

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI VE ADANA ÖRNEĞİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

ADANA-2018

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI VE ADANA ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

DOKTORA TEZİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Bu Tez 01/02/2018 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği ile Kabul Edilmiştir.

.....
Doç. Dr. Nilgün S. YÜCEER
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Olcayto KESKİNKAN
ÜYE

.....
Doç. Dr. Serpil ÇERÇİ
ÜYE

.....
Doç. Dr. Bülent SARI
YEDEK ÜYE

.....
Yard. Doç. Dr. Gülertan AKYÜZLÜER
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.
Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 6739**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

DOKTORA TEZİ

ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI VE ADANA ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Nilgün Sultan YÜCEER
Yıl: 2018 Sayfa: 172
Jüri : Doç. Dr. Nilgün Sultan YÜCEER
: Prof. Dr. Olcayto KESKİNKAN
: Doç. Dr. Serpil ÇERÇİ
: Doç. Dr. Bülent SARI
: Yrd. Doç. Dr. Gülerhan AKYÜZLÜER

Türkiye'nin enerji ihtiyacı, son 50 yılda % 19'dan % 74'e yükselmiştir. Enerji ihtiyacına neden olan toplam enerji tüketiminin ise % 32'si konutlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Soğutma gerektiren gün sayısının, ısıtma derece gün sayısına göre daha fazla ve maliyetli olduğu Akdeniz iklim bölgesinde, binalardaki en yoğun enerji tüketimi soğutma yükünden kaynaklanmaktadır. İlk yaklaşım, iki çok katlı konut projesinin dinamik enerji simülasyonu ile tasarımının iyileştirilerek, sıcak iklim bölgesi Adana'da enerji verimliliği elde edilmesidir. Energy Plus tabanlı DesignBuilder yazılımında, iki binanın enerji tüketimleri test edilerek, tasarım zenginleştirilmeye ve geliştirilmeye çalışıldı. Çevre bina gölgeleme hesaplarına göre yönlenme, optimum yapı bileşenlerinin ve yalıtım malzemelerinin seçimi, saydam alanların minimize edilmesi ile soğutma yükü, 95.000kWh' den 78.751kWh' e azaltılarak, yaklaşık %17 enerji kazancı sağlandı. \$13.350 olan enerji tüketim maliyeti \$11.070'a çekildi. İkinci yaklaşım, ulusal enerji analiz yazılımı Bep-TR'de Enerji Kimlik Belgesi oluşturulmasıdır. Soğutma yükünün fazla ve soğutma enerji sınıfının düşük olmasına rağmen, yönetmeliğe göre, tüm elektrik tüketimi ve karbon salınımının toplamdaki enerji sınıfı geçerli olmuştur. Sürdürülebilirlik ve enerji etkinliği için; uluslararası tasarım teknik ve teknolojilerinin pratiğe dâhil edilmesi, ulusal yasa ve yönetmeliklerin standartlar olarak her bir fiziki koşula göre ayrı ayrı tanımlanması, etkili uygulamaların finansal teşviklerle desteklenmesi önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji etkin tasarım, simülasyon, designbuilder, bep-tr, Adana

ABSTRACT

PhD THESIS

ENERGY EFFICIENT BUILDING DESIGN AND ADANA SAMPLE

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Nilgün Sultan YÜCEER
Year: 2018, Pages: 172
Jury : Assoc. Prof. Dr. Nilgün Sultan YÜCEER
: Prof. Dr. Olcayto KESKİNKAN
: Assoc. Prof. Dr. Serpil ÇERÇİ
: Assoc. Prof. Dr. Bülent SARI
: Asst. Prof. Dr. Gülertan AKYÜZLÜER

In the last 50 years, Turkey's energy need has increased from %19 to %74. The 32% of the total energy consumption which causes the energy need, originate from residences. In the Mediterranean climate region, where the number of cooling required days are higher and more costly in comparison to the number of heating degree days, the most intensive energy consumption in buildings originate from the cooling load. The first approach was to achieve energy efficiency in hot climate region Adana, by improving the design of two multi-storey dwellings project with dynamic energy simulation. Through testing the energy consumptions of the buildings on Energy Plus based DesignBuilder software, the design was tried to be enriched and to be improved. ~17% of energy saving was achieved by reducing the cooling load from 95.000kWh to 78.751kWh with having orientations according to computed surrounding building shadowings, selecting optimum structure components and insulation materials, minimizing transparent areas. The cost of energy consumption which was \$13,350 was withdrawn to \$11,070. The second approach was to create Energy Identity Certification via national energy analyzing software, Bep-TR. Although the cooling load was high and the cooling energy level was low, according to the relevant regulation, the overall energy class based on the total amount of consumption and carbon dissemination was considered valid. Intagration of international design techniques and technologies into practice, defining each physical condition separately in national laws and regulations like standarts, and supporting effective implementations by financial incentives have been proposed for sustainability and energy efficiency.

Key Words: Energy efficient design, simulation, designbuilder, bep-tr, Adana

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Türkiye’de enerji ihtiyacını karşılamak için dış kaynaklarına olan talep, son 50 yılda %19’dan %74’e yükselmiştir. Geçmişten bugüne yaşam şekillerinin değişimi ve buna bağlı ihtiyaçlar, ‘kentli’lerin artışı, kentlerin büyümesi, teknolojik gelişmeler, tüketim, ülke politikaları enerjiye olan ihtiyacın artmasına ve çevre sorunlarına neden olmuştur.

Küresel enerji tüketiminin %40’ının kaynağı olarak belirlenen inşaat sektörü, Türkiye’de son 3 yılın en yüksek büyüme oranını yakalamış, sadece konutlar tarafından gerçekleştirilen tüketim, toplam enerji tüketiminin %32’sine ulaşmıştır. İnşaat sektöründeki hızlı artış, ekonomik büyüme ve sanayi büyümesinin de önüne geçmiştir. Bu durum gelişme ve ekonomide canlılık gibi görünse de inşaat alanında uluslararası hız kazanan teknolojik gelişmeler, Türkiye’de henüz ilk aşamalarda olduğundan, teknoloji gerisindeki yapıların artması, enerji tüketimi yüksek mevcut yapıların, stok hacminin büyümesi olarak değerlendirilmektedir.

Uluslararası enerji platformlarında ülkeler, gelecekteki ulusal enerji ihtiyaçlarını küresel standartlarla planlayıp, belirledikleri hedefler doğrultusunda yönetebilmektedirler. Enerji yönetimi için, küresel yarar sağlayacak öncelikli ortak karar; **yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve enerji verimliliğinin artırılması** olmuştur. Bu çalışmalarda, sanayi üretimi ve popülasyonu nedeniyle enerji tüketimi yoğun olan Hindistan, Çin, ABD gibi ülkelerin ve Avrupa’nın enerji verimliliğindeki başarılarında belirleyici olarak;

1. Yasa, yönetmelik ve her koşul için ayrı ayrı tanımlanmış standartların etkili oluşum ve yaptırımları,
2. Yapı endüstrisindeki tüm paydaşların verimliliğe katkısını artıran finansal teşvikleri ve destekleri,

3. Yapılarında düşük veya sıfır enerjili bina hedefi koyarak, kullanım ömrü boyunca, bina kabuğunu etkileyen tüm dış çevre bileşenlerinin (çevresindeki binalar, iklim, güneş ışıınımı ile yapı kullanım şekli ve iç yükler gibi) birçok etkileşimlerinin enerji tüketimlerini hesaplayarak, erken tasarım safhasında projeleri geliştirmeleri ve hedeflerini sağlamaları olduğu görülmüştür.

Tez araştırmasında; Bölüm 1’de binalarda enerji tüketim nedenleri anlatılmış, sıcak ve nemli kentlerde soğutma için harcanan enerjinin en yoğun enerji tüketimi ve maliyetinin de çok yüksek olması, bu durumun sürdürülebilirliğinin olmayışı problem olarak tanımlanmıştır. Yeni projelerde ve mevcut yapılarda enerji ihtiyacı ve tüketim bedelinin düşürülmesi, iyileştirme ve enerji etkinliği sağlayabilmesi, doğal çevre ve insan sağlığının korunması, çalışmanın yasa ve yönetmeliklere alt yapı oluşturması amaçlanmıştır. Bölüm 2 ve 3’te binalarda enerji etkinliği ile ilgili Literatür araştırmaları ve değerlendirme, Bölüm 4’te Küresel enerji verimliliği stratejileri ve Türkiye’deki yasal düzenlemeler, çalışmanın ilk aşamasını oluşturmaktadır.

Bölüm 5, 6, 7’ deki ikinci aşamada; soğutma gerektiren gün sayısının, ısıtma derece gün sayısına göre daha fazla ve maliyetli olduğu, sıcak, nemli Akdeniz iklim bölgesi olan Kuzey Adana’da; yeni yerleşim alanlarının yoğun olduğu 6471 ada, 1 parseldeki boş imar alanı proje alanı olarak seçilmiştir. Bu alanda zemin + 11 katlı iki bloklu konut tasarlanmıştır. Her katta 2 adet 3+1, 1 adet 2+1 dubleks bağımsız bölümler tasarlanmış ve kullanıcıların 2 yetişkin, 2 çocuktan oluşan aileler olduğu varsayılmıştır.

Elde edilmek istenen hesaba göre simülasyon programı seçilmektedir. Bu çalışmada, Mimari modelleme de yapan, Energy Plus tabanlı arayüz yazılım aracı, Design Builder (DB) ile Türkiye’deki farklı iklim (Derece Gün) bölgelerindeki ‘Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği’ne bağlı ulusal veri tabanı olan Binalarda Enerji Performansı Hesap Programı (Bep-TR), simülasyon aracı olarak

seçilmiştir. Binaların gerçek koşullar altındaki davranışları bu iki program ile etüt edilerek, enerji tüketimleri değerlendirilmiştir.

DB yazılımında proje alanı iklimsel özellikleri, çevre binalar-arsa konum ilişkileri, tasarı plana göre kullanım şekilleri, sıklıkları, yapı bileşen ve malzeme verileri girilmiştir. Yapılar tasarlanırken bu verilerle bina modellenmiş ve farklı bileşenler denenerek dinamik enerji simülasyonu yapılmıştır. Hesap sonuçlarına göre tasarım geliştirilerek; ısıtma-soğutma, iç ve dış mekân aydınlatmaları, iç mekân yükleri, harici yükler, fanlar, pompalar ve sıcak su sistemlerinin yıllık enerji tüketimleri ve tüketim maliyetleri elde edilmiştir. ASHRAE standart değerleriyle ilk tasarımda yıllık yaklaşık, 95000kWh olan soğutma yükü, DB programı dinamik simülasyonunda tasarımı iyileştirici, yönlendiren yeniden değerlendirilmesi, yalıtım artırımı ve saydam alanların küçültülmesi ile 78.751kWh değerine düşürülerek %17 civarında enerji tüketimi azaltılmıştır. \$13.350 olan enerji tüketim maliyeti, yaklaşık \$11.070'a çekilmiştir. Bu yaklaşımda seçilen yerel mekanik sistemler, yapı malzemeleri ve ulusal bazı ölçüm ve hesaplamalar yazılımda yer almadığından, uluslararası değerler kullanılmıştır. DB yazılımı işlem hacminin genişliği ve ilk çalışmalarda zorluğu nedeniyle, uzmanlık alan bilgisi gerektirmektedir.

Her iki yaklaşımda da binadaki sistemler hakkında detaylı kullanıcı bilgi girdisine ihtiyaç duyulmakta fakat Bep-TR ile daha az tasarım parametreleri birleşimi tanımlandığından, DB yazılımına göre işlem hacmi daha kısıtlı ve program daha az karmaşıktır. Bep-TR ile hesap sonucunda;

- Binanın m² başına yıllık enerji tüketimi
- Buna göre karbon salınımının hesabı,
- Referans bir bina değerleriyle kıyaslanması,
- Karşılaştırma sonucu A-G arası harflerle enerji sınıfının belirlenmesi sağlanabilmektedir.

Bep-TR yazılımında sezgisel ve mimari deneyimlerle tasarlanmış projenin veri girişi yapılmıştır. Belirli formlara yapı benzetildikten sonra proje ısı alanlarına ayrılmıştır. Yapı bileşenleri, malzeme ve sistemler belirlenerek, tüketimlerine göre hangi enerji sınıfında olduğu belirlenmiş ve Enerji Kimlik Belgesi oluşturulmuştur. Buna göre; soğutma yükü 1.151.033kWh/yıl ve soğutma enerji sınıfı 'D' iken, referans binaya göre, iki binanın toplamda enerji kullanım sınıfı 'B' değerleri aralığında hesaplanmıştır. Yönetmeliğe göre 'C' sınıfına kadar ruhsat alabileceğinden, proje alanındaki iki bina da soğutma için enerji ve maliyet rakamları yüksek olduğu halde, ruhsat almak için uygunluğu sağlamaktadır. Sıcak ve nemli iklimlerde bu şekilde enerji kimlik belgesi olan, ruhsatlı birçok bina, kullanım ömrü boyunca sürdürülebilir ve ekonomik olamayacağı öngörülmektedir. Bölüm 8'de sonuç aşamasında;

- Gerçekçi, bütünsel, enerji etkin binalar için ulusal yazılım alternatiflerinin geliştirilmesi ya da 1960'da geliştirilmeye başlayan ve halen geliştirilmeye devam edilen uluslararası yazılımların, yapı tasarım ve uygulama pratiğine dâhil edilmesi,
- Bina enerji performans simülasyon uzmanlığının disiplinlerarası tüm alanlarda, yüksek öğretimlerde özendirilmesi, uzman sayısının artırılması,
- Mevzuatların yaptırımlarının artırılması, teknik ve finansal teşviklerle desteklenmesi ve yapı biçimlenmesindeki her koşul için net ve ayrı ayrı tanımlanmış, hesaplanmış standartlar ile yerel veri arşivi oluşturulması önerilmiştir.

Hızla büyüyen inşaat sektöründe, özellikle yeni projelerde enerji tüketim yoğunluğu kontrol altına alınıp, etkin yönetilebildiği oranda, mevcut yapılar için de ekonomik fırsat ve kaynaklar yaratılmış olacaktır.

TEŞEKKÜR

Doktora tez araştırması süresince, bilimsel birikim ve deneyimlerini paylaşan, tezin gerçekleştirilmesinde tüm olanakları sağlamaya yardımcı olan kıymetli danışmanım, Doç. Dr. Nilgün Sultan YÜCEER' e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez akışına yorum ve eleştirileriyle yön vererek katkılarını sağlayan Tez İzleme Komitesi; değerli hocalarım; Doç. Dr. Serpil ÇERÇİ' ye, Prof. Dr. Olcayto KESKİNKAN' a ve önemli değerlendirmeleriyle Jüri Hocalarıma ayrı ayrı çok teşekkür ederim.

Tez araştırmasını, 6739 no' lu proje kapsamında destekleyen Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi' ne, Çevre Mühendisliği Bölümü idari asistanı, araştırma görevlileri ve Öğr. Gör. Dr. Gülbin KAVAK' a, Mustafa BOLAT'a, Esen SARAÇ ÜMİT' e, Ahmet GÖNCÜ' ye, İ. Engin ŞEKER' e, Evşen BERBEROĞLU'na ve Mehmet GİRİŞ'e çok teşekkür ederim.

Ailem; Meliha ŞAHİN, İlker Gökhan ŞAHİN, Ayşe ŞAHİN ve canım babam, Halil Soner ŞAHİN' e, Yüksel-Nimet ÇAĞLI' ya ve bu dönemde oğlumuz hem anne-baba, hem de oyun arkadaşı olan eşim M. Erkut ÇAĞLI' ya ve benim yerime tez çalışmasını yapmak isteyen biricik oğlumuz Sarper ÇAĞLI' ya en yoğun teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	4
1.2. Çalışmanın Kapsamı ve Araştırma Yönteminin Yapısı	5
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI.....	7
2.1. Ulusal Tezler.....	15
3. MATERYAL VE METOD	23
4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ.....	29
4.1. Türkiye’deki Yasal Düzenlemeler.....	35
5. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMINDA İKLİMSEL KONFOR.....	53
5.1. Isıl Konfor.....	56
5.2. Çalışma Alanı Çukurova’da, İklimsel Özellikler ve Isıl Konfor Gerekleri	60
6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA ÖRNEĞİ	67
6.1. Proje Alanı Tanımı	73
6.2. Çevre Analizi ve Bina Kabuğunu Etkileyen Dış Çevre Bileşenlerinin Tasarımda Değerlendirilmesi	80
6.2.1. Design Builder Simülasyon Verilerinin Belirlenmesi	92
6.2.2. Bina Yapı Bileşenleri Girişi ve İyileştirme Alternatifleriyle Tasarımın Etüt Edilmesi	110
6.2.3. DesignBuilder Programında Tasarımın Tamamlanması	122

6.2.4. Bep-TR Program Verilerinin Belirlenmesi	127
7. DEĞERLENDİRME VE TARTIŞMA	145
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	149
KAYNAKLAR	153
ÖZGEÇMİŞ	159
EKLER.....	160



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 2.1. ‘Bina Enerji Performansı’ ile ilgili 2012-2017 yılları arasında yapılmış doktora tezlerinin, tez konusu ile yakınlık durumlarının 1’den 5’e kadar olan sayılarla derecelendirmesi	15
Çizelge 4.1. Sürdürülebilir bina tasarımına ilişkin kullanılan araçlar.....	35
Çizelge 4.2. Yapı Ruhsatı İstatistikleri Ocak –Eylül 2015-2017	44
Çizelge 4.3. Yapı İzin İstatistikleri Ocak –Eylül 2015-2017	44
Çizelge 4.4. Enerji verimliliği ile ilgili Ulusal düzenlemeler, kırmızı ile belirtilenler aynı zamanlarda yapılmış uluslararası düzenlemeleri göstermektedir	46
Çizelge 4.5. Birincil Enerjiye göre referans göstergesi (RG) (kW/m ² -yıl).....	51
Çizelge 4.6. Nihai enerji cinsinden sera gazı referans göstergesi (SRG) (kg eşd.CO ² /m ² .yıl)	52
Çizelge 5.1. Isıl konfor birimlerinin tanımı	58
Çizelge 5.2. Adana’da yönler ve aylara göre pencerelerin gölgelenme süresi ve verimi.....	65
Çizelge 6.1. Design Builder Programının Hesapladığı Modüller	72
Çizelge 6.2. Uluslararası İklim Bölgeleri.....	95
Çizelge 6.3. ASHRAE Standart 90,1-2007’ye göre Adana, uluslararası iklim ısı alanlarına göre 3, ılık ve nemli tanımına göre 3A olarak numaralandırılmıştır.....	96
Çizelge 6.4. TS 825 İllere Göre Derece Gün Bölgeleri	97
Çizelge 6.5. Meteoroloji Genel Müdürlüğü yıllık ısıtma-soğutma gün dereceleri.....	98
Çizelge 6.6. Meteoroloji Genel Müdürlüğü yıllık ısıtma-soğutma gün dereceleri.....	98

Çizelge 6.7. Tüm İllerin Doğal Gaz Yakıtı İçin Yalıtım Malzeme Çeşitlerine Göre Optimum Yalıtım Kalınlığı (Xopt), Geri Ödeme Süresi (pp) ve Net Tasarruf Miktarı (A yıl).....	112
Çizelge 6.8. Yeni proje dış duvar iyileştirme seçenekleri.....	113
Çizelge 6.9. Yeni proje çatı bileşenlerinin iyileştirme seçenekleri.....	114
Çizelge 6.10. Yeni Proje Isıtılmayan Hacim Üzeri Döşeme İyileştirme Seçenekleri.....	118
Çizelge 6.11. Opak Alanlar, Isı İletim Değerleri Karşılaştırması	119
Çizelge 6.12. Saydam alanlar, ısı iletim değerleri karşılaştırması	120
Çizelge 6.13. Aydınlatma zonlarına göre güç yoğunluğu ve iç yükler.....	121
Çizelge 6.14. Mahallerin tasarımdaki optimum yaz ve kış sıcaklık ve nem değerleri	121
Çizelge 6.15. Aydınlatma zonlarına göre güç yoğunluğu ve iç yükler HVAC (Isıtma, Havalandırma, Soğutma Sistemleri).....	122
Çizelge 6.16. Tasarlanan projenin yıllık enerji tüketim değerleri ve bedelleri	124

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1.	Yapılaşmanın çevre kirliliği ve ekolojik denge ile ilişkisi,	2
Şekil 1.2.	Uluslararası simülasyon çalışmaları. Yapı bileşeni simülasyonu	2
Şekil 1.3.	Uluslararası kent ölçeğinde simülasyon çalışmaları	3
Şekil 1.4.	Araştırma yönteminin yapısı.....	6
Şekil 3.1.	Design builder işleyişi.....	24
Şekil 3.2.	Bep-Tr işleyişi.....	26
Şekil 3.3.	Enerji kimlik belgesi	27
Şekil 4.1.	Herkes için yüksek kaliteli düşük enerjili şehirler kavramı.	31
Şekil 4.2.	Birincil enerji yoğunluğu	37
Şekil 4.3.	2000-2015 Dönemi kümülatif enerji tasarrufu.....	37
Şekil 4.4.	Türkiye, bina sektörü nihai enerji tüketimi	38
Şekil 4.5.	Türkiye, bina enerji performansı yasal düzenleme ve teşvikleri.....	38
Şekil 4.6.	Japonya, bina enerji bina sektörü nihai enerji tüketimi	39
Şekil 4.7.	Japonya, bina enerji performansı yasal düzenleme ve teşvikleri.	39
Şekil 4.8.	ABD, bina enerji bina sektörü nihai enerji tüketimi	40
Şekil 4.9.	ABD, bina enerji performansı yasal düzenleme ve teşvikleri.....	40
Şekil 4.10.	ABD, bina enerji performansı yasal düzenleme ve teşvikleri.....	41
Şekil 4.11.	ABD, bina enerji performansı yasal düzenleme ve teşvikleri.....	42
Şekil 4.12.	ABD, bina enerji performansı yasal düzenleme ve teşvikleri.....	43
Şekil 4.13.	Alınan konut yapı ruhsatları ve izinleri.....	44
Şekil 5.1.	Enerji etkin bina tasarımı	54
Şekil 5.2.	Yeni Binalar için BBTY süreci özeti.	55
Şekil 5.3.	Mevcut Binalar için bütünleşik bina tadilat süreci özeti.	56
Şekil 5.4.	Alçak basınç bölgesi Çukurova'ya denizden ve Toros Dağları'ndan gelen hava akımı	60
Şekil 5.5.	İklimsel bölgelerine göre Anadolu'da geleneksel yapı tipleri	62

Şekil 5.6. Binaların hava dolaşımı için geniş açıklıklarla konumlanması ve karşılıklı iklimlendirme ile soğutma	62
Şekil 5.7. Meteoroloji Genel Müdürlüğü resmi istatistiklerine göre bazı değerlerin ortalamaları	63
Şekil 5.8. Adana'nın bulunduğu 37. Enlem ve 35. Boylam için en sıcak aylar olan Temmuz-Ağustos ayları ortalamasını gösteren gölge hattı grafiği.....	64
Şekil 6.1. Simülasyon motorlarının genel veri akışı şeması (BBTY Klavuzu).....	68
Şekil 6.2. BIM (Building Information Modeling) / GIS (Geo Information Modeling).....	70
Şekil 6.3. Design Builder işleyişi.....	71
Şekil 6.4. Adana kentsel gelişim bölgeleri.....	73
Şekil 6.5. Proje alanı imar durumu.....	78
Şekil 6.6. Proje alanı plankotesi	79
Şekil 6.7. Proje alanı Mimari Çevre Analizi 2	82
Şekil 6.8. Çevre analizine göre konut bloklarının eskiz çalışmaları	82
Şekil 6.9. Projede kuzey-güney aksında leke çalışmaları. Merdiven evi, asansör boşlukları gibi çekirdek oluşumların kuzeyde bırakılması, yaşam alanlarının güneye yönlendirilmesi.....	83
Şekil 6.10. Kat planı çalışmaları.	83
Şekil 6.11. Netcad programına aktarılmış çevre bina konum ve boyutları.	84
Şekil 6.12. DB programında proje alanı (yeşil ok gösterimi) - çevre binalar ilişkisi, modelleme	85
Şekil 6.13. DB programında proje alanı (yeşil ok gösterimi) - çevre binalar ilişkisi, modelleme	86
Şekil 6.14. DB programında 1 Temmuz, saat 15.00 dinamik simülasyonunda çevre binaların proje alanına (yeşil ok gösterimi) gölge izdüşümü, gölgeleme analizi.....	86

Şekil 6.15. Tasarıma simülasyon araçları desteği.	87
Şekil 6.16. Günlük solar radyasyon ve hava sıcaklık grafiği, (RetScreen Programı)	89
Şekil 6.17. DB programında Temmuz, saat: 06.00 tarihleri girilerek çevre bina-, proje alanı (yeşil ok gösterimi), gölgeleme etkileşiminin analizi ve simülasyonu.....	89
Şekil 6.18. DB programında Temmuz, saat: 10.00 tarihleri girilerek çevre bina-proje alanı, gölgeleme etkileşiminin analizi ve simülasyonu.	90
Şekil 6.19. DB programında Temmuz, saat: 19.00 tarihleri girilerek çevre bina-proje alanı, gölgeleme etkileşiminin analizi ve simülasyonu.	90
Şekil 6.20. Design Builder konum verisi seçme sayfası.	94
Şekil 6.21. Adana için seçilen konum bilgisi.	94
Şekil 6.22. Kütlesel bina geometrisi oluşturma.....	99
Şekil 6.23. Çok katlı bir binada hava dolaşımı ve enerji kullanımı örneği	100
Şekil 6.24. Normal kat yapı bileşenleri ile zonlama (ısıl bölgelere ayırma).	101
Şekil 6.25. Her katta, ayrı zonlar için enerji gereksinim hesapları.	102
Şekil 6.26. Zemin kat zonlama (ısıl bölgelere ayırma)	103
Şekil 6.27. Çatı kat zonlama (ısıl bölgelere ayırma).	104
Şekil 6.28. Normal kat zonlama (ısıl bölgelere ayırma).	105
Şekil 6.29. İlk yönlenme çalışması	106
Şekil 6.30. İlk yönlenme çalışması Aralık ve Ocak ayı gölge iz düşümleri.....	107
Şekil 6.31. İkinci yönlenme çalışması.....	108
Şekil 6.32. Normal kat planları oluşturma ve modüllerin yarı boşluklu konum analizleri.....	109
Şekil 6.33. Design Builder yapı bileşeni veri giriş sayfası.....	110
Şekil 6.34. Yalıtım malzemeleri optimum yalıtım kalınlığı, geri ödeme süresi, net tasarruf miktarı karşılaştırması.	112
Şekil 6.35. Sıcak iklim bölgelerinde son kat üzeri terasların kullanımı.....	115

Şekil 6.36. Yaz ve kış mevsimlerinde ısı yalıtımsız çatı plağı kesitindeki sıcaklıklar.....	117
Şekil 6.37. Opak Alanlar U değerleri karşılaştırması.....	119
Şekil 6.38. Opak Alanlar U değerleri karşılaştırması.....	120
Şekil 6.39. DB yazılımında tasarımın tamamlanması.	123
Şekil 6.40. Tasarlanan projenin yıllık enerji tüketim maliyetleri.....	125
Şekil 6.41. Araştırma yönteminin işlenmiş ve devam eden aşamaları.	126
Şekil 6.42. Vaziyet planı	127
Şekil 6.43. 1. 3. 5. 7. 9. 11. Normal kat planları	128
Şekil 6.44. 2. 4. 6. 8. 10. Normal kat planları	128
Şekil 6.45. Kesitler	129
Şekil 6.46. Bodrum Kat Planı	129
Şekil 6.47. Kuzey-Güney Görünüşü	130
Şekil 6.48. Zemin Kat Planı	130
Şekil 6.49. Doğu-Batı Görünüşü.....	131
Şekil 6.50. Teras Kat Planı.....	131
Şekil 6.51. Bep-TR proje bilgileri.....	132
Şekil 6.52. Proje veri giriş şeklinin belirlenmesi, kat formu ve ölçü girişleri.....	133
Şekil 6.53. Bina geometrisi oluşturma.	133
Şekil 6.54. Örnek projenin benzetildiği ‘D’deki ikili dikdörtgen formun seçilmesi.....	134
Şekil 6.55. Örnek projenin benzetildiği ikili dikdörtgen formun seçilmesi	135
Şekil 6.56. İkili dikdörtgen formda çevre alan hesabı.....	135
Şekil 6.57. Örnek projedeki her alanın Bep-Tr yazılımında ayrı ayrı zonlara ayrılması.....	137
Şekil 6.58. Kat bilgilerinin sisteme girilmesi.....	138
Şekil 6.59. Örnek proje hava sızdırmazlık değerinin belirlenmesi.	139
Şekil 6.60. Örnek proje duvar bilgi girişlerinin yapılması.....	140
Şekil 6.61. Örnek proje opak bileşenlerin her katta ayrı ayrı tanımlanması	140

Şekil 6.62. Isı köprüleri nokta detay girişlerinin seçilip, oluşturulması.....	141
Şekil 6.63. Isı köprüsü seçimi için lejant tanımlamaları.	142
Şekil 6.64. Tavan, çatı bileşenlerinin seçimi.....	142
Şekil 6.65. Enerji Kimlik Belgesi Hesaplama Sonuç Formu	144
Şekil 7.1. Problemin Değerlendirilmesi.....	145





SİMGELER VE KISALTMALAR

AEE	: Association of Energy Engineers
ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating, & Air-Conditioning Engineers
ASTM	: American Society for Testing and Materials
BBM	: Bina Bilgi Modellemesi
BEP	: Binalarda Enerji Performansı
BIM	: Building Information Modeling
BBTY	: Bütünleşik Bina Tasarım Yaklaşımı
CDD	: Cooling Degree Day
CISBAT	: Solar Energy and Sustainability in the Built Environment
COBEE	: International Conference on Building Energy and Environment
ÇEDBİK	: Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
DB	: DesignBuilder
DOE	: Department of Energy (USA)
EKB	: Enerji Kimlik Belgesi
EPBD	: Energy Performance of Buildings Directive
EPD	: Environmental Product Declarations
EPSRC	: Engineering and Physical Sciences Research Council
GEF	: Global Environment Fund
GARD	: General American Research Division
GATX	: General American Transportation Corporation
GEF	: Global Environment Facility
GIS	: Geo Information Modeling
GSYİH	: Gayrisafi Yurt İçi Hasıla
HDD	: Heating Degree Day
HSI	: Heat Stres Index
IBPSA	: International Building Performance Simulation Association

IEA	: International Energy Agency
IES	: Illuminating Engineering Society
ISO	: International Organization For Standardization
LPD	: Lighting Power Density
LZC	: Low or Zero Carbon (Energy)
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğeri Petrol
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development
PLEA	: Passive and Low Energy Architecture
RG	: Referans Göstergesi
SEB	: Sustainability in Energy and Buildings
SRG	: Sera gazı Referans Göstergesi
TOBB	: Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği
TSE	: Türk Standartlar Enstitüsü
UNDP	: United Nations Development Programme
USGBC	: United States Green Building Council
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı)

SİMGELER

Ayıl	: Net tasarruf miktarı, (TL/m ² yıl)
Pp	: Geri ödeme süresi, (yıl)
Xopt	: Optimum yalıtım kalınlığı, (m)

1. GİRİŞ

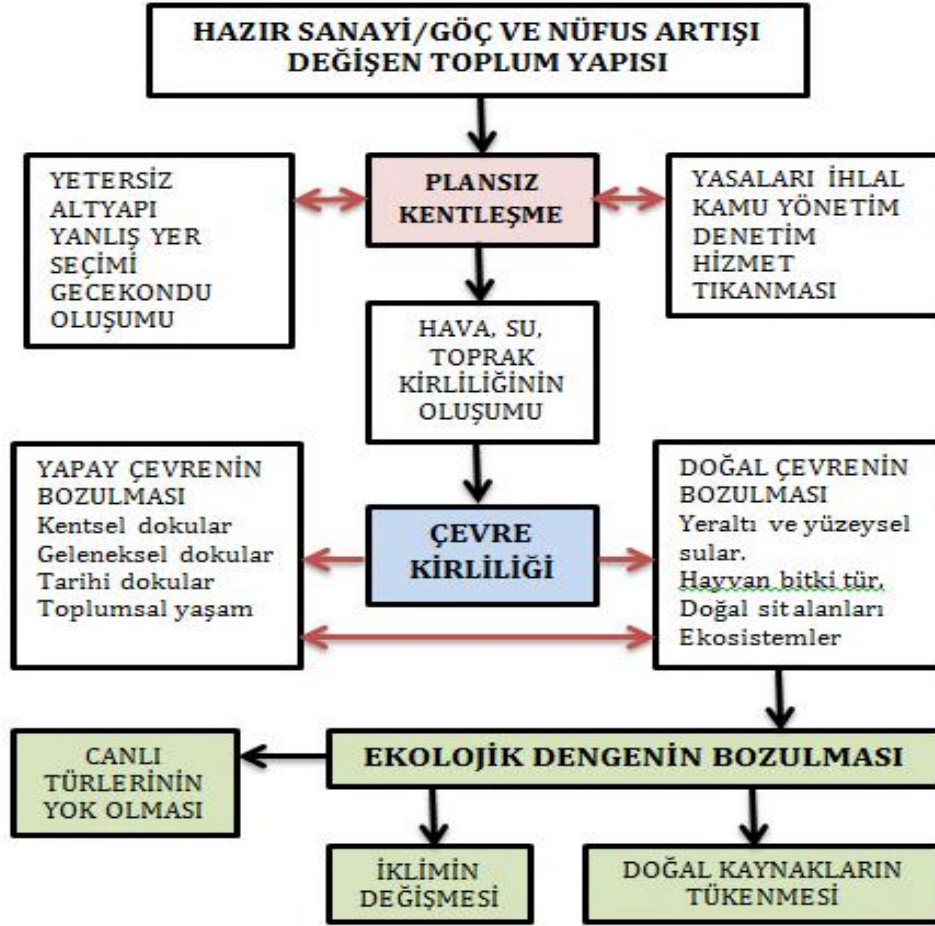
‘Yapı’ kavramsal olarak tek başına bir tanım ise de, Türk Dil Kurumu’na göre; biyolojide; karmaşık oluşumlu bir organizmada elemanların düzeni, felsefede; öğeleriyle somut bağımlılığı olan bütün, toplum biliminde; parçaları ve öğeleri arasında yasaya uygunluk, durağan bağlar ve karşılıklı ilişkiler bulunan bir bütündür. ‘Yapı’ mimaride de aslında sadece ‘bina’ olmayıp olgusal olarak, varlığı süresince yapay ve doğal çevresi ve kullanıcısıyla önemli etkileşim ve enerji geçişleri olan, bütünün (düzenli) bir parçasıdır. Kent oluşumunun ana ögesidir.

Kent bütününi oluşturan toplum ve yapı çevre, enerji ihtiyacı ve tüketimi sürekli değişen, yapıların kontrollü biçimlenmesi gereken çoklu bir sistemdir. Günümüzde uluslar ötesi göçler, nüfus artışları ve kültürel farklılaşma gibi ilave yükler kentlerde hızlı yapılaşmaya, kontrolsüz büyüme ise, ekolojik dengenin bozulmasına ve çevre kirliliğine neden olmuştur (*Şekil 1.1*).

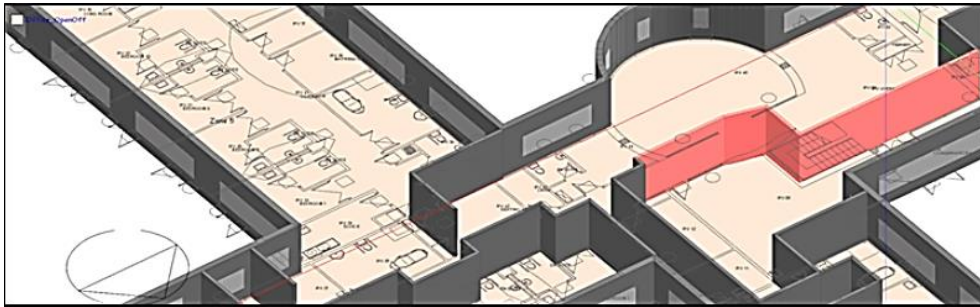
Bilsel (2006), ekolojik açıdan neden olduğu zararları tartışılmaz olan kentsel alanların coğrafi çevrede hızlı büyümesini, ‘Merkezkaç Kentleşme Dinamikleri’ olarak, bütünsel kent yapılarının da hızla çözülmesini, mekânsal parçalanma ve toplumsal ayrışma bağlamında ayrı bir problem olarak işlemiştir.

Doğal enerji kaynaklarından azami verim alınabilecek Jeosolar¹ konumu ile Türkiye’de, kentlerin büyüme esnekliğini sağlayacak yeni proje alanları ve mimari projelerin oluşturulması, uluslararası eşdeğer çalışmalardan çok uzaktır. Bu çalışmalar teknolojik tasarım teknikleri ile kentsel alanların üç boyutlu modeller ve simülasyonla tasarlanması, doğal çevre ile uyumlu enerji ihtiyaç ve tüketim miktarlarının önceden belirlenmesini kapsamaktadır (*Şekil 1.2,1.3*).

¹ Jeosolar konum: Bir yerin güneş ile doğal fiziksel etkileşimi.



Şekil 1.1. Yapılaşmanın çevre kirliliği ve ekolojik denge ile ilişkisi, (Yüceer, 2015)

Şekil 1.2. Uluslararası simülasyon çalışmaları. Yapı bileşeni simülasyonu (<https://www.designbuilder.co.uk/>)



Şekil 1.3. Uluslararası kent ölçeğinde simülasyon çalışmaları (Larson, 2017, MIT Media Lab.) <https://www.media.mit.edu/people/kll/events/>

Yüceer (2015), “Bina tasarımı” konusunun çevre ve ekoloji alanları ile çakıştığını, bu noktada yapı, çevre ve ekoloji ilişkisinin doğru kurulabilmesi için; enerji temini, ekolojik denge ve çevre kirliliği konularında tasarımcıların bilgi sahibi olması gerekliliğini vurgular. Binaların enerji etkin tasarlanmasında disiplinler arası olan ve bilgiyi farklı alanların bağdaştırılmasıyla türeten bina performans simülasyon araçlarının, tasarımda yararlı olmasının haricinde artık bir zorunluluk olmuştur.

Tasarımda teknolojik simülasyon araçları kullanılarak enerji yönetilebilmekte ve sertifikalandırılmaktadır. Örneğin IEA enerji verimliliği 2017 raporuna göre; Uluslararası Standartlar Organizasyonu tarafından geliştirilen, enerji yönetimi için küresel bir standart olan ISO 50001'e ilişkin sertifikaların sayısı, 2015'te, % 85'i Avrupa'da olmak üzere çok büyük oranda artış göstermiştir.

Ülke politikalarının genelde uygulanabilirliği, yaptırım gücü ve teknolojilerinin kullanım pratiklerinin bir parçası olması, çevre sorunları ile başa çıkabilmelerinde belirleyici olduğu görülmektedir. Enerji bağımlılığını azaltma konusunda en önemli politikaları **enerji verimliliği sağlama ve doğal çevreden;** hidrolik, jeotermal, güneş ve rüzgârdan elde edilen **yenilenebilir enerji** kaynaklarının artırılmasıdır. Birol (2016)'a göre, Avrupa, Asya, Avustralya, özellikle Amerika'da, ülkeleri bu konuda güçlendiren, ulusal ekonomileri ve mevzuatları çerçevesinde bu gibi politikalara çeşitli teşvikler, kolaylıklar sağlamaları olmuştur.

1.1. Çalışmanın Amacı

Sıcak ve nemli kentlerde soğutma için yoğun enerji tüketilmesi ve maliyetinin çok yüksek olması, bu durumun sürdürülebilirliğinin olmayışı problem olarak tanımlanmıştır. Genel olarak; yeni projelerde ve mevcut yapılarda enerji ihtiyacı ve tüketim bedelinin düşürülmesi, tasarımda iyileştirme ve enerji etkinliği sağlayabilmesi, doğal çevre ve insan sağlığının korunması, çalışmanın yasa ve yönetmeliklere alt yapı oluşturması amaçlanmıştır. Konularına göre ortaya konan hedefler aşağıdaki gibidir;

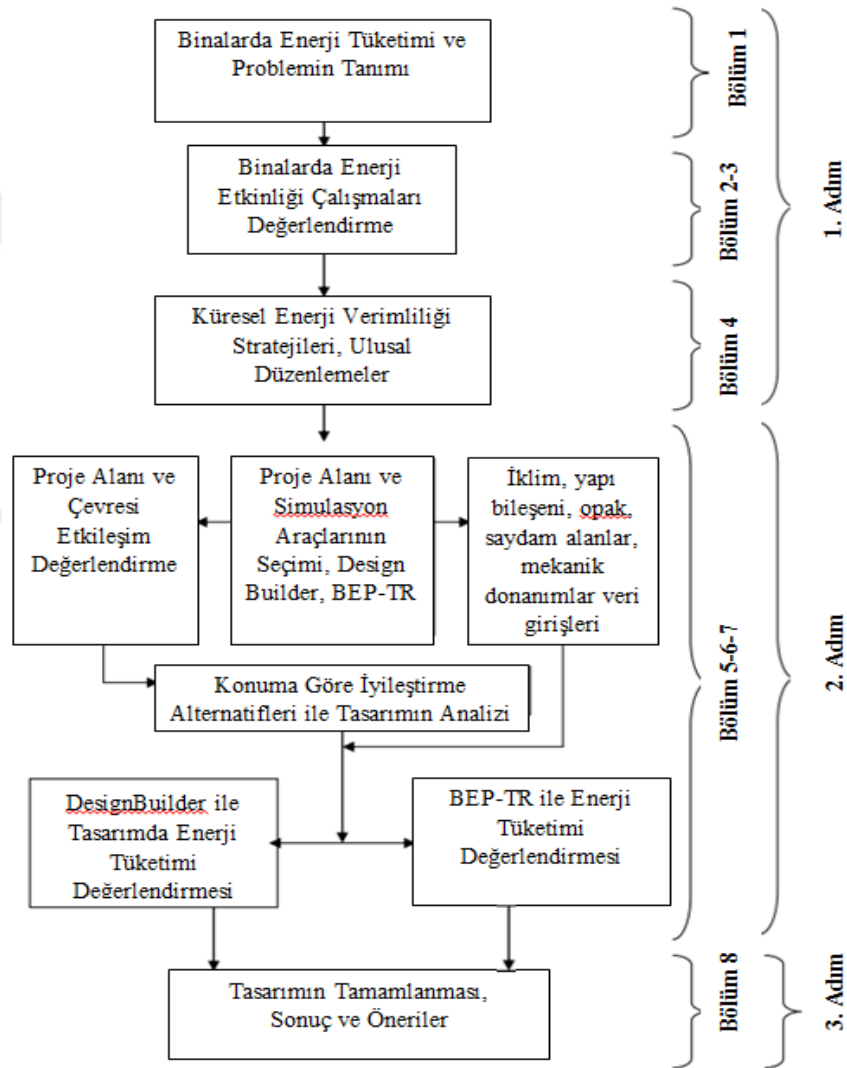
- Bu tez araştırması gibi bu alanda yapılmış ve yapılacak birçok çalışmanın ulusal bilinçlenmeye ivme kazandıracağı düşünülmektedir. Sonraki çalışmalara, enerji yönetimi ve binalarda enerji verimliliği konularında farklı bakış açıları oluşturması,

- Ülke genelinde kentsel varlığı ve çevreye zararı belki de yüz yıl sürebilecek, gelecekteki verimsiz, büyük ekonomik kayıplara neden olacak yapı stokunun önüne geçilmesi, mevcut bina performanslarının iyileştirilmesi, yapıların tüm yapım ve kimlik özellikleri ile belgelenmesi, mikro-makro planlamaya altyapı olması,
- Adana İmar Yönetmeliğine uyarlanabilecek, yapı endüstrisinde "genel olarak uygulanabilir" ve "genel kabul görmüş" önerilerin geliştirilmesi,
- Yapı tasarımı, üretimi, kullanımı ile ilgili bütün süreçlerde enerji sınıfı yüksek, doğa dostu malzeme talep, üretiminin artırılması, desteklenmesi, ekonomik kayıpların önlenmesi,
- Simülasyon programlarının işlem hacminin genişliği nedeniyle uzmanlık gerektirdiğinden, doğru ve yararlı veri akışı sağlayabilecek, tasarımcı ve karar alma durumundaki mimar, mühendis ve yöneticilere destek verebilecek uzmanlarının artması,
- Ulusal verilerin, istatistikî kaynak ve standartların oluşturulmasında simülasyon programlarının kullanımının yaygınlaştırılmasıdır.

1.2. Çalışmanın Kapsamı ve Araştırma Yönteminin Yapısı

Tezde çalışılan proje alanı; yeni yapılaşmaların yoğun olduğu Çukurova ilçesinde, 3838m² bir imar alanıdır. Uluslararası Energy Plus tabanlı simülasyon aracı Design Builder ve Ulusal yazılım programı Bep-TR ile enerji etüdü yapılmıştır. Zemin + 11 katlı iki blok tasarlanmıştır. Design Builder programında çeşitli yapı bileşen kalınlıkları ve malzemeleri denenerek blokların nihai enerji tüketimleri ve maliyetleri elde edilmiştir. Bep-TR ile de dış çevre bileşenleri, bina kabuğunun yapısal özellikleri, ısıl konfor, iklimlendirme, doğal havalanma, gün ışığı, gölge elemanları, mekanik sistemler geleneksel yöntemlerle tasarlanan bloklarda analiz edilmiştir. Enerji Kimlik Belgesi oluşturulmuş ve enerji sınıfı belirlenmiştir. İki yaklaşımın denenmesi ile güneş ve iklim, kullanım, mekanik

sistemlerin etkilerine karşı bina bileşenlerinin performansı, elde edilen enerji tüketim değerlendirmesi, bilgisayar destekli enerji etkin bina tasarımı ve uygulamalarının gerekliliği ortaya konup, sonuç ve öneriler geliştirilmiştir. Araştırma yönteminin yapısı aşağıdaki gibidir (Şekil 1.4);



Şekil 1.4. Araştırma yönteminin yapısı

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI

Araştırma konusu çerçevesinde ulusal ve uluslararası bilimsel makaleler, röportajlar, kitaplar, sempozyum, panel ve bilimsel etkinlikler incelenmiştir. Kaynaklarda bugünkü ileri düzey simülasyon çalışmalarına alt yapı sağlamış Türk bilim insanlarının da katkılarının büyük olduğu görülmüştür. Bu bölümde öncelikle uluslararası literatürde adları geçen bilim insanlarımıza yer verilmiştir.

1960'ların sonu, Amerika Isıtma Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği (ASHRAE) tarafından enerji hesaplamalarının önemsenmeye başladığı, binaların ısıl çevresinin simülasyonu için bilgisayarlı hesapların yeni çalışıldığı dönemdir. Amerika ulusal taşımacılık şirketi GATX, Araştırma Bölümü'nden **Metin Lokmanhekim**'in de aralarında olduğu bir grup mühendis, termal ortamı dijital hesaplamalarla simüle etmeyi başarmış, Lokmanhekim daha sonra Lawrence Berkeley Laboratuvarında, DOE2 simülasyon programının orijinal versiyonunun gelişmesinde büyük rol oynamıştır.

Yine, çalışması bugün kullanılan, birçok simülasyon programının temellerini biçimlendirmiş, özellikle DOE-1, DOE-2, Energy Plus ve diğer programlara büyük katkıda bulunan **Zülfü Cumali** de, ABD laboratuvarları için bilgisayar kodu geliştirmesiyle, 40 yıllık bir zaman diliminde bina enerji simülasyonu alanına önemli katkılar sağlamıştır. Her iki bilim insanı da Amerikan ulusal standartları ve simülasyon programlarının geliştirildiği organizasyonlar ASHRAE ve IBPSA' nın önemli görevlendirmelerinde ve danışmanlıklarında bulunmuşlardır.

Uluslararası basında sık sık makaleleri yayımlanan ve enerji konusunda uluslararası otorite olarak kabul edilen **Fatih Birol** Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'nın baş ekonomistidir. Kurumun enerji ve iklim değişikliği politikasının ekonomik analizinden sorumludur. IEA'nın önde gelen yayını olan, enerji analizi ve projeksiyonlarıyla ilgili en güvenilir kaynak kabul edilen yıllık World Energy Outlook raporunu da hazırlayan Birol, yasama organlarına enerji piyasalarıyla ilgili

konularda değerlendirmelerde bulunmaktadır. Fatih Birol, enerji tartışmalarına yaptığı katkılardan ötürü birçok ülkeden ödül almıştır. Son olarak, Forbes dergisi tarafından dünyanın enerji konusundaki en nüfuzlu dördüncü kişisi seçilmiştir.

Cornell Üniversitesi Mimarlık Bölümü Çevre Sistemlerinde Akademisyen **Timur Doğan**, mimar, bilim adamı ve eğitimcidir. Günışığı aydınlatma, enerji modelleme, pasif iklim kontrol stratejileri, kentsel ve mimari ölçekte, performansa dayalı tasarım iş akışları konularında uzmanlaşmıştır.

Bilimsel yayın ve etkinliklerden derlenen diğer çalışmalar aşağıdaki gibidir;

Saratsis, Doğan ve Reinhart (2015), ‘Bir Enerji Simülasyon Bilgilendirmeli Tasarım Sürecine Yönelik, Uygulamalı disiplinler arası Laboratuvar Binası için 3 safhalı Yaklaşım’ makalelerinde, çevresel performans analizi iş akışlarının tasarım pratiğine entegrasyonu üzerine bir vaka çalışması yapılmıştır. Türkiye’de 15.000 m²’lik bir laboratuvar binası için çevresel performans odaklı bir tasarım yaklaşımı sunulmaktadır. Akıcı ve etkileşimli tasarım iş akışlarına izin veren araçların bulunabilmesi ile şu sorular gündeme getirilmiştir; pratikte, tasarım kararı alma süreçleri için çevresel performans simülasyonları ne kadar yararlı ve uygulanabilir? Bunları uygulamak için doğru zamanlama nedir? Onlardan faydalı örnekler üretmek için minimum girdi bilgisi miktarı nedir? Yazının amacı, bir tasarım ve enerji performansı optimizasyonu yaklaşımının katkısını açıklığa kavuşturmak ve yukarıda belirtilen soruları yanıtlamaktır. Tasarım yaklaşımı üç ana safhaya bölünmüştür. Aşama 1: Kütle tasarımı, Aşama 2: Kat planı tasarımı, Aşama 3a: Ayrıntılı atrium optimizasyonu, 3b: Ayrıntılı çevre optimizasyonudur. Değerlendirme için kullanılan çevresel analiz yöntemleri tasarımda, • Doğal olarak havalandırılan alanlar için enerji kullanım yoğunluğu ve aşırı ısınma saatleri (> 29 ° C üstü). • Yıllık iklim bazlı ölçümlerle gün ışığının kullanılabilirliği ve aşırı kazanım analizi. • İç sirkülasyon ağı analizi: Paylaşılan alanlara alan ağırlıklı ortalama mesafe. • Morfolojik oranlar kullanılmıştır.

Yılmaz (2012), ‘Bina Performans Modelleme ve Simülasyonları’ makalesine göre; yaklaşık 70 yıl önce başlayan simülasyon araçları çalışmaları son 50 yılda hız kazanmıştır. Bu araçlar binaların tasarım, yapım, işletme ve iyileştirme aşamalarında bina performansına bağlı sorunlarla en uygun şekilde başa çıkabilme yoludur. Bina performans modelleme ve simülasyon temel konuları; fizik, matematik, malzeme bilimi, biyofizik, insan davranışı, hesaplamalı bilimler... vb. gibi birçok bilim dalını kapsayan çok disiplinli yapı fiziği alanı altında, bina ve binaya servis veren sistemlerin performans optimizasyonu için yöntem ve algoritma çalışmalarıdır. Teorik bilgiyi de özümseyen uzmanlaşma alanlarını gerektirmektedir. Uzmanlık alanlarına hakim olmayan ve sadece simülasyon aracının kullanımı konusunda basitçe bilgi edinmiş kişilerin yapabileceği boyutların dışında çok kapsamlı bir çalışma alanıdır. Simülasyonlarda belirsizlik durumlarının, duyarlılık analizlerinin, kalibrasyon ve optimizasyon çalışmalarının yapılması da gerekmektedir.

MIT Media Lab Değişen Alanlar Araştırma Grubu ve Şehir Bilim İnisiyatifleri Direktörü Larson, Türkiye İnovasyon Haftası Adana 2016’daki, “Girişime Yönelik, Yüksek Performanslı, Yaşanılabilir Şehirler” konferansında “Şehirlerin İnovatif Teknolojilerle Dönüşümü” konulu sunumunu yapmıştır. Legolarla fiziksel şehir modelleri ile kent yoğunluğu, mobilite ve kent kullanımları gibi parametreler üzerinde önemli projeksiyonlar geliştirmişlerdir (*Sekil 3,4*). Fiziksel model içinde sanal gerçeklik oluşturma, parçalanmış gerçeklik arayüzü deneme, veri sanallaştırma ile şehrsel müdahaleler yaparak, gerçek zamanlı geri bildirimler alabilmektedirler.

Yüceer (2010), ‘Çevre Duyarlı Mimarlık/Bilgisayar Destekli Enerji Etkin Bina Tasarımı’ makalesinde, enerji etkin bina tasarımının ana prensibinin, yapı bileşenlerinin pasif sistemler olarak iklim çözümlemede kullanılması gerektiğinden bahsetmektedir. İç mekân konforu ve enerji verimliliği sağlamada tasarım aracı olan simülasyon programlarının daha çok sayısal bağlantılara ve standartlara dayalı olduğunu, bilgisayar destekli enerji etkin bina tasarımının yaygın ve verimli bir

şekilde kullanımı için tasarımcının, yasa ve yönetmeliklerin yetersizliğine, verilerin nasıl yükleneceği ve çalıştırılacağı ile ilgili önerilerine yer verir. Simülasyonun (Benzeşim), yeniden önerme (Genarasyon) ve en uygunu seçme (Optimizasyon) aşamalarından bahseder. Apache, Awnshade, Climate 1, Daylight, Doe -2, Ecotect, Eco-Lumen, ESP -R, Free-Runner, Heat 2, Heed, Ipse, Opaque, Parasol, Solar Tool, Trnsys, Weather Data Viewer programlarını işlev, yüklenen girdiler, alınan çıktılar ve bilgisayar ortam işletim sistemi bilgilerini tanımlayarak, karşılaştırmaya olanak vermektedir.

Harputlugil (2007), ‘Mimari Tasarım Süreci İçinde Bina Enerji Simülasyon Programı Uygulamalarının Yeri’ makalesine göre; bilgisayar simülasyon programı ile yürütülen tasarımın ilk evrelerinden itibaren enerji etkinliğine ve çevresel duyarlılığa yönelik doğru malzeme ve bileşen kararları almaya yardımcı, biçim, boyut, yönlenmenin belirlenebildiğini ve bina sistemlerinin tüm enerji tüketiminin analiz edilebildiğini, yüksek sonuç performansı elde edilmesinin mümkün olduğunu belirtmektedir. Programların, mimari tasarımın sonunda tasarım performansını doğrulamak için kullanıldığını ifade etmektedir.

Bina enerji simülasyonlarının tanımı ve işleyiş süreci aktarılmıştır. Tasarımı tamamlanmış bir binanın enerji analizi örnekleterek simülasyona dayalı performans iyileştirme yönteminin yararı, enerji simülasyonu uygulamalarının mimari tasarım sürecindeki yeri irdelenmektedir. Sürecin ilk evrelerinde uygulama çalışmalarına yönelik program geliştiricilerin önerilerine yer verilmekte ve karşılaşılabilecek güçlükler sıralanmaktadır. Bina enerji performansı standartlarının artarak geliştirilmesi, etkin kullanımı için çalışan organizasyonlara (IBPSA, ASHRAE, CIBSE gibi) katılım, eğitim ve seminerler, yüksek öğrenime simülasyon eğitiminin dahil edilmesi, sadece bu konuyla ilgilenen uzmanlık ve danışmanlıklarda artış sağlanması, bir yandan da tasarımcı kullanıcının uzmanlık gerekliliğini ortadan kaldıracak, tasarım sürecinin başından itibaren enerji verimli

tasarım alternatifleri oluştururken, tasarım bilgisine rahatlıkla dönüştürülebilecek kolaylıkta bir “tasarım kılavuzu” oluşturulmasının gerekliliği belirtilmiştir.

Ganiç ve Yılmaz (2014), ‘2010/31/EU Direktifinin Türk ulusal faktörlerinin etkisi düşünülerek İdeal Maliyet Düzeyi Hesaplama Yönteminin Uyarlanması’ makalelerine göre; Tüm Avrupa Birliği üyesi ve aday ülkelerin 2010/31 / EU Direktifi uyarınca minimum enerji performansı ihtiyaçlarının maliyet iyileştirilmiş seviyelerinin analizinin önemini ortaya koymaktadır. Avrupa Birliği ulusal değişkenlere bağlı birkaç ana aşama hesaplama modeli önermektedir. Ulusal maliyet uygunluğu hesaplama metodolojilerinin geliştirilmesi için bir yöntem olarak, AB yönteminde verilen küresel maliyet hesaplama sürelerinin, ulusal piyasa koşulları altında geçerliliğini araştırmaktadır. EPBD'nin yeniden düzenlenmesi açısından Türkiye için ön örnek maliyet uygunluğu çalışması AB çerçeve metodunda bir ofis binasına uygulanmakta ve birbirinden çok farklı iki iklim bölgesi için hesaplamalar yapılmaktadır.

Meral, Dino ve Çeliker (2016), ‘Net-sıfır Enerji ve Su Tüketen Binaların Tasarımında Simülasyon ve Optimizasyon Araçlarının Önemi’ konferans bildirilerinde; Performans simülasyon araçları, binaların modellenerek gerçek koşullar altındaki davranışının sayısal analizinin yapılmasını sağlamaktadır. Bunu yaparken, binadaki sistemler hakkında detaylı kullanıcı girdisine ihtiyaç duyulmakta ve sadece belirlenmiş sistem kombinasyonlarının analizi yapılabilmektedir. Sistem seçimlerinde kullanıcıya yol göstermemekte ve bina için optimal ve bütünleşik bir enerji ve su sistemi çözümü önerememektedir. Bu sebeple mevcut araçlar, maliyet-etkin enerji ve su verimli binalara ulaşmada yetersiz kalmaktadır. Simülasyon araçlarına beslenen bina girdilerinin yerel koşullar dikkate alınarak sağlanması performans analizlerinin geçerliliğinin en önemli koşullarındandır. Bina konumu, kullanım amacı, kullanım şekli ve sensör tipleri gibi tasarım parametreleri, sistem seçimleri ve bina operasyonel seçimlerini ilişkilendiren Türkiye için özelleşmiş kurallar, sistematik kural tabanları içerisinde derlenmemiştir. Tüm bu sebeplerle, maliyet-etkin enerji ve su verimli binalarda

tasarım parametrelerinin ve sistemlerin seçimi konusunda yönlendirici, karar destek sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Çerçi ve Hoete (2014)'un, 'Binalarda Düşük Ve Sıfır Karbon (LZC) Teknolojilerinin Uygulanabilirliği Ve Londra 'Shoreditch İstasyonu' Örneği' çalışmasında (İngiltere) Londra'nın merkezinde pasif yöntemler uygulanarak yeniden işlevlendirilen toplam 1.546,11 m² kullanım alanına sahip bir yapı üzerinde, Düşük ve Sıfır Karbon (LZC) teknolojileri uygulanmış ve yapının üreteceği tahmini CO² emisyonlarının azaltılmasına ait bir değerlendirme yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; tasarımın ilk evresinde bina için önerilen enerji stratejilerinin, ulaşılan sonuçlar üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu ve binada tüketilecek olan CO² miktarındaki azalmanın, 'İngiltere'nin yapı sektöründe 2010 yılı için belirlediği emisyon hedefini yerine getirdiği ortaya konmuştur. Tasarım aşamasında enerji stratejileri oluşturmanın faydalarına ve önerilere yer verilmiştir.

Yüceer (2015), 'Yapıda Çevre ve Enerji' kitabında, yapılaşmanın ve enerji temininin ekolojik dengeye ve çevre kirliliğine etkilerinden, insan eylemleri ve doğal nedenlerden çevre kirliliğinin oluşumu, sonuçları ve önlenmesi; yapı çevresinden elde edilebilecek enerji kaynaklarının mimari tasarımda etken-edilgen sistemlerle biçimlendirilerek, binanın enerji etkinliğinin artırılması, çevre koruma, enerji verimliliği ve bina tasarımı ile ilgili ulusal ve uluslararası yasal düzenlemeler ve standartlar incelenmiştir. İklim elemanları olan sıcaklık, güneş ışınımı, rüzgâr, yağış, iklim kuşakları, ülkemizde iklim tipleri, küresel ısınma ve iklim değişikliği konuları ele alınmaktadır.

Güneş ve iklim etkilerine karşı bina kabuğunu etkileyen dış çevre bileşenleri, bina kabuğunun yapısal özellikleri, yapıda ısı konfor, iklimlendirme, doğal havalanma, gün ışığı, gölge elemanları, yapıda uygulanabilecek sistemler önce temel bina tasarım yöntemleri ve örnek uygulamalarla açıklanarak, konunun temel mantığı saptanmıştır. Daha sonra bu temel bilgiler eşliğinde bilgisayar

destekli enerji etkin bina tasarımı ve uygulamaları değerlendirilip, sonuçlar elde edilmiştir.

Kitapta 33 adet bilgisayar programı ele alınmıştır. Bu yazımların 18 tanesi tanıtılarak kullanımları açıklanmıştır. Bilgisayar destekli enerji etkin bina tasarım aşamaları, iklim çözümleme, Adana örneği uygulaması, yapı bileşenlerinin bilgisayar destekli örneklenmesi ve dış kabuğun oluşumu ve gölge elemanı tasarımı konuları işlenmiştir.

Roetzel, Tsangrassoulis, Dietrich ve Busching (2010),"On the Influence of Building Design, Occupants and Heat Waves on Comfort and Greenhouse Gas Emissions in Naturally Ventilated Offices. A Study Based on the En 15251 Adaptive Thermal Comfort Model in Athens, Greece." makalelerinde Atina'da, hücrel doğal havalandırılmalı bir büro, bina simülasyon yazılımı Energy Plus kullanılarak ısı konforu ve sera gazı emisyonları çalışılmıştır. Yunanistan'ın Akdeniz iklimi baz alınmıştır. Uyarlamalı ısı konfor EN 15251'e göre değerlendirilmiştir. Varyasyonlar, farklı yapı tasarımı önceliklerine işaret eder. İdeal ve en kötü senaryo ile kullanıcı davranışının ve iç ısı yüklerinin değişkenliğini göz önüne alınmıştır. Isı dalgalarının etkisi, son on yılda ortalama ve aşırı sıcak bir yıl için ölçülen sıcaklıklar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