

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ANALİZİ

Enes ÇETİNKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Yrd.Doç.Dr. Nazmi EKREN

İSTANBUL 2012

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ANALİZİ

Enes ÇETİNKAYA

(522309008)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Yrd.Doç.Dr. Nazmi EKREN

İSTANBUL 2012

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABUL ve ONAY BELGESİ

Enes ÇETİNKAYA'nın "Binalarda Enerji Verimliliğinin Analizi" başlıklı Lisansüstü tez çalışması, M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 02.04.2012 tarih 2012/09-10 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı Elektrik Eğitimi Programında YÜKSEK LİSANS Tezi olarak Kabul edilmiştir.

Danışman:	Yrd.Doç.Dr. Nazmi EKREN	Marmara Üniversitesi.....
Üye	: Doç.Dr. Bülent ORAL	Marmara Üniversitesi.....
Üye	: Yrd.Doç.Dr. Süreyya KOCABEY	Kırklareli Üniversitesi.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 11.04.2012

ONAY

M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararı ile Enes Çetinkaya'nın Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı Elektrik Eğitimi Programında Yüksek Lisans (MSc.) derecesi alması onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖNSÖZ

Dünyamızın enerjiye olan ihtiyacı geçmişten günümüze dek devamlı artmıştır ve artmaya devam etmektedir. Devamlı artış gösteren enerji ihtiyacına karşılık dünyamız üzerindeki enerji kaynakları da azalmaktadır. Bu durum, var olan enerjinin daha verimli şekilde tüketilmesi zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır. Bu sebeple günümüzde, enerjinin tüketildiği her alanda verimliliği arttırmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Dolayısıyla dünya üzerinde en fazla enerjinin tüketildiği alanlardan biri olan bina sektöründe de enerji verimliliği çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmalar sayesinde insanların yaşam kalitesini düşürmeden enerji tüketimini azaltacak teknolojiler geliştirilmiş ve geliştirilmeye devam edilmektedir. Bunun yanında binaların enerji verimliliğini ölçmeye yönelik derecelendirme sistemleri geliştirilmiş ve yeşil bina, enerji verimli bina gibi kavramlar ortaya çıkmıştır. Ülkemiz dünya çapında yapılan enerji verimliliği çalışmalarına yabancı kalmamış, 2010 yılında Enerji Verimliliği Kanunu'nu yürürlüğe koymuştur. Bu kanun kapsamında binalarda enerji kimlik belgesi bulundurma zorunluluğu getirilmiş ve binaların enerji verimliliğinin derecelendirilmesi zorunlu kılınmıştır.

Bu çalışmada, binaların enerji verimliliğini arttırmaya yönelik teknolojiler incelenmiş, dünya genelinde yapılmış verimlilik çalışmaları araştırılmıştır. Bunun yanında, konutların enerji verimliliğini derecelendirmeye yönelik herkesçe anlaşılabilir bir kontrol listesi oluşturulmuş ve belli bir bölgede uygulanmıştır. Bu çalışmanın amacı, konutların enerji verimliliğini derecelendirmek ve bunu herkes için anlaşılır bir hale getirmektir.

Bu tez çalışmasında yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Yrd.Doç.Dr. Nazmi EKREN hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mart 2012

Enes ÇETİNKAYA

İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA NO</u>
ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
SEMBOLLER	ix
KISALTMALAR	x
ŞEKİLLER.....	xi
TABLOLAR.....	xiv
BÖLÜM I. GİRİŞ.....	1
I.1. DÜNYA’DA VE TÜRKİYE’DE ENERJİYE GENEL BİR BAKIŞ.....	3
I.1.1. Dünya’nın Genel Enerji Durumu.....	4
I.1.2. Türkiye’nin Genel Enerji Durumu.....	8
BÖLÜM II. ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE DÜNYA GENELİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÇALIŞMALARI	13
II.1. SEKTÖREL OLARAK ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ ARTTIRMAYA YÖNELİK ÇALIŞMALAR	14
II.1.1. Sanayi Sektöründe Enerji Verimliliğini Arttırıcı Çalışmalar.....	14
II.1.2. Ulaştırma Sektöründe Enerji Verimliliğini Arttırıcı Çalışmalar.....	20
II.1.3. Elektrik Tesislerinde Enerji Verimliliğini Arttırıcı Çalışmalar	22
II.2. BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ ARTTIRMAYA YÖNELİK ÇALIŞMALAR	24

II.2.1. Isı Yalıtımı	25
II.2.2. Mekanik Sistemlerde Verimlilik Uygulamaları.....	31
II.2.3. Aydınlatma Sistemlerinde Verimlilik	44
II.2.4. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Yararlanma	55
II.2.5. Ev Aletlerinde Enerji Verimliliği.....	60
II.3. DÜNYADA ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÇALIŞMALARI.....	68
II.3.1. Gelişmiş Ülkelerde Enerji Verimliliği Çalışmaları.....	69
II.3.2. Türkiye’de Enerji Verimliliği Çalışmaları.....	74
II.3.2.1. Türkiye’de Enerji Verimliliğinin Mevcut Durumu.....	75
II.3.2.2. Enerji Verimliliği Kanunu.....	76
BÖLÜM III. BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ	
DEĞERLENDİRMEYE YÖNELİK DERECELENDİRME	
SİSTEMLERİ VE SERTİFİKALAR	81
III.1. DÜNYA GENELİNDE BİNA VERİMLİLİĞİ DERECELENDİRME	
SİSTEMLERİ VE SERTİFİKALAR.....	81
III.1.1. LEED Sertifikası	82
III.1.2. BREEAM Sertifikası.....	84
III.1.3. CASBEE Sertifikası	88
III.1.4. DGNB Sertifikası	92
III.1.5. SBTool Sertifikası.....	97
III.2. TÜRKİYE’DE ENERJİ VERİMLİLİĞİ DERECELENDİRME	
SİSTEMİ VE BİNALARDA ENERJİ KİMLİK BELGESİ	100
BÖLÜM IV. KONUTLARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN BİR	
KONTROL LİSTESİ YARDIMIYLA DERECELENDİRİLMESİ	
.....	106
BÖLÜM V. SONUÇ	119

KAYNAKLAR	123
EKLER	132
EK 1. KONUTLARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ ÖLÇMEYE YÖNELİK OLUŞTURULMUŞ KONTROL LİSTESİ.....	133
EK 2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖLÇÜLEN KONUTLARA AİT AYRINTILI PUAN TABLOSU	138
ÖZGEÇMİŞ	142

ÖZET

BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ANALİZİ

Enerji, insan hayatındaki en önemli girdilerden biridir. Gelişen teknoloji ile birlikte insanların enerjiye bağımlılığı gün geçtikçe artmaktadır. Dolayısıyla dünyanın enerji talebi gün geçtikçe çoğalmaktadır. Artan bu talep karşısında, dünya üzerindeki fosil enerji kaynakları gün geçtikçe azalmakta ve yenilenebilir kaynaklar talebi henüz karşılayamamaktadır. Bunun yanında fosil enerji tüketimi arttıkça çevre kirliliği artmakta ve küresel ısınmanın önüne geçilememektedir. Bu sebeplerden dolayı enerji verimliliği, günümüzde en önemli kavramlardan biri haline gelmiştir.

Bina sektörü, en fazla enerjinin tüketildiği sektörlerden biridir. Bu yüzden binalardaki enerji kullanımının daha verimli hale getirilmesi gerekmektedir. Bu durum, binalarda enerji verimliliği kavramını ortaya çıkarmıştır. Yapılan çalışmalar, binaların yüksek enerji tasarrufu potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir. Bu yüzden günümüzde, enerji verimli bina teknolojileri geliştirilmektedir. Bu teknolojiler ile binaların enerji tüketimlerini daha verimli hale getirmek amaçlanmaktadır.

Bu amaca ulaşmak için, binaların enerji verimliliğini ölçmek amacıyla uluslararası geçerliliğe sahip sertifika ve derecelendirme sistemleri geliştirilmiş ve uygulamaya konulmuştur. Birçok ülkede birçok enerji verimliliği standardı zorunlu hale getirilmiştir. Bu gelişmeler ile birlikte, Türkiye’de de enerji verimliliği kanunu çıkarılmış ve bu kanun kapsamında bina için enerji kimlik belgesi bulundurma zorunluluğu getirilmiştir.

Bu çalışmada, ilk olarak dünyanın ve Türkiye’nin enerji durumu genel olarak ele alınmış ve enerji verimliliğinin gerekliliği istatistiksel veriler ile açıklanmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde, binalarda enerji verimliliğini arttıran teknolojiler ayrıntılı olarak incelenmeye çalışılmıştır. Dünyada yapılan verimlilik çalışmalarına değinilmiş ve Türkiye’de yapılan çalışmalar ele alınmıştır. Üçüncü bölümde uluslararası geçerliliğe sahip bazı derecelendirme sistemleri incelenmiştir. Bunun yanında Türkiye’de geçerli olan bina enerji kimlik belgesi ele alınmıştır.

Son bölümde ise birçok kontrol listesinden ve tüketim verilerinden yararlanarak herkesin anlayıp kendi evine uygulayabileceği bir kontrol listesi oluşturulmuştur. Bu kontrol listesi ile 20 konutun verimliliği derecelendirilmiş ve bu konutların verimliliğini azaltan unsurlar tespit edilmiştir. Bu konutların verimliliğini arttıracak önlemler tespit edilmiş ve konut sakinleri bilinçlendirilmiştir.

Mart 2012

Enes ÇETİNKAYA

ABSTRACT

ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY IN THE BUILDINGS

Energy plays very crucial role in the human life. As technology advances, energy dependency also increases day by day, making the energy demand increases as well. On the other hand, fossil energy sources in the world have a decreasing pattern and renewable sources are not able to satisfy the increasing demand yet. Also, fossil energy sources are from the main causes of environmental pollution and global warming. Thus, energy efficiency has become one of the most important concepts in recent days.

Building sector is one of the most energy consuming sectors. Therefore, energy consumption in the buildings must be more efficient. In this manner, the concept ‘energy efficiency in the buildings’ has appeared. Researches have shown that there is huge potential in energy saving in buildings. Today, energy efficient building technologies are being developed. The aim of that kind of technologies is basically to improve energy consumption efficiency.

In order to reach this aim, certificate and classification systems with international validity have been developed and applied for measuring the energy efficiency of the buildings. Most countries have made many energy efficiency standards obligatory by laws. Turkey has also legalized energy efficiency standards. So it is compulsory to prepare energy efficiency identity card for any building.

In this study, we first generally stated the facts about energy in the world and in Turkey. Then, we explained the necessity of energy efficiency, in the light of statistical data. In the second part of the study, we investigated the technologies increasing the energy efficiency in the buildings in detail. We mentioned efficiency studies in the world and in Turkey. In the third part, we analyzed some classification systems with international validity. In addition, we gave some information about building energy efficiency identity card used in Turkey.

In the last part, we formed a check list which can be understood and applied to their houses by anyone. To form that list, we took advantage of many check lists and consumption data. By using this check list, we graded the efficiency of 20 residences and detected the factors decreasing the efficiency of these residences. We drew some conclusions about how to increase the energy efficiency of these residences and made suggestions to residents about these conclusions.

March 2012

Enes ÇETİNKAYA

SEMBOLLER

Cosφ	: Reaktif güç katsayısı
E_{P,EP}	: Bina enerji verimliliği göstergesi
EP_g	: Gerçek bina enerji performansı göstergesi (kWh/m ² -yıl)
EP_r	: Referans bina enerji performansı göstergesi. (kWh/m ² -yıl)
E_{P,EP}	: Bina sera gazı emisyon göstergesi
MF	: Bakım faktörü
P	: Aktif güç (W)
Q_L	: Endüktif reaktif güç (VAr)
Q_C	: Kapasitif reaktif güç (VAr)
S	: Görünür güç (VA)
SEG_g	: Gerçek bina sera gazı emisyonu göstergesi (kg eşdeğer CO ₂ /m ² -yıl)
SEG_r	: Referans bina sera gazı emisyonu göstergesi (kg eşdeğer CO ₂ /m ² -yıl)
U	: Isı geçiş katsayısı (W/m ² K)
t_i	: Ortam sıcaklığı (°C)
t_{iy}	: İç yüzey sıcaklığı (°C)
μ	: Buhar difüzyon direnç katsayısı

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ASHRAE	: American Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers
BEP-HY	: Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi
BREEAM	: Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CASBEE	: Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency
CEMEP	: Comité Européen de Constructeurs de Machines Electriques et d'Electronique de Puissance
CNG	: Compressed Naturel Gas
DGNB	: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
DOE	: Development of Energy
İİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EKB	: Enerji Kimlik Belgesi
EVD	: Enerji Verimliliği Denetimi
GBtool	: Green Building Tool
HVAC	: Heating, Ventilation, Air Conditioning
JaGBC	: Japan Green Built Council
IEA	: International Energy Agency
LED	: Light Emitting Diode
LEED	: Leadership in Energy and Environmental
LPG	: Liquid Petroleum Gas
OECD	: Organization for Economic Co-operation and Development
OPEC	: Organization of Petroleum Exporting Countries
PV	: Photovoltaic
USGBC	: United States Green Building Council
WGBC	: World Green Building Council

ŞEKİLLER

SAYFA NO

Şekil I.1 Ükelere Göre Kişi Başına Düşen Enerji Miktarı	4
Şekil I.2 Dünya'daki Enerji Rezervinin Kaynaklara Göre Dağılımı ve Yıllara Göre Değişimi	5
Şekil I.3 Dünya'daki Enerji Tüketiminin Kaynaklara Göre Dağılımı ve Yıllara Göre Değişimi	6
Şekil I.4 Dünya'daki Elektrik Enerjisi Üretimi İçin Tüketilen Enerjinin Kaynaklara Göre Dağılımı ve Yıllara Göre Değişimi	7
Şekil I.5 2009 Yılına Göre Türkiye Birincil Enerji Arzının Kaynaklara Göre Dağılımı	8
Şekil I.6 Türkiye'de Enerji Tüketiminin Kaynaklara Göre Dağılımı ve Yıllara Göre Artışı	9
Şekil I.7 Türkiye'de Enerji Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı ve Yıllara Göre Artışı	10
Şekil I.8 Türkiye'de Elektrik Enerjisi Üretiminde Tüketilen Enerjinin Sektörlere Göre Dağılımı	11
Şekil I.9 Yıllara Göre Elektrik Enerjisi İthalat-İhracat Miktarları	12
Şekil II.1 Sanayide Tüketilen Enerjinin Kaynaklara Göre Dağılımı	15
Şekil II.2 Sanayide Tüketilen Elektrik Enerjisinin Kullanım Alanlarına Göre Dağılımı	15
Şekil II.3 Güç Vektörü	18
Şekil II.4 Yalıtım Camı Birimi Kesiti	27
Şekil II.5 Isı Kontrol (Low-E) Kaplamalı Yalıtım Camı	28
Şekil II.6 Isı ve Güneş Kontrol (Solar Low-E) Kaplamalı Yalıtım Camı	28
Şekil II.7 Vana Yalıtımı ve Termal Görüntüsü	30
Şekil II.8 Boru Yalıtımı ve Termal Görüntüleri	30
Şekil II.9 Radyatörden Odaya Isı Transferi Mekanizmalarının Şematik Gösterimi ..	31
Şekil II.10 Isıtma Sistemlerinin Sınıflandırılması	32

Şekil II.11 Pencere Altına Yerleştirilmiş Radyatör ile Isının Odaya Homojen Dağılımı	33
Şekil II.12 Yoğuşmalı Sistemin Prensip Şeması	34
Şekil II.13 Bir Isı Pompasının Çalışma Döngüsü	37
Şekil II.14 Isı Pompasının Isıtma ve Soğutma Amaçlı Kullanımı	38
Şekil II.15 Toprak Kaynaklı Isı Pompası Prensip Şekli ve Örnek Uygulama	38
Şekil II.16 HVAC Sistemin Prensip Şekli	39
Şekil II.17 Yalıtılmış Bir HVAC Kanalı Kesiti	40
Şekil II.18 Isı Değiştirici Sistem Diyagramı ve Bir Döner Tip Isı Değiştirici Şekli.	40
Şekil II.19 Isı Geri Kazanım Sisteminin Konutta Uygulama Örneği.....	41
Şekil II.20 Gelişmiş Bir HVAC Kontrol Sistemi Akış Diyagramı	42
Şekil II.21 Genel Bir Kojenerasyon Sistemi	43
Şekil II.22 Profibus Ağı ile Yapılmış Genel Bir Aydınlatma Otomasyonu Diyagramı	47
Şekil II.23 (A) Dolaysız (Direkt) Aydınlatma, (B) Yarı Dolaylı (Direkt-Endirekt) Aydınlatma, (C) Dolaylı (Endirekt) Aydınlatma	48
Şekil II.24 İstenen Aydınlık Düzeyi, Bakım Faktörü ve Güç İhtiyacının Zamanla İlişkisi	49
Şekil II.25 Çeşitli Doğal Aydınlatma Sistemleri	50
Şekil II.26 Işık Rafsız Sistem ve Işık Raflı Sistem	51
Şekil II.27 Bir Işık Rafı Uygulaması	51
Şekil II.28 Çatı Fenerinden İç Ortama Işık Geçişi ve Örnek Işık Feneri Sistemi	52
Şekil II.29 Farklı Tipteki Çatı Fenerlerinden Işığın İç Ortama Girişi	52
Şekil II.30 Işık Borusunu Genel Bir Şeması	53
Şekil II.31 Bir Işık Borusunun İç ve Dış Mekândan Görüntüsü	53
Şekil II.32 Güneş Kolektörü ve Fiber Optik Aydınlatma Örneği	54
Şekil II.33 Güneş Kollektörlü Doğal Dolaşımli Su Isıtma Sistemleri	56
Şekil II.34 Örnek Bir PV Uygulaması	56
Şekil II.35 Örnek Bir Güneş-Rüzgâr Hibrit Sistem Uygulama Şeması	58
Şekil II.36 Klasik Elektrik Üretimi İle Yakıt Pili ile Elektrik Üretimini Karşılaştırma	59
Şekil II.37 Kuyu İç i Eşanjörlü Jeotermal Isıtma Sistemi	59
Şekil II.38 Buzdolabı İç in Bir Enerji Performansı Etiket i Örneği	61
Şekil II.39 Bir Çamaş ır Makinas ı Enerji Etiketinde Olan Diğer Bilgiler	62

Şekil II.40 Bir Bulaşık Makinesi Enerji Etiketinde Olan Diğer Bilgiler	62
Şekil II.41 Bir Klimanın Enerji Etiketinde Olan Diğer Bilgiler	63
Şekil III.1 CASBEE Değerlendirme Araçları	88
Şekil III.2 CASBEE Q ve L kriterleri	89
Şekil III.3 CASBEE Derece ve Puanlarının Doğrusal Gösterimi	90
Şekil III.4 CASBEE Sisteminde Örnek Derecelendirme	91
Şekil III.5 DGNB Sisteminde Kriterlere Göre Bir Bakışta Performans Derecesi ...	94
Şekil III.6 Bir Binanın DGNB Sistemi ile Derecelendirilme Süreci	97
Şekil III.7 SBtool Bina Performansını Gösteren Radar Grafik	99
Şekil III.8 İlk Üç Derece İçin Olması Gereken Alt Özellikler	103
Şekil III.9 Enerji Kimlik Belgesi Almak İçin Sistem Döngüsü	104
Şekil III.10 Enerji Kimlik Belgesi Taslağı	105

TABLÖLAR

Tablo II.1 CEMEP’e Göre 3 Fazlı AC Asenkron Sincap Kafesli Motorlar İçin Verim Sınıfları	16
Tablo II.2 İç Ortam Sıcaklığı ile Dış Ortam Sıcaklığı Arasındaki Sıcaklık Farkına Göre Konfor Durumu	29
Tablo II.3 Çeşitli Yakıtların Maliyet Karşılaştırması	36
Tablo II.4 Akkor Lamba ve Kompakt Floresan Lambanın Karşılaştırılması	45
Tablo II.5 Enerji Sınıfı Farklı Buzdolaplarının Yıllık Enerji Tüketimleri	63
Tablo II.6 Enerji Sınıfı Farklı Bulaşık Makinalarının Yıllık Enerji Tüketimleri	64
Tablo II.7 Enerji Sınıfı Farklı Çamaşır Makinalarının Yıllık Enerji Tüketimleri ...	64
Tablo II.8 Enerji Sınıfı Farklı Klimaların Yıllık Enerji Tüketimleri	64
Tablo II.9 Çeşitli Ülkelere Ait EVD Kurumları	72
Tablo II.10 Enerji Verimliliği Strateji Belgesine Ait Amaç ve Hedefler	79
Tablo III.1 LEED Dereceleri ve Puan Aralıkları	83
Tablo III.2 LEED-NC Analiz ve Değerlendirmelerinde Dikkate Alınan Kategorilere Ait Puan ve Ağırlıklar	84
Tablo III.3 BREEAM Dereceleri ve Gösterge Puanları	85
Tablo III.4 BREEAM Analiz ve Değerlendirmelerinde Dikkate Alınan Kategoriler	86
Tablo III.5 Örnek BREEAM Derece Hesaplaması	87
Tablo III.6 CASBEE Dereceleri ve Puan Aralıkları	90
Tablo III.7 CASBEE Sistemindeki Değerlendirme Kriterlerinin Ayrıntıları	91
Tablo III.8 DGNB Değerlendirme Kriterleri ve Ağırlıkları	93
Tablo III.9 DGNB Dereceleri ve Puan Aralıkları	94
Tablo III.10 Sbttool Sistemindeki Değerlendirme Kriterleri ve Ağırlıkları	98
Tablo III.11 Sbttool Dereceleri ve Puanları	99
Tablo III.12 Enerji Sınıfı ve E_p Aralıkları	102
Tablo IV.1 Kontrol Listesindeki Ana Kriterler ve Ağırlıkları	107

Tablo IV.2 Enerji Verimliliğini Ölçmeye Yönelik Oluşturulmuş Kontrol Listesi ve Puanlandırması	108
Tablo IV.3 Alınabilecek En Düşük ve En Yüksek Puanlar	114
Tablo IV.4 Konut Enerji Verimliliği Sınıfları ve Puan Aralıkları	115
Tablo IV.5 Kontrol Listesi Yardımıyla Enerji Verimliliği Derecelendirilmiş Konutlara Ait Sonuçlar (Bursa)	116
Tablo IV.6 Kontrol Listesi Yardımıyla Enerji Verimliliği Derecelendirilmiş Konutlara Ait Sonuçlar (İstanbul).....	117

BÖLÜM I

I. GİRİŞ

İş yapabilme yeteneği olarak tanımlanan enerji kavramı, insan hayatındaki en önemli girdilerden biridir. Dünyanın enerji tüketimi gün geçtikçe artış göstermekte, teknoloji geliştikçe insanların enerjiye olan bağımlılığı artmaktadır. Artan enerji tüketimine karşılık dünyamızın enerji kaynakları gün geçtikçe tükenmekte ve bu durum ilerisi için kaygılar oluşturmaktadır. Yeni enerji kaynakları bulmak ve sürdürülebilir hale getirmek bu duruma çözüm olmakla beraber diğer bir çözüm ise var olan enerjiyi daha verimli kullanarak enerji tüketiminin artış ivmesini düşürmektir. Bu noktada Enerji Verimliliği kavramı ortaya çıkmaktadır.

Enerji verimliliği basit bir kısıntı uygulaması değildir; belli davranışları yerleştirerek, iyileştirme yöntemlerini uygulayarak ve ya yeni teknolojiler kullanarak, üretimi ve kaliteyi düşürmeden, sosyal yaşamın standardını korumak suretiyle enerjiyi daha etkin kullanmak demektir. Enerji verimliliği; üretimi düşürmeden ve sosyal refahı engellemeden enerji tüketiminin azaltılmasıdır[1].

Dünyada enerjiyi en çok tüketen sektörler sırasıyla; sanayi, binalar, ulaşım sektörleridir. Gelişmiş ülkelerde (Amerika, Almanya, Japonya vb.) bu sektörlerin her biri için enerji verimliliği çalışmaları yapılmaktadır. Binalarda enerji tasarrufu çalışmaları, en çok enerji tüketen ikinci sektör olan binaların, yüksek enerji tasarrufu potansiyeline sahip olduklarını göstermiştir.

Binaların enerji, ekonomi ve sürdürülebilirlik bakış açılarından gösterdikleri performans, küresel ısınmanın gittikçe önem kazandığı ve konvansiyonel yakıtların tükenmesi riskiyle karşı karşıya olduğumuz günümüzde oldukça önem kazanmıştır. Avrupa ülkelerinde birincil enerji kaynaklarının %40'ı binalar tarafından tüketilmektedir. Avrupa Komisyonu tarafından 2008 yılında yürütülen bir araştırma, mevcut binalarda yaklaşık %30 oranında maliyet etkin enerji tasarrufu yapabilme potansiyelinin olduğunu ortaya koymuştur[2].

Türkiye’de de enerji verimliliği ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından, enerji kullanımında verimliliğin artırılması amacıyla hazırlanan tasarı 18.04.2007 tarihinde TBMM’de kabul edilmiş, 02.05.2007 tarihinde de resmi gazetede “Enerji Verimliliği Kanunu” adıyla yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu kanunun bina sektörüne yansımaları; enerji performans yönetmeliği, ısı kontrol cihazları ve pay ölçerler, enerji kimlik belgesi ve enerji yönetimidir.

Bir binanın maliyeti, satın alma ve işletme maliyetlerinden oluşmaktadır. İşletme maliyetinde en büyük pay enerjiye aittir. Bu sebeple tüketici, satın alma ya da kira bedelinin yanında işletme bedelini de dikkate almalıdır. Bu amaca yönelik getirilen enerji kimlik belgesi uygulamaları ile hem bina sahiplerinin ve ya kullanıcılarının, satın alma ya da kiralama aşamasında binalarının enerji kullanımı konusunda bilgilendirilmeleri, hem de ülkedeki bina karakteristiğinin belirlenmesi ile döküm oluşumunun sağlanması hedeflenmektedir[1]. Bu çerçevede, bir bina enerji verimliliği ölçme sistemi geliştirip, sonucun da bir derecelendirme sistemi ile bina enerji kimlik belgesinde gösterilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, binaların enerji kimlik belgelerinde yer alan enerji sınıfını (A enerji sınıfı, B enerji sınıfı C enerji sınıfı vb.) belirlemeyi kolaylaştıracak bir yöntem geliştirmektir. Bu yöntemde, binaların enerji performansını ölçmeye yönelik bir kontrol listesi hazırlanacaktır. Listedeki maddeler enerji verimliliğini belirleyen unsurları (yalıtım, ısıtma, soğutma, elektrik kullanımı vb.) sorgulamaya yönelik olacaktır. Enerji performansı ölçülecek binada kontrol listesindeki maddelerin cevabı aranıp gerekli işaretlendirmeler ve puanlandırmalar yapılacaktır. Yapılan bu işaretlendirme ve puanlandırmalar en sonunda değerlendirilip binanın enerji sınıfı belirlenecektir.

Binanın ısı yalıtımı, ısıtma- soğutma, elektrik kullanımı gibi özellikleri hakkında bilgi edinmek, verimliliği kategorize edilmiş binaları birbirleriyle enerji verimliliği bakımından mukayese etmek, verimliliğin az olduğu binalarda verimliliği azaltan unsurları belirlemek en önemlisi binaların enerji performansını arttırarak daha az enerji ile daha çok iş yapabilmek, bu çalışmanın amaçlarındandır.

ABD, Almanya, İngiltere gibi gelişmiş ülkelerde binaların enerji verimliliği ölçülüp derecelendirilmekte, bulundukları dereceye göre sertifikalar verilmektedir. Ülkemizde ise bu konu ile ilgili teorik çalışmalar olmakla birlikte uygulamada sıkıntılar yaşanmaktadır. Bu çalışma ile teorik bilgilerden sıyrılıp herkesin anlayabileceği bir derecelendirme sistemi oluşturulması ve bu şekilde insanların bilinçlendirilmesi amaçlanmaktadır.

I.1 DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE ENERJİYE GENEL BİR BAKIŞ

Enerjinin en genel tanımı “İş Yapabilme Yeteneğidir”. Herhangi bir işin yapılabilmesi için gerekli olan gücü sağlayan enerji, ısı, ışık, elektrik vb. formlarda karşımıza çıkar. Yüzyıllar önce insanlar, enerjiyi sadece ısınma, aydınlanma, hareket etme gibi en temel yaşam ihtiyaçlarını karşılamak için kullanırlardı. O zamanlardan günümüze dek yaşam standardının devamlı olarak yükselmesi, yeni enerji kaynaklarının bulunması, bilim ve teknolojinin sürekli gelişmesi, enerji ihtiyacının devamlı surette artmasına sebep olmuştur. Enerji, özellikle sanayi devriminden sonra üretimin en önemli ögesi haline gelmiştir. Bunun sonucunda enerji, artık sadece insanların temel ihtiyaçlarını karşılamak için kullandıkları bir öge olmanın çok dışına çıkmıştır.

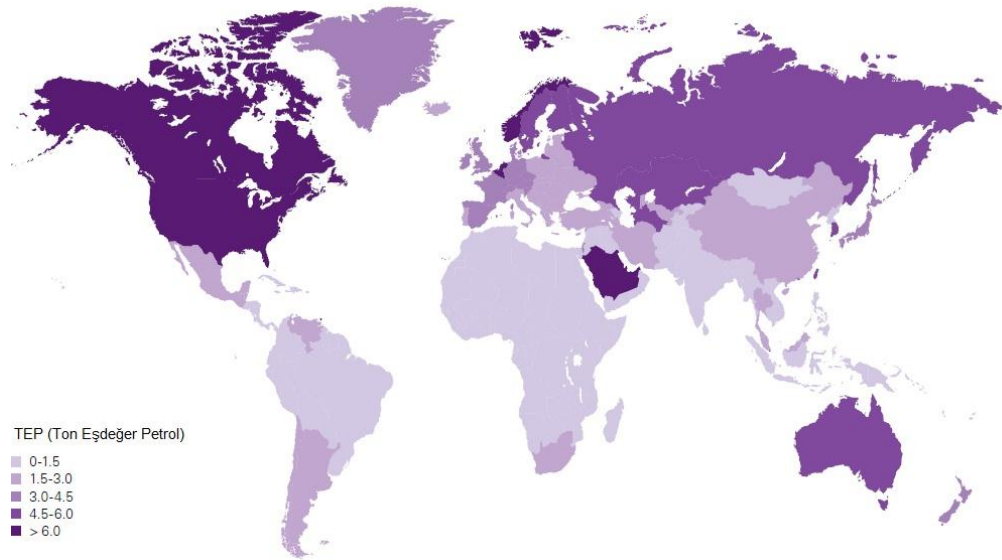
Günümüzde enerji, ekonomik ve stratejik bir değer olarak son yüz yıla damgasını vuran bir kavram olmuştur. Gün geçtikçe artan elektrik enerjisi ihtiyacına karşılık, bu ihtiyacı karşılayan birincil enerji kaynaklarının gün geçtikçe azalması, bir enerji darboğazının yaklaştığını bize gösterir. Bu durum, enerji fiyatının gün geçtikçe artması demektir. Bunun yanında, giderek dışa bağımlı hale gelen ülkeler arasında diplomatik krizler ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, artan çevresel problemler de kendini göstermektedir.

Hızla artan dünya nüfusu ve büyüyen dünya ekonomisi ile enerji kaynaklarına yönelik talep hızla artmaktadır. Dünya birincil enerji talebinin 2008 yılından 2035 yılına kadar %53 artabileceği öngörülmektedir. Dünya genelinde 1990 yılında 354 katrilyon Btu (1 milyar Btu = 25,2 milyon TEP) olan birincil enerji kullanımı 2008 yılında 505 katrilyon Btu'ya çıkmıştır. Bu değer 2035 yılında 770 katrilyon Btu'ya çıkacağı öngörülmektedir[3]. Buna karşılık, dünya birincil enerji ihtiyacının %80'den fazlasını karşılayan fosil kaynakların azalması, yenilenebilir kaynakların henüz ekonomik olmaması, nükleer kaynakların çevresel etkileri, enerjiyi en verimli şekilde kullanma zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır.

I.1.1 Dünya'nın Genel Enerji Durumu

İnsanlar yüz yıllardır Dünya üzerinde doğal halde bulunan enerji kaynaklarından yararlanmışlardır. Enerji ihtiyacı arttıkça yeni enerji kaynakları bulunmuş ya da bir enerji kaynağı başka bir enerjiye çevrilerek kullanılmıştır. Doğada doğal halde bulunan enerjilere birincil enerji (petrol, doğalgaz, güneş vb.), birincil enerjilerden çevrilip elde edilen enerjilere de ikincil enerji (elektrik) denir.

Bu enerjiler, ülkelerin gelişip kalkınmasındaki en önemli unsurlardan biridir. Geçmişten bugüne kişi başına tüketilen enerji miktarı, ülkelerin gelişmişliği hakkında bilgi veren göstergelerden biri olmuştur. Aşağıda kişi başına tüketilen enerjiye göre renklendirilmiş dünya siyasi haritası görülmektedir. (Şekil I.1)



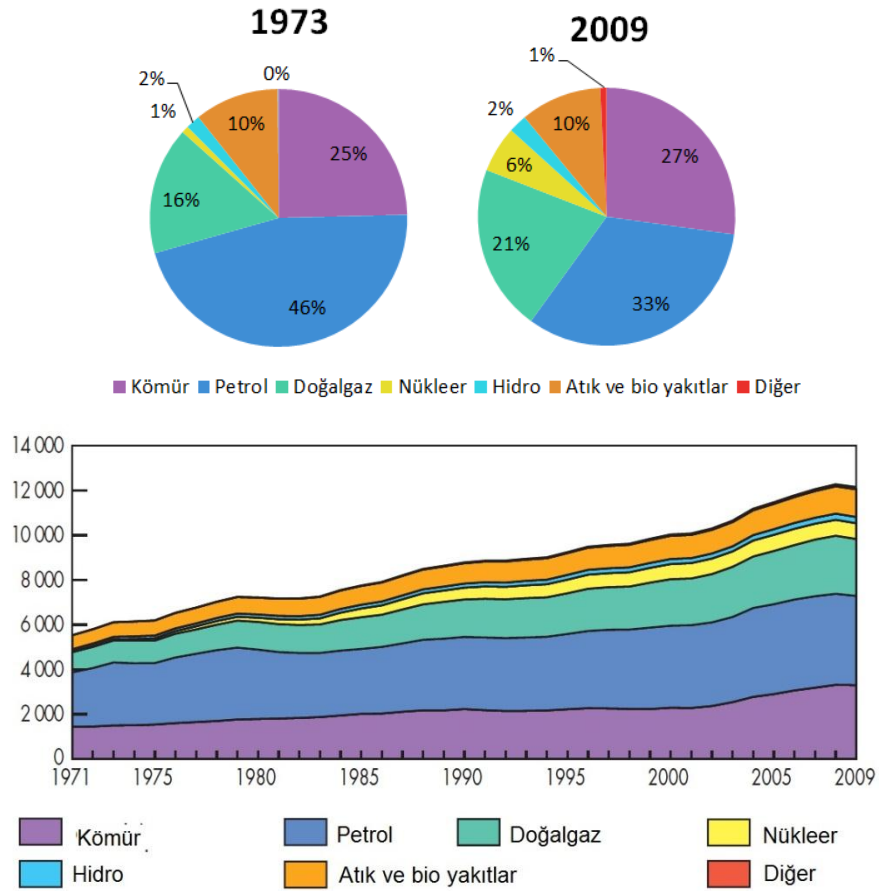
Şekil I.1 Ülkelere göre kişi başına düşen enerji miktarı [4].

Günümüzde ise enerji verimliliğini ve yapılan iş başına tüketilen enerjiyi ifade eden "enerji yoğunluğu" göstergesi kullanılmaktadır. Enerji yoğunluğu, tüketilen toplam enerjinin gayrisafi milli hasılaya bölümüdür. Bir ülkenin enerji yoğunluğu ne kadar düşükse o ülke enerjiyi o kadar verimli kullanıyor demektir. Enerji yoğunluğu düşük olan ülkelerin daha gelişmiş olduğu söylenebilir.

Enerji kaynaklarının kullanımı, dünya nüfusu artış gösterdikçe ve teknoloji geliştikçe artmıştır. 1972 yılında 3,913 milyar olan dünya nüfusu, 2010 yılında neredeyse iki kat artarak 6.841 milyara ulaşmıştır. Bununla beraber artan enerji tüketimi, yenilenemeyen petrol, doğalgaz gibi fosil kaynakların gün geçtikçe tükenmesine yol açmaktadır.

1973 Yılında, dünya üzerinde kanıtlanan petrol rezervi günlük 635 milyon varildi. Üretim ise günlük 59 milyon varildi (Million Barrels per Day-mmb/d). Bunun 31 mmb/d' i başka bir deyişle %53'ü, petrol ihraç eden (OPEC) ülkeler tarafından sağlanıyordu. Petrol rezervi ile yıllık üretimin oranı (R/P oranı) 31 yıldır. Otuz yıl sonra (2003), kalan rezervler, yaklaşık %80 arttı ve üretimde yaklaşık %30 kadar yükseldi. OPEC ülkelerinin üretimi, 1973'deki üretimleri ile halen aynı seviyededir. Bu ülkelerin dünya üzerindeki payı %40 civarına düşmüştür ve dünya R/P oranı 40 yıl civarındadır[5].

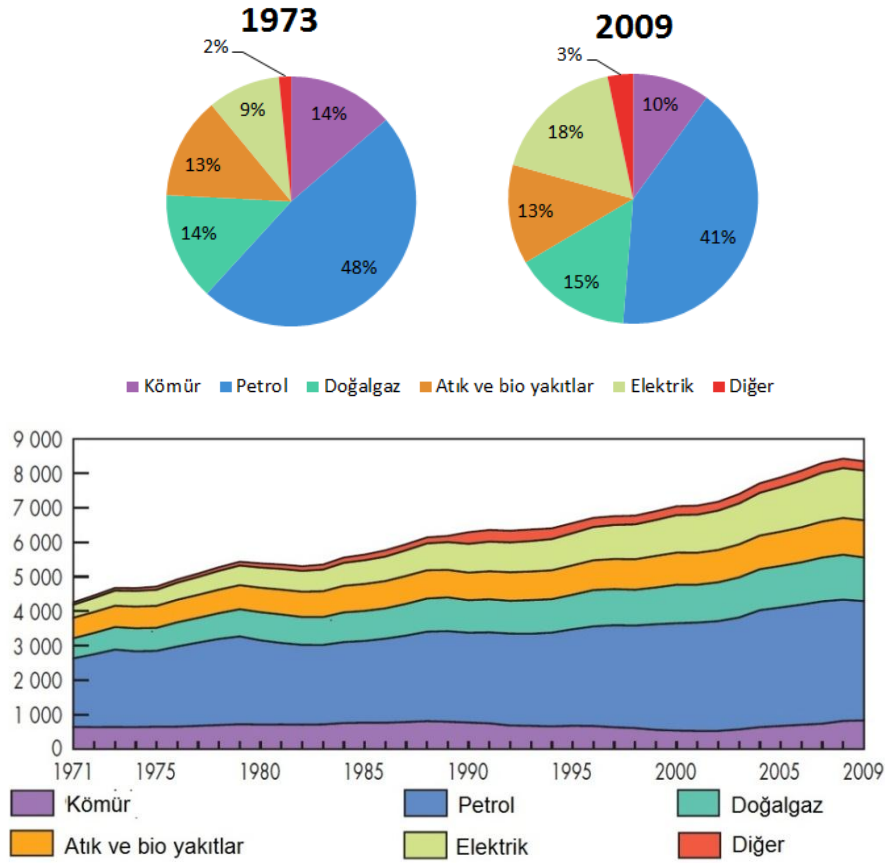
Bu demek oluyor ki mevcut petrol üretimi ile mevcut petrol rezervleri 40 yıl sonra tükenecektir. Bu rakamın doğalgaz için 80 yıl, kömür için 500 yıl olduğu söylenmektedir. Bu yüzden dünya birincil enerji kaynakları devamlı artış göstermekle birlikte, kaynaklara göre dağılıma bakıldığında bazı enerji kaynaklarının payında azalmalar görülmektedir. (Şekil I.2)



Şekil I.2 Dünya'daki enerji rezervinin kaynaklara göre dağılımı ve yıllara göre değişimi (MTEP)[6]

Şekil I.2'de görüldüğü gibi dünya enerji kaynakları 1973 yılından 2009 yılına kadar neredeyse iki kat artış göstermiştir. Buna karşılık bütün tüketimde petrolün payı, diğer diğer kaynakların artmasıyla azalmıştır. Bunun nedenin alternatif enerji kaynakları rezervlerinin artmasıdır.

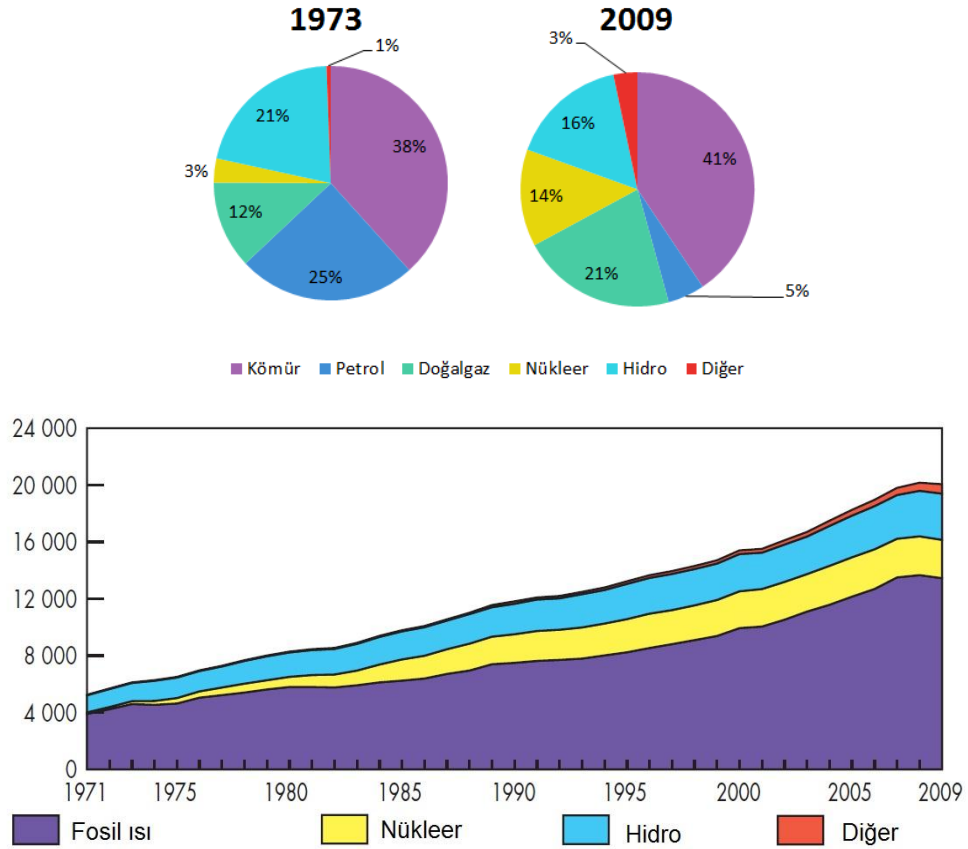
Dünyadaki enerji tüketimi her geçen yıl artış göstermektedir. Ulaştırma sektörü gibi bazı alanlarda çok alternatifi olmadığından dolayı, tüketilen toplam enerjide petrolün oranı çok baskındır. 1973 yılında, neredeyse toplam tüketimin yarısını petrol oluşturmuştur. Diğer kaynakların kullanımı arttıkça, giderek maliyeti artan petrolün tüketiminin, toplam tüketimdeki oranı düşme göstermiştir. Bu azalmaya rağmen petrol tüketimi 1970'lere göre %80 civarında artmıştır. (Şekil I.3)



Şekil I.3 Dünya'daki enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımı ve yıllara göre değişimi (MTEP) [6]

Dünya enerji tüketimi de dikkat çeken bir başka husus ise güneş, rüzgar, jeotermal enerjiler gibi yenilenebilir enerjilerin kullanımındaki artıştır. Bu kaynakların toplam enerji tüketimindeki payı, 2009 yılı itibarıyla 1970'lere göre iki kat kadar artış göstermiştir.

Elektrik enerjisi, ampul ve elektrik makinalarının bulunmasından sonra kullanılmaya başlanmıştır. Elektrik enerjisi ikincil bir enerji olduğu için çeşitli birincil enerji kaynaklarından dönüştürülerek üretilir. Elektrik enerjisi depolanmaya uygun bir enerji olmadığı için tüketileceği kadar üretilir, üretileceği kadar birincil enerji kaynaklarından tüketilir. Bu yüzden elektrik enerjisi üretmek için tüketilen birincil enerji kaynaklarını incelemek, elektrik enerjisi üretimi ve tüketimi hakkında da genel bir bilgi verir.

