöntemin hali hazırda yapılmış yapılara da monte edilebileceği gibi bundan sonra yapılacak dubleks evlere de bu yöntemin montajı mimari açıdan daha kullanışlı evlerin yapımını sağlayacaktır.

Bu çalışmadan sonra SHTT’nin kullanıldığı ölçeklendirilmiş farklı modellerin kullanıldığı çalışmalar yapılabileceği gibi mevcut dubleks evlerde konfor şartlarının da dikkate alındığı yeni çalışmaların yapılması gerekmektedir.

SHTT yöntemi ısınmada çok büyük tasarruflar sağlayan maliyeti çok ucuz uygulanabilir bir yöntemdir. Mutlaka ülke geneline yaygınlaştırılması gereken bir yöntem olup özellikle pervane kontrolünün insandan bağımsız bir şekilde otomatik olarak yapılması, yöntemin başarısını ve elde edilecek ısı tasarrufundan dolayı ülke ekonomisine büyük katkısı olması beklenmektedir.

## KAYNAKLAR

- Başol, K.**, 2013. Türkiye Ekonomisi, Anadolu Üniversitesi Yayınları
- Bilginoğlu, M. ve Dumrul, C.**, 2012. Türk Ekonomisinde Enerji Bağımlılığı Üzerine Bir Eş bütünleşme Analizi, *Journal of Yaşar University*, **26(7)**, 4392-4414.
- Bırol, F.**, 1997. Küresel Enerji Talebi: Uzun Vadeli Bir Bakış, Türkiye 7. *Enerji Kongresi*, Ankara.
- B.Ü.K.R.**, 2014. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Genelkurmay Basımevi Yayınları, Ankara.
- Demir, M.**, 2013. Dünya Enerji Ekonomisi Üzerine Bir Araştırma, *Dış Ticaret Dergisi*, s:158-179.
- Dursun, Ü. ve Ültanır, H.**, 2008. Enerji Sektörü, *Ekonomi Dergisi*, s:28-34.
- Dünya Enerji Konseyi Türkiye Milli Komitesi Enerji Raporu**, 2010. *Türkiye Enerji Kongresi Bildirileri*
- Emeklier, B.ve Ergül, N.**, 2010. Petrolün Uluslararası İlişkilerdeki Yeri: Jeopolitik Teoriler ve Petropolitik, Oil in International Relations: Geopolitical Theories and Petropolitics, *Bilge Strateji*, **2(3)**, 20-23.
- Etemoğlu, A.B. ve İşman, M. K.**, 2004, Enerji Kullanımının Teknik ve Ekonomik Analizi, *Mühendis ve Makine*, **529**, 19-23.
- Hepbaşlı ve Özgener.**, 2004. Turkey's Renewable Energy Sources: Potential and Utilization, *Energy Sources*
- ETKB**, 2013. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Mavi Kitap, Süreli Yayınlar, Ankara.
- IEA.**, 2014. Energy Balances of OECD Countries, International Energy Agency.
- İKV.**, 2004. Avrupa Birliği'nin Enerji ve Ulaştırma Politikaları-Türkiye'nin Uyumu. İktisadi Kalkınma Vakfı, İstanbul, s:7-16.
- Karluk, R.**, 2002. Türkiye Ekonomisi, Beta Basın Yayım, Ankara, s:239- 255.
- Mucuk, M. ve Uysal, D.**, 2009. Türkiye Ekonomisi, *Maliye Dergisi*, **157**, 10-14.
- Pamir, N.**, 2005. Enerji Politikaları ve Küresel Gelişmeler, Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Enerji Politikaları, Elektrik Mühendisleri Odası, 5. *Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Ankara
- Taşkömürü Sektör Raporu**, 2013. Dünyada ve Ülkemizde Taşkömürü, Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü.

- Tuğrul, B.**, 2006. Sürdürülebilir Kalkınma İçin Nükleer Enerjinin Önemi: Türkiye'nin Nükleer Enerji Seçeneği, Tasam Yayınları, İstanbul
- Ulutaş, M.**, 2008. Küresel Enerji Savaşları ve Türkiye'nin Konumu, *EMO Yayını*, Ankara, 1, 26-34.
- Ültanır, H.**, 1998. Türkiye'de Biyokütle Enerji Potansiyeli ve Değerlendirilmesi İçin Öneriler, *Türkiye 8. Enerji Kongresi*, Ankara, s:169-177.
- UTES**, 2008. Türkiye'de Birincil Enerji Kaynakları, *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, İstanbul.
- Öztürk, İ.**, 2014. Energy Dependency and Security: The Role of Efficiency and Renewable Energy Sources, Nisan, s:1-13.
- Belen, T.**, 2012. Türkiye'de Nükleer Enerjinin Politikası, Nükleer Makaleler.
- Dılmaç, Ş.**, 1999. Çift duvar arası ısı yalıtımı ve ülkemizdeki sorunları, Tuğla ve Kiremit Endüstrisi, **2(8)**, 8-16.
- Aydın, İ.**, 2010. Binalarda uygulanan ısı yalıtım sistemlerinin karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Eriç, M.**, 2002. Yapı Fiziği ve Malzemesi 2, Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Keskinkol, M.**, 2007. Isı yalıtımında unutulmaması gerekenler, *İzolasyon Dünyası*, **63**, 52-53.
- Şeremet, M.F.**, 2012. Binalarda ısıtma enerjisi ihtiyacının dinamik analiz yöntemi ile hesaplanması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Koca, A.İ.**, 2011. Duvardan, yerden, tavandan ısıtma soğutma panellerinin geliştirilmesi performans analizleri ve örnek bir oda modellenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Riederer, P.**, 2002. Thermal room modelling adapted to the test of HVAC control systems, PhD Thesis, Ecole des Mines de Paris.
- Yüce, A.**, 2011. Labview ile endüstriyel sıcaklık ölçme ve kontrol sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- URL-1**, 2014. [www.ekodialog.com](http://www.ekodialog.com) Elektrik Enerjisi. 06.12.2014
- URL-2**, 2014. [www.heskonenerji.com.tr](http://www.heskonenerji.com.tr) Hidrojen Enerjisi, 06.12.2014
- URL-3**, 2014. [www.worldbank.com](http://www.worldbank.com) Enerjide Dışa Bağımlılık, 06.12.2014
- URL-4**, 2014. [www.eud.org.tr](http://www.eud.org.tr) Enerji İthalatı Sürüyor, 06.12.2014
- URL-5**, 2014. <http://ec.europa.eu> Member States'Energy Dependence: An Indicator - Based Assessment. 06.12.2014

- URL-6**, 2014. <http://www.worldenergyoutlook.org/> World Energy Outlook. 06.12.2014
- URL-7**, 2015. <http://www.orionheating.co.uk/accessories/stove-fans/> Stove Fans. 01 Ocak 2015.
- URL-8**, 2015. <http://www.stovesonline.co.uk/stove-heat-distribution.html> Moving wood burning stove heat through your house. 01 Ocak 2015.
- URL-9**, 2014. [http://forum.donanimhaber.com/m\\_60190800/tm.htm](http://forum.donanimhaber.com/m_60190800/tm.htm) Dupleks ya da çatı katında oturan var mı? 25 Eylül 2014.
- URL-10**, 2015. [www.elimkodatasheet.com](http://www.elimkodatasheet.com) Termokupllar hakkında genel bilgiler. 01.01.2015



## ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Ankara'da doğdu. İlköğrenimini Ankara'da, lise eğitimini Bursa Işıklar Askeri Lisesi'nde tamamladı. 2004 yılında yükseköğrenimine Ankara Kara Harp Okulu'nda başladı. 2008 yılında Teğmen rütbesiyle mezun oldu. 2008-2009 yılları arasında Tuzla/İstanbul'da mesleki eğitimini tamamlayıp 2009-2011 yılları arasında Malkara/Tekirdağ'da görev yaptı. 2011-2013 yılları arasında Tunceli'de görev yaparken lisansüstü eğitime başladı.

Tuğba Çiçek ile evli olan Fatih Çiçek, bir kız babasıdır. İngilizce ve Fransızca bilmektedir.