



T.C.
Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

**ULUSAL VE ULUSLARARASI YEŞİL BİNA
SERTİFİKASYONLARININ ENERJİ PERFORMANSI
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ayşe Fidan ALTUN

Yüksek Lisans Tezi



**ULUSAL VE ULUSLARARASI YEŞİL BİNA
SERTİFİKASYONLARININ ENERJİ PERFORMANSI
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ayşe Fidan ALTUN



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ULUSAL VE ULUSLARARASI YEŞİL BİNA SERTİFİKASYONLARININ ENERJİ
PERFORMANSI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ayşe Fidan ALTUN

Prof. Dr. Muhsin KILIÇ

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2016

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

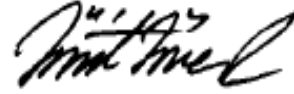
Ayşe Fidan ALTUN tarafından hazırlanan "Ulusal ve uluslararası yeşil bina sertifikasyonlarının enerji performansı açısından değerlendirilmesi" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Muhsin Kılıç

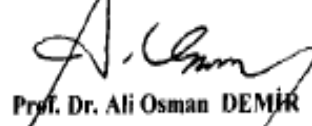
Başkan: Prof. Dr. Muhsin Kılıç

Üye: Doç. Dr. Erhan Pulat

Üye: Yrd. Doç. Dr. Ümit Ünver



Yukarıdaki sonucu onaylarım.



Prof. Dr. Ali Osman DEMİR

Enstitü müdürü

01.08.2016

U.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

29/07/2016

İmza

Ad ve Soyad

Ayşe Fidan Altun

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ULUSAL VE ULUSLARARASI YEŞİL BİNA SERTİFİKASYONLARININ ENERJİ PERFORMANSI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ayşe Fidan ALTUN

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Muhsin Kılıç

Günümüzde, fosil bazlı enerji kaynakları hızla tükenmekte olup, bu kaynakların salınımlarının sebep olduğu küresel ısınma ve çevresel kirlilik insanoğlunun en büyük problemleridir. Çevresel kirliliğin ve özellikle de sera gazı emisyonlarının 1/3 ünden fazlasının inşaat sektörü kaynaklı olması nedeniyle, dünya çapında inşaat sektörü, bu konudaki ilgili standartları kullanarak oluşturdukları çevre dostu çözümleri ön plana çıkartmaya başlamışlardır. Türkiye’deki ve dünyadaki yapıların büyük bir çoğunluğu, enerji verimliliği bilinci oluşmadan önce inşa edilmiştir. Bu sebeple, mevcut binalarda ciddi anlamda bir enerji tasarruf potansiyeli vardır. Bu çalışmada, yeşil bina sertifika sistemlerinden, uluslararası camiada en yaygın kullanılanlar, ABD’de oluşturulan “Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)”, İngiltere’de oluşturulan “Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM)” ve Türk Standartları Enstitüsü’nün (TSE) hazırlamış olduğu Ulusal Yeşil Bina Sertifikası özetlenmekte ve bu sistemlerin değerlendirme yöntemleri, içerikleri, performans kriterleri, enerji performans sınıflandırma ölçütleri açısından karşılaştırılmıştır. Ayrıca mevcut bir otel binası, Türk Standartları Enstitüsü Yeşil Bina Sertifikasyonu enerji verimliliği kriterlerine uygun olarak, maliyet etkin enerji verimli yenileme yoluyla yenilenerek enerji tasarrufu sağlanmış ve sera gazı salınımları azaltılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji verimliliği, yeşil binalar, sürdürülebilir tasarım

2016, i, +96 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

A COMPARATIVE REVIEW OF NATIONAL AND INTERNATIONAL GREEN BUILDING ASSESMENT SCHEMES BASED ON ENERGY PERFORMANCE

Ayşe Fidan ALTUN

Uludağ University
Graduate School of Engineering
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Muhsin KILIC

Recent studies indicate that the demand for sustainable building facilities with minimal environmental impact is increasing. Rising energy costs and growing environmental concerns are the catalysts for such high demand. The environmental and human health benefits of sustainable buildings have been widely recognized. As a result, worldwide, individuals and organizations have responded to the increased demand for green buildings. Many countries and international organizations have initiated rating systems for sustainable construction. Currently, a number of different rating systems are used to rate the environmental performance of the buildings. These include but not limited to: United States's LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), United Kingdoms's BREEAM and Turkey's TSE. Among the buildings in any country, existing buildings are more energy inefficient than the new ones. As a result, building energy efficiency retrofit plays a crucial role in order to achieve sustainable building targets. The outcome of this paper is an objective comparison of national and international rating systems and assesses a project which is energy efficiently retrofitted according to the criteria of TSE Green Building Certificate's Energy related credits. Results from the analysis prove that energy efficiency retrofit, helped to decrease in energy consumption of the building and eventually reduced operational expenditures and greenhouse gas emissions in a very short payback period.

Key words: Green buildings, sustainable design, energy retrofiting

2016, ii, +96 p

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca, değerli bilimsel görüş ve tecrübeleriyle beni sürekli yönlendiren danışmanım Prof. Dr. Muhsin Kılıç'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tez ile alakalı verilerin temininde desteklerini esirgemeyen BİYTAŞ A.Ş. firmasına, özellikle de tecrübeli makine mühendisi Sayın Suat Gülçimen'e teşekkürlerimi sunarım.

Diğer yandan bana eğitimin önemini benimseten ve araştırmacı kimliği kazanmamı sağlayan çok değerli anne ve babama, çalışmamın hiçbir aşamasında beni yalnız bırakmayan, hep daha ileriye gidebilmem adına beni teşvik eden sevgili eşim Enes Altun'a ve her zaman yanımda olan kardeşlerim Fatma Nur, Mehmet Ali ve Rümeysa'ya çok teşekkür ederim.

Ayşe Fidan ALTUN

...../...../.....

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ÖNSÖZ	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
Tezin Amacı.....	1
Araştırma Soruları.....	2
Sınırlar	3
BÖLÜM 2. KAYNAK TARAMASI.....	4
2.1 Sürdürülebilir Tasarım ve Yeşil Bina Tanımı.....	4
2.2. Yeşil Binaların İncelenmesi Gereken Ana Konuları	7
2.2.1. Su	7
2.2.2. Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kullanımı	9
2.2.3. Malzeme ve kaynaklar	13
2.2.4. İç ortam kalitesi	15
2.2.5. Konutta yaşam	18
2.2.6 Bütünleşik yeşil bina yönetimi	19
2.2.7 Arazi kullanımı	19
2.2.8 İşletme ve bakım.....	20
2.3 Yeşil Bina Sertifika Sistemleri	21
2.3.1 LEED Bina değerlendirme sistemi	28
2.3.2 BREEAM Bina değerlendirme sistemi.....	29
2.3.3 Türk Standartları Enstitüsü (TSE) Güvenli Yeşil Bina Sertifikası.....	32
2.4 Mevcut Binalarda Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinin Kullanılması.....	32
2.5 Yapı bilgi sistemi (Building information modeling)	33
2.5.1 Enerji performans simülasyonları.....	34
2.5.1.1 Enerji etkinliğini ölçen simülasyon programları	34
2.5 Türkiye’de Otelcilik Sektörü ve enerji tüketimi	42
BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM	45
3.1 Materyal.....	45
3.1 Örnek Binanın Tanıtımı.....	46
3.2 Ölçümlerde Kullanılan Ekipman ve Cihazlar.....	51
BÖLÜM 4. BULGULAR VE TARTIŞMA	58

4.1 Binadaki yapı elemanlarının termal analizi	58
4.1.1 Dış Duvar	58
4.3 Debi ölçümleri	69
4.4 Tesisin elektrik üretimi	69
4.5 2015 Yılı Binanın Enerji Tüketimi	71
4.6 Emisyon hesabı	74
4.7 Binalarda yakıt sarfiyatı hesabı.....	76
4.8 İyileştirme Alternatifi	76
4.8.1 İyileştirme alternatifine ilişkin ısıtma enerjisi harcamalarının hesaplanması.77	
4.9 Yeni Sistemin TSE Yeşil Bina Sertifikası'na göre değerlendirilmesi.....	79
4.10 Bulgular	85
BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER	90
5.1 Sonuçlar	90
5.2 Öneriler	92
ÖZGEÇMİŞ	96

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklamalar
SO ₂	Sülfür Dioksit
NO ₂	Azot Dioksit
m ²	Metrekare
CO	Karbon Monoksit
°C	Santigrat Derece

Kısaltmalar	Açıklamalar
USGBC	United States Green Buildings Council
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
BEP-TR	Binalarda Enerji Performansı Yazılımı
EKB	Enerji Kimlik Belgesi
CFC	Kloroflorokarbon gazları
FSC	Forest Stewardship Council
VOC	Volatile Organic Compound
BTS	Bütünleşik Tasarım Sistemi
ÇEDBİK	Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
kWh	Kilo Watt Saat
BIM	Building Information Management
HVAC	Isıtma, soğutma ve havalandırma
TEP	Ton eşdeğer petrol
HDD	Isıtma derece gün sayısı
CDD	Soğutma derece gün sayısı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Türkiye’de sektörel bazda enerji tüketimi	4
Şekil 2.2 Türkiye’deki toplam enerji arzının kaynaklara göre dağılımı (2009).....	4
Şekil 2.3 Türkiye’nin ham petrol ithal kaynakları (2009-2011)	5
Şekil 2.4 Yaşam Döngüsü Analizi’nin aşamaları	14
Şekil 2.5 Enerji kimlik belgesi (http://www.csb.gov.tr/)	25
Şekil 2.6 LEED v.4. değerlendirme sistemi (yüzdesel)	28
Şekil 2.7 TSE güvenli & yeşil bina sertifikası değerlendirme sistemi (yüzdesel)	28
Şekil 2.8 Bep-Tr programı veri akış şeması.....	42
Şekil 3.1 Çağlayan Otel Resim	48
Şekil 3.2 Oylat Termal Otel Vaziyet Planı	50
Şekil 3.3 Oylat Termal Otel Mimari	51
Şekil 3.4 Türkiye’nin TSE standartlarına göre ayrılan ısı yalıtım bölgeleri	52
Şekil 3.5 Lobi aydınlatma	53
Şekil 3.6. Termografik ölçümde kullanılacak cihaz.....	46
Şekil 3.7. Dünya’da (elektrik hariç) jeotermal enerji kullanım alanları	47
Şekil 4.1 Dış duvar yapı bileşenleri	49
Şekil 4.2 Tavan yapı bileşenleri	51
Şekil 4.3 Taban yapı bileşenleri	52
Şekil 4.4 Bina ön cephe termal kamera çekimleri.....	53
Şekil 4.5 Bina ön cephe termal kamera çekimleri.....	54
Şekil 4.6 Bina arka cephe termal kamera çekimleri.....	54
Şekil 4.7 Bina arka cephe termal kamera çekimleri.....	55
Şekil 4.8 Bina termal kamera çekimleri	55
Şekil 4.9 Tesisat termal kamera çekimleri	56
Şekil 4.10 Tesisat termal kamera çekimleri	56
Şekil 4.11 Lobi Aydınlatma	57
Şekil 4.12 Restaurant Aydınlatma.....	57
Şekil 4.13 Toplantı Salonu Aydınlatma	59
Şekil 4.14 Oda Aydınlatma	59
Şekil 4.15 Restaurant Aydınlatma.....	59
Şekil 4.15 Cihazların yıllık kapasite kullanım miktarları	62
Şekil 4.16 Tesise ait enerji kimlik belgesi	66
Şekil 4.17 Tesise ait enerji kimlik belgesi	68

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Normal ve sensör kumandalı musluklardaki su tüketimi.....	9
Çizelge 2.2 Bazı iç hava kirleticilerinin kaynakları	17
Çizelge 2.3 Uluslararası sertifikasyon sistemlerinin karşılaştırılması	26
Çizelge 2.4 TSE ve LEED sertifika sistemlerinin karşılaştırılması	27
Çizelge 2.5 LEED sınıflandırması	30
Çizelge 2.6 BREEAM EUROPE COMMERCIAL (2009)'da enerji ile ilgili puanlar...	32
Çizelge 2.7. Birincil enerji tüketimlerine göre enerji sınıfı (EP)	40
Çizelge 2.8. Nihai enerji tüketimlerine göre sera gazı emisyon sınıfı (SEG).....	40
Çizelge 2.10. Birincil enerjiye göre referans göstergesi (RG) (kWh/m ² -yıl).....	41
Çizelge 2.11. Nihai enerji cinsinden referans göstergesi (SRG) (kg eşd. CO ₂ /m ² .yıl).	41
Çizelge 2.12. Bakanlık belgeli tesisler, 2012 (Kültür ve Turizm Bakanlığı).....	43
Çizelge 2.13. Belediye belgeli tesisler, 2012 (Kültür ve Turizm Bakanlığı).....	44
Çizelge 2.14. Küresel turizm emisyonunun sektörler bazında etkisi	44
Çizelge 3.1 İnegöl Coğrafi Özellikleri	48
Çizelge 3.2 Bursa için tasarım sıcaklıkları.....	48
Çizelge 3.3 Bursa için derece gün sayıları (http://www.mgm.gov.tr)	49
Çizelge 3.4 İş güvenliği tüzüğü otel aydınlatma lüks değerleri.....	53
Çizelge 3.5 Bursa ili ve çevresinde ölçülen jeotermal suların fiziksel özellikleri	48
Çizelge 4.1 TS 825'te verilen derece gün bölgeleri	50
Çizelge 4.2 Dış duvar yapı bileşenleri	51
Çizelge 4.3 Tavan yapı bileşenleri	52
Çizelge 4.4 Taban yapı bileşenleri	53
Çizelge 4.5 Bina yapı malzemelerinin ısı geçirgenlik katsayıları.....	53
Çizelge 4.6 Lüksmetre ölçüm değerleri.....	59
Çizelge 4.7 Otel hidroelektrik santralinde elektrik üretimi.....	61
Çizelge 4.8 Mahallerin Debi Ve Enerji Ölçümleri.....	63
Çizelge 4.9 Binanın aylık bazda toplam enerji tüketimi	65
Çizelge 4.10 Otel binası elektrik ve kömür tüketimi birim maliyeti	65
Çizelge 4.11. Aylara Göre Toplam Elektrik Enerjisi ve Derece Gün Sayısı	58
Çizelge 4.12. Aylara Göre Toplam Kömür Tüketimi ve Derece Gün Sayısı	59
Çizelge 4.13. Hesaplamalarda kullanılan yakıt türlerinin FSEG dönüşüm katsayıları..	60
Çizelge 4.14. Bazı yakıt türlerinin alt ısı değerleri	60
Çizelge 4.15. Yakıtların birim fiyatları (13 Nisan 2016)	61
Çizelge 4.16 Yeni sistemin yıllık enerji tüketimi.....	65

Çizelge 4.17 Örnek binanın TSE kriterlerine göre aldığı puanlar	66
Çizelge 4.18 Isı ihtiyacına göre yıllık yakıt tüketimi, yakıt maliyeti, emisyon miktarı..	70
Çizelge 4.19 Sistem ilk yatırım maliyeti.....	72
Çizelge 4.20 Net bugünkü değer hesabı.....	74



BÖLÜM 1. GİRİŞ

Tezin Amacı

Küresel ısınma, çevre kirliliği, fosil yakıt kaynaklarının tükenmesi gibi sorunlar, gerek ülkemizde, gerekse uluslararası camiada çözüm bulunması gereken sorunlar olarak karşımıza çıkmaktadır. İnşaat sektörü küresel kaynakların % 40'ını, içilebilir su rezervlerinin %12'sini, orman ürünlerinin %55'ini, ham maddelerin %40'ını tüketmekte, atıkların %45-65'ini ve zararlı gaz emisyonlarının % 48'ini üretmektedir (Süzer 2014). Bu sebeple ortaya çıkan yeşil bina değerlendirme sistemleri, dünya çapında hızla gelişmekte ve kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu sistemlerin hepsi temelde aynı amaçla ortaya çıkmış olup, methodsal farklılıklara sahiplerdir. ABD'de oluşturulan "Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)", İngiltere'de oluşturulan "Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM)" ve Türk Standartları Enstitüsü'nün (TSE) hazırlamış olduğu Ulusal Yeşil Bina Sertifikası bunlardan bazılarıdır.

Mevcutta var olan binalar, yeni yapılanlara göre, enerji tüketimi açısından çok daha verimsizdir. Bu sebeple, hali hazırda var olan binaların, enerji etkin hale getirilmesi, ülkelerin enerji verimliliği hedeflerini yakalamaları için kaçınılmazdır. Enerji etkin yenileme, yalnızca enerji tüketimini azaltmakla kalmaz, termal konfor ve kullanıcı sağlığında da olumlu gelişmelere sebep olur.

Bu tezin amacı, yeşil bina sertifikasyonlarını mekanik tasarım açısından incelemek ve binaların enerji etkinliğini arttırmada yol göstericiliklerini sorgulamaktır. Ayrıca mevcut bir binaya, yeşil bina sertifikasyonları ışığında yapılacak enerji etkin yenileme çalışmasının, çevreye, kullanıcılara ve mülk sahibine yapacağı katkıları araştırmaktır.

Bu çalışma kapsamında, "Sürdürülebilir bina" kavramı üzerine detaylı bir kaynak taraması yapılmıştır. İkinci bölümde, son yılların en önemli kavramlarından biri olan "Yeşil Bina" kavramının tanımı verilmiş, bu kavrama erişebilmek adına yol gösterici olan, ulusal ve uluslararası sertifika sistemleri irdelenmiş ve bu sistemlerin birbirleriyle olan benzerlik ve farklılıkları kıyaslanmıştır. Ayrıca, yeşil bina sertifika sistemlerinin

bir çoğunun değindiği, enerji performansını ölçen simülasyon programları tanıtılmış, özellikle bu teze konu olan uygulama projesinde kullanılan simülasyon programı, BEP-TR programının analiz yöntemi incelenmiştir. Son olarak ise, Türkiye’de turizm otelcilik sektörüne yönelik, genel bir projeksiyon verilmiş, istatistiki değerler sunulmuştur.

Üçüncü bölümde ise, ulusal yeşil bina standartlarına bağlı olarak (Türk Standartları Enstitüsü Güvenli ve Yeşil Bina Standartları), mevcutta var olan bir otel binasının enerji etkinliğini arttırmak adına izlenecek yol ve yöntemlere değinilmiştir. Bu kapsamda yapılması gereken ölçümler, otelin mimari detayları, bulunduğu coğrafyanın iklimsel verileri sunulmuştur.

Dördüncü bölümde, otelin kullandığı enerjiyi azaltmak amacıyla, enerji kayıplarının oluştuduğu bölge ve etkenler analiz edilmiş ve otel binasının ihtiyacını en aza indirgenmesi, maksimum verimliliğin sağlanması ve mümkün mertebe yenilebilir enerji kaynaklarını kullanan sistemler tasarlanması hedeflenmiştir. TSE Yeşil Bina Sertifikasyonu enerji verimliliği kriterleri baz alınarak, maliyet etkin mekanik tasarım yapılmış, bunun sonucunda, enerji tüketim değerleri, sera gazı salınım miktarları azaltılmıştır. Tasarlanan projenin yatırımcı açısından avantajlı olup olmadığı sorgulanmış ve bu kapsamda “Net Bugünkü Değer” ve “Geri Ödeme Süre Hesabı” metotlarıyla ekonomik analizler yapılmıştır. Ekonomik analizler yapılırken, iyileştirme paketlerinin birim fiyatları için piyasa araştırması yapılmış ve ortalama değerler dikkate alınmıştır. Yapılan tüm analizler sonucu edinilen bulgular bu bölümde sunulmuştur.

Beşinci bölümde, mevcut binaların enerji etkin yenilenmesinin çevresel ve ekonomik anlamda önemi vurgulanmış, daha ileriki araştırmalar için görüş ve öneriler belirtilmiştir.

Araştırma Soruları

Bu tez kapsamında, aşığıdaki soruların cevaplanması hedeflenmiştir.

- 1) LEED ve Türk Yeşil Bina Değerlendirme Sistemi’nin gereklilikleri nelerdir? Mekanik tasarım açısından ikisinin arasında ne gibi farklılıklar vardır ?

- 2) LEED ve diğer yabancı yeşil bina sertifikasyonlarının Türkiye’de uygulanabilirliği nasıldır?
- 3) Mevcut binalara, bu sistemlerin uygulanması söz konusu olabilir mi? Olması durumunda ne gibi kazanımlar elde edilir?
- 4) Türk Yeşil Bina Değerlendirme Sistemi’nin enerji verimliliği kriterleri baz alınarak, mevcut bir otel binası mekanik yenileme çalışmasının, binanın sera gazı salınım miktarı, enerji tüketim değerlerine ne gibi bir etkisi olur?

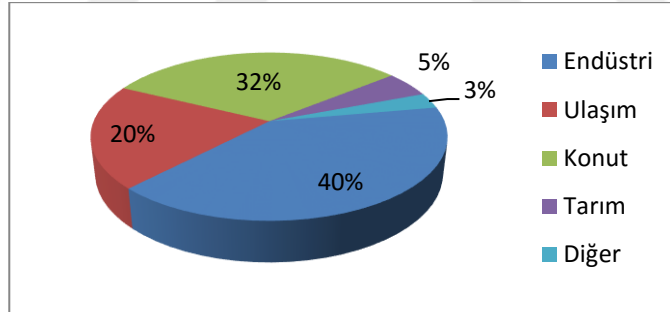
Sınırlar

Bu tezde, LEED ve Türk Yeşil Bina Değerlendirme Sistemi, yalnızca mekanik tasarım alanında değerlendirilmiştir. Mekanik tasarım dışındaki kriterler, makine mühendisliği anabilim dalının dışında kaldığından tez konusu kapsamında ele alınmamıştır.

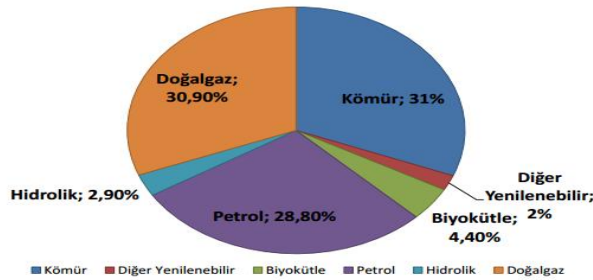
BÖLÜM 2. KAYNAK TARAMASI

2.1 Sürdürülebilir Tasarım ve Yeşil Bina Tanımı

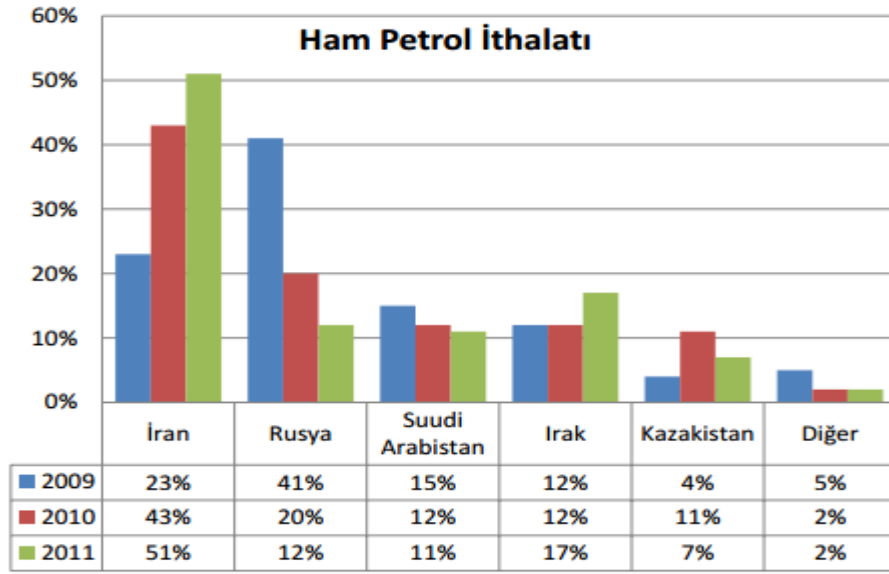
Son yıllarda, dünyanın en büyük 17. ekonomisi olan Türkiye, ciddi bir ekonomik büyüme yaşamış ve 2013-2015 yılları arasındaki enerji tüketimi yıllık % 4,5 oranında artış göstermiştir (Ferdos 2015). Şekil 2.1’de Türkiye’de sektörel bazda enerji tüketimi verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere, konut ve endüstri ülkemizde en çok enerji tüketen sektörlerdir. Türkiye’nin enerji üretim ve tüketim değerleri arasında ciddi bir farklılık vardır ve ülke neredeyse petrol ve diğer sıvı yakıtların çoğunu dışarıdan ithal etmektedir (Şekil 2.3). Şekil 2.2.’de Türkiye’deki toplam enerji arzının kaynaklara göre dağılımını göstermektedir. Her ne kadar kömürde kendi kaynaklarına sahip olsa da, Türkiye’nin doğalgaz ve petrolde dışa bağımlı olması, enerji stratejilerinin belirlenmesinde etkin rol oynamaktadır (www.enver.org.tr, 2016). Türkiye Cumhuriyeti Devleti, ülkenin enerji sektöründeki dışa bağımlılığını azaltmayı hedeflemektedir. Bu sebeple, enerji verimliliği ülke için kritik bir konudur.



Şekil 2.1. Türkiye’de sektörel bazda enerji tüketimi



Şekil 2.2. Türkiye’deki toplam enerji arzının kaynaklara göre dağılımı (2009)



Şekil 2.3. Türkiye'nin ham petrol ithal kaynakları (2009-2011)
(Enerji Piyasası Denetleme Kurumu, 2012)

Günümüzde dünyayı tehdit eden su, malzeme, kaynak ve enerji tüketiminin, karbondioksit salınımının ve sera gazı emisyonlarının hızla artması küresel bir sorun haline gelmiştir. Özellikle inşaat sektörü, bina yapım ve kullanım aşamalarında diğer sektörlerin önüne geçerek, karbon salınımını daha fazla arttırmaktadır. Gerek Türkiye'de gerek Dünya'da, doğal kaynakların üçte birini kullanan bu sektör toplam su kaynaklarının, %12'sini kullanırken, toplam katı atığın %40'undan sorumludur (Erten, 2011). Amerikan Yeşil Bina Konseyi'ne göre (USGBC 2009), Amerika Birleşik Devletleri'nde binalar;

- Toplam elektrik tüketiminin %72'sinden
- Toplam enerji tüketiminin %39'undan
- Toplam Karbondioksit emisyonunun %38'inden
- Toplam hammadde tüketiminin %40'undan
- Toplam katı atığın %30'undan
- Toplam içme suyu tüketiminin %14'ünden sorumludur.

Küresel iklim değişikliği, su kaynaklarının tükenmekte oluşu, çevre, hava kirliliği ve doğal kaynakların hızla azalıyor olması yapı sektöründe çevre dostu, sürdürülebilir

binaların yapılmasını kaçınılmaz kılmıştır. Yeşil bina, sürdürülebilir veya enerji etkin olarak da adlandırılabilir. Yeşil binalar, enerjiyi etkin, su ve diğer doğal kaynakları tahrip etmeden kullanıp güvenli, konforlu ve sağlıklı bir iç mekan temin ederler. Bu binalar, enerji ve kaynak kullanımında çevreye minimum tahribat vermeyi ve kullanıcı sağlığı, çalışan verimliliğini en iyi seviyede tutmayı hedeflerler. Yeşil binaların temel hedefleri genel olarak:

- Fosil kaynak kullanımının minimuma indirilmesi
- Çevrenin tahrip edilmemesi
- Toksiklerin kullanımının azaltılması veya hiç kullanılmamasıdır.

Yeşil binalar üzerinde yapılan çalışmalar, yapıların sürdürülebilirlik kriterlerine göre tasarlanması ve inşa edilmesi durumunda, geleneksel yöntemlerle tasarlanmış ve inşa edilmiş diğer yapılara göre, enerji tüketiminde %24 ile %50 arasında, CO₂ emisyon salınımlarında %33 ile %39 arasında, su tüketiminde %30 ile %50 arasında, katı atık miktarında %70 oranında ve diğer maliyetlerde ise %13 oranında azalma sebep olabileceğini göstermektedir (www.usgbc.org, 2015). Bu çalışma kapsamında yeşil bina performans değerlendirme sistemleri ve uluslararası sertifika programları incelenmiş olup, yeşil bina performansını etkileyen kriterler aşağıda listelenmiştir. Yeşil Binaların incelenmesi gereken ana konuları bir sonraki başlık altında detaylandırılmıştır.

- 1- Yönetim (Saha Yönetimi): Binanın inşaat sırasında çevreye verecek olduğu fiziksel ve sosyal etkiyi minimuma indireyecek olan faktörleri içermektedir.
- 2- Arazi Seçimi ve Ekolojik Değerler: Binanın yapılacağı arazinin özelliklerine yönelik faktörleri içermektedir.
- 3- Binaya Ulaşım: Binaya toplu taşımacılığın sağlanması, sosyal tesislere olan yakınlık, bina çalışanlarına sağlanabilecek alternatif ulaşım yöntemleri ve bunların altyapısının hazırlanması, düşük emisyonlu taşıma araçlarının kullanılması vb. konulardır.
- 4- Su Tüketimi: Binanın inşaatı ve kullanım ömrü boyunca kullanılacak olan suyun etkin kullanımına ilişkin kriterleri kapsamaktadır.

- 5- Enerji Harcamaları: Enerjinin etkin kullanımı, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, enerji tüketiminin doğru bir şekilde ölçülebilmesi, CO₂ emisyonlarının azaltılması vb. parametrelerin değerlendirilmesi yapılmaktadır.
- 6- Malzemeler ve Kaynaklar (Temin ve Kullanım): Binanın yapımında kullanılan malzemelerin ve kaynaklarının tiplerini ve özelliklerini tariflemektedir.
- 7- Bina içi Konfor Şartları (Bina İç Hava Kalitesi): Binanın iç hava kalitesini etkileyen, havalandırma, aydınlatma, gün ışığı, ses gibi konuları kapsamaktadır.
- 8- Kirlilik (Hava-Su-Toprak): Binada kullanılan ısıtma, soğutma ve diğer sistemlerden kaynaklanan atıkların, çevreye olan etkilerini içermektedir.
- 9- Atıklar (Katı-Sıvı-Gaz): Bina kullanımı boyunca oluşacak atıkların yönetilmesi ve geri dönüştürülmesine yönelik kriterleri içermektedir.
- 10- Tasarım ve inşaat aşamasında öngörülen yeni metotlar (Inovasyon): Yukarıda belirtilen maddeler dışında veya bu maddelere ilave olarak kullanılacak, yenilikçi çözümlerdir.

2.2. Yeşil Binaların İncelenmesi Gereken Ana Konuları

2.2.1. Su

Su dünyanın en kıymetli kaynaklarından biridir. Dünyadaki su kaynaklarının ancak %2,5'i içilebilir su kaynağıdır (Erten 2011). Bunun da %70'i buzullarda, toprakta, atmosferde, yeraltı sularında bulunur ve kullanılması çok zordur. Diğer taraftan dünya nüfusunun hızla artış göstermesi ve su kaynaklarının değişmemesi nedeniyle su gün geçtikçe daha büyük bir ihtiyaç haline gelmekte ve suyun önemi zamanla daha kritik olmaktadır. Bu sebeple bina tasarımı yapılırken, su verimliliğine azami önem gösterilmelidir.

LEED sertifikası, yeşil binalarda su verimliliği kapsamında aşağıda belirtilen kriterleri inceler (Erten 2011);

- Önşart- Su kullanımını azaltma
- Kredi 1- Peyzaj etkin sulama
- Kredi 2- Yenilikçi atıksu teknolojileri
- Kredi 3- Su kullanımını azaltma

TSE Güvenli-Yeşil Bina sertifikasının suyun etkin kullanımı kategorisi kapsamında incelediği kriterler de aşağıda sıralanmıştır;

- Su tüketiminde tasarruf (16 puan)
- Su kayıplarını önleme (4 puan)
- Atık su arıtma ve değerlendirme (8 puan)
- Yağmur/yeraltı suyu akışı kontrolü (5 puan)

Buna göre, her iki sertifika sisteminin de, su kullanımını azaltmaya ve kullanılan suyun en verimli şekilde kullanılmasına yönelik kriterler belirlediği görülür. Bu kriterler aşağıda daha detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Peyzaj etkin sulama: Bu kredinin amacı, standart bir binanın, yaz aylarında, proje sitesi veya çevresinden peyzaj sulaması için, içme suyu ve/veya yeraltı suyu kaynaklarının kullanımını azaltmaktır (Erten 2011). Su tüketimini etkin şekilde azaltabilmek için, taleplerin azaltılması ve bunların etkin bir şekilde sürdürülebilir olarak tedarik edilmesi gerekmektedir. Taleplerin azaltılması kapsamında, bitkiler gruplanarak dikilebilir, çim alanları azaltılabilir, iklim koşullarına uygun bitki seçimleri yapılabilir (Erten 2011). Taleplerin etkin bir şekilde karşılanması kapsamında ise, damla, mikro sulama sistemleri gibi yüksek verimli bir sulama sistemi tercih edilebilir. Tedariğin sürdürülebilir olması ise, yağmur suyu depolanması, atık su geri kazanımı gibi alternatif su kaynaklarının en etkin şekilde kullanılması ile mümkündür.

Yenilikçi atık su teknolojileri: Atık suların arıtılmadan doğaya deşarj edilmesi, olumsuz çevresel etkilere sebep olmaktadır (Yeşil Bina Sertifika Kılavuzu 2013). Bu kredinin amacı, atık su oluşumunu ve temiz su talebini azaltmaktır. Bu kapsamda, atık suyun en az yüzde 50'si arıtılarak, binalardaki tuvaletlerde rezervuar suyu olarak veya sulama amaçlı kullanılabilir. Arıtılmış su, binalara ayrı besleme hattıyla ulaştırılır.

Su kullanımını azaltma: Bu kredi kapsamında, su şebekesi sistemindeki armatürler ele alınır. Örneğin, genel tuvaletlerde sensör kumandalı musluklar ve perlatör kullanılabilir. Binada kullanılacak çamaşır ve bulaşık makineleri suyu verimli kullanan cinsten seçilmelidir. Çizelge 2.1'de görüldüğü üzere, normal ve sensörlü muslukların her ikisinde de 8,3 l/dak akış olduğu kabul edilirse, el yıkama başına 4 litre su tasarrufu

sağlanabilir (Küçükçalı 2005). Aynı zamanda sensör kumandalı musluklara alışan kullanıcılar normal muslukları açık bırakıp gidebilmektedirler. Örneğin 1000 kişinin çalıştığı bir ofis binasında, ortalama her kişi günde üç defa sensörlü musluğa sahip lavaboda elini yıkasa, bu haftada 15.000 el yıkamaya ve 60.000 litre su tasarrufuna karşı gelir (Küçükçalı 2005). Ayrıca, klozetlerde iki kademeli sifon sisteminin olması, yine su kullanımını önemli ölçüde azaltacaktır (Heperkan ve ark. 2010). Çift kademeli sifon sistemleri, katı ve sıvı atıkları yıkamada farklı su miktarları sağlayarak, sadece idrar halinde daha az bir suyla yıkama imkanı vermiş olur (Küçükçalı 2005).

Çizelge 2.1 Normal ve sensör kumandalı musluklardaki su tüketimi (Küçükçalı, 2005)

Ölçümler	Normal Musluk	Sensör Kumandalı Musluk	Tasarruf (Fark)
El Yıkama İşleminde Kullanılan Su Miktarı	4,6 l	0,6 l	4,0 l

Yeşil bina sertifikasyonlarındaki su kredileri, birbirini tamamlar niteliktedir. Temel amaç, su tasarrufu önlemleri ve yenilikçi teknolojiler ile suyun etkin kullanımını sağlamaktır.

2.2.2. Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kullanımı

Günümüzde doğal kaynakların sınırsızca kullanımı ve giderek tükenmekte oluşu beraberinde pek çok sorun getirmiştir. Bu durum, sera gazı üretiminin sınırlandırılması, enerjinin daha verimli kullanılmasını ve temiz, sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelimi kaçınılmaz kılmıştır. Yeşil binalarda enerji konusu, sürdürülebilir enerji kaynaklarını kullanmak ve enerji kullanımını daha efektif hale getirmek adına pek çok yöntem sunar.

Yeşil bina değerlendirme sistemleri, temelde CO₂ salınımlarının düşürülmesini ve enerji tüketiminin azaltılmasını hedefler. Enerji verimliliği kapsamında, TSE Güvenli-Yeşil Bina sertifikasının puan verdiği kriterler aşağıda sıralanmıştır;

- İşletmeye alma, işletme ve bakım, farkındalık (21 puan)

- Bina sınıfı (18 puan)
- Enerji verimliliği (21 puan)
- Yenilenebilir enerji kullanımı (48 puan)
- Enerji verimli aletler (3 puan)
- Ek bina bileşenleri: asansör, dış aydınlatma vb. (6 puan)
- Enerji güvenliği ve kalitesi (3 puan)

Ayrıca “Karbon ayak izi” adı altında ayrı bir kategoride sera gazı ölçümlerine göre binayı değerlendirmektedir.

LEED sertifika sistemi de, benzer olarak;

- İşletmeye alma
- Minimum enerji performansı
- Yenilenebilir enerji kullanımı
- Soğutucu gaz yönetimi
- Ölçüm ve doğrulama

gibi enerji verimliliği kriterlerine puan vermektedir.

Ölçüm ve doğrulama

Enerji verimliliği kavramına verilen önemin artmasıyla birlikte, yapıların, enerji performans ölçümlerinin hızlı ve etkin şekilde yapılması kaçınılmaz olmuştur. Bu kapsamda, başlangıçta, binanın yaşam süresi boyunca tüketeceği CO₂ salınımlarını ve tüketeceği toplam enerjiyi hesaplamak amacıyla, çeşitli simülasyon programları kullanılarak, detaylı dinamik enerji modellemesi yapılabilir. Ülkemizde yeşil binaların enerji verimli tasarlanması “Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği (BEP)” ile zorunlu kılınmıştır (Erten 2011). Bu yönetmeliğe göre, enerji modellemesi, EKB uzmanları tarafından, BEP-TR Ulusal Bina Enerji Performansı Hesaplama Programı kullanılarak yapılır (Yeşil Bina Sertifika Kılavuzu 2013). Bu programa göre, yapının toplam enerji tüketimi, ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma, sıhhi ve sıcak su

için harcanan enerjilerin toplamıdır. Binanın hesaplanan enerji performans seviyesi “Enerji Kimlik Belgesi” ile ifade edilir. Çevre Dostu Yeşil Bina Derneği’nin Türkiye için hazırlamış olduğu Ulusal Yeşil Bina Sertifikası kriterlerine göre, bina enerji modellemesi için kullanılacak simülasyon programında istenen temel özellikler aşağıda sıralanmıştır (Yeşil Bina Sertifika Kılavuzu, 2013):

- Yıllık 8760 saat (24 saat/gün*365 gün) için hesap yapabilme,
- Isıl kütle etkisini hesaba katabilme,
- Kullanıcılar, aydınlatma gücü, elektrikli ekipmanlar, ayar sıcaklıkları ve mekanik sistem işletimine ilişkin kullanım takvimlerini yılın her günü için saatlik olarak tanımlamaya olanak verme,
- Çok sayıda zonu, birbiriyle etkileşimli olarak eşzamanlı modelleyebilme,
- Mekanik ısıtma ve soğutma ekipmanları için kapasite ve verimlilik düzeltme eğrilerini modelleyebilme,
- Alternatif sistemler dahil tüm mekanik sistem çözümlerini sistemin bütünü ile birlikte modelleyebilme,
- Entegre kontrollü hava tarafı ekonomizerlerini (karışım hücresi) modelleyebilme,
- Bina performansını gösteren, tüm yıl için saatlik sonuç raporları oluşturabilme,
- Tüm bina mekanik ekipman kapasiteleri ile hava ve su debilerinin belirlenebilmesi için tasarım yük hesabı yapabilme,
- Uluslararası standartlarda test edilip onaylanmış olma.

Minimum enerji tüketimi

Binada kullanılacak, iklimlendirme, aydınlatma, yalıtım, sıcak su ve asansör gibi elektrik kullanan cihazlarda minimum enerji tüketimi istenmektedir. Binanın yönü, yalıtımı, cihaz, sistem ve malzeme seçimi bir bütündür. Enerji tasarrufu konusunda, yapılacak ilk hareket yapılarıdaki ısı kayıplarının azaltılmasına yönelik olmalıdır. Çatı, döşeme ve dış duvarların yalıtım kabiliyeti yüksek malzemelerle izole edilmesi ve pencere, kapı gibi açılabilir elemanların daha sızdırmaz bir hale getirilmesi ile binanın kışın ısı kayıpları, yazın da ısı kazançları azaltılarak, ısıl konfor artırılır (Küçükçalı

2005). Böylece, oda sıcaklığı normal koşullarda 1°C (hatta daha fazla) azaltılabilir ve İstanbul'da yaklaşık %10 yakıt ekonomisi sağlanır (Küçükçalı 2005). Yeşil binalardaki aydınlatma sistemlerinin enerji tasarruflu (verimi yüksek) cinsten seçilmesi, sensörler vasıtasıyla kontrol edilebilir olması, entegre fotovoltaik paneller ile kendi elektriğini kendi üretebilir türden olması gerekmektedir. Bu binalarda kullanılacak asansörlerinde enerji verimli motora ve kabin aydınlatmalarına sahip, kullanılmadığında bekleme moduna geçen özellikte seçilmeleri önerilmektedir (Yeşil Bina Sertifika Kılavuzu 2013).

Yenilenebilir enerji kullanımı

Enerjinin verimli kullanımı için, sürdürülebilir kaynaklardan faydalanmak, oldukça önemlidir. Binanın kullanım ömrü boyunca ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri için harcanan enerjinin, sürdürülebilir şekilde (güneş enerjili sıcak su sistemleri, fotovoltaik sistemler, rüzgar türbinleri, ısı pompaları) üretilmesi ve kullanılması mümkündür ve Yeşil Bina Değerlendirme Sistemleri, rüzgar, güneş, dalga enerjisi, jeotermal kaynak gibi temiz ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımını ve böylelikle, binanın kendi ihtiyacı olan enerjinin bir kısmının kendisinin üretmesini veya yeşil enerji üreten bir tesisten temin etmesini hedefler. Sürdürülebilir Binalarda kullanılacak yeşil enerji teknolojilerine aşağıdaki sistemler örnek verilebilir (Yeşil Bina Sertifika Kılavuzu 2013):

- Güneş enerjisi
- Rüzgar enerjisi
- Jeotermal enerji
- Küçük kapasiteli hidro enerji
- Biyokütle ve biyogaz stratejileri

Soğutucu gaz yönetimi

Temel soğutucu gaz yönetimi, pek çok değerlendirme sistemi için bir ön koşuldur. Montreal protokolü ile insan sağlığına zarar veren CFCs'lerin kullanımı yasaklanmıştır.

2.2.3. Malzeme ve kaynaklar

Yapı malzemeleri, binanın sürdürülebilirliği açısından, direk ve dolaylı olarak, binanın hem yapımı aşamasında hem de işletim süresi ve sonrasında büyük rol oynar. Bu malzemelerin temini, proje alanına taşınması, ömrünün sonunda geri dönüştürülmesi, toplamda yüksek bir çevresel etki ve maliyet ortaya çıkarır (Erten 2011). Bu etkiler sonucunda, doğal habitatlar zarar görmekte ve büyük maliyetler ödenmektedir. Bu sebeple yeşil bina değerlendirme sistemleri, kullanılan malzemelerin, üretilmesinin, taşınmasının ve depolanmasının minimum maliyet ve çevreye en az zarar ile gerçekleştirilmesini hedefler. TSE Güvenli-Yeşil Bina sertifikası, “ Malzeme ve Kaynak Kullanımı” kategorisi kapsamında, aşağıda belirtilen kriterlere puan vermektedir;

- Çevre dostu/sağlıklı malzeme kullanımı (10 puan)
- Malzemelerin yeniden kullanımı (4 puan)
- Yerel/bölgesel malzeme tercihi (6 puan)
- Dayanıklı malzeme kullanımı (13 puan)

LEED sertifika sistemi ise, TSE'ye benzer şekilde;

- Geri dönüşebilir malzeme kullanımı,
 - Yerel malzeme kullanımı,
 - Malzemelerin veya binanın tekrar kullanımı,
- gibi kriterlere puan vermektedir.

Çevre dostu malzemelerin kullanımı

Yeşil binalarda malzemeler çevreye duyarlı ve bina kullanıcılarına zarar vermeyecek şekilde seçilmelidir. Ayrıca, yaşam döngüsü analizi (LCA: Life Cycle Analysis) yapılmış olan malzemeler tercih edilmelidir. Yaşam döngüsü analizi, bir ürün üretiminde kullanılan hammaddelerin temin edilmesinden itibaren, tüm üretim, sevkiyat, tüketici tarafından kullanım ve kullanım sonrası atık olarak bertarafı da

kapsayan yaşam döngüsünün farklı aşamalarındaki çevresel etkileri belirlemek, raporlamak ve yönetmek için kullanılan bir yöntemdir (Demirer 2011)



Şekil 2.4 Yaşam Döngüsü Analizi'nin aşamaları

Breem bina değerlendirme sistemi, yapı malzemelerinin ve elemanlarının %80'inin Yeşil Malzeme Rehberi'ne göre A veya A+ dereceye sahip olmasını talep eder (Erten 2011). Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği'nin, ülkemiz için hazırlamış olduğu Ulusal Yeşil Bina Değerlendirme Sistemi'nde, özellikle temel yapı elemanlarının çevresel ürün beyanı, eko-etiket gibi çevre etiketlerine sahip olmaları gerekir (Yeşil Bina Sertifika Kılavuzu 2013).

Malzemelerin yeniden kullanımı

Yeşil bina sertifika sistemleri, gereksiz kaynak kullanımını engellemek amacıyla, geri dönüştürülmüş ve gerekli performans kriterlerini sağlayan malzemelerin kullanımını destekler. Bu kapsamda, binada kullanılacak mobilya, perde, zemin kaplaması vb. ürünlerin içeriğinde organik esaslı yenilenebilir malzemelerin olması teşvik edilir. Ayrıca kullanılacak orman ürünleri ve türevi malzemelerin muhakkak FSC, PEFC veya Orman Genel Müdürlüğü gibi kuruluşlardan sertifikalı olması istenir.

Yerel malzeme kullanımı

Yeşil binalarda yerel malzeme kullanımı, yerel ekonomiye dolayısıyla cari açığın kapanmasına katkı sağlar. Yeşil bina sertifika sistemleri, ulaşım kaynaklı karbon salınımları ve yakıt tüketimlerini sınırlandırmak amacıyla, yöresel malzeme kullanımını teşvik etmektedir. (Yeşil Bina Sertifika Kılavuzu 2013).

2.2.4. İç ortam kalitesi

İnsanlar zamanlarının büyük çoğunluğunu iç mekanlarda geçirirler. Bu sebeple, iç hava kalitesi, kullanıcıların yaşam konforunu doğrudan etkilemektedir. İç hava kalitesi, yaşanan ortamlarda solunan havanın temizliği ile ilgilidir, 'kaliteli iç hava', yetkililerce belirlenen zararlı derişik seviyelerinin üzerinde bilinen hiçbir kirletici madde içermeyen ve bu havayı soluyan insanların %80'inden fazlasının havanın temizliği ile ilgili herhangi bir rahatsızlık hissetmediğı hava olarak tarif edilmiştir (Küçükçalı 2005). İnsanlar günde tükettikleri sıvı ve besinin yaklaşık 20-30 katı kadar hava solurlar. Bu nedenle en az yediklerimiz, içtiklerimizle ilgili kalite standartları kadar, soluduğumuz hava ile ilgili standartlara da ihtiyacımız vardır (Küçükçalı 2005). Kaliteli bir iç mekan havası sağlamak, hava kirleticilerini minimum seviyede ve kontrol altında tutmak, ısı ve işitsel konforu sağlamak, yeşil binalarda bu kriterin temel amaçlarıdır.

TSE Yeşil-Güvenli Bina sertifikası, "Sağlık, Güvenlik ve Konfor" kategorisi başlığı altında;

- Havalandırma/Taze hava salınımı (23 puan)
- İç ortam kalitesi/sağlıklı hava (ön şart)

kriterlerini değerlendirmektedir.

LEED sertifika sistemi ise;

- Taze hava miktarı
 - Taze hava girişinin izlenmesi
 - Sigara duman kontrolü
 - Düşük emisyonlu malzeme kullanımı ve VOC sınırlandırması
- gibi kriterlere puan vermektedir.

İç hava kalitesi konusunda yeşil binalarda gözetilmesi gereken genel kriterleri maddeler halinde sıralarsak;

Taze hava miktarı

Gelişen teknoloji ile birlikte, binaların dış kabuğunun sızdırmazlığının artırılması, iç hava kalitesi sorunlarını beraberinde getirmiş ve iç hava kalitesi kavramı, enerji tasarrufu ile çatışan yeni bir çalışma alanı yaratmıştır (Küçükçalı 2005). Hava kalitesi

ile ilgili sorunların kaynağı, %53 oranında yetersiz havalandırmaya bağlıdır (Küçükçalı 2005). Yeşil binalarda taze hava girişi yakından takip edilir. Doğal havalandırma yöntemlerine öncelik verilmeli, ancak daha fazla kişinin bulunduğu, yoğunluğun fazla olduğu mekanlarda muhakkak taze hava miktarının artırılması gerekmektedir (Yeşil Bina Sertifika Kılavuzu 2013). Minimum enerji tüketimiyle, kabul edilebilir bir iç hava kalitesine ulaşmak için ASHRAE ve TSE kişi başına düşen dış hava miktarını standarda bağlamıştır. Karbondioksit sensörü kullanılarak, taze hava beslenmesi otomatik olarak sağlanacak şekilde programlama yapılmalıdır. Bu şekilde yapılan, talep kontrollü havalandırma sistemleri, konvansiyonel sistemlere göre %20 ile %50 oranında enerji tasarrufu sağlar (Küçükçalı 2005).

Kirleticilerin kontrolü

Bina içinde sigara içimine, içilen odanın sızdırmaz olması ve egzozun direk atılması koşulları altında müsaade edilir. Sigara dumanı dışında, binadaki hava kirleticilerinin en önemli kaynaklarından biri de bina yapı malzemeleri ve bina içindeki mobilyalardan yayılan gazlardır. Bunu ortadan kaldırmak için daha proje aşamasında düşük emisyonlu malzeme kullanılmalı, insan sağlığına zarar verebilecek VOC içeren boya, halı gibi malzemeler tercih edilmemelidir.

Çizelge 2.2. Bazı iç hava kirleticilerinin kaynakları (Küçükçalı 2005)

Kirletici	İç Hava Kirletici Kaynağı
Karbon-monoksit	Yanma cihazları, makinalar
Solunabilen tanecikler	Sobalar, sigara, yoğunlaşan uçucu maddeler
Organik buharlar	Yanma, solventler
NO ₂ , SO ₂	Şofben, gaz sobaları, sigara
Ozon	Elektrik arkı, UV ışık kaynağı
Sigara dumanı hariç toplam asılı parçacık	Yanma, toz kalkması
Sülfat	Kibritler, soba gazı
Formaldehit	İzolasyon, yapıştırma ürünleri, sunta
Radon gazı	Yapı malzemesi, yeraltı suyu
Elyaf	Giysiler, halı, döşeme, mobilya
Mikro organizmalar	İnsanlar, klima cihazları

Aydınlatma ve ısı konforun bireysel kontrolü

Yeşil binalarda aydınlatma ve ısı sistemlerin bireylerin kontrolünde olması artı puan kazandırır. LEED sertifika sistemine göre, ortak ve bireysel alanların aydınlatmada en az %80'i, ısı sistemlerde ise en az %50'si kontrol edilebilir olmalıdır (Kıncay 2010). Elektrik tesisatındaki tüm armatürler enerji verimli seçilmeli ve ortak alanlar hareket sensörü ile kontrol edilmelidir. Ayrıca doğal aydınlatma, hem enerji tasarrufu hem de yaşam konforu açısından olumlu etkilerinden dolayı tercih edilmektedir. Maksimum seviyede gün ışığından faydalanarak iç mekanlarda görsel konforu sağlamak ve özellikle sıklıkla kullanılan alanların gün içinde doğal ışıktan faydalanacak şekilde konumlandırmak, diğer aydınlatma kaynaklarının kullanımını minimuma indirgeyerek enerji tasarrufu sağlamak yeşil binalarda oldukça önemlidir.

İşitsel Konfor

Yeşil Bina Sertifika Kılavuzu'nda belirtildiği üzere, aşağıda belirtilen elemanların akustik yalıtım performansı, ilgili standarda uygun olmalıdır.

- Bina cephesi
- Bağımsız bölümleri ayıran duvarlar
- Bina içinde bulunan gürültü kaynaklarının (tesisat bacaları, pompa daireleri, kat holleri vb.) yaşam alanlarına bağlandığı duvar, döşeme ve taşıyıcılar.

Yangın güvenliği

Şantiye binasından başlayarak, binanın yapımı ve işletimi aşamalarında, sürekli veya geçici, resmi veya özel, yeraltı veya yerüstü yapılarının yangından korunması yeşil binalarda önem arz eder (Yeşil Bina Sertifika Kılavuzu 2013). Bu sebeple, yangını önlemek ve olası yangın durumunda hasarı azaltmak amacıyla, gerek mimari, gerek mekanik açıdan çeşitli önlemler alınarak, teknolojik sistemler kullanılmalıdır.

2.2.5. Konutta yaşam

Yeşil binalarda, binayı kullanacak kişilerin yaşamlarının kaliteli olması amaçlanır. Bu sebeple, sosyoekonomik durum, yaş vb. kriterlere bakılmadan, herkesin eşit erişime sahip olduğu, çevrenin korunduğu yaşam alanları yaratılır. Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği'nin yayınlamış olduğu, Yeşil Bina Sertifika Kılavuzu'nda, bu konuyla alakalı yapılabilecek uygulama önerileri aşağıda belirtilmiştir: (Yeşil Bina Sertifika Kılavuzu 2013).

- Kat maliklerinin toplanacağı, uygun mobilya ile donatılmış, günışığı alan en az 12 m² bir mekan olmalıdır.
- Çok katlı yapılarda engelli kullanımına uygun boyutlarda asansör bulunmalıdır.
- İki veya daha fazla katlı bağımsız bölümlerde giriş katında olmak üzere, konut içinde en az bir adet engelli kullanımına uygun hale getirilebilecek tuvalet ve banyo bulunmalıdır. (Bu mekanın giriş kapısı uygun boyutta olmalı, duvarları tutamak montajına imkan vermelidir.)
- Evcil ve sokak hayvanları için proje sahası içinde çeşitli donanımlar olmalıdır.
- Bireysel üretim için proje alanı içinde mini tarım alanları oluşturulmalıdır.
- Arıtma tesisi, atık depolama alanı vb. kullanıcılar özellikle çocuklar açısından tehlike olabilecek alanlar için güvenlik önlemleri alınmalıdır.
- Toplu konut projelerinde sosyal tesisler içinde düzenlenecek açık/kapalı alanlar ayrılmalı ve açık alan peyzaj düzenlemesi yapılırken spor yapma ihtiyacı gözetilmelidir.
- Proje toplu konut projesi ise; bina kullanıcılarının sanatla uğraşmalarına imkan verecek bir mekan ayrılmalıdır. Proje kapsamında sosyal tesis var ise, tesis içinde en az 12m²'lik sanat odası ayrılmalıdır. Sanat odasında kullanıcıların resim, müzik, heykel vb. konularda çalışabilmelerine uygun olarak ayarlanmalıdır.
- Bina girişinden toplu taşıma noktasına (otobüs durağı, metro, tren istasyonu v.b.) olan uzaklığın 500 m'den az olması gerekir. Toplu taşıma aracının seferleri saatte en az 1 kere olması gerekir, gerekli görüldüğü durumlarda ilgili kurumlar ile bağlantıya geçerek seferlerin arttırılması için görüşmeler yapılmalıdır.
- Kullanıcıların özel araçları yerine, bisiklet, shuttle, araç havuzu vb. yöntemler ile ulaşımı sağlamaları teşvik edilmelidir.

Türk Standartları Enstitüsü Güvenli & Yeşil Bina sertifikasına göre, “Yaşamsal alan tasarımı” başlığı altında,

- Hırsızlığa karşı önlem/güvenlik (5 puan)
 - Spor ve dinlenme alanları (8 puan)
 - Ulaşım kolaylığı (2 puan)
 - Otopark alanı (8 puan)
 - Engelsiz yaşam alanı (7 puan)
- kriterleri değerlendirilmektedir.

2.2.6 Bütünleşik yeşil bina yönetimi

Dünyanın pek çok yerinde, binaların hedeflenen sürdürülebilirlik özelliklere sahip olabilmesi için, tüm proje katılımcılarının birlikte çalışmalarının sağlanacağı bütünleşik tasarım (BTS) uygulanmaya çalışılmaktadır (Artıdı ve ark. 2010). Bina tasarımında ve yapımında bulunan, mimarlar, makine mühendisleri, elektrik mühendisleri, statik mühendisleri, şehir plancısı, peyzaj mimarı, danışmanlar ve benzeri çalışanların, zorunlu kesişim noktaları dışında birbirlerinden bağımsız kararlar aldıkları müddetçe tasarım sürecinden verim alınması beklenemez (Yeşilgöz 2012). Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği'nin, ülkemiz için hazırlamış olduğu Ulusal Yeşil Bina Değerlendirme Sistemi'ne göre aşağıda belirtilmiş olan uzmanlar, projenin bütün aşamalarında, proje ekibinde yer almalıdır.

- Elektrik mühendisi
- İnşaat Mühendisi
- İşletmeye alma uzmanı
- Makina mühendisi
- Mimar
- Proje yöneticisi veya müteahhit

2.2.7 Arazi kullanımı

Kentsel planlama, kriterleri gözetenmeden yapılan yapılaşma, doğayı tahrip etmektedir. Yeşil bina sertifika sistemleri, çevrenin korunduğu, ekolojik dengenin gözetildiği

yapılaşmayı uygun görür. Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği'nin Ulusal Yeşil Bina Sertifika Kılavuzu'nda, arazi kullanımını ile ilgili öneriler aşağıda belirtilmiştir:

- Arazi seçiminde iki önemli etken olan güneş ve hakim rüzgar yönü dikkate alınmalıdır. Güneş enerjisinden, maksimum düzeyde yararlanılmaya çalışılmalıdır. Arazi seçiminde güneye eğimi olan araziler seçilmeye çalışılmalıdır.
- Sel ve taşkın riski düşük yerlerin tercih edilmesi, arazinin su geçiriminin korunması ve önlemler alınması önemlidir.
- Binanın market, hastane gibi kentsel donatılara yetişkin yürüme hızıyla 10 dakikadan yakın olması gerekmektedir. Kentsel donatılara yakın yapılaşmayı sağlamak, uzun yolculukları, çoklu seferleri dolayısıyla karbon emisyonu salınımını azaltır.

Türk Standartları Enstitüsü Güvenli & Yeşil Bina sertifikası “Alan Seçimi” kategorisi kapsamında;

- Doğal afetlere karşı önlem (zorunluluk + 2 puan)
- Mevcut doğal yapıyı koruma ve geliştirme (4 puan)
- Kentsel donatılara erişim (2 puan)

kriterleri değerlendirilmektedir.

2.2.8 İşletme ve bakım

Yeşil binalarda oluşan atıklar, gruplarına göre ayrılarak, geri dönüştürülmeli veya ilgili geri dönüşüm firmalarına iletilmelidir. Binalarda ve tesislerde oluşan yemek ve bahçe atıklarının hacimlerini ve ağırlıklarını azaltmak amacıyla sıkıştırıcılar, balyalama sistemleri ve kompostlaştırma makineleri kullanılabilir (Yeşil Bina Sertifika Kılavuzu 2013).

Türk Standartları Enstitüsü Güvenli & Yeşil Bina sertifikası “ İşletme yönetimi” kategorisi kapsamında,

- Oluşan atıkların, gruplarına göre ayrılması ve bina dışında depolanması, sonrasında yerel yönetimlere veya lisanslı geri dönüşüm firmalarına iletilmesi (2 puan)
- Katı atıkların yerinde değerlendirileceği sistem kurulması (3 puan)

kriterleri değerlendirilmektedir.

2.3 Yeşil Bina Sertifika Sistemleri

Yapıların “yeşil bina” olarak adlandırılması için, belirli standartları baz alan sertifika sistemleri geliştirilmiştir. Sertifika sistemleri, mimarlar, inşaat mühendisleri, makine ve elektrik mühendisleri gibi inşaat sektörü ile ilgili olan farklı uzmanlık alanlarından kişiler tarafından, yeşil binanın tanımını, ölçülebilir bir standart ile belirleyebilmek için yaratılmıştır (Erten, 2011). İngiltere’de 1990 yılında ortaya çıkarılan BREEAM yeşil bina değerlendirme sistemi, yeşil bina sertifikasyonlarının ilkidir. Bu sistemi, Amerika’da LEED, Asya’da SBTool, Norveç’te EcoProfile, Finlandiya’da PromisE, Singapur’da Green Mark for Buildings, Hong Kong’da CEPAS, Avustralya’da Green Star, Güney Afrika’da SBAT, Japonya’da CASBEE, Almanya’da DGNB, İsveç’te Environmental Status izlemiştir. Bu sistemlerin Türkiye’ye adaptasyonu durumunda yapı sektörüne tesiri minimum olacaktır (Henderson, Erten ve arkadaşları, 2009). Süzer’e göre, bir binanın çevreye etkisi, lokal koşullar ve bölgesel öncelikler dikkate alınarak değerlendirilebilir ve bir binanın Kuzey Avrupa’da bulunması ile Arabistan’da bulunması farklı çevresel etkilere sebep olur (Süzer 2015). Bölgesel şartları dikkate almayan ortak bir yeşil bina değerlendirme sisteminin enerji verimliliğini ölçümlemesi, yeterli ve tutarlı olmayabilir. Bu sebeple, uluslararası yeşil bina sertifika sistemlerini inceleyen ve bu sistemlerden yola çıkan, Çevre Dostu Yeşil Bina Derneği, ülkemiz için Ulusal Yeşil Konut Sertifikası’nı oluşturmuştur. Bu sertifikanın amacı, sağlıklı toplumlar, yaşanabilir bir çevre ve gelişmiş bir ekonomi yaratmaktır (<http://www.cedbik.org/>, 2015). Ayrıca Türk Standartları Enstitüsü’de, “Yeşil Bina Sertifikası” verme yolundaki çalışmalarını tamamlamış olup “Güvenli Yeşil Bina Sertifikası” adı altında binaların çevreye duyarlılığını, yangın, deprem güvenliklerini ölçümlemektedir. Bu sertifikasyonların dışında, enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekelerinde ve ulaşımda enerji verimliliğinin artırılmasının desteklenmesine; toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine; yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik, usul ve esasları kapsayan Enerji Verimliliği Kanunu 2007’de, “Binalarda enerji performans yönetmeliği” 05.12.2008’de, “Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik” 25.10.2008’de ve “Enerji verimliliği Strateji Belgesi” 25.02.2012’de yayınlanmış olup; toplamda 1 kanun, 13 yönetmelik, 11 tebliğ, 2 genelge

yayınlanmış ve yayınlanmaya devam etmektedir. Enerji Verimliliği Kanunu gereğince, tüm binaların 2 Mayıs 2017 tarihine kadar Enerji Kimlik Belgesi almaları zorunludur (<http://www.bep.gov.tr>, 2016).

Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği'ne göre, BEP-TR ulusal modelleme programının kullanılmasını takiben ilgili yazılımın veri bankası kullanılarak binanın özelliğine göre (otel, hastane, mesken, okul, AVM vb.), bulunduğu bölgenin iklim koşullarına (sıcaklık, rüzgar etkisi vb.), mimari tasarımına, (yönlendirme vb.) ve yürürlükteki zorunlu standartlara (TS 825 Isı Yalıtım Standardı, vb.) uygun inşa edilme durumuna göre ısıtma, soğutma, havalandırma, sıcak su ve aydınlatma gibi konuları kapsayan azami yıllık enerji talebi belirlenmekte, söz konusu enerji talebinin enerji verimli ve/veya temiz enerji kaynaklarından ve teknolojilerinden karşılanması esas alınmak suretiyle atmosfere salınımına müsaade edilecek azami CO₂ salımı miktarı belirlenerek bu sınır değerleri aşan yeni bina yapımına izin verilmemektedir. BEP-TR veri bankasındaki istatistiki bilgiler kullanılarak yıllar bazında müsaade edilen enerji tüketim sınıfı ve CO₂ salınım sınıfı değerlerinin yıllar bazında iyileştirilmesi hedeflenmektedir (<http://www.bep.gov.tr/BEPTRWEB/Default.aspx#.VE9zOE0cSid>, 2016).

Avrupa Birliğinin 2010/31/EU direktifinde de öngörüldüğü gibi ülkemizde de Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ve Enerji Kimlik Belgesi uygulaması ile birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarının binalarda kullanılmasının yaygınlaştırılması ve fosil yakıt tüketiminin azaltılması hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda Enerji Kimlik Belgesinde binanın ne kadar yenilenebilir enerji kaynağı kullandığı gösterilmekte olup, BEP-TR veri bankasında bu konu ile ilgili oluşan veriler değerlendirilerek binalarda yıllara göre yenilenebilir enerji kaynağı kullanım oranının artırılması hedeflenmektedir (<http://www.bep.gov.tr/BEPTRWEB/Default.aspx#.VE9zOE0cSid>, 2016). Enerji kimlik belgesinde, binanın enerji ihtiyacı, yalıtım özellikleri, ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi ve binanın enerji tüketim sınıflandırılması ile ilgili bilgilerle birlikte;

- Bina ile ilgili genel bilgiler,
- Düzenleme ve düzenleyen bilgileri,

- Binanın kullanım alanı (m^2),
 - Binanın kullanım amacı,
 - Binanın ısıtılması, soğutulması, iklimlendirilmesi, havalandırılması ve sıhhi sıcak su temini için kullanılan enerjinin miktarı (kWh/yıl),
 - Tüketilen her bir enerji türüne göre yıllık birincil enerji miktarı (kWh/yıl),
 - Binaların kullanım alanı başına düşen yıllık birincil enerji tüketiminin, “A” ile “G” arasında değişen bir referans ölçeğine göre sınıflandırılması,
 - Nihai enerji tüketiminin oluşturduğu sera gazlarının kullanım alanı başına yıllık miktarı ($kgCO_2/m^2$ -yıl),
 - Binaların kullanım alanı başına düşen yıllık sera gazı salınımının, “A” ile “G” arasında değişen bir referans ölçeğine göre sınıflandırılması ($kgCO_2/m^2$ -yıl),
 - Binanın aydınlatma enerjisi tüketim değeri,
 - Birincil enerji tüketimine göre enerji sınıfı,
 - Nihai enerji tüketimine göre, CO_2 salınımı sınıfı,
 - Binanın yenilenebilir enerji kullanım oranını içeren bilgiler
- gibi bilgiler yer alır (Yiğit 2013)..

Binanın
 Tipi :
 İnşaat Yılı :
 Kapalı Kullanma Alanı :
 Ada, Parseli :
 Adresi :

Bina Sahibinin

Adı Soyadı :
 Adresi :

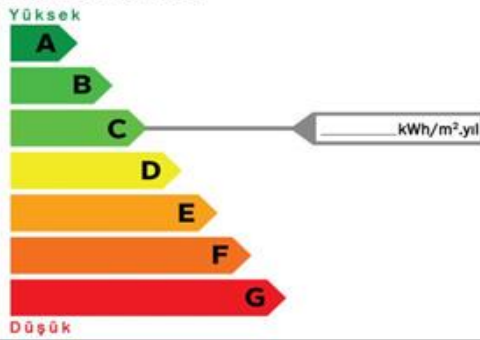
Müşterek Tesisatların Sahibi (gerekliyse)

Adı Soyadı :
 Adresi :

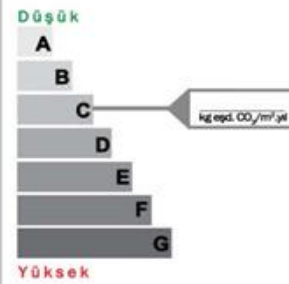
Binanın Resmi



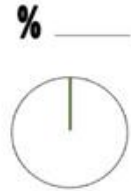
Enerji Performansı



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					ABCDEF G
ISITMA					ABCDEF G
SIHHİ SICAK SU					ABCDEF G
SOĞUTMA					ABCDEF G
HAVALANDIRMA					ABCDEF G
AYDINLATMA					ABCDEF G

Açıklamalar

Belgenin

Numarası :
 Veriliş Tarihi :
 Son Geçerlilik Tarihi :

Belgeyi Düzenleyenin

Adı Soyadı :
 Firması :
 Oda Sicil Nosu :

İmza

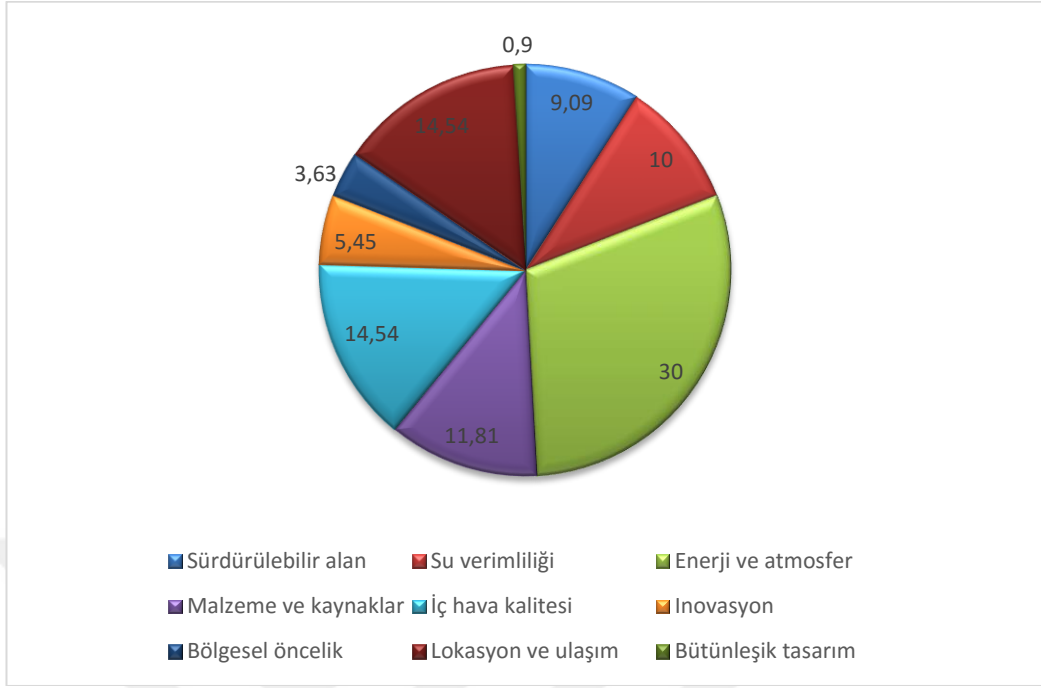
Şekil 2.5. Enerji kimlik belgesi (<http://www.csb.gov.tr/>, 2015)

Çizelge 2.3 Uluslararası sertifikasyon sistemlerinin karşılaştırılması

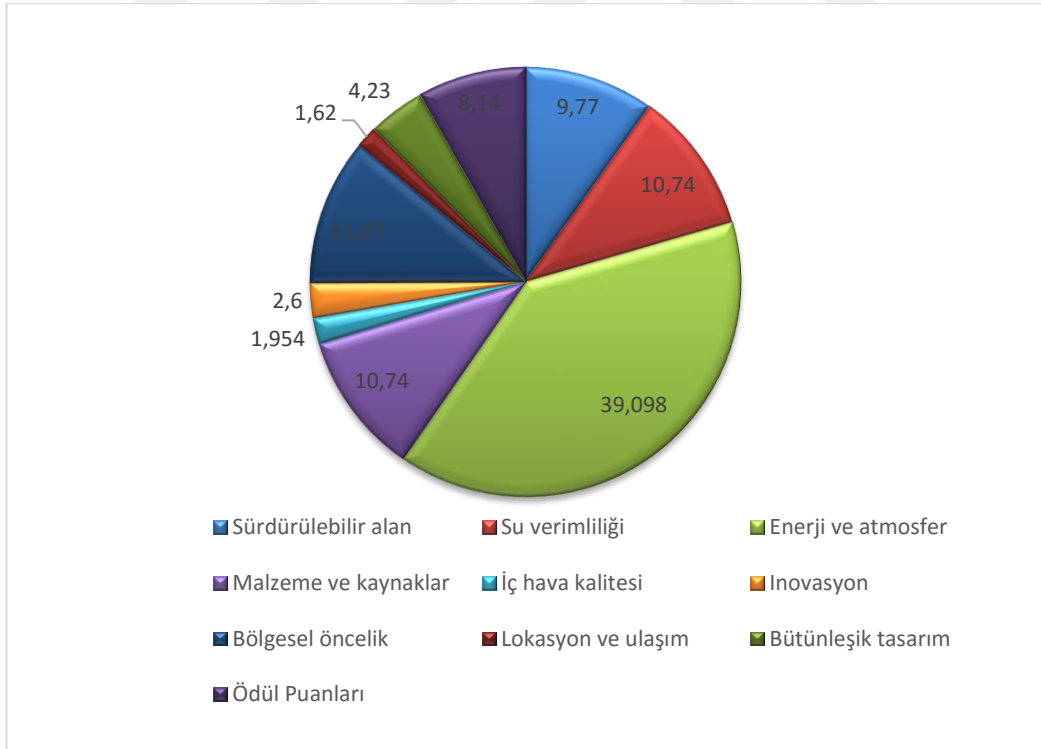
Değerlendirme Sistemi	BREEAM	LEED	Green Star	CASBEE	SBTool
Oluşturulduğu Tarih	1990	1998	2003	2001	1998
Kriterler	-Yönetim -Enerji -Su -Ulaşım -Sağlık ve Konfor -Atık -Malzemeler -Arazi Kullanımı ve Ekoloji -Kirlilik -Yenilik	-Yenilik ve Tasarım -İç Mekan Hava Kalitesi - Malzeme ve Kaynaklar -Sürdürülebilir Arsalar -Su Etkinliği -Enerji ve Atmosfer	-Enerji -Malzeme -İç Mekan Çevre Kalitesi -Ulaşım -Yönetim -Su -Arazi Kullanımı ve Ekoloji -Kirlilik -Yenilik	-İç Mekan Çevresi -Servis Kalitesi -Arsada Dış Mekan Çevresi -Enerji -Kaynaklar ve Malzemeler -Arsa Dışındaki Çevre	-İç Mekan Hava Kalitesi -Enerji ve Kaynak Tüketimi -Çevresel Yükler -Sosyal ve Ekonomik Esaslar -Arsa Seçimi, Proje Planlama ve Geliştirme
Ülke	İngiltere	Amerika	Avusturalya	Japonya	Kanada
Sertifika Düzeyleri	Geçer (1 Yıldız) İyi (2 Yıldız) Çok İyi (3 Yıldız) Mükemmel (4Yıldız) Olağanüstü (5 Yıldız)	Sertifika (40-49 puan) Gümüş (50-59 puan) Altın (60-79 puan) Platin (80 puan ve üstü)	4 Yıldız (45-59 puan) 5 Yıldız (60-74 puan) 6 Yıldız (75-100 puan)	S,A,B+,B-,C	-1 (olumsuz) 0 (Kabul Edilebilir) 3(İyi Uygulama) 5(En İyi Uygulama)

Çizelge 2.4. TSE ve LEED sertifika sistemlerinin karşılaştırılması

Kateroriler	LEED v.4 Kategori Puanları	LEED v.4 Oran	TSE Kategori Puanları	TSE Oran
Sürdürülebilir alan	10 puan	9,09%	30 puan	9,77%
Su verimliliği	11 puan	10%	33 puan	10,74%
Enerji & Atmosfer	33 puan	30%	120 puan	39,08%
Malzeme ve Kaynaklar	13 puan	11,81%	33 puan	10,74%
İç Hava Kalitesi	16 puan	14,54%	-	-
Inovasyon	6 puan	5,45%	6 puan	1,95%
Bölgesel öncelik	4 puan	3,63%	-	-
Arazi seçimi	-	-	8 puan	2,60%
Lokasyon ve ulaşım	16 puan	14,54%	-	-
Sağlık, güvenlik ve konfor	-	-	34 puan	11,07%
Bütünleşik tasarım	1 puan	0,90%	-	-
Karbon ayakizi	-	-	5 puan	1,62%
İşletme yönetimi	-	-	13 puan	4,23%
Ödül puanı	-	-	25 puan	8,14%
SUM	110 puan	100%	307 puan	100%



Şekil 2.6. LEED v.4. değerlendirme sistemi (yüzdesel)



Şekil 2.7. TSE güvenli & yeşil bina sertifikası değerlendirme sistemi (yüzdesel)

2.3.1 LEED Bina değerlendirme sistemi

LEED yeşil bina sertifika sistemi, Amerikan Yeşil Binalar Konseyi tarafından ilk defa 1998’de binalara sertifika vermeye başlamıştır. Bu sistem, inşaat sektörünün enerji verimliliği, çevre kirliliği, sera gazı emisyonu ve sürdürülebilirlik konularında bilincinin artmasıyla oluşturulmuştur. Amacı günümüzde yapı sektöründe kullanılan malzeme ve yöntemlerin zamanla sürdürülebilirlik prensipleri gözeterek değiştirilmesi ve bu sayede çevreye minimum zarar veren binaların yapılmasını sağlamaktır (İlçalı ve ark. 2009). Çizelge 2.4’te LEED sertifika sisteminin kategori puanları verilmiştir. Buna göre sertifika sistemindeki en önemli kategori “Enerji ve Atmosfer” kategorisidir. Şekil 2.6’da LEED sertifikası değerlendirme sistemi, kategori bazında oransal olarak verilmiştir. Binanın kullanım amacına ve proje şekline göre uyarlanmış, şu anda mevcut ve planlanmakta olan toplam sekiz tane LEED sertifika kategorisi mevcuttur (İlçalı ve ark. 2009):

- Yeni Binalar ve Büyük Renovasyonlar
- Var olan Binalar: Operasyon ve Bakım
- Kurumsal İç Mekan
- Bina Çekirdeği ve Kabuğu
- Okullar
- Alışveriş Merkezleri (planlanmakta)
- Sağlık Kurumları (planlanmakta)
- Evler (planlanmakta)

Her kategorinin altında altı adet ana başlık bulunmaktadır:

- Sürdürülebilir Arazi
- Su Tasarrufu
- Enerji ve Atmosfer
- Malzeme ve Kaynaklar
- İç Mekan Yaşam Kalitesi
- İnovasyon

Çizelge 2.5 LEED sınıflandırması

LEED SINIFLANDIRMASI	PUAN
Sertifikalı	40-49
Gümüş	50-59
Altın	60-79
Platin	80 puan ve üstü

2.3.2 BREEAM Bina değerlendirme sistemi

İlk defa Birleşik Krallık'ta, 1990 senesinde BRE (Building Research Establishment) tarafından ortaya konulan BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) yeşil bina sertifika sistemlerinin ilkidir. BREEAM sisteminin birçok kategorisi vardır. Ancak bu kategorilerden çoğu İngiltere'nin iklimsel, çevresel ve diğer özellikleri düşünülerek geliştirilmiştir ve başka ülkelerde uygulanması oldukça zordur. Bunun için BRE 2008 senesinden itibaren BREEAM' in uluslararası versiyonlarını piyasaya sürmüştür (İlıcılı ve ark. 2009).

Uluslararası BREEAM sertifikası Avrupa ülkelerinde şu bina tiplerine göre alınabilir (İlıcılı ve ark. 2009):

- BREEAM Körfez Ülkeleri
- BREEAM Avrupa: Ofisler
- BREEAM Avrupa: Endüstriyel Binalar
- BREEAM Avrupa: Alışveriş Merkezleri
- BREEAM Avrupa: Toyota Satış Üniteleri
- Bespoke (yukarıdakiler haricinde)

Tıpkı LEED gibi yukarıdaki her kategorinin altında alt başlıklar bulunmaktadır:

- Sağlık ve Refah
- Enerji
- Ulaşım

- Su
- Malzeme
- Atık
- Arazi Kullanımı ve Ekoloji
- Kirlilik
- Yönetim

Çizelge 2.6. Breeam Europe Commercial (2009)'da enerji ile ilgili puanlar

BREEAM KRİTER	ENERJİ	PUAN
ENE 1	CO ₂ salınımlarının düşürülmesi	15
ENE 2	Enerji tüketen ana sistemlerin sayaçlanması	1
ENE 3	Yüksek enerji yüklerinin ve fonksiyonel alanların bağımsız tüketim ölçümleri	1
ENE 4	Enerji verimli dış aydınlatma	1
ENE 5	Düşük veya sıfır karbon teknolojileri	1
ENE 6	Bina kabuk performansı ve hava filtresinin kullanılmaması	1
ENE 7	Enerji verimli soğuk odalar	1
ENE 8	Enerji verimli asansörler	1
ENE 9	Enerji verimli yürüyen merdiven ve yollar	1
ENE 10	Soğutma	1
ENE 11	Enerji verimli çeker ocaklar	1
ENE 12	Havuz havalandırması ve ısı kaybı	1
ENE 15	Enerji verimli teçhizatın provizyonu	1
ENE 18	Konut salım değeri	1
ENE 19	Bina kabuğu	1
ENE 20	İç aydınlatma	1
ENE 21	İç aydınlatma-ortak alanlar	1
ENE 22	Kurutma alanı	1
	YÖNETİM	
MAN 1	Optimum performans için bina sistemlerinin	1

	işletmeye alınması	
MAN 2	Müteahhit'in çevreye az zarar vermek adına yaptığı uygulamalar	2
MAN 3	Bina kullanma kılavuzu	2
	SU	
WAT 1	Su tüketimi	3
WAT 2	Su sayaçları	1
	SAĞLIK VE KONFOR	
HEA 1	Doğal aydınlatma	1
HEA 2	Dış manzaranın görünümü	1
HEA 3	Aydınlatma zonları ve kontrolleri	1
HEA 4	Doğal havalandırma potansiyeli	1
HEA 5	İç ve dış aydınlatma seviyeleri	1
HEA 6	Aydınlatma zonları ve kontrolleri	1
	KİRLİLİK	
POL 7	Gece ışık kirliliğinin azaltılması	1

LEED ve BREEAM sertifika sistemleri, Türkiye'de uygulanmak istendiğinde karşılaşılan güçlükler aşağıda sıralanmıştır (İlıcılı ve ark. 2009):

- LEED ve BREEAM'de mevcut olan referansların bazılarının Türkiye'de bilinirliği ve uygulanabilirliği azdır. Örneğin ASHRAE 90.1 standardı her iki sertifika sisteminin referans standardı olmasına karşın, Türkiye'de pek fazla bilinmeyen bir standart olmasından dolayı, bu konuda tecrübe sahibi uygulayıcı bulmak zordur.
- LEED ve BREEAM değerlendirmesi yapılması için proje dökümanlarının İngilizce'ye çevrilmesi gerekmektedir. Ülkemizde yapılan birçok projenin çizimleri ve teknik şartnameleri Türkçe olarak hazırlanmaktadır. Bu sebeple, ekstra bir çalışma gerekmektedir.
- Bu sertifika sistemlerindeki bazı puanların Türkiye'de alınmasında, kanunsal veya prosedürel zorluklarla karşılaşabilmektedir.

- Bir diğer hususta, malzeme temini ile alakalıdır. Örneğin her iki sistemde de FSC (Forest Stewardship Council) sertifikalı kereste temin edilmesi istenmektedir ki bu özellikteki keresteyi ülkemizde bulmak oldukça zordur.

2.3.3 Türk Standartları Enstitüsü (TSE) Güvenli Yeşil Bina Sertifikası

Çevreci konut üretmek isteyen tasarımcıların, yurtdışındaki kuruluşlara yüksek bedeller ödemek zorunda olması ve bu kuruluşların oluşturduğu sertifika sistemlerinin ülkemizde uygulanabilirliğinin az olması sebebiyle, inşaat sektörü uzun süredir yerel bir sertifika sistemi ihtiyacı içerisinde. Ülkemizdeki yeşil bina sertifikasyonu ihtiyacını dikkate alan Türk Standartları Enstitüsü, Güvenli Yeşil Bina Sertifikası adı altında, yerel bir standart geliştirmiştir. Bu sertifika sistemi, ülke koşullarını dikkate alarak hazırlandığı için uygulanabilirliği daha yüksektir ve daha ekonomiktir. Bu sertifikada LEED, BREEAM, ÇEDBİK sertifikasyonları kriterlerine ek olarak, güvenlik, yangın ve deprem gibi ülkemizin temel sorunlarıyla ilgili kriter eklemeleri yapılmıştır. VOC, gürültü, radyasyon-radon, elektromanyetik kirlilik, formaldehit gibi ölçüm ve testler talep edilmektedir. Aynı zamanda, bina inşaatlarında ağaç dikimi teşvik edilmekte olup, yeni ağaç dikimini öngören ve ağaçların binanın inşasından sonra da bakımını sağlayan projeler ekstra puanlar ile ödüllendirilmektedir. Bu sertifikada, Çizelge 2.4 ve Şekil 2.7'de görüldüğü üzere, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı kriterlerinin ağırlığı %40 civarında olup, ülkemizin enerjide dışa bağımlılığının en aza indirgenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca yerel malzeme ve yerel kaynak kullanımı ciddi anlamda teşvik edilmektedir. Bu da sertifikayı daha uygulanabilir kılmaktadır. Türk müteahhitleri yalnızca Türkiye'de sınırlı kalmayıp başta Orta Asya, Orta Doğu ve Çin olmak üzere dünyanın pek çok ülkesinde faaliyet göstermektedirler. Bu sebeple, Yeşil bina sertifikası, yalnızca Türkiye'de değil, Ortadoğu ve Türki Cumhuriyetlerde de ulusal/uluslararası bir sertifikasyon olma adayıdır.

2.4 Mevcut Binalarda Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinin Kullanılması

Dünya'nın her yerinde, mevcut binaların yeni olan binalara nazaran daha fazla enerji tükettiği yadsınamaz bir gerçektir. Bu sebeple, mevcut binaların yeşil bina sertifika

sistemlerine göre enerji etkin yenilenmesi, sürdürülebilir bina hedeflerine ulaşabilmek adına önemli bir rol oynar. Enerji etkin yenileme, sadece enerji tüketimini azaltmakla kalmaz, bina sakinlerinin sağlığını ve termal konforunu da artırır. Gündoğan'ın çalışmasında belirttiği üzere, yeşil bina kriterlerine göre yeniden tasarlanmış binalarda bulunan çalışanların, çalışma verimleri 25% oranında artmış, binanın enerji tüketimi 30% oranında azalmıştır (Gündoğan 2012).

2.5 Yapı bilgi sistemi (Building information modeling)

AEC (Mimari-İnşaat-Mühendislik) sektörünün en temel hedeflerinden biri, bir yandan verimliliği ve kaliteyi artırırken, diğer yandan maliyeti azaltmak ve bir projeyi zamanında tamamlamaktır. Bu hedefi yakalamak için, binanın dijital ortamda bir modelinin oluşturulmasını sağlayacak teknoloji mevcuttur. Yapı Bilgi Sistemi (BIM), son yıllarda inşaat sektöründe kullanımı oldukça yaygınlaşan bir sistem olup, kısaca bir binanın fiziksel ve fonksiyonel karakteristiklerinin, dijital ortamda üçboyutlu modellenmesinin yapılmasıdır. Temelde amaçlanan, binanın projelendirme, yapım ve işletim gibi süreçlerinde, ortak çalışmayı daha efektif hale getirebilmektir (Parvan 2012). Farklı paydaşların aynı modeli kullanabilmesi revizyonda kolaylık sağlamakta olup, koordinasyon ihtiyacını önemli ölçüde azaltmaktadır (Kaplan ve ark. 2015). Bu sistemde üç boyutlu tasarım yapıldığı için, tasarım aşamasında gerçeğe çok yakın bir çalışma yapılır, iş ve saha planlamaları başarılı bir şekilde, henüz proje tamamlanmadan gerçekleştirilir. ASHRAE el kitabı HVAC uygulaması (2011)'de belirtildiği üzere, BIM, akıllı grafik, ve bilgi modelleme yazılımı kullanarak entegre dizayn çözümleri yaratma prosesidir. Bu sistemde, maliyet ve enerji analizi hazırlama, iş programlama, bina yönetimi amacıyla çeşitli programlar kullanılabilir. McGrew Hill Construction'ın 2008 yılında AEC endüstrisinde BIM sistemini kullanan 82 mimar, 101 mühendis, 80 müteahhit ve 39 şirket sahibi ile yaptığı araştırmada, aşağıda belirtilen verilere ulaşılmıştır (Toroghi 2013):

1. BIM kullanıcılarının %82'si BIM'ın şirketlerine ciddi anlamda katkı sağladığını belirtmişlerdir.

2. BIM kullanıcılarının %79'u BIM'in projelerini ciddi anlamda geliştirdiğini ve daha iyi bir sonuç çıkmasını sağladığını belirtmişlerdir.

2.5.1 Enerji performans simülasyonları

Yeşil binaların enerji performanslarını etkileyen çok fazla sayıda kriter bulunmaktadır. Bu kriterlerin, sayısının fazla olması nedeniyle, hesapları el ile yapıp değerlendirmek, neredeyse imkansızdır ve bu sebeple artık bilgisayar tabanlı simülasyon programlarından yararlanılmaktadır (Erten ve ark. 2011). “Benzeşim olarak da Türkçeleştirilebilen simülasyon, karmaşık bir sistemin basitleştirilmiş bir modelini oluşturarak, gerçek sistemin davranışını tahmin etmek ve kapsamlı bir şekilde analiz etmek üzere bu modeli kullanma süreci” olarak tanımlanabilir (Harputlugil 2010). Bina enerji performans simülasyonları, mal sahibinin yapmayı planladığı bir yatırımın, daha projelendirme aşamasındayken, bina kullanım ömrü boyunca farklı ekipman ve tasarım yaklaşımları ile ne kadar enerji tüketeceği, ne kadar karbon salınımı yapıp çevreye zarar vereceğini belirlemeye yarar. Bu simülasyonlar sayesinde, daha projelendirme aşamasındayken veya sonraki aşamalarda farklı alternatiflerin enerji tüketimine nasıl etkide bulunacağını değerlendirilerek yapılarak, en verimli sistem seçiminin yapılması sağlanır (Moltay 2012). Harputlugil'in makalesinde belirtildiği üzere, tasarım sürecinin enerji performans simülasyonları ile entegre ilerlemesi, aşağıdaki aşamalarla mümkündür:

1. Problemin analizi
2. Yazılım seçimi
3. Modelleme
4. Simülasyon
5. Sonuçların analizi
6. Tasarım bilgisine dönüştürme

2.5.1.1 Enerji etkinliğini ölçen simülasyon programları

Sürdürülebilir bina tasarımı ancak detaylı bir enerji simülasyonu ve analizi yapılarak mümkün olur. Dünya çapında kullanımları oldukça yaygın olan Ecotect, eQuest, Design

Builder, ENERGYPLUS, DOE-2, TRNSYS gibi simülasyon programlarında termal, solar, aydınlatma, akustik, havalandırma, akışkanlar dinamiği analizleri yapmak mümkündür. Türkiye’de de binalara enerji kimlik belgesi vermek amacıyla ulusal “BEP-TR” simülasyon programı kullanılmaktadır. Bu simülasyon programları tasarım aşamasında, binanın gelecekte ne kadar enerji tüketeceğinin belirlenmesi ve sera gazı salım miktarının doğru tespit edilmesi için kullanılacağı gibi, var olan bir binanın enerji tüketiminin azaltılması, daha enerji verimli hale getirilmesi amacıyla performans karşılaştırması yapmak içinde kullanılabilir (Erten ve ark. 2011). Genel olarak bina simülasyon programları (Arslan 2015);

- Tasarım alternatiflerini karşılaştırmak ve en efektif sistem tasarımını bulmak
- Yeni fikirlerin, çözümlerin bulunmasına olanak sağlamak
- Binanın ilgili yönetmelik, sertifika kriterlerine uygunluğunu denetlemek
- Binanın enerji performansını daha proje aşamasındayken değerlendirmek
- Ekonomik analizler yapmak gibi amaçlara hizmet eder.

Buradaki en önemli nokta, simülasyon programlarına verilerin doğru girilmesidir, aksi takdirde yanlış sonuçlar alınarak yanlış değerlendirmeler yapılacaktır. Ulusal Yeşil Konut Sertifikası 2014’de bina enerji modellemesi için kullanılacak simülasyon aracının özellikleri aşağıda belirtilmiştir;

- Yıllık 8760 saat (24saat/gün*365 gün) için hesaplama yapabilme,
- Kullanıcılar, aydınlatma gücü, elektrikli ekipmanlar, ayar sıcaklıkları ve mekanik sistem işletimine ilişkin kullanım takvimlerini yılın her günü için saatlik olarak tanımlamaya olanak verme,
- Isıl kütle etkisini hesaba katabilme,
- Çok sayıda zonu, birbiriyle etkileşimli olarak eşzamanlı modelleyebilme,
- Mekanik sistemlerin kısmi yük performans eğrilerini modelleyebilme,
- Mekanik ısıtma ve soğutma ekipmanları için kapasite ve verimlilik düzeltme eğrilerini modelleyebilme,
- Alternatif sistemler dahil tüm mekanik sistem çözümlerini sistemin bütünü ile birlikte modelleyebilme,

- Entegre kontrollü hava tarafı ekonomizerlerini (karışım hücresi) modelleyebilme,
- Bina performansını gösteren, tüm yıl için saatlik sonuç raporlarını oluşturabilme,
- Tüm bina mekanik ekipman kapasiteleri ile hava ve su debilerinin belirlenebilmesi için tasarım yük hesabı yapabilme,
- Uluslararası standartlarla (BESTEST, ASHRAE 140-2011) test edilip onaylanmış olma

Ecotect; Autodesk Ecotect Analysis yeşil bina yazılımı, bir bina tasarımının enerji etkinliğini ölçmek için pek çok simülasyon ve analiz fonksiyonuna sahip bir tasarım ve çevresel performans analiz programıdır. Kullanıcılarına, üç boyutlu çalışma imkanı sunup, sürdürülebilir tasarımlar yapmalarını kolaylaştıran bir yaklaşıma sahiptir. Gün ışığı analizi, termal analiz, havalandırma ve hava akışı analizi, kaynak yönetimi, akustik analiz, aydınlatma analizi gibi fonksiyonlara sahiptir.

Energyplus; Amerikan Enerji Bakanlığı tarafından 1996 yılında geliştirilen EnergyPlus, mühendisler, mimarlar ve araştırmacıların binadaki enerji ve su kullanımını modellemek amacıyla kullandıkları, en kapsamlı bina enerji simülasyon programıdır. Bu program, ısıtma, soğutma, aydınlatma, havalandırma, diğer enerji akışları ve su kullanımını modellemeye ve simüle etmeye yarar.

Designbuilder; DesignBuilder, yapı tasarımlarını enerji, karbon, aydınlatma ve konfor açılarından verimliliklerini ölçmek amacıyla geliştirilmiş olan EnergyPlus tabanlı bir yazılım aracıdır. Bazı tipik kullanım amaçları aşağıda özetlenmiştir.

(<http://www.altensis.com/>, 2015):

- Cephe seçeneklerinin aşırı ısınma, enerji tüketimi ve gölgeleme parametreleri açısından değerlendirilmesi.
- Günışığının optimum seviyede kullanımının değerlendirilmesi. Aydınlatma kontrol sistemlerinin modellenmesi ve ilgili elektrik enerjisindeki tasarruf oranlarının belirlenmesi.

- Bina içindeki ve etrafındaki sıcaklık, hız ve basınç dağılımlarının CFD (Computational Fluid Dynamics) modülü kullanılarak hesaplanması.
- Doğal havalandırma ile havalandırılan binalarda termal simülasyon.
- Isıtma ve soğutma ekipmanlarının kapasitelerinin belirlenmesi konularını da içerecek şekilde HVAC tasarımına yardımcı olmak.
- Birimler arası koordinasyon sağlanması, bütünleşik tasarım.

Bep-tr; Bina enerji performansı hesaplama yöntemi, binanın enerji tüketimlerinde etkisi olan tüm girdileri değerlendirmek, mevcut ve yeni binaların enerji performans sınıflarını belirlemek için EN 13790 şemsiye dökümanını baz alarak Türkiye'nin iklim verileri, koordinatları ve yerel malzemeleri gibi ülkemize mahsus bilgiler derlenerek geliştirilmiştir (Atmaca 2010).

Bu hesaplama yöntemi;

- Proje aşamasındaki binalar için çeşitli tasarım alternatiflerinin enerji performanslarının karşılaştırılması,
- Mevcut binaların enerji performans seviyesinin belirlenmesi,
- Mevcut binalarda enerji ihtiyacının hesaplanması yolu ile enerji verimliliği önlemlerinin uygulanması ve uygulanmaması durumlarının değerlendirilmesi,
- Bina stokunu temsil edecek nitelikteki tipik binaların enerji kullanımlarının hesaplanması yolu ile bölgesel, ulusal ve uluslararası ölçekte gelecekteki enerji kaynağı ihtiyacı konusunda öngörüle bulunulması,
- Zaman içerisinde tanımlanan bileşenlerden milli bileşen kütüphanesi oluşturma gibi ulusal veri tabanlarının geliştirilmesi gibi uygulamalarda kullanılabilir. (Kınacı 2015).

BEP-TR Yazılımı ile binanın enerji performansının belirlenmesi

Bu hesaplama yöntemi ilgili AB, ASHRAE ve Türk standartlarından oluşmuştur. Hesaplama yöntemi basit saatlik dinamik yöntemdir. Bu yöntem, binanın ısıtma,

soğutma için gereken net enerji ihtiyacını saatlik olarak hesaplar. Enerji kimlik belgesi üretilecek olan asıl bina, bu binanın bilgilerini kullanarak sistem tarafından otomatik olarak yaratılmış olan referans bina ile kıyaslanır. Binanın enerji performansı, asıl binanın m² başına düşen enerji tüketiminin, referans binanın yıllık m² başına düşen enerji tüketimi ile veya asıl binanın yıllık m² başına düşen CO₂ salınım miktarının, referans binanın yıllık m² başına düşen CO₂ salınım miktarının kıyaslanmasıyla, enerji tüketimi için ve CO₂ salınımı için ayrı ayrı belirlenir (Yiğit 2013).

Bina enerji performansı, enerji tüketimi için aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$E_{p,EP} = 100 (EP_a / EP_r) \quad (2.1)$$

E_p : Binanın enerji performansı

EP : Binanın yıllık m² başına düşen enerji tüketim miktarı, birincil enerjiye dönüştürülmüş şekilde (kWh/m²-yıl),

R : Referans bina

A : Asıl bina

CO₂ salınımı aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$E_{p,SEG} = 100 (SEG_a / SEG_r) \quad (2.2)$$

SEG : Binanın yıllık m² başına düşen CO₂ salınım miktarını (kg-CO₂/m²-yıl) ifade eder. Binanın yıllık m² başına düşen enerji tüketim miktarı ve nihai enerji tüketimlerine göre sera gazı emisyon sınıfı Çizelge 2.7 ve 2.8'de verilmiştir.

Çizelge 2.7. Birincil enerji tüketimlerine göre enerji sınıfı (EP)

Bina Enerji Sınıfı	Birincil Enerji Tüketimlerine Göre Enerji Sınıfı Endeksi (EP)
A	$EP < 0,4*RG$
B	$0,4*RG \leq EP < 0,8 * RG$
C	$0,8*RG \leq EP < RG$
D	$RG \leq EP < 1,20* RG$
E	$1,20*RG \leq EP < 1,40 * RG$
F	$1,40 * RG \leq EP < 1,75 * RG$
G	$1,75 * RG \leq EP$

Çizelge 2.8. Nihai enerji tüketimlerine göre sera gazı emisyon sınıfı (SEG)

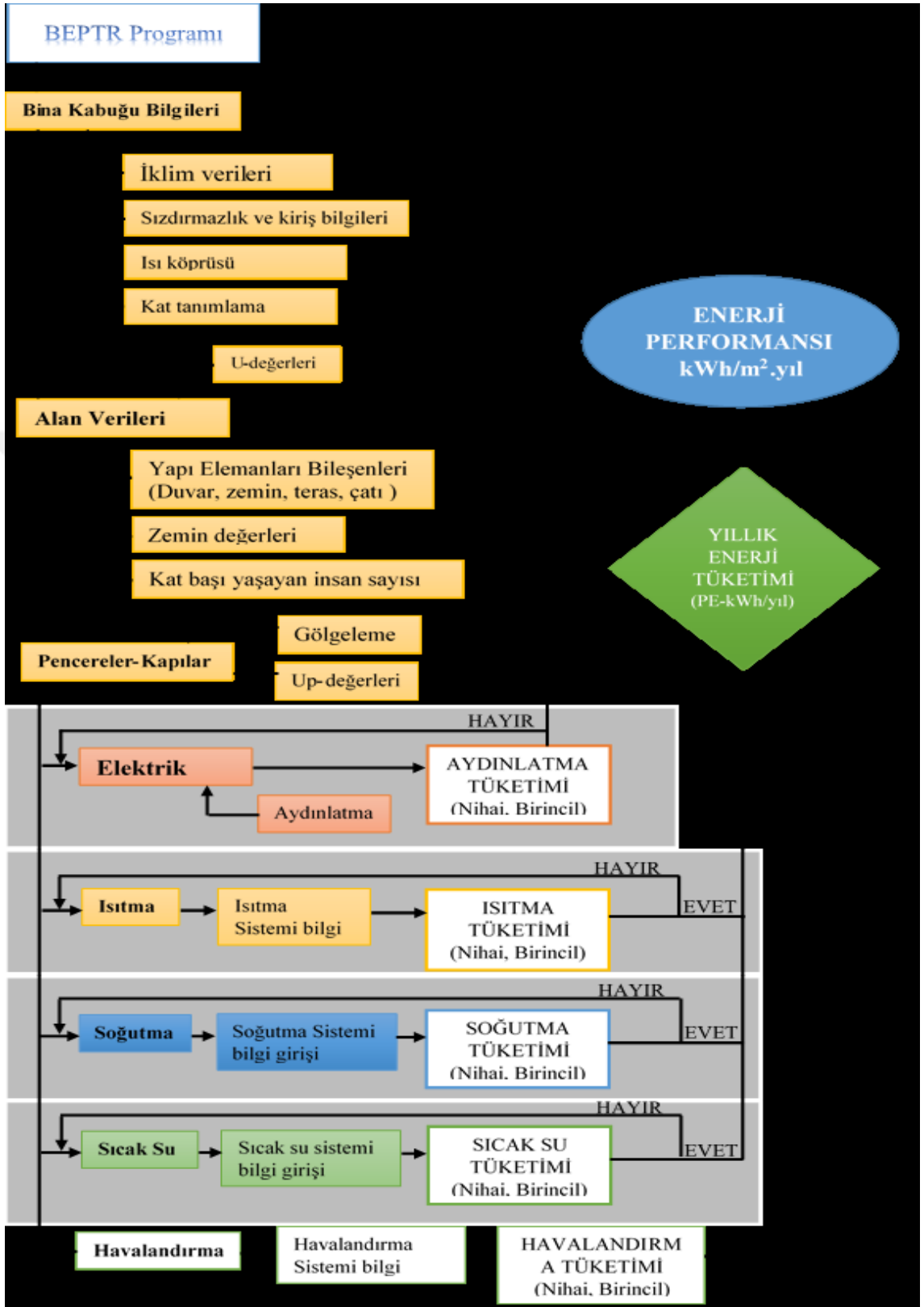
Bina Enerji Sınıfı	Nihai Enerji Tüketimlerine Göre Sera Gazı Emisyon Sınıfı Endeksi (SEG)
A	$SEG < 0,4 * SRG$
B	$0,4*SRG \leq SEG < 0,8*SRG$
C	$0,8*SRG \leq SEG < SRG$
D	$SRG \leq SEG < 1,20*SRG$
E	$1,20*SRG \leq SEG < 1,40 * SRG$
F	$1,40 * SRG \leq SEG < 1,75*SRG$
G	$1,75*SRG \leq SEG$

Çizelge 2.9. Birincil enerjiye göre referans göstergesi (RG) (kWh/m²-yıl)

Bina Tipleri	Kullanım Amaçları	1. Isıtma bölgesi	2. Isıtma Bölgesi	3. Isıtma Bölgesi	4. Isıtma Bölgesi
Konutlar	Tek ve ikiz aile evleri	165	240	285	420
	Apartman blokları	180	255	300	435
Hizmet Binaları	Ofis ve Büro binaları	240	300	360	495
	Eğitim binaları	180	255	300	450
	Sağlık binaları	600			
Ticari Binalar	Otel, motel vb.	540			
	Alışveriş merk.	750			

Çizelge 2.10. Nihai enerji cinsinden referans göstergesi (SRG) (kg eşd. CO₂/m².yıl)

Bina Tipleri	Kullanım Amaçları	1. Isıtma bölgesi	2. Isıtma Bölgesi	3. Isıtma Bölgesi	4. Isıtma Bölgesi
Konutlar	Tek ve ikiz aile evleri	28	40	47	70
	Apartman blokları	30	43	50	73
Hizmet Binaları	Ofis ve Büro binaları	40	50	60	80
	Eğitim binaları	30	45	50	75
	Sağlık binaları	120			
Ticari Binalar	Otel, motel vb.	100			
	Alışveriş merk.	150			



Şekil 2.8. Bep-Tr programı veri akış şeması (Kınacı 2015)

2.5 Türkiye’de Otelcilik Sektörü ve Enerji Tüketimi

Cumhuriyetin kurulduğu ilk yıllarda, 5 bin dolayında turist ağırlayan Türkiye, bugün itibariyle 35 milyon ziyaretçi ile Dünya’daki en gözde 6. turizm merkezidir. Turizm, milli gelire olan katkısının yanı sıra, döviz kazandırıcı yönü, cari açığı kapatma pozisyonu ve sağladığı istihdam olanakları açısından en önemli sektörler arasındadır (AKTOB 2014). 1980’li yıllara kadar 100 bin yatak kapasitesini aşamayan Türkiye’deki turizm sektörü, günümüzde 1 milyonun üzerine çıkmıştır ve sayısı 11 bin 800 dolayında bulunan bu tesis ve işletmelerin yatırım değeri yaklaşık 70 milyar doları bulmuştur. 2012 yılı, Bakanlık ve belediye belgeli turizm tesis sayıları, Çizelge 2.11 ve Çizelge 2.12’de verilmiştir.

Çizelge 2.11. Bakanlık belgeli tesisler, 2012 (Kültür ve Turizm Bakanlığı)

Tesisler	Tesis sayısı	Yatak sayısı
5 yıldız	426	291 382
4 yıldız	617	183 656
3 yıldız	752	94 622
5 yıldızlı tatil köyü	66	54 646
Termal oteller	66	20 485
4 yıldızlı tatil köyü	16	7 145
Toplam	2896	715 692

Çizelge 2.12. Belediye belgeli tesisler, 2012 (Kültür ve Turizm Bakanlığı)

Tesisler	Tesis sayısı	Yatak sayısı
Otel	5575	370 396
Motel	326	15 038
Pansiyon	2818	97 522
Kamping	101	10 971
Kaplıca	46	6 341
Tatil Köyü	27	4 609
Toplam	8893	504 877

Gerek ülkemizde, gerekse dünyada, en önemli sektörlerden biri olan turizm, toplam küresel gelirin %10,3'ünü ve toplam istihdamın %8,2'sini sağlamaktadır (Atay 2010). Ekonomik anlamda, böylesi büyük bir sektörde, enerji verimliliği oldukça önemlidir. Çizelge 2.13'de görüldüğü üzere, dünyadaki karbondioksit salınımının toplamda %5'lik kısmını turizm sektöründeki işletmeler üretmektedirler (Atay 2010). Bu kapsamda, küresel anlamda turizm sektörü, sera gazı salınımı ile ilgili ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bu sektör, büyük bir potansiyele sahip olup, iyi yönetildiği takdirde hem ekonomiye hem de çevreye önemli ölçüde fayda sağlayacaktır.

Çizelge 2.13. Küresel turizm emisyonunun sektörler bazında etkisi (emisyon salınımı)

Sektörler	CO ₂	%
Havayolu	522	40 %
Karayolu	418	32 %
Diğer (ulaşım)	39	3 %
Konaklama	274	21 %
Aktiviteler	52	4 %
Toplam	1307	
Dünya Toplamı	26 400	
Turizmin etkisi	5%	

Turizm sektöründe, çevre bilincinin geliştirilmesi ve teşvik edilmesi adına, Kültür ve Turizm Bakanlığı, Çevreye Duyarlılık “Yeşil Yıldız” belgesi vermektedir. Bu sertifikanın amacı bu belgeyi alacak tesislerin, ülke ekonomisine ve çevreye olumlu katkıda bulunmalarını sağlamaktır.

Yeşil Yıldız Sertifikasının kapsamını şu şekilde belirtebiliriz (Tutar 2015) ;

- Enerji verimliliğinin artırılması
- Çevreye zararlı maddelerin tüketiminin ve atık miktarının azaltılması
- Yenilenebilir enerji kullanımının teşvik edilmesi
- Turistik tesislerin çevreye uyumlu olunması
- Çevreye duyarlılığı konusunda bilinçlendirilmesi

Yeşil yıldız belgesine sahip oteller, hem enerji tasarrufu sağlamakta hem de müşterilerine doğa dostu olduklarını kanıtlamakta böylelikle de rekabet güçlerini arttırmaktadırlar. Türkiye'nin bacasız sanayi olan turizm sektörünün katma değerinin artırılması adına çevreye duyarlı tesis sayıları artırılmalı ve bu bağlamda devletin yaptığı teşvikler artırılmalıdır.



BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu bölümde, Bursa ili İnegöl ilçesinde bulunan, 252 odalı otel binaları ve termal tesisler için ölçümler ve hesaplar yapılması kapsamında kullanılan cihaz ve ekipmanlar tanıtılmış, binanın iklimsel, mimari özellikleri verilmiştir.

Yapılacak ölçümler, tespit edilen tasarruf noktalarının daha detaylı analiz edilmesi, enerjinin etkin kullanılması, enerji maliyetlerinin ilgili kuruluşun ekonomisi üzerindeki yükünün hafifletilmesi, sera gazı emisyonunun azaltılması için; enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasına yönelik tasarruf potansiyellerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçümler neticesinde, TSE Yeşil bina standartlarına bağlı olarak, binanın yeniden mekanik tasarımı yapılmış ve buna göre binanın enerji sınıfı belirlenmiş ve çıkan sonuçlar önceki sistemin performansı ile kıyaslanmış, geri ödeme süreleri ve finansal analizler yapılmış ve bunlar bir sonraki bölümde detaylandırılmıştır. Mevcutta var olan bir binayı, enerji etkin hale dönüştürürken izlenecek adımlar aşağıda belirtilmiştir;

- Örnek binanın tanıtılması
- Örnek binaya ilişkin iklimsel koşulların belirlenmesi
- Binanın termal kamera yardımıyla, dış cephe ve tesisatlarındaki ısı kaçaklarının belirlenmesi.
- Binanın tüm mimari bileşenlerinin ısı geçirgenlik katsayılarının tespit edilmesi.
- Binanın aydınlatma ölçümlerinin yapılması.
- Binanın ısıtma cihazlarının incelenmesi.
- Binanın, kullandığı termal kaynakların debilerinin ölçülmesi
- Binanın ısıtma enerjisi miktarının hesaplanması
- Binanın ısıtma enerjisi harcamalarının hesaplanması
- İyileştirme alternatiflerinin belirlenmesi
- İyileştirme alternatifine ilişkin, ısıtma enerjisi harcamalarının hesaplanması ve ekonomik analizlerin yapılması
- Gerçekleştirilen alternatifin TSE Sertifika kriterlerine göre değerlendirilmesi



Şekil 3.1 Tesis resim

3.1 Örnek Binanın Tanıtımı

Bursa ili İnegöl ilçesinde bulunan, 252 odalı otel binaları ve termal tesisler, Oylat termal bölgesinde bulunmaktadır. Bu tesise ait vaziyet planı Şekil 3.1’de sunulmuştur. Binaların toplam alanı 11 808 m²’dir. Tesis, ortak kazan dairesinde bulunan 3 adet kömür yakıtlı kazan ile merkezi olarak ısıtılmaktadır, ayrıca bina hidroelektrik santrali ile elektriğini kendi üretmektedir. Öncelikle binanın mevcut enerji verimliliği değerlendirmesi yapılmış ve alınması gereken önlemler tespit edilmiştir. Sıcak su teminini sağlayan kazan sistemi incelenip gerekli analizler yapılmıştır. Sıcak su sirkülasyon pompaları ve havuz pompalarının debi, hız ve güçleri ölçülmüştür. Bina duvarı ve pencere U değerleri ölçümlenip gerekli değerlendirmeler yapılmıştır. Ölçümler işletmenin rutin iş akışı içinde gerçekleştirilmiştir. Ölçümler çalışanın çalışma bölgesinde görüş alanında yapılmıştır. Yapılan ölçüm ve analiz değerlerinin sonuçları Bölüm 4’te verilmiştir.

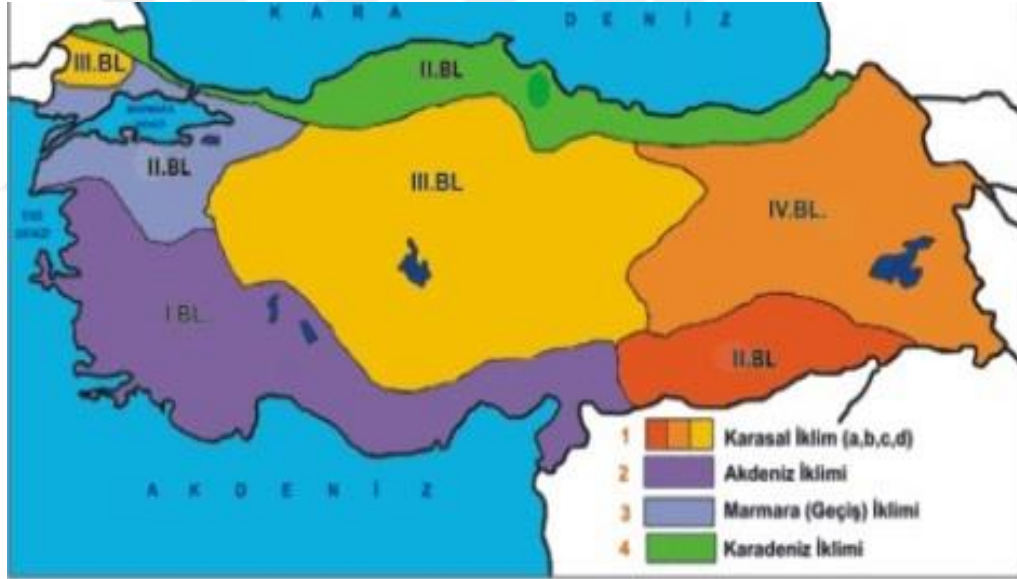
Isıl performansı belirlemek adına, binanın bulunduğu yerin iklimsel koşulları, arazinin konumu, yönü eğimi gibi özellikler muhakkak dikkate alınmalıdır. Otelin binasının bulunduğu Bursa şehri, “TS 825 bina ısı yalıtım kuralları” standartlarına göre 2. Bölge sınırları içerisinde yer almaktadır. Isı ihtiyacı belirlenirken, Bursa derece gün sayıları (Çizelge 3.3), Bursa-İnegöl ilçesi coğrafi verileri (Çizelge 3.1) ve Bursa hava şartları (Çizelge 3.2) kullanılmıştır. Bu tezde, enerji performanslarını hesaplamak için, Bep-Tr programı hesaplama metodolojisi kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. İnegöl Coğrafi Özellikleri

	İnegöl'ün Coğrafi Özellikleri
Enlem (°)	40,07
Boylam (°)	29,51
Rakım (m)	270

Çizelge 3.2. Bursa için tasarım sıcaklıkları

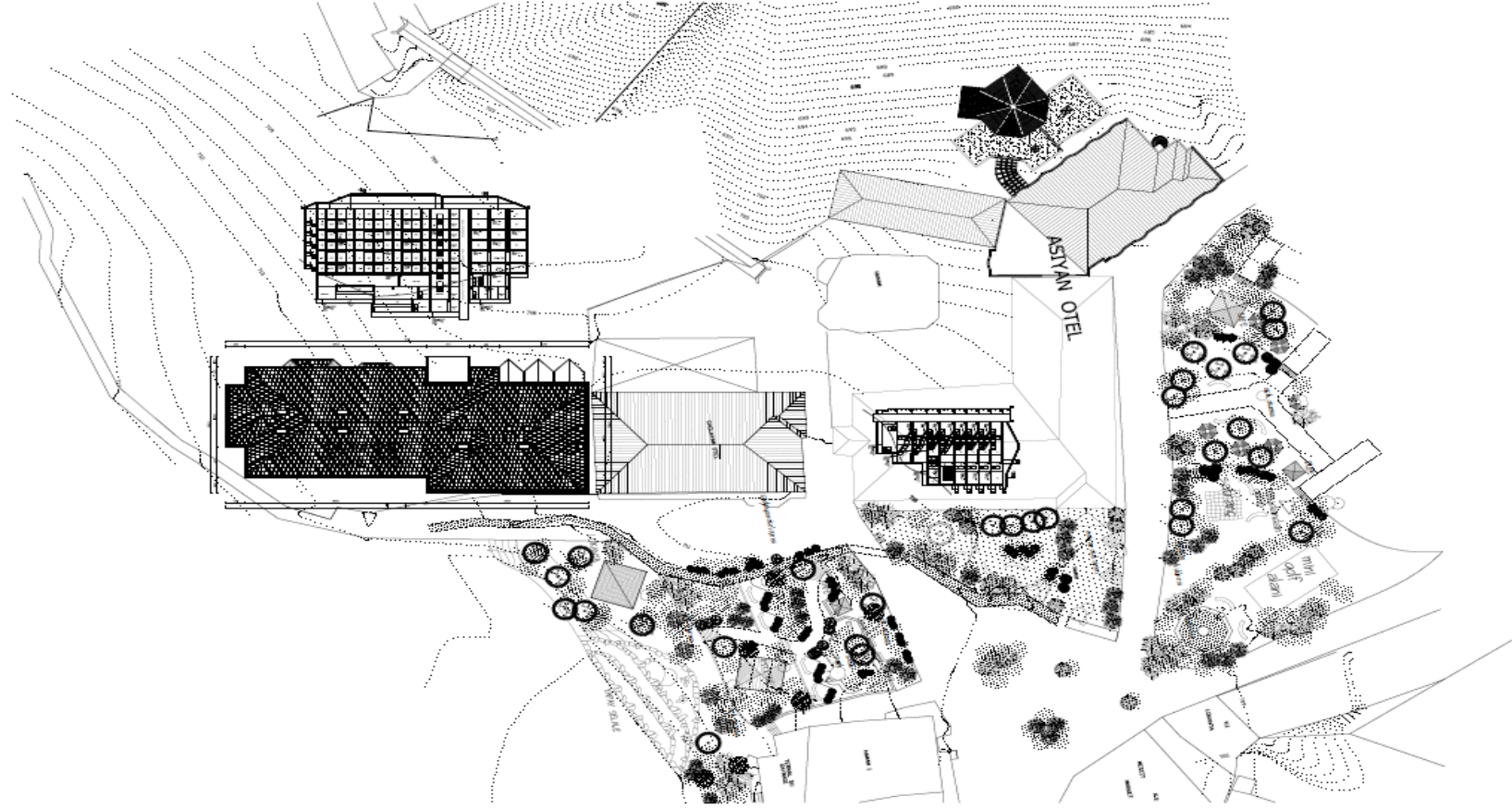
Yaz Dönemi Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)	Kış Dönemi Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)
-6°C	37°C



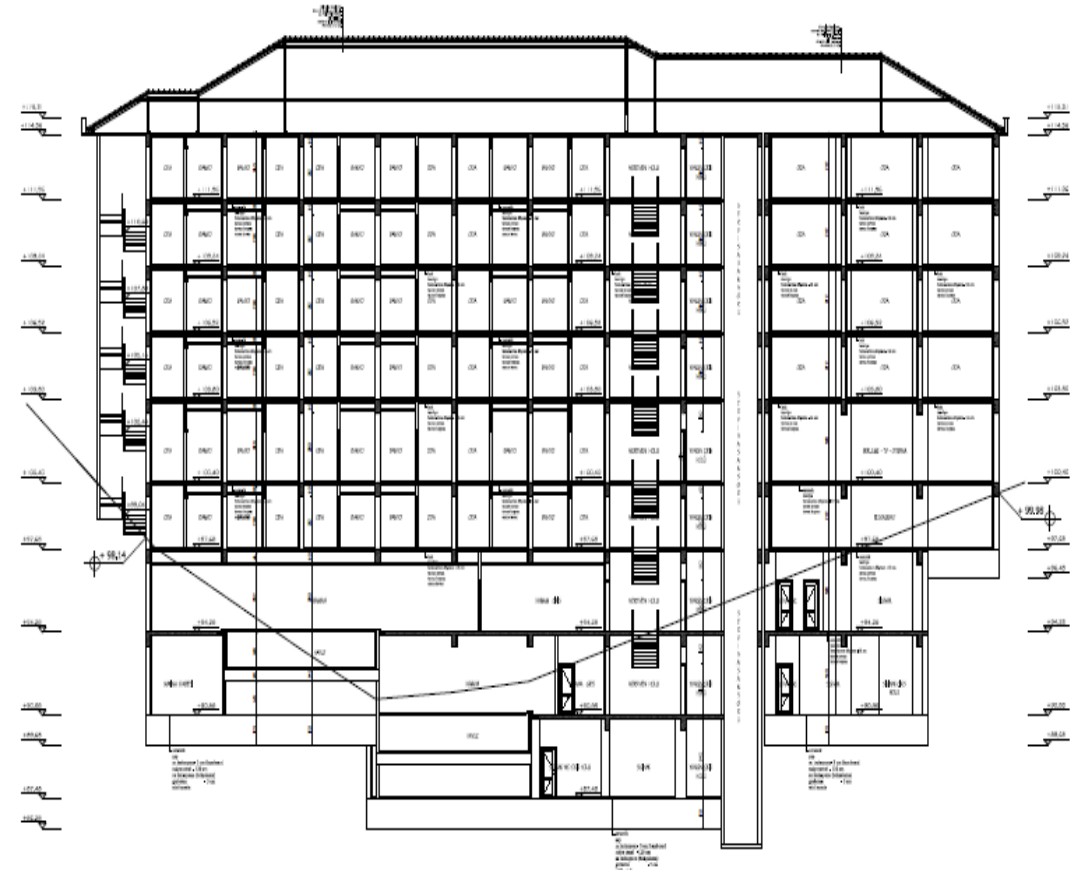
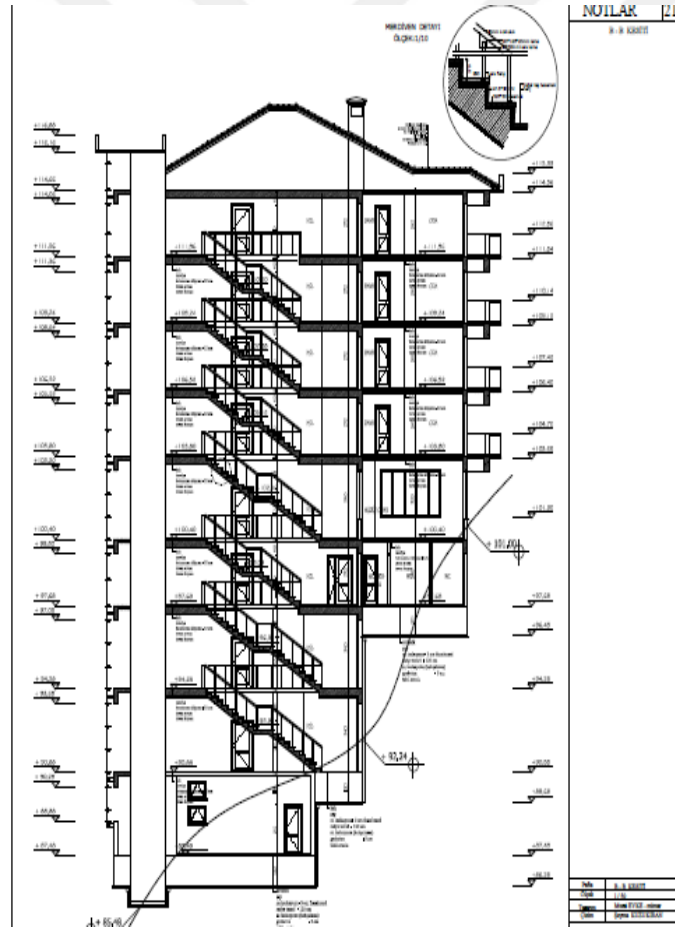
Şekil 3.2. Türkiye'nin TSE standartlarına göre ayrılan ısı yalıtım bölgeleri

Çizelge 3.3. Bursa için derece gün sayıları (<http://www.mgm.gov.tr>, 2016)

Merkez	G/D	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıllık
BURSA 2016	HDD	392	195	216	51									854
	T≤15 °C	28	23	27	12									90
	CDD		0											0
	T>22 °C		1											1
BURSA 2015	HDD	386	304	272	195	4					41	167	386	1755
	T≤15 °C	30	27	29	24	1					8	26	31	176
	CDD					4	11	111	136	56	0	0		318
	T>22 °C					6	9	31	31	23	1	1		102
BURSA 2014	HDD	275	262	228	99	27					49	191	268	1399
	T≤15 °C	29	27	30	19	7					9	26	30	177
	CDD					8	40	112	118	21	0			299
	T>22 °C					4	17	30	30	14	1			96
BURSA 2013	HDD	333	247	217	124						153	180	407	1661
	T≤15 °C	30	25	25	18						24	26	31	179
	CDD					16	39	81	114	6				256
	T>22 °C					10	16	27	31	6				90
BURSA 2012	HDD	463	423	333	68	7					3	155	312	1764
	T≤15 °C	31	29	31	9	2					1	23	27	153
	CDD						72	142	97	20	6			337
	T>22 °C						23	31	27	15	4			100
BURSA 2011	HDD	383	336	298	223	51	0			0	147	346	332	2116
	T≤15 °C	31	28	30	29	9	0			0	21	30	30	208
	CDD					0	20	126	55	18				219



Şekil 3.3. Tesis vaziyet planı



Şekil 3.4. Tesis mimari plan

3.2 Ölçümlerde Kullanılan Ekipman ve Cihazlar

Aydınlatma ölçümü

Günümüzde binalarda aydınlatma amacıyla tüketilen enerji, toplam enerji tüketiminin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu nedenle, hem enerji tüketimini sınırlandırmak hem de yaşayanların hayat kalitesi ve güvenliğini arttırmak adına, aydınlatma sistemleri ölçümlenmeli ve optimum sistemler tasarlanmalıdır. Enerji etkin yenileme (retrofit) denilince ilk akla gelen etmenlerden biri de aydınlatmadır. Aydınlatma sistemlerini yenilemek, binanın toplam enerji tüketimini azaltmada en etkin ve basit yollardan biridir. Efektif aydınlatma sistemleri yalnızca enerji verimliliğini arttırmakla kalmayıp, bina sakinlerinin yaşam kalitesini de arttıracaktır.

Aydınlatma ölçümü; İş Sağlığı ve İş Güvenliği Kanunu gereğince zorunlu olup, aydınlık şiddetinin standartlar çerçevesinde, maksimum ve minimum sınırlar arasında olması gerekir. Aydınlatma şiddeti ölçümü, işletmelerin ışık şiddetlerinin uygunluğunun tespiti için yapılan bir testtir. İşletmelerin, çalıştığı sektöre ve çalışma koşullarına göre doğru aydınlatılması gerekir. Çalışmakta olan işletmelerin, aydınlık düzeyleri periyodik olarak kontrol edilmelidir. Bu gereklilik ve 1475 sayılı Kanun'un ilgili hükümleri gereğince 11.01.1974 tarih ve 14765 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren "İş Sağlığı ve Güvenliği Tüzüğü" gereğince zorunludur.

Bu çalışmada, her ölçüm noktasında üç ölçüm yapılmış olup, ölçüm sonucu olarak bu değerlerin ortalaması alınmıştır. Ölçümler TES 1335 aydınlatma düzeyi ölçüm cihazı ile yapılmıştır. TES 1335 Digital Luxmeter EC1 aydınlatma düzeyi ölçüm cihazı Silikon Fotodiyot detektöre sahiptir. Ölçüm aralığı 0.01-0.1 KLux dır.



Şekil 3.5 Lobi aydınlatma

Çizelge 3.4. İş güvenliği tüzüğü otel aydınlatma lüks değerleri

OTEL AYDINLATMA LUX DEĞERLERİ	
Resepsiyonlar	700 - 1500 lüks
Girişler	300 - 700 lüks
Ziyafetler	301 - 700 lüks
Ofisler	150 - 300 lüks
Restaurantlar	150 - 300 lüks
Tuvaletler	150 - 300 lüks
Çamaşırhaneler	150 - 300 lüks
Barlar	70 - 150 lüks
Koridorlar	70 - 150 lüks
Merdivenler	70 - 150 lüks

İş Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü'nün 18.maddesinde. "İş yerlerindeki avlular, açık alanlar, dış yollar, geçitler ve benzeri kaba işlerin yapıldığı yerler ile iş geçit koridor yol ve merdivenler en az 70 lüks ile aydınlatılacaktır. Kaba malzemelerin taşınması, aktarılması, depolanması ve benzeri kaba işlerin yapıldığı yerler ile iş geçit koridor yol ve merdivenler, en az 70 lüks aydınlatılacaktır. Ayrıntıların, yakından seçilebilmesi gereken işlerin yapıldığı yerler en az 300 lüks ile aydınlatılacaktır. Koyu renkli dokum büro ve benzeri sürekli dikkat gerektiren işlerin yapıldığı yerler en az 500 lüks ile aydınlatılacaktır. Hassas işlerin sürekli olarak yapıldığı yerler en az 1000 lüks ile aydınlatılacaktır." hükmü bulunmaktadır.

Türk Standartları Enstitüsü Güvenli & Yeşil Bina Sertifikası “Sağlık, Güvenlik, Konfor” kategorisi kapsamında, iç aydınlatma gereklilikleri aşağıda belirtilmiştir;

-Elektrik tesisatı projesinde yer alan aydınlatma sistemi elemanlarının enerji tasarruflu ürünlerden seçilmesi ve aydınlatma güç yoğunluğunun $8W/m^2$ değerini aşmaması gerekir.

-Konut içi ve dışı ortak alanların aydınlatma güç yoğunluğu, ASHRAE 90.1-2007 standardında Tablo E.9.5.1’de belirtilen değerleri aşmamalıdır.

Termografik ölçüm

Termal kamera kullanılarak binanın dış cephe ve mekanik tesisatlarının görüntülenmesi, yapıların enerji verimliliği açısından analiz edilmesinde yardımcı olur. Bu şekilde, binalarda enerjinin verimli kullanılmaması sonucu ortaya çıkan enerji kayıpları tespit edilebilir ve enerji optimum bir şekilde kullanılabilir. Çekimler sonucu, bina dış cephe yüzeylerindeki sıcaklık dağılımı bir renk skalasıyla gösterilir. Buna göre, en fazla ısı kaybının olduğu, yalıtımın yetersiz veya deforme olduğu kısımlar tespit edilebilir. Özellikle HVAC mahallerinde, cam pencere ve kapılarda en önemli ısı kayıp ve kaçakları görülür ve gerekli önlemler alındığı takdirde, enerji tüketimi ciddi anlamda azalacaktır (Arkat 2013).

Bu ölçüm yapılırken, kullanılan cihaz ölçüm öncesi elektriksel ve mekaniksel bakış açısı ile kontrol edilir. Test altındaki alan yüzeyinin kirliliği, boyalı ya da paslı olması durumunda emisivite değerinin tayininde bu durum göz önünde bulundurulur. Cihaz ölçüm yüzeyine dik olacak şekilde konumlandırılır. Tekrarlanacak spot ölçümler için ölçüm noktaları kalıcı olarak işaretlenir ve her ölçümde bu noktalar kullanılır. İnfrared ölçümler için cihaza ölçüm öncesinde/sırasında emissivite değerleri girilir. Mümkün olduğunda emissivite değerleri temaslı ölçme teknikleriyle teyit edilir. Ölçümler “Dali LT 3 termal kamera” ile gerçekleştirilmiştir. Bu teze konu olan termal otel tesisinde, ısı merkezi ve ısıtma besleme hatlarında kullanılan yalıtımlı boruların yüzey sıcaklıkları ölçümlenmiş ve bulunan değerlerin olması gereken değerlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. TS 2164 sayılı tesisat yönetmeliği gereği yalıtımlı yüzeyin sıcaklığı ile iç ortam sıcaklığı arasındaki farkın maksimum $5^{\circ}C$ olması gerekir.



Şekil 3.6. Termografik ölçümde kullanılacak cihaz

Sıcaklık ve nem ölçümü

Bir binada, kullanıcıların termal konforu ve refahı için iç hava kalitesinin sağlanması kaçınılmazdır. Testo 435 ölçüm cihazı kullanılarak, mahallerdeki sıcaklık ve nem ölçümlenmiş ve bunun sonucunda termal konforun sağlanması adına gerekli iyileştirmeler yapılmıştır. Cihaz 20 metre mesafeye kadar kablosuz sıcaklık ve nem ölçümü yapabilmektedir.

Çizelge 3.5. Sıcaklık/nem ölçme cihazı teknik bilgileri

Genel teknik veriler	
Çalışma sıcaklığı	-20°C....+50°C
Saklama sıcaklığı	-30°C....+70°C
Boyutlar	220 x 74 x 46 mm
Batarya tipi	Alkali mangan, mignon, AA tipi
Pil ömrü	200 sa (tipik pervane ölçümü)
Ağırlık	428 g
Malzeme/gövde	ABS/TPE/Metal
Garanti	2 yıl



Şekil 3.7. Sıcaklık ve nem ölçümünde kullanılacak cihaz

Kazan verimlilik ölçümleri

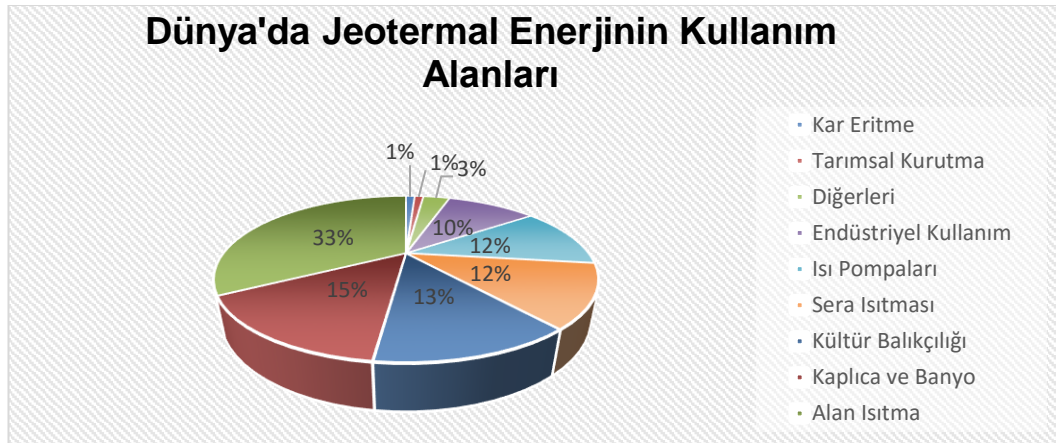
Bir binada veya tesiste en çok enerji tüketen sistemlerin başında HVAC sistemleri gelmektedir. Isıtma veya soğutmayı sağlayan cihazların en verimli şekilde çalışması, çevreye minimum emisyon salmaları oldukça önemlidir. Bu kapsamda, gaz emisyon analizleri, sıcaklık, nem, iletkenlik ve toplam çözünmüş katı madde ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler kazanlar rejim durumunda çalışırken alınmıştır. Ölçümler esnasında iletkenlik ölçümü kazandan su numuneleri alınarak yapılmıştır. Her ölçüm noktasında üç ölçüm yapılmış olup, ölçüm sonucu olarak bu değerlerin ortalaması alınmıştır. Portatif gaz analiz cihazı, katı, sıvı ve gaz yakıt kullanımını sonucunda açığa çıkan baca gazlarındaki O₂, CO, SO₂, NO_x' ler, sıcaklık, basınç, fark basıncı, hız ve debi, çığlenme noktası ve ıslilik ölçümlerini yapar, ayrıca, CO₂, yanma verimi, fazla hava katsayısını ve kayıplarını hesaplayabilmektedir. Cihazın TÜV sertifikası vardır. Cihaz; ölçülen toksik gaz konsantrasyonlarını hem ppm biriminde, hem mg/Nm³ biriminde istenen referans oksijen yüzdelere göre düzeltilmiş olarak mg/m³ biriminde hesaplayarak ekranında gösterebilmektedir. Toksik gaz konsantrasyonları elektrokimyasal hücrelerle sıcaklık termoelement yardımıyla ölçülmektedir. İslilik ölçümünde ise, DIN normuna göre 1,63 litre kağıdında toplanan is miktarının Bacharach skalası ile karşılaştırılması yöntemi kullanılmaktadır. Toksik gaz konsantrasyonları 1ppm duyarlılıkta okunmakta olup, hata, okunan değer %5'inden azdır.



Şekil 3.8. Baca gazı analizinde kullanılacak olan cihaz

Debi ölçümleri

Otelin ısıtma sistemi merkezi olarak katı yakıtlı 3 adet kazan ile yapılmaktadır. Otel, Türkiye'nin önemli bir jeotermal kuşağında bulunan Oylat'ta bulunmakta olduğu için, sıcak su ihtiyacı jeotermal kaynaklardan sağlanmaktadır. Bursa'nın İnegöl İlçesi'nde bulunan Oylat, Marmara Bölgesi'nin en önemli kaplıcaları arasında yer alır. İlçe merkezine 27 km uzaklıkta ve Oylat deresi kenarındadır. Kaynak sıcaklığı 40°C değeri civarında olduğu için, kaplıca suları elektrik üretiminde kullanılamamakta olup, sağlık ve turizm alanında kullanılmaktadır. Dünya'da akışkan sıcaklığına göre, jeotermal enerji farklı alanlarda kullanılabilir. Dünya'da jeotermal enerjinin kullanıldığı alanlar ve yüzdeleri Şekil 3.9'da verilmiştir (<http://www.eie.gov.tr/>, 2015).



Şekil 3.9. Dünya'da (elektrik hariç) jeotermal enerji kullanım alanları

Oylat'ta çıkan jeotermal su 40,6°C sıcaklığında olup, mineralce oldukça zengindir. Bu sebeple kaplıca turizminde kullanılmaktadır. Bursa'daki kaynak sularının fiziksel özellikleri Çizelge 3.6.'da verilmiştir (Ertürk 2010).

Çizelge 3.6. Bursa ili ve çevresinde ölçülen jeotermal suların fiziksel özellikleri

Lokasyon	Tarih	Koordinatlar		Yükseklik (m)	T (°C)	Ph	Eh (Mv)	EC (Ms/c)	O ₂ (mg/l)
		X	Y						
Çekirge	30.10.2009	35 671712	4452016	226	42.6	7,1	161	573	6,5
Zeynine	30.10.2009	35 671794	4452112	241	40.2	7,3	647	590	5,5
Kaynarca	30.10.2009	35 673576	4451972	153	66.4	7,4	366	1210	6,6
Uludağ Reh.	30.10.2009	35 673409	4452015	143	68.5	6,9	267	1410	3,2
Dümbüldek	29.10.2009	35 622257	4423155	79	51.1	6,6	50	2780	1,1
Gemlik	29.10.2009	35 683315	4477190	2	36.5	7,3	182	461	5,6
Oylat	31.10.2009	35 721067	4423064	693	40.6	7,3	282	716	4,9
Çitli M. Suyu	31.10.2009	35 725022	4433316	463	14	7	121	5720	6,1
Babasultan 1	31.10.2009	35 700804	4442808	728	14,5	8	270	291	11,3
Babasultan 2	31.10.2009	35 700796	4442814	729	10,4	8,4	275	292	11,2
Baba sultan 3	31.10.2009	35 700787	4442812	688	20	7,8	281	310	6,5
Erikli su	31.10.2009	35 688705	4450340	145	18,4	7	334	44	8,4

BÖLÜM 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, yukarıda bahsedilen ölçüm sonuçlarına göre otelin enerji verimliliği analiz edilecek ve verimliliği artırıcı, tasarruf sağlayacak önlemler uygulanacaktır. Bu yapılırken en önemli noktalardan biri, bir yandan enerji verimliliği artırılırken, diğer yandan otel müşterilerin konforundan ödün vermemektir.

Binanın ilk haliyle, yıllık olarak elde edilen enerji tüketim değerleri ve işletme maliyetleri hesaplanmış ve Türk Standartları Enstitüsü Yeşil Bina Sertifikası gerekliliklerine göre yeniden tasarımı yapılmış yeni haliyle karşılaştırılmıştır. Bu şekilde, yatırımın gerekli olup olmadığı sorusunun cevabı aranmıştır.

4.1 Binadaki yapı elemanlarının termal analizi

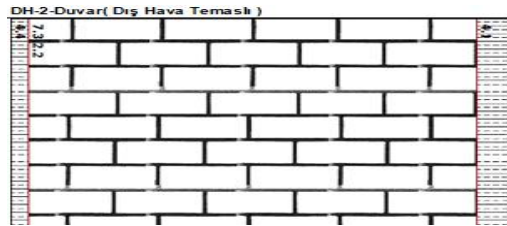
Otel binası, farklı konfor sıcaklıklarına sahip farklı mekanlardan oluşmaktadır. Bu sebeple hesaplamalar için ortalama bir konfor sıcaklık değeri kabul edilmiş olup, her kat tek bir zon gibi düşünülmüştür. Binadaki yapı elemanlarından meydana gelen ısı kaybını hesaplayabilmek için, önce yapı bileşenlerinin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı (U) değeri, hesaplanır. Bu değer, binanın içindeki ve dışındaki sıcaklık farkı sebebiyle oluşan ısı kaybının metrekare başına olan ifadesi olup birimi W/m^2K 'dir. Otel binasının bulunduğu ısıtma bölgesi, TSE standartlarına göre (Çizelge 4.1) 2. Bölge'dir. Oteldeki yapı malzemelerinin ısıl geçirgenlik katsayı değerleri, aşağıdaki değerleri geçmemelidir:

U_P (Pencerelerin ısıl geçirgenlik katsayısı): $2,4 W/m^2K$

U_D (Duvarların ısıl geçirgenlik katsayısı): $0,60 W/m^2K$

4.1.1 Dış duvar

Dış duvar yapı bileşenleri, detaylı olarak Şekil 4.1 ve Çizelge 4.2'de belirtilmiştir.



Şekil 4.1. Dış duvar yapı bileşenleri

Çizelge 4.1. TS 825’te verilen derece gün bölgeleri

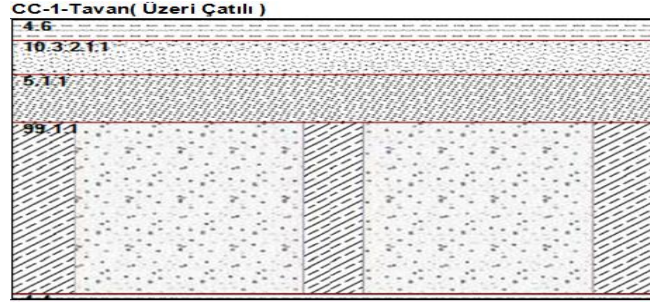
Bölge	TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı
I	Adana, Antalya, Aydın, Hatay, İzmir, Mersin, Osmaniye
II	Adapazarı, Adıyaman, Amasya, Balıkesir, Bartın, Batman, Bursa, Çanakkale, Denizli, Diyarbakır, Düzce, Edirne, Gaziantep, Giresun, İstanbul, Kahramanmaraş, Kilis, Kocaeli, Manisa, Mardin, Muğla, Ordu, Rize, Samsun, Siirt, Sinop, Şanlıurfa, Şırnak, Tekirdağ, Trabzon, Yalova, Zonguldak
III	Afyon, Aksaray, Ankara, Artvin, Bilecik, Bingöl, Bolu, Burdur, Çankırı, Çorum, Elazığ, Eskişehir, Iğdır, Isparta, Karabük, Karaman, Kırıkkale, Kırklareli, Kırşehir, Konya, Kütahya, Malatya, Nevşehir, Niğde, Tokat, Tunceli, Uşak
IV	Ağrı, Ardahan, Bayburt, Bitlis, Erzincan, Erzurum, Gümüşhane, Hakkari, Kars, Katamonu, Kayseri, Muş, Sivas, Van, Yozgat

Çizelge 4.2. Dış duvar yapı bileşenleri

	Yapı elemanının kalınlığı (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri (W/mK)	Isıl iletkenlik direnci (m ² K/W)	Isıl geçirgenlik katsayısı (W/m ² K)
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13	
Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	0,01	0,51	0,02	
TS EN 998-2 e uygun ve yoğunluğu ≤1000 altında harç kullanılarak veya (blok uzunluğu ≥ 500mm) gazbeton bloklarla yapılan duvarlar	0,25	0,13	1,92	
Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0	0,02	
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			2,13	0,469

4.1.2 Tavan

Tavan yapı bileşenleri ve ısı iletim katsayısı detaylı olarak Şekil 4.2 ve Çizelge 4.3'te belirtilmiştir.



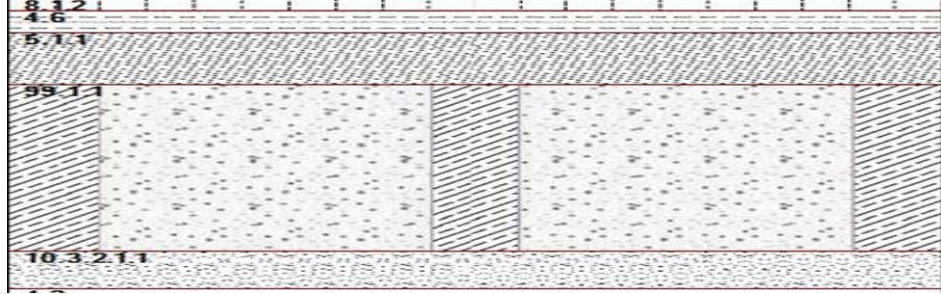
Şekil 4.2. Tavan yapı bileşenleri

Çizelge 4.3. Tavan yapı bileşenleri

	Yapı elemanının kalınlığı (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri (W/mK)	Isıl iletkenlik direnci (m ² K/W)	Isıl geçirgenlik katsayısı (W/m ² K)
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,08	
Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,02	
Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı iletkenlik grubu 030	0,05	0,030	1,67	
Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,07	2,5	0,03	
Gazbeton Asmolen	0,25	0,2	1,25	
Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış siva	0,01	0,51	0,02	
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13	
			3,2	0,8 x 0,3122

4.1.3 Taban

Taban yapı bileşenleri ve ısı iletim katsayısı detaylı olarak Şekil 4.3 ve Çizelge 4.4'te belirtilmiştir.



Şekil 4.3. Taban yapı bileşenleri

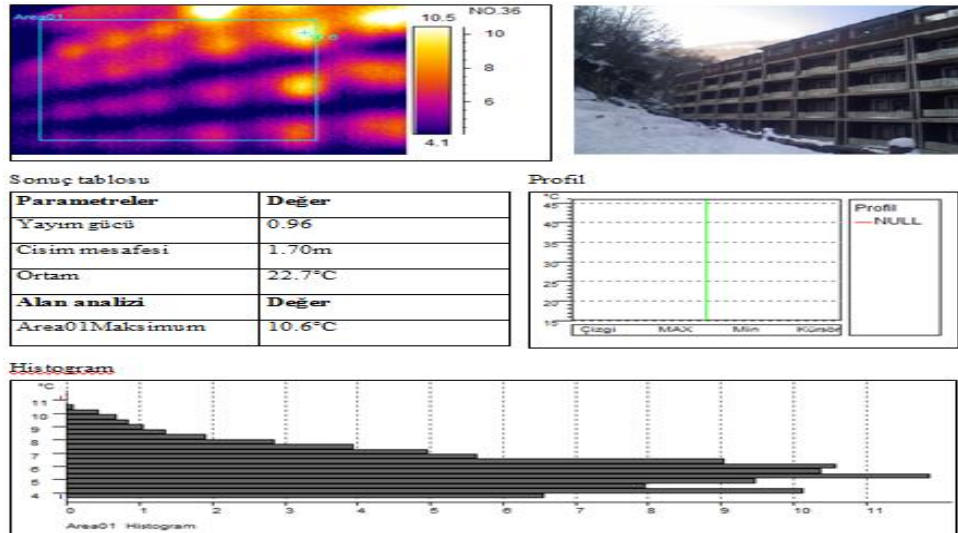
Çizelge 4.4. Taban yapı bileşenleri

	Yapı elemanının kalınlığı (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri (W/mK)	Isıl iletkenlik direnci (m ² K/W)	Isıl geçirgenlik katsayısı (W/m ² K)
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17	
Kayın, meşe, dişbudak	0,017	0,20	0,08	
Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,02	
Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,07	2,5	0,03	
Gazbeton Asmolen	0,225	0,19	1,18	
Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥25; ısı iletimlik grubu 030	0,05	0,030	1,67	
Çimento harcı	0,01	1,6	0,01	
Yüzeysel ısı iletim katsayısı			0,17	
			3,33	0,5x0,3022

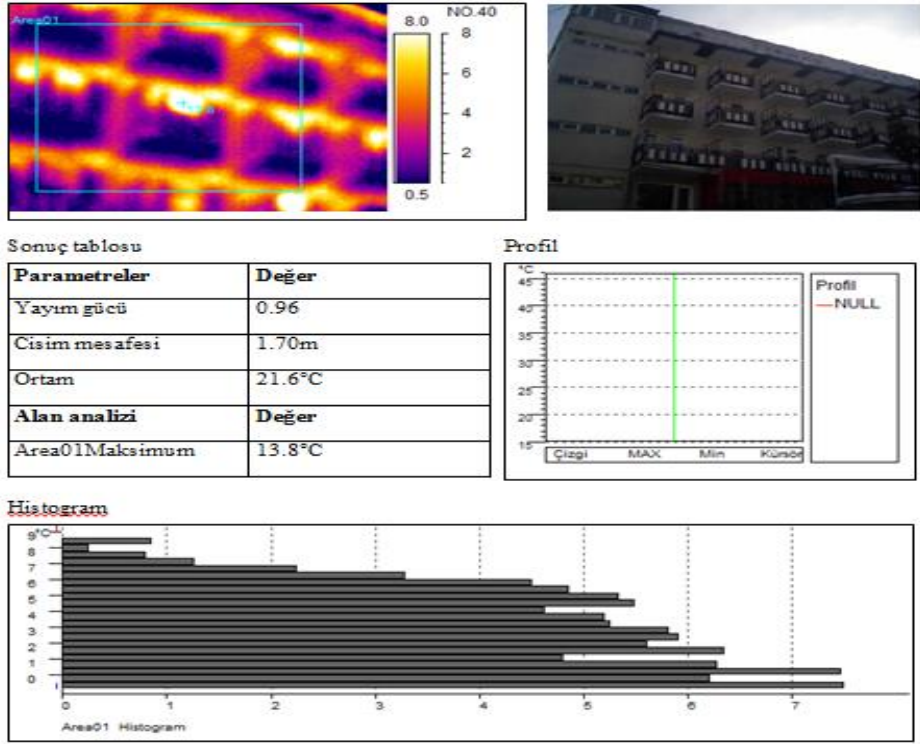
Çizelge 4.5 Bina yapı malzemelerinin ısı geçirgenlik katsayıları

Binadaki yapı elemanları	Isıl geçirgenlik katsayısı (W/m ² K)
Dış Duvar	0,469
Tavan	0,8x0,3122
Taban	0,5x0,3022
Pencere	2,15
Kapı	3,5

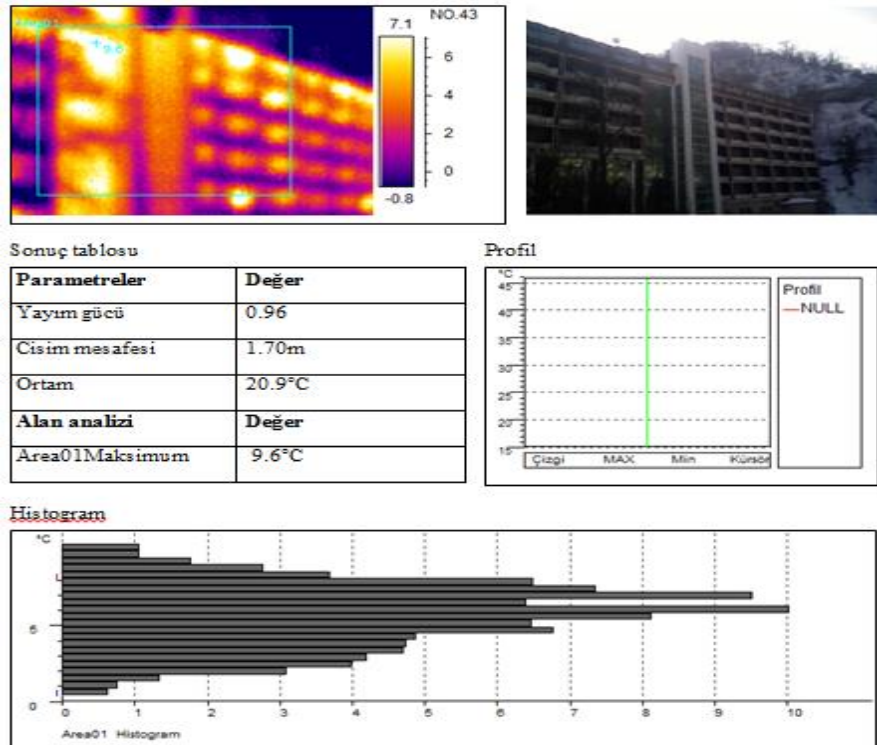
Çizelge 4.5'te görüldüğü üzere, bina yapı malzemelerinin ısı geçirgenlik katsayıları, TS 825 ısı yalıtım standartlarında, 2. Bölge için tanımlanan sınır değerlerini aşmamıştır. Yapı bileşenleri TS 825 standartlarına uygundur. Bu sebeple, bina yapı malzemelerinde herhangi bir değişikliğe gerek duyulmamıştır. Ancak tesisat borularındaki yalıtım malzemelerinin işlevselliğini kaybettiği gözlenmiştir. Isı merkezinde yalıtımlı boruların yüzey sıcaklıkları ölçümlenmiş ve bulunan değerlerin olması gereken değerlerden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. TS 2164 sayılı tesisat yönetmeliği gereği yalıtımlı yüzey sıcaklığı ile iç ortam sıcaklığı farkının maksimum 5°C olması gerekirken, 9-12 °C arasında sıcaklık farkları görülmüştür. Bu sebeple tesisat borularının komple yenilenerek, ön izoleli jeotermal borularla değiştirilmesi uygun görülmüştür.



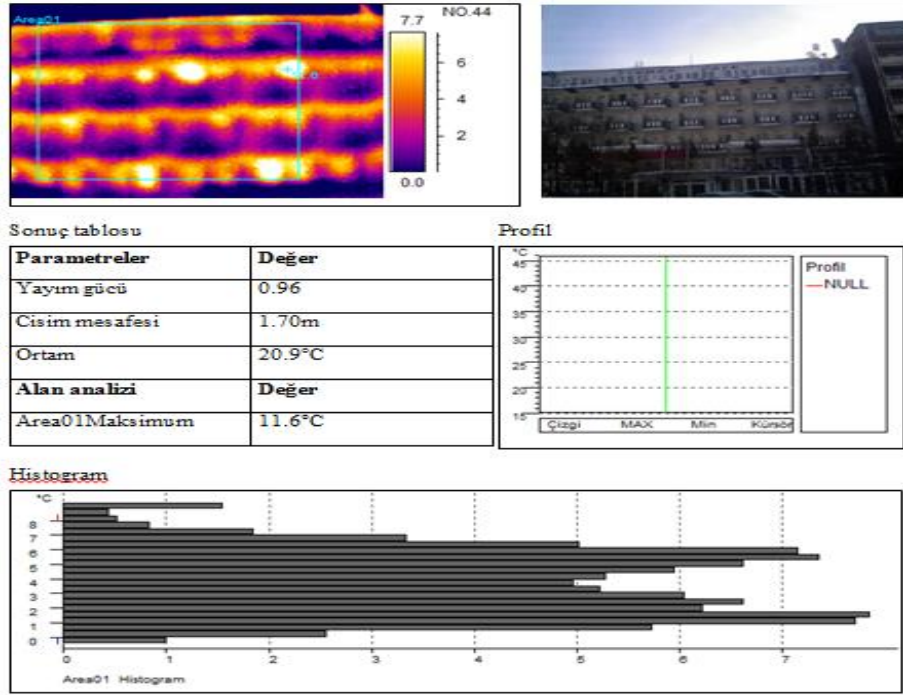
Şekil 4.4 Bina ön cephe termal kamera çekimleri



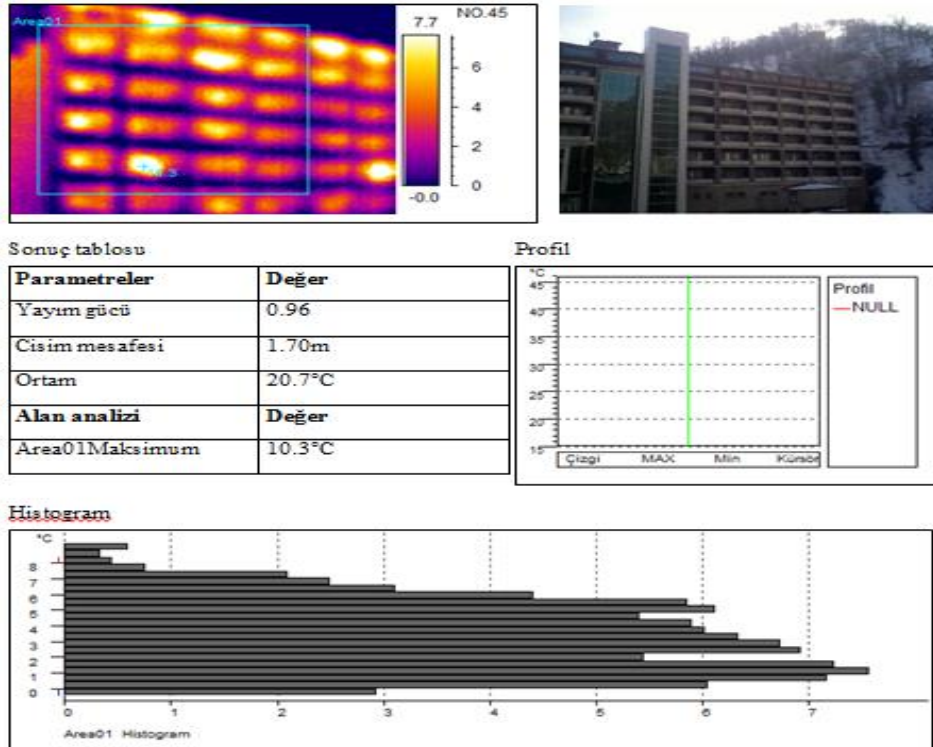
Şekil 4.5 Bina ön cephe termal kamera çekimleri



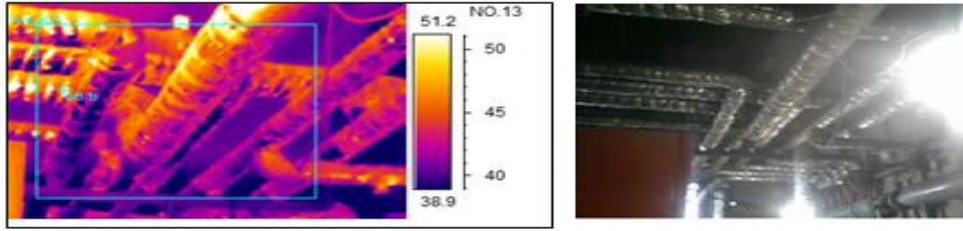
Şekil 4.6 Bina arka cephe termal kamera çekimleri



Şekil 4.7 Bina arka cephe termal kamera çekimleri



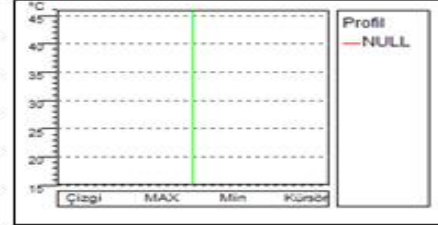
Şekil 4.8 Bina termal kamera çekimleri



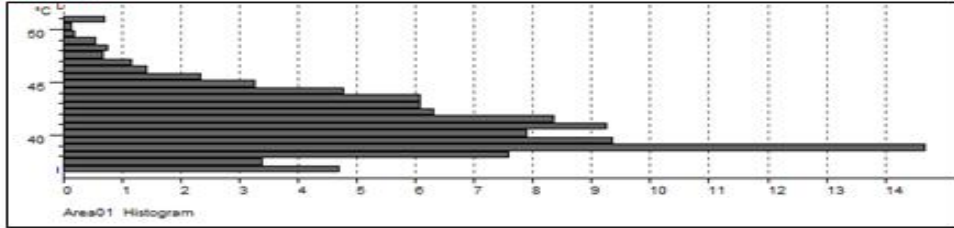
Sonuç tablosu

Parametreler	Değer
Yayın gücü	0.96
Cisim mesafesi	1.70m
Ortam	25.0°C
Alan analizi	Değer
Area01Maksimum	86.9°C

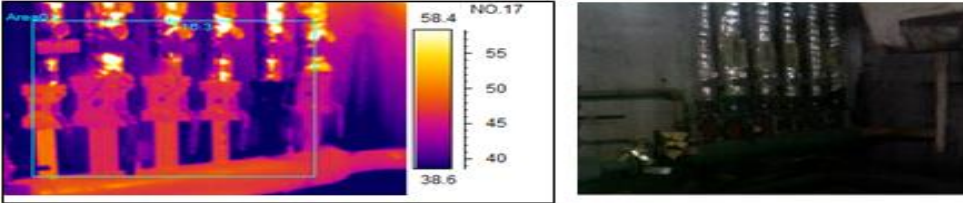
Profil



Histogram



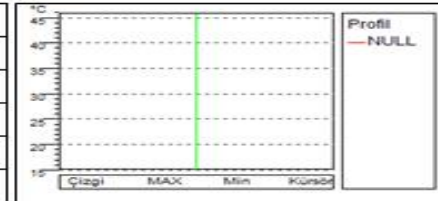
Şekil 4.9 Bina termal kamera çekimleri



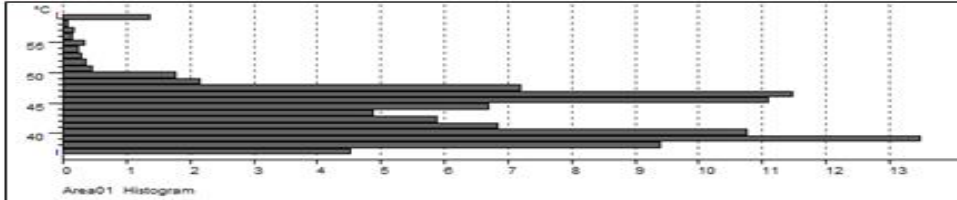
Sonuç tablosu

Parametreler	Değer
Yayın gücü	0.96
Cisim mesafesi	1.70m
Ortam	25.3°C
Alan analizi	Değer
Area01Maksimum	116.3°C

Profil



Histogram



Şekil 4.10 Bina termal kamera çekimleri

4.2 Aydınlatma Analizi

Çizelge 4.6’da otelde lüksmetre ile ölçümlenen aydınlatma armatürlerinin lux cinsinden değerleri verilmiştir. İş Sağlığı ve Güvenliği Tüzüğü’nün 18. Maddesine göre, otelin bazı bölümlerinin aydınlatmasının yetersiz olduğu gözlemlenmiştir.

Ülkemizde üretilen elektrik enerjisinin tüm sektörlerde aydınlatma amacı ile yaklaşık olarak toplam %21,3’ü tüketilmektedir ve iyi bir tasarım yapılırsa tüketilen toplam aydınlatma enerjisi %20 oranında azaltılabilir (Sümengen 2003). Ancak, tasarruf amacıyla, bina sakinlerine yetersiz aydınlatma sağlaması, kaza risklerinin artmasına, göz sağlığının bozulmasına, hem biyolojik hem de psikolojik tatminsizliğe sebep olabilir. Bu sebeple, otelde aydınlatmanın yetersiz bulunduğu armatürler, daha yüksek ışık şiddetli armatürler ile değiştirilmelidir.



Şekil 4.11 Lobi aydınlatma



Şekil 4.12 Restaurant aydınlatma

Çizelge 4.6 Lüksmetre ölçüm değerleri

ölçüm no	ölçüm noktası	ölçüm zamanı	arma tür türü	1.ölçüm (lux)	2.ölçüm (lux)	3.ölçüm (lux)	ortalama ölçüm sonucu (lux)	i.s.i.g.t madde 18	yeterli/ yetersiz
1	Lobi giriş	gece	LED	212	152	239	201	300-700 lüks	yetersiz
2	Resepsiyon	gece	LED	194	254	216	221,3	300-700 lüks	yetersiz
3	Restaurant	gece	LED	268	249	198	238,3	150-300 lüks	yeterli
4	Acil çıkış	gece	LED	38	110	96	81,3	300- 700 lux	yetersiz
5	Oda koridor	gece	LED	28,6	61	124	71,2	70-150 lux	yeterli
6	Oda içi	gece	LED	49,3	194,4	215	152,9	150-300 lux	yeterli
7	Kat acil çıkış	gece	LED	35	112,4	167	104,8	300- 700 lux	yetersiz
8	Toplantı salonu	gece	LED	265	219	268	250,6	150-300 lux	yeterli



Şekil 4.13 Toplantı salonu aydınlatma



Şekil 4.14 Oda aydınlatma



Şekil 4.15 Restaurant aydınlatma

4.3 Debi ölçümleri

Tesislerde günlük toplamda 4300 ton kapasiteye sahip termal suyun yeniden değerlendirilmesi adına, termal su debileri ölçümlenmiştir. Oylat'ta mevcut bulunan termal su, kaynağından yaklaşık 40°C sıcaklıkta çıkmakta ve otellerin banyoları ve kaplıca hamamlarında kullanıldıktan sonra 30°C'lik bir ısıyla deşarj edilmektedir. Deşarj edilen sıcak suyun enerjisinden, ısınmada faydalanabilmek adına, mahal mahal debi ölçümleri yapılmış ve bu değerler Çizelge 4.8'de belirtilmiştir.

4.4 Tesisin elektrik üretimi

Otelde kullanılan elektriğin bir kısmı, otelde bulunan mini hidroelektrik santralden üretilmektedir. Üretilen elektrik ile alakalı girdiler, Çizelge 4.7'te verilmiştir.

Çizelge 4.7 Otel hidroelektrik santralinde elektrik üretimi ve kullanılan elektrik enerjisi

07:00-17:00 arası	250 kWh elektrik üretimi	1 500 kw/gün (tüketim sonrası kalan elektrik enerjisi)
	100 kWh elektrik tüketimi	
17:00-01:00 arası	250 kWh elektrik üretimi	400 kw/gün (tüketim sonrası kalan elektrik enerjisi)
	200 kWh elektrik tüketimi	
01:00-07:00 arası	250 kWh elektrik üretimi	900 kw/gün (tüketim sonrası kalan elektrik enerjisi)
	100 kWh elektrik tüketimi	
Toplam	2800 kw/gün	
Toplam emniyet katsayılı	2800/1,1=1500 kw/gün	

Çizelge 4.8 Mahallerin Debi Ve Enerji Ölçümleri

mahal adı:	su debisi (m ³ /h)	suyun özgül kütlesi (kg/m ³)	suyun özgül ısısı (kcal/kg x °C)	su gidiş sıcaklığı (°C)	su dönüş sıcaklığı (°C)	sıcaklık farkı (°C)	toplam enerji (kcal)
kazan 1	65,2	998	0,9985	56,6	47	9,6	173 259
kazan 2	64	998	0,9985	55	51	4	70 862
kazan 3	38,01	998	0,9985	65,5	57	8,5	84 432
aşiyan banyo dönüş kollektörü	1,86	995	0,9982	47	45,2	1,8	92 368
şelale apart dönüş kollektörü	4,8	995	0,9982	45	42,5	2,5	3 311
meydan esnaf camii dönüş kollektörü	3,53	995	0,9982	47	42,5	4,5	4 382
blok otel dönüş kollektörü	25,6	995	0,9982	51	45	6	42 377
aşiyan yemekli dönüş kollektörü	16,8	995	0,9982	51	47,2	3,8	17 613
eski çağlayan dönüş kollektörü	16,3	995	0,9982	51	45	6	26 982

4.5 2015 Yılı Binanın Enerji Tüketimi

Tesisin enerji tüketiminin analiz edilebilmesi adına, 2015 yılının, elektrik ve kömür faturaları incelenmiş olup, ortalama elektrik, kömür tüketimi ve elektrik üretimi TEP (Ton eşdeğer petrol) cinsinden aylık olarak Çizelge 4.9’da gösterilmiştir. Buna göre tesisin yıllık olarak, enerji için harcadığı toplam maliyet 648 722 TL’dir. Enerji tüketimi (ton eşdeğer petrol cinsinden) ve yıllık enerji tüketim maliyeti sunulmuştur.

Çizelge 4.9 Binaanın aylık bazda toplam enerji tüketimi

Toplam Enerji Tüketimi							
Aylar	Elektrik		Sıvı Yakıtlar	Katı Yakıtlar	Gaz Yakıtlar	Toplam	Toplam Maliyet
	Alınan	Üretilen					
	TEP	TEP	TEP	TEP	TEP	TEP	
Ocak	8,04	4,13	0	85,89		98,05	97 514,60
Şubat	6,71	3,87	0	93,73		104,31	101 540,72
Mart	7,05	3,74	0	43,37		54,16	55 428,51
Nisan	7,38	3,35	0	58,16		68,89	69 591,60
Mayıs	6,23	3,10	0	4,07		13,40	17 583,50
Haziran	4,49	2,58	0	16,37		23,44	24 961,45
Temmuz	6,14	2,19	0	-		8,33	13 665,00
Ağustos	10,64	1,55	0	-		12,18	23 671,40
Eylül	10,02	1,55	0	4,21		15,78	26 156,56
Ekim	10,06	1,68	0	47,96		59,70	66 141,37
Kasım	11,03	2,32	0	77,90		91,26	95 681,68
Aralık	10,32	3,10	0	4,52		17,93	56 785,60
Toplam	98,10	33,15	0	436,19	0,00	567,44	648 721,98

Çizelge 4.10 Otel binası elektrik ve kömür tüketimi birim maliyeti

ENERJİ TÜRÜ	TÜKETİM				MALİYET		BİRİM MALİYET
	Miktar	Birim	TEP	% Toplam	TL	% Toplam	TL / TEP
Elektrik (alınan)	1 140 685	kWh	98,10	17%	220 427,58	34%	2 246,99
Elektrik (üretilen)	249 000	kWh	21,41	4%	-	0%	
Kömür	669 210	Kg	468,45	80%	428 294,40	66%	914,29
TOPLAM			587,96	100%	648 721,98	100%	

Çizelge 4.10'dan görüldüğü üzere, Tep cinsinden toplam enerjinin %17'si satın alınan elektrik ile karşılanırken, %80 'i kömür den karşılanmaktadır. Maliyet açısından karşılaştırılacak olunursa, toplam tüketim maliyetinin %34'ünü elektrik %66'sini kömür oluşturmaktadır. Çizelge 4.11 ve 4.12'de ise, aylara göre toplam elektrik ve kömür tüketimi ayrı ayrı sunulmuştur. Oda başına ve metrekare başına harcanan birim enerji tüketim değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.11 Aylara göre toplam elektrik enerjisi ve derece gün sayısı

Aylara göre toplam elektrik tüketimi ve derece gün sayısı						
aylar	oda başına harcanan elektrik enerjisi (kWh/yatak)	m ² başına harcanan elektrik enerji (kWh/m ²)	2015 hdd	2015 cdd	ısıtma derece- gün başına harcanan elektrik (kWh/m ² .dg)	soğutma derece-gün başına harcanan elektrik (kWh/m ² .dg)
Ocak	370,79	7,96	386,00	0,00	3 073,46	0,00
Şubat	309,43	6,64	304,00	0,00	2 020,00	0,00
Mart	325,34	6,99	272,00	0,00	1 900,31	0,00
Nisan	340,44	7,31	195,00	0,00	1 425,59	0,00
Mayıs	287,33	6,17	4,00	4,00	24,68	24,68
Haziran	207,16	4,45	0,00	11,00	0,00	48,93
Temmuz	283,31	6,08	0,00	111,00	0,00	675,32
Ağustos	490,77	10,54	0,00	136,00	0,00	1 433,30
Eylül	462,55	9,93	0,00	56,00	0,00	556,24
Ekim	464,04	9,96	41,00	0,00	408,56	0,00
Kasım	509,17	10,93	167,00	0,00	1 825,99	0,00
Aralık	476,19	10,23	386,00	0,00	3 947,17	0,00
Toplam	4 526,53	97,20			14 625,76	2 738,48

Çizelge 4.12. Aylara göre toplam kömür tüketimi ve derece gün sayısı

Aylara göre toplam kömür enerji ve derece gün sayısı						
aylar	oda başına harcanan kömür enerjisi (kg/yatak)	m ² başına harcanan kömür enerji (kg/m ²)	2015 hdd	2015 cdd	ısıtma derece-gün başına harcanan kömür (kg/m ² .dg)	soğutma derece-gün başına harcanan kömür (kg/m ² .dg)
Ocak	486,90	10,46	386,00	0,00	4 035,98	0,00
Şubat	531,35	11,41	304,00	0,00	3 468,73	0,00
Mart	245,87	5,28	272,00	0,00	1 436,14	0,00
Nisan	329,68	7,08	195,00	0,00	1 380,54	0,00
Mayıs	23,10	0,50	4,00	4,00	1,98	1,98
Haziran	92,82	1,99	0,00	11,00	0,00	21,93
Temmuz	0,00	0,00	0,00	111,00	0,00	0,00
Ağustos	0,00	0,00	0,00	136,00	0,00	0,00
Eylül	23,85	0,51	0,00	56,00	0,00	28,68
Ekim	271,90	5,84	41,00	0,00	239,40	0,00
Kasım	441,63	9,48	167,00	0,00	1 583,76	0,00
Aralık	208,49	4,48	386,00	0,00	1 728,20	0,00
Toplam	2 655,60	57,03			13 874,73	52,59

4.6 Emisyon hesabı

Isıtma tesisatında kullanılan yakıtların yanması sonucu açığa çıkan atık gazların % 85'ini CO₂, % 15'lik kısmını ise kükürtdioksit (SO₂), karbonmonoksit (CO) partikül madde (PM10 ve PM2.5), azot oksit bileşikleri (NO_x) gibi emisyonlar oluşturmaktadır.

Ancak, CO₂ harici diğer emisyon değerlerinin yüzdelik oranları küçük olduğu için hesaplamalarda genel yaklaşım olarak CO₂ emisyonu dikkate alınmaktadır (Yazıcı 2012). Binalarda kullanılan yakıt cinsine bağlı olarak, enerji tüketimi sonucu açığa çıkan yıllık CO₂ emisyon hesabı, 2008 tarihli Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği'nde aşağıdaki gibi formülize edilmiştir;

$$SEGM_y = 0,278 \times 10^{-3} \times B_y \times H_u \times FSEG \quad (4.1)$$

SEGM_y: Yıllık CO₂ emisyon miktarı (kg eşd. CO₂)

FSEG: Yakıt cinsine göre CO₂ emisyonu dönüşüm katsayısı (Çizelge 4.13'te verilmiştir)

B_y: Yıllık yakıt miktarı (m³)

H_u: Yakıtın alt ısıl değeri

Çizelge 4.13. Hesaplamalarda kullanılan yakıt türlerinin FSEG (CO₂) dönüşüm katsayıları

Yakıt Türü	FSEG (CO ₂) dönüşüm katsayısı (kg eşd. CO ₂ /kWh)
Doğalgaz	0,234
Linyit Kömürü	0,433
Fuel-oil	0,330
Diğer fosil yakıtlar	0,320

Çizelge 4.14. Bazı yakıt türlerinin alt ısıl değerleri

		Alt Isıl Değer
YAKIT	Birim	
Doğalgaz	kJ/m ³	34 485,00 kJ/m ³
Kömür	kg	20 913,50 kJ/kg

4.7 Binalarda yakıt sarfiyatı hesabı

Binalarda yakıt sarfiyatı, kullanılan yakıt cinsi ve kazan verimine göre değişiklik göstermektedir. Binanın bulunduğu bölgedeki en düşük sıcaklığa göre yapılan yıllık yakıt sarfiyatı aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Kırmacı 2015);

Çizelge 4.15. Yakıtların birim fiyatları (13 Nisan 2016)

Yakıt	Birim	Birim Fiyatı (C_{fyak}) (TL/Birim)
Doğalgaz	m ³	1,1280 TL/m ³ (Bursagaz)
Kömür	kg	0,55 TL/kg (Soma)
Elektrik	kw	0,44 TL/ kWh (TEDAŞ)

$$B_y = Q_{yıl} / H_u \times \eta_k \quad (4.2)$$

B_y : Yıllık yakıt sarfiyatı

$Q_{yıl}$: İstima sisteminden ısıtılan ortama bir yıl içerisinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarı

H_u : Alt ısı değer

η_k : Kazan verimi

Isıtma sistemlerinin maliyet analizi hesabı için yıllık yakıt maliyeti M_y Eşitlik 4.3 ile hesaplanabilir.

$$M_y = B_y \times C_{fyak} \quad (4.3)$$

M_y : Yıllık yakıt maliyeti

B_y : Yıllık yakıt miktarı

C_{fyak} : Yakıt birim fiyatı

4.8 İyileştirme Alternatifi

Otelin ısıtma sistemi merkezi olarak katı yakıtlı 3 adet kazan ile yapılmaktadır. Katı yakıtlı kazan enerji tüketiminin %66'sını oluşturarak ciddi enerji maliyeti çıkarmaktadır. Katı yakıtlı kazanların yerine su kaynaklı ısı pompası ile enerji talebi

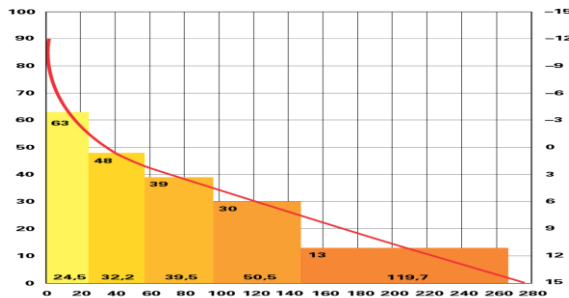
pik saatler dışındaki zamanlarda maliyetsiz olarak karşılanacaktır. Isı pompasının yetersiz kaldığı zamanlarda ise duvar tipi yoğuşmalı kazan kullanılarak, enerji maliyeti düşecektir. Kurulacak bu sistem ile, Oylat'ta bulunan tesiste kullanılan günlük 4300 ton kapasiteye sahip termal su yeniden değerlendirilecektir. Kaynağından yaklaşık olarak 40°C'de çıkan termal su, otellerin banyoları ve kaplıcalarda kullanıldıktan sonra 30°C'lik bir ısı ile deşarj edilmektedir. Deşarj edilen 30°C'lik kaplıca suyunun toplanıp, ısı pompasına gönderilmesi ve atık ısıdan faydalanılması öngörülmüştür. 30°C'de su kaynaklı ısı pompasına girecek olan su, ısı pompasından 70°C'de çıkacaktır. Böylelikle ısınma ihtiyacı ekonomik bir şekilde karşılanacaktır. Aşağıda su kaynaklı ısı pompası ile duvar tipi yoğuşmalı kazan için gerekli maliyet hesapları verilmiştir.

Önerilen sistem seçimi;

1. Su kaynaklı ısı pompası sistemi (Elektrik üretiminden ve atık ısıdan tam kapasite faydalanabilmek için)
2. Doğalgaz yakıtlı duvar tipi yoğuşmalı kazan sistemi

4.8.1 İyileştirme alternatifine ilişkin ısıtma enerjisi harcamalarının hesaplanması Su kaynaklı ısı pompası ile yıllık yakıt maliyeti

Bu kısımda, Denklem 4.2 ve Denklem 4.3 kullanılarak, önerilen enerji etkin mekanik sistemlerin yıllık tüketeceği enerji sarfiyatı hesaplanmıştır. Kullanılacak su kaynaklı ısı pompasının COP değeri 3.8 olup, seçilen doğalgaz yakıtlı yoğuşmalı kazanların verimi 0,92'dir.



Şekil 4.15. Cihazların yıllık kapasite kullanım miktarları (Viessmann)
(cihaz yükü-dış hava sıcaklığı-ısıtma gün sayısı)

Denklem 4.2 ve 4.3 yardımıyla yakıt ve enerji sarfiyatı hesabı yapılmıştır:

Isı pompası 0°C ile 3°C arasında 32 gün çalışacaktır.

$$1\ 350\ \text{kw} \times 0,48 \times 24\ \text{saat/gün} \times 32\ \text{gün/yıl} = 498\ 000\ \text{kw/yıl}$$

$$(498\ 000\ \text{kw/yıl})/3,88\ \text{COP} = 131\ 000\ \text{kw/yıl}$$

$(131\ 000\ \text{kw/yıl}) / 32\ \text{gün/yıl} = 4\ 095\ \text{kw/gün}$ elektrik tüketimi olacaktır.

Üretilen elektrik enerjisinden, 1 500 kw/gün olan kısmı karşılanacaktır.

2 595 kw/gün satın alınacak elektrik enerjisi

Isı pompası 3 °C ile 6°C arasında 39 gün çalışacaktır.

$$1\ 350\ \text{kw} \times 0,39 \times 24\ \text{saat/gün} \times 39\ \text{gün/yıl} = 493\ 000\ \text{kw/yıl}$$

$$(493\ 000\ \text{kw/yıl})/3,88\ \text{COP} = 129\ 700\ \text{kw/yıl}$$

$(129\ 700\ \text{kw/yıl}) / 39\ \text{gün/yıl} = 3\ 330\ \text{kw/gün}$ elektrik tüketimi olacaktır.

Üretilen elektrik enerjisinden 1 500 kw/gün olan kısmı karşılanacaktır.

$3\ 330\ \text{kw/gün} - 1\ 500\ \text{kw/gün} = 1\ 830\ \text{kw/gün}$ satın alınacak elektrik enerjisi

Isı pompası 6 °C ile 9°C arasında 50 gün çalışacaktır.

$$1\ 350\ \text{kw} \times 0,30 \times 24\ \text{saat/gün} \times 50\ \text{gün/yıl} = 486\ 000\ \text{kwh/yıl}$$

$$(486\ 000\ \text{kwh/yıl})/3,88\ \text{COP} = 127\ 900\ \text{kwh/yıl}$$

$(127\ 900\ \text{kwh/yıl}) / 50\ \text{gün/yıl} = 2\ 560\ \text{kwh/gün}$ elektrik tüketimi olacaktır.

Üretilen elektrik enerjisinden 1 500 kw/gün olan kısmı karşılanacaktır.

1 060 kw satın alınacak elektrik enerjisi.

Isı pompası 9 °C ile 15°C arasında 120 gün çalışacaktır.

$$1\ 350\ \text{kw} \times 0,13 \times 24\ \text{saat/gün} \times 120\ \text{gün/yıl} = 506\ 000\ \text{kwh/yıl}$$

$$(506\ 000\ \text{kwh/yıl})/3,88\ \text{COP} = 133\ 160\ \text{kwh/yıl}$$

$(133\ 160\ \text{kwh/yıl})/120\ \text{gün/yıl} = 1\ 110\ \text{kwh/gün}$ elektrik tüketimi olacaktır.

Üretilen elektrik enerjisinden tamamı karşılanacaktır. Toplam yıllık satın alınacak elektrik enerjisi;

$(1\ 991\text{kw/gün} \times 24\ \text{gün}) + (2\ 595\ \text{kw/gün} \times 32\ \text{gün}) + (1\ 830\ \text{kw/gün} \times 39\ \text{gün}) + (1\ 060\ \text{kw/gün} \times 50\ \text{gün}) = 255\ 194\ \text{kw/yıl}$

$255\ 194\ \text{kw/yıl} \times 0,44\ \text{tl/kw} = \mathbf{112\ 285\ \text{TL/yıl}}$ (elektrik)

Duvar tipi yoğuşmalı kazan yıllık yakıt maliyeti

- 0°C ile -6°C arasında iken devreye girerek ısı pompası ile hibrit çalışacaktır. İhtiyaç olan enerjinin % 35'ini karşılayacaktır.

- Kazan 0 °C ile -6°C arasında 24 gün çalışacaktır. (Şekil 3.9.)

$1\ 363\ \text{kw} \times 0,63 \times 24\ \text{saat/gün} \times 24\ \text{gün/yıl} \times 0,35 = 173\ 111\ \text{kWh/yıl}$

Toplam = $173\ 111\ \text{kWh/yıl} = 148\ 875\ 640\ \text{kcal/yıl}$

$148\ 875\ 460 / (8\ 250 \times 0,92) = 19\ 430\ \text{m}^3/\text{yıl}$

$19\ 430\ \text{m}^3/\text{yıl} \times 1,128\ \text{TL/m}^3 = \mathbf{21\ 917\ \text{TL/yıl}}$ (doğalgaz)

Çizelge 4.16 Yeni sistemin yıllık enerji tüketimi

Önlemler	Enerji Türü	Tasarruf Miktarı			
		Miktar	Orjinal Birim	TEP/Yıl	TL/Yıl
Isı pompası	Elektrik	255 194	kW/yıl	21,95	112 285
Duvar tipi yoğuşmalı kazan	Doğalgaz	19 430	m ³ /yıl	16,03	21 917

4.9 Yeni Sistemin TSE Güvenli & Yeşil Bina Sertifikası'na göre değerlendirilmesi

Bu çalışma kapsamında, Türk Standartları Enstitüsü'nün hazırlamış olduğu Güvenli ve Yeşil Bina Sertifika Sistemi'nin puanlama kriterlerinden yararlanılmıştır. TSE'nin değerlendirme yaparken inceleyeceği dökümanlar; Bina Enerji Kimlik Belgesi ve ilgili TSE belgeleridir. Bu sebeple ilk olarak, BEP-TR ulusal enerji simülasyon programı ile, yenilenmiş binamızın enerji sınıfı ve tüketim değerleri hesaplanmıştır. TSE Güvenli & Yeşil Bina Enerji verimliliği kategorisi puanlama sistemine göre, binanın aldığı puanlar tabloda gösterilmiştir.

Çizelge 4.17 Örnek binanın TSE kriterlerine göre aldığı puanlar

Aranan kriterler	İncelenecek dökümanlar	Bölüm toplam puanı	Binanın aldığı puan
İşletmeye alma -Yetkin Personel -Yenilenebilir Enerji Kullanımının görselliği -Eğitim -Ayar ve dengeleme	-Personel özgeçmişi -Sistem bakım kılavuzu -Performans Testleri -Test-ayar dengeleme raporu	21	15
Bina Sınıfı -A sınıfı -B sınıfı	Enerji Kimlik Belgesi	18	12
Enerji verimliliği -Isıl depolama sistemi -Birincil enerji tutumu -Pasif önlemler -Merkezi enerji sist. Katsayısı -Havalandırmada enerjinin etkin kullanımı		21	12
Yenilenebilir enerji kullanımı -Yenilenebilir enerji kullanımı -Fosil enerji kullanım oranına bağlı düzeltilmiş tesir katsayısı -Otomasyon -Enerjinin akılcı kullanımı -Yerli teknoloji -TSE sertifikalı ürünler		48	32
Enerji verimli aletler		3	2
Ek bina bileşenleri		6	4
Enerji güvenliği ve kalitesi		3	2
Sera gazı emisyonu -A sınıfı bina -B sınıfı bina -C sınıfı bina		5	1
TOPLAM		125	80

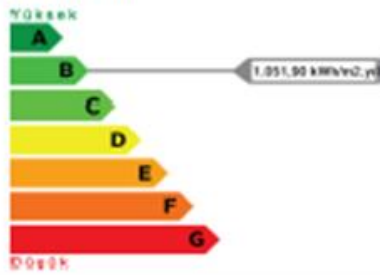
Binanın

Tipi : Otal
 İnşaat Yılı : 2006
 Kapalı Kullanma Alanı : 5.280,00
 Ada, Parselli : 119/123-a-07-b-4-c
 Adresi : OYLAT MAH. Ineçöl/BURSA
 Bina Sahibinin
 Adı Soyadı : ESKİ ÇAĞLAYAN OTEL
 Adresi : OYLAT MAH.
 Müşterek Tesisatların Sahibi (gerektiğinde)
 Adı Soyadı : ESKİ ÇAĞLAYAN OTEL
 Adresi : OYLAT MAH.

Binanın Resmi



Enerji Performansı



Sera Gazı Emisyonu



Yenilenebilir Enerji Kullanım Oranı

%0,00



Enerji Kullanım Alanı	Kullanılan Sistem	Yıllık Enerji Tüketimleri			Sınıf
		Miktar (MWh/yıl)	Miktar (MWh/yıl)	Kullanım Alanı Başına (MWh/m ² .yıl)	
TOPLAM		5.554.038,33	6.315.275,33	1.051,90	A B C D E F G
ISITMA	Isıtma Sistemi	1.655.709,50	1.655.709,50	313,58	A B C D E F G
SİHİSİ SICAK SU	Sıcak Su Sistemi	3.338.595,75	3.338.595,75	632,31	A B C D E F G
SOGUTMA	Sogutma Sistemi	474.139,45	1.118.969,10	89,80	A B C D E F G
HAVALANDIRMA		0,00	0,00	0,00	
AYDINLATMA		85.593,63	202.000,98	16,21	A B C D E F G

Açıklamalar

Şekil 4.16 Tesise ait enerji kimlik belgesi

Bina Sahibinin

Adı Soyadı : ESKİ ÇAĞLAYAN OTEL

Belgenin

Numarası : S34A1668D4099



Açıklamalar

Aşağıda belirtilen verimlilik arttırıcı projelerin uygulanması durumunda binanın Enerji Performans sınıfı yükselecek ve Sera Gazı Emisyonu azalacaktır.

1. Yalıtım;

- Bina duvarlarında yalıtım yapılması,
- Mevcut mekanik sistemlerin, özellikle vana gövdelerinde yalıtım yapılması,
- Pencerelerin yenilenerek, kontrolsüz hava sızdırmasının ve ısı iletiminin azaltılması,

2. Aydınlatma;

- Manyetik balastların, Elektronik balastlarla değiştirilmesi,
- Belli bölgelerde zamana, harekete ve gün ışığına bağlı kontrol yapılması,

3. Otomatik Kontrol;

- Radyatörlerde termostatik vana uygulaması yapılması,
- Mekanik sistemlerde Otomasyon ve genel hatlarda Enerji İzleme sisteminin kurulması,

4. Elektrik Motorları;

- Verimsiz motorların sınıflarının yükseltilmesi,
- Öngörülen motorlarda değişken hız sürücü uygulanması,

5. Yenilenebilir Enerji Sistemleri;

- Sıcak su üretiminin güneşten desteklenmesi,

6. Isı geri kazanımı;


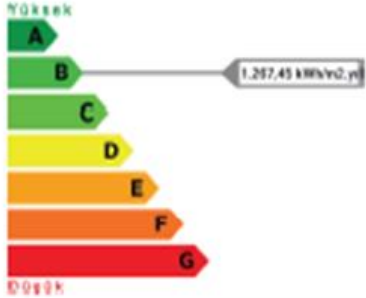
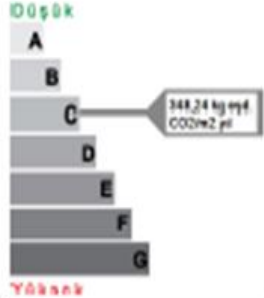

- Atık ısıdan sıcak su üretiminin desteklenmesi,

7. Enerji Yönetimi;

- Sürekli takip edilecek bir Enerji Yönetim Sisteminin tesisi,
- Bir Enerji Yöneticisinin atanması,
- Personelin enerji verimliliği ile ilgili konularda bilgilendirilmesi,
- Teknik ve ilgili idari personelin mevzuat ve enerji verimliliği konularında eğitilmesi.

Ayrıntılar için Detaylı Etüt raporuna bakınız.

Şekil 4.16 Tesise ait enerji kimlik belgesi

Binanın Tipi : Otel İnşaat Yılı : 2006 Kapalı Kullanım Alanı : 6.528,00 Ada, Parselli : 119/123-a-07-b-4-c Adres : OYLAT MAH. İnegöl/BURSA Bina Sahibinin Adı Soyadı : YEHI ÇAĞLAYAN OTEL Adres : OYLAT MAH. Müşterek Tesisatların Sahibi (güvenlik) Adı Soyadı : YEHI ÇAĞLAYAN OTEL Adres : OYLAT MAH.		Binanın Resmi 																																																
Enerji Performansı 	Sera Gazı Emisyonu 	Yenilenebilir Enerji Kullanım Oranı %0,00 																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Enerji Kullanım Alanı</th> <th rowspan="2">Kullanılan Sistem</th> <th colspan="3">Yıllık Enerji Tüketimleri</th> <th rowspan="2">Sınıfı</th> </tr> <tr> <th>Isıl (kWh/yr)</th> <th>Soğutma (kWh/yr)</th> <th>Kapalı Alan Başına (kWh/m2 yr)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TOPLAM</td> <td></td> <td>8.273.929,87</td> <td>9.435.280,56</td> <td>1.267,45</td> <td>ABCDEF G</td> </tr> <tr> <td>ISITMA</td> <td>Isıtma Sistemi</td> <td>2.444.566,29</td> <td>2.444.566,29</td> <td>374,47</td> <td>ABCDEF G</td> </tr> <tr> <td>SİHİL SICAK SU</td> <td>Sıcak Su Sistemi</td> <td>4.975.429,26</td> <td>4.975.429,26</td> <td>762,17</td> <td>ABCDEF G</td> </tr> <tr> <td>SOĞUTMA</td> <td>Sogutma Sistemi</td> <td>755.940,15</td> <td>1.784.018,76</td> <td>115,80</td> <td>ABCDEF G</td> </tr> <tr> <td>HAVALANDIRMA</td> <td></td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>AYDINLATMA</td> <td></td> <td>97.994,17</td> <td>231.266,25</td> <td>15,01</td> <td>ABCDEF G</td> </tr> </tbody> </table>						Enerji Kullanım Alanı	Kullanılan Sistem	Yıllık Enerji Tüketimleri			Sınıfı	Isıl (kWh/yr)	Soğutma (kWh/yr)	Kapalı Alan Başına (kWh/m2 yr)	TOPLAM		8.273.929,87	9.435.280,56	1.267,45	ABCDEF G	ISITMA	Isıtma Sistemi	2.444.566,29	2.444.566,29	374,47	ABCDEF G	SİHİL SICAK SU	Sıcak Su Sistemi	4.975.429,26	4.975.429,26	762,17	ABCDEF G	SOĞUTMA	Sogutma Sistemi	755.940,15	1.784.018,76	115,80	ABCDEF G	HAVALANDIRMA		0,00	0,00	0,00		AYDINLATMA		97.994,17	231.266,25	15,01	ABCDEF G
Enerji Kullanım Alanı	Kullanılan Sistem	Yıllık Enerji Tüketimleri			Sınıfı																																													
		Isıl (kWh/yr)	Soğutma (kWh/yr)	Kapalı Alan Başına (kWh/m2 yr)																																														
TOPLAM		8.273.929,87	9.435.280,56	1.267,45	ABCDEF G																																													
ISITMA	Isıtma Sistemi	2.444.566,29	2.444.566,29	374,47	ABCDEF G																																													
SİHİL SICAK SU	Sıcak Su Sistemi	4.975.429,26	4.975.429,26	762,17	ABCDEF G																																													
SOĞUTMA	Sogutma Sistemi	755.940,15	1.784.018,76	115,80	ABCDEF G																																													
HAVALANDIRMA		0,00	0,00	0,00																																														
AYDINLATMA		97.994,17	231.266,25	15,01	ABCDEF G																																													
Açıklamalar																																																		

Şekil 4.17 Tesise ait enerji kimlik belgesi

Bina Sahibinin

Adı Soyadı : YENİ ÇAĞLAYAN OTEL

Belgenin

Numarası : S34E71E599253



Açıklamalar

Aşağıda belirtilen verimlilik arttırıcı projelerin uygulanması durumunda binanın Enerji Performans sınıfı yükselecek ve Sera Gazı Emisyonu azalacaktır.

1. Yalıtım;

- Bina duvarlarında yalıtım yapılması,
- Mevcut mekanik sistemlerin, özellikle vana gövdelerinde yalıtım yapılması,
- Pencerelerin yenilenecek, kontrolsüz hava sızdırmasının ve ısı iletiminin azaltılması,

2. Aydınlatma;

- Manyetik balastların, Elektronik balastlarla değiştirilmesi,
- Belli bölgelerde zamana, harekete ve gün ışığına bağlı kontrol yapılması,

3. Otomatik Kontrol;

- Radyatörlerde termostatik vana uygulaması yapılması,
- Mekanik sistemlerde Otomasyon ve genel hatlarda Enerji İzleme sisteminin kurulması,

4. Elektrik Motorları;

- Verimsiz motorların sınıflarının yükseltilmesi,
- Öngörülen motorlarda değişken hız sürücü uygulanması,

5. Yenilenebilir Enerji Sistemleri;

- Sıcak su üretiminin güneşten desteklenmesi,

6. Isı geri kazanımı;

- Atık ısıdan sıcak su üretiminin desteklenmesi,

7. Enerji Yönetimi;

- Sürekli takip edilecek bir Enerji Yönetim Sisteminin tesisi,
- Bir Enerji Yöneticisinin atanması,
- Personelin enerji verimliliği ile ilgili konularda bilgilendirilmesi,
- Teknik ve ilgili idari personelin mevzuat ve enerji verimliliği konularında eğitilmesi.

Ayrıntılar için Detaylı Etüt raporuna bakınız.

Şekil 4.17 Tesise ait enerji kimlik belgesi

4.10 Bulgular

Bölüm 4.3 ve 4.4’te anlatılan hesap yöntemine göre, örnek binanın eski ve yeni haline göre yıllık yakıt tüketimi, yakıt maliyeti ve CO₂ emisyon miktarı hesaplanmış ve hesaplanan bu değerler Çizelge 4.18’te verilmiştir.

Çizelge 4.18. Isı ihtiyacına göre yıllık yakıt tüketimi, yakıt maliyeti ve CO₂ emisyon miktarı

Yakıt Türü	Yakıt Tüketimi (m ³ , kg, kW)	Yakıt Maliyeti (TL)	CO ₂ emisyonu (kgCO ₂)
Kömür (eski sistem)	670 ton/yıl	428 294	1 646 190
Doğalgaz (yeni sistem)	19 430 m ³ /yıl	21 917	41 328
Elektrik (yeni sistem)	255 194 Kw/yıl	112 285	109 733

Bu çizelgeye göre, yeni halde, binanın ısı ihtiyacını karşılayacak doğalgaz miktarı 19.430 m³’tür. Bursa ili 2016 doğalgaz fiyatı göz önüne alındığında hesaplanan toplam yıllık yakıt maliyeti 21 917 TL’dir. Su kaynaklı ısı pompasının tükettiği yıllık elektrik miktarı 255.194 kw’tır. 2016 elektrik fiyatları göz önüne alındığında, ısıtma için harcanan elektrik bedeli 112 285 TL olacaktır. Eski sistem ile kıyaslandığında, yenilenmiş sistemin yıllık yakıt tüketimi dörtte birden bile daha azdır. Ayrıca, yıllık kg eşdeğer CO₂ emisyonu yenilenmiş sistemde onda birden bile daha azdır.

Isıtma sistemlerinin yenilenmesinde hedef, çevreye verilen negatif etkilerin azaltılmasının yanı sıra aynı zamanda maliyetin azaltılmasıdır. Isıtma sistemlerinin ekonomikliğini etkileyen en önemli faktörlerden biri ilk yatırım maliyeti olmakla beraber, işletme maliyeti ve diğer faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır (Kırmacı 2015). Tüm bu faktörlerin hepsinin dikkate alındığı, ısıtma sistemlerinin yatırım açısından elverişli olup olmadığı “Net Bugünkü Değer Metodu”na göre bulunur.

Net bugünkü değer metodu, yatırımları karşılaştırırken veya bir yatırımın elverişli olup olmadığını sorgularken kullanılan bir yöntemdir. Yöntemin temel mantığı, yatırım

içindeki tüm gelir ve gider kalemlerini, faiz oranının bugünkü değer karşılığına çevirerek, yatırımın karlı mı yoksa zararlı mı olduğunu tek bir sayıyla ölçebilmektir. Bir projenin bu yöntemle göre kabul edilebilmesi için Net Bugünkü Değer'in sifıra eşit veya sifırdan büyük olması gerekir, aksi takdirde, yatırım ekonomik değildir.

$$N.B.D = \frac{R_1}{(1+i)^1} + \frac{R_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{R_n}{(1+i)^n} - C \quad (4.4)$$

R_1, R_2, R_n = Net Nakit Girişleri,

i = marjinal sermaye maliyeti

C = Yatırım harcaması

n = Yatırımın ekonomik ömrü

Net Bugünkü Değer metodunun yanı sıra “Geri Ödeme Süresi Hesabı” yöntemi de projenin fizibilitesini sorgulamak adına yararlı olacaktır. Bu yöntemde, projenin getirilerinin toplamının, ilk yatırım bedelini geçtiği zaman tespit edilir. Eğer bu süre yatırımcı için makul ise, yatırıma karar verilir. Ancak bu süre çok uzunsa, yatırım riskli bulunur, ertelenir veya değiştirilir.

Geri ödeme süresi, aşağıdaki şekilde hesaplanabilir;

$$GÖS = C / (R - Y_g) \quad (4.5)$$

Burada,

GÖS: Geri ödeme süresi (Yıl)

C : İlk Yatırım Tutarı (TL)

R : Yıllık Net Nakit Girişi (TL/Yıl)

Y_g : Yıllık Gider (TL/Yıl)

Çizelge 4.19. Sistem ilk yatırım maliyeti

Yeni Sistemin İlk Yatırım Maliyeti		
Malzeme Cinsi	Adet	Toplam Maliyet
Duvara asılabilen doğalgaz yakıtlı,programlanabilir, yoğuşmalı kazan 129000 kcal/h	7 adet	100 000 TL
Su Kaynaklı ısı pompası 800 KW	1 adet	450 000 TL
Daldırma Eşanjör (AISI 316L) (108 m ³ /h) borulu tip	1 adet	62 000 TL
Akümülyasyon tankı (izolasyonlu) 3000 lt, 10 bar	5 adet	35 000 TL
Bina ısıtma devresi sirkülasyon pompası ikiz tip frekans sürücülü (Q= 21 m ³ /h; Hm= 13 mSS)	4 adet	36 000 TL
Isı pompası primer devresi sirkülasyon pompası ikiz tip frekans sürücülü (Q= 38 m ³ /h; Hm= 5,0 mSS)	2 adet	18 000 TL
Isı pompası sekonder devresi sirkülasyon pompası ikiz tip frekans sürücülü (Q= 54 m ³ /h; Hm= 5,0 Mss)	2 adet	28 000 TL
Kazan primer devresi sirkülasyon pompası ikiz tip frekans sürücülü (Q= 42 m ³ /h; Hm= 15 mSS)	2 adet	24 000 TL
Mevcut tesisatın boşaltılması ve kimyasal ile yıkanması		31 000 TL
Isıtma sistemine ait otomasyon		27 000 TL
Denge kabı D=400 mm; Ø200 DN	1 adet	2 000 TL
3 Yollu,PN-10,flanşlı,otomatik vana gövdesi ø 100 mm.	4 adet	10 000 TL
Diğer Tesisat Malzemeleri		177 000 TL
Toplam İlk Yatırım Maliyeti		1 000 000 TL

- Değerler piyasa araştırması ile belirlenmiştir.

Buna göre, yukarıdaki formüller kullanılarak, yapılan yatırımın ekonomik fizibilitesi ve geri ödeme süresi hesaplanmıştır.

Toplam ilk yatırım maliyeti: 1 000 000 TL

Toplam yıllık net tasarruf: 294 092 TL

Yıllık işletme masrafı: 0 kabul edilebilir

İşçilik-Bakım gideri: 1 000 TL

Hurda değeri: % 0,1 Yatırım

Ekonomik ömür: 8 yıl

Marjinal sermaye maliyeti: %7 kabul

Çizelge 4.20'de gösterilen yatırımın Net bugünkü değer hesabına göre;

Net Bugünkü Değer (NBD) = ϵ (NNA x BDF) = 1 065 661 > 0 olduğu için, projenin uygulanması yatırımcı için avantajlıdır.

Ayrıca GÖS = $\frac{1\ 000\ 000}{294\ 092} = 3,4$ yıldır.

Çizelge 4.20. Net bugünkü değer hesabı

(TL)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Yatırım	-1 000 000								
Tasarruf		+294 092	+294 092	+294 092	+294 092	+294 092	+294 092	+294 092	+294 092
İlave gider		-1 000	-1 000	-1 000	-1 000	-1 000	-1 000	-1 000	-1 000
Hurda									+1 000
Net Nakit Akışı (NNA)	-1 000 000	+293 092	+293 092	+293 092	+293 092	+293 092	+293 092	+293 092	+294 092
Bugünkü değer faydası	$\frac{1}{(1 + 0,07)^0}$	$\frac{1}{(1 + 0,07)^1}$	$\frac{1}{(1 + 0,07)^2}$	$\frac{1}{(1 + 0,07)^3}$	$\frac{1}{(1 + 0,07)^4}$	$\frac{1}{(1 + 0,07)^5}$	$\frac{1}{(1 + 0,07)^6}$	$\frac{1}{(1 + 0,07)^7}$	$\frac{1}{(1 + 0,07)^8}$
NNA x BDF	-1 000 000	273 917	255 997	282 199	264 502	246 484	230 359	215 288	201 786
ε (NNA x BDF)	-1 000 000	-676 910	-374 957	-92 758	171 744	418 228	648 587	853 875	1 065 661

BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Enerji ihtiyacının büyük bir kısmını ithal eden ülkemizde, en öncelikli konulardan biri enerji verimliliğini arttıracak, teşvik edecek yeni politikalar geliştirmektir. Ancak bu vesileyle, enerjide dışa bağımlılık azalabilir. Dünya çapında, zorunlu veya gönüllü olarak geniş çapta kullanılan yeşil bina sertifikasyonları, binalarda enerji verimliliği konusunda yol göstermektedir. Ancak, her coğrafyanın iklimi ve diğer şartları farklı olduğundan, yerel yeşil bina sistemlerinin kullanılması çok daha yararlıdır. Bu tez kapsamında, LEED ve TSE Güvenli ve Yeşil Bina Sertifikası'nın özellikle enerji verimliliği alanındaki kriterleri kıyaslanmış, puanlama sistemine değinilmiştir. LEED ve diğer yabancı sertifikasyonların ülkemizde uygulanmasında bilinirliğin az olmasından, dökümantasyonların yabancı dilde olmasından ve farklı ülkelerin standartlarının dikkate alınmasından dolayı zorluklar yaşanmaktadır. Bu sebeple, TSE'nin hazırlamış olduğu yerel sertifika sistemi, direk ülkemizin coğrafi, iklimsel ve diğer özelliklerinin dikkate alınarak hazırlanmış olmasından dolayı, daha etkin olarak uygulanabilir. Bu sertifika sistemi, ülke koşullarını dikkate alarak hazırlandığı için uygulanabilirliği daha yüksek olmakla birlikte, diğer sertifika sistemlerine göre çok daha ekonomiktir. LEED ve diğer yeşil bina sertifika sistemlerindeki kriterlere ek olarak, TSE Yeşil ve Güvenli Bina Sertifikası'nda, güvenlik, yangın ve deprem vb. ülkemizin temel sorunlarıyla ilgili kriter eklemeleri yapılmıştır. Deprem kuşağında bulunan Türkiye şartları dikkate alınarak, yapının statik güvenliği ve rüzgara karşı dayanımı gibi koşullar incelenmektedir. Bu sertifikada, yalnızca enerji verimli olmakla kalmayıp, aynı zamanda konforlu, güvenli ve sağlıklı yaşam alanlarının oluşturulması hedeflenmiştir. Türkiye inşaat sektöründe dünyanın öncü ülkelerindedir. Türk müteahhitleri yalnızca Türkiye'de sınırlı kalmayıp başta Orta Asya, Orta Doğu ve Çin olmak üzere dünyanın pek çok ülkesinde faaliyet göstermektedirler. Bu sebeple, TSE Güvenli ve Yeşil Bina Sertifikası, yalnızca Türkiye'de çevreye duyarlı ve konforlu binalar hazırlamakla kalmayacak, dünyanın yeşil binalar kazanmasına aracılık edecektir.

Dünya'nın her yerinde, mevcut binaların yeni olan binalara nazaran daha fazla enerji tükettiği yadsınamaz bir gerçektir. Bu sebeple, mevcut binaların yeşil bina sertifika sistemlerine göre enerji etkin yenilenmesi, sürdürülebilir bina hedeflerine ulaşabilmek adına önemli bir rol oynar. "Ulusal ve uluslararası yeşil bina sertifikasyonlarının enerji performansı açısından değerlendirilmesi" isimli bu tez kapsamında, Bursa'nın İnegöl ilçesinde bulunan bir termal tesisin enerji verimliliği analizleri yapılmış ve uygulanabilecek optimum mekanik iyileştirme çözümleri uygulanmıştır. Mekanik iyileştirme çözümlerine, Türk Standartları Enstitüsü Güvenli ve Yeşil Bina Sertifikası "Enerji Verimliliği" kategorisindeki kriterler baz alınarak karar verilmiştir. Gerekli görülen iyileştirmeler yapıldıktan sonra, yapılan yatırımın ekonomik olarak avantajlı olup olmadığı sorgulanmıştır. Bu tezde, Türk Yeşil Bina Değerlendirme Sistemi, yalnızca mekanik tasarım alanında değerlendirilmiştir. Mekanik tasarım dışındaki kriterler, makine mühendisliği anabilim dalının dışında kaldığından tez konusu kapsamında ele alınmamıştır.

Tesise kurulan yeni sistemle, günlük 4 bin 300 ton kapasiteye sahip termal su yeniden değerlendirilecektir. Otellerin banyolarında ve kaplıca hamamlarında kullanılan atık termal su toplanıp, su kaynaklı ısı pompasına gönderilecektir. Böylelikle, ısıtmada termal enerjiden yararlanılmış olacaktır. Sistem devreye girdiğinde yılda 650 ton olan kömür kullanımı sıfıra inmiş olacaktır. Ayrıca tesis, elektriğini de çevreye zarar vermeden, kendi üretecektir. Tesisin eski merkezi ısıtma sistemi, çevreye senelik 1647 ton CO₂ gibi ciddi miktarda sera gazı emisyonu salarken, yeni sistemde bu değer %90 oranında azalarak, 151 ton CO₂ olmuştur. Yıllık senelik yakıt tüketimi eski sistemde, 143 000 \$ iken, bu değer, su kaynaklı ısı pompası cihazlarının ve yoğunlaşmalı yüksek verimli, doğalgaz yakıtlı kazanların kullanılmasıyla %80 azalarak, 29.000 \$ olmuştur. Doğada kendiliğinden çıkan ve soğutma işlemi görmeden kaplıca hamamlarına gönderilen termal su çok sayıda hastalığa deva olmasının yanı sıra, bu proje ile enerji üretimine katkı sağlayacaktır. Sonuç olarak, bu termal tesisin, enerji verimliliğinin artırılmasının, hem kullanıcıya, hem yatırımcıya hem de çevreye ciddi anlamda olumlu katkısı olmuştur. Türkiye geneline bakılacak olunursa, 70.000 milyar doları aşan yatırım bütçesine sahip turizm sektörünün, genelinde böyle bir uygulama teşvik edilirse, ülke ekonomisine olacak kazanç çok büyük olacaktır.

5.2 Öneriler

- Binalarda enerji etkinliği sağlama bilincinin gelişmesi adına, her seviyede eğitim faaliyetleri teşvik edilmelidir ve enerji etkin yenileme faaliyetleri, gerekli vergi indirimi, teşvik vb. uygulamalar ile desteklenmelidir.
- Enerji etkin bina yenileme kapsamında, tüm birimler (mimar, müteahhit, elektrik, makine ve inşaat mühendisi) koordineli çalışmalı, bütünleşik tasarım sağlanmalıdır.
- Enerji etkin yenileme kapsamında, yerel yeşil bina sertifikasyonlarından yararlanılmalı, yenileme çalışması yeşil bina konseptine uygun olarak yapılmalıdır.
- Mevcut bir binayı sonradan yapılacak müdahalelerle enerji etkin hale getirmek daha zahmetli ve maliyetli olacağından, daha tasarım aşamasından itibaren, yeşil bina kriterleri dikkate alınarak bina tasarlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Anonim 2009.** Green Building Facts. <http://www.usgbc.org/articles/green-building-facts> (Erişim tarihi: 01.02.2016).
- Anonim 2013.** Yeşil Bina Sertifika Kılavuzu. Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği, 2013, İstanbul.
- Anonim, 2016.** Binalarda enerji performans yönetmeliği. <http://www.bep.gov.tr/> (Erişim tarihi: 10.03.2016).
- Anonim, 2016.** DesignBuilder Programı. Altensis Sürdürülebilir Danışmanlık Şirketi, <http://www.altensis.com/> (Erişim Tarihi-10.04.2016)
- Anonim, 2016.** Enerji Verimliliği Derneği, Türkiye Enerji Verimliliği Raporu-2010, <http://www.enver.org.tr/> (Erişim Tarihi- 05.03.2016)
- Anonim, 2016.** T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Isıtma Soğutma Gün Dereceleri, <http://www.mgm.gov.tr/>; (Erişim Tarihi: 10.02. 2016).
- Anonim, 2016.** Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Dünya’da Jeotermal Enerji Kullanım Alanları, <http://www.eie.gov.tr/>; (Erişim tarihi: 10.12.2015).
- Ardı, D., Korkmaz, S., Yılmaz, B. 2010.** Yüksek Performanslı Binalarda Bütünleşik Tasarım Sistemi, 1. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, 29 Eylül-1 Ekim 2010, ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara.
- Arkat A. 2013.** Bir havalimanında enerji verimliliği ve enerji yönetim sisteminin kurulmasının uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Arslan, E. 2015.** Yapı Kabuğunun Enerji Etkinliği Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, UÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Bursa.
- Atay, L., Dilek, E. 2013.** Konaklama İşletmelerinde Yeşil Pazarlama Uygulamaları: IBIS Otel Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakülte Dergisi*, 18:203-219.
- Atmaca, M. 2010.** Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi, (BEP-TR) ile Otel Binalarının Enerji Performansının Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.
- Demirer, G. 2011.** Yaşam Döngüsü Analizi, Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Araştırması, Ankara.
- Erten, D., Yılmaz, Z. 2011.** LEED ve BREEAM Sertifikalarında Enerji Performans Değerlendirilmesinin Karşılaştırılması, 10. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13-16 Nisan 2011, İzmir.
- Erten, D. 2011.** Yeşil Binalar, Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Araştırması, Yayın No:34988, Ankara.

- Erten, D., Henderson, K., Kobas, B. 2009.** Uluslararası Yeşil Bina Sertifikalarına Bir Bakış: Türkiye için bir Yeşil Bina Sertifikası Oluşturmak için Yol Haritası, Fifth International Conference on Construction in the 21st Century, 20-22 Mayıs 2009, İstanbul.
- Ertürk, D. 2010.** Bursa İli Jeotermal Potansiyeli. Yüksek Lisans Tezi, SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Ferdos, N. 2015.** An approach for cost optimum energy efficient retrofit of primary school buildings in Turkey. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul.
- Gündoğan, H. 2012,** Motivators and barriers for green building construction market in Turkey, *M.Sc Thesis*, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, Ankara.
- Harputlugil, G. 2011.** Enerji Performansına Dayalı Tasarımda Analiz ve Simülasyon. *Megaron.*, 6(1): 1-12.
- Heperkan, H., Kurtuluş, O., Olgun, B. 2010.** Yeşil Binalar ve LEED. *Mühendis ve Makine*, 594: 72-77.
- Ilıcalı, E., Somalı, B. 2009.** LEED ve BREEAM Uluslararası Yeşil Bina Değerlendirme Sistemlerinin Değerlendirilmesi, 9. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 06-09 Mayıs 2009, İstanbul.
- Kaplan, S., Kürekçi, A. 2015.** Yapı Bilgi Sistemi ile Mekanik Tesisat Projeleri, TESKON 2015/Binalarda Enerji Verimliliği Sempozyumu, 8-11 Nisan 2015, İzmir.
- Kınacı, F. 2015.** BEP-TR, Passivhaus ve Energystar Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ. Enerji Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı, İstanbul.
- Kıncay, O. 2011.** Yeşil Binalarda LEED Sertifikası, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Ders notları.
- Kırmacı, V., Oğuz, Y. 2015.** Bartın İli'nde Kullanılan Isıtma Sistemlerinin Ekonomik ve Çevresel Etkilerinin İncelenmesi. *Bartın Ü. Müh. Ve Teknoloji Der.*, 3: 4-10.
- Küçükçalı, R. 2005.** Enerji Ekonomisi, İsisan Yayıncılık, Ders Kitabı: 552, 53 s.
- Moltay, Ö. 2012.** Çevre Dostu Binalarda Enerji Modellemesi Kullanımı, Ekoyapı. www.ekoyapidergisi.org; (Erişim tarihi: 16.01.2016)
- Parvan, K. 2012.** Estimating The Impact of Building Information Modeling (BIM) Utilization on Building Project Performance, *Ph.D. Thesis*, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Maryland, College Park, MD, USA.
- Sümengen, Ö. 2003,** İstanbul ilindeki beş yıldızlı zincir otellerinin aydınlatma tasarım standartları üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Süzer, O. 2015. A comparative review of environmental concern prioritization: LEED vs other major certification systems, *Journal of Environmental Management*, 154:266-283,

Toroghi, S. 2013. A LEED-Based Building Information Framework for BIM, *M.Sc. Thesis*, Department of Civil Engineering, California State University, Long Beach, USA.

Tutar, F. 2015. Yeşil Ekonomi, Yeşil Turizm: Türkiye’de Turizm Sektöründe Yeni Trend Yeşillenen Oteller Projesi. *The Journal of Academic Social Science*, 13: 328-352

Yazıcı, H. 2012. Denizli’de Bir Binanın Farklı Yakıt Türlerine Göre Yakıt Maliyeti ve CO₂ Emisyon Miktarının Belirlenmesi. *SDU Int. Tec. Science Journal*, 4: 59-69.

Yeşilgöz, S. 2012. Yapılarda Bütünleşik Tasarım, TMMOB Adana Şubesi Seminer Sunumu, 18.10.2012, Adana.

Yiğit, K. 2013. BEP-TR Yazılımı ile Konutlarda Enerji Kimlik Belgesi Uygulaması ve Aydınlatmaya Yönelik Tüketilen Enerjinin Tasarruf Potansiyelinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ayşe Fidan ALTUN

Doğum Yeri ve Tarihi : 27.09.1988 Bursa

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Milli Piyango Anadolu Lisesi (2006)

Lisans : Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği (2010)

Yüksek Lisans : CUNY Baruch, Business Management (2012)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Biytaş A.Ş. (2012-2015)

İletişim (e-posta) : aysealtun@uludag.edu.tr

Yayınları :

- 1) **Altun, A., Kılıç, M. 2016.** Achieving sustainable buildings via energy efficiency retrofit: a case study of an industrial building, 8th International Exergy, Energy and Environment Symposium (IEEES-8), 1-4 Mayıs, 2016, Antalya.