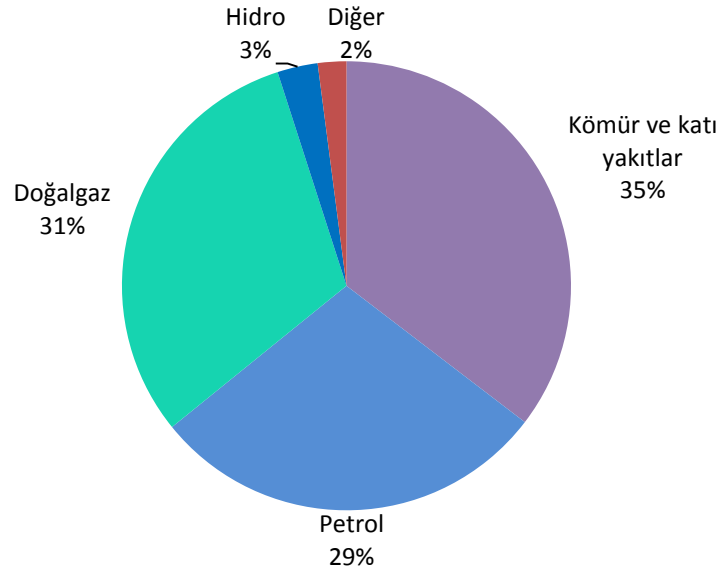


Şekil I.4 Dünya'daki elektrik enerjisi üretimi için tüketilen enerjinin kaynaklara göre dağılımı ve yıllara göre değişimi (MTEP) [6]

Elektrik enerjisi, tüketim olarak en fazla artış gösteren enerjidir. Dünya'da 1973 yılı itibariyle 6115 TWh üretilen elektrik enerjisi, 2009 yılında 20055 TWh üretime ulaşmıştır. 1970'li yıllarda elektrik üretimi için tüketilen toplam enerjinin neredeyse %25'ini petrol oluşturmuştur. Petrolün zaman içinde pahalalanması ve yeni elektrik üretim teknolojilerinin gelişmesiyle doğalgaz, nükleer enerji ve yenilenebilir enerjilerin elektrik üretiminin payı artmış, petrolün payı azalmıştır (Şekil I.4). Kömür, elektrik üretimindeki önemini her zaman korumuş, fosil kaynakların elektrik üretimindeki yeri devamlı artış göstermiştir.

I.1.2 Türkiye'nin Genel Enerji Durumu

Türkiye'de 2009 itibariyle net birincil enerji ithalatı 70,25 milyon TEP ve birincil enerji kaynakları üretimi ise 30,28 milyon TEP olarak gerçekleşmiştir[6]. Bu rakamlar, Türkiye'nin enerji ihtiyacının yaklaşık %70 oranında dış ülkelerden ithalat yoluyla sağlandığını göstermektedir. Şekil I.5'de 2009 yılına göre Türkiye birincil enerji arzının kaynaklara göre dağılımı görülmektedir.



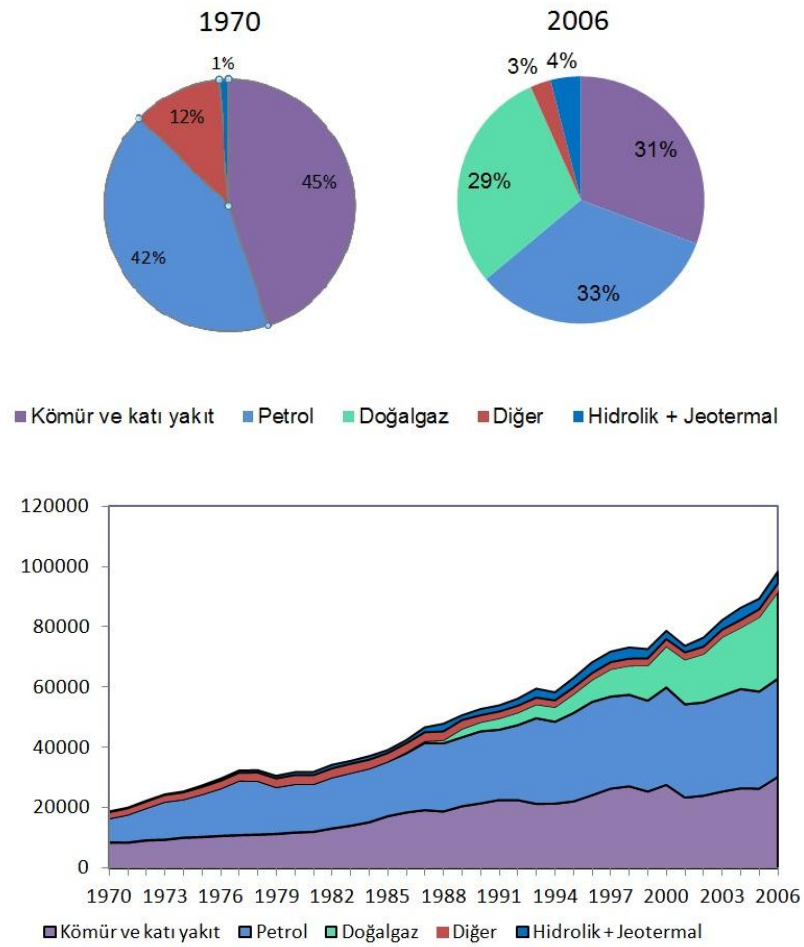
Şekil I.5 2009 yılına göre Türkiye birincil enerji arzının kaynaklara göre dağılımı[7]

Uluslararası enerji ajansı (International Energy Agency – IEA) 2011 dünya enerji istatistiklerine göre, 2009 yılında dünyada kişi başına düşen yıllık ortalama enerji miktarı 1,8 TEP iken Ekonomik Kalkınma İşbirliği Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development - OECD) üyesi ülkelerinin ortalaması 4,28 TEP'tir. Aynı yılda Türkiye'nin kişi başına düşen yıllık ortalama enerji miktarı ise 1,36'dır. Bu rakamlara göre kişi başına düşen yıllık ortalama enerji miktarı bakımından Türkiye, dünya ortalamasına göre %25 OECD ortalamasına göre neredeyse %70 altındadır.

Aynı verilere göre enerji yoğunluğu ise tüketilen enerji miktarı başına yapılan üretimi gösteren, bir başka deyişle enerji verimliliği seviyesini ifade eden bir göstergedir. Türkiye'nin 0,27 KEP(Kilogram Eşdeğer Petrol)/\$ olan enerji yoğunluğu, 0,31 olan dünya ortalamasından %13 az, 0,18 olan OECD ortalamasından %33,3 fazladır.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesine göre 2009 yılında Türkiye'de 2349 bin TEP petrol üretilirken 627 bin TEP doğalgaz üretilmiştir. Bunun yansısı aynı yıla ait petrol arzı 30565 bin TEP iken doğalgaz arzı 32775 bin TEP olarak gerçekleşmiştir. Üretim ile tüketim rakamları arasındaki bu fark çeşitli ülkelerden ithalat yoluyla sağlanmaktadır. Bu rakamlara göre Türkiye, petrolde %90, doğalgazda ise %98 oranında dışa bağımlıdır.

Enerji tüketimi her geçen yıl artan Türkiye'de en çok tüketilen birincil enerji kaynakları sırasıyla petrol. Kömür ve doğalgazdır. (Şekil I.6)

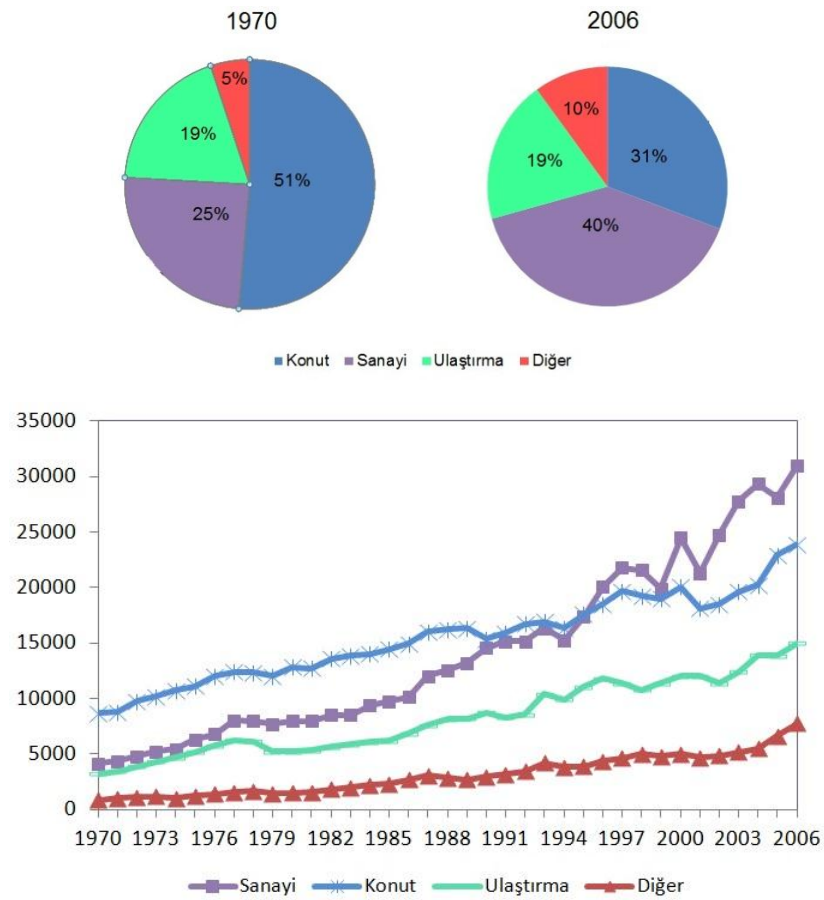


Şekil I.6 Türkiye'de enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımı ve yıllara göre artışı[7]

Türkiye'de birincil enerji tüketimi 1970 yılında toplam 18845 TEP iken bu rakam 2006 yılında 97995 TEP'e ulaşmıştır. Bu rakamlara göre Türkiye'nin birincil enerji tüketimi 36 yılda %80 artmıştır. Türkiye'de kömür ve petrol geçmişten beridir tüketilmekle beraber, 1976 yılında ilk kez doğalgaz tüketilmeye başlanmış ve

80'lerin sonundan itibaren en fazla tüketilen kaynaklardan biri olmuştur. 2006 yılı verilerine göre Türkiye'nin birincil enerji tüketiminde petrol %33, kömür ve katı yakıtlar %31, doğalgaz %29, hidrolik ve jeotermal kaynaklar %4'lük paya sahip olmuştur.

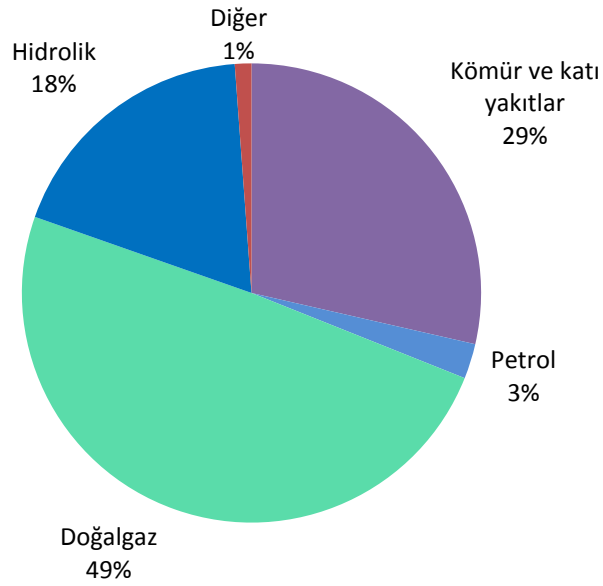
Türkiye'de ki nihai enerji tüketimini sektörel olarak inceleyecek olursak, 1970 yılında tüketilen enerjinin yarısında fazlasının konut sektörü tarafından tüketildiğini görürüz. Fakat sanayi sektörünün gelişmesiyle birlikte, 90'lı yılların ortalarında sanayi sektöründeki tüketim, konut sektöründeki tüketimi geride bırakmıştır. Ulaştırma sektöründeki tüketim ise nüfusa bağlı olarak aynı ivme ile artmıştır.



Şekil I.7 Türkiye'de enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı ve yıllara göre artışı[7]

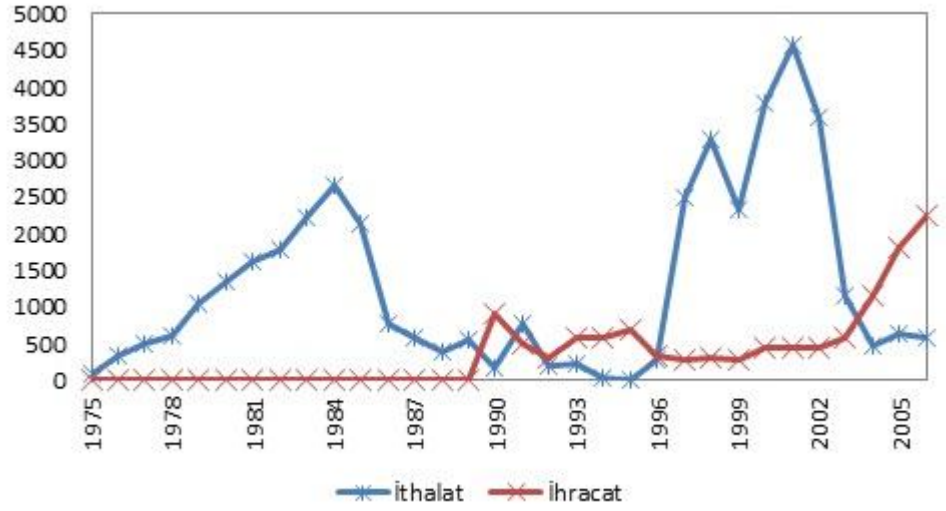
2006 verilerine göre Türkiye'de nihai tüketimin %40'ını sanayi sektörü, %31'ini konut sektörü, %19'unu ulaştırma sektörü, %10'nunu da diğer sektörler (tarım sektörü, hizmet sektörü vb.) oluşturmaktadır.

Türkiye'de elektrik üretimi için harcanan enerjinin %49'u doğalgazdır. Doğalgazı %29 ile katı yakıtlar, %18 ile hidroelektrik santraller izlemektedir. Bu rakamlar Türkiye'de elektrik üretimi için kullanılan enerjinin %80'inin fosil kaynaklı olduğunu gösterir. (Şekil I.8)



Şekil I.8 Türkiye'de elektrik enerjisi üretiminde tüketilen enerjinin sektörlere göre dağılımı[7]

Türkiye, geçmişten beri elektrik ihtiyacının bir kısmını dış ülkelerden ithal etmekle birlikte, ilk kez 90'lı yılların başında elektrik enerjisi ihracatına başlamıştır. 1979 ile 1985 yılları ve 1997 ile 2002 yılları arasında ithalat oldukça yüksek iken, 2004 yılından itibaren ise elektrik enerjisi ihracatı önemli bir artış göstermiştir. (Şekil I.9)



Şekil I.9 Yıllara göre elektrik enerjisi ithalat-ihracat miktarları[7]

Türkiye’de 2006 yılında 176299,8 GWh elektrik enerjisi üretilmiştir. Aynı yılda talep edilen elektrik enerjisi miktarı ise 174637,3 GWh’dir. Bu talebin 573,2 GWh’lik miktarı ithalat ile karşılanırken geri kalan talep yurtiçi üretim ile karşılanmıştır. Artan 2235,7 GWh’lik elektrik enerjisi de dış ülkelere ihraç edilmiştir. Bu rakamlara göre Türkiye, ürettiği elektrik enerjisinin %1,3’ünü ihraç etmekle birlikte elektrik talebinin %0,33’ünü de dışarıdan ithal etmektedir[7]

BÖLÜM II

II. ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE DÜNYA GENELİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÇALIŞMALARI

1970’li yılların son yarısında, sanayileşmiş ülkelerin devamlı büyümesine karşılık enerji kaynaklarının yetersiz hale gelmesi, küresel enerji krizlerine yol açmıştır. Krizlerden sonra, ülkelerin enerji tüketimindeki büyümede önemli azalmalar olsa da büyüme hala devam etmiştir. Gün geçtikçe azalan enerji kaynakları, artan enerji talebini karşılamada zorlandıkça, enerjinin fiyatı artmakta ve sanayileşmiş ülkeleri yeni arayışlara itmektedir. Her ne kadar ülkeler enerji arzına yönelik strateji ve teknolojiler geliştirseler de, mevcut riskler azalmamaktadır.

Bu mevcut durum karşısında enerji arzına yönelik yeni stratejilerden çok, enerji kullanımına yönelik yeni stratejiler geliştirmek kaçınılmaz hale gelmiştir. Enerji kullanımına yönelik stratejiler ise Enerji Verimliliği Stratejileri’dir

Bugün, hem sürdürülebilir kalkınmanın gereklerini yerine getiren, hem de çevresel tehlikelerle enerji üretim ve tüketiminden kaynaklanan ekonomik ve sosyal maliyetleri en aza indirgeyen bir strateji oluşturmak için, çevresel kısıtlar, ekonomik ve siyasi kısıtlarla birlikte düşünülmektedir. Burada bahsedilen strateji de enerji verimliliği stratejisidir. Böyle bir strateji, en önce enerji ihtiyacı kavramının dramatik biçimde yeniden ele alınmasına dayanmaktadır. Aynı hizmet bugünkünden daha az enerji kullanarak ve toplamda bugünkünden daha az bir maliyetle yerine getirilebilir. Bu durum, en ileri teknolojileri kullanan ve belirgin biçimde etkin ekonomilere sahip olan ülkeler için de geçerlidir[8].

Enerji verimliliği stratejilerinin temeli olan enerji verimliliği kavramı, basit bir kemer sıkma eylemi değildir. Enerji verimliliği, insanların yaşam düzeylerinde, refah seviyelerinde, hizmet kalitelerinde, üretim miktarında ve kalitesinde azalma yaratmaksızın, enerji tüketiminin azaltılması olarak tanımlanmaktadır. Enerji verimliliğiyle ilgili önlemlerin en önemlilerinden birisi hiç şüphesiz enerji tasarrufudur. Enerji tasarrufu, gerekli olan enerjinin azaltılması veya kısıtlanması şeklinde düşünülmemelidir. Enerji tasarrufu, kullanılan enerji miktarının değil ürün

başına tüketilen enerjinin azaltılmasıdır. Enerji maliyetlerini düşüren üretici, aynı miktardaki mal veya hizmetleri daha az enerji veya aynı miktar enerji ile daha çok mal ve hizmet üreterek, ulusal ve uluslararası alanda rekabet gücünü arttıracaktır.[9]

Enerji verimliliği, enerji tasarrufunu da kapsayan daha geniş bir kavramdır. Basitçe ifade edilecek olursa enerji verimliliği, enerji kaynaklarının üretimden tüketime kadar tüm safhalarda en yüksek etkinlikte değerlendirilmesini ifade eden bir kavramdır. Enerji tasarrufu ise, enerji ve enerji kaynaklarının verimli olarak değerlendirilmesi amacıyla kullanıcılar tarafından alınan tedbirler sonucunda belirli miktardaki üretimi ve hizmeti gerçekleştirmek için her aşamada harcanan enerji miktarında sağlanan azalmayı anlatmaktadır.[8]

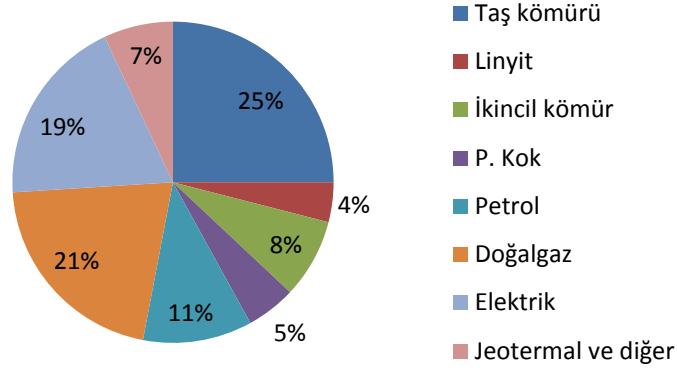
II.1 SEKTÖREL OLARAK ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ ARTTIRMAYA YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Enerjinin tüketildiği neredeyse her alanda enerjiden tasarruf edilebilir. Enerjiden tasarruf edebilmek ise enerji verimliliği çalışmalarını gerektirir. Dolayısıyla pek çok alanda değişik enerji verimliliği stratejileri geliştirilebilir. Burada, enerji tüketiminde en çok paya sahip olan sektörlerde yapılan verimlilik çalışmalarını incelemekte fayda vardır.

Dünya'da üzerinde en çok enerji tüketen sektörler, sanayi sektörü, bina sektörü, ulaştırma sektörü, elektrik tesisleri sektörüdür. Bu sektörlerde yapılan enerji verimliliği çalışmaları ile önemli enerji ve para tasarrufları elde edilebilir. Bu sektörlerin her birinde yapılan enerji verimliliğini arttırıcı çalışmalar farklılık göstereceğinde, bu çalışmaları ayrı ayrı ele almak gerekir.

II.1.1 Sanayi Sektöründe Enerji Verimliliğini Arttırıcı Çalışmalar

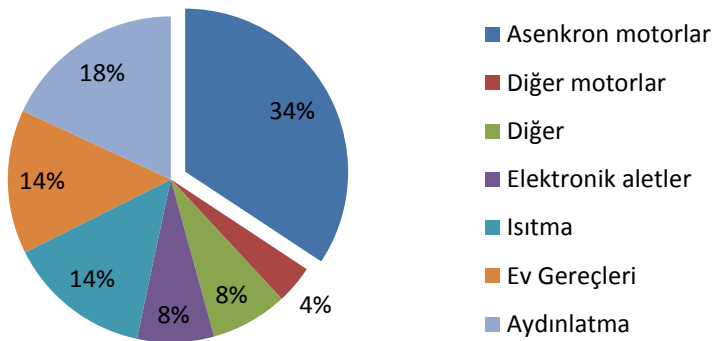
Sanayi sektöründe tüketilen enerji, toplam enerji tüketiminde en fazla paya sahip olandır. Bu yüzden sanayi sektöründe enerji verimliliği çok önem arz eden bir husustur. Türkiye'de sanayi sektörü tarafından tüketilen enerjinin kaynaklara göre dağılımı incelendiğinde, taş kömürü, doğalgaz ve elektrik enerjisi tüketiminin, toplam tüketimin içinde %65'lik paya sahip olduğu görülür.(Şekil II.1) Dolayısı ile bu enerjileri tüketen sistemler üzerinde yapılacak verimlilik çalışmaları, büyük tasarruflar sağlayacaktır.



Şekil II.1 Sanayide tüketilen enerjinin kaynaklara göre dağılımı[10]

Elektrik enerjisi tüketimi, sanayi sektöründeki tüketimin yaklaşık %20'sini oluşturmaktadır. Bununla birlikte elektrik enerjisi, diğer enerjilere göre daha pahalıdır. Bu nedenle, sanayide elektrik tüketen sistemlerin verimliliği önemli para tasarrufları sağlar.

Sanayi sektöründeki elektrik enerjisi tüketen sistemler incelendiğinde, en fazla tüketimin elektrik motorları tarafından gerçekleştirildiği görülür. Elektrik motorları, elektrik enerjisini mekanik enerjiye çeviren makinalar olarak, sanayide hareket enerjisine ihtiyaç duyulan her yerde kullanılır. Elektrik motorları içerisinde en fazla kullanılan motor tipi asenkron motorlardır. Asenkron motorlar ucuz, kullanışlı, verimli olmaları vb. sebeplerden çok tercih edilirler. Bu yüzden sanayi sektöründeki toplam elektrik enerjisi tüketiminin %34'sünü asenkron motorlar gerçekleştirir.(Şekil II.2) Bu sebeple, elektrik motorlarında verimlilik mühim bir konudur.



Şekil II.2 Sanayide tüketilen elektrik enerjisinin kullanım alanlarına göre dağılımı[11]

Sanayide yüksek verimli elektrik motorlarının kullanılması verimliliği önemli ölçüde artırır. Bu yüzden elektrik motorlarında bazı verimlilik standartları geliştirilmiş ve motorların enerji verimlilikleri kategorize edilmiştir. Avrupa Elektrik

Makinaları ve Güç Elektroniği İmalatçıları Komitesi (CEMEP) motorları üç kategoriye ayırmıştır. Bu kategoriler;

EFF1: Çok verimli

EFF2: Orta verimli

EFF3: Az verimli şeklindedir.

Bu kategorilerdeki motorların verimlilikleri aşağıdaki gibidir.

Tablo II.1 CEMEP’e göre 3 fazlı AC asenkron sincap kafesli motorlar için verim sınıfları[11]

Çıkış Gücü (kW)	2 Kutuplu Motorlar (%)			4 Kutuplu Motorlar (%)		
	EFF1	EFF2	EFF3	EFF1	EFF2	EFF3
1,1	≥ 82,8	≥ 76,2	< 76,2	≥ 83,8	≥ 76,2	< 76,2
1,5	≥ 84,1	≥ 78,5	< 78,5	≥ 85,0	≥ 78,5	< 78,5
2,2	≥ 85,6	≥ 81,0	< 81,0	≥ 86,4	≥ 81,0	< 81,0
3	≥ 86,7	≥ 82,6	< 82,6	≥ 87,4	≥ 82,6	< 82,6
4	≥ 87,6	≥ 84,2	< 84,2	≥ 88,3	≥ 84,2	< 84,2
5,5	≥ 88,6	≥ 85,7	< 85,7	≥ 89,2	≥ 85,7	< 85,7
7,5	≥ 89,5	≥ 87,0	< 87,0	≥ 90,1	≥ 87,0	< 87,0
11	≥ 90,5	≥ 88,4	< 88,4	≥ 91,0	≥ 88,4	< 88,4
15	≥ 91,3	≥ 89,4	< 89,4	≥ 91,8	≥ 89,4	< 89,4
18,5	≥ 91,8	≥ 90,0	< 90,0	≥ 92,2	≥ 90,0	< 90,0
22	≥ 92,2	≥ 90,5	< 90,5	≥ 92,6	≥ 90,5	< 90,5
30	≥ 92,9	≥ 91,4	< 91,4	≥ 93,2	≥ 91,4	< 91,4
37	≥ 93,3	≥ 92,0	< 92,0	≥ 93,6	≥ 92,0	< 92,0
45	≥ 93,7	≥ 92,5	< 92,5	≥ 93,9	≥ 92,5	< 92,5
55	≥ 94,0	≥ 93,0	< 93,0	≥ 94,2	≥ 93,0	< 93,0
75	≥ 94,6	≥ 93,6	< 93,6	≥ 94,7	≥ 93,6	< 93,6
90	≥ 95,0	≥ 93,9	< 93,9	≥ 95,0	≥ 93,9	< 93,9

Verimlilik konusunda iyi olmayan motorlar EFF3 sınıfında, verimlilikleri artırılmış olanlar EFF2 sınıfında, verimlilik açısından en yüksek verimliliğe sahip motorlar ise EFF1 sınıfında yer almaktadır. Enerji verimliliği yüksek motorlar, standart motorlara göre pahalı olsalar da, düşük enerji tüketimleriyle kısa zamanda maliyetlerini çıkarırlar. Örneğin Tablo II.1’e göre, 1,1 kW’lık EFF3 sınıfı bir motor %76 verimli iken, EFF1 sınıfı motor ile verim %84’e çıkmaktadır. EFF3 sınıfı motor harcadığı enerjinin %24’ünü kayıp olarak atık ısıya çevirirken, EFF1 sınıfı motor %24’lük dilimin %8’ini mekanik güce çevirmek için kullanabilir. Düşük atık ısı oranı motorun daha serin çalışmasını sağlayıp ömrünü uzatmakta ve motorun aşırı yükleme ve anormal işletme şartlarına daha iyi direnç gösterip elektrik akımı ve voltajındaki kalitesizliklere daha toleranslı olmasını sağlamaktadır.

Motorlar yüke uyumlu olarak seçilmeli, gereğinden büyük motor seçilmemelidir. Böylelikle motorların anma güçlerine göre düşük güçte ve dolayısıyla düşük verimde çalışmaları önlenmelidir. Motorlarda yük arttıkça verim de artar ve motor verimi genellikle %75 yükte azami seviyeye ulaşır. Düşük yüklerde tüketilen elektrik enerjisi, mekanik güç yerine, artan oranda ısıya çevrilir ve motorlarda aşırı ısınmadan doğan riski arttırıp motorun ömrünü kısaltır.

Değişken hızlı sürücü sistemleri, alternatif akımın frekansını ve dolayısıyla motorun dönüş hızını değiştirerek motorun gereğinden fazla güç çekmesini önler. Bu da aynı işin çok daha az enerji kullanarak yapılmasını sağlar. İnvertör sistemi ilavesi ile motorlarda %50'ye varan enerji tasarrufu sağlanabilir. Yani aynı iş için motorun tükettiği elektrik enerjisi yarı yarıya azaltılabilir.

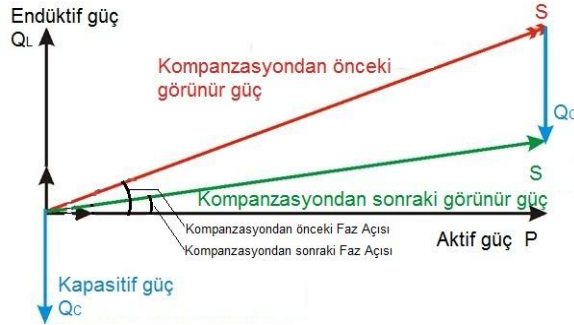
Motor gücünün direk bağlantı yerine endirekt olarak düz kayış veya standart V kayışları ile iletildiği sistemlerde kayış kayması ve sürtünmeden dolayı %2 ile %8 arasında kayıplar oluşur. Bu kayıplar ve ortaya çıkan kayış ısınması standart kayışların tırtıllı yüksek verimli V-kayışları ile değiştirilmesiyle önlenabilir. Bununla beraber motorun düzenli bakımlarının yapılması ömrünü uzatacağı gibi, verimliliğinde zamanla kaybetmemesini sağlar[12].

Sanayide elektrik motorlarından sonra en fazla elektrik enerjisi tüketen sistemler aydınlatma sistemleridir. Aydınlatma sistemlerinde enerji verimliliği bina sektöründe daha fazla önem arz eder. Bu yüzden, bu konunun “Binalarda Enerji Verimliliğini Arttırmaya Yönelik Çalışmalar” başlığı altında incelenmesi daha doğru olur. Bununla beraber sanayi sektöründeki aydınlatma sistemlerinde alınacak verimlilik tedbirleri, bina sektöründeki aydınlatma sistemleri de alınacak verimlilik tedbirleri ile paraleldir. Aydınlatmada verimlilik tedbirleri, az verimli lambaların çok verimliler ile değiştirilmesi, lamba sürücülerinin verimli hale getirilmesi, gün ışığından daha fazla yararlanılması, gelişmiş aydınlatma otomasyonlarının kullanımı, doğru aydınlatma tasarımları, aydınlatma armatürlerinin periyodik bakımları gibi tedbirlerdir.

Sanayi sektöründe, tüketilen elektrik enerjisinin güç kat sayısının düzeltilmesi zorunluluğu vardır. Bu duruma kompanzasyon denir. Bu zorunluluğu anlayabilmek için öncelikle kompanzasyonu anlamak gerekir.

Transformatörler, jeneratörler ve elektrik motorları endüksiyon prensibine göre çalıştıklarından manyetik alan oluşturabilmek için mıknatıslanma akımı çekerler. Şebekeden çekilen bu akımın oluşturduğu güce reaktif güç (Q) denir. Reaktif güç

faydalı güce dönüşmez ancak mıknatıslanma için gereklidir. Lambalarda ışık gücüne, motorlarda mekanik güce ve direnç tellerine ısıya dönüşen güç faydalı güçtür. Bu güce aktif güç (P) denir. Şebekeden çekilen güce ise görünür güç (S) denir. Görünür güç, aktif ve reaktif gücün vektörel toplamıdır. Görünür güç reaktif güç nedeniyle aktif güçten ϕ açısı kadar geride kalır. Bu açının kosinüsüne ($\cos\phi$) güç katsayısı denir.



Şekil II.3 Güç vektörü

Bir tesiste reaktif güç kullanımı artarsa ϕ büyür ve güç katsayısı ($\cos\phi$) küçülür, reaktif güç azalırsa $\cos\phi$ büyür ve 1'e yaklaşır. Dolayısıyla, güç katsayısının 1'e yakın olması istenir. Bobinlerde manyetik alan oluşturabilmek için çekilen reaktif güce endüktif reaktif güç (Q_L) denir. Bu gücü yok edici nitelikte olan ve kondansatörler tarafından çekilen güce kapasitif reaktif güç (Q_C) denir. Kondansatörlerin endüktif yüklere paralel bağlanıp, çektikleri kapasitif güç ile endüktif reaktif gücü aktif güce yaklaştırmaları durumuna güç kat sayısının düzeltilmesi (Kompanzasyon) denir.

Belli bir güçten sonra tesise kurulması zorunlu olan kompanzasyon sistemlerinin, hem enerjiyi üreten hem de tüketen yönünden faydaları vardır. Bu faydalar şöyledir;

Üretici Yönünden Yararları;

- İletkenler daha az akım taşıyacağından ince kesitte seçilir.
- Aynı iletim hattından daha fazla aktif enerji iletileceğinden üretim, iletim ve dağıtım tesislerinde kapasite - verim yükselir.
- Enerjinin üretim ve satış maliyeti azalır.
- Alternatör ve transformatörlerin gücü daha küçük tutulur.
- Dağıtım hatlarında kayıplar ve gerilim düşümü azalır.

Tüketici Yönünden Yararları;

- İletkenler daha ince kesitte seçilir.
- Besleme transformatörü, kumanda, kontrol ve koruma elemanları daha küçük değerlerde seçilir.
- Besleme transformatörünün ve tesisin kapasitesi ile verimi yükselir.
- Kayıplar ve gerilim düşümü azalır.
- Şebekeden daha az reaktif enerji çekilir.
- Harcanan enerji azalacağından enerji ücreti de azalır.

Sanayi sektöründe doğalgaz ve taş kömürü tüketimi, toplam tüketimin neredeyse yarısını oluşturur. Bu yakıtlar ısı enerjisinin gerekli olduğu yerlerde kullanılır. Dolayısıyla bu yakıtlardan tasarruf etmek için yapılacak verimlilik uygulamalarının başında ısı yalıtımı gelir. Isı yalıtımı Bölüm II’de incelenecektir.

Sanayi sektöründe elektrik enerjisi verimliliği tedbirleri dışında uygulanabilecek verimlilik tedbirleri kısaca şöyledir;

- Gerekemediği zamanlarda egzoz fanlarını, fırınları, motorları vb. kapatılmalıdır,
- Buhar ve basınçlı hava kaçaklarının işletmeye maliyeti çok pahalı olması nedeniyle düzenli analizlerle ortaya çıkarılmalıdır,
- Yanma havasının kalbi olan hava fazlalık katsayısının kontrolü yapılmalıdır,
- Tanklar, hatlar ve proses ekipmanı yalıtılmalıdır,
- Yakma havası ön ısıtmaya tabii tutulmalıdır,
- Mümkünse, basınçlı hava ve buharın basıncı düşürülmelidir.
- Duvarlar, çatılar, tavanlar ve kapılar yalıtılmalıdır,
- Büyük kompresörlerde hava veya su soğutmasıyla atılan ısı, uygun tasarımla özellikle kışın mahal ısıtmalarında kullanılmalıdır.
- Büyük giriş kapıları yalıtılmalıdır,
- Kondens kazana geri beslenmelidir,
- Açık ısıtılan tankların üstü kapatılmalıdır,
- Isıl işlemde, kaplama, boya ve benzer işlemlerde enerji ihtiyacını düşürmek için ürün tasarımı değiştirilebilir,
- Isıtılan veya iklimlendirilen yapılarda büyük miktarda egzoz, atık ısı geri kazanımı için potansiyeldir,
- Pik talebi düşürmek için işler zamanlanmalıdır,
- Spot havalandırma ile gerekli iklimlendirilmiş hava miktarı azaltılabilir.[13]

II.1.2 Ulaştırma Sektöründe Enerji Verimliliğini Arttırıcı Çalışmalar

Ulaştırma sektörünün özellikle fosil enerji tüketimindeki payı oldukça yüksektir ve bu pay gün geçtikçe artmaktadır.

1971 yılındaki %35'lik bu pay 1997 yılında %54'e çıkmıştır ve bu oranın 2020'de %62'ye ulaşacağı tahmin edilmektedir. OECD ülkelerindeki petrol talebinin yarısından yolcu araçları ile yurtiçi taşımacılığında kullanılan kamyon ve kamyonetler sorumludur, bununla birlikte havayolu yakıt talebi ise en hızlı artan kalemdir.[8]

Bu nedenle ulaştırma sektöründe alınan tedbirler ile yüksek para tasarrufları yapılacağı gibi daha az sera gazı salınımı ile doğa korunmuş olur. Ulaştırma sektöründe yapılan enerji verimliliği çalışmalarını, çevreci ve ekonomik yakıtlar, elektrik enerjisinin ulaştırmada kullanımı, yenilenebilir enerjilerin taşıtlara uygulanması gibi başlıklarda toplanabilir.

Türkiye'de toplam ulaşımın %90'dan fazlası motorlu karayolu ulaşımı ile sağlanmaktadır. Motorlu karayolu ulaşımında en çok kullanılan yakıt benzin ve motorindir. Bu yakıtlar pahalı oldukları gibi verimsizdirler. Bu yakıtlara alternatif olacak ekonomik ve daha verimli yakıt çeşitleri, para ve enerji tasarrufları sağlayacaktır. Biodizel, hidrojen, CNG ve elektrik enerjisi motorlu araçlar için alternatif enerji kaynaklarıdır.

Biodizel bitkisel yağdan yapılan değişikliğe uğramamış tüm dizel motorlarda çalışabilen bir yakıttır. Tarım politikalarından başlayarak biodizel üretimi çeşitli yasalarla düzenlenir, özendirilir ve teşvik edilirse %10'lara varan maddi tasarruflar elde etmek mümkündür. Bu çalışmaların çevreye de olumlu etkileri olacaktır[14].

CNG (Compressed Naturel Gas) sıkıştırılmış doğalgazdır. Konutlarda ve sanayide kullanılan ve en az 20 bar basınçla şebekeden gelen gaz, bir kompresör vasıtasıyla 200 bar basınçta sıkıştırılarak araçlara doldurulur. Türkiye şartlarında dizel motorlu bir otobüs, şehir içi kullanımda 100 km'de ortalama 45 litre mazot sarf ederken, doğalgaz ile çalışan aynı otobüs ortalama 65 Nm doğal gaz sarf eder. Mazot ve doğalgazın birim fiyatları göz önüne alındığında %40 dolayında maddi tasarruf elde edilebilir[14].

Hidrojen enerjisi motorlu taşıtlarda kullanılabilen yenilenebilir enerji türüdür. Araçta çeşitli sıvı ya da gazlarla (örneğin doğalgaz ile) depolanabilen hidrojen, depolandığı maddenin içerisinden ayrıştırılır. Elde edilen hidrojen, yakıt piline gönderilir. Yakıt pili, hidrojenden elektrik enerjisi üreten bir bataryadır. Yakıt pilinin

ürettiği elektrik enerjisi ile elektrik motoru çalıştırılır. Atık olarak elde edilen madde ise sadece sudur. Hidrojen enerjisi ile çalışan araç fosil yakıt tüketmemekle birlikte karbondioksit salınımında yapmaz.

Günümüzde pratik uygulamalarını görmeye başladığımız hibrit araçlar, en etkili enerji tasarruf teknolojilerinden biridir. Bu teknoloji içten yanmalı motor ile elektrik motorunun bütünleşik çalışmasını sağlar. Araçta, elektrik motoru ve içten yanmalı motor olmak üzere iki motor bulunur. Elektrik motoru bir bataryadan enerjisini alırken mekanik motor yakıt deposundan alır. Elektrik motoru çalışırken içten yanmalı motor durur. Bataryada enerji bittiğinde, içten yanmalı motor devreye girer hareket enerjisi üretmeye devam edilir. İçten yanmalı motor çalışırken, aynı mile bağlı elektrik motoru jeneratör gibi çalışıp bataryayı şarj eder. Yüksek hızlarda, içten yanmalı motor devredeyken, düşük hızlarda (enerji tüketiminin daha fazla olduğu şehir içi kullanımında) elektrik motoru devrededir.

Öncelikle benzinli motorlara uygulanan yöntem %40'lara yakın yakıt tasarrufunun yanında CO₂ emisyonunu da benzer oranda azaltmaktadır[14].

Günümüzde en verimli çevreci ulaşım şekli olarak demiryolları karşımıza çıkmaktadır. Şehir içi ve şehirlerarası ulaşımında en pratik yol olan demiryolları, elektrik enerjisinin en etkin kullanıldığı sistemler olduğundan, oldukça verimli ve çevrecidir.

Demiryolu ulaşımını enerji verimliliği açısından diğer ulaşım türlerine göre çok daha avantajlıdır. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre yük taşımacılığında enerji yoğunluğunun dünya ortalaması, karayolu ulaşımı için 3,5 MegaJoule/ton-km iken, demiryolu ulaşımı için bu değer 0.25 MegaJoule/ton- km'dir Bu durum, demiryolu ulaşımının sera gazı emisyonuna katkısının da karayoluna göre çok düşük olduğunu göstermektedir[15].

Türkiye'de elektrikli demiryolu sistemleri ile ulaşım çok yaygın değildir. Bunun nedenleri; var olan hatların çok eski ve kullanışsız oluşu, birçok kente demiryolu ulaşımının olmayışı, demiryolu ulaşımına uzun yıllardır yatırım yapılmayışı vb. şeklinde sıralanabilir. Demiryolu ulaşımının çok geri planda kaldığı Türkiye'de, demiryolları ile yapılacak büyük bir enerji tasarruf potansiyeli vardır.

Ulaştırma sektöründe enerji verimliliği arttırmak için alınabilecek başlıca tedbirler şöyledir;

- Topu taşıyıcılığın yaygınlaştırılması
 - Alt yapı geliştirme
 - Toplu taşımacılıkta fiyat indirimleri
 - Modlar arası geçiş ve transit taşımacılık
- Sürüş ve yasak sınırları
 - Hız sınırlarının düşürülmesi
 - Plaka numaralarına göre trafiğe çıkış yasağı
- Carpooling uygulamaları
- Araç ve yakıt teknolojilerindeki uygulamalar
 - Elektrikli araçlar, hibrit araçlar
 - Etanol ve biodizel kullanımı
 - CNG ve LPG'nin yaygınlaştırılması
 - Yeni motor gövde tasarımları
- Eko-sürüş
- İşe başlama saatlerinin kaydırmalı olarak planlanması, sinyalizasyonu sistemlerinin geliştirilmesi vb.[16]

II.1.3 Elektrik Tesislerinde Enerji Verimliliğini Arttırıcı Çalışmalar

Elektrik üretim santrallerinde tüketilen enerji, elektrik enerjisi üretmek için tüketilen enerji ve iç ihtiyaçları karşılamak için tüketilen enerji olarak ayrılır. Her santralin, iç ihtiyaçlarını karşılamak için enerji gereksinimi vardır. Fakat yenilenebilir enerjilerle elektrik üreten santraller elektrik üretmek için fazla enerji tüketmezler. Bu yüzden fosil yakıtlarla enerji üreten santrallerin enerji tüketimi çok büyüktür. Bu nedenle, termik santrallerdeki verimlilik tedbirleri ve uygulamaları çok önemlidir.

Bir termik santralde verim düşüklüğüne yol açan en büyük kayıp, elektrik üretim teknolojisinden kaynaklanmaktadır. Bu kayıp yaklaşık olarak %61 civarındadır. Başka bir deyişle, üretilen her 1 kwh elektrik karşılığında yaklaşık olarak 1,6 kwh elektrik enerjisi karşılığı ısı çeşitli yollarla çevrimde harcanarak boşa verilmektedir. Nispeten kontrol edilebilir bir parametre olan işletmecilik kökenli kayıplar arasında ise yönetim, eğitim, kontrol ve testler, malzeme özellikleri, bakım ve revizyonlar ile kullanılan yakıt özelliklerini saymak mümkündür. Bu kayıpların modern termik santral işletmeciliğinde %2'yi geçmemesi beklenir[17].

Santrallerde boşa giden atık ısıların enerji üretimine dahil edilmesi yada atık ısı ile santral dışı ısı ihtiyaçlarının karşılanması verimliliği artırır.

Oluşan atık ısıyı enerji üretimine dahil eden kombine santraller klasik santrallere göre çok daha verimlidir. Bu santrallerde iki tipte türbin vardır; gaz türbini, buhar türbini. Gaz türbini fosil yakıtlar ile enerji üretir. Enerji üretildikten sonra oluşan yüksek atık ısıya sahip egzoz gazı ile kazanlarda yüksek basınçlı buhar elde edilir. Yüksek basınçlı buhar ile de buhar türbinlerinden enerji üretilir.

Bu işleyiş, kömür ile çalışan termik santrallerde biraz farklıdır. Kömürün yanması sonucu çıkan egzoz gazındaki küller gaz türbinine zarar verdiğinden, kömür direk çevrime sokulmaz. Önce gazlaştırılıp sonrasında gaz türbinine sokulur. Orada çıkan egzoz gazı da aynı doğalgaz kombine sistemlerde olduğu gibi çevrime sokulur.

Kombine çevrim gaz türbinleri santral verimliliğini %55'e kadar çıkarabilmektedir; gelecekte dizayn ve materyal kullanımındaki iyileşmeler ekstra verimlilik artışına yol açabilecek ve daha yüksek işletme sıcaklığına izin verilebilecektir[8].

Santrallerde oluşan atık ısının santral dışında ısı amaçlı kullanımı da söz konusu olabilir. Bu şekilde santral dışı ısı ihtiyaçlarını için fazladan enerji tüketimine gerek kalmaz. Santralin atık ısıları ile konutsal alanda bölgesel ısıtma yapılabilir. Atık ısı ile ısıtılan bölgesel bir ısıtma kazanı, bir köyün, mahallenin yada bir şehrin ısıtma ihtiyacını karşılayabilir.

Termik santral atık ısıları, bölgesel ısı ihtiyacı yanında soğutmada, sera ısıtmasında, balık çiftliklerinde, hafif sanayide vb. birçok ihtiyacın karşılanmasında kullanılabilir. Termik santrallerde kondens suyundan, baca gazlarından faydalanarak veya türbin kademelerinden ara buhar çekilerek atık ısılar faydaya dönüşebilir[18].

Atık ısının ısıtma amaçlı kullanılmasına en iyi örnek kojenerasyon sistemlerdir. Kojenerasyon sistemler fosil yakıt ile elde edilen dönme hareketi ile elektrik üretilip, ortaya çıkan sıcak egzoz gazı ile ısıtma sistemlerini besleyen bir sistemdir.

Kojenerasyon uygulamaları, gelişen işe yarar teknolojileri ve herhangi bir yakıt türünü kullanarak toplam verimliliği %90'lara kadar çıkarabilmektedirler. Daha küçük güç üretim birimlerine doğru olan yönelim dikkate alındığında gelişmekte olan dünyada kojenerasyon, özellikle yeni santraller için oldukça uygundur[8].

Elektrik santrallerindeki verimliliğin yanında, elektrik iletim ve dağıtım sistemlerinde de verimlilik tedbirleri ile tasarruflar yükseltilebilir.

Üretim santrallerinden müşterilere uzanan süreçte elektriğin iletim ve dağıtımda kayba uğraması, genelde tellerin veya transformatörlerin dirençlerinden kaynaklanmaktadır. Dağıtım hatlarının ve trafo merkezlerinin çok fazla veya kapasitenin çok altında yüklenmesi, reaktif enerji tüketimi, düşük güç faktörü, uzun iletim hatları gibi sebeplerden kaynaklanan kayıplara teknik kayıplar denilmektedir. Müşteri kayıtlarının yetersizliği, kaçak bağlantılar, hatalı endeks okuma, bozuk sayaçlar, yetersiz denetim gibi sebeplerden kaynaklanan kayıplar ise teknik olmayan kayıplar şeklinde nitelenmektedir[8].

İyi bir sistemde kayıpların yıllık toplam üretimin %4 ile %8'i arasında ve puant gücün %7 ile %12'si arasında olması beklenir. Ancak Türkiye'de bu oran çok daha yükseklerde seyretmekte, toplam kayıp oranı %20'leri geçmektedir. Bu alanda yapılacak verimlilik çalışmaları ile kayıplarda yarı yarıya azalma sağlanabilir.

Elektrik enerjisi hizmetinin kaliteli, devamlı ve kesintisiz verilmesi esastır. Bu yüzden elektrik enerjisi, üretiminden, iletimine ve dağıtımına kadar ülke çapında merkezi bir planlamayı zorunlu kılar. Kamu yönetimindeki enerji kuruluşlarının iyi yönetim modeliyle ve personel kalitesi artırılarak verimliliği artırılabilceği gibi, bilinçli ve planlı yatırımlar yaparak elektrik kesintileri ve kayıp enerji oranları düşürülebilir[19]. Böylelikle elektrik tesislerinde önemli tasarruflar yapmak mümkün olur.

II.2 BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ ARTTIRMAYA YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Binalarda enerji tüketimi, toplam tüketiminin içinde önemli bir yere sahiptir. IEA üyesi ülkelerin toplam nihai enerji tüketimlerinin yaklaşık üçte biri konutlar ve ticari binalarda gerçekleşmektedir. Konutlar ve ticari binalar, petrol talebinde sadece %11'lik bir paya sahiptirler ve ulaştırma ve sanayi sektörlerinden daha az petrol tüketmektedirler. Ne var ki elektrik talebindeki payları IEA genelinde %60, AB genelinde en az %40 civarındadır. Pek çok IEA üyesi ülkedeki konutlarda alan ısıtma nihai enerji kullanımında en yüksek paya sahiptir; benzer şekilde su ısıtma da enerji tüketiminde rol oynayan önemli kalemlerden biridir[8].

Bina sektörü, sanayi sektöründen sonra en fazla enerji tüketen sektördür. Bu yüzden, binalarda enerji verimliliği önemli bir konudur. Bu konu, kısaca ısı yalıtımı, mekanik sistemlerin verimli hale getirilmesi, aydınlatmada tasarruf, verimli ev aletlerinin kullanımı, yenilenebilir enerjilerden faydalanma şeklinde gruplanabilir..

II.2.1 Isı Yalıtımı

Binalarda enerji tasarrufunu sağlamanın ilk şartı ise ısı kayıpları engellemektir. Binalarda ısı kayıplar iç ortam ile dış arasında ısı transferi ile gerçekleşir. Yani kış mevsiminde, sıcak içeriden soğuk dışarıya, yaz mevsiminde ise sıcak dışarıdan soğuk içeriye doğru gerçekleşen ısı geçişidir.

İç ortam ile dış ortam arasındaki ısı transferinin ölçüsü U katsayısıdır ve birimi W/m^2K 'dır. U katsayısının yüksek olması ısı geçişinin fazla olduğunu, düşük olması ısı geçişinin az olduğunu ifade eder. Yani U katsayısının düşük oluşu verimliliği, yüksek oluşu verimsizliği ifade eder. Binalarda yüksek olan U katsayısını azaltmak, ısı yalıtımı ile mümkündür. Isı yalıtımı binalarda yapılmasın gereken en öncelikli verimlilik çalışmasıdır.

Binalarda ısı yalıtımı, bina duvar, çatı, zemin ve çerçevelerinin enerji etkinliğinin iyileştirilmesi, yapı elemanlarının ısı geçirme katsayılarının düşürülerek ısıl direncin yükseltilmesidir.

Isı yalıtımı binaların; çatılarına, dışa veya garaj, depo gibi kullanılmayan bölümlere bakan duvarlarına, toprak veya içerisinde yaşanmayan mahaller ile daireleri ayıran döşemelerine, tesisat boruları ile havalandırma kanallarına yapılır. Ayrıca özel kaplamalı yalıtım camı üniteleri ve yalıtımlı doğramalar kullanılarak kışın pencerelerden oluşan ısı kayıpları azaltılır, yazın binaya güneş ısı girişi sınırlanır. Böylece ısıtma ve soğutma için harcanan enerjiden tasarruf sağlanır[20].

Binalarda ısı kayıpları, her ne kadar binanın mimari projesine ve durumuna göre değişse de genel olarak; ısı kaybının, %40 duvarlarda, %30 pencerelerde, %17 si hava sızıntıları, %7 çatılarda, %6'sı ise bodrum kat da gerçekleşmektedir[21]. Bu rakamlardan da anlaşılacağı gibi, binalarda en fazla ısı kaybı sırası ile dış duvarlar, pencereler, tavan-çatı ve döşemelerden oluşmaktadır.

Binalarda en çok ısı kaybının yaşandığı yerler duvarlardır. Duvarlarda yalıtım, çeşitli malzemelerin genellikle duvarlara monte edilmesiyle, binanın dışından, içinden veya iki duvar katmanının arasından yapılır. Dıştan yapılan uygulamalar ile cephenin tümüne ısı yalıtım malzemeleri sabitlenebildiğinden; ısı köprüleri oluşmaz. Aynı zamanda uygulama dış taraftan yapıldığı için duvarlar sıcak kalır ve yoğunlaşma meydana gelmez. Dış cephelerde kullanılacak olan ısı yalıtım levhaları bu uygulama için özel olarak üretilmiş olmalıdır. İki duvar arası veya içten Yapılan ısı yalıtım uygulamaları; kısa süreli kullanılan yazlıklar, dağ evleri gibi yapılarda tercih edilir. Genel olarak bu uygulamalarda ısı yalıtım levhaları duvarın iç yüzeyine uygulanır.

Bu uygulamalarda ısı köprülerine karşı önlem alınmalı ve mutlaka yoğuşma tahkiki yapılmalıdır. Yoğuşma tahkiki neticesinde buhar kesici kullanımına ihtiyaç olup olmadığına karar verilmelidir[20].

Çatı yalıtımı, özellikle tek katlı yapılarda önem arz etmektedir. Çatı yalıtım malzemelerinin hafif yanmaz olması, kolay uygulanabilirliği, bozulup çürümemesi, asit ve yağmura karşı dirençli oluşu, paslanma, böcek ve mikroorganizmalar tarafından tahrip edilmemesi özellikleri önem taşımaktadır.

Yalıtımda en fazla lifli malzemeler tüketilmekte olup, cam yünü, taş yünü ve petrol türevli polistren ve poliüreten en çok tercih edilenlerdir. Niteliklerine göre cam yünü, gaz betona karşı 5, hafif bezekli tuğlaya 10, betona oranla 50 kat daha yüksek ısı izolasyonu sağlamaktadır. Organik ısı malzemeleri de yalıtımda büyük paya sahip olup, bitki lifleri, kamış, talaş, ahşap artıkları, mantar ve polimerler bunların arasında yer almaktadır[22].

Bina Isı yalıtım ürünlerinin temel amacı, yapı elemanlarının ısı iletim direncini artırmaktır. Bu nedenle bu ürünlerin yalıtma özelliğini ısı iletim katsayıları belirler. Isı iletim katsayısı ne kadar düşükse, o ürünün yalıtım özelliği artar. Bu nedenle, yalıtım ürünlerinin ısı iletim katsayısının düşük olması istenir. Dolgu duvar, kolon kiriş ve zemin yalıtımında kullanılan ısı yalıtım malzemeleri şöyledir;

- Cam yünü
- Taş yünü
- Genleştirilmiş polistiren (EPS)
- Ekstrüde polistiren (XPS)
- Poliüretan Fenol köpüğü
- Cam köpüğü
- Ahşap yünü levhalar
- Genleştirilmiş perlit
- Genleştirilmiş mantar
- Ahşap lifli levhalar[20].

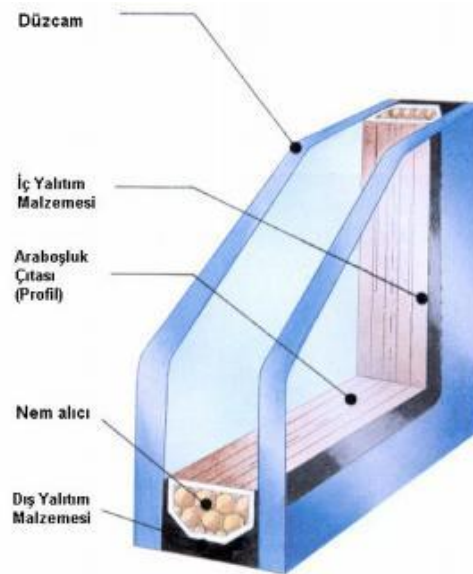
Binalarda en çok ısı kaybının yaşandığı bir diğer bölge ise çerçevelerdir. Çerçevelerdeki ısı kayıplar, pencerelerin U (U_{pencere}) katsayılarını düşürmek ile azaltılır. Pencerelerin ısı geçirgenlik katsayısını belirleyen faktörler ise şöyledir;

- Yalıtım camlarının ara boşluk genişliği
- Yalıtım camlarının ara boşluk dolgusu
- Camların yayınım değeri
- Doğramaların ($U_{\text{doğrama}}$) değerleri[23]

Pencere yalıtımındaki en önemli faktör kullanılan camdır. Enerji verimliliği açısından pencerelerde kullanılan camlar yalıtım camı olmalıdır. Yalıtım camı üniteleri türlerine göre aşağıda gruplanmıştır;

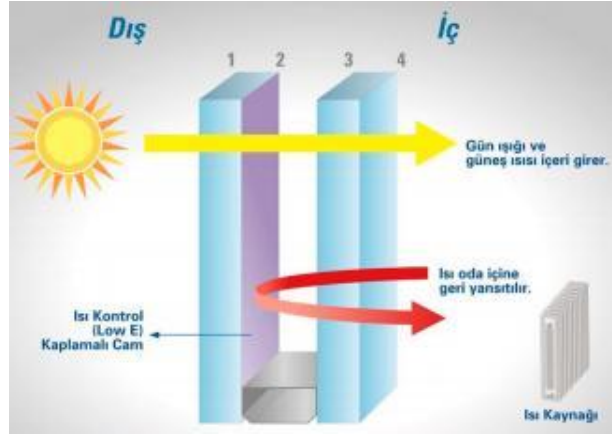
- Standart yalıtım camı üniteleri
- Özel ısı kontrol kaplamalı yalıtım camı üniteleri
- Özel ısı ve güneş kontrol kaplamalı yalıtım camı üniteleri[20]

Standart yalıtım camı iki veya daha çok sayıda cam plakasının aralarında kuru hava veya argon, kripton, xenon gibi ağır gazları barındıracak şekilde fabrika şartlarında birleştirilmesiyle oluşturulur. Cam plakalar arasında hava veya gaz boşluğu oluşturabilmek için ara boşluk çitası kullanılır, ara boşluk çitası içinde boşluk çapı maksimum 3 Å (Angstrom) olan nem alıcı malzeme bulunur. Cam plakalar ve ara boşluk çitası, iç yalıtım malzemesi (butil /poliisobutilen) kullanılarak birleştirilir ve yalıtım camının sızdırmazlığının sağlanması için dış yalıtım malzemesi (polisülfid, poliüretan veya silikon) uygulanmalıdır[23].



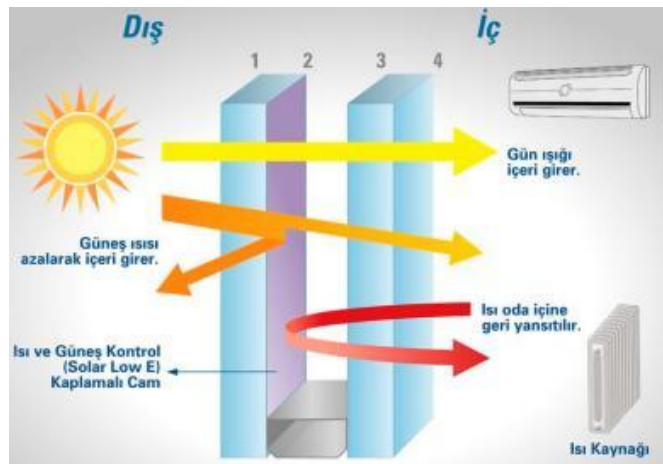
Şekil II.4 Yalıtım Camı Birimi Kesiti

Düşük yayınlı ısı kontrol (Low-E) kaplamalı camlarla üretilen yalıtım camları iç mekânda bulunan radyatör, soba gibi ısı kaynaklarından yayılan ısıyı tekrar içeriye yansıtarak bina içinden dışarıya olan ısı kaçışını azaltmaktadır. Kaplamalar Türkiye genelinde dış camın iç yüzeyinde (2. yüzey), çok soğuk bölgelerde ise pasif solar kazançlardan maksimum düzeyde yarar sağlamak amacıyla iç camın iç yüzeyinde (3. yüzeyde) yer almalıdır[23].



Şekil II.5 Isı Kontrol (Low-E) Kaplamalı Yalıtım Camı

Düşük yayınlı ısı ve güneş kontrol (Solar Low-E) kaplamalı camlarla üretilen yalıtım camları gün ışığını içeri geçirirken güneşin ısını azaltarak içeri almaktadır. Düşük yayınlı ısı ve güneş kontrol (Solar Low-E) kaplamalı cam, güneş kontrol özelliğine ilaveten ısı yalıtımı da sağlamaktadır. Kaplama dış camın ara boşluğa bakan iç yüzeyinde (2. yüzeyde) yer almalıdır[23].



Şekil II.6 Isı ve Güneş Kontrol (Solar Low-E) Kaplamalı Yalıtım Camı

Kapalı ortamlardaki ısı koşulları, o ortamda yaşayan insanların konforunu ve sağlığını doğrudan ilgilendirir. İnsanların çalışma verimlerini büyük ölçüde bulundukları ortamın sıcaklığı belirler. Çok soğuk ya da çok sıcak ortamların çalışma verimini düşürdüğü belirlenmiştir.

Bunun için, yapılarda ısı konforu sağlamak gerekir. Isı konforu sağlamak için ortam sıcaklığı (t_i) ile duvar iç yüzey (t_{iy}) sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkı düşürülmelidir. Bu fark ne kadar yüksek olursa konfor da o kadar düşük olacaktır. Konforlu bir mekân için bu farkın en fazla 3°C olması gerekir. İç yüzey sıcaklıklarının düşük olması durumunda, ısının ortam içinde soğuk yüzeylere doğru hareketi, istenmeyen hava akımları oluşturur. Bu hava akımları da konforu azaltarak hastalıklara neden olur[20].

Tablo II.2 İç ortam sıcaklığı ile dış ortam sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkına göre konfor durumu

$t_i - t_{iy}$	Konfor Durumu
2	Çok konforlu
3	Konforlu
4	Az konforlu
6	Konforsuz
8,5	Soğuk
>8,5	Çok soğuk

Bir binanın ısıtılması veya soğutulması için harcanan enerjinin azaltılmasında mekanik tesisat yalıtımının önemi, göz ardı edilemeyecek kadar büyüktür. Mekanik yalıtımı uygulamaları ile ısıtma ve soğutma sistemlerinde enerji tasarrufu sağlanarak daha düşük işletme maliyetleriyle sistemin hizmet vermesi sağlanır. Tesisatlar da yapılan ısı yalıtımı ile ısı dağıtım hatlarında meydana gelen ısı kaybı ve kazançları azaltılarak enerji tasarrufu sağlanır.

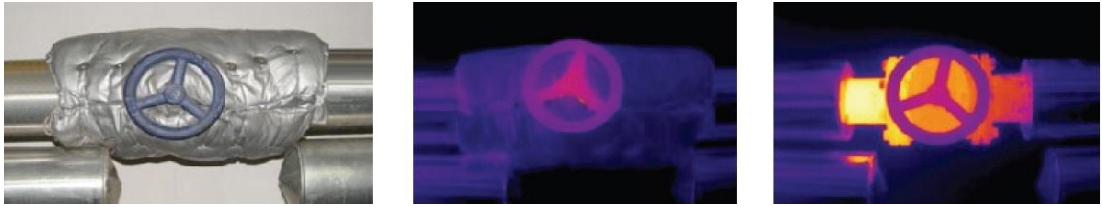
Tesisatta ısı yalıtımı; en genel olarak sıcak hatlarda ısı kaybını, soğuk hatlarda ısı kazancını önlemek için alınması gereken tedbirler olarak tanımlanır.

Özellikle binaların ısıtma ve soğutma tesisatlarının, ısıtılmasına ve soğutulmasına gerek olmayan mahallerden geçen bölümleri ve bu bölümlerdeki vana ve armatürler yalıtıldıkları takdirde sağlanacak enerji tasarrufu çok önemli

mertebelerdedir. Bu yüzden mekanik tesisatı oluşturan boruların, tankların, depoların, klima kanallarının, vanaların ve armatürlerin, içinden geçen akışkanın sıcak veya soğuk oluşuna göre uygun özelliklere sahip ve uygun kalınlıktaki yalıtım malzemeleri ile yalıtılmaları gerekmektedir[24].

Mekanik sistemlerde boru ve vana yalıtımı, cam yünü, kauçuk, polietilen gibi ısıl katsayısı düşük ısı yalıtım malzemelerinin boru ya da vananın üzerine sarılması yoluyla yapılır. Bu şekilde tesisat ile dış ortam arasındaki ısı kaçışları engellenerek, mekanik tesisatın ısıl katsayısı en aza indirilir.

Vana ve armatürlerin yalıtılmaması durumunda aynı çaplı 3-4 metre boruya eşdeğer miktarda enerji kayıplarının meydana geleceği göz önünde bulundurulmalıdır[24].



Şekil II.7 Vana yalıtımı ve termal görüntüsü

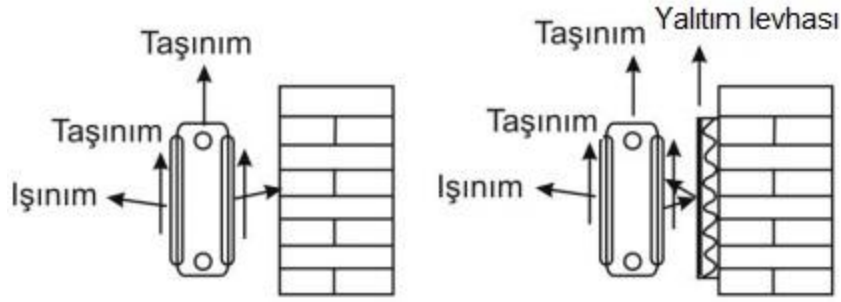
Isı taşıyan borular ısıtılan hacimlerden geçiyorsa, borulardan ısıtılan hacme doğru gerçekleşen ısı geçişi kayıp olarak değerlendirilmez. Çünkü borulardan yayılan ısı, hacmin ısıtılmasına yardımcı olur. Isı taşıyan borularda ısı kaybı, ısıtılmayan hacimlerden geçen borular için söz konusudur. Eğer önlem alınmazsa ısı kaynağından çıkan ısı, ısıtılması gereken hacme ulaşmaya kadar soğuyacaktır.



Şekil II.8 Boru yalıtımı ve termal görüntüleri

Soğuk tesisatlar da açık gözenekli ısı yalıtım malzemeleri kullanılması durumunda yoğuşmanın engellenmesi için dıştan buhar kesici bir malzeme ile kaplanması gerekir. Kapalı gözenekli malzemelerde ilave bir kaplamaya gerek yoktur. Yoğuşma ve korozyon oluşumu gibi yalıtımın kalitesini düşüren ve istenmeyen durumların oluşmasına engel olabilmek için yalıtım malzemesinin su buharı difüzyon direnç katsayısının (μ) yeterince yüksek olmasına, uygun yalıtım kalınlığının tespit edilmesine ve doğru uygulama detayı seçilmesine dikkat edilir[24].

Radyatörlerin arkasına ısı yalıtım levhası (cam yünü vb.) konulmalıdır. Bu levha sıcak radyatör ile soğuk duvar arasında ısı yalıtımı sağlar.



Şekil II.9 Radyatörden odaya ısı transferi mekanizmalarının şematik gösterimi

Radyatörün arka yüzeyi ile duvar arasında ışıınım ve taşınım mekanizmaları ile ısı transferi gerçekleşir. Fakat bu aralıkta radyatör yüzeyi ile duvar arasında gerçekleşen ışıının etkisi ile dış duvar iç yüzey sıcaklığı yükselir ve dış duvardan bina dışına olan ısı kayıplarının artmasına sebep olur[25]. Bunu duruma engel olmak için radyatöre bakan yüzeyi parlak yansıtıcı bir yüzeyle kaplanmış yalıtım levhaları kullanılmalıdır. Böylece radyatörlerden en yüksek verim elde edilebilir.

II.2.2 Mekanik Sistemlerde Verimlilik Uygulamaları

Isı yalıtımı, binalarda enerji verimliliğini sağlayan en önemli unsurken, yalıtılan ısıнын üretimini sağlayan mekanik sistemlerde enerji verimliliği bir o kadar önemlidir. Binalarda mekanik sistemler, binaların alan ısıtma, sıcak kullanım suyu, soğutma ve havalandırma gibi ihtiyaçlarını karşılarlar. Bu ihtiyaçları karşılamak için mekanik sistemlerin harcadığı enerji, binanın harcadığı toplam enerjinin büyük bir kısmını oluşturur.

Binalarda tüketilen enerjinin büyük kısmı (%70-90) ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Geriye kalan kısım (%20-30) ise aydınlatma ve elektrikli cihazlarda kullanılmaktadır.

Alan ısıtma sistemleri binalarda en fazla enerjiyi harcayan sistemlerdir. Alan ısıtma sistemleri, kullanım şekli, akış ve yakıt cinsine göre sınıflandırılabilirler.



Şekil II.10 Isıtma sistemlerinin sınıflandırılması[26]

Merkezi ısıtma, bir binadaki tüm kullanıcıların tek bir merkezi ısıtma sistemi ile ısınmasıdır. Bireysel ısıtma da ise her daire ya da kullanıcının kendi ısıtma sistemi vardır. Genel olarak, merkezi ısıtmada kazanlı sistemler, bireysel ısıtmada ise kombili sistemler kullanılır.

Merkezi sistemde kullanılan kazanların verimleri daha yüksektir. Bu sistemde binadaki hacimler sürekli ısıtılmaktadır. Bütün binanın sürekli ısıtılması şartıyla merkezi sistem daha az yakıt tüketir. Bireysel sistemde alt, üst ve yan komşuların kombilerini çalıştırmamaları bir ısı kaybına neden olmaktadır. Cihazların çalışma ve durmaları sırasında yakıt sarfıyatı artar.

Birçok kazan için gerekli kalorifer bacaları yerine, merkezi ısıtma santralinde kurulacak yeterli yükseklikte tek bir bacaya uygun filtreleme tesisi yapılarak hava kirliliği büyük ölçüde azaltılmış olacaktır[27].

Buna karşılık merkezi sistem sürekli olarak çalışmakta, yakıt ve işletme giderleri ortak ödenmektedir. Daireler ısıtmada ortaktır ve birbirine bağımlıdır. Bir daire borcunu ödemediği zaman gaz kesilir. Dolayısıyla bütün daireler olumsuz etkilenir. Bireysel sistemlerde ise her daire bağımsız olarak ısıtılmakta, istediği gibi ısıtma rejimi uygulanmaktadır ve yakıt işletme giderlerini kendi ödemektedir. Ayrıca merkezi sistemde kullanma sıcak suyu için bina altına ayrıca boyler monte edilmesi veya şofben kullanılması gerekir. Fakat bireysel sistemde ki kombide ani ısıtıcı bulunmakta ve boyler / şofben gerekmemektedir.

Bölgesel ısıtma ise, bir yerleşim biriminin bir veya birkaç merkezde kurulan santrallerle ısıtılmasıdır. Yerleşim birimi, bir site olabileceği gibi, bir mahalle veya bir kent de olabilir. Bazı uygulamalarda ısı santrallerde sıcak su veya buhar üreten kazanlardan oluşur. Başka bir deyişle santralde sadece ısı üretilir. Bazı santrallerde

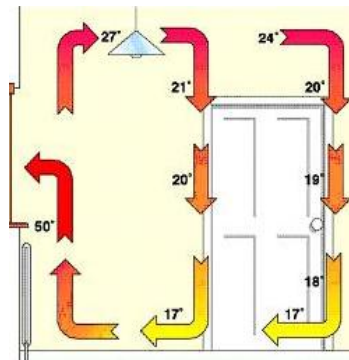
ise ısı ve elektrik birlikte üretilir. Bu tür santrallerde buhar türbini, gaz türbini veya Dizel (gaz) motoru kuruludur. Bu tür uygulama bileşik ısı-güç üretimi veya kojenerasyon olarak bilinir[28].

Bölgesel ısıtma sistemleri diğer sistemlere göre işletme maliyetlerinin düşük olması, çevreyi daha az kirletmesi, daha az tehlikeli olması, daha sağlıklı ve konforlu ısıtma sağlaması avantajlarına sahiptir. Fakat dağıtım hattı maliyetleri, sistem çalıştırma ve kontrol maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle ılıman bölgelerde nispeten tercih edilmeyen bir ısıtma sistemidir[29].

Günümüzde, binalarda kullanımı en yaygın olan sistemler, sıcak sulu sistemlerdir. Bir ısıtma sisteminde ısıtılan suyun ısıtılacak alan içerisinde geçirilerek ısınıp alan içine bırakma esasına dayanır.

Konut dışı binalarda genellikle merkezi ısıtma sistemleri bulunmaktadır. En yaygın olarak kullanılan merkezi ısıtma sistemi ise kalorifer sistemleridir. Kalorifer sistemleri en genel olarak kazan, brülör, pompa, tesisat boruları ve radyatörlerden oluşur. Dolayısıyla hangi yakıt kullanılırsa kullanılsın amaç, sistemdeki suyu kazanda ısıtarak radyatörlere dağıtmak ve radyatörlerin bulunduğu hacimleri ısıtmaktır. Hacimleri ısıtacak olan radyatörlerin dikkatli bir şekilde yerleştirilmesi ve kullanılması ile enerji tasarrufu sağlanabilir[30].

Radyatörler pencere altı duvarlarda, yerden ve duvardan belirli bir açıklık kalacak şekilde yerleştirilmeli ve üstleri açık olmalıdır. Çünkü ısıtılan hacimlerin en soğuk yerleri pencere önleridir. Bu nedenle, radyatörler pencere altlarına pencereyi ortalayacak şekilde yerleştirilir.(Şekil II.11)



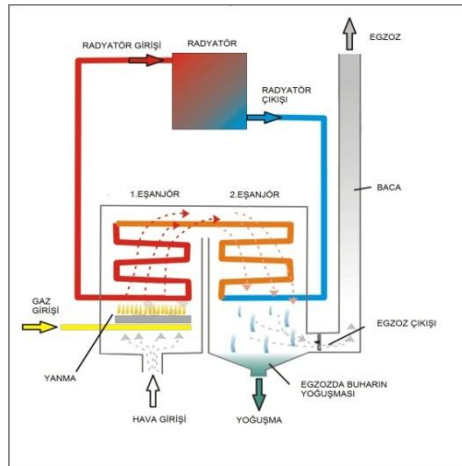
Şekil II.11 Pencere altına yerleştirilmiş radyatör ile ısıtılan odaya homojen dağılımı[31]

Radyatör seçiminde, ısıtıcı yüksekliğinin pencerenin altında kalan duvarın yüksekliğini geçmemesine dikkat edilmelidir. Isı kaybı büyük pencere sayısı çok olan hacimlerde her pencere önüne radyatör yerleştirilmesi ısıнын homojen olarak dağıtılması için uygun olur[32].

Uzun radyatörler sol üstten giriş - sağ alttan çıkış veya sağ üstten giriş - sol alttan çıkış şeklinde çapraz bağlanmalıdır. Bu şekilde radyatör boyunca homojen bir ısı elde edilir. Aksi takdirde, radyatörün sıcak su giriş-çıkışının yapıldığı taraf sıcak diğer taraf soğuk olur. Ayrıca radyatörlerde mutlaka su giriş-çıkış vanaları bulunmalı ve sızdırmazlık sağlanmalıdır. Bu vanalar ile radyatör, istenilen zamanda çalıştırılıp, istenilen zamanda durdurulabilir.

Radyatörlerde termostatik vana kullanılması enerji verimliliğini artırır. Termostatik vana ayarlandığı sıcaklık değerine göre radyatördeki sıcak su akışını kesmek ya da açmak yoluyla radyatörün ısını kontrol eder. Termostatik vanadaki termostatin içindeki sıvı dolgu algılama elemanı sıcaklığa hassastır. Oda sıcaklığı arttığında genişler ve gövde milini iterek vananın kapanmasını sağlar. Sıcaklık düşüğünde ise büzülür, gövde içinde bulunan ve sıkışmış olan yay mili geri iter. Böylece sadece ayarlanan oda sıcaklığını korumak için gereken su miktarının radyatöre girmesi sağlanmış olur. Termostatik Vanalar, oda sıcaklığını istenilen seviyede tutarak konfor ve yakıt tüketiminde %20'ye varan tasarruf sağlayabilirler[33].

Isıtma sistemlerindeki en önemli verimlilik teknolojilerden biride yoğuşma tekniğidir. Merkezi ya da bireysel ısıtma sistemlerindeki kombi ve kazanlarda kullanılan yoğuşma tekniği, ısıtma için harcanan enerjide önemli tasarruflar sağlar.



Şekil II.12 Yoğuşmalı sistemin prensip şeması

Yoğuşmalı sistemde, yoğuşmasız sistemdeki gibi yakıt yakılır. Elde edilen ısı ile eşanjörde su ısıtılır ve sıcak su radyatörlere yollanır. Yoğuşmasız sistemlerde yanma sonucu çıkan sıcak egzoz gazı bacadan dışarı atılır. Ancak yoğuşmalı sistemlerde sıcak egzoz gazı bacadan atılmadan önce radyatör suyunu ısıtmada kullanılır. Radyatörden gelen soğuk su, ikinci bir eşanjörde egzoz gazı ile bir miktar ısıtıldıktan sonra ana eşanjöre girer. Ana eşanjöre giren su bir miktar ısıtılmış olduğundan ısıtma için harcanan yakıtta tasarruf sağlanır. Isısını soğuk suya veren sıcak egzoz gazı soğur. Soğuyan gazın içerisindeki su buharı yoğuşur. yoğuşma sonucu oluşan su sistemden tahliye edilir. Bu yoğuşma olayından dolayı bu tekniğe yoğuşma tekniği denir.

Gaz ve sıvı yakıtlı ısıtma sistemlerinde yoğuşma tekniği kullanılarak, işletme koşullarına bağlı olarak klasik sistemlere göre %15-20'ye varan yakıt tasarrufu mümkün olabilmektedir. Yoğuşma tekniği ile sağlanan verimliliğe paralel sera gazları emisyonları da azaltıldığı için, çevre korunması bakımından da önemli bir adım atılmış olmaktadır[34].

Binalarda alan ısıtma sistemlerinde, doğalgaz enerjisi ile elde edilen ısı, diğer enerji kaynaklarına göre daha ekonomiktir.(Tablo II.3)

Yanma veriminin diğer yakıtlara göre daha fazla olması ve yanmanın kontrol edilebilmesi nedeniyle doğalgaz ekonomik bir yakıttır ve kullanım konforu sağlar. Aralık 2008 verilerine göre bir konutun ısıtılmasında, mutfak ve sıcak su ihtiyacında doğalgaz en ekonomik yakıttır[35].

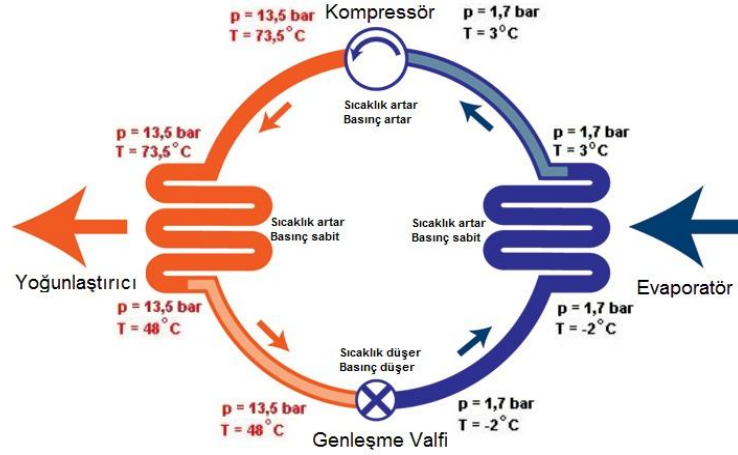
Tablo II.3 Çeşitli yakıtların maliyet karşılaştırması[35]

(16 Aralık 2008 tarihinde belirlenmiş KDV dahil birim fiyatlarla) DOĞALGAZ KULLANILAN ŞEHİRLERDEKİ KONUTLARDA 1000 kcal / saat ISI İHTİYACI İÇİN GEREKLİ OLAN ÇEŞİTLİ YAKITLARIN MALİYET KARŞILAŞTIRMA TABLOSU							
Ucuzluk Sırası	Yakıt Çeşidi	İlgili Şirket	Alt Isıl Değeri	16 Aralık 2008 Tarihinde Birim Fiyatı		Ortalama Verim	En Ucuza Göre Yakıt Maliyeti
1	Doğalgaz Konut	Eskişehir ESGAZ	8250 kcal/m ³	1,033201	YTL/m ³	%93	100
2	Doğalgaz Konut	Bursa BURSAGAZ	8250 kcal/m ³	1,033201	YTL/m ³	%93	100
3	Yerli Linyit Kömürü Soma Kısırakdere	Manisa ELİ	4640 kcal/kg	0,410640	YTL/kg	%65	101
4	Doğalgaz Konut	Ankara BAŞKENTGAZ	8250 kcal/m ³	1,090562	YTL/m ³	%93	106
5	Doğalgaz Konut	Kocaeli İZGAZ	8250 kcal/m ³	1,076917	YTL/m ³	%93	104
6	Doğalgaz Konut	İstanbul İGDAŞ	8250 kcal/m ³	1,082438	YTL/m ³	%93	105
7	Fuel-oil No: 4 Kalorifer Yakıtı	İstanbul Avrupa POAŞ	9875 kcal/kg	1,580000	YTL/kg	%80	149
8	Elektrik Konut	Türkiye TEDAŞ	860 kcal/kWh	0,249425	YTL/kWh	%99	218
9	Dökmegaz Konut LPG – Propan	İstanbul İPRAGAZ-AYGAZ	11100 kcal/kg	2,855600	YTL/kg	%92	208
10	LPG 12 kg Ev Tüpü İstanbul	İstanbul İPRAGAZ-AYGAZ	11000 kcal/kg	3,500000	YTL/kg	%90	263
11	Motorin İstanbul Avrupa	İstanbul Avrupa POAŞ	10256 kcal/kg	2,923077	YTL/kg	%84	252

Doğalgaz kullanılan yüz metrekarelik bir dairede, ısınma, pişirme ve sıcak su ihtiyacı kömürden % 62, odundan % 71, elektrikten ise % 76 daha az ödeyerek karşılanabilir[36]. Binalarda alan ısıtma ve sıcak su sistemlerinde yakıt olarak

doğalgaz enerjisi kullanımı binanın enerji verimliliğini artırır.

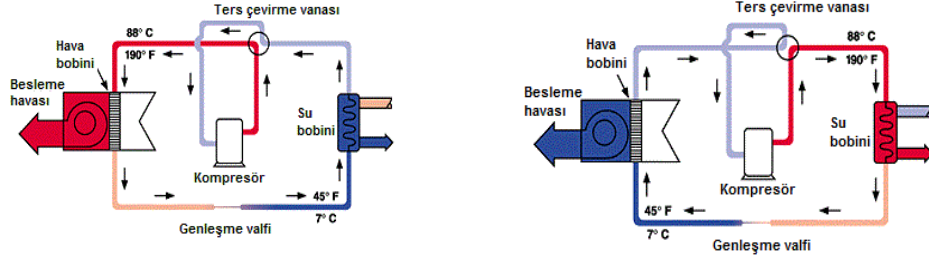
Isıtma ve soğutma enerji verimliliği teknolojilerinden biri de ısı pompalarıdır. Genel olarak ısı pompaları, ortamın sıcaklığını arttırmak için ilave bir enerji kullanan ekipmanlar olarak tanımlanabilir. Isı pompalarının çalışma prensibi, ısı taşıyan akışkanı sıkıştırıp genleştirmek suretiyle açığa çıkan enerjisini ortamın sıcaklığını arttırmak için kullanılmasına dayanır[37].



Şekil II.13 Bir ısı pompasının çalışma döngüsü

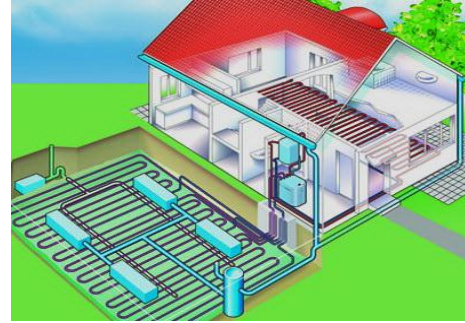
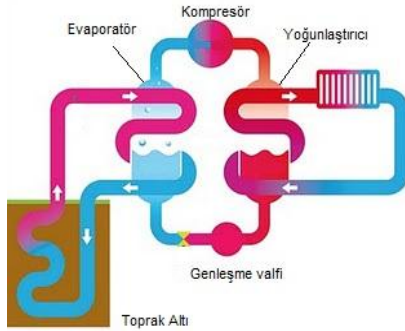
Bir ısı pompası kompresör, evaporatör, genişleme valfi ve yoğunlaştırıcıdan oluşur. Tek enerji harcayan elemanı kompresördür. Kompresör evaporatörden gelen gazı sıkıştırır. Sıkışan gazın sıcaklığı ve basıncı artar. Oradan yoğunlaştırıcıya gelen gaz ısısını kaybeder, yoğuşur, sıvılaşır fakat basıncını kaybetmez. Daha sonra genişleme valfine gelen sıvının burada basıncı düşer ve daha da soğuk hale gelir. Evaporatöre (buharlaştırıcıya) gelen soğuk sıvı burada bir ısı kaynağı ile ısıtılarak buharlaştırılır. Isınan gazın basıncı değişmeden tekrar kompresöre girer ve bu döngü devam eder.

Hem ısıtma hem soğutma sistemi olarak kullanılabilen bu teknikte, evaporatöre gelen soğuk sıvıyı buharlaştırabilmek için bir ısı enerjisi gerekir. Bu ısı enerjisi hava, toprak ya da sudan elde edilebilir. Günümüzde havayı ısı çukuru olarak kullanan ısı pompaları Split Klima olarak adlandırılmaktadırlar. Bu klimaların verimleri, dış hava sıcaklığı ile doğrudan alakalı olduğundan gün içindeki sıcaklık değişimleri verimliliği etkiler. Bu amaçla kullanılan sıcaklığı sabit kabul edilebilen ısı çukurları toprak ve sudur.



Şekil II.14 Isı pompasının ısıtma ve soğutma amaçlı kullanımı

Yer altındaki sıcaklık mevsimlere göre yeryüzündeki sıcaklığa nispeten daha az değişiklik gösterir. Yani belli derinlikteki toprak tabakası yaz aylarında havadan daha soğuk, kış aylarında ise daha sıcaktır. Toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin çalışması, yer altındaki sıcaklığın yıl içinde yer üstündeki sıcaklığa nispeten daha sabit olmasına dayanır. Toprak kaynaklı ısı pompası kışın yer altında depolanmış ısıyı bina içine aktarırken, yazın ise yer altındaki soğukluğu binaya taşır. Bu şekilde ısıtma ve soğutma için gerekli enerjiyi yenilenebilir biçimde elde etmiş oluruz.

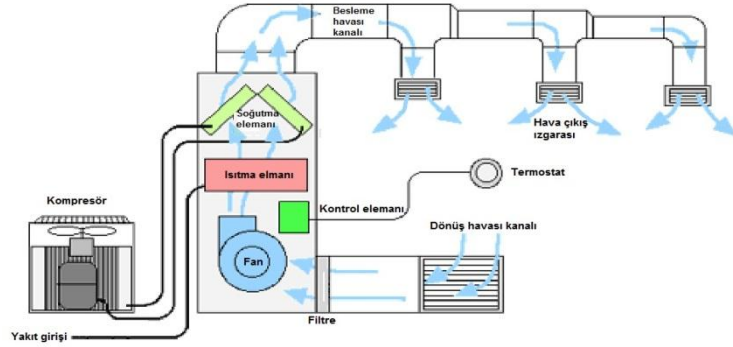


Şekil II.15 Toprak kaynaklı ısı pompası prensip şekli ve örnek uygulama şekli

Isı pompası düşük sıcaklıktaki bir ortamda bulunan ekonomik değeri olmayan ısıyı, kullanılmak üzere daha yüksek sıcaklıktaki bir ortama pompalayan ve bu işi yapmak için pompaladığı ısıya oranla daha az (% 20-25'i kadar) mekanik iş harcayan bir sistemdir[38]. Bu sebeple diğer fosil yakıtlarla çalışan ısıtma ve soğutma sistemlerine göre daha verimlidir.

Binalarda enerji verimliliğini ilgilendiren faktörlerden biri de HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning) sistemlerdir. Binalarda enerji tüketimindeki en büyük payı, binayı konfor değerlerinde tutmaya çalışan, HVAC ve aydınlatma sistemleri alır. Binalardaki toplam enerji tüketiminin bina kullanım amacına bağlı olarak %10 ile %60 arasındaki oranının bu cihazlarınca tüketildiği belirlenmiştir[39].

HVAC sistemleri, binanın ısıtma, soğutma ve havalandırma işlevini merkezi olarak gideren mekanik sistemlerdir. Bu sistemler de bir merkezde elde edilen istenilen sıcaklıktaki hava, binanın tüm bölgelerine kanallar ile taşınır.



Şekil II.16 HVAC sistemin prensip şekli

HVAC sistemde, ısının üretildiği merkezi ünitenin içerisinde, ısıtma ve soğutma elemanları vardır. Soğuk mevsimlerde ısıtma elemanı, sıcak mevsimlerde soğutma elemanı devreye alınır. Sadece havalandırma yapılacaksa ısıtma ve soğutma elemanları devreden çıkarılır. Elde edilen ısı bir fan ile hava yoluyla kanallara aktarılır. Kanallar ile binanın bütün alanlarına taşınabilen hava, istenilen yerlere ısıyı aktarır. Fanın çalışması için gerekli besleme havası dışarıdan alınabildiği gibi, bina içinden dönüş havası kanalı ile de alınabilir. Merkezi üniteadaki ısıtma elemanı genelde sıvı ve gaz yakıtlarla çalışmakla birlikte, elektrik enerjisi ve yenilenebilir enerjilerle de çalışabilir. Soğutma sistemi ise genelde elektrik enerjisi kullanır.

HVAC sistemlerin verimli olması demek, tüm binanın ısıtma, soğutma ve havalandırma ihtiyacı için harcanan enerjiden tasarruf etmek demektir. HVAC sistemlerin verimliliğini arttıracak başlıca uygulamalar, kanal yalıtımı, ısı geri kazanım uygulamaları, absorbasyon ve yenilenebilir enerji sistemleri ve otomatik kontrol sistemleridir.

Binalarda enerji verimliliğinin olmazsa olmazı ısı yalıtımı, HVAC sistemlerin verimliliğinde de önemli rol oynar. Kanallı tip cihazlarda ve klima santrallerinde yüksek maliyette hazırlanan havanın özelliklerinin bozulmadan iklimlendirme yapılacak ortama ulaştırılması gerekmektedir[40].

Havanın içinde taşındığı kanallar yalıtılmamışsa, kanal içerisi ile dış ortam arasında ısı geçişleri olacaktır. Bu durum, ısı özelliği korunmak istenen havanın ısı kazanmasına ya da kaybetmesine yol açarak özelliğinin bozulmasına sebep olacaktır. Isıl özelliği bozulan havanın, özelliğini geri kazanması için daha fazla enerji harcanır. Bu yüzden kanalları uygun biçimde yalıtıp, ısı geçişlerini en aza indirmek verimlilik için şarttır.

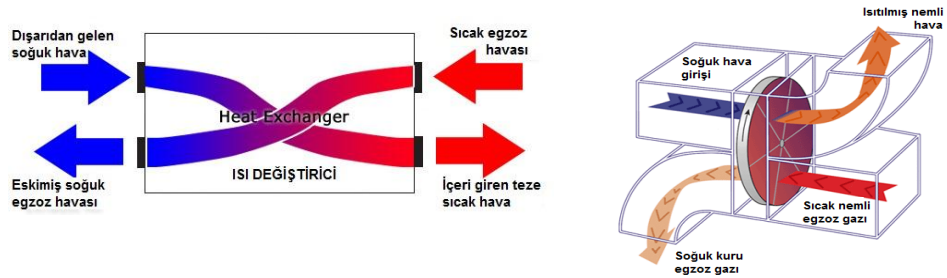


Şekil II.17 Yalıtılmış bir HVAC kanalı kesiti

HVAC sistemlerde ısı kaybı ve kazancına karşı yapılacak yalıtımın, işletme ve yatırım maliyeti açısından oluşturduğu faydalar şöyledir;

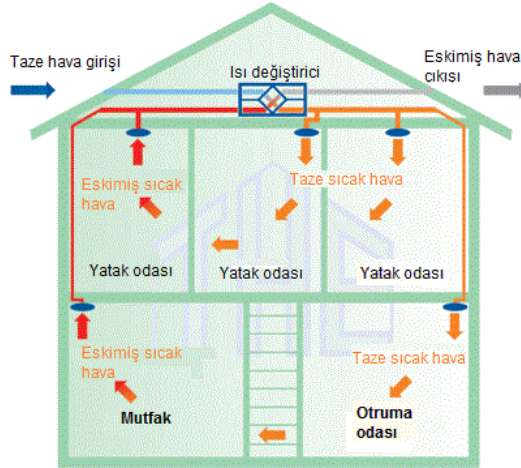
- Isı kaybını veya kazancını azaltarak, enerji tasarrufu sağlanır ve işletme maliyeti azaltılır,
- Tesisat elemanlarının boyutlarını küçültülür, tesisat yatırım maliyetini düşer,
- Kanallarda dolaştırılacak hava debisi azalacağı için daha küçük vantilatör gücü gereksinimi ve bunun sonucu santralin elektrik enerjisi giderlerini azaltılır.

Atık ısı geri kazanım uygulamaları, HVAC sistemlerde verimliliği arttıran uygulamalardandır. Atık geri kazanım sistemleri, ısı değiştiricileri ile egzoz yoluyla dışarı atılan sıcak havanın ısınıp ısıtma dahil ederler. Isı değiştirici sistemlerin döner, plakalı, ısı borulu, depolamalı gibi çeşitleri vardır.



Şekil II.18 Isı değiştirici sistem diyagramı ve bir döner tip ısı değiştirici şekli

Atık ısı geri kazanım sistemlerinde kullanılan ısı değiştirici tiplerinden biri döner tip ısı değiştiricileridir. Döner tip ısı değiştiriciler, alüminyum ya da çeliğin ondüleli kıvrılması ve çok küçük kanalcıkların oluşturulması ile imal edilirler. Sıcak ve soğuk akışkanlar cihazın içinde bulunan küçük kanallardan geçerler. Kanalların içinde hareket eden akışkan ısı değiştirici içinden aksiyel yönde geçiş yapar. Bu sırada rotor yavaş bir şekilde dönmeye devam eder[41].

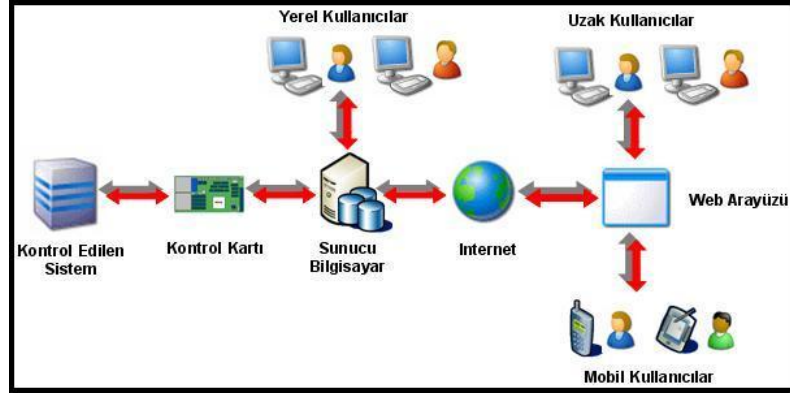


şekil II.19 Isı geri kazanım sisteminin konutta uygulama örneği

Plakalı enerji geri kazanım cihazında enerji geri kazanım miktarı %65 ila %75 oranındadır[40]. Atık ısı geri kazanım sistemleri ile ısıtma sistemine giren havanın ön ısıtması yapılıp ısıtma için harcanan enerjide tasarruf edilir. Bu da binanın enerji verimliliğini arttırmaya yardımcı olur.

HVAC sistemlerinin nasıl kontrol edildiği verimlilik açısından belirleyicidir. Gelişmiş otokontrol sistemleri ile kontrol edilen bir HVAC sistemi, klasik yöntemlerle kontrol edilenlere göre daha verimlidir. Gelişmiş otokontrol sistemleri ile HVAC kontrolü bir mikroişlemci ile HVAC donanımları arasındaki veri iletişimi ile sağlanır. Binanın çeşitli yerlerine konumlandırılmış çeşitli algılayıcılar ile ilgili veriler toplanır. Bu veriler mikroişlemciye iletilir ve orada değerlendirilir. Mikroişlemci, yaptığı değerlendirmeler sonucunda HVAC sisteme ait ilgili motor, vana, anahtar vb. ekipmanları kontrol eder.

Gelişmiş bir HVAC kontrol sisteminde zamanlama programlarına göre otomatik kontrol yapılabilir. Çeşitli senaryolarda zamanlama programları oluşturulup bu senaryolar kontrol panelleri üzerinden başlatılabilir. Varlık ve sıcaklık detektörlerinden gelen bilgiler doğrultusunda açma kapama ve ısı ayarı kontrolleri otomatik olarak yapılabilir. Sistem kontrolü istendiği zaman manuel kontrole çevrilebilir. Tüm bu davranışlar internet üzerinden izlenebilir ve kontrol edilebilir.

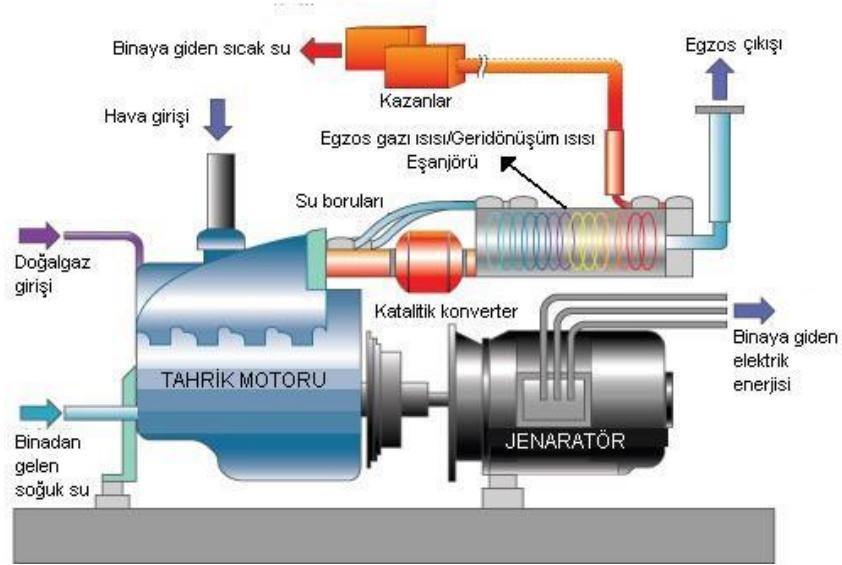


Şekil II.20 Gelişmiş bir HVAC kontrol sistemi akış diyagramı[42]

HVAC sistemlerde ileri kontrol teknikleri ile sadece gerekli olan sistemler aktif olup gereksiz olanlar durdurulur. Vana ve damper açıklıkları ihtiyaca göre ayarlanır. Böylece istenilen yerde istenilen sıcaklık elde edilir, fazlası ya da azı israf edilmez. Zaman ayarı sayesinde istenilen zamanda istenilen yer iklimlendirilir, bunun dışında sistem çalışmaz. Dolayısıyla ısıtma, soğutma ve havalandırma için harcanacak enerjiden önemli ölçüde tasarruf edilir. Bunun yanında bina yönetim sistemi açısından da birçok kolaylık sağlar. İleri kontrol sistemleri ile bina yönetim sistemi açısından yapılabilecek şeyler şöyledir;

- Binanın her tarafına dağılmış olan HVAC sistemlerinin merkezi gözetleme, kontrol ve denetimi yapılabilir,
- Bütün sisteme ait bilgilerin depolanması ve bu bilgilerin daha sonra işlenmesi, tasnifi sağlanabilir,
- Binadaki her bölümde arzu edilen çevre koşullarını sağlarken; enerji tüketiminde maksimum ekonomiyi sağlamak için, kullanılan enerji ve insan gücü optimize edilebilir,
- Kontrol sisteminin veriminin ve hassasiyetinin en yüksek seviyede olmasını sağlar,
- Dağınık alana yayılmış tüm elektrikli ve mekanik ekipmanların tek bir noktada (ekranda) renkli grafiklerle işletilebilir,
- Her büyüklükteki binaya ve komplekslerine adapte edilebilir
- Donanım ve yazılımı; mevcut sistemin sürekli olarak genişletilip ve yenilenebilir[43].

Binalarda enerji verimliliği artıracak teknolojilerden biri de kojenerasyon sistemlerin binalara uygulanmasıdır. Kojenerasyon kelime olarak “Combined Generation” terimlerinin kısaltılmasından oluşmuştur. Isı ve elektriğin birlikte üretildiği “birleşik üretim” anlamına gelmektedir. Aynı yakıt kaynağından daha fazla kullanılabilir enerji açığa çıkarttığı için tek amaçlı üretim sistemlerinden daha verimlidirler. Verimli olmasının yanında egzoz gazlarını da değerlendirdiğinden CO2 emisyonu azalır[44].



Şekil II.21 Genel bir kojenerasyon sistemi[45]

Şekil II.21’de genel olarak binalara uygulanan bir kojenerasyon sistemi görülmektedir. Doğalgaz ile çalışan tahrik motoru, jeneratörü döndürür. Jeneratörden üretilen elektrik enerjisi ile binanın elektrik enerjisi ihtiyacı karşılanır. Tahrik motorundan çıkan sıcak egzoz gazı ile binanın ısıtma sisteminden gelen soğuk su bir eşanjör ile ısıtılır. Isıtılan su tekrar binanın ısıtma sistemine geri yollanır. Bu şekilde binanın alan ısıtma için gereken sıcak su ihtiyacı karşılanmış olur.

Basit çevrimde çalışan, yani sadece elektrik üreten bir gaz türbini ya da motoru, kullandığı enerjinin %30-40 kadarını elektriğe çevirir. Bu sistemin kojenerasyon şeklinde kullanılması halinde sistemden dışarıya atılacak olan ısı enerjisinin büyük bir bölümü de kullanılabilir enerjiye dönüştürülerek toplam enerji girişinin %70-90 arasında değerlendirilmesi sağlanmaktadır[46]. Böylece sistemdeki boşa harcanan kayıp enerji binanın başka bir ihtiyacı için kullanılarak değerlendirilmiş olur ve enerji verimliliği artırılmış olur.

II.2.3 Aydınlatma Sistemlerinde Verimlilik

Binalarda enerji verimliliği çalışmalarının en önemli ayaklarından birisi aydınlatmada enerji verimliliği çalışmalarıdır. Aydınlatma da yapılan enerji tasarrufu, elektrik enerjisinden yapılan tasarruftur. Elektrik enerjisi, diğer enerji kaynakları içerisinde pahalı olan bir enerjidir ve mevsimsel değişikliklere çok bağlı olmadan devamlı tüketilir.

Türkiye'de tüketilen elektriğin yaklaşık yüzde 20'si aydınlatma amaçlıdır. Enerji tasarruflu aydınlatma sistemlerine yüzde 20'lik bir geçiş, yıllık 5,6 milyar kWh'lik bir enerji tasarrufu anlamına gelmektedir. Bu da Afşin-Elbistan termik ya da Keban hidroelektrik santrallerinin bir yıllık üretimine denk düşmektedir[47].

Aydınlatma, elektrik tüketiminde önemli bir yer tutmaktadır. Isıtma-soğutma sistemlerinden sonra en büyük enerji tüketim kaynağı aydınlatma sistemleridir. Tüketilen elektrik enerjisinin endüstriyel işletmelerde %20 'si, mağazalarda %30'u, ofislerde ise yaklaşık %40 'ı aydınlatma amaçlı harcanmaktadır. Bu rakamlar aydınlatma sistemlerinde ekonomik çözümlerin gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır[48].

Binalarda aydınlatma enerjisi tasarrufundaki en etkin ve basit yöntem, verimsiz ışık kaynaklarının verimli olanlarıyla değiştirilmesidir. Verimsiz ve yaygın olarak kullanılmakta olan akkor flamanlı lambalar elektrik enerjisinin %95'ini ısıya çevirmekte, sadece düşük bir kısmını ışığa dönüştürerek aydınlatma sağlamaktadır. Ampulle aydınlatmada yaşanan olumsuzluklardan biri de sıcak mevsimlerde ampullerden kaynaklanan ilave sıcaklığı gidermek için klima kullanımı ihtiyacının artmasıdır[49].

Aydınlatmada enerjiden tasarruf için, verimsiz akkor flamanlı lambalar, daha verimli olan kompakt floresanlar ile değiştirilmelidir. Evlerde, 75 watt'lık akkor flamanlı lambaya karşılık, 15 watt'lık bir toplu floresan lamba kullanarak %80 tasarruf sağlanabilir. Ofislerde en uygun aydınlatma floresan lambalarla yapılabilir. 38 mm çaplı 20 W, 40 W ve 65 W'lık lambalar yerine, 26 mm çaplı sırasıyla 18 W, 36 W ve 58 W'lık floresan lambalar kullanılmaya sunulmuştur. Ofislerde elektronik balastlı 58 W'lık floresan lambaların kullanıldığı verimli armatürlerle birlikte otomatik kontrol sistemlerinin de kullanılması ile %75'lere ulaşan enerji tasarrufu sağlanır[50].

Üç yıl süresince (4,380 saat), günde 4 saat ve aynı miktarda aydınlatma sağlayan iki lamba tipi için basit bir karşılaştırma yapalım. Bu sürede 6 adet akkor flamanlı lamba kullanırken, kompakt floresan lambanın 3,8 yıl daha kullanım ömrü devam edecektir.(Tablo II.4)

Tablo II.4 Akkor lamba ve kompakt floresan lambanın karşılaştırılması[51]

Lamba Tipi	100W Akkor Flamanlı	23W Kompakt Floresan
Satın alma fiyatı	\$0.75	\$11.00
Lamba ömrü	750 saat	10,000
Günlük kullanım saati	4 saat	4 saat
İhtiyaç duyulan lamba sayısı	3 yılda 6 adet	6.8 yılda 1 adet
Toplam lamba maliyeti	\$4.50	\$11.00
Lümen	1,690	1,500
Toplam elektrik maliyeti 8cent/kWh	\$35.04	\$8.06
Toplam maliyet (3 yıl süresinde)	\$39.54	\$19.06

Günümüzde kompakt floresan lambalardan da daha verimli ışık kaynakları geliştirilmiştir. 60'ların başında üreilmeye başlanan LED lambalar, gelişen teknoloji ile günümüzde artık en verimli aydınlatma teknolojisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu lambalar, akkor flamanlı lambalara göre %90 floresan lambalara göre %50'i geçen tasarruflar sağlar. Ayrıca ömürleri diğer lambalara göre oldukça uzundur. LED lambaların diğer lambalarla küçük bir kıyaslaması aşağıdaki gibidir;

40W Akkor Flamanlı = 10W Kompakt Floresan = 3W LED

60W Akkor Flamanlı = 14W Kompakt Floresan = 6W LED

100W Akkor Flamanlı = 28W Kompakt Floresan = 13W LED[52].

Fakat günümüzde LED'li aydınlatma sistemlerinin ilk yatırım maliyeti çok yüksek olduğundan henüz ekonomik değildir. Buna rağmen gelişen teknolojiyle birlikte LED'lerin üretim maliyetleri düştükçe, diğer daha verimsiz ışık kaynaklarının yerini alacaktır.

Aydınlatma sisteminin enerji verimliliğini etkileyen bir diğer olguda aydınlatma sisteminin kontrol ediliş şeklidir. Bildiğimiz klasik aydınlatma kontrolü, manüel olarak, yani tamamen kişinin kontrolünde gerçekleştirilir. Bu kontrol

çeşidinde kişiler, aydınlatılan yerin aydınlık düzeyi, doluluk oranı vb. değişkenleri göz önünde bulunduramayabilirler. Bütün ortam değişkenlerini değerlendirip aydınlatmayı bu değerlendirme sonucuna göre kontrol eden bir otomatik kontrol sistemi enerji verimliliğinde önemli rol oynar.

Aydınlatma kontrol sistemlerinin zamanlama seçeneği yardımıyla aydınlatma noktaları tercihe göre istenen saatte açılıp kapatılabilir. Hareket dedektörü ile sadece kullanıcı içerideyken aydınlatmanın açık durumda olması sağlanır. Günışığı sensörü ile günışığı düzeyine göre aydınlatma açık veya kapalı konuma getirilebilir veya dim edilebilir. Tüm bu avantajlar konforu artırırken enerji maliyetini düşürür[53]. Aydınlatma kontrol sistemlerini oluşturan başlıca sistemler, zamanlayıcılar, hareket sensörleri, gün ışığı sensörleri, dimleyiciler ve zaman saatleridir.

Aydınlatmada zamanlayıcılar, aydınlatma sistemini ayarlanan süre sonunda devreye sokan ya da devreden çıkaran elemanlardır. Merdiven otomatiği sistemi, aydınlatma sistemlerinde en basit zamanlayıcı örneğidir. Hareket dedektörünün algılama sağlayamadığı yerlerde kullanılır. Yapılan işin ortalama bitme süresine göre zaman ayarı yapılır ve süre bittiğinde aydınlatmayı durdurur. Dolayısıyla iş bittiğinde aydınlatma kapanır. Böylece enerji tasarrufu ve konfor sağlanır.

Hareket sensörleri, ortamdaki hareketleri algılayarak aydınlatmayı kontrol eder. Genel olarak bina içindeki bir alanda bir hareketin gerçekleşmesi, orada insan ya da insanların olduğu anlamına gelir. Hareket sensörleri hareketi algıladığı anda aydınlatmayı devreye sokar ve belli bir süre devrede tutar. Bu süre için de başka hareket algılamaz ise aydınlatmayı keser. Böylece kullanılmayan alanlardaki aydınlatma kapatılmış olur. Hareket sensörleri çalışma saatleri belirsiz olan tuvalet, koridor, bina girişi vb. ortak kullanım alanlarında kullanılır. Özellikle ticari binaların içinde bu alanlara girildiğinde karanlık ortamda el yordamıyla anahtar aranması memnuniyetsizlik oluşturacağından, bu alanların aydınlatmaları genelde 24 saat açık kalmak zorundadır. Ancak bu tür alanlarda hareket sensörleri ile konfordan ödün vermeden, aydınlatmanın otomatik kontrolü ile kayda değer miktarda enerji tasarrufu sağlanır[54].

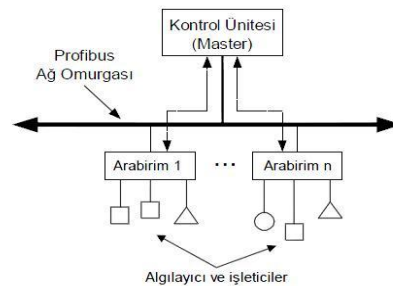
Günışığı sensörleri, ortamdaki aydınlık düzeyine bağlı olarak aydınlatma sistemini devreye sokan ya da devreden çıkaran elemanlardır. Bina içindeki alanlarda, gün ışığı şiddeti saat ve mevsimlere bağlı olarak devamlı değişim gösterir. Bu değişimi algılayan gün ışığı sensörü, aydınlık düzeyinin azaldığı ya da arttığı bilgisini kontrol birimine verir. Kontrol birimi de bu bilgiye dayanarak aydınlık

seviyesini dimmerler aracılığı ile artırır ya da azaltır. Gün ışığı pencerelere yakın yerlerde fazla olmakla beraber iç kısımlara doğru azalır. Böyle yerlerde iç kısımlardan dış kısımlara doğru olmak üzere gün ışığı sensörleri yerleştirilerek bölgesel gün ışığı seviyesine bağlı bölgesel aydınlatma yapabilen sistemler kurulabilir. Gün ışığı sensörleri ile gün ışığına bağlı yapay aydınlatma kontrolü yapılarak önemli enerji tasarrufları sağlanır.

Dimmerler aydınlatma armatürünün ışık şiddetini ayarlayabilen kontrol elemanlarıdır. Bu elemanlar, alternatif akımı sınırlandırarak, gerilimin bir kısmının dimmer devresi üzerinde, diğer kısmının da dimmere seri olarak bağlanan lamba üzerinde düşmesini sağlayarak lambanın istenen güçte çalışmasını sağlamaktadır. Aydınlik düzeyinin değişken olması istenen yerlerde ya da gün ışığı ile aydınlık düzeyi değişen yerlerde kullanılır. Kontrol sisteminden aldığı komut ile yapay aydınlatmanın ışık şiddetini, doğal aydınlatmanın ışık şiddetine ters orantılı olacak şekilde değiştirir. Böylece doğal aydınlatma daha etkin kullanılmış olur ve enerji tasarrufu sağlanır.

Zaman saatleri, günlük, haftalık ya da aylık zamanları sayabilen zamanlayıcılardır. İçerisinde bulunan mekanik dişli ya da dijital sistem ile zamanlayıcılara göre çok daha uzun sürelerle programlanabilirler. Dişli sistem ya da dijital devrenin kontrolündeki kontaklar, aydınlatma sistemini devreye sokar ya da çıkarır. Aydınlatılma planı, günlük, haftalık ya da aylık periyotlarda belirlenen yerlerde kullanılırlar. Aydınlatma zaman ve süresi programlanan zaman saati, bu zaman ve süreler dışında aydınlatmayı durdurur. Böylece enerjiden tasarruf sağlanmış olur.

Günümüzde bu kontrol sistemlerinin hepsini içine alan aydınlatma otomasyon sistemleri geliştirmiştir. Bu sistemler anahtarlar, zamanlayıcılar ve sensörlerden aldıkları bilgileri değerlendirip lamba sürücülerine iletirler. Gelişmiş aydınlatma sistemleri bir karar verici kontrol ünitesine sahiptir. Bu karar verme, ünitesi bir mikroişlemci kart ya da bir bilgisayar olabilir.



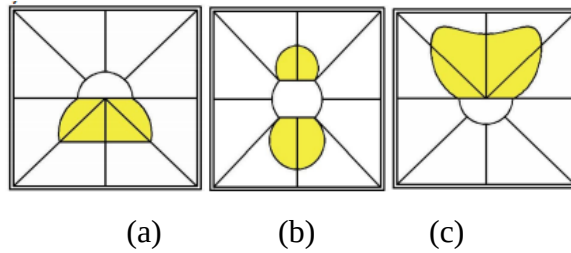
Şekil II.22 Profibus ağı ile yapılmış genel bir aydınlatma otomasyonu diyagramı[55]

Binanın ilgili yerlerine konumlandırılmış anahtarlar, zamanlayıcılar ve sensörler aydınlatılması gereken yerlerle ilgili verileri toplarlar. Bu veriler arabirimlerde kontrol ünitesinin anlayacağı dile çevrilir. Bu veriler çeşitli haberleşme ağları ile kontrol ünitesine iletilir. Kontrol ünitesi içerisindeki yazılım, bu verileri değerlendirerek yine ağlar üzerinden armatür sürücülerini kontrol eder. Bu tür sistemler sensörlerden veya binanın değişik yerlerine yerleştirilmiş sabit veya kullanıcıların yanlarında taşıdıkları uzaktan kumanda aletlerinden gelen uyarılara göre işlev görür. Hacim içindeki yerleşim düzenine ve hacim içine giren günışığı miktarına göre de çalışan bu sistemler, aydınlatma enerjisinin etkili bir şekilde kullanılmasını sağlamasının yanı sıra oldukça esnek sistemlerdir[53]. Ayrıca bu sistemler ile binanın ısıtma soğutma ve güvenlik sistemleri de kontrol edilebilir.

Aydınlatmada, lamba sürücüleri de enerji verimliliğine etki eden faktörlerdendir. Floresan lambalarda kullanılan manyetik balastlar elektronik balastlara göre daha verimsizdir.

Standart manyetik balastlar iki lambayı çalıştırmak için 82 W harcarken, elektronik balastlar, aynı lambaları çalıştırmak için 60 W harcarlar. Böylece %27 tasarruf edilir. Elektronik balastların manyetik balastlara göre gürültü düzeyleri %25, ağırlıkları %50 daha azdır, çalışma sıcaklıkları 30°C daha düşüktür[56]. Ayrıca elektronik balastlar dimlenebilme özelliğiyle otomatik kontrol sistemlerine de uyumludur.

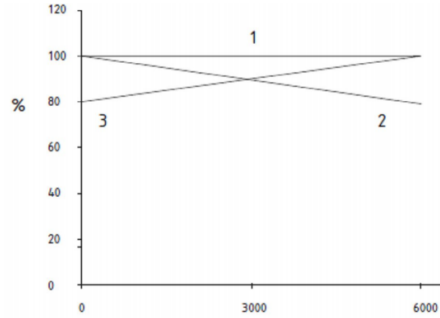
Aydınlatma sistemleri genel olarak dolaysız (direkt), yarı dolaylı (direkt-endirekt), dolaylı (endirekt) olarak üç grupta toplanır. Armatürden çıkan ışığın tümü aydınlatılması gereken yüzeye direkt olarak ulaşıyorsa dolaysız aydınlatma, ışığın tümü önce bir gele çarpıp sonra aydınlatılması gereken yüzeye ulaşıyorsa dolaylı aydınlatma, ışığın bir kısmı dolaysız bir kısmı dolaylı olarak aydınlatılması gereken yüzeye ulaşıyorsa yarı dolaylı olarak isimlendirilir.(Şekil II.23)



Şekil II.23 (a) Dolaysız (direkt) aydınlatma, (b) Yarı dolaylı (direkt-endirekt) aydınlatma, (c) Dolaylı (endirekt) aydınlatma

Dolaysız aydınlatmada, aygıttan çıkan toplam ışık akısının %90 ile 100'ü eylem alanına gönderilmekte olduğundan, herhangi bir yüzeyden yansiyarak yutulma kaybına uğramamaktadır. Oysa dolaylı aydınlatmada ışık, bir yüzeyden yansiyarak hacme dağılmakta, yansıdığı yüzeyin ışık yansıtma çarpanına bağlı olarak bir kısmı yutulmaktadır. Bu nedenle, özellikle aydınlığın niteliği ve özel istekler nedeniyle zorunluluk olmadıkça, enerjinin etkin kullanımı açısından, dolaylı aydınlatma sistemi tercih edilmemelidir[57].

Armatürler, belli bir zaman sonra kirlenme, eskime vb. sebeplerle ilk günkü verimlerini kaybederler. Tüm yapay aydınlatma uygulamaları zamanla verim kaybına uğramakta ve ilk tasarım performansını yitirmektedir. Hacimler için istenen aydınlık düzeyi ile elde edilen aydınlık düzeyinin birbirine oranı Bakım Faktörü (MF) olarak nitelendirilmektedir.



Şekil II.24 İstenen aydınlık düzeyi, bakım faktörü ve güç ihtiyacının zamanla ilişkisi

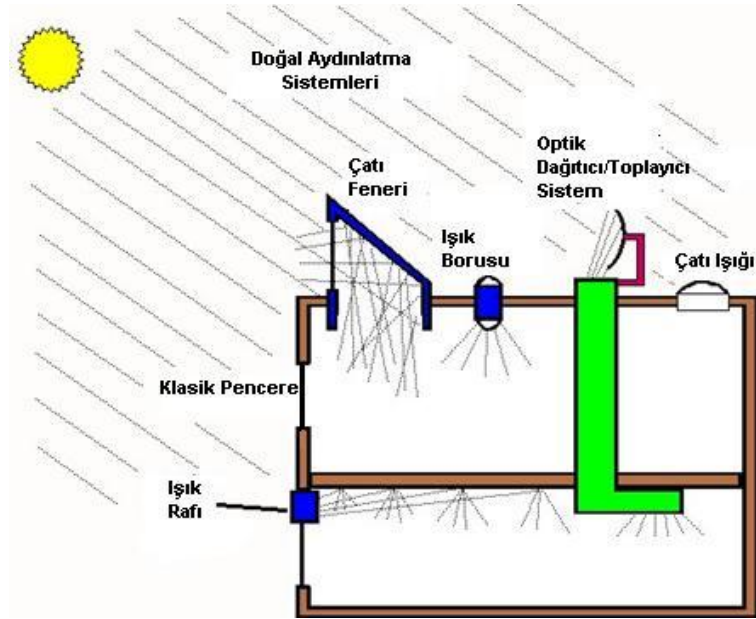
Şekil II.24'de, istenen aydınlık düzeyi, bakım faktörü ve güç ihtiyacının zamanla ilişkisini ifade etmektedir. İstenen aydınlık düzeyi (1) sabit iken bakım faktörü (2) zamana göre azalma göstermekte bununla beraber istenen aydınlık düzeyini elde edebilmek için harcanan güç artmaktadır. Bu yüzden aydınlatma armatürleri bakımı enerji verimliliği tedbirlerinden biridir[58].

Ayrıca, binada verimli bir aydınlatma için gün ışığından olabildiğince faydalanmak gerekir. Binanın bulunduğu yer ve mimari tasarımı gün ışığı kullanımı açısından belirleyicidir. Binanın dış çevre boşluğu ne kadar fazlaysa binanın dış cephesine düşen gölge o az kadar olur. Dolayısıyla yüksek katlardaki daireler daha fazla gün ışığından faydalanır. Bunun yanında, pencerelerin sayısı, büyüklüğü ve yönü doğal aydınlatmaya etki eden en önemli mimari faktörlerdendir.

Binalarda gün ışığından daha çok faydalanmak için doğal aydınlatma sistemleri geliştirilmiştir. Doğal aydınlatma en basit olarak pencereler ve/veya çatı penceresi ile yapılabilmektedir. Ancak derin binaların aydınlatılmasında bu yöntemlerden

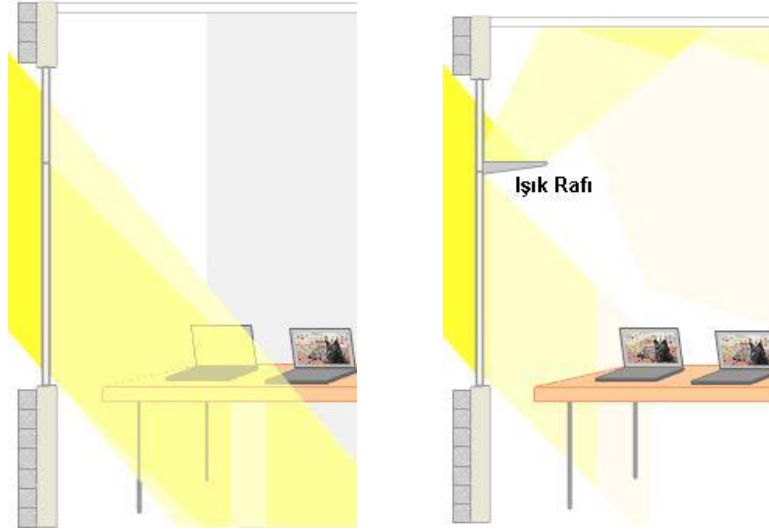
belli bir yere kadar yararlanılabilmektedir. Daha iç kısımlarda bulunan mekânları doğal olarak aydınlatmak için farklı ve yeni sistemler geliştirilmiştir. Bu yeni sistemler günışığı aygıtları iki ana grupta toplanır; ışık kılavuz sistemleri ve ışık taşıma sistemleri[59].

Işık kılavuz sistemleri içeri giren ışığı yansıtma yoluyla daha derin yerleri aydınlatmaya yarar. Ancak, bu sistemler derin binaların da iç kısımlarını aydınlatma yeteneğine sahip değildirler. Işık kılavuz sistemleri ile doğal ışık 8-10 m uzaklığa erişebilir, bu nedenle binanın içinde pencerelerden 10 metreden fazla uzaklıklarda ışık taşıma sistemleri gerekir[59]. Işık taşıma sistemleri, ışığı alıp binanın ışık görmeyen derin yerlerine taşıyarak hiç ışık almayan yerleri gün ışığı ile aydınlatmaya yarar. Işık kılavuz sistemlerine ışık rafı sistemleri, ışık taşıma sistemlerine ışık borulu sistemler örnek gösterilebilir. En çok uygulanan doğal aydınlatma sistemleri, ışık rafları, ışık boruları, çatı fenerleri olarak gösterilebilir.



Şekil II. 25 Çeşitli doğal aydınlatma sistemleri

Işık rafları, gün ışığını pencereden giren ışığın yetmediği yerlere yansıtma yoluyla ulaştıran bir sistemdir. Işık rafları, güneş ışığını engellemek ve gün ışığını tavana yönlendirmek amacıyla tasarlanan, pencerenin iç veya dış yüzeyinde yer alan yatay veya yataya yakın elemanlardır. Cepheyle bütünleşmiş bir eleman olabileceği gibi sonradan monte edilen bir eleman da olabilirler. Işık rafı genellikle göz seviyesi üzerine yerleştirilir. Pencerenin alt kısmı dış görüşü sağlarken üst pencere alanı ısının içeri alınmasına hizmet eder. Işık rafları hacimde pencereye yakın bölgeyi güneş ışığından korurken, yansımış ışık tavanı aydınlatmaktadır[60].



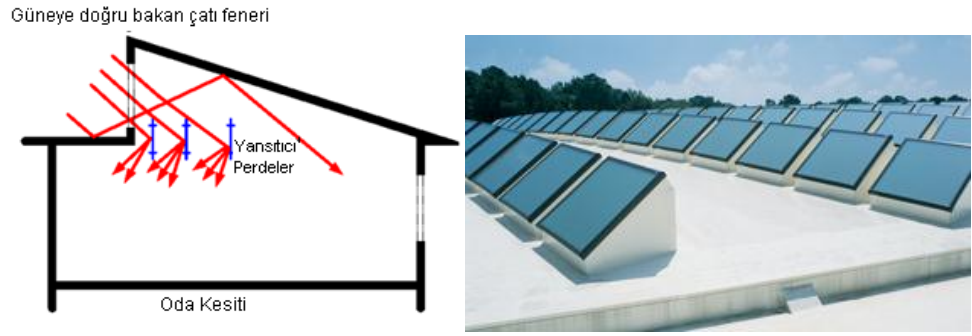
Şekil II.26 Işık rafsız sistem ışık rafı sistem[59]



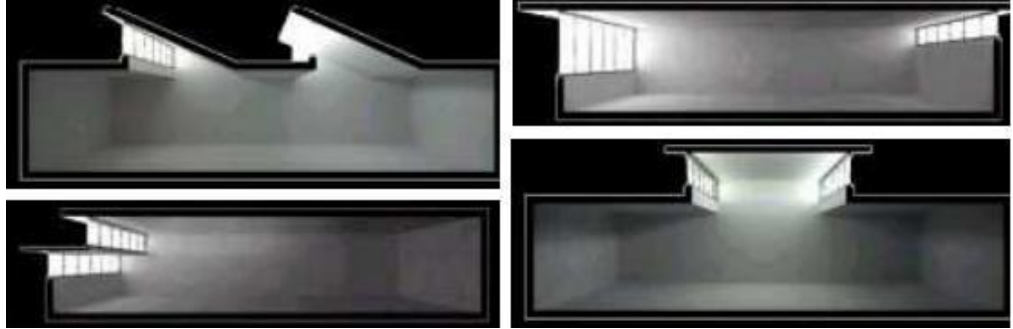
Şekil II.27 Bir ışık rafı uygulaması

Işık rafı sistemi daha çok yüksek tavanlı odalarda kullanılır. Pencerenin iç kısmında ya da dış kısmında bulunabilen ışık rafları, güneşe bakan pencerelere uygulanırlar. Rafta kullanılan malzemenin yansıtma kalitesi, tavanın yüksekliği ve pencerenin yönü aydınlatmanın kalitesini belirler.

Çatı fenerleri bir başka doğal aydınlatma sistemleridir. Çatı ışıklıkları da denilen çatı fenerleri, çatıda bulunan yatay, dikey ya da eğimli konumda olabilen açıklıklardır. Bu açıklıklar çatının tamamını da oluşturabilir. Bu açıklıklardan giren gün ışığı iç aydınlatmayı sağlar. İçeri giren ışığın oda içine daha düzgün dağılması için çatı fenerinin iç kısmına ışık rafları ya da yansıtıcı perdeler konumlandırılabilir.(Şekil II.28)



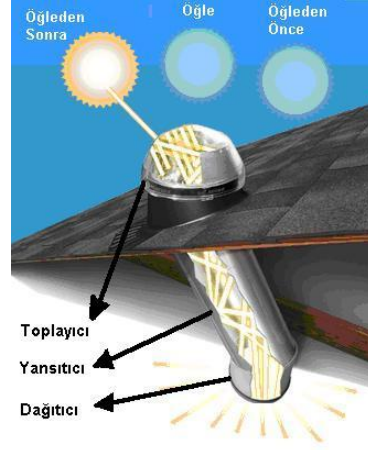
Şekil II.28 Çatı fenerlerinden iç ortama ışık geçişi ve örnek ışık feneri sistemi



Şekil II.29 Farklı tipteki çatı fenerlerinden ışığın iç ortama girişi[61]

Uygun tasarlanmış bir çatı fenerli sistem ısıtma, soğutma ve aydınlatma açılarından binanın verimliliğine etki eder ve enerji kayıplarını en aza indirir. Çatı fenerli sistemler tasarlanırken iklim şartları göz önünde bulundurulur. Çatı fenerleri güney yönüne dönük olarak tasarlandıklarının da aydınlatma açısından en verimli şekilde işlev görürler. Kuzeye dönük olan çatı fenerleri ile güneş ışığı binaya girmemekte, yaygın gökyüzü ışığı içeri alınmaktadır. Doğuya yönlendirilmiş çatı fenerleri sabahları maksimum düzeyde aydınlık ve solar ısı kazancı sağlamaktadırlar. Batıya dönük çatı fenerleri ise öğle güneş ışığı ve ısı kazancı sağlarlar. Kışın ise güneye yönlendirilmiş çatı fenerleri diğer yönlere oranla arzu edilen en iyi solar ısı kazancını sağlamaktadırlar, fakat yazın istenmeyen ısı kazançlarına sebep olabilmektedirler[60].

Bir diğer doğal aydınlatma sistemi de ışık borularıdır. Gün ışığına ulaşımın kolay olduğu çatı katı gibi yerlerde kullanılır. Gökyüzünden aldığı ışığı bir boru yardımıyla aydınlatılması gereken yer ulaştırır. Bir ışık borusu genel olarak, toplayıcı, yansıtıcı ve dağıtıcı olmak üzere üç ana kısımdan oluşur.



Şekil II.30 Işık borusunu genel bir şeması[59]



Şekil II.31 Bir ışık borusunun iç ve dış mekândan görüntüsü

Toplayıcı, gün ışığı alan bir yere yerleştirilen ve gün ışığını toplayıp yansıtıcı ışık borusuna ileten şeffaf kısımdır. Genelde kubbe şeklinde olan toplayıcı, bu özelliği sayesinde boru içerisine toz, yağmur suyu gibi istenmeyen maddelerin boru içerisine girmesini engeller. Yansıtıcı ise içi yansıtma oranı yüksek alüminyum malzeme ile kaplı olan bir borudan oluşur. Bu boru toplayıcıdan aldığı ışığı yansıtıcı iç yüzeyi sayesinde aşağıdaki dağıtıcıya ulaştırır. Bu kısım tasarımın gerektirdiği şekli alabilecek esnekliktedir. Son kısım olan dağıtıcı ise aydınlatılması gereken yerin tavanında bulunur. Yansıtıcıdan aldığı ışığı iç mekâna düzgün bir şekilde dağıtır. Bu kısım, iç mekânın mimarisine uygun estetik bir görünüme sahiptir.

Doğal aydınlatma sistemlerine ait en gelişmiş teknolojilerden biride fiber optikli aydınlatma sistemleridir. Işığı iletme özelliğine sahip bu kablolarla, yapay ya da doğal ışık istenile yere taşınabilir. Fiber optik aydınlatma sistemlerinde, ışık özel bir malzeme ile kaplı borular aracılığı ile taşınır. Güneş enerjisi ile çalışan aydınlatma sistemlerinde, güneşi izleyerek çalışan hareketli ışık yoğunlaştırıcısı, güneş ışığını yoğunlaştırarak fiber optik kablo içine verir. Fiber optik kablolar ise ışığı bina içine dağıtırlar[62].



Şekil II.32 Güneş kolektörü ve Fiber optik aydınlatma örneği

Gün ışığına dayalı Fiber optik aydınlatma sistemi, güneş kolektörü, fiber optik kablolar ve sonlandırıcılardan oluşur. Güneş kolektörü tarafından toplanan ışık, fiber optik kablolarla verilir. Bu kablolar ile ışık binanın istenilen yerine taşınır. Kablo sonuna takılan sonlandırıcılar, aydınlatılmak istenen yeri 5 ila 45 derecelik açılar ile aydınlatır.

Doğal aydınlatmada gün ışığının saat, mevsim, atmosfer koşulları gibi birçok etkene bağlı olması, aydınlatılan ortamdaki yeterli aydınlık düzeyini sağlamadaki zorluklar, bu sistemlerin dezavantajlarıdır. Fakat bu sistemler ile yapay aydınlatma sistemlerinin birbirlerinin tamamlayacak şekilde kontrol edilmesi, yapay aydınlatmanın harcadığı enerjide büyük tasarruflar sağlar.

Aydınlatmada verimliliği etkileyen en önemli ayrıntılardan biride duvarların rengidir. Duvar rengi, hem doğal hem yapay aydınlatma verimliliği için önemlidir. Açık renkteki duvarlar ışığı daha çok yansıtır, koyu renktekiler ise daha az yansıtır. Maddelerin ışığı yansıtma oranlarına, yansıtma katsayısı denir. Açık renkli maddelerin yansıtma katsayısı yüksek, düşük renkli maddelerin ise düşüktür. Dolayısıyla yansıtma katsayısı yüksek duvarlar enerji verimliliğine yardımcı olur.

II.2.4 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Yararlanma

Binaların enerji verimliliğini belirleyen bir diğer unsurda, binanın yenilenebilir enerji kaynaklarından ne kadar yararlandığıdır. Çünkü ilk yatırım ve bakım harcamaları dışında başka maliyeti olmayan yenilenebilir enerji sistemleri, binanın ısıtma, sıcak su ve elektrik ihtiyaçlarının bir kısmını ya da tamamını karşılayarak fosil enerji tüketimini en aza indirirler.

Enerji verimli binalar; pasif sistem olarak mekanik ve elektrik-elektronik sistemlerine en az gereksinme duyacak şekilde tasarlanmış; güneş, rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından gerektiğinde yararlanmak, gerektiğinde korunmak üzere kendi kendini ayarlayabilen; pasif sisteme ek olarak ısıtma, havalandırma ve aydınlatma sistemlerine gereksinim duyulduğu takdirde bu sistemlerin pasif sistem öğeleriyle eşgüdümlü olarak tasarlandığı ve işletildiği; işletim sisteminin otomatik olarak kontrol edildiği binalardır[63].

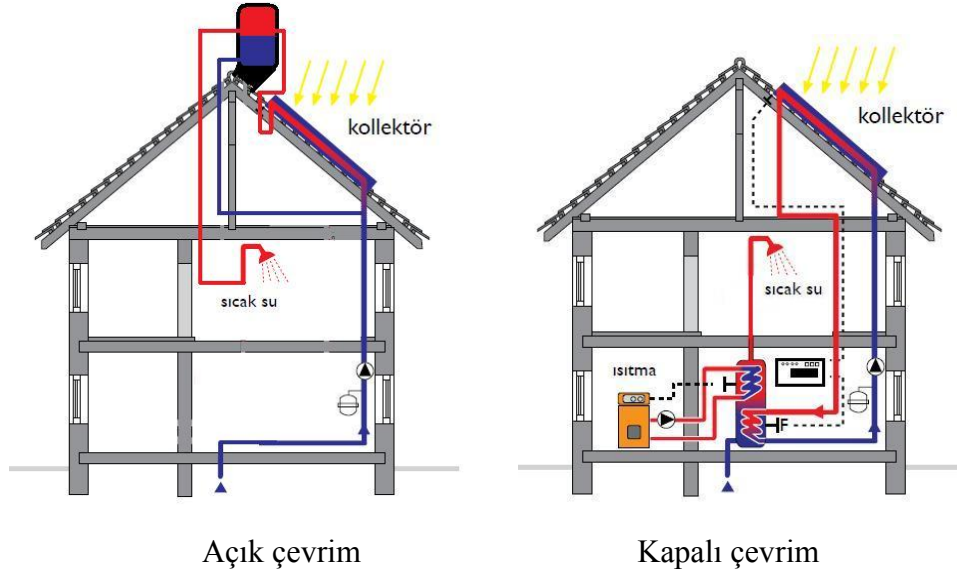
Günümüzde güneş enerjisi ile binalarda hem sıcak su temini, hem ısıtma, hem de elektrik üretimi mümkündür.

Bina yapı ve tasarımında yapılan değişikliklerle ısıtma, aydınlatma ve soğutma gerçekleştirilir. Pasif olarak doğal ısı transfer mekanizmasıyla güneş enerjisi toplanır, depolanır ve dağıtılır. Ayrıca güneş kolektörleri, güneş pilleri gibi aktif ekipmanlardan da yararlanılabilir[64].

Güneş kolektörlü sistemler, binanın sıhhi sıcak su ve hatta ısıtma ihtiyacı için gerekli olan sıcak suyu sağlayan sistemlerdir.

Bu sistemler, içinde suyun ısıtıldığı güneş kolektörleri ve sıcak suyun depolandığı bir tanktan oluşur. Çatıya yerleştirilen güneş kolektörleri güneş enerjisini toplayarak suya aktarma yoluyla suyu ısıtır. Sıcak su, boru, pompa ve kontrol cihazları gibi yardımcı donanımlar ile binaya taşınır. Güneş kolektörlü sistemler doğal dolaşım ve pompalı olmak üzere ikiye ayrılırlar. Her iki sistem de ayrıca açık ve kapalı çevrimli sistem olarak tasarlanabilirler.

Doğal dolaşım sistemler sıcak suyun kendiliğinden dolaştığı sistemlerdir. Pompalı Sistemler ise sıcak suyun sistemde bir pompa ile dolaştırıldığı sistemlerdir.



Şekil II.33 Güneş kolektörlü doğal dolaşım su ısıtma sistemleri[65]

Açık çevrimli sistemler, kolektörlerde dolaşan suyun kullanım suyu olarak kullanıldığı sistemlerdir. Bu sistemlerin verimleri yüksek ve maliyeti ucuzdur. Fakat suyun kireçli ya da donma problemlerinin olduğu bölgeler için elverişli değildir. Kapalı çevrimli sistemler kullanım suyu ile ısıtma suyunun farklı olduğu sistemlerdir. Kolektörlerde ısınan su bir eşanjör vasıtasıyla ısınıp kullanım suyuna aktarır. Daha maliyetlidir fakat donmaya ve kireçli suya dayanıklıdır.

Binalarda güneş enerjisinden elektrik üreten photovoltaic (PV) panellerle oluşturulmuş sistemlerle güneş enerjisinden yararlanılabilir. Bu sistemler tamamen şebekeden bağımsız olabileceği gibi şebeke ile hibrit çalışacak şekilde de olabilirler.



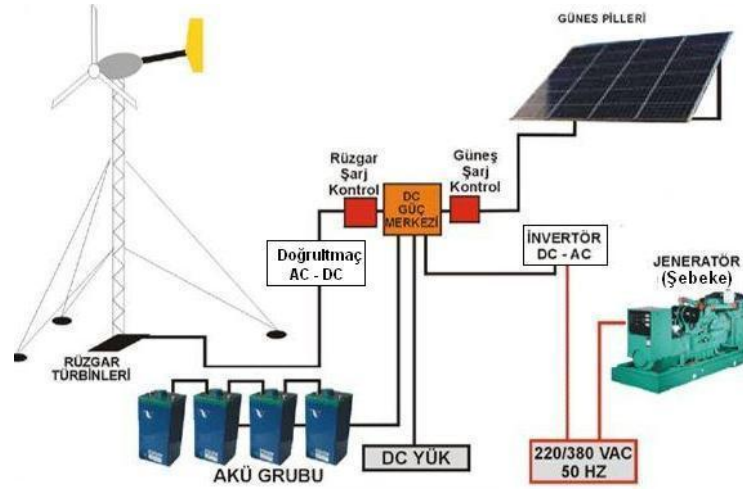
Şekil II.34 Örnek bir PV uygulaması

Şekil II.34’de genel bir PV uygulamasının şemasının görmekteyiz. Genel olarak bir PV sistemde, PV güneş pilleri, batarya grubu, şarj regülâtörü ve invertör bulunur. Gerekli sayıda ki PV panellerde üretilen elektrik enerjisi şarj regülâtöründe dengelenerek aydınlatma sistemi, batarya grupları ve invertörlere gider. Şarj regülâtörünün görevi güneşin ışık şiddetindeki değişimlere bağlı olarak dalgalanma gösteren elektrik enerjisini düzenlemektir. PV paneller gece elektrik üretemez. Gündüz üretilen elektriği gece kullanabilmek için batarya gruplarında depolamak gerekir. PV paneller doğru akım ürettiğinden, 220V AC gerektiren ev aletlerini çalıştırmak için DC gerilimi 220V AC gerilime dönüştüren bir invertör kullanılması gerekir. Eğer sistem şebeke bağlantılıysa batarya grubu kullanmaya gerek yoktur. Fakat şebeke gerilimine uyumlu bir invertör kullanmak gerekir.

Şebeke bağlantılı güneş pili sistemleri yüksek güçte sistemler şeklinde olabileceği gibi daha çok görülen uygulaması binalarda küçük güçlü kullanım şeklindedir. Bu sistemlerde örneğin bir konutun elektrik gereksinimi karşılanırken, üretilen fazla enerji elektrik şebekesine satılabilir ve yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınabilir. Böyle bir sistemde enerji depolaması yapmaya gerek yoktur, yalnızca üretilen DC elektriğin, AC elektriğe çevrilmesi ve şebeke uyumlu olması yeterlidir[66].

Bir diğer yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgâr enerjisi de binalarda elektrik üretiminde kullanılabilen enerji kaynaklarından. Aktif rüzgâr enerjisini kullanarak elektrik üreten sistemler rüzgâr türbinleridir. Bu türbinler bahçede uygun bir noktaya konulabildiği gibi çatılara konulabilmektedir. Çok katlı yüksek yapılarda ise yapıya bütünleşmiş rüzgâr türbinlerinin kullanım örnekleri vardır[67]. Genel olarak bir rüzgâr türbinli sistemi oluşturan donanımlar ve bunların bağlantısı, bir PV sistem ile aynıdır. PV sistemden farklı olarak, rüzgâr türbininde indüklenen gerilimi, DC’ye çevirmek için bir doğrultmaç kullanılır.

Rüzgâr ve güneş enerjileri ile ucuza enerji üretilse de sürdürülebilir olmadığından her iklim bölgesinde verimli olmayabilirler. Rüzgâr ve güneş enerjisi sistemlerinde enerji üretimi, günün farklı zamanlarında farklılık göstermektedir. Bu durumda, rüzgâr hızının yetersiz olduğu günlerde alternatif olarak güneş enerjisinden, güneşlenme süresinin yetersiz olduğu zaman dilimlerinde ise alternatif olarak rüzgâr enerjisinden faydalanılabilmektedir. Böylece sistemde enerjinin üretiminin de sürekliliği sağlanabilir[68]. Her iki enerji kaynağını bir sisteme entegre ederek sürdürülebilirlik artırılabilir. Bu sistemler Rüzgâr-Güneş Hibrit sistemleridir.



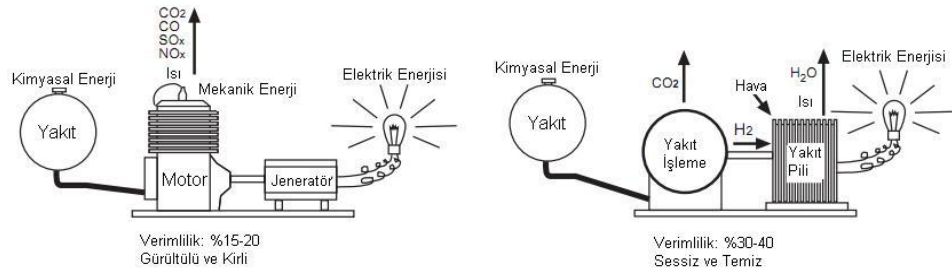
Şekil II.35 Örnek bir güneş-rüzgâr hibrit sistem uygulama şeması

Şekil II.35’de bir rüzgâr türbini sistemi ile bir PV sistemin birleştirilmiş hali görülmektedir. Buradaki DC güç merkezi, hem rüzgâr türbin sisteminin ürettiği elektrik enerjisini, hem de PV sistemin ürettiği elektrik enerjisini optimize edip batarya grubu ve DC yükleri beslemektedir. İnvertör sayesinde AC yükleri besleyip aynı zamanda şebeke ile de hibrit çalışabilmektedir. Böylece rüzgâr ve güneş sistemleri yetersiz kaldığında şebekeden enerji alıp, fazla enerji ürettiğinde de şebekeye enerji verebilmektedir.

Binalarda elektrik üretiminde kullanılan bir diğer teknolojiye, yakıt pilleridir. Yakıt pilleri kimyasal enerjiyi doğrudan elektrik enerjisine çeviren elemanlardır. Yakıt pili, fosil yakıtlarının veya hidrojen gibi enerji kaynaklarının yakılması yerine, yakıt ile oksijenin elektro-kimyasal reaksiyonu sonucunda enerji üreten bir tür bataryadır[69]. Yüksek verimleri sayesinde enerji tasarrufu sağlayan bir güç kaynağı olarak yakıt pilleri, hidrojen (H_2) gazı ile çalışır. Yakıt pilinin içerisinde bulunan membran, H_2 deki iki H atomuna ait proton ve elektronları birbirinden ayırır. Ayrılan iki elektron dış devreye alınarak elektrik enerjisi elde edilmiş olur. Atık olarak ısı ve su (H_2O) elde edilir.

Hidrojen gazı doğal halde bulunmaz ve depolanması çok zordur. Bu yüzden hidrojen, diğer sıvı ya da gazların içinden ayrıştırma yoluyla elde edilir. En bilindik hidrojen elde etme yolu sudan ayrıştırma yoluyla elde edilir. Fakat binalardaki yakıt pili uygulamalarında hidrojen eldesi, doğalgazdan ayrıştırma ile olacak şekilde karşımıza çıkar.

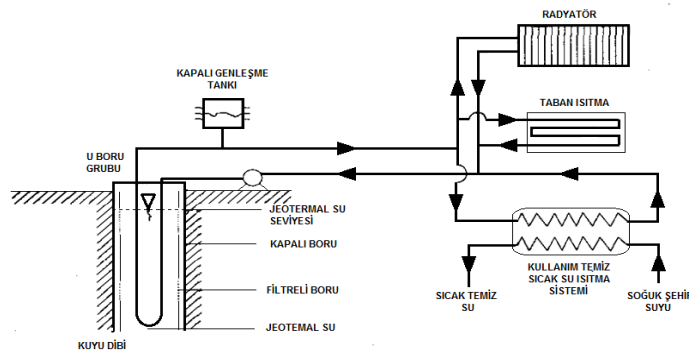
Hidrojenin dâhili veya harici bir yakıt işleme ünitesi ile doğalgazdan dönüştürülerek elde edilmesi, doğalgazın çok kolay ulaşılabilir bir yakıt olması nedeniyle en genel yöntemdir. Yakıt olarak direkt hidrojen yerine doğalgaz kullanılması durumunda bile, yakıt pilleri elektrokimyasal yapıları nedeniyle geleneksel yanma temelli enerji üretim tesislerine kıyasla daha verimli ve emisyon parametreleri açısından daha temiz enerji üretim araçlarıdır[70]. Şekil II.36’de klasik elektrik üretimi ile yakıt pili ile elektrik üretimine ait bir karşılaştırma vardır.



Şekil II.36 Klasik elektrik üretimi ile yakıt pili ile elektrik üretimini karşılaştırma[71]

Binalarda kullanılabilen bir diğer yenilenebilir enerji kaynağı da jeotermal enerjidir. Jeotermal enerji; yer kabuğunun sahip olduğu ısının oluşturduğu, sıcaklığı sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan, çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içeren sıcak su ve buharın taşıdığı enerji olarak tanımlanabilir[72].

Jeotermal enerjinin binalardaki uygulamaları, alan ısıtma ve sıcak su temini amaçlıdır. Bu sistemlerde, yerin altında bulunan termal sulardaki ısı enerjisi yeryüzüne çıkarılır. Yer üstüne çıkarılan bu enerji ile binanın ısıtma ve sıcak su temini sağlanır. Kuyu içi eşanjörlü, kuyu dışı eşanjörlü, ısı pompalı gibi tipleri vardır.



Şekil II.37 Kuyu içi eşanjörlü jeotermal ısıtma sistemi[73]

Binalarda ki jeotermal uygulamalarda, jeotermal akışkanın kimyasal özelliğine bağlı olarak, ısıtma sistemleri önemli farklılıklar göstermektedir. Akışkanın kimyasal bakımdan problem yaratıcı nitelikte olmadığı durumlarda, jeotermal akışkanın ısıtılacak alanda radyatör ve uygun borular sistemi aracılığı ile dolaştırılması suretiyle ısıtma sağlanabilmektedir. Akışkanın kimyasal açıdan problem yaratıcı (kabuklaşma, korozyon) nitelikte olduğu durumlarda ise, ısıtma jeotermal akışkanın ısısının ısı eşanjörleri aracılığı ile düşük kimyasal konsantrasyonlu suya (şehir şebeke suyuna) aktarılması yoluyla gerçekleştirilmektedir. Söz konusu eşanjör sistemleri ise, sahanın ve akışkanın özelliğine göre kuyu başı ve kuyu içi eşanjörleri şeklinde, olabilmektedir[73].

Binalar bulundukları yerin jeotermal potansiyeli ölçüsüne göre jeotermal enerjiden yararlanabilirler. Binanın ısıtma ihtiyacı, bulunduğu yere göre tamamen jeotermal enerji ile karşılanabildiği gibi jeotermal enerjili sistem ile fosil kaynaklı sistemin bütünleşik çalışması ile de karşılanabilir.

Jeotermal sistemler enerjisini yerkürenin merkezinden aldıkları için tükenmeyen bir enerji kaynağına sahiptirler. Bu yüzden jeotermal sistemlerin işletme maliyetleri oldukça düşüktür. Dolayısıyla bina ısıtma sistemi, jeotermal enerjiden yararlandığı ölçüde fosil yakıt tüketimini azaltır ve enerji verimliliği artar.

II.2.5 Ev Aletlerinde Enerji Verimliliği

Binalarda enerji verimliliğini arttıran bir diğer unsurda ev aletlerinde enerji verimliliğidir. Ev aletleri, bir eve ait enerji tüketiminde önemli bir paya sahiptirler.

Ev aletlerinin genel olarak tükettiği enerji, elektrik enerjisidir. Elektrik enerjisi ise diğer enerji kaynaklarının içerisinde pahalı olan bir enerjidir. Bu yüzden elektrikli ev aletlerinde alınacak enerji verimliliği tedbirleri ile önemli enerji ve para tasarrufları yapılabilir.

Ev içi elektrik tüketimi paylarına bakıldığında, ilk sırayı %30,4 payla buzdolabı almaktadır. Buzdolabını %28,6 oranıyla aydınlatma takip ederken, %10,4 ile elektrikli fırınlar üçüncü sıraya yerleşirler. Televizyon, ailenin elektrik tüketiminde %9,8, çamaşır makinesi %6,5, bulaşık makinesi %5,6, ütü %4,3, elektrikli süpürgesi %2,4 ve saç kurutma makinesi %1,9 paya sahiptir[74]

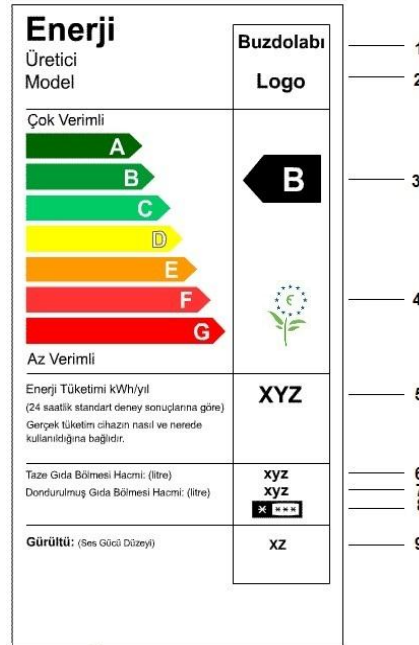
Ev aletlerinde verimliliği belirleyen en önemli unsur aletlerin enerji sınıfıdır. Cihazın enerji sınıfı, üzerinde bulunan enerji performans etiketinde belirtilir. Enerji performans etiketleri üzerinde bulunan ve A'dan G'e kadar olan harflerin her biri bir

enerji sınıfını temsil eder. A harfi en verimli sınıf, G harfi en verimsiz sınıf olmak üzere alfabetik olarak verimliden verimsiz doğru sıralanırlar. Bu etiketin üzerinde, ev aletinin marka, modeli ve çeşidinin yanında çeşidine göre farklılık gösteren başka teknik bilgiler de bulunur.

Elektrikli ev aletlerinde enerji etiketlemesi ile;

- Tüketicie alacağı ürünün yılda ne kadar enerji tüketeceği bilgisinin satın alma sırasında sağlanması,
- İmalatçıların ürettikleri cihazların enerji tüketimlerini azaltmak için önlem almaya teşvik edilmesi, dolayısıyla enerjinin akılcı ve verimli kullanılmasının sağlanması amaçlanmıştır.

Aşağıda çeşitli ev aletlerinin enerji performans etiket örnekleri görülmektedir.



Şekil II.38 Buzdolabı için bir enerji performansı etiketi örneği

1. İmalatçı firmanın adı ve ürünün türü
2. İmalatçının model tanımı.
3. Cihazın enerji verim sınıfı. Bu enerji sınıfının belirlenişi ev aletine göre farklılık göstermekle birlikte genel olarak cihazın yıllık harcadığı enerji ile nominal enerji tüketiminin oranı baz alınarak belirlenir.
4. Topluluk çevre etiketi ödülü. Bir ürüne Avrupa Topluluğu Konseyi'nin 880/92/EEC sayılı direktife istinaden bu ödülün vermesi halinde, çevre ödülü işareti (çiçek) söz konusu direktifte belirtilen kurallara uymak kaydıyla ürüne ilâştirilebilir.
5. Enerji Tüketimi kWh /yıl cinsinden açıklanabilir. (24 saatteki tüketim x 365)

6. Yıldız vererek belirtilmesi gerekmeyen (çalışma sıcaklığı > -6°C olan) tüm gıda saklama bölümlerinin net depolama hacmi toplamı.
7. Yıldız vererek belirtilmesi gereken (çalışma sıcaklığı < -6°C olan) tüm dondurulmuş gıda saklama bölümlerinin net depolama hacmi toplamı.
8. Belirtilen standartlara göre dondurulmuş gıda saklama bölmesinin yıldız sayısı.
9. Gürültü seviyesi (desibel).

Yıkama performansı A: yüksek G: düşük	A B C D E F G	10
Sıkma performansı A: yüksek G: düşük Sıkma hızı devir/dk	A B C D E F G XXXX	11
Kapasite (pamuk) kg Su tüketimi	X.Y X.Y	12
Gürültü (dB(A) re pW)	Yıkama X.Y Sıkma X.Y	13

Şekil II.39 Bir çamaşır makinası enerji etiketinde olan diğer bilgiler

10. Yıkama sırasındaki enerji performansı sınıfı.
11. Sıkma sırasındaki enerji performansı sınıfı ve sıkma devri.
12. Yıkama kapasitesi ve yıkama başına su tüketimi (litre).
13. Gürültü seviyesi (desibel).

Yıkama performansı A: yüksek G: düşük	A B C D E F G	14
Kurutma performansı A: yüksek G: düşük	A B C D E F G	15
Standart sofa takımı kapasitesi Su tüketimi	X.Y X.Y	16 17
Gürültü (dB(A) re pW)	X.Y	18

Şekil II.40 Bir bulaşık makinesi enerji etiketinde olan diğer bilgiler

14. Yıkama sırasındaki enerji performansı sınıfı.
15. Kurutma sırasındaki enerji performansı sınıfı.
16. Yıkama kapasitesi
17. Yıkama başına su tüketimi (litre).
18. Gürültü seviyesi (desibel).

Enerji Tüketimi kWh/yıl	XYZ	19
Soğutma kapasitesi	XYZ	
Enerji verimlilik oranı	XYZ	
Tip	Sadece soğutma Soğutma + ısıtma	20
	Hava soğutmalı Su soğutmalı	21
Isıtma kapasitesi	X.Y	22
Isıtma performansı	A B C D E F G	
Gürültü (dB(A) re pW)	X.Y	23

Şekil II.41 Bir klimanın enerji etiketinde olan diğer bilgiler

- 19.** Enerji Tüketimi kWh /yıl(24 saatteki tüketim x 365), soğutma kapasitesi (kW), enerji verimlilik oranı
- 20.** Isıtma özeliğinin olup olmadığını bilgisini verir, yandaki ok ilgili yeri gösterir.
- 21.** Soğutma tipi (su soğutmalı/hava soğutmalı) bilgisini verir, yandaki ok ilgili yeri gösterir.
- 22.** Eğer ısıtma özelliği varsa ısıtma kapasitesini (kW) ve ısıtma enerji sınıfını gösterir.
- 23.** Gürültü seviyesi (desibel).

Elektrikli ev aletlerinin enerji sınıfları, binalardaki elektrik tüketiminde önemli bir etkiye sahiptir. Bu aletlerin enerji sınıfları arasındaki farkı anlamak için, farklı enerji verimliliği sınıfında olan aynı aletlerin enerji tüketimlerini incelemek gerekir. Aşağıdaki hesaplamalar, farklı enerji sınıflarına ait yaygın kullanılan bazı cihazların ne kadar elektrik enerjisi tükettiklerini karşılaştırmanıza yardım edecek ve yüksek verimli bir cihaz kullanıldığında, düşük verimli olana göre ne kadar tasarruf edebileceğimizi bize gösterecektir.

Tablo II.5 Enerji sınıfı farklı buzdolaplarının yıllık enerji tüketimleri[75]

Enerji verimliliği sınıfı	Yıllık enerji sarfıyatı (kWh)
A++	237
A+	284
A	383
B	513
C	651
D	750
E	829
F	928
G	1027

Tablo II.6 Enerji sınıfı farklı bulaşık makinalarının yıllık enerji tüketimleri[75]

Enerji verimliliği sınıfı	Yıllık enerji sarfıyatı (kWh)
A	208
B	229
C	269
D	308
E	347
F	387
G	426

Tablo II.7 Enerji sınıfı farklı çamaşır makinalarının yıllık enerji tüketimleri[75]

Enerji verimliliği sınıfı	Yıllık enerji sarfıyatı (kWh)
A	354
B	437
C	520
D	603
E	686
F	770
G	853

Tablo II.8 Enerji sınıfı farklı klimaların yıllık enerji tüketimleri[75]

Enerji verimliliği sınıfı	Yıllık enerji sarfıyatı (kWh)
A	1095
B	1165
C	1240
D	1348
E	1478
F	1601
G	1746

Buzdolapları sürekli çalıştıklarından dolayı binada en fazla elektrik enerjisi tüketen ev aletidir. Tablo II.5'den görüldüğü üzere, A++ enerji sınıfı bir buzdolabı, A+'a göre %16, A'ya göre %38, B'ye göre %53, C'ye göre %63, D'ye göre %68, E'ye göre %71, F'ye göre %74, G'ye göre %77 enerji tasarrufu sağlar. Bulaşık makinalarında A enerji sınıfı bir cihaz ile G enerji sınıfı olana göre %51, çamaşır makinalarında A enerji sınıfı bir cihaz ile G enerji sınıfı olana göre %58, klimalı A enerji sınıfı bir cihaz ile G enerji sınıfı olana göre %31 enerji tasarrufu sağlayabilir.

Ev aletlerinde, yüksek enerji sınıfı cihazlar kullanmanın yansıra başka verimlilik tedbirleri de alınabilir. Bu tedbirler, cihazın enerji verimlilik sınıfı dışındaki diğer özellikleri, cihazların bakım durumu, ihtiyaca uygun özellikte cihaz tercihi ve enerji verimli kullanım alışkanlıkları edinme başlıklarında toplanabilir. Bina enerji tüketiminde önemli paya sahip bazı ev aletlerinde uygulanabilecek verimlilik artırıcı tedbirler şöyledir;

Buzdolapları

- Soğuk hava kaybı olmaması için, buzdolabı ve dondurucunun sıkıca kapanması gerekir. Bunun için kapak contaları ısı sızdırmayacak şekilde olması gerekir.
- Buzdolabını altı, etrafı ve bobinleri temiz olmalıdır. Toz birikintisi soğutma verimliliğini düşürür.
- En iyi verimlilik için, buzdolabının gün ışığına maruz kalmadığından ya da ısıtılabilen alanda olduğundan emin olunmalıdır. Soğuk ortamda çalışan buzdolabı, soğutma için daha az enerji harcayacağından daha verimli çalışır.
- Büyük boyutlu ya da birden çok buzdolabına sahip olmaktan kaçının. İhtiyaca göre büyüklükte buzdolabı tercih edilmelidir.
- İç hacimde oluşan buzlanma soğutma verimliliğini düşürür. Bu yüzden buzlanmayı engelleyen "No frost" buzdolapları daha verimlidir. Eğer buzdolabı no frost değilse, buzlanma kurallara uygun şekilde giderilmelidir.
- Sıcaklık ayarını orta seviyede tutulmalıdır. Çok alçak ya da çok yüksek sıcaklık seviyesi verimliliği azaltır. Buzdolapları için +7 °C ve buzluklar için -18 °C normal koşullarda kâfidir.
- Yemek yaparken, buzdolabı kapağını devamlı aç-kapa yapmamak için ihtiyacın olan her şey tek seferde alınmalıdır. Buzdolabı kapağının sıklıkla açılıp kapanması içeriye ısı geçişine neden olur ve buzdolabı daha fazla enerji harcar.

- Buzdolabı içerisine sıcak yiyecekler konulmasından kaçınılmalıdır. Sıcak yiyecekler, soğutulan yerde ısı kazancı sağlayıp soğutucunu daha fazla enerji harcamasına neden olur.

- Soğutucunun sıcak havasını dışarıya kolaylıkla vermesi sağlanmalıdır. Sabit ve tabandan ısıtılmalı soğurucuların havalandırma ızgaraları açıkta olmalı ki, hava soğutma hortumundan (lastiğinden) problemsiz geçebilsin. Dışardan soğutma hortumu bulunmayan dondurucular öyle yerleştirilmeli ki, soğutucunun sıcak havayı dışarıya taşıyan cephesi açıkta kalsın. Böylelikle dondurucunun ısı devinimi engellenmemiş olur.

- Buzluktaki yiyeceklerin ve diğer donmuş gıdaların buzunu eritmek için su kullanmayın. Bu tür gıdaların buzlarını buzdolabının alt gözünde bir gece bekleterek çözebiliriz. Bu şekilde yiyeceğin buzunu çözülürken soğutmaya da yardımcı olmuş oluruz.

Çamaşır ve bulaşık makinaları

- Çamaşır ve bulaşık makinaları sadece tam doluyken çalıştırılmalıdır.
- Mümkün olduğunca düşük ısıdaki su ile yıkama yapılmalıdır. Çamaşır ve bulaşık makinalarında enerji sarfiyatının büyük kısmını, yıkama suyunun ısıtılması için harcanan enerji oluşturur.

- Bulaşık makinaları kısa yıkamada çalıştırılmalıdır.
- Makine kullanılmıyorken, şalterini kapatılmalı ya da fişi çekilmelidir. Böylece beklemede kalma (stand by) enerjisi tüketilmez

- Makine ve su boruları sızıntılara karşı kontrol edilmelidir.
- Çamaşır makinalarında her zaman soğuk su ile durulama yapılmalıdır. Bu durum giysilerinizin temizliğine etki etmez.

- Bulaşık makinalarında ilk durulama engellenmeli ve kurutma yapılmamalıdır.
- Çamaşırlarınızı, çamaşır kurutma makinası yerine ipe asarak kurutun, böylece kurutma için gerekli enerjiyi rüzgâr ve güneşten elde etmiş olursunuz.

- Enerji performans etiketi üzerindeki su kullanım verimlerini dikkate alarak seçim yapılmalıdır.

Ocaklar ve fırınlar

- Fırında yemek pişiriyorken, yemeğin pişmesine yakın fırını kapatın. Artık ısı yemeği tamamen pişirecektir.
- Mümkünse küçük pişirme cihazları kullanın. Mikrodalga fırın, tost makinesi, elektrikli tencere, gril vb.
- Çalışırken sık sık fırının kapağını açıp içine bakmaktan kaçınılmalıdır. Bu şekilde kapağın açılmasından dolayı oluşan ısı kaybını engellemiş oluruz
- Fırın kapağının düzgün ve sıkıca kapanmasını sağlanmalıdır. Böylece fırın kapağında oluşacak ısı kaçaklarını engellemiş oluruz.
- Isıyı tutmak için tava ve tencerelerde kapak kullanılmalıdır. Böylece ısı tencereye hapsedilip pişme süresi kısılacaktır.
- Fırında aynı anda birden fazla yemek pişirilebilir. Bu şekilde erken pişeni önce çıkarıp gereksiz enerji harcamasından da kurtulmuş oluruz.
- Doğalgazlı ocak ve fırınlar daha elektrikliye göre daha verimlidir.
- Yemek pişirirken basınçlı tencereler kullanmak bize zamandan ve enerjiden ciddi tasarruf sağlar.
- Mikrodalga fırınlarda ısıtma süresi 2-3 pişirme süresi 10-15 dakikadır yani normal fırına göre çok kısadır. Mikrodalga fırınlar klasik fırınlara göre önemli bir tasarruf sağlamaktadır.

Klimalar

- Klimanın ısıtma ve soğutma kapasitesi yüksek olmalıdır.
- Isıyı homojen yayma özellikli klimaları daha verimlidir.
- Klimalarımız elektronik ısı ayarlı(termostatlı) olmalıdır. Bu şekilde istenilen sıcaklıktan daha azı ya da fazlası olmaz.
- 30 derecenin altında soğutma yapılmamalıdır. Klimanın kışın ısıtma sıcaklık ayarı olabildiğince düşük, yazın soğutma sıcaklık ayarı olabildiğince yüksek tutulmamalıdır. Klimalar çalışırken mekân kapıları kapalı tutulmalıdır. Aksi durumlarda hava perdesi gibi dışardan hava girişini önleyen cihazlar kullanmalıyız.
- Klimalarımızı mümkün olduğunca kışın ısıtma amaçlı kullanmamalıyız. Çünkü klimalar elektrik enerjisiyle çalışır ve elektrik enerjisi pahalı bir enerjidir.
- Yaz aylarında dış ünitenin güneş ışığıyla direkt maruz kalmamasına dikkat etmeliyiz. Çünkü soğuk havanın sağlandığı ünitenin sıcak ortamda bulunması, aynı soğuk havayı elde etmek için harcanacak enerji miktarını arttırır.

- Yazın klima çalışırken güneş ışınlarının doğrudan içeri girmesini engellemeliyiz. Bu şekilde güneş ışığından oluşacak ısı kazançları engellenmiş olur.
- Hava filtresini belli aralıklarla değiştirmeliyiz. Tıkalı filtreler hava akışını, soğutmayı ve nem gidermeyi engellediğinden daha fazla enerji sarfiyatı ortaya çıkar.
- Klima programlama özelliğiyle enerji tüketimini düşürebiliriz. Mekanın kullanılmadığı anlarda kapalı tuttuğumuz klimayı kullanım zamanlarında açabiliriz. Evdeki cihazları ılık havalarda kapalı tutup 2-3 günden fazla evden uzak kalınacak sürelerde cihazı kapalı tutmalıyız.
- Dış ortamdaki klima soğutma ünitesi ile iç ortamdaki soğuk hava üfleme ünitesi birbirine yakın olmalıdır. Uzak durumunda soğutma ünitesinden üfleme ünitesine taşınan soğuk havada ısı kazançları olur.

Elektrikli su ısıtıcıları

- Mümkün olduğunca elektrikli ısıtıcıları kullanmamalıyız.
- Termostatlı cihazlar kullanılmalı, istenilen sıcaklığa geldiğinde sönen cihazları tercih etmelidir.
- Banyoda, sıcak suyun 40 derecenin üzerinde ısıtılması gereksiz enerji tüketimine yol açar.
- Su depolayan elektrikli su üreteçleri yerine anlık su ısıtıcıları tercih edilmelidir.
- Elektrikli su ısıtıcısı su tüketim noktalarına yakın olacak şekilde yerleştirilmelidir.

II.3 DÜNYADA ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÇALIŞMALARI

Enerji verimliliği ilk olarak, 1970’li yıllarda yaşanan petrol krizleri ve sonrasında enerji fiyatlarındaki artışlar ile dünya gündemine gelmiş, gelişmiş ülkeler tarafından geliştirilmeye başlanmıştır. Daha sonraki yıllarda enerji verimliliği, enerji ve kalkınma politikalarının önemli bir unsuru olmuştur. Özellikle ABD, Japonya, Almanya gibi gelişmiş ülkeler, yürürlüğe koydukları enerji verimliliği uygulamaları ile milyarlarca dolar değerinde enerji tasarrufu elde etmişlerdir. Bu ülkeler, binalarda, sanayide, ulaşımda, elektrikli ev aletlerinde, elektrik üretim ve dağıtım tesislerinde yaptıkları enerji verimliliği çalışmaları ile diğer ülkelerin enerji verimliliği çalışmalarında yol gösterici olmuşlardır.

II.3.1 Gelişmiş Ülkelerde Enerji Verimliliği Çalışmaları

ABD, enerji verimliliği çalışmalarında öncü ülkelerden biridir. ABD, enerji verimliliği uygulamalarını geliştirip yaygınlaştırarak son 30 yılda enerji verimliliği konusunda önemli derecede mesafe kat etmiştir. ABD, 1973'den beri, ekonomik olarak %126 büyümesine karşın enerji tüketimleri sadece %30 artış göstermiştir. Eğer enerji tüketimleri, ekonomik büyümeye ayak uydursaydı, geçen yıl 99 katrilyon btu yerine 171 katrilyon btu enerji tüketmiş olacaktı[76,81].

ABD'de 1970'lerin ortalarından itibaren ilgili yönetim birimleri tarafından federal tesis ve işletmelerde enerji verimliliğini yükseltmeye yönelik çeşitli programlar geliştirilmiştir. Amerikan Enerji Bakanlığı'na (Department of Energy-DOE) göre bu programlar, 1975 ile 1991 yılları arasında, enerji maliyetinde 8 milyar \$'lık bir tasarruf sağlamıştır. Bu, aynı yıllar arasında enerji tasarrufu önlemleri için yapılan harcamanın yaklaşık üç katıdır. Bu etkileyici sonuca rağmen, verimli aydınlatma sistemlerinden ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerindeki gelişmelere kadar birçok teknoloji kullanarak federal tesis ve işletmelerde kayda değer büyüklükte bir tasarruf sağlamak halen mümkündür[77,81].

ABD, elektrikli beyaz eşyalarda, ofis gereçlerinde ve son dönemde binalarda geliştirdiği ve uyguladığı EnergyStar, LEED gibi sertifika ve derecelendirme sistemleri ile enerji verimliliğinde önemli aşamalar kaydetmiştir. Enerji verimliliği, devlet tarafından desteklenen kurumlarca popüler hale getirilmiştir. Toplum, yapılan kampanyalar ile enerji verimliliği hakkında sosyal bir bilince ulaşmıştır.

Japonya, enerji verimliliği açısından en iyi teknolojilere sahip ve toplum bilinci bakımından ileri seviyeye ulaşmış ülkelerden biridir. Enerjisinin ihtiyacının yaklaşık %83'ünü ithal eden Japonya, enerji verimliliğini ilk gündemine alan ülkelerden biridir. Enerji verimliliği konusunda yaptığı çalışmalar diğer dünya ülkelerine örnek olacak niteliktedir.

Örnek olarak; Kawagoe şehir yönetimi, yıllık enerji tüketimini her yıl %1 oranında düşürmeyi hedefleyen kampanya uygulamaya koymuştur. Bu uygulama ile dört yılın sonunda ilave yatırım yapmadan elektrik tüketiminde %5'lik tasarruf sağlanmıştır. Başka bir deyişle 10 milyon kWh'tan fazla enerji ve 2,5 milyon \$ paradan tasarruf edilmiştir[78,81].

Japonya’da 1999 yılında yenilenen enerji tasarrufu kanunu ile birlikte “Top Runner” programı uygulanmaya başlamıştır. Bu program, ulaşım, ticari ve özel sektördeki enerji kullanımına hitap eden bir programdır. 1999’da programın başlangıcından bu yana, çeşitli ürünler için belirli standartlar belirlenmiştir. Program genel olarak, standartların yerine getirildiği anlamda etkilidir.

Top Runner programının çekiciliği, açık ve basit amacıyla gizlidir. Amaç, en iyisine ulaşmaktır. Piyasadaki mevcut ürünlerin en yüksek verimli olanları (Top Runner), standartları belirler. Ayrıca standartlar sabit değildir. Piyasadaki mevcut ürünler analiz edilir ve en yüksek enerji verimliliğine sahip olan ürünün (Top Runner’ın) verimlilik değerleri belirlenir. Bu değerler bir sonraki senenin minimum verimlilik standardı olur. Böylece, Top Runner Japon standartlarını devamlı üst seviyelere çıkarmıştır[79].

Avrupa Birliğinde ise, 1973’te yaşanan birinci petrol krizi sonrası Avrupa Konseyinin Eylül 1974’te kabul ettiği “Yeni Enerji Politikası Stratejisi” programı ile tüketimin makul seviyeye çekilmesini, arz güvenliğinin arttırılmasını ve enerji üretim ve tüketiminde çevrenin korunması öngören bir politika benimsemiştir. 1979 ikinci petrol kriziyle Konsey daha ileri düzeyde bir şeyler yapma gereksinimi duyarak Haziran 1980’de 1990 yılında ulaşılması gereken hedefleri belirlemiştir. Bu hedefler üye ülkelerin petrol tüketimini ve ithalatını kısımları, enerji tasarrufuna gitmeleri ve Topluluğun enerji politikası amaçlarına uyum göstermeleri gerektiği şeklindeydi. Bu tarihler itibariyle üye devletler ithalatı kısımaya gitmiş ve yerli üretimi arttıracak çabalarda bulunmuşlardır. Bu çabalar sonucunda 1980-90 tarihleri arasında dışa bağımlılık oranında %10 kadar bir azalma olmuş ve üretim ithalatın üzerine çıkmıştır. Bu artış 1995 yılına kadar bu şekilde devam etmiştir. Fakat 2000’lere gelindiğinde ithalatın yeniden üretimi geçmiştir[80].

AB’de enerji verimliliği ile ilgili en önemli çalışma, 1991 yılında başlayan SAVE programıdır. Bu programın amacı sanayi, ticaret ve ulaştırma gibi yurtiçi sektörlerde enerji verimliliğini geliştirmek ve enerji tasarrufunu teşvik etmektir. Bu programda enerji politikaları önlemleri, bilgilendirme çalışmaları, yöresel ve bölgesel enerji ajansları kurulması gibi birçok çalışma yer almıştır. Program 1995 yılında tamamlanmış, ardından SAVE II programı beş yıllığına uygulanmaya konulmuş, 2000 yılında ise topluluk stratejisini belirleyen Enerji Çatı Programı kapsamına alınmıştır[81].

AB'nin enerji verimliliği bağlamındaki uygulamaları SAVE Programı ile gerçekleştirilmektedir. Ancak ilgili çalışmaların çerçevesi, 2010 yılına gelindiğinde binalarda tüketilen enerjiden % 22 tasarruf sağlanmasını ve ulaşımda kullanılan petrol tüketiminin % 20'sinin diğer kaynaklarla ikame edilmesini öngören Yeşil Bildiri ile sınırlandırılmıştır. Söz konusu raporda enerji verimliliği alanındaki çabaların iki önceliğe odaklanacağı belirtilmektedir ki bunlar;

- Ulaşımda yakıt verimliliği için elektrikli ve hibrit araçlara yönelmenin sağlanması
- Ulaşım ve binalarda alan ısıtılması için alternatif yakıt ikamesi (bio yakıtlar, taşıtlar için doğalgaz ve uzun vadede hidrojen) kullanımını teşvik edecek önlemlerin uygulamaya konulması

Şeklinde sıralanmaktadırlar. Yeşil Bildiri'de sanayide, özellikle de enerji-yoğun sektörlerde yüksek verimlilik için önemli gelişmeler sağlanmış olsa da, halen maliyet- etkin iyileştirmeler için dikkate değer bir potansiyelin bulunduğu ifade edilmektedir[1].

On beş Avrupa ülkesi ve Norveç'in enerji verimliliği ve çevre politikalarından sorumlu kuruluşlarının katılımıyla ortak politika ve önlemler için ODYSSEE-MURE veri izleme projesi başlatılmıştır. Bunun yanı sıra AB'de binalarda, sanayide, ulaşımda ve ev aletlerinde enerji verimliliğine yönelik uygulamalar başlatılmıştır. Avrupa'daki veri toplama kuruluşlarından ODYSSEE'nin göstergelerine göre; AB'de (EU-15) enerji verimliliğinde genel olarak 1990- 2002 yılları arasında yaklaşık yıllık % 0,8 (toplam % 10) düzeyinde, büyük ev aletlerinde yıllık % 2 (toplam % 21) düzeyinde, sanayide % 13 düzeyinde iyileşme sağlanmıştır. Otomobillerin özellikli enerji tüketimlerinde 1990'dan itibaren (yıllık % - 0,6) düşme gerçekleşmiştir. Özellikle 1995 yılından itibaren bu düşüş daha da (% - 1,7) hızlanmıştır[81].

Dünya genelinde enerji verimliliği çalışmaları Enerji Verimliliği Denetim (EVD) kurumları tarafından yürütülmektedir. Bu kurumların başlıca sunduğu başlıca hizmetler;

- Enerji tasarruf olanaklarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi,
- Müşterilerin ihtiyaçlarına yönelik enerji verimliliği programlarının hazırlanması ve uygulanması,
- Proje dâhilinde gerekli sistemlerin kurulumundan izlenmesine kadar tüm faaliyetlerin yürütülmesi,
- Finansmanın sağlanması,
- Eğitimlerin yapılması ve bakım onarım ihtiyaçlarının karşılanması şeklinde sıralanabilir[82].

2004 yılında, Dünya Enerji Konseyi (World Energy Council-WEC), Fransız EVD kurumu ADEME'nin işbirliği ile bir rapor yayınlamıştır. Bu raporda, ülkelerin enerji verimliliği çalışmaları incelenmiş ve bu çalışmaları yürüten EVD kurumları belirtilmiştir. Bu kurumlar, devlete bağlı kamu kuruluşları olduğu gibi devletten ayrı özel kurumlarda olabilmektedir. Ayrıca bu kurumlar, ulusal ya da yerel olarak faaliyet olarak da ayrılır. Örneğin, enerji verimliliği çalışmaları Türkiye'de sadece hükümet tarafından ulusal olarak, İngiltere'de sadece özel kurumlar tarafından ulusal olarak, Belçika'da sadece hükümet tarafından yerel olarak yapılmaktadır. Tablo II.9'da çeşitli ülkelerdeki enerji verimliliği çalışmalarını yürüten kurumların isimleri, bunların yapısı ve sayısı verilmiştir.

Tablo II.9 Çeşitli ülkelere ait EVD kurumları[83]

	Ulusal enerji verimliliği kurumları / İsimleri Yapısı / İsmi	Bölgesel ya da yerel kurumlar / Sayısı Yapısı / Sayısı
AVRUPA		
Avusturya	• (EVA)	• (10)
Belçika		• (13)
Danimarka	• (DEA)	• (1)
Finlandiya	• (MOTİVA)	• (7)
Fransa	• (ADEME)	• (19)
Almanya	• (dena)	• (39)

Tablo II.9'un devamıdır.		
Yunanistan	• (CRES)	• (18)
İrlanda	• (SEI)	• (12)
İtalya	• (ENEA)	• (26)
Portekiz	• (ADENE)	• (17)
İspanya	• (IDAE)	• (31)
İsveç	• (STEM)	• (12)
Hollanda	• (Novem) (Senter)	• (6)
İngiltere	○	
Bulgaristan	• (SEEA)	
Çek cumhuriyeti	• (CEA)	• (5)
Macaristan	• (Energy Center)	• (32)
Litvanya	○	
Letonya	• (EA)	
Norveç	• (ENOVA)	•
Polonya	• (KAPE)	• (12)
Romanya	• (ARCE)	• (10)
Rusya	○	• (75)
Slovenya	• (AURE)	
Slovakya	• (SEA)	○
İsviçre	• (SwissEnergy)	• (36)
Türkiye	• (EİE)	
ASYA		
Avustralya	No	• (2) ○ (3)
Çin	○	
Hong Kong, Çin	○	
Hindistan	• (BEE)	•
Endonezya	○	
Japonya	•	• (9)
Kore	• (KEMCO)	
Malezya	• (PTM)	
Filipinler	○	○ (2)
Tayvan, Çin	○	
Tayland	• (DEDE)	• (5)
Vietnam	• (VECP)	• (6)
AMERİKA		
Brezilya	•	
Kanada	• (OEE)	• (2)
Şili	○	
Kolombiya	○ (UMPE)	

Tablo II.9'un devamıdır.		
Kosta Rika	○	
Meksika	• (CONAE)	• (8)
Peru	○	
Usa	•	○
AFRİKA		
Cezayir	• (APRUE)	
Botsvana	○	
Fildişi sahilleri	• (BEE)	
Mısır	• (OEP)	
Gana	• (GEF)	• (7)
Kenya	No	
Mali	○	
Moritanya	○	
Fas	• (CDER)	
Güney Afrika	○	
Tanzanya	No	
Tunus	• (ANER)	• (3)
ORTA DOĞU		
İran	• (SABA)	• (6)
İsrail	○	
Ürdün	• (NERC)	
Lübnan	Yok	
Suriye	• (NERC)	• (15)

- Devlete bağlı kurumlar
- Devlete bağlı olmayan kurumlar

II.3.2 Türkiye’de Enerji Verimliliği Çalışmaları

Türkiye'nin enerji ihtiyacı geçmişten bugüne devamlı surette artış göstermiştir. Buna karşılık, enerji verimliliği kavramı Türkiye’nin gündemine hiç gelmemiştir. Türkiye, artan enerji açığını enerjiden tasarruf etmek yoluyla değil, yeni enerji santralleri kurmak yoluyla kapatmaya çalışmıştır. Son yıllarda, Türkiye'nin enerji ithalatının giderek artması ve bununla birlikte Avrupa Birliği uyum sürecinde yapılan çalışmalar kapsamında, enerji verimliliği kavramı ülke gündemine gelmiştir. Çalışmalar sonucunda, 2007 yılında "Enerji Verimliliği Kanunu" çıkarılmış ve yürürlüğe konulmuştur.

II.3.2.1 Türkiye'de Enerji Verimliliğinin Mevcut Durumu

Türkiye'nin enerji tüketimi geçmişten bugüne devamlı surette artış göstermiştir. Türkiye'nin 1998-2008 döneminde toplam nihai enerji tüketimindeki yıllık ortalama artış oranı %3,81'dir. Aynı dönem için yıllık ortalama artışların sanayi sektöründe %3,56; konut sektöründe %3,49; ulaştırma sektöründe %4,07 hizmet sektöründe ise %7,44 civarında olduğu görülmektedir. Bireysel araç kullanımının artmasından ve hizmet sektöründeki yatırımlardan dolayı son on yılda kaydedilen en büyük artışların bu iki sektörde olduğu dikkat çekmektedir[84].

Yapılan araştırmalar, Türkiye'de enerji tüketiminin sürekli olarak artış göstermesine karşılık, tüketilen enerjinin verimli kullanılmadığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte yapılmış olan analizler, ülkemizdeki sanayi, konut, hizmet ve ulaştırma sektörlerinde harcanan enerjinin azaltılabileceği yönünde ciddi bir potansiyelin olduğunu göstermiştir.

Endüstri şirketlerinde gerçekleştirilen enerji etütleri ve anketleri Türkiye sanayiinde ortalama enerji tasarrufu potansiyelinin en azından %20 olduğunu göstermektedir. Bunun yaklaşık %50'si önemli yatırım gerektirmemekte veya geri ödeme süresi iki yıldan kısa olmaktadır. Buna rağmen, söz konusu yatırımların gerçekleşme oranı, mevcut potansiyelin %10'unun altında kalmıştır[85]

Sanayi sektörüne yönelik yapılan çalışmalar, demir-çelik sektöründe elektrikte %21, ısıda %19; çimento sektöründe, %7; tekstil sektöründe elektrikte %57, ısıda %30; kâğıt sektöründe elektrik tüketiminde %22, yakıt tüketiminde ise %21; şeker sektöründe ısı'da %46, elektrikte %26; cam sektöründe elektrik enerjisinde %10, ısı enerjisinde %34; seramik sektöründe genel olarak %15–20; kimya sektöründe genel olarak %15–30; gıda sektöründe genel olarak %25 mertebelerinde enerji tasarrufu potansiyelinin olduğunu ortaya koymaktadır[86].

Türkiye'deki binaların çoğunun AB ülkelerindeki yeni binalarla mukayese edildiğinde, enerji verimliliği seviyeleri yetersizdir. AB ülkeleri kanunlarıyla yapılan bir karşılaştırma, geçerli olan yönetmelikler uyarınca inşa edilen yeni binaların bile ısıtma için %50 daha fazla enerji harcadığını ortaya koymuştur[85].

Halen ısı yalıtımı iç pazar cirosunun yaklaşık 1,25 milyar dolar olduğu ve bununla yılda yaklaşık 50 milyon metrekarelik yalıtım yapılabildiği tahmin edilmektedir. Sektörün bu kapasitesi ile yılda en az 400.000 ortalama konutun yalıtılması mümkün görülmektedir. Binaların yetersiz yalıtımlarından dolayı ısıtma ve soğutma amaçlı enerji kullanımındaki tasarruf potansiyelinin ülkemiz

ekonomisine kazandırılabilmesi için mevcut binaların kademeli olarak yalıtılması gerektiği değerlendirilmektedir[84].

Ülkemizde, elektrikli ev aletlerinin enerji tüketiminde ciddi düşüşler gerçekleştirilmiş olup, bugünün en iyi buzdolabı 1990 yılına göre %75, çamaşır makinesi 1985'lerde çıkan modellere göre enerjide %44 ve suda %62 tasarruf sağlamaktadır. Aynı şekilde bulaşık makinesi 60 °C çevrimde 1980 yılında 2 kWh enerji harcarken bugün tüketim 1 kWh'ın altındadır. Su tüketimi ise üçte bire düşmüştür[84].

Ulaştırma sektöründe ise, Türkiye'de araçlar henüz enerji verimliliği ve performans açısından test edilmemekte, araç muayenelerinde sadece trafik güvenliği için teknik kontroller, egzoz gazı emisyon ölçümleri yapılmaktadır. Bu nedenle de mevcut araç stokunun enerji verimliliğini değerlendirmek zordur. Örneğin 2003-2004 yılları arasında toplam 320.000 adet 20 yıldan yaşlı araba trafikten çekilmiş ve CO₂ emisyonlarında %4,87 oranında bir azalma elde edilmiştir[85].

Rakamlardan anlaşılabileceği gibi Türkiye'de, kısa zamanda yapılan enerji verimliliği çalışmaları ile mevcut tüketimde azalmalar olmuştur. Fakat bu azalmalar mevcut tasarruf potansiyelinin çok altındadır. Enerji tüketiminin giderek arttığı ve dışa bağımlı hale gelen Türkiye'de mevcut tasarruf potansiyellerinin değerlendirilmesi ile enerji yoğunluğunu ciddi şekilde düşürülmesi mümkündür.

II.3.2.2 Enerji Verimliliği Kanunu

Türkiye'de enerji verimliliği ile ilgili atılan ilk adım, 1977 yılında çıkarılan "Isıtma ve Brülör Tesislerinin Yakıt Tüketiminde Ekonomi Sağlanması ve Hava Kirliliğinin Azaltılması" yönetmeliğidir. 1995 yılında çıkarılan "Sanayi Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğin Artırılması için Alacakları Önlemler Hakkındaki Yönetmelik" ile ilk kez enerji yönetimi kavramı gündeme gelmiştir. Başbakanlık, 1997 yılında karşı karşıya kalınan elektrik enerjisi darboğazının aşılması adına, kamu kurum ve kuruluşlarında elektriğin verimli kullanımı için önlemler içeren bir genelge yayınlamıştır. 2000 yılında, 1985 tarihli binalarda ısı yalıtımın kurallarını belirleyen Türk Standardı TS 825 güncellenmiştir. Yeni standart aynı yılda çıkarılan "Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği" ile zorunlu standart olarak uygulamaya girmiştir. 2002 yılında, elektrikli ev aletlerinin enerji etiketlenmesine ilişkin tebliğler yayınlanmıştır. 2004 yılında Türkiye için enerji verimliliği stratejisi oluşturulmuştur. 2003 yılında, "Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve

Sözleşmesi" (16/10/2003 tarihli ve 4990 sayılı Kanun), 2005 yılında "Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği", 2006 yılında "Ev Tipi Klimaların Enerji Etiketlemesine İlişkin Yönetmelik" yürürlüğe girmiştir. Tüm bu kanun, tebliğ ve yönetmeliklerde ele alınan kavram ve hususlar genişletilerek bir havuzda toplanmış, bu birikim ile 18/04/2007 tarih ve 5627 sayılı "Enerji Verimliliği Kanunu" çıkarılmıştır.

Bu kanunun amacı (madde 1); enerjinin etkin kullanılması, israfların önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasıdır.

Bu kanun (madde2);enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekeleri ile ulaşımda enerji verimliliğinin artırılmasına ve desteklenmesine, toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik uygulanacak usul ve esasları kapsar.

Bu kanun, enerji verimliliği çalışmalarının ülke genelinde tüm ilgili kuruluşlar nezdinde etkin olarak yürütülmesi, sonuçlarının izlenmesi ve koordinasyonu amacıyla bir "Enerji Verimliliği Koordinasyon Kurulu" oluşturulmasını öngörmüştür. Bu kanun ile enerji verimliliği hizmetlerinin yürütülmesine yönelik kurum ve kuruluşların yetkilendirmeleri belirtilmiş ve bu yetkilerin çerçevesi belirlenmiştir. Ayrıca enerji verimliliği hizmetlerinin etkinliğini ve enerji bilincini artırmak amacıyla eğitim ve bilinçlendirme faaliyetleri yapılması öngörülmüş ve faaliyetlerin çerçevesi belirtilmiştir. Bunun yanında enerji verimliliğini geliştirmek için yapılacak projelere verilecek desteklerinde şartları belirtilmiştir.

Gelişmiş ülkelerdeki uygulamalar ışığında hazırlanmış olan bu kanun, AB'nin ilgili direktifleriyle uyum içinde, uygulamaya dönük şu tedbirleri öngörmüştür:

- Sanayide verimlilik artırıcı tadilat projeleri, yenilenebilir enerji kaynağı ve verimli kojenerasyon kullanımının desteklenmesi,
- Enerji tüketen verimsiz malların satışının yasaklanması ve bunların kullanım kılavuzlarında verimli kullanım bilgilerine yer verilmesi,
- Tüketim alışkanlıklarının iyileştirilmesi ve verimlilik artırıcı uygulamaların yapılması için sanayide ve binalarda enerji yöneticisi çalıştırılması,
- Binaların el değiştirmesi sırasında "Enerji Kimlik Belgesi" aranması,

- Yeni bina inşaatlarının asgari verimlilik kriterlerine uygun yapılması,
- Yenilenebilir kaynak kullanarak 200 kW'a kadar tesis kuranların lisans almadan şebekeye bağlanabilmesi,
- Verimli kojenerasyon tesisi kuranlardan şirket kurma ve lisans alma şartları aranmaması,
- Elektrik ve doğalgaz dağıtıcılarının aylık tüketim bilgilerini internet üzerinden müşterilerine duyurması,
- TV kanallarının spot filmler yayınlaması,
- Okullardaki eğitim müfredatlarında enerji verimliliği ve çevre konularına yer verilmesi,
- Merkezi ısıtma sistemine sahip binalarda ısı kontrol cihazları ve pay ölçer kullanılması.

Ulaşım ve enerji sektörlerinde verimlilik artırıcı uygulamalar yapılması[87]. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE), enerji verimliliği kanununu daha işlevsel hale getirmeyi amaçlayan ve 2011-2023 yılları arasını kapsayan “Enerji Verimliliği Strateji Belgesi” taslağını hazırlamıştır. Enerji verimliliğinde bugüne kadar sağlanan gelişmeleri değerlendirerek; kamu, özel ve sivil toplum kesimlerinin yakın işbirliği ile isabetli bir gelecek planlamasına ulaşmak, görüş ve eylem birliklerini güçlendirmek amacıyla hazırlanan 19 sayfalık Enerji Verimliliği Strateji Belgesi’nin taslağı, Yüksek Planlama Kurulu’nun onayına sunulmuştur.

Bu strateji belgesinin yaklaşımı; enerji üretimi ve iletiminde nihai tüketime kadarki bütün aşamalarda enerji verimliliğinin geliştirilmesi, bilinçsiz kullanımın ve israfın önlenmesi, enerji yoğunluğunun gerek sektörler bazında ve gerekse de makro düzeyde azaltılması ulusal enerji politikalarının öncelikli ve önemli bileşenlerinden olmasıdır. Ayrıca, kamu kesimi, özel sektör ve sivil toplum kuruluşlarının katılımcı bir yaklaşımla ve işbirliği çerçevesinde hareket etmesini sağlamak, sonuç odaklı ve somut hedeflerle desteklenmiş bir politika seti belirlemek, bu hedeflere ulaşmak için yapılması zorunlu eylemleri tespit etmek, süreç içinde kuruluşların yüklenecekleri sorumlulukları tanımlamak bu strateji belgesinin hazırlanması amaçlarındandır[87].

Bu strateji belgesinde yedi adet strateji amacı belirlenmiş ve bu amaçlara bağlı olarak 14 adet strateji hedefi ve 35 adet eylem belirtilmiştir. Bu amaçlar ve onlara bağlı hedefler şöyledir Tablo II.10’daki gibidir.

Tablo II.10 Enerji verimliliği strateji belgesine ait amaç ve hedefler[84].

Strateji Amacı	Strateji Hedefi
1. Sanayi ve hizmetler sektöründe enerji yoğunluğunu ve enerji kayıplarını azaltmak	1. Belgenin yayım tarihi itibarıyla 10 yıl içerisinde, her bir sanayi alt sektöründeki indirgenmiş enerji yoğunlukları, her bir alt sektör için %10'dan az olmamak üzere sektör işbirlikleri ile belirlenecek oranlarda azaltılacaktır.
2. Enerji verimliliği yüksek binaların enerji taleplerini ve karbon emisyonlarını azaltmak ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanan sürdürülebilir çevre dostu binaları yaygınlaştırmak	1. 2023 yılında, Kentsel Dönüşüm Kanunu ve Deprem Yönetmeliği kapsamında kullanılabilir niteliği haiz olan binalar arasından; büyük şehir mücavir alanlarında olup her yıl yürürlüğe konulan Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkındaki Tebliğ'de tanımlanan yapı grupları arasından yapı grup sınıfı 3 üncü sınıf veya üzeri olan konutlar ile birlikte, toplam kullanım alanı on bin metrekarenin (10.000 m2) üzerindeki ticari ve hizmet binalarının tamamında, yürürlükteki standartları sağlayan ısı yalıtımı ve enerji verimli ısıtma sistemleri bulunacaktır. 2. 2010 yılındaki yapı stokunun en az dörtte biri (1/4) 2023 yılına kadar, sürdürülebilir yapı haline getirilecektir.
3. Enerji verimli ürünlerin piyasa dönüşümünü sağlamak	1. Asgari enerji verimlilik sınıfının üzerindeki lambaların, buzdolaplarının ve elektrik motorlarının piyasa dönüşümü 2012 yılı sonuna kadar, ısıtma/soğutma sistemlerinin ve diğer enerji verimli ürünlerin piyasa dönüşümü ise AB uygulamalarına paralel olarak tamamlanacaktır.
4. Elektrik üretim, iletim ve dağıtımında verimliliği artırmak, enerji kayıplarını ve zararlı çevre emisyonlarını azaltmak	1. 2023 yılına kadar, ülke genelindeki kömürlü termik santrallerin atık ısı geri kazanımı dahil ortalama toplam çevrim verimleri yüzde kırk beşin (%45) üzerine çıkarılacaktır. 2. 2023 yılına kadar, elektrik enerjisi yoğunluğunu en az yüzde yirmi (%20) azaltmak amacıyla talep tarafı yönetimi konusunda tedbirler geliştirilecektir.

Tablo II.10'un devamıdır.	
5. Motorlu taşıtların birim fosil yakıt tüketimini azaltmak, kara, deniz ve demir yollarında toplu taşıma payını artırmak ve şehir içi ulaşımında gereksiz yakıt sarfiyatını önlemek	1. Yolcu veya yük taşıyan küçük araçlar (M1/N1 kategorileri) CO2 salınımına ilişkin AB direktifleri doğrultusunda çıkarılacak ikincil mevzuat şartlarını karşılayacak, büyük şehirlerde ulaşım mastır planları hazırlanacak ve yürürlüğe konulacaktır.
	2. Biokütle kaynaklarından elde edilen bio yakıtların veya sentetik yakıtların ulaşımında kullanımı yaygınlaştırılacaktır.
6. Kamu kesiminde enerjiyi etkin ve verimli kullanmak	1. Kamu kuruluşlarının bina ve tesislerinde yıllık enerji tüketimi 2015 yılına kadar yüzde on (%10) ve 2023 yılına kadar yüzde yirmi (%20) azaltılacaktır.
7. Kurumsal yapıları, kapasiteleri ve işbirliklerini güçlendirmek, ileri teknoloji kullanımını ve bilinçlendirme etkinliklerini artırmak, kamu dışında finansman ortamları oluşturmak	1. 2012 yılı sonuna kadar; uygulayıcı kurumların kurumsal yapıları, kapasiteleri ve aralarındaki işbirlikleri güçlendirilecektir.
	2. 2015 yılı sonuna kadar ülke genelindeki sertifikalı enerji yöneticisi sayısı en az beş bin (5.000) kişiye ve sanayi sektörlerinde uzmanlaşmış EVD sayısı en az elli (50) şirkete çıkarılacaktır.
	3. 2023 yılına kadar enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynakları alanlarında, yurt içinde gerçekleştirilen AR-GE sonuçlarına dayanarak üretime aktarılmış özgün tasarım ve/veya ürün sayısı en az elli (50) olacaktır.
	4. “Ulusal Enerji Verimliliği Hareketi” kapsamında sürdürülen bilinçlendirme ve özendirme etkinlikleri kamu, özel ve sivil toplum işbirlikleri ile yaygınlaştırılacaktır.
	5. Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili uygulamalar için kamu dışında sürdürülebilir finansman ortamları bağlamında, Türkiye’de karbon ticareti ve karbon borsası alt yapısını geliştirme çalışmaları belgenin yayım tarihinden itibaren on sekiz (18) ay içerisinde tamamlanacaktır.

BÖLÜM III

III. BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ DEĞERLENDİRMEYE YÖNELİK DERECELENDİRME SİSTEMLERİ VE SERTİFİKALAR

Binalar, çeşitli verimlilik önlemleri ile azaltılabilen enerji tüketimleri ve CO₂ salınımlarına sahiptirler. Bu tüketim ve salınımların azalma miktarları, alınan verimlilik tedbirleri ile ilişkili olarak farklılıklar arz eder. Dolayısıyla farklı verimlilik tedbirleri alınmış özdeş iki binanın, enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları özdeş olmaz. Enerji tüketimleri ve CO₂ salınımlarındaki bu farklılıkların belirlenmesi amacıyla bazı standartlar, derecelendirme ve sertifikasyon sistemleri geliştirilmiştir. Fakat enerji verimliliği teknolojilerinde gün geçtikçe ilerleme kaydedilse de, günümüzde halen uluslararası düzeyde bağlayıcılığı bulunan bir verimlilik standardı ve şartnamesi yoktur. Uluslararası olarak kabul edilen tek bir standart olmasa da, öncü kuruluşlar tarafından belirlenmiş bazı verimlilik standartları, uluslararası alanda büyük ölçüde kabul görür.

III.1 DÜNYA GENELİNDE BİNA VERİMLİLİĞİ DERECELENDİRME SİSTEMLERİ VE SERTİFİKALAR

Bugün Dünya Yeşil Bina Konseyi (World Green Building Council – WGBC) üyesi birçok ülkenin, büyük oranda kabul ettiği dört metot bulunmaktadır. BREEAM, LEED, Green Star ve CASBEE olarak sıralanan bu sistemlerin yanı sıra uluslararası katılımlı SBTool da çeşitli ülkelerde ulusal koşullara uyarlanarak kullanılmaya başlanmıştır[88]. Bu bölümde LEED, BREEAM, CASBEE, DGNB ve SBTool derecelendirme sistemleri incelenmiştir.

III.1.1 LEED Sertifikası

Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (United States Green Building Council-USGBC) tarafından geliştirilen Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik (Leadership in Energy and Environmental Design-LEED) programı 1998 yılından beri uygulanmaktadır. Başta Amerika olmak üzere birçok ülkede geçerliliği olan LEED sertifikaları, dünya genelinde en çok geçerliliğe sahip enerji verimliliği ve çevre sertifikalarındandır.

LEED'in ana ilkesi, yeşil bina tanımının ölçülebilirliğinin standarda dayalı yapılmasını, binanın tümüyle ele alınıp dizayn edilmesini, çevre dostu olma konusunda liderlik etmeyi, çevre dostu olma rekabetini arttırmayı, tüketicinin çevre dostu yeşil binalar hakkında bilinçlenmesini ve inşaat sektörünü bu yöne dönüştürmeyi amaçlamaktadır[89].

Binaların çevresel etkilerini azaltıp verimliliğini arttırmayı amaçlayan LEED, yapıları dokuz farklı kategoriye ayırır. Bu kategoriler için geliştirilmiş dokuz farklı derecelendirme sisteminden uygun olan belirlenip uygulanır ve uygulanan derecelendirme sisteminin sertifikası verilir. Bu derecelendirme sistemleri ve sertifikaları şöyledir;

1. **New Construction (LEED-NC);** Yeni binalar
2. **Existing Buildings: Operations & Maintenance (LEED-EB);** Mevcut binalar
3. **Commercial Interiors (LEED-CI);** Ticari binalar
4. **Core & Shell (LEED-CS);** Kaba inşaat
5. **Schools (LEED-SCH);** Okullar
6. **Retail (LEED-Retail);** Alışveriş merkezleri
7. **Healthcare (LEED-HC);** Hastaneler
8. **Homes (LEED-Homes);** Evler
9. **Neighborhood Development (LEED-ND);** Mahalle geliştirme

Bina, bahsedilen derecelendirme sistemlerinden uygun olan biri kullanılarak analiz edilir. Analiz aşamasında çeşitli kategorilere göre puanlandırmalar yapılır. 2009 yılında kullanıma sunulan LEED v3.0 sürümüne göre, analiz ve değerlendirmeler sonucunda bir binanın alabileceği en yüksek puan 110 puandır.

Analiz ve değerlendirmeler sonucunda en az 40 puan alan binaya LEED sertifikası verilir. 50 puan alan binaya Gümüş, 60 puan alan binaya Altın, 80 puan alan binaya Platin derecesinde LEED sertifikası verilir.(Tablo III.1)

Tablo III.1 LEED dereceleri ve puan aralıkları[90]

LEED DERECELERİ	PUAN
PLATINUM (PLATİN)	80-110
GOLD (ALTIN)	60-79
SILVER (GÜMÜŞ)	50-59
CERTIFIED (ONAYLI)	40-49
UNCERTIFIED (ONAYSIZ)	<40

LEED sertifika derecesinin belirlenmesi için uygulanan analiz ve değerlendirmeler çeşitli kategoriler kapsamında yapılır. Bu kategoriler

- Enerji ve atmosfer,
- Sürdürülebilir siteler,
- İç hava kalitesi,
- Malzeme ve kaynaklar,
- Su verimliliği,
- Yenilik ve tasarım süreci,
- Bölgesel öncelikler olarak ayrılırlar.

Her kategorinin bir ağırlıklı puanı vardır. LEED v3.0 sürümünde, yeni binalar (LEED-NC) için kategoriler ve kategorilerin ağırlıkları ile kategori başına alınabilecek en yüksek puanlar Tablo III.2’de verilmiştir.

Tablo III.2 LEED-NC analiz ve değerlendirmelerinde dikkate alınan kategorilere ait puan ve ağırlıklar[90]

LEED KATEGORİLERİ	AĞIRLIKLI PUANLAR	ALINABİLECEK EN YÜKSEK PUAN
ENERJİ VE ATMOSFER	%32	35
SÜRDÜRÜLEBİLİR SİTELER	%24	26
İÇ HAVA KALİTESİ	%14	15
MALZEME VE KAYNAKLAR	%13	14
SU VERİMLİLİĞİ	%9	10
YENİLİK VE TASARIM SÜRECİ	%5	6
BÖLGESEL ÖNCELİK	%3	4
TOPLAM	%100	110

LEED değerlendirme süreci, hedeflerin belirlendiği ve herkesin katıldığı bir toplantı ile başlar. LEED'in hedefler için uygunluğu belirlendikten sonra proje USGBC'e kaydettirilir. Kaydedilen başvuru için hazırlık aşamasına geçilir. Hazırlık aşamasında gerekli veriler toplanır. Hazır hale gelen başvuru sunulur. Yapının değerlendirmeye alınması için öncelikle her performans kategorisi için tanımlanan önkoşulların yerine getirilmiş olması gerekir. Sunumdan geçen proje LEED kategorilerine göre analiz edilir. Analiz sonucunda kategori puanları toplanır ve oluşan puana göre ilgili derecede sertifika verilir.

III.1.2 BREEAM Sertifikası

Açılımı BRE Çevresel Değerlendirme Metodu (BRE Environmental Assessment Method) olan BREEAM, 1990 yılında İngiltere'de, Yapı Araştırma Kuruluşu (Building Research Establishment – BRE) tarafından oluşturulmuştur. BREEAM, kuruluşundan günümüze dünyanın birçok ülkesinde kullanılan en yaygın bina değerlendirme ve sertifika sistemlerinden biridir. En başta sadece İngiltere'de uygulanan BREEAM sertifika sistemi, daha sonra geliştirilen BREEAM International, BREEAM Avrupa ve BREEAM Gulf sertifikaları ile dünya genelinde uygulanır olmuştur. BREEAM Avrupa sertifikası, Avrupa ülkelerindeki şartlara

uygun olarak oluşturulmuşken, BREEAM Gulf ise Basra körfezi etrafındaki ülkelerin şartlarına uygun olarak oluşturulmuş sertifika sistemidir. Bunların dışında kalan yerlerde ise BREEAM International sertifikası uygulanır. Türkiye’de de BREEAM International sertifikası uygulanır.

BREEAM sertifika sistemi her tipteki bina için uygulanabilir. Apartman binaları, endüstri yapıları, ofis binaları, alışveriş merkezleri, eğitim yapıları, hastaneler, ceza evleri, adalet sarayları için geliştirilmiş hazır şablonlar vardır. BREEAM sertifika sistemi, bina tipine göre en uygun şablon seçilerek uygulanır. Bina tipi bu şablonların hiç birine uymuyorsa, bu bina için BREEAM Bespoke yöntemi altında binaya özel bir şablon geliştirilir ve bu şablon ile bina değerlendirilir.

BREEAM sertifika derecesinin belirlenmesi için çeşitli analiz ve değerlendirmelerde bulunulur. Bu analiz ve değerlendirmelerin sonuçlarına göre gösterge puanları belirlenir. Bir binanın BREEAM sertifikası alabilmesi için bu gösterge puanlarının %30’unu toplamalıdır. %45’ini toplayan bina Good (iyi), %55’ini toplayan bina Very Good (çok iyi), %70’ini toplayan bina Excellent (mükemmel), %85 ve üzerini toplayan bina Outstanding (seçkin) sertifikası alır.(Tablo III.3)

Tablo III.3 BREEAM dereceleri ve gösterge puanları[91]

BREEAM DERECELERİ	PUAN (%)
OUTSTANDING (SEÇKİN)	85>
EXCELLENT (MÜKEMMEL)	70-84
VERY GOOD (ÇOK İYİ)	55-69
GOOD (İYİ)	45-54
PASS (GEÇER)	30-44
UNCLASSIFIED (SINIFLANDIRILMAMIŞ)	<30

BREEAM değerlendirmeleri BRE'nin lisanslı değerlendirme uzmanları (BREEAM Assessor) tarafından yapılmaktadır. Başvurudan sonra projenin hangi değerlendirme türüne uygun olduğuna karar verilmekte, daha sonra her yapı türü için, aşağıda genel başlıkları verilen aşamalardan projeye uygun olanı seçilerek çalışmalar başlatılmaktadır.

- Tasarım ve Satın Alma (Design and Procurement): Tasarım aşaması değerlendirmesidir.
- İnşaat Değerlendirmesi (Post Construction): Tasarım aşamasında belirlenen BREEAM konularının uygulamasının değerlendirilmesidir.
- Yönetim ve Operasyon (Management and Operation): Mevcut binaların işletme sürecine ilişkin olarak değerlendirilmesidir[88]

BREEAM sertifika derecesinin belirlenmesi için uygulanan analiz ve değerlendirmeler çeşitli kategoriler altında yapılır. Bu kategoriler yönetim, sağlık ve konfor, enerji, ulaşım, su, malzeme, atık, alan kullanımı ve ekoloji, kirlenme ve yenilikler olarak ayrılırlar. Her kategorinin bir ağırlıklı puanı vardır. Bu kategori ve ağırlıklı puanları Tablo III.4'de verilmiştir.

Tablo III.4 BREEAM analiz ve değerlendirmelerinde dikkate alınan kategoriler[91]

BREEAM KATEGORİLERİ	AĞIRLIKLIL PUANLAR
YÖNETİM	%12
SAĞLIK VE KONFOR	%15
ENERJİ	%19
ULAŞIM	%8
SU	%6
MALZEME	%12,5
ATIK	%7,5
ALAN KULLANIMI VE EKOLOJİ	%10
KİRLİTME	%10
TOPLAM	%100
YENİLİKLER (EK OLARAK)	%10

BREEAM’a göre bina analiz edilirken, her kategori ayrı ayrı değerlendirilir ve puanlandırılır. Her kategoriye ait elde edilen puanlar, ilgili kategorilere ait elde edilebilecek en yüksek puanlara oranlanır. Ulaşılan puanların yüzde olarak ifadesi, ilgili kategorilerin ağırlıklı puanlarıyla çarpılır. Bu şekilde her kategorinin puanı ayrı ayrı belirlenmiş olur. Kategorilerin puanları toplanarak son BREEAM puanı elde edilmiş olur. Bina, son BREEAM puanına göre derecelendirilir. Tablo III.5’de örnek bir BREEAM derece hesaplaması görülmektedir.

Tablo III.5 Örnek BREEAM derece hesaplaması[91]

Çevresel Bölümler	Elde Edilen Puan	Alınabilecek En Yüksek Puan	Ulaşılan Puanların Yüzdesi	Kategori Ağırlıklı Puanları	Kategori Puanı
Yönetim	10	22	%45,45	0,12	%5,45
Sağlık Ve Konfor	8	10	%80	0,15	%12
Enerji	16	30	%53,33	0,19	%10,13
Ulaşım	5	9	%55,56	0,08	%4,44
Su	5	9	%55,56	0,06	%3,33
Malzeme	6	12	%50	0,125	%6,25
Atık	3	7	%42,86	0,075	%3,21
Alan Kullanımı Ve Ekoloji	5	10	%50	0,1	%5
Kirlenme	5	13	%38,5	0,1	%2
Yenilikler	2	10	%20	0,1	%2
Son BREEAM puanı				%55,66	
BREEAM Derecesi				VERY GOOD	

III.1.3 CASBEE Sertifikası

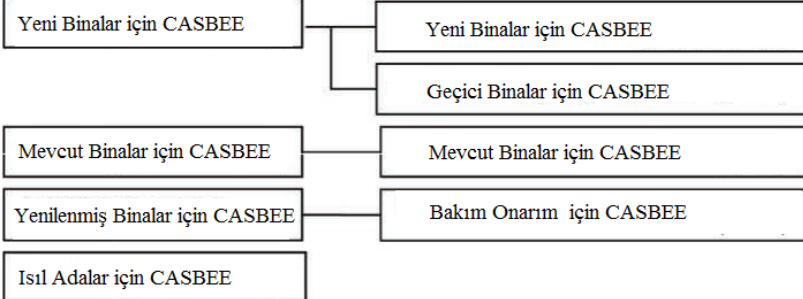
Binaların Çevresel Verimliliği için Kapsamlı Değerlendirme Sistemi (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency- CASBEE), 2001 yılında Japonya’da, Japon Yeşil Bina Kurumu (Japan Green Built Council- JaGBC) tarafından geliştirilmiş bir bina derecelendirme sistemidir. Japonya başta olmak üzere diğer uzak doğu ülkelerinde de geçerliliği olan CASBEE, yapıların çevresel etki ve sürdürülebilirliklerini değerlendirip derecelendiren bir sistemdir.

CASBEE sisteminde binalar, fonksiyonuna göre değil bulundukları aşamaya göre değerlendirilirler. CASBEE binaları üç ana grupta altı sınıfa ayırır. Her sınıf için ayrı değerlendirme araçları geliştirilmiştir. Konutlar, genel binalar ve şehirler ana gruplardır. Genel binalar kategorisi, yeni binalar için, mevcut binalar için, yenilenen binalar için ve ısı adaları için olmak üzere dört sınıfta değerlendirilir. Derecelendirilecek bina için uygun olan değerlendirme aracı seçilir ve o kategoriye göre değerlendirme yapılır.

1. Konut Kategorisi

Evler için CASBEE (Müstakil evler)

2. Genel Bina Kategorisi



3. Şehir Kategorisi

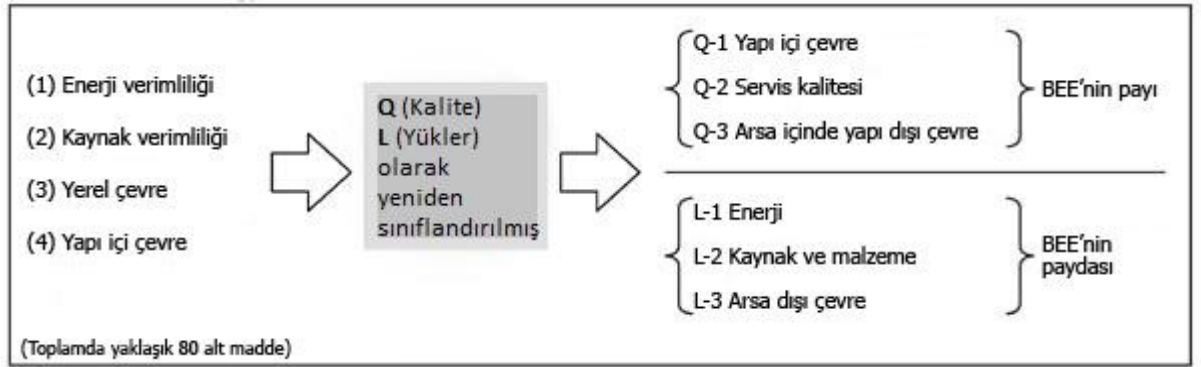


Şekil III.1 CASBEE değerlendirme araçları[92]

CASBEE ile analiz ve değerlendirme aşaması ise diğer derecelendirme sistemlerindeki analiz ve değerlendirme aşamalarından tamamen farklıdır. CASBEE sistemi de diğer derecelendirme sistemleri gibi belli kriterler üzerinden analiz yapar. Fakat CASBEE sistemindeki kriterlerin ağırlıklarını belirlemek diğer derecelendirme sistemlerindeki gibi mümkün değildir. CASBEE değerlendirme kriterleri;

1. Enerji verimliliği
2. Kaynak verimliliği
3. Yerel çevre
4. Yapı içi çevredir.

CASBEE sistemindeki bu değerlendirme kriterleri Q (yapının kalite ve performansı) ve L (yapının çevresel yükleri) şeklinde gruplandırılmıştır. Bu gruplar kendi içlerinde tekrar gruplara ayrılır (Şekil III.2). Başka bir deyişle, Q kategorisi Q-1, Q-2, Q-3 gruplarından, L kategorisi L-1, L-2, L-3 gruplarından oluşur. Bu grupların ne anlama geldiği Şekil III.2’de açıklanmıştır.



Şekil III.2 CASBEE Q ve L kriterleri[93]

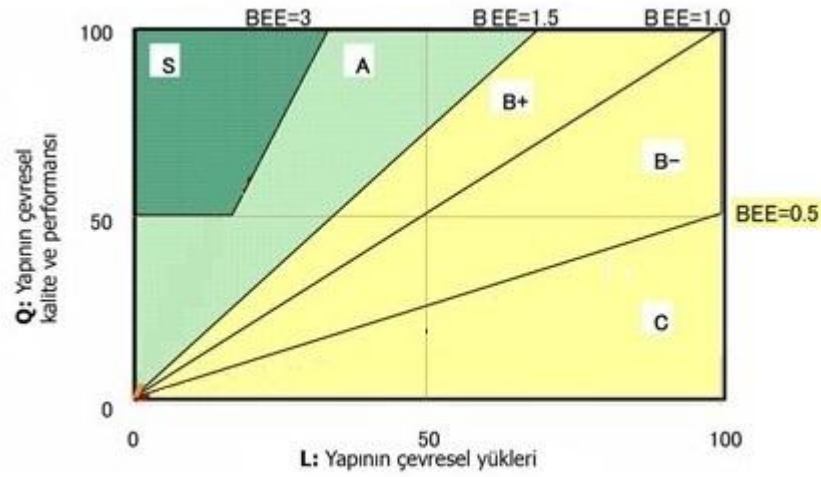
Bu iki ana grubun birbirine oranı (Q/L) binanın CASBEE derecesini belirler. Ortaya çıkan puana BEE (Building Environmental Efficiency) puanı yani Bina Çevresel Verimlilik puanı denir.

BEE= Q (Binanın çevresel kalite ve performansı) / **L** (Binanın çevresel yükleri)

Burada binanın çevresel kalite ve performansının yüksek olması ve binanın çevresel yüklerinin düşük olması bina derecesini arttıran unsurlardır. Q ve L’ye bağlı olarak belirlenen BEE puan 0,5 ve daha az ise bina C sınıfı, 0,5-1,0 aralığında ise B- sınıfı, 1,0-1,5 aralığında ise B+ sınıfı, 1,5-3,0 aralığında ise A sınıfı, 3,0 ve üzeri ise S sınıfıdır (Tablo III.6).

Tablo III.6 CASBEE dereceleri ve puan aralıkları

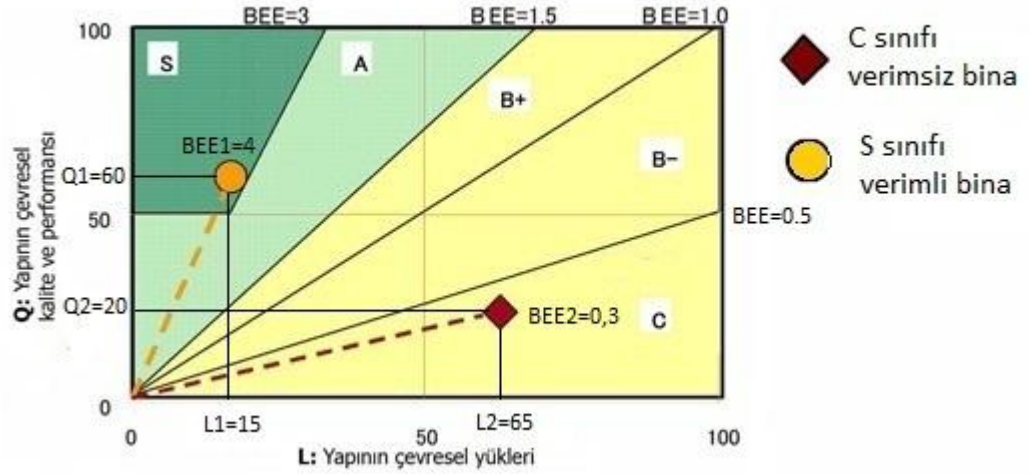
CASBEE DERECEŚİ	PUAN ARALIĞI
S (Mükemmel)	$BEE > 3$
A (Çok iyi)	$3 > BEE > 1,5$
B+ (İyi)	$1,5 > BEE > 1,0$
B (Kötü)	$1,0 > BEE > 0,5$
C (Çok kötü)	$0,5 > BEE$



Şekil III.3 CASBEE derece ve puanlarının doğrusal gösterimi[93]

Şekil III.4’de Q ve L değerleri belirlenmiş iki binanın derecelendirilme örneği vardır. 1.binanın Q değeri 60 L değeri 15, 2.binanın Q değeri 20, L değeri 65 olarak belirlenmiştir. Bu durumda 1.bina S sınıfı (mükemmel) 2.bina ise C sınıfı (çok kötü) olarak derecelendirilmiştir.

1.bina $Q_1=60$ $L_1=15$ $BEE_1=Q_1/L_1$ $60/15=4$ $BEE_1=4$ S sınıfı bina
2.bina $Q_2=20$ $L_2=65$ $BEE_2=Q_2/L_2$ $20/65=0,3$ $BEE_2=0,3$ C sınıfı bina



Şekil III.4 CASBEE sisteminde örnek derecelendirme

Değerlendirme işleminde Q ve L değerlerini bir alt kriterlerde elde edilen puanlar belirler. Yani Q-1, Q-2 ve Q-3 kriterlerinde elde edilen puanlar Q değerini, L-1, L-2 ve L-3 kriterlerinde elde edilen puanlar ise L değerini belirler. Q ve L kriterlerinin ana kriterleri ve bunlara ait alt kriterler Tablo III.7’de verilmiştir.

Tablo III.7 CASBEE sistemindeki değerlendirme kriterlerinin ayrıntıları[94]

Kriterler		Ana Kriterler	Alt Kriterler
Bina çevresel kalite ve performansı (Q)	İç ortam (Q1)	Gürültü ve akustik	Gürültü, Ses yalıtımı, Ses emilmesi
		Isıl konfor	Oda sıcaklık kontrolü, Nem kontrolü, Klima sisteminin tipi
		Aydınlatma	Gün ışığı, Parlamayı önleyici önlemler, Aydınlatma seviyesi, Aydınlatma kontrol kalitesi
		Hava kalitesi	Kaynak kontrol, Havalandırma, İşlem planı
	Hizmet kalitesi (Q2)	Hizmet yeteneği	İşlevsellik ve işlenebilirlik,
		Sağlamlık	Depreme dayanıklılık, Günlük ve bakım ve güncellemeler
		Fizibilite ve uyarılabilirlik	Alan payı, Zemin yük payı, tesislerin uyarılabilirliği
	Sitedeki dış çevre (Q3)	Bakı ve ekosistemin oluşması	-
		Şehir manzarası ve peyzaj	-
		Yerel özellikler ve kültür	-

Tablo III.7'nin devamıdır.			
Bina çevresel yüklerinin azaltılması (L)	Enerji (L1)	Bina ısıl yükü	Bina yönü, Pencerelemlerin ısıl yükü, Çatı ve dış duvarları yalıtım seviyesi
		Doğal enerji kullanımı	Doğal enerjinin doğrudan kullanımı, Doğal enerjinin dolaylı kullanımı
		Bina düzeninde verimlilik	HVAC sistem, Havalandırma sistemi, Aydınlatma sistemi, Sıcak su sistemi, Asansör sistemi
		Verimli işlem	İzleme, İşletme yönetim sistemi
	Kaynak ve malzemeler (L2)	Su kaynakları	Su tasarrufu, yağmur suyu kullanımı
		Ekolojik malzemeler	Geri dönüşümlü malzeme kullanımı, Odun ve doğal malzeme kullanımı, tehlikeli madde kullanımı, vb. Atıkları ortadan kaldırma, Zararlı gazlardan kaçınma
	Site dışı çevre (L3)	Hava kirliliği	Hava kirliletiçi madde yayılımı, Su kirliletiçi madde yayılımı, Toprak kirliletiçi madde yayılımı
		Gürültü ve rahatsız edici kokular	Gürültü üretimi, Kötü kokular
		Rüzgâr zararı	-
		Işık zararı	-
		Isıl hava etkisi	-
		Yerel altyapıdaki yükler	Atık su sistemlerinde öncülük, trafik yönetim sisteminde öncülük, atık yönetim sisteminde öncülük.

III.1.4 DGNB Sertifikası

Bu derecelendirme sistemi, 2007 yılında Almanya'da kurulan Alman Sürdürülebilir Binalar Konseyi (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB) ve Alman Federal Ulaştırma Bakanlığı işbirliği ile geliştirilmiştir. Diğer derecelendirme sistemlerine göre daha yeni olan bu sistem, başta Almanya olmak üzere İsviçre, Avusturya, Rusya gibi Avrupa ülkelerinde uygulanmaya başlanmıştır. DGNB'nin amacı, binanın planlanması ve çevresel değerlendirilmesinin yapılmasıdır. Bir derecelendirme sistemi olarak, tüm ilgili sürdürülebilir bina konularını içerir.

DGNB sertifika sistemi devamlı geliştirilmektedir. Sistem, henüz yüksek talebin olduğu bina tipleri için uygulanabilir. Sistemin odak noktası yeni binalar olsa da, var olan binaların derecelendirilmesi için de aşamalı olarak temeller atılmaktadır. DGNB çalışma grubu, sistemi diğer bina tipleri için de kullanılabilir hale getirmek için çalışmaktadır. DGNB sisteminin uygulanabildiği mevcut bina kategorileri; yeni ofis ve idari, yeni alışveriş merkezi binaları, yeni endüstriyel binalar, yeni eğitim binaları, yeni rezidans binaları, yeni oteller, ofis ve idari binaların modernizasyonu, var olan ofis ve idari binalar ve şehir bölgeleridir. ileride uygulanabilecek bina kategorileri ise; iç mekânlar, yeni hastaneler, yeni laboratuvar binaları, tasarım objeleri, meclis binaları, yeni endüstriyel kompleksler, yeni alt yapı tesisleri, yeni spor tesisleri, yeni otopark yapıları, yeni havalimanlarıdır[95].

DGNB sertifika sistemi, binaları altı ana kriter üzerinden değerlendirir. Bu altı ana kriterin altında 61 adet alt kriter vardır. Bu 61 alt kriterin hepsi bir denetçi tarafından ayrı tarafından puanlandırılır. Her alt kriterin alabileceği en yüksek puan 10'dur ve her birinin ayrı puan ağırlıkları vardır. DGNB sistemindeki altı ana değerlendirme kriteri ve bu kriterlerin ağırlıkları ise Tablo III.8'de verilmiştir.

Tablo III.8 DGNB değerlendirme kriterleri ve ağırlıkları[96]

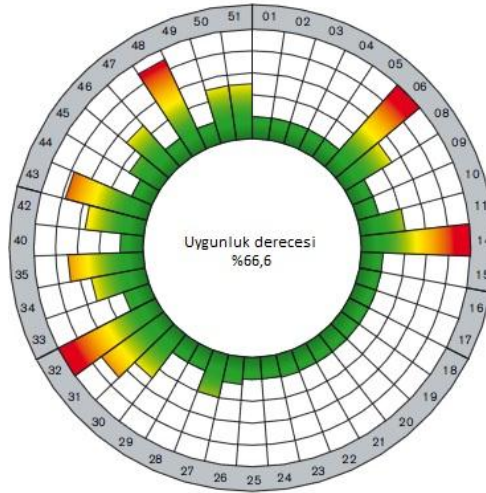
DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ	PUAN AĞIRLIKLARI (%)
Ekolojik kalite	%22,5
Ekonomik kalite	%22,5
Sosyokültürel ve işlevsel kalite	%22,5
Teknik kalite	%22,5
Süreç kalitesi	%10
TOPLAM	%100
Yer kalitesi	Bütüne dahil değil

Binanın değerlendirme sonucunda elde ettiği puan, alınabilecek en yüksek puana oranlanarak yüzde olarak sonuca ulaşılır. Elde edilen bu puan ile derecelendirme yapılır. %80 ve yukarısı Altın, %80-%65 arası Gümüş, %65-%50 arası ise Bronz sertifika alır. Bunun yanında aynı puan ile alternatif olarak rakamsal derecelendirme de yapılır. Alternatif derecelendirmeye göre %20 puan alan 5.0, %35 puan alana 4.0, %50 puan alana 3.0, %65 puan alana 2.0, %80 puan alana 1.5, %95 puan alana ise 1.0 derecesi verilir.(Tablo III.9) Altın almak için ilk 5 kategoriden en az yüzde 65 almak şarttır. Gümüşte yüzde 50, bronzda ise yüzde 35 gerekir.

Tablo III.9 DGNB dereceleri ve puan aralıkları[96]

DGNB DERECESİ	RAKAMSAL DERECE	ALINAN PUAN (%)
GOLD (Altın)	1,0	%95
	1,5	%80
SILVER (Gümüş)	2,0	%65
BRONZE (Bronz)	3,0	%50
Sertifikasız	4,0	%35
	5,0	%20

DGNB Derecelendirme sisteminin bilgisayar yazılımı binanın performans derecesinin yanında, planlanan performans derecelerini kriterlere göre bir bakışta gösteren bir grafik sunar.(Şekil III.5)



Şekil III.5 DGNB sisteminde kriterlere göre bir bakışta performans derecesi

Dairesel Şekil III.5’de konumlandırılmış çizgi grafikteki sütunların her biri, bir alt kriteri ifade eder. Sütunların üzerindeki sayılar ilgili kriterlere ait sıra numarasıdır. Kriterlere ait sıralama aşağıda maddeler halinde verilmiştir. Örneğin 11. maddede, birincil enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji kaynağı kullanımı ile ilgili kriter vardır. Grafikte ise 11 numaralı sütunda ilgili kriterin performansı gösterilir. Ana kriter grupları ve ağırlıkları, kriter grupları ve sıra numaralarına göre kriterler şöyledir;

- 1) Ekolojik Kalite (%22,5)
 - a) Küresel ve yerel çevre üzerindeki etkiler
 1. Küresel ısınma potansiyeli
 2. Ozon incelme potansiyeli
 3. Foto kimyasal ozon oluşturma potansiyeli
 4. Asitleştirme
 5. Ötrofikasyon
 6. Bölgesel çevre için riskler
 8. Küresel çevre üzerinde diğer etkiler
 9. Mikro iklim
 - b) Kaynaklar ve atık kullanımı
 10. Yenilenemeyen birincil enerji talebi
 11. Toplam birincil enerji talebi ve yenilenebilir birincil enerji oranı
 14. İçme suyu tüketimi ve kanalizasyon oluşturma
 15. Yüzey alan kullanımı
- 2) Ekonomik kalite (%22,5)
 - a) Yaşam döngüsü maliyeti
 16. Bina ile ilgili yaşam döngüsü maliyetleri
 17. Değer istikrarı
- 3) Sosyokültürel ve işlevsel kalite (%22,5)
 - a) Performans, sağlık, konfor ve kullanıcı memnuniyeti
 18. Kış mevsiminde ısı konfor
 19. Yaz mevsiminde ısı konfor
 20. İç mekan temizliği
 21. Akustik konfor
 22. Görsel konfor
 23. Kullanıcılar tarafından etkileri
 24. Çatı tasarımı
 25. Güvenlik ve arıza riski
 - b) İşlevsellik
 26. Engelsiz erişilebilirlik
 27. Alan verimliliği
 28. Çevrimin fizibilitesi
 29. Erişilebilirlik
 30. Bisiklet konforu
 31. Rekabet için tasarım kalite güvencesi ve kentsel gelişim
 32. Mimarlık içinde beceri
- 4) Teknik kalite (%22,5)
 - a) Teknik uygulama kalitesi
 33. Yangın koruma
 34. Gürültü koruma
 35. Bina kabuğunun enerji ve nem yalıtım kalitesi
 40. Binanın temizlik ve bakım kolaylığı

- 42. Geri dönüşüm ve ayırma kolaylığı
- 5) Sürecin kalitesi (%10)
 - a) Planlama kalitesi
 - 43. Projenin hazırlık kalitesi
 - 44. Bütünleşik planlama
 - 45. Planlama metotlarının optimizasyonu ve karmaşıklığı
 - 46. İhale teklifinde istenilen sürdürülebilir özelliklerin kanıtı
 - 47. Optimum kullanım ve yönetim için gereken durumların oluşturulması
 - 48. Şantiye, inşaat aşaması
 - 49. Yürütme şirketlerinin kalitesi, ön yeterlilik
 - b) İnşaat faaliyetlerinin kalitesi
 - 50. İnşaat faaliyetlerinin kalite güvencesi
 - 51. Sistematiik devreye alma
- 6) Arazi Kalitesi (ayrı olarak sunulur ve genel not ortalamasına dahil değildir)
 - 56. Mikro çevrede riskler
 - 57. Mikro çevrenin durumu
 - 58. Şantiyenin ve çevresinin durumu ve halkın algısı
 - 59. Ulaştırmaya yakınlık ve bağlantı
 - 60. Temel servislerin kullanımına yakınlık
 - 61. Altyapı geliştirme

Bir binanın DGNB sertifikası alabilmesi için öncelikle DGNB sistemine kayıt yaptırılır. Kayıt işlemi ile sertifika alma arasına gelişen süreç şekil III.6'da verilmiştir.



Şekil III.6 Bir Binanın DGNB Sistemi ile Derecelendirilme Süreci

III.1.5 SBTool Sertifikası

SBTool (daha önceki adıyla GBTool) yapılar için bir çevresel değerlendirme metodunun temelini atmak üzere ilk olarak 1998 yılında, gelişmiş ülkelerin bir araya gelmesiyle oluşturulmuş bir değerlendirme aracıdır. Önce 14 ülke ile başlayan, 2000, 2002, 2005 ve 2008 yıllarında yapılan konferanslarda 21 ülkeye çıkan bu topluluk, ilk ortaya koyduğu ve büyük oranda çevresel performans kriterlerinden oluşan GBTool'a, yapılara ilişkin ekonomik ve sosyal sorunların da çözümüne yönelik sürdürülebilirlik kriterleri ekleyerek SBTool'u yaratmıştır[88].

SBtool'da diğer derecelendirme sistemleri gibi belli kriterler üzerinden değerlendirme yapar. SBtool, binaları altı ana kriter altında 125 kriter üzerinden değerlendirir. Bu 125 kriter, ana kriterlerin altındaki alt başlıklarda gruplandırılmıştır. Tablo III.10'da ana kriterler ve ağırlıkları görülmektedir. Aynı tabloda ana kriterlere ait alt gruplar ve bu grupların ana kriter içerisindeki ağırlığı da verilmiştir.

Tablo III.10 SBtool sistemindeki değerlendirme kriterleri ve ağırlıkları[97]

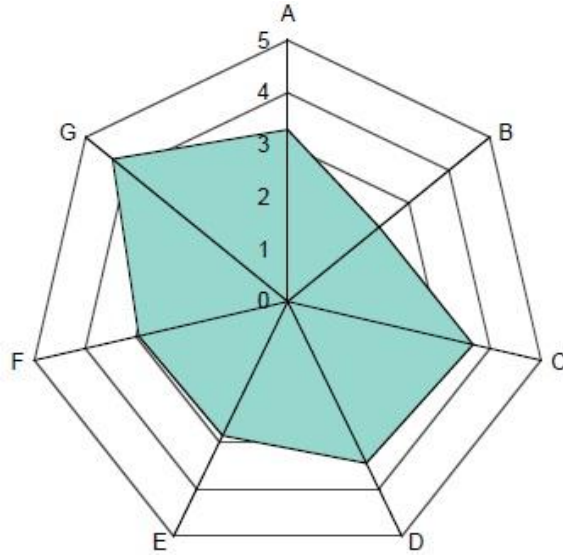
SBTool DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ	AĞIRLIKLARI
A. YER SEÇİMİ, PROJE PLANLAMA VE GELİŞTİRME	%8,1
A1. Yer seçimi	%33
A2. Proje planlama	%33
A3. Kentsel tasarım ve yer geliştirme	%33
B. ENERJİ VE KAYNAK TÜKETİMİ	%22,50
B1. Yenilenemez enerji kaynaklarının yaşam döngüsü	%18,20
B2. Tesis işlemleri için elektrik puant talebi	%5,50
B3. Yenilenebilir enerji	%10,90
B4. Malzemeler	%54,50
B5. İçme suyu	%10,90
C. ÇEVRESEL YÜKSEL	%27
C1. Yeşil ev gaz salınımı	%15,60
C2. Diğer atmosferik salınımlar	%14,10
C3. Katı atıklar	%9,40
C4. Yağmur suyu ve atık su	%14,10
C5. Sitede etkiler	%23,40
C6. Diğer yerel ve bölgesel etkiler	%23,40
D. İÇ MEKAN ÇEVRE KALİTESİ	%18
D1. İç mekân hava kalitesi	%54,80
D2. Havalandırma	%16,40
D3. Hava sıcaklığı ve bağıl nem	%8,20
D4. Gün ışığı ve aydınlatma	%8,20
D5. Gürültü ve akustik	%12,30
E. HİZMET KALİTESİ	%16,20
E1. İşlemler sırasında emniyet ve güvenlik	%4,80
E2. İşlevsellik ve verimlilik	%9,70
E3. Kontrol edilebilirlik	%19,40
E4. Esneklik ve uygulanabilirlik	%24,20
E5. Tesis sistemlerinin devreye alınması	%3,20
E6. İşlem performansının ölçümü	%38,70
F. SOSYAL VE EKONOMİK GÖRÜŞLER	%5,40
F1. Sosyal görüşler	%54,50
F2. Maliyet ve ekonomi	%45,50
G. KÜLTÜREL VE ALGISAL GÖRÜŞLER	%2,70
G1.Kültür ve miras	%100

Bu kriterlere göre yapılan değerlendirmede bina, -1 ila 5 aralığında bir puan alır. -1 puan olumsuz uygulama, 0 puan kabul edilebilir uygulama, 3 puan iyi uygulama, 5 en iyi uygulama anlamına gelmektedir (Tablo III.11).

Tablo III.11 SBtool dereceleri ve puanları[97]

SBtool Derecesi	Derece puanları
Olumsuz uygulama	-1
Kabul edilebilir uygulama	0
İyi uygulama	3
En iyi uygulama	5

Bunun yanında, A'dan G'ye kadar olan ana kriterlerin ayrı ayrı performanslarının gösterildiği bir radar grafik, bina performansı hakkında daha açıklayıcı bilgi verir. Şekil III.7'de gösterilen örnek radarda, grafik etrafında A'dan G'ye kadar olan harfler, Tablo III.10'daki A'dan G'ye kadar olan ana kriterleri temsil eder. Grafiğin ortasındaki radarın merkezden uzak olduğu noktalar yüksek performansı, merkeze yakın olan noktalar ise düşük performansı ifade eder.



Şekil III.7 SBtool bina performansını gösteren radar grafik

III.2 TÜRKİYE'DE ENERJİ VERİMLİLİĞİ DERECELENDİRME SİSTEMİ VE BİNALARDA ENERJİ KİMLİK BELGESİ

2008 yılında yayınlanan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, yeni ve 1000 m²'den büyük mevcut binaların Enerji Kimlik Belgesi almasını yasal olarak zorunlu kılmaktadır.

Sanayi alanlarında işletme ve üretim faaliyetleri yürütülen binalar, planlanan kullanım süresi iki yıldan az olan binalar, toplam kullanım alanı 50 m²'nin altında olan binalar, seralar, atölyeler ve münferit olarak inşa edilen ve ısıtılmasına ve soğutulmasına gerek duyulmayan depo, cephanelik, ardiye, ahır, ağıl ve benzeri binalar bu yönetmeliğin kapsamı dışındadır[98].

Binalara enerji kimlik belgesi verilebilmesi için enerji verimlilikleri ve sera gazı salınımlarının derecelendirilmesi gerekir.

Bir binanın enerji verimliliğini derecelendirmek için, o binanın m² başına tüketilen yıllık enerji tüketiminin belirlenmesi gerekir. Bu parametreye, binanın enerji performansı göstergesi (EP) denir ve birimi kWh/m²-yıl'dır.

Bir binanın sera gazı salınımını derecelendirmek için ise, binanın m² başına düşen yıllık CO₂ salınımının belirlenmesi gerekir. Bu parametreye, binanın sera gazı emisyonu göstergesi (SEG) denir ve birimi kg eşdeğer CO₂/ m²-yıl'dır.

Binanın enerji verimliliğini ve sera gazı salınımını derecelendirmek için bir referans bina belirlenir. Binaya ait EP ve SEG değerleri referans binanın EP ve SEG değeri ile kıyaslanır. Bina, kıyaslama sonucunda A-G arası bir dereceye yerleştirilir. Böylece binanın enerji performans sınıfı belirlenmiş olur.

Belirlenecek olan referans binanın özellikleri ise şöyledir;

- Gerçek bina ile aynı yönlendirmelere sahip olmalıdır,
- Gerçek binanın bulunduğu yere ait iklim verileri ile aynı iklim verileri kullanılmalıdır,
- Plan ve çatı tipleri gerçek bina ile aynı olmalıdır.
- Kat sayısı ve toplam alanı gerçek bina ile aynı olmalıdır.
- Opak ve saydam bileşenler TS825 standardına uygun olmalıdır.
- Mekanik sistemler yasal mevzuatların izin verdiği minimum verim değerlerine ve tanımlanan sistem özelliklerine sahip olmalıdır.
- Aydınlatma sistemi, Aydınlatma için tanımlanan minimum parametrelere sahip olmalıdır.

- Yenilenebilir enerji sistemi ve kojenerasyon sisteminin bulunmadığı kabul edilmiştir[99].

Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından Aralık 2009'da, binaların enerji verimliliğinin ve sera gazı salınımının derecelendirilmesi için bir Ulusal Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (BEP-HY) yayınlanmıştır.

Bu hesaplama yöntemi, ilgili AB standartları ile gerekli görülen durumlarda ASHRAE ve Türk standartlarından yararlanılarak oluşturulmuştur.

BEP-HY, konutlar, ofisler, eğitim binaları, sağlık binaları, oteller ile alışveriş ve ticaret merkezleri gibi bina tiplerindeki mevcut ve yeni binaların enerji performansını değerlendirmek için kullanılır. BEP-HY, bina performanslarını değerlendirirken aşağıdaki parametreleri hesaplar;

- Binaların ısıtılması ve soğutulması için binanın ihtiyacı olan net enerji miktarı
- Net enerjiyi karşılayacak kurulu sistemlerden olan kayıpları ve sistem verimlerini de göz önüne alarak binanın toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimi
- Havalandırma enerjisi tüketimi
- Binalarda günışığı etkileri göz önüne alınarak, günışığından yararlanılmayan süre ve günışığının etkili olmadığı alanlar için aydınlatma enerjisi ihtiyacı ve tüketimi
- Sıhhi sıcak su için gerekli enerji tüketimi[99].

BEP-HY yönteminin yayınlanmasının akabinde, bakanlık ve İzoder işbirliği ile bu yöntemin bilgisayar yazılımı olan Bina Enerji Performansı Yazılımı (BEP-TR) geliştirilmiştir.

Bina ile ilgili gerekli tüm veriler BEP-TR programına girilir. Program, girilen bilgiler doğrultusunda hesaplamalar yapar. Hesaplama sonucunda, binanın ısıtma, soğutma, sıcak su, aydınlatma ve havalandırma için yıllık enerji tüketimleri ve EP değerleri birincil enerji olarak belirlenir. Bu tüketim değerlerine bağlı olarak yıllık CO₂ salınımı ve SEG değeri hesaplanır.

Bu işlemlerin aynısı referans bina içinde tekrarlanır. Gerçek bina için elde edilen EP ve SEG değerleri, referans bina için elde edilen EP ve SEG değerleri ile kıyaslanarak sonuç elde edilir. Elde edilen sonuca göre derecelendirme yapılır. Kıyaslama ise aşağıdaki matematiksel bağıntı ile yapılır.

$$E_{p,EP}=100 \times [1 - (EP_r - EP_g) / EP_r]$$

$$E_{p,SEG}=100 \times [1 - (SEG_r - SEG_g) / SEG_r]$$

Burada;

E_{p,EP} : Bina enerji verimliliği göstergesi

EP_g : Gerçek bina enerji performansı göstergesi (kWh/m²-yıl)

EP_r : Referans bina enerji performansı göstergesi (kWh/m²-yıl)

E_{p,SEG}: Bina sera gazı emisyon göstergesi

SEG_g: Gerçek bina sera gazı emisyon göstergesi (kg eşdeğer CO₂/ m²-yıl)

SEG_r: Referans bina sera gazı emisyon göstergesi (kg eşdeğer CO₂/ m²-yıl)'dir[100].

Bu kıyaslama sonucunda elde edilen E_p değerleri ile Tablo II.12'de verilen E_p değeri aralıkları doğrultusunda uygun derece belirlenir.(Tablo III.12)

Tablo III.12 Enerji sınıfı ve E_p aralıkları

ENERJİ SINIFI	E _p ARALIKLARI
A	<39
B	40-79
C	80-99
D	100-119
E	120-139
F	140-174
G	175<

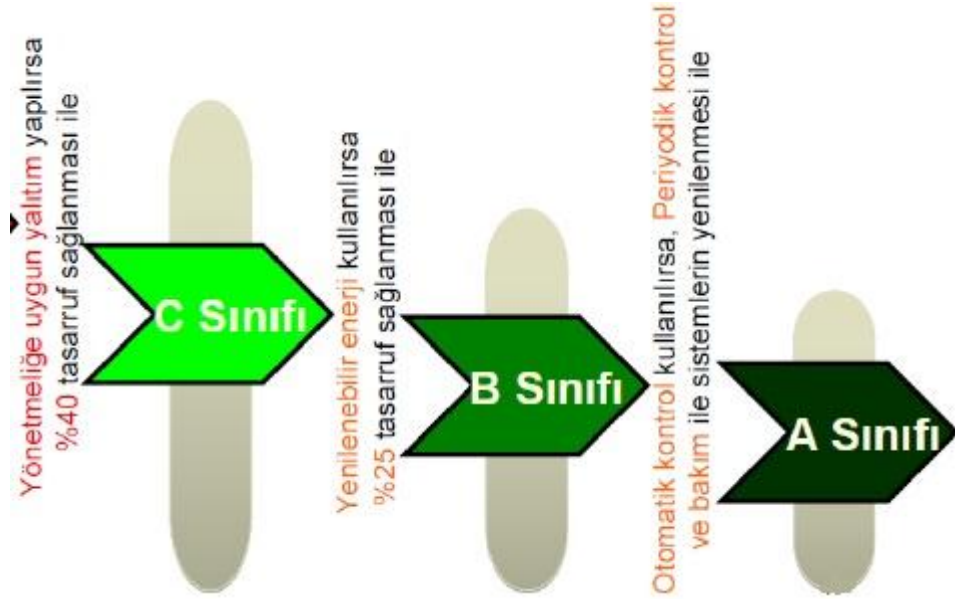
Bu derecelendirme sisteminde A sınıfı, enerji verimliliği en yüksek olan ve sera gazı salınımı en düşük olan binayı temsil eder. Alfabetik olarak A'dan G'ye kadar sıralanan harfler ise verimli olandan verimsiz olana doğru her bir dereceyi temsil eder. G sınıfı en düşük enerji verimliliği sınıfıdır

Referans bina ile aynı değerlere sahip bir binanın E_p değeri 100'dür Referans bina D sınıfının üst sınırına yerleşmektedir[100].

Binalar için en düşük performansın temsil eden G sınıfı binalarda, enerji tüketimi ve sera gazı salımı çok yüksektir. G sınıfı binalar, yasalarca öngörülen asgari şartlardan en az %75 daha fazla enerji tüketmektedir. D sınıfı binalar ise yasalarca öngörülen asgari şartlarda veya bu şartlardan %19 daha fazla enerji

tüketmektedir. Enerji kimlik belgesinde C sınıfı olarak atanmış olan binalar yasalarca öngörülen asgari şartlardan %1 ila %20 arasında, B sınıfı olarak atanmış binalar ise %21 ila %60 arasında daha az enerji tüketmektedir. Enerji performansı en üst seviyede olan A sınıfı binalar ise yasalarca öngörülen asgari şartların en fazla %40'ı kadar enerji tüketimine sahiptir[101].

Yönetmeliğe uygun yapılan yalıtım ile %40 tasarruf sağlanması durumunda bina C sınıfı, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile %25 tasarruf sağlanırsa bina B sınıfı, otomatik kontrol kullanılırsa, periyodik bakım ve kontrol ile sistemler yenilenirse bina A sınıfı olarak derecelendirilir[102]. (Şekil III.8)

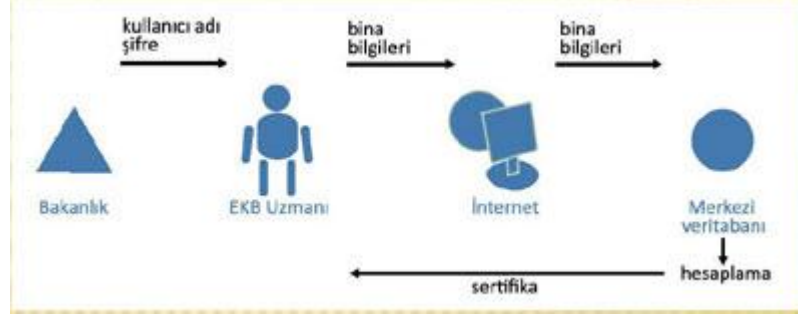


Şekil III.8 İlk üç derece için olması gereken alt özellikler[102]

BEP-TR programı internet tabanlı bir yazılımdır ve sadece kayıtlı enerji kimlik belgesi (EKB) uzmanları tarafından kullanılabilir. EKB uzmanı olmak için Bakanlığın eğittiği eğitici kurumlar (bu kurumlar üniversiteler, odalar ve ya enerji verimliliği danışmanlık firmalarıdır) tarafından düzenlenen eğitimleri almak gerekir. Eğitim tamamlandıktan sonra merkezi bir sınava girilir ve başarılı olanlara bakanlık tarafından EKB uzmanı sertifikası ve BEP-TR kullanıcı adı ve şifresi verilir.

Sistemin kayıtlı kullanıcıları, Bakanlık, yerel yönetimler, akredite olmuş Serbest Mühendis Müşavirler veya Enerji Verimliliği Danışmanlığı firmaları ve EKB uzmanlarıdır. Bakanlık, sistemdeki bütün kullanıcıları ve işlemleri tanımlar, kontrol eder, denetler. İsteddiği zaman istediği yere müdahale edebilir. Yerel yönetimler, yeni projelere ait EKB'leri kontrol eder ve onaylarlar. Firmalar, kendi çalışanlarını ve

firmaları bünyesinde yürütülen projeleri takip ve kontrol ederler. EKB uzmanları, binalara enerji kimlik belgesi düzenlemek için yazılımın hesaplama bölümünü kullanırlar.



Şekil III.9 Enerji kimlik belgesi almak için sistem döngüsü

Bakanlıktan BEP-TR kullanıcı adı ve şifresi alan EKB uzmanı bina bilgilerini BEP-TR programına girer. Girilen bilgiler tamamlandığında, dosya merkezi veri tabanına gönderilir. Hesaplama, merkezi sistemde yapılır. Hesaplama sonucu üretilen sertifika, e-mail ile EKB Uzmanına gönderilir (Şekil III.9).

Şekil III.10'da BEP-TR programının hesaplama sonucunda oluşturduğu enerji kimlik belgesinin taslağı görülmektedir. Belgenin üst bölümünde binaya ve bina sahibine ait bilgiler yer almaktadır. Orta bölümde BEP-TR ile hesaplanan binanın enerji performans değeri ve derecesi, sera gazı salınımı göstergesi ve derecesi ve yenilenebilir enerji kullanım oranı görülmektedir. Alt bölümde ise yine BEP-TR ile hesaplanan binanın ısıtma, sıcak su, havalandırma, aydınlatma ve soğutma için harcanan yıllık enerji kW/yıl ve kWh/m²-yıl cinsinden ayrı ayrı verilip derecelendirilmiştir. Belgenin en altında ise belgeye ve EKB uzmanına ait bilgiler yer almaktadır.

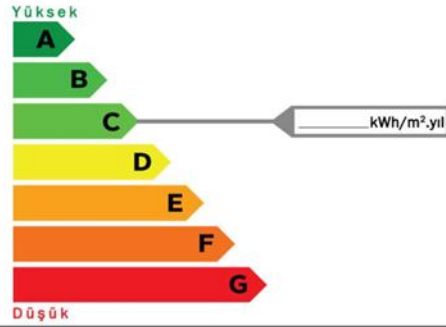
Binanın

Tipi :
İnşaat Yılı :
Kapalı Kullanma Alanı :
Ada, Parseli :
Adresi :
Bina Sahibinin
Adı Soyadı :
Adresi :
Müşterek Tesisatların Sahibi (gerekliyse)
Adı Soyadı :
Adresi :

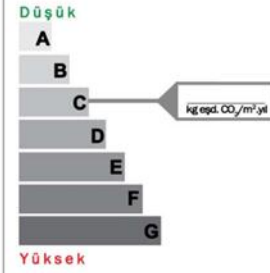
Binanın Resmi



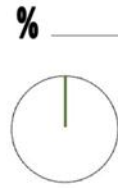
Enerji Performansı



SEG Emisyonu



Yenilenebilir Enerji Kullanım Oranı



Enerji Kullanım Alanı	Kullanılan Sistem	Yıllık Enerji Tüketimleri			Sınıfı
		Nihai (kWh/yıl)	Birincil (kWh/yıl)	Kullanım Alanı Başına (kWh/m².yıl)	
TOPLAM					ABCDEFG
ISITMA					ABCDEFG
SIHHİ SICAK SU					ABCDEFG
SOĞUTMA					ABCDEFG
HAVALANDIRMA					ABCDEFG
AYDINLATMA					ABCDEFG

Açıklamalar

Belgenin

Numarası :
Veriliş Tarihi :
Son Geçerlilik Tarihi :

Belgeyi Düzenleyenin

Adı Soyadı :
Firması :
Oda Sicil Nosu :

İmza

Şekil III.10 Enerji Kimlik Belgesi taslağı

BÖLÜM IV

IV. KONUTLARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN BİR KONTROL LİSTESİ YARDIMIYLA DERECELENDİRMESİ

Ülkemizde, 2011 yılı itibariyle Enerji Verimliliği Kanunu kapsamında binalar için Enerji Kimlik Belgesi bulundurma zorunluluğu getirilmiştir. Bu uygulama ile binaların enerji verimliliğinin derecelendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Binaların enerji verimliliğini derecelendirmek için detaylı ve karmaşık bir ulusal hesaplama yöntemi belirlenmiş ve uygulamaya konulmuştur.

Bunun yanında ülkemizdeki binaların çoğunluğunu konut binaları oluşturmaktadır ve Enerji Kimlik Belgesi bulundurma zorunluluğu konut binalarını da kapsamaktadır. Dolayısıyla binalarda enerji verimliliğinin derecelendirilmesi, konutlarda yaşayan halkı da ilgilendirmektedir. Enerji verimliliğinin ölçümü için geliştirilen ulusal hesaplama yöntemi, sadece Enerji Verimliliği Denetim uzmanları (EVD uzmanları) tarafından uygulanabilmekte olup, konut sakinleri tarafından anlaşılamayacak kadar detaylı ve karmaşıktır.

Konut sakinleri bir EVD uzmanı olmadan da, yaşadıkları binanın ve evin verimliliği hakkında fikir sahibi olmalıdırlar. Konutlarda enerji verimliliğinin bir kontrol listesi yardımıyla derecelendirilmesi metodu, derecelendirme işlemini herkesçe anlaşılır ve kolay hale getirmek amacıyla hazırlanmıştır. Bu metod, bir mühendislik çalışması olmamakla birlikte aşağıdaki hedeflere ulaşmayı amaçlamaktadır;

- Konutların enerji verimliliği derecelerini tahmin etmek,
- Düşük enerji verimliliğine sahip olan konutlarında verimliliği azaltan etkenleri tespit etmek,
- İnsanlara, yaşadıkları konutların verimliliği hakkındaki bilgileri anlaşılır hale getirmek,
- Konutlarda enerji verimliliğini arttırıp, insanlara daha ekonomik, çevreci ve konforlu yaşam alanları sunmak.

Bu hedeflere ulaşmak amacıyla oluşturulmuş kontrol listesi 11 ana kriter altında sorulan 44 alt kriter içermektedir. Kontrol listesindeki her bir alt kritere ait seçeneklere yapılan işaretlemelerle amaca ulaşılmaya çalışılır. Alt kriterlerdeki her seçeneği ayrı puanı vardır. İşaretlenen seçeneklerin puanları ilgili ana kriterler altında toplanır. Bu şekilde her ana kriter 100 puan üzerinden değerlendirilir. Her ana kriterin aldığı puan ağırlığı ile çarpılır ve ana kriterlerin ağırlıklı puanları toplanarak konutun verimlilik puanı elde edilmiş olur. Bir binanın verimlilik puanı en az 14,5 en fazla 120 olabilir ve derecelendirme bu puan aralığı arasında yapılır. Konutun verimlilik derecesi, aldığı verimlilik puanının bulunduğu puan aralığına göre belirlenir.

Konutlarda tüketilen enerjinin %50'e yakını alan ısıtması için kullanılmaktadır. Bu yüzden kontrol listesindeki ağırlığın yarısını ısı yalıtımı ile ilgili ana kriterler oluşturmaktadır. Kontrol listesinin diğer yarısını da binanın enerji kullanımı ile ilgili ana kriterler oluşturmaktadır. Bunun yanında binanın kendi enerjisini üretebilme özelliği ile ilgili ana kriter, sonuca %20 ağırlığında ek puan katmaktadır (Tablo IV.1).

Tablo IV.1 Kontrol listesindeki ana kriterler ve ağırlıkları

Isı Yalıtım Özellikleri		Enerji Kullanım Özellikleri		Kendi Enerjisini Üretebilme Özellikleri	
Özellikler	%	Özellikler	%	Özellikler	%
Duvar yapısı	20	Alan ısıtma sistemi	10	Yenilenebilir sistem	10
Pencere yapısı	15	Sıhhi su ısıtma sistemi	10	Kojenerasyon sistem	10
Kapı yapısı	7	Soğutma sistemi	10		
Çatı yapısı	4	Aydınlatma	10		
Zemin yapısı	4	Ev aletleri	10		
TOPLAM	50	TOPLAM	50	TOPLAM	20

Bir binanın toplam ısı kaybının bina bölgelerine göre dağılımı yurt içi ve yurt dışı birçok kaynağa göre farklılık göstermekle birlikte, genel olarak aynı değerler etrafında toplanmıştır. Kaynaklara Tablo IV.1'deki ısı yalıtım özelliklerine ait ana kriterler ve bu kriterlere ait ağırlıklar bu bahsedilen kaynaklardaki oranlar göz önüne alınarak oluşturulmuştur. Konutların enerji kullanım özelliklerine ait ana kriterler ise, konutların enerji tüketimleri ile ilgili birçok farklı veri ve enerji tasarrufunu

arttırmayı amaçlayan çeşitli kontrol listeleri incelenerek belirlenmiştir. Bu verilere göre bir konutta en çok enerji tüketen sistemler; alan ısıtma sistemi, sıhhi su ısıtma sistemi, soğutma sistemi, aydınlatma sistemi ve beyaz ev aletleridir. Bu sistemler ana kriter olarak belirlenip eşit ağırlıklar verilmiştir. Bunların dışında kalan ve konut enerji tüketiminde önemli paya sahip olan ev elektroniği, bilgisayar, küçük ev aletleri gibi verimliliği tamamen kişisel kullanım alışkanlıklarına bağlı olan değişkenler ise kriter olarak alınmamıştır. Konutun kendi elektrik enerjisini üretebilme özelliği ise toplam bina verimliliği puanının üzerine yirmi puan daha ekleyebilmektedir. Ana kriterlerin altında gruplanmış 44 alt kriter ve kriterlerin altındaki ise enerji verimliliği ve tasarrufunu arttırmaya yönelik oluşturulmuş kontrol listelerinden derlenmiştir. Her bir kriterin altına ilgili seçenekler sunulmuş bu seçeneklerin puanlandırılması verimli olandan verimsiz olana doğru azalacak şekilde yapılmıştır. Tablo IV.2’de kontrol listesinin tamamı puan ve puan ağırlıkları ile verilmiştir.

Tablo IV.2 Enerji verimliliğini ölçmeye yönelik oluşturulmuş kontrol listesi
ve puanlandırması

ÖZELLİKLER	PUAN
DUVARLAR	%20
Duvar yapısı	
☐ Gaz beton	20
☐ Bims blok	20
☐ Tuğla	15
☐ Ahşap	15
☐ Kerpiç	10
☐ Taş	10
Binanın dış ortama bakan cephe sayısı	
☐ 1	20
☐ 2	15
☐ 3	10
☐ 4	5
Duvar yalıtımı	
☐ İç ve dış cepheden yalıtımla	40
☐ Dış cepheden yalıtımlı	25
☐ İç cepheden yalıtıkla	25
☐ Yalıtım yok	0
Duvar kabuğu	
☐ Plastik kaplama	20
☐ Granit, mermer	15
☐ Mozaik, BTB	10
☐ Sıva	5
☐ Sıva yok	0

Tablo IV.2'nin devamı	
PENCERELER	%15
Pencerelerin cam tipi	
☐ 3 katlı	25
☐ 2 katlı	15
☐ Tek katlı	5
Pencerelerin çerçevesi	
☐ PVC	25
☐ Ahşap	15
☐ Alüminyum, metal	5
Pencere kapaklarında yalıtım	
☐ Var	25
☐ Yok	0
Pencerelerin yönü	
☐ Güney	25
☐ Doğu	15
☐ Batı	15
☐ Kuzey	5
KAPILAR	%7
Dış kapı yapısı	
☐ Çelik	25
☐ Ahşap	15
☐ Alüminyum	10
Dış kapının sızdırmazlığı	
☐ Contalama var	25
☐ Contalama yok	0
Balkon kapılarının yapısı	
☐ PVC	25
☐ Ahşap	15
☐ Alüminyum	5
Balkon kapılarının sızdırmazlığı	
☐ Contalama var	25
☐ Contalama yok	0
ÇATI	%4
Çatı tipi	
☐ Kıрма çatı (çatı arası var)	35
☐ Kıрма çatı (çatı arası yok)	10
☐ Teras	5
Çatı yalıtımı	
☐ Var	35
☐ Yok	0
Çatı kaplaması	
☐ Kiremit	30
☐ Zift kâğıt	25
☐ Ondüline	15
☐ Sac	10
☐ Beton (teraslar için)	5

Tablo IV.2'nin devamı	
ZEMİN	%4
Zemin yalıtımı	
☐ Var	40
☐ Yok	0
Zemin döşemesi	
☐ Ahşap	30
☐ Halıfleks	25
☐ Marley	15
☐ Fayans, mermer	10
☐ Karo, mozaik, şap	5
Zeminin atlı	
☐ Isıtılan alan	30
☐ Isıtılmayan alan	15
☐ Temel	10
☐ Toprak	5
ALAN ISITMA SİSTEMİ	%10
Kullanım tipi	
☐ Merkezi ısıtma	15
☐ Kat ısıtma	10
☐ Bölgesel ısıtma	5
Yakıt	
☐ Yenilenebilir kaynaklar (güneş, jeotermal)	25
☐ Doğalgaz	20
☐ Elektrik	10
☐ LPG	5
☐ Fuel oil	5
☐ Kömür	5
☐ Odun	5
Sistem	
☐ Sıcak sulu ısıtma	15
☐ Üflemlı ısıtma	10
☐ Radyant ısıtma, sobalı ısıtma	5
Isı taşıyan borularda yalıtım	
☐ Var	15
☐ Yok	0
Sistemin yaşı	
☐ 0-5	15
☐ 6-10	10
☐ 10<	5
Sistemin kontrolü	
☐ Otomatik	15
☐ Manuel	0

Tablo IV.2'nin devamı	
SIHHİ SU ISITMA SİSTEMİ	%10
Yakıt	
☐ Yenilenebilir kaynaklar (güneş, jeotermal)	40
☐ Doğalgaz	20
☐ Elektrik	15
☐ LPG	10
☐ Fuel oil	5
☐ Kömür	5
☐ Odun	5
Sıcak su taşıyan borularda yalıtım	
☐ Var	20
☐ Yok	0
Sistemin yaşı	
☐ 0-5	20
☐ 6-10	10
☐ 10<	0
Sistemin kontrolü	
☐ Otomatik	20
☐ Manuel	0
SOĞUTMA SİSTEMİ	%10
Soğuma sistemi	
☐ Doğal havalandırma	50
☐ İklimlendirme sistemi varsa;	
Kullanım tipi	
☐ Merkezi soğutma	35
☐ Split soğutma	10
Soğuk havanın geçtiği borularda yalıtım	
☐ Var	35
☐ Yok	0
Soğutma kontrolü	
☐ Otomatik	30
☐ Manuel	0
AYDINLATMA	%10
Lamba tipi	
☐ Led	40
☐ Kompakt floresan	30
☐ Floresan	20
☐ Akkor flamanlı	10
☐ Diğer	5
Duvar rengi	
☐ Açık	20
☐ Koyu	0
Aydınlatma kontrolü	
☐ Manuel	0
☐ Otomatik	20

Tablo IV.2'nin devamı	
Pencereye sahip cephe sayısı	
☐ 4	20
☐ 3	15
☐ 2	10
☐ 1	5
EV ALETLERİ	%10
Buzdolabı enerji sınıfı	
☐ A	35
☐ B	30
☐ C	20
☐ D ve altı	10
Çamaşır Kurutma makinası enerji sınıfı	
☐ A	15
☐ B	12
☐ C	10
☐ D ve altı	5
☐ Çamaşır kurutma makinası yok	15
Çamaşır makinası enerji sınıfı	
☐ A	15
☐ B	12
☐ C	10
☐ D ve altı	5
Bulaşık makinası enerji sınıfı	
☐ A	15
☐ B	12
☐ C	10
☐ D ve altı	5
Fırının enerji türü	
☐ Elektrik	10
☐ Doğalgaz	7
☐ LPG	5
Ocağın enerji türü	
☐ Doğalgaz	10
☐ LPG	7
☐ Elektrik	5
ELEKTRİK ÜRETİMİ	%20
Yenilenebilir enerjilerden elektrik üretimi	
☐ Var	50
☐ Yok	0
Kojenerasyon sistemden elektrik üretimi	
☐ Var	50
☐ Yok	0

Kontrol listesinde her bir ana kriter 100 puan üzerinden değerlendirilir. Ana kriterlerin altındaki alt kriterlerin ağırlıkları, her bir ana kriter içinde eşit şekilde dağıtılmaya çalışılmıştır. Sadece ısı yalıtımı ve yenilenebilir kaynak kullanımı gibi verimliliği doğrudan arttıran kriterlerin ağırlığı diğerlerine göre fazladır. Alt kriterlerin altında sunulan seçenekler, verimli olandan verimsiz doğru sıralanmış ve puanlandırması en yüksekten en düşüğe doğru azalacak şekilde yapılmıştır. Bu seçeneklerden ilgili olanların işaretlenmesiyle bina özellikleri belirlenmiş olur.

Seçeneklere yapılan işaretlemeler ile alt kriterlerin puanları belirlenir. Alt kriterler puanlarının toplamı ana kriter puanını belirler. Ana kriterlerin aldığı puanlar ağırlıklarıyla çarpılarak toplanır ve sonuç elde edilir. Kontrol listesi doldurulurken ve puan hesaplanırken bazı yerlerde şu hususlara dikkat edilmelidir;

- Birden fazla seçeneğin işaretlenebileceği kriterlerde (pencere yönü, lamba tipi, zemin döşemesi gibi), işaretlenen seçeneklere ait puanların ortalaması alınır.
- Ara katlarda pencere yalıtımı var kabul edilir ve işaretleme ona göre yapılır.
- Sıhhi su ısıtma sisteminde, ısı kaynağı ile musluklar arasındaki mesafe iki metreden az ise boru yalıtımı var kabul edilir.
- Soğutma sisteminde, soğutma sistemi ile soğutulan yer arasındaki mesafe bir metreden az ise yalıtım var kabul edilir.
- Yalıtımı eskimiş, bozulmuş kapı ve pencereler yalıtımsız olarak kabul edilir.
- On yıldan eski olan ev aletleri D sınıfı olarak kabul edilir.

Tablo IV.3’de ana kriterlerin alabileceği en düşük ve en yüksek puanlar gösterilmiştir.

Tablo IV.3 Alınabilecek en düşük ve en yüksek puanlar

Ana Kriterler	Alt Kriter Sayısı	Ağırlık (%)	En Yüksek Puan	En Düşük Puan	En Yüksek Ağırlıklı Puan	En Düşük Ağırlıklı Puan
Duvarlar	4	%20	100	15	20	3
Pencereler	4	%15	100	10	15	1,5
Kapılar	4	%7	100	10	7	0,7
Çatılar	3	%4	100	10	4	0,4
Zemin	3	%4	100	10	4	0,4
Alan Isıtma Sistemi	6	%10	100	20	10	2
Sıhhi su ısıtma sistemi	4	%10	100	10	10	1
Soğutma sistemi	4	%10	100	10	10	1
Aydınlatma	4	%10	100	15	10	1,5
Ev aletleri	6	%10	100	30	10	3
Elektrik üretimi	2	%20	100	0	20	0
TOPLAM	44	%120	4400	140	120	14,5

Bu hesaplamalar sonucunda elde edilen puana göre derecelendirme yapılır. Bu kontrol listesinin derecelendirme sistemi, enerji verimliliği kanunun zorunlu kıldığı enerji kimlik belgesinde bulunan derecelendirme sistemi temel alınarak oluşturulmuştur. Hesaplama sonucunda elde edilen puan A ile G arası bir derecede kendine yer bulur. Bu derece konutun enerji verimlilik sınıfı olur. Tablo IV.4’de konut enerji verimliliği sınıfları ve puan aralıkları görülmektedir.

Tablo IV.4 Konut enerji verimliliği sınıfları ve puan aralıkları

Enerji sınıfı	Puan aralıkları
A	$90 \leq \text{Verimlilik Puanı} < 120$
B	$77,5 \leq \text{Verimlilik Puanı} < 90$
C	$65 \leq \text{Verimlilik Puanı} < 77,5$
D	$52,5 \leq \text{Verimlilik Puanı} < 65$
E	$40 \leq \text{Verimlilik Puanı} < 52,5$
F	$27,5 \leq \text{Verimlilik Puanı} < 40$
G	$14,5 \leq \text{Verimlilik Puanı} < 27,5$

Sistemin en düşük verimlilik sınıfı G, en yüksek verimlilik sınıfı A'dır. Diğer ara sınıflar A'dan G'ye doğru verimliden verimsiz doğru olacak şekilde sıralanır. A sınıfı konut en yüksek verimliliğe sahip olan, B sınıfı konut yüksek verimliliğe sahip olan, C sınıfı konut vasatın üzeri verimliliğe sahip olan, D sınıfı konut vasat verimliliğe sahip olan, E sınıfı konut vasatın altı verimliliğe sahip olan, F sınıfı konut düşük verimliliğe sahip olan, G sınıfı konut ise en düşük verimliliğe sahip olan konut anlamına gelmektedir.

Bu kontrol listesi ile enerji verimliliği derecelendirilmek üzere 10'u Bursa'da 10'u İstanbul'da olan 20 adet konut belirlendi. Bursa'da ki konutlar birbirine yapışık sıralı binalar şeklinde iken, İstanbul'da ki konutlar birbirinden bağımsız site tipindeki binalardan seçilmiştir. Bunun yanı sıra, Bursa'da ki konutlar yirmi yaşından büyük on kattan az kata sahip binalar iken, İstanbul'da ki konutlar ise yirmi yaşından küçük on kattan fazla kata sahip binalardır. Her iki gruptaki binaların bunlar dışında kalan özellikleri tamamen farklıdır.

Konutlarda yapılan incelemeler sonucunda kontrol listeleri dolduruldu. Doldurulan kontrol listelerindeki bilgileri değerlendirip sonuca ulaşmak için Microsoft Excel programında bir yazılım oluşturuldu. Kontrol listesi yardımıyla, 20 adet konut için ayrı ayrı toplanan veriler ilgili yazılıma işlendi. İşlenen veriler doğrultusunda her konut için ayrı sonuç alındı. Tablo IV.5'de ve Tablo IV.6'da iki ilde bulunan 10'ar adet konuta ait enerji verimlilik puanı ve enerji sınıfı görülmektedir.

Tablo IV.5 Kontrol listesi yardımıyla enerji verimliliği derecelendirilmiş konutlara ait sonuçlar (Bursa)

KONUTLAR	VERİMLİLİK PUANI	ENERJİ SINIFI
1. KONUT	48,55	E
2. KONUT	70,9	C
3. KONUT	57,8	D
4. KONUT	61,65	D
5. KONUT	53,25	D
6. KONUT	54,4	D
7. KONUT	68,65	C
8. KONUT	59,4	D
9. KONUT	36,2	F
10. KONUT	62,3	D

Bursa ilindeki konutlara ait sonuçlar şöyledir;

- 10 konuttan bir tanesi F, bir tanesi E, altı tanesi D, iki tanesi C sınıfı verimlilik notu almıştır.
- Isı yalıtım özellikleri iyi olan üç konuttan ikisi C sınıfı enerji verimliliğine ulaşmıştır. Isı yalıtım özellikleri iyi olan 3 no'lu konut pencere özellikleri düşük olmasından dolayı D sınıfında kalmıştır.
- Isı yalıtım özelliği olmayan altı konut D sınıfına girmiş, bir konut ise ev aletlerinin verimsizliğinden dolayı E sınıfında kalmıştır.
- Çalışmaya katılan en eski konut olan 9. konut her kriter bakımından daha eski teknolojileri barındırdığından F enerji verimliliğine ulaşabilmiştir.

Tablo IV.6 Kontrol listesi yardımıyla enerji verimliliği derecelendirilmiş konutlara ait sonuçlar (İstanbul)

KONUTLAR	VERİMLİLİK PUANI	ENERJİ SINIFI
1. KONUT	73,45	C
2. KONUT	65,9	C
3. KONUT	54,47	D
4. KONUT	65,1	C
5. KONUT	65,95	C
6. KONUT	47,9	E
7. KONUT	55	D
8. KONUT	67,25	C
9. KONUT	57,7	D
10. KONUT	66,85	C

İstanbul ilindeki konutlara ait sonuçlar şöyledir;

- 10 konuttan bir tanesi E, üç tanesi D, altı tanesi C sınıfı verimlilik notu almıştır.
- Isı yalıtım özellikleri iyi olan altı konutun hepsi C sınıfı verimlilik notu almıştır.
- Isı yalıtım özelliği olmayan dört konut D sınıfına girmiş, bir konut ise ev aletlerinin verimsizliğinden dolayı E sınıfında kalmıştır.

Her iki ildeki konutların ortak özellikleri ise şöyledir;

- Var olan konutlar yüksek teknolojiler barındırmadığından B sınıfı ve A sınıfı verimliliğe ulaşan konut çıkmamıştır.
- Genel olarak, İstanbul'daki konutlar daha genç olduklarından daha yeni teknolojilere sahiptir ve verimlilikleri Bursa'daki yaşlı konutlardan daha iyidir.
- Çalışmaya katılan konutların kendi elektriğini üretme özelliği yoktur.
- Alan ısıtma sistemlerinde termostatik vana, sıhhi su ısıtma sistemlerinde termostatik batarya gibi otomatik kontrol sistemleri yoktur.
- Konutlarda akıllı ev sistemleri olmadığından aydınlatma kontrolü de otomatik değildir.
- Çalışmaya katılan konutların verimlilik açısından olumlu ortak yanları vardır. Bunlar; pencere ve kapı özelliklerinin genel olarak iyi olması, ısıtma sistemlerinde yakıt olarak doğalgaz kullanımı, aydınlatmada tasarruflu lamba tercihidir.

Bu Çalışmaya katılan konutların enerji sınıflarını yükseltebilmek için yapılması gereken yenilikler şöyledir;

- Duvar, zemin ve çatılarında ısı yalıtımı olamayan konutlara, standartlara uygun ısı yalıtımı yapılmalıdır.
- Duvarların dış yüzeylerine düz sıva yapmak yerine plastik kaplama, granit, mermer vb. kaplamalar yapılmalıdır.
- Alüminyum ve ahşap olan pencere çerçeveleri PVC olanlar ile değiştirilmelidir.
- Eskimiş, bozulmuş, yeterli olmayan kapı ve pencere contaları yenilenmelidir.
- On yıldan eski ısıtma sistemleri modern ve verimli olanları ile değiştirilmeli, ısı taşıyan borularda ısı yalıtımı yok ise borulara yalıtım yapılmalıdır.
- Alanı ısıtma sisteminde termostatik vanalar, sıhhi su ısıtma sisteminde ise termostatik musluklar kullanılarak ısı kontrolü otomatikleştirilmelidir.
- Mümkünse merkezi soğutma sistemi kurulmalıdır. Soğuk hava taşıyan borular yalıtılmalı ya da soğutma sistemi ile soğutulacak alan arası mesafe kısa tutulmalıdır.
- Güneş ışığına duyarlı, dimlenebilen ve bir zaman sonra kendini kapatabilen aydınlatma kontrol sistemleri kurulmalıdır.
- Eski ev aletlerini A sınıfı olanlarla yenilemeli, mümkünse çamaşır kurutma makinası kullanılmamalıdır.
- Konuta kendi elektriğini üreten sistemler kurulmalıdır. Bu durum bina verimlilik sınıfını bir üste taşıyacaktır.

BÖLÜM V

V. SONUÇ

Enerji tüketiminin gün geçtikçe arttığı günümüzde dünya üzerindeki enerji kaynakları da geçen süre içinde azalmaktadır. Bu durum, gelecekte dünyamızın bir enerji darboğazına düşebileceğini göstermektedir. İleride karşılaşılabilecek bu soruna engel olmak için şimdiden bazı önlemler alınmalı, enerji tüketimi, üretimi ve enerji kaynakları arasındaki denge bozulmamalıdır. Bugün, enerjinin geleceği adına çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmalar kapsamında yeni enerji rezervleri araştırılmakta, alternatif enerji kaynakları üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Enerji üretimini arttırmaya yönelik bu çalışmaların yanında enerji tüketimini azaltacak çalışmalar da enerjinin geleceği için önem arz etmektedir. Enerji tüketiminin azaltmaya yönelik çalışmaların başında enerji verimliliği çalışmaları gelmektedir.

Enerji verimliliği basit bir kısıtlama uygulaması değildir. Enerji verimliliği, üretimi düşürmeden ve sosyal refahı engellemeden enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Yani aynı işi yapmak için daha az enerji harcamaktır.

Sanayi sektöründen sonra en çok enerjinin tüketildiği sektör bina sektörüdür. Dolayısıyla, binaların enerji tüketimi daha verimli hale getirilerek önemli tasarruflar elde edilebilir. Bu noktada binalarda enerji verimliliği kavramı ortaya çıkmaktadır. Binalarda enerji verimliliği kavramı yaşam alanlarında konforu düşürmeden enerji tüketimini düşürecek teknolojileri kapsar.

Binalarda enerji verimliliği çalışmaları genel olarak, kayıp enerjinin azaltılmasını, binada enerji tüketen noktaların verimliliğinin artırılmasını ve verimli kullanım alışkanlıklarının topluma kazandırılmasını hedefler. Binalarda enerji verimliliğinin teknik açıdan ele alacak olursak, ısı yalıtımı, mekanik sistemlerin verimliliği, aydınlatma sistemlerinin verimliliği, ev aletlerinin verimliliği ve yenilenebilir enerjilerden yararlanma olarak gruplandırabiliriz. Hepsi ayrı bir dal olan bu başlıkların altında verimlilik çalışmaları yürütülmekte ve bu çalışmaların bir araya getirilmesiyle enerji verimli binalar ortaya çıkarılmaktadır.

Geçmişten günümüze enerji verimliliği çalışmaları yapılmakta, bu çalışmalar sonucunda enerji verimli bina teknolojileri geliştirilmektedir. Bu teknolojilerin bazıları standartlar haline getirilmiş ve bu standartlar birçok gelişmiş ülkede zorunlu kılınmıştır. Türkiye’de enerjisinin çoğunu ithal etmek zorunda olan bir ülke olarak enerji verimliliğinin önemini fark etmiş ve enerji verimliliği çalışmalarına hız vermiştir. Bu çalışmalar sonucunda bir "Enerji Verimliliği Kanunu" hazırlanmış ve 2007 yılında yürürlüğe konmuştur. Bu kanun kapsamında 2011 yılında binalara Enerji Kimlik Belgesi bulundurma zorunluluğu getirilmiştir. Bu zorunluluk kapsamında binaların enerji verimliliği ölçülüp derecelendirilmesi gerekliliği doğmuştur.

Türkiye’de binaların enerji performansını ölçmeye yönelik bir ulusal hesaplama yöntemi oluşturulmuş ve bu yöntemin bilgisayar yazılımı olan BEP-HY programı geliştirilmiştir. Bina ile ilgili veriler bu yazılıma girilir. Yazılım verileri ulusal hesaplama yöntemine göre değerlendirir. Değerlendirme sonucuna göre binanın enerji performansı ve sera gazı emisyonu performansı derecelendirilir. Bu verilerle binanın enerji kimlik belgesi oluşturulur.

Binalarda enerji kimlik belgesi bulundurma zorunluluğundan dolayı, binalarda yaşayan bina sakinlerinin en azından kendi konutlarının verimliliği hakkında fikir sahibi olma hakları vardır Fakat bina verimliliğini ölçen ulusal hesaplama yöntemi oldukça karmaşık bir yöntem olduğundan konut sakinlerinin bu yöntemi anlaması imkansızdır.

Bu çalışmada konutların enerji verimliliğinin değerlendirmeye yönelik herkesin anlayabileceği bir kontrol listesi geliştirilmiştir. Bu kontrol listesinin amacı konutların enerji verimliliğini tahmin etmek ve konut sakinlerine yaşadığı konutların verimliliğine dair fikir vermektir.

Bu kontrol listesi oluşturulurken, bina enerji verimliliğine etki eden tüm noktalar tespit edilmeye çalışılmıştır. Yerli ve yabancı kontrol listeleri ve tüketim verileri dikkate alınmış bu verilerle puanlar ve ağırlıkları belirlenmiştir. Bu çalışmalar sonunda 11 ana kriter altında ve 44 kritere sahip bir kontrol listesi oluşturulmuştur.

Bu kontrol listesi 10'u Bursa'da 10'u İstanbul'da olmak üzere 20 konut üzerinde uygulanmıştır. Yapılan çalışması sonucunda konutların verimlilikleri derecelendirilmiştir. Konutların her bir kriter için aldığı puanlar, ağırlıklı puanları Ek-II'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Verimlilikleri derecelendirilen konutların olumlu ve olumsuz özellikleri belirlenmiş, konut sakinleri bu doğrultuda bilinçlendirilmiştir. Bu çalışma genel olarak sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- 20 konuttan bir tanesi F, iki tanesi E, dokuz tanesi D, sekiz tanesi C sınıfı verimliliğe sahiptir.
- C sınıfı enerji verimliliğine sahip konutlar, biri dışında ısı yalıtım özellikleri iyi olan evlerdir. Isı yalıtım özellikleri iyi olup D sınıfı verimliliğe sahip olan konut ise pencere özelliklerinden kaybetmiştir.
- Isı yalıtım özelliği kötü olan diğer konutlar D sınıfı ve altı derecelere sahip olmuşlardır. Bu konutlardan iki tanesi ev aletlerinin verimsiz olmasından dolayı E sınıfında kalmıştır. Çalışmaya katılan en eski konut her kriter bakımından daha eski teknolojileri barındırdığından F sınıfı verimliliğe ulaşabilmiştir.
- Çalışmaya katılan konutlar yüksek verimlilik teknolojilerine sahip olmadıklarından A ve B sınıfı enerji verimliliğine ulaşamamışlardır.
- Çalışmaya katılan konutlardan İstanbul'daki konutlar genel olarak daha genç olduklarından daha yeni teknolojilere sahiptir ve verimlilikleri Bursa'daki yaşlı konutlardan daha iyidir.
- Çalışmaya katılan konutların verimlilik açısından olumlu ortak yanları vardır. Bunlar; pencere ve kapı özelliklerinin genel olarak iyi olması, ısıtma sistemlerinde yakıt olarak doğalgaz kullanımı, aydınlatmada tasarruflu lamba tercihidir.

Bu çalışmada enerji verimliliği ölçülmesi için konut tercihi yaparken, Türkiye'de ki mevcut bina türlerine uygun düşecek binalardaki konutlar seçilmeye özen gösterilmiştir. Fakat Çalışmaya katılan binaların yarıya yakınının ısı yalıtımlı olması Türkiye'de ki mevcut bina türlerine uygun düşmez. Çünkü Türkiye'deki binaların çoğu ısı yalıtımsızdır. Burada yalıtımlı bina ile yalıtımsız bina arasındaki farkı görebilmek için Türkiye şartlarından farklı olarak yalıtımlı binalar tercih edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları ısı yalıtımı dışında, Türkiye genelindeki bina verimlilikleri hakkında da fikir vermektedir.

Kısacası binalarda enerji verimliliğinin incelendiği bu çalışmada, Türkiye şartlarına uygun bir bölgeye ait konutların verimlilikleri derecelendirilmiş ve olumlu ve olumsuz yanları ortaya konmuştur. Binalarda olamayan enerji verimliliği teknolojileri tespit edilmiş ve var olan verimlilik teknolojilerinin verimlilik sınıfını arttırdığı gözlenmiştir. Çalışmaya katılan konutların sakinleri bilinçlendirilmiş ve daha az fatura ödeyebilmeleri için ilgili tavsiyelerde bulunulmuştur.

Sonuç olarak Türkiye enerji ihtiyacını büyük ölçüde ithalat yoluyla karşılamaktadır ve bu durum ilerisi için risk oluşturmaktadır. Bu durumda Türkiye, dışarıdan satın aldığı enerjiyi en verimli şekilde kullanmak zorundadır. Bu Çalışmaya katılan binalara ait verimliliği düşüren etkenler, ülke genelindeki binalarda tespit edilip giderilirse, çok büyük tasarrufların gerçekleşeceği aşîkârdır. Ayrıca bu kontrol listesinde olduğu gibi enerji verimliliğini herkesin anlayabileceği seviyeye indirecek çalışmalar insanları bilinçlendirerek enerji verimliliğine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Dizkırııcı, A.S.; “Konutlarda Enerji Verimliliğinin Ölçümü İçin 5-Yıldızlı Derecelendirme Sistemi Ve Ekonometrik Uygulama”, *Doktora Tezi*, Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya, Türkiye, **(2009)** 40-67.
- [2] Bayraktar M.; Schulze T.; Yılmaz Z.: “Binalarda Enerji Simülasyonları İçin Veri Toplama Listeleri Aracılığıyla Veri Yönetim Modelinin Oluşturulması”, *9. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, Türkiye **(2009)** 762.
- [3] U.S. Energy Information Administration: “International Energy Outlook 2011”, *U.S. Energy Information Administration*, **(2011)**
- [4] BP: “Statistical Review of World Energy June 2011”, *BP Reports and Publications* **(2011)**.
- [5] Watkins, G.C.: “Oil scarcity: What have the past three decades revealed?”, *Energy Policy*, 34 **(2006)** 508–514
- [6] IEA (International Energy Agency): “Key World Energy Statistics”, *International Energy Agency*, **(2011)**
- [7] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı: “1970-2006 Birincil enerji kaynakları tüketim verileri”, *İstatistikler*, **(2011)**.
- [8] Kavak, K.: “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi”, *Uzmanlık Tezi* Devlet Planlama Teşkilatı İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye **(2005)** 8.
- [9] Meram Elektrik Dağıtım A.Ş.:
<http://www.meramedas.com.tr/Cevrebilinci.aspx?id=5> (04.11.2011)
- [10] TMMOB Makine Mühendisleri Odası Enerji Çalışma Grubu: “Dünya ve Türkiye’de Enerji Verimliliği”, *Oda raporu*, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, **(2008)**.

- [11] EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü): “Elektrik Motor Sistemlerinde Enerji Verimliliği”,
http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/EnVer_motor_hareketi/Elektrik_Mot_orlari.pdf (09.11.2011)
- [12] Ege Bölgesi Sanayi Odası: “Doğru Seçim, Yüksek Verimli Motorlar”,
http://www.ebso.org.tr/b2b/ebsodergisi/resimler/Motor_Verimliliği_Brosur_u.pdf (09.11.2011)
- [13] Bursa Çevre Merkezi: “Sanayide Enerji Verimliliği İyileştirme Yöntemleri”,
<http://www.bcm.org.tr/pdf/sanayide%20enerji%20verimliliği.pdf>
(01.11.2011)
- [14] TMMOB Makine Mühendisleri Odası: “Ulaştırma Sektöründe Enerji Verimliliği” *Mühendis ve Makine*, Cilt 49, Sayı 581 (2008) 30-32
- [15] TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası: “EMO’dan Elektrikli Ulaşım Sistemleri Sempozyumu”, *Elektrik Mühendisliği*, Sayı: 442 (2011) 127-131
- [16] Kavak, K.: “Ulaştırmada Enerji Verimliliği ve CAFE Standartları”, 2. *Enerji Verimliliği Kongresi*, Kocaeli, Türkiye, Nisan (2009)
- [17] Eveli, S.; Demirci, A.: “Bazı Kömür Özelliklerinin Termik Santral Verimliliği ve Kömür Fiyatları Üzerine Etkilerinin Araştırılması”, Türkiye 14. Kömür Kongresi, Zonguldak, Türkiye, Haziran (2004) 285-291
- [18] Güngör, C.; Kaya, D.; Üresin, E.: “Termik Santrallerin Atık Isılarının Değerlendirilmesi”, *Mühendis ve Makine*, Cilt 48, Sayı 575 (2007) 19-26
- [19] Meral, M.E.; Teke, A.; Tümay, M.: “Elektrik Tesislerinde Enerji Verimliliği”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 14, Sayı 1 (2009) 31-37
- [20] İzoder: “Isı Yalıtımı”,
http://www.izoder.org.tr/isiyalitimi/ISIYALITIMI_GIRIS.pdf
(05.11.2011)
- [21] Aksoy, U.T.: “Sandviç ve Gazbeton Duvar Uygulamalarının Ortalama Isı Geçirgenlik Katsayısı ve Isı Kaybı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* Sayı: 24 (2008) 277- 290

- [22] Sobutay, T.: “Çatı Kaplama Sektör Araştırması”, *İstanbul Ticaret Odası Dış Ticaret Şubesi Araştırma Servisi*, İstanbul (2005)
- [23] İzoder: “Yalıtım Camı Üniteleri”,
http://www.izoder.org.tr/EkoYalitim/TeknikSartname/camlar/yalitim_cami_uniteleri.pdf (10.11.2011)
- [24] İzoder: “Tesisatlarda Isı Yalıtımı”,
http://www.izoder.org.tr/EkoYalitim/TeknikSartname/tesisatlardaisiyalitim/tesisat_yalitimi.pdf (10.11.2011)
- [25] Tükel, M.; Arıcı, M.; Bingöllü, M.F.; Karabay, H.: “Radyatör Arkalarına Yerleştirilen Yansıtıcı Yüzeylerin Radyatör Etkinliğine Etkisi”, 9. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongre Bildirisi*, İzmir (2009) 259-267
- [26] EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi): “Bina Enerji Yöneticileri Eğitimi”, *Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü*, Cilt 3
- [27] Can, M.: “Merkezi Isıtma Sistemlerinin Teknik Ve Ekonomik Analizi Ve Hava Kirliliğini Azaltmadaki Önemi”, *Çevre ve Ekoloji Dergisi*, Sayı:10 (1994) 30-36.
- [28] TMMOB Makine Mühendisleri Odası Zonguldak Şube Enerji Komisyonu: “Çates Atık Isısı ile Bölgesel Isıtma İmkânları”, *MMO Zonguldak Şube Enerji Komisyonu Raporu*, (2009)
- [29] Efe, Ş.: “Erzurum’da Kullanılan Isıtma Sistemlerinin Ekonomik Analizi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimlerin Enstitüsü, Erzurum, Türkiye, (2007) 20.
- [30] Heinrich Böll Stiftung Derneği: “Enerji Verimliliği Teknik Kitapçık”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, Heinrich Böll Stiftung Derneği Türkiye Temsilciliği*, (2008)
- [31] Dijon Home & Flooring: <http://www.bespokeflooring.co.uk/solid-wood-flooring.aspx?id=32> (07.12.2011).
- [32] Kocaeli Üniversitesi Asım Kocabıyık MYÖ: “Isıtıcı Elemanlar”,
<http://akmyo.kocaeli.edu.tr/isiticisecimi.pdf> (07.12.2011).
- [33] Alarko Carrier: “Termostatik Radyatör Vanaları”, *Alarko Carrier Sanayi ve Ticaret A.Ş.*, (2011).
- [34] Erten, S.: “Enerji Verimli Isıtma Sistemleri”, 2. *Ulusal Enerji Verimliliği Forumu*, İstanbul, Türkiye, Ocak (2011).

- [35] Çelik, C.: “Binalarda Enerji Verimliliği”, *1. Ulusal Enerji Verimliliği Forumu*, İstanbul, Türkiye, Ocak (2009).
- [36] Bursagaz; <http://www.bursagaz.com/Bursagaz-Haberler/248/5500/EN-EKONOMIK-YAKIT-DOĞALGAZ.html> (12.12.2011)
- [37] Viessmann Werke GmbH & Co. KG: “Isı Pompaları”, *Viessmann Mesleki Yayınlar*, (2011).
- [38] Ekinci, D.A.: “Erzurum’da Mahal Isıtma Amaçlı Kullanılan Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sistemlerinin Deneysel İncelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye, (2007) 13.
- [39] Yıldız, E.: “PLC ile Isıtma Havalandırma ve Soğutma Sistemlerinin Optimum Denetimi” Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Türkiye, (2006) 4.
- [40] Cerit, B.; Doğrul, N.: “İklimlendirme Yapılacak Tesislerde Enerji Tasarrufu Tedbirleri”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı: 89 (2005) 71-77.
- [41] Küçükçalı, N.: “Klima Sistemlerinde Enerji Ekonomisi Ve Uygulama Önerileri”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı: 88, (2005) 13-30.
- [42] Atabaş, İ.; Arslan, M.; Uzun, İ.: “Isıtma Sistemlerinin Otomasyonu ve İnternet Üzerinden Kontrolü”, *9. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri*, Kütahya, Türkiye, Şubat (2007) 603-607.
- [43] Bayer, S.: “Isıtma, Havalandırma Klima Sistemlerinde Genel Otomatik Kontrol Uygulamaları”, *1. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, İzmir, Türkiye, Nisan (1993) 63-75.
- [44] İgdaş; Kojenerasyon ve Trijenerasyon Sistemleri, <http://www.igdas.com.tr/Docs/Pdf/KojenerasyonVeTrijenerasyonSistemleri.pdf> (05.01.2012).
- [45] EPA (United States Enviromental Protection Agency); “Cogeneration At Work”, http://www.epa.gov/oaintrnt/documents/richmond_brochure_508.pdf (07.01.2012).

- [46] Sivrioğlu, M.; Yurdakul, M.; Aydoğan, A.; İç, Y.T.: “Büyük Ticari Yapılarda Kurulacak Kojenerasyon Sistemlerinin Ekonomik Açıdan Alternatif Sistemlerle Karşılaştırılması”, *Çankaya Universtiy Journal of Science and Engineering*, Volume: 8 (2011) 135-151.
- [47] T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı; “Kamuda Verimli Aydınlatmaya Geçiş Raporu”, *T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*, Ankara, Ocak (2009).
- [48] Gençoğlu, M.T.; Özbay, E.: “Aydınlatmada Enerji Verimliliği Yöntemleri”, 12. *Ulusal Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Kongresi*, Eskişehir, Türkiye, Kasım, (2007).
- [49] Perdahçı, C.; Hanlı, U.: “Verimli Aydınlatma Yöntemleri” 3e *Electrotech*, Sayı: 189, (2010) 323-327.
- [50] TMMOB (Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği): “Enerjinin Etkin ve Verimli Kullanılmasının Ana Hatları”, *Birlik Haberleri*, Sayı: 100 (2005).
- [51] EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü): “Aydınlatmada ve Ev Aletlerinde Yapılan Enerji Tasarrufu”, http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/konut_ulas/en_tasarruf_bina_a_y.html (08.10.2011).
- [52] Washburn, C.; Müller, L.: “CFL and LED Bulbs; Lighting for The Future”, *Utah State University Cooperative Extension*, (2010),
- [53] Sağlam, Ş.: “Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Aydınlatma Sisteminin Bulanık Mantık ile Kontrolü”, *Doktora Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2006) 31.
- [54] Çolak, N.: “Hareket Sensörleri ile Aydınlatma Kontrolü Oteller için Uygun mu?” 3e *Electrotech*, Sayı: 108, (2003) 90-91.
- [55] Yılmaz, C.: “Bina İçi Mekanlarda Profibus-DP Ağı Üzerinden Dinamik Aydınlatma Denetimi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt: 13, Sayı: 1, (2007) 7-13.
- [56] Saskatchewan Energy Management Task Forces: “Fluorescent Lamp Ballasts”, <http://www.claritylearningsolutions.com/demos/ERS/eed-light-access.html> (12.10.2011).
- [57] Küçükdoğu, M.Ş.: “Aydınlatmada Etkin Enerji Kullanımı”, 2. *Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*, Diyarbakır, Türkiye, Kasım (2003) 9-13.

- [58] T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı: “Ek 05 - Aydınlatma Enerjisi Gereksinimlerinin Hesaplanması”, *Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ*, Ankara, Aralık 7, **(2010)**.
- [59] Görgülü, S.; Kocabey, S.; Yüksek, İ.; Dursun, B.: “Enerji Verimliliği Kapsamında Yapılarda Doğal Aydınlatma Yöntemleri: Kırklareli Örneği”, Kırklareli, Türkiye, Ekim, **(2010)**.
- [60] Yener, A.K.: “Binalarda Gün Işığından Yararlanma Yöntemleri: Çağdaş Teknikler”, 8. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, Türkiye, Ekim **(2007)** 231-241.
- [61] Kazanmaz, Z.T.: “Binaların Doğal Aydınlatma Performanslarının Değerlendirilmesi”, 5. *Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*, İzmir, Türkiye, Mayıs **(2009)**.
- [62] Dursun, B.; Ulusoy, I.: “Fotovoltaik ve Fiber Optik Sistemlerin Aydınlatma Sistemlerinde Kullanılması”, 3. *Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*, Ankara, Türkiye, Kasım **(2005)** 251-256.
- [63] Yılmaz, Z.: “Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı: 91, **(2006)** 7-15.
- [64] EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü): “Isıl Güneş Teknolojileri”, <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/gunesisil.html> (20.12.2012).
- [65] BRAAS Çatı Sistemleri: “BRASS Güneş Enerjili Çatı Sistemi”, <http://www.braas.com.tr/download/brosuerler.html> (15.12.2011).
- [66] Köroğlu, T.; Teke, A.; Bayındır, K.Ç.; Tümay, M.: “Güneş Paneli Sistemlerinin Tasarımı”, *Elektrik Mühendisliği*, Sayı: 439, **(2010)** 98-104.
- [67] Yüksek, İ.; Esin, T.: “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapılarda Kullanım Olanakları”, 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Türkiye, Karabük, Mayıs **(2009)**.
- [68] Yanıktepe, B.; Özalp, C.; Sarvun, M.M.; Köroğlu, T.; Cebeci, Ç.: “Rüzgar – Güneş Hibrit Güç Sistemi Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Uygulama Örneği”, 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Türkiye, Elazığ, Mayıs **(2011)** 89-94.

- [69] İingür, Y.; Kireç, L.: “Taşıtlar İçin Alternatif Enerji Sistemi Olan Polimer Elektrolit Membran Yakıt Pili Yapımı – Prototip Tasarımı ve Parametrik Olarak İncelenmesi”, 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Türkiye, Karabük, Mayıs (2009).
- [70] Başıyazıcı, İ.U.; “Yakıt Pili Teknolojisinin Ticari Binalarda Kullanabilirliğinin Sürdürülebilirlik Perspektifiyle Değerlendirilmesi”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı: 122 (2011) 19-31.
- [71] Barlow, R.: “Residential Fuel Cells: Hope or Hype?”, *Home Power*, Sayı: 72, (1999) 20-29.
- [72] Durak, S.: “Jeotermal Alternatif mi?”, *Madencilik Bülteni*, Sayı: 49 (1996) 22-24
- [73] T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı; “Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu”, Mayıs (1996) 17-18
- [74] EMO Basın: “Elektrik faturanızı yarı yarıya düşürebilirsiniz”, *Cumhuriyet Enerji*, Sayı: 1 (2008) 14-15.
- [75] Bulut N.: “Ev Aletlerinde Enerji Etiketlemesi ve Tasarruf”, *TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Bülteni*, Sayı: 225 (2011) 32-34.
- [76] The National Energy Policy Development Group: “National Energy Policy”, *Report of The National Energy Policy Development Group*, 0-16-050814-2, Washington, USA, May (2001) 1-4
- [77] US Congress: “Energy Efficiency in Federal Facilities: Update on Funding and Potential Savings”, OTA-BP-ETI-125 Washington DC, USA, March (1994) 1.
- [78] Nogard, J.S.: “Can energy saving policy survive in a market economy?”, *eceee (European Council for an Energy efficient Economy) Summer Study, Panel 1*, (2001) 267.
- [79] Siderius, P.J.S.; Nakagami, H.: “top runner in europe? Inspiration from Japan for EU Ecodesign Implementing Measures”, *Panels of eceee (European Council for an Energy efficient Economy) Summer Study, Panel 6*, (2007) 1119.

- [80] Yorkan, A.: “Avrupa Birliğinin Enerji Politikası ve Türkiye’ye Etkileri”, *Bilgi Strateji*, Cilt: 1, Sayı: 1 (2009) 24-39.
- [81] Narin, M.; Akdemir, S.: “Enerji Verimliliği ve Türkiye”, *Türkiye Ekonomi Kurumu Uluslararası Ekonomi Konferansı*, Ankara, Türkiye, Eylül (2006).
- [82] Onaygil, S.; Meylani E.A.: “Enerji Verimliliği Danışmanlık Şirketler – Dünyadaki Mevcut Duruma Genel Bir Bakış”, *Enerji Verimliliği kongresi*, Kocaeli, Türkiye, haziran (2007) 41-54.
- [83] World Energy Council: “Energy Efficiency: A Worldwide Review – Indicators, Policies, Evaluation”, *A Report of The World Energy Council in Collaboration with ADEME*, London, UK, July (2004) Annex 2, 1-2.
- [84] T.C. Resmi Gazete: “Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2013”, T.C. Yüksek Planlama Kurulu (2012),
- [85] Keskin, T.: “Türkiye’de Enerji Verimliliği”, *Türkiye’de Enerji Verimliliğinin Durumu ve Yerel Yönetimlerin Rolü Araştırma Raporu*, Heinrich Böll Stiftung Derneği, (2010).
- [86] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İklim Değişikliği Dairesi Başkanlığı: “İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu Karar Tutanağı”. İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu, (2011),
- [87] Ünlü, H.: “Enerji Verimliliği ve Yerel Yönetimler”, *Türkiye’de Enerji Verimliliğinin Durumu ve Yerel Yönetimlerin Rolü Araştırma Raporu*, Heinrich Böll Stiftung Derneği, (2010).
- [88] Sev, A.; Canbay, N.: “Dünya Geneline Uygulanan Yeşil Bina Değerlendirme ve Sertifika Sistemleri”, *Yapı Dergisi, Yapıda Ekoloji Eki* Sayı: 329 (2009).
- [89] Rubacı, E.: “LEED Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik”, *İzolasyon Dünyası*” Sayı: 78 (2009) 24-25.
- [90] U.S. Green Building Council: “LEED 2009 for Existing Buildings Operations and Maintenance”, (2009), <http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=8868> (25.10.2011).
- [91] BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method): “BREEAM New Construction Non-Domestic Buildings Technical Manual”, *Building Research Establishment*, (2011),

- [92] JETRO (Japan External Trade Organization):
http://www.jetro.org/documents/green_innov/CASBEE.pdf
(25.10.2011).
- [93] CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency):
<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/methodE.htm>
(26.10.2011).
- [94] Seongwon, S.: “International Review of Environmental Assessment Tools And Database”, *CRC Construction Innovation Report*, 2001-006-B-02, Brisbane, Australia, **(2002)**.
- [95] DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.):
http://www.dgnb.de/en/certification-system/Occupancy_profiles/occupancy_profiles.php (01.11.2011).
- [96] DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.): “German Sustainable Building Certificate” *DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.)*, **(2009)**,
- [97] IISB (International Initiative for a Sustainable Built Environment):
<http://www.iisbe.org/sbtool-2007> (05.11.2011).
- [98] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı: “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” Madde: 2, Bent: 2, Ankara, Türkiye **(2008)**.
- [99] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı: “Binalarda Enerji Performansı” **(2009)** <http://www.bep.gov.tr/sunumlar/bep.pdf> (01.12.2011).
- [100] Bayram, M.: “BEP Hesaplama Yöntemi, Referans Bina, Oranlar, Dönüşüm Katsayıları ve Enerji Kimlik Belgesi” **(2009)**.
- [101] İzoder: “Profesyoneller için Enerji Kimlik Belgesi”
<http://izoder.org.tr/pdf/2-profesyonellericinenerjikelikbelgesi.pdf>
(05.12.2011).
- [102] Etik Enerji: “Binalarda Enerji Kimlik Belgesi Nedir?”
http://www.etikevd.com/ekb/etik_enerji_ekb.pdf (06.12.2011).

EKLER

EK I

KONUTLARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ ÖLÇMEYE YÖNELİK OLUŞTURULMUŞ KONTROL LİSTESİ

EK I – Tablo 1 Konutlarda enerji verimliliğini ölçmeye yönelik oluşturulmuş kontrol listesi

DUVARLAR
Duvar yapısı
☐ Gaz beton
☐ Bims blok
☐ Tuğla
☐ Ahşap
☐ Kerpiç
☐ Taş
Binanın dış ortama bakan cephe sayısı
☐ 1
☐ 2
☐ 3
☐ 4
Duvar yalıtımı
☐ İç ve dış cepheden yalıtımla
☐ Dış cepheden yalıtımlı
☐ İç cepheden yalıtıkla
☐ Yalıtım yok
Duvar kabuğu
☐ Plastik kaplama
☐ Granit, mermer
☐ Mozaik, BTB
☐ Sıva
☐ Sıva yok
PENCERELER
Pencerelerin cam tipi
☐ 3 katlı
☐ 2 katlı
☐ Tek katlı

EK I – Tablo 1’in devamıdır
Pencerelerin çerçevesi
☐ PVC
☐ Ahşap
☐ Alüminyum, metal
Pencere kapaklarında yalıtım
☐ Var
☐ Yok
Pencerelerin yönü
☐ Güney
☐ Doğu
☐ Batı
☐ Kuzey
KAPILAR
Dış kapı yapısı
☐ Çelik
☐ Ahşap
☐ Alüminyum
Dış kapının sızdırmazlığı
☐ Contalama var
☐ Contalama yok
Balkon kapılarının yapısı
☐ PVC
☐ Ahşap
☐ Alüminyum
Balkon kapılarının sızdırmazlığı
☐ Contalama var
☐ Contalama yok
ÇATI
Çatı tipi
☐ Kırma çatı (çatı arası var)
☐ Kırma çatı (çatı arası yok)
☐ Teras
Çatı yalıtımı
☐ Var
☐ Yok
Çatı kaplaması
☐ Kiremit
☐ Zift kâğıt
☐ Ondüline
☐ Sac
☐ Beton (teraslar için)

EK I – Tablo 1’in devamıdır
ZEMİN
Zemin yalıtımı
☐ Var
☐ Yok
Zemin döşemesi
☐ Ahşap
☐ Halıfleks
☐ Marley
☐ Fayans, mermer
☐ Karo, mozaik, şap
Zeminin atlı
☐ Isıtılan alan
☐ Isıtılmayan alan
☐ Temel
☐ Toprak
ALAN ISITMA SİSTEMİ
Kullanım tipi
☐ Merkezi ısıtma
☐ Kat ısıtma
☐ Bölgesel ısıtma
Yakıt
☐ Yenilenebilir kaynaklar (güneş, jeotermal)
☐ Doğalgaz
☐ Elektrik
☐ LPG
☐ Fuel oil
☐ Kömür
☐ Odun
Sistem
☐ Sıcak sulu ısıtma
☐ Üfleli ısıtma
☐ Radyant ısıtma, sobalı ısıtma
Isı taşıyan borularda yalıtım
☐ Var
☐ Yok
Sistemin yaşı
☐ 0-5
☐ 6-10
☐ 10<
Sistemin kontrolü
☐ Otomatik
☐ Manuel

EK I – Tablo 1’in devamıdır	
SIHHİ SU ISITMA SİSTEMİ	
Yakıt	
☐	Yenilenebilir kaynaklar (güneş, jeotermal)
☐	Doğalgaz
☐	Elektrik
☐	LPG
☐	Fuel oil
☐	Kömür
☐	Odun
Sıcak su taşıyan borularda yalıtım	
☐	Var
☐	Yok
Sistemin yaşı	
☐	0-5
☐	6-10
☐	10<
Sistemin kontrolü	
☐	Otomatik
☐	Manuel
SOĞUTMA SİSTEMİ	
Soğuma sistemi	
☐	Doğal havalandırma
☐	İklimlendirme sistemi varsa;
Kullanım tipi	
☐	Merkezi soğutma
☐	Split soğutma
Soğuk havanın geçtiği borularda yalıtım	
☐	Var
☐	Yok
Soğutma kontrolü	
☐	Otomatik
☐	Manuel
AYDINLATMA	
Lamba tipi	
☐	Led
☐	Kompakt floresan
☐	Floresan
☐	Akkor flamanlı
☐	Diğer
Duvar rengi	
☐	Açık
☐	Koyu

EK I – Tablo 1’in devamıdır
Aydınlatma kontrolü
☐ Manuel
☐ Otomatik
Pencereye sahip cephe sayısı
☐ 4
☐ 3
☐ 2
☐ 1
EV ALETLERİ
Buzdolabı enerji sınıfı
☐ A
☐ B
☐ C
☐ D ve altı
Çamaşır Kurutma makinası enerji sınıfı
☐ A
☐ B
☐ C
☐ D ve altı
☐ Çamaşır kurutma makinası yok
Çamaşır makinası enerji sınıfı
☐ A
☐ B
☐ C
☐ D ve altı
Bulaşık makinası enerji sınıfı
☐ A
☐ B
☐ C
☐ D ve altı
Fırının enerji türü
☐ Elektrik
☐ Doğalgaz
☐ LPG
Ocağın enerji türü
☐ Doğalgaz
☐ LPG
☐ Elektrik
ELEKTRİK ÜRETİMİ
Yenilenebilir enerjilerden elektrik üretimi
☐ Var
☐ Yok
Kojenerasyon sistemden elektrik üretimi
☐ Var
☐ Yok

EK II

ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖLÇÜLEN KONUTLARA AİT AYRINTILI PUAN TABLOSU

EK II – Tablo 1 Enerji verimliliği ölçülen konutlara ait ayrıntılı puan tablosu

KRİTERLER	ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖLÇÜLEN KONUTLAR																			
	BURSA										İSTANBUL									
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
DUVARLAR																				
Duvar yapısı	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	20	20	15	15	15	15	15	15	15	15
Dış ortama bakan cephe	15	15	15	10	20	5	10	5	5	20	15	15	10	10	15	10	10	15	15	10
Duvar yalıtımı	0	40	0	25	0	0	25	0	0	0	25	25	0	25	25	0	0	25	0	25
Duvar kabuğu	5	5	10	5	5	5	5	5	5	5	20	5	5	5	5	5	5	10	5	5
Toplam	35	75	40	55	40	25	55	25	25	40	80	65	30	55	60	30	30	65	35	55
Ağırlıklı Toplam	7	15	8	11	8	5	11	5	5	8	16	13	6	11	12	6	6	13	7	11
PENCERELER																				
Pencerelerin cam tipi	15	15	15	15	15	15	15	15	5	5	15	15	10	15	15	5	15	15	15	15
Pencerelerin çerçevesi	25	25	25	15	25	25	25	15	15	25	25	25	20	25	25	15	25	25	25	25
Pencere kapak yalıtımı	25	25	25	0	25	25	25	15	0	25	25	25	12,5	25	25	25	25	25	25	25
Pencerelerin yönü	15	15	15	15	15	10	20	15	15	15	20	15	20	10	10	10	10	20	15	15
Toplam	80	80	80	45	80	75	85	60	35	70	85	80	62,5	75	75	55	75	85	80	80
Ağırlıklı Toplam	12	12	12	6,75	12	11,25	12,75	9	5,25	10,5	12,75	12	9,375	11,25	11,25	8,25	11,25	12,75	12	12
KAPILAR																				
Dış kapı yapısı	15	25	15	25	10	15	15	25	15	25	25	25	25	15	25	25	25	25	25	25
Dış kapı sızdırmazlık	0	25	25	25	0	0	25	25	0	25	25	25	0	0	25	0	0	25	25	0

EK II – Tablo 1’in devamı																				
KRİTERLER	ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖLÇÜLEN KONUTLAR																			
	BURSA										İSTANBUL									
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
Balkon kapıları yapısı	25	25	25	25	15	25	25	25	25	25	25	25	15	25	25	15	25	25	25	25
Balkon kapı sızdırmazlık	25	25	25	25	0	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	0	25	25	25	25
Toplam	65	100	90	100	25	65	90	100	65	100	100	100	65	65	100	40	75	100	100	75
Ağırlıklı Toplam	4,55	7	6,3	7	1,75	4,55	6,3	7	4,55	7	7	7	4,55	4,55	7	2,8	5,25	7	7	5,25
ÇATI																				
Çatı tipi	35	35	20	35	20	5	35	35	10	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Çatı yalıtımı	0	35	0	35	0	0	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Çatı kaplaması	30	30	17,5	30	30	5	10	10	10	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Toplam	65	100	37,5	100	50	10	80	80	55	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Ağırlıklı Toplam	2,6	4	1,5	4	2	0,4	3,2	3,2	2,2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ZEMİN																				
Zemin yalıtımı	0	0	0	0	0	40	40	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	40
Zemin döşemesi	30	30	30	30	30	25	30	20	30	30	25	5	30	27,5	30	25	30	30	20	20
Zeminin atlı	30	30	20	30	20	15	15	10	20	15	30	30	30	30	15	30	30	30	20	30
Toplam	60	60	50	60	50	80	85	30	50	45	55	35	60	97,5	45	55	60	60	30	90
Ağırlıklı Toplam	2,4	2,4	2	2,4	2	3,2	3,4	1,2	2	1,8	2,2	1,4	2,4	3,9	1,8	2,2	2,4	2,4	1,2	3,6
ALAN ISITMA SİST.																				
Kullanım tipi	10	10	10	15	15	15	10	5	10	15	10	10	15	10	10	15	15	10	10	10
Yakıt	20	20	20	20	20	20	20	20	5	20	20	20	20	20	20	20	20	20	15	20
Isıtma sistemi	15	15	15	15	15	15	15	15	5	5	15	15	15	15	15	15	15	15	5	15
Isı taşıyan boru yalıtımı	0	15	15	15	0	0	0	15	0	0	15	0	0	0	15	0	0	15	0	10
Sistemin yaşı	5	5	5	5	15	10	10	15	5	5	15	15	5	10	10	5	5	10	5	10
Sistemin kontrolü	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	50	65	65	70	65	60	55	70	25	45	75	75	55	55	70	55	55	70	35	65
Ağırlıklı Toplam	5	6,5	6,5	7	6,5	6	5,5	7	2,5	4,5	7,5	7,5	5,5	5,5	7	5,5	5,5	7	3,5	6,5

EK II – Tablo 1’in devamı

KRİTERLER	ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖLÇÜLEN KONUTLAR																			
	BURSA										İSTANBUL									
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
SIHHİ SU ISIT. SİST.																				
Yakıt	20	20	20	20	20	20	20	20	5	20	20	20	15	20	20	15	15	20	20	20
Sıcak su boru yalıtımı	0	20	20	20	0	0	20	20	0	20	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0
Sistemin yaşı	5	10	5	5	20	10	20	20	5	20	20	20	20	10	20	20	10	10	5	10
Sistemin kontrolü	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	25	50	45	45	40	30	60	60	10	60	40	40	35	50	40	35	25	30	25	30
Ağırlıklı Toplam	2,5	5	4,5	4,5	4	3	6	6	1	6	4	4	3,5	5	4	3,5	2,5	3	2,5	3
ALAN SOĞUT. SİST.																				
Soğutma sistemi					50			50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Kullanım tipi	10	10	10	10		10	10													
Soğuk hava boru yalıt.	0	35	0	35		35	35													
Soğutma kontrolü	0	0	0	0		0	0													
Toplam	10	45	10	45	50	45	45	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Ağırlıklı Toplam	1	4,5	1	4,5	5	4,5	4,5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
AYDINLATMA																				
Lamba tipi	30	30	30	30	15	30	30	30	15	25	30	30	17,5	30	30	17,5	30	30	30	30
Duvar rengi	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Aydınlatma kontrolü	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pencereye sahip cephe	10	10	10	10	5	15	10	10	10	10	10	5	15	10	10	15	15	10	10	15
Toplam	60	60	60	60	40	65	60	60	45	55	60	55	52,5	60	60	52,5	65	60	60	65
Ağırlıklı Toplam	6	6	6	6	4	6,5	6	6	4,5	5,5	6	5,5	5,25	6	6	5,25	6,5	6	6	6,5

EK II – Tablo 1’in devamı																				
KRİTERLER	ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖLÇÜLEN KONUTLAR																			
	BURSA										İSTANBUL									
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
EV ALETLERİ																				
Buzdolabı	10	35	35	35	35	35	35	35	10	35	35	10	30	30	20	10	10	12	35	35
Çamaşır kurutma mak.	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Çamaşır makinesi	5	10	15	15	5	15	15	15	0	15	10	10	15	12	12	12	12	12	10	15
Bulaşık makinesi	5	5	15	0	5	15	15	15	0	15	10	10	12	12	15	0	12	12	15	15
Fırın	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	7	10	10	10	10	10
Ocak	10	10	10	10	10	10	10	10	7	10	10	10	7	10	10	7	7	10	10	10
Toplam	55	85	100	85	80	100	100	100	42	100	90	65	89	89	79	54	66	71	95	100
Ağırlıklı Toplam	5,5	8,5	10	8,5	8	10	10	10	4,2	10	9	6,5	8,9	8,9	7,9	5,4	6,6	7,1	9,5	10
Y.BİLİR EN. KUL.																				
Y.bilir en. ile elk.	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kojenerasyon sistem	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ağırlıklı Toplam	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	48,55	70,9	57,8	61,65	53,25	54,4	68,65	59,4	36,2	62,3	73,45	65,9	54,475	65,1	65,95	47,9	55	67,25	57,7	66,85
ENERJİ SINIFI	E	C	D	D	D	D	C	D	F	D	C	C	D	C	C	E	D	C	D	C

ÖZGEÇMİŞ

Enes ÇETİNKAYA 1986 yılında Bursa’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Bursa’da tamamladı. 2004 yılında Bursa Demirtaşpaşa Teknik Lisesi Elektrik Bölümünden mezun oldu. 2005 yılında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü’ne yerleşti. 2009 yılında Aynı yerden mezun oldu. Aynı yıl içinde Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Eğitimi Bölümünde lisansüstü eğitime başladı. Halen Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Eğitimi Bölümünde eğitimine devam etmektedir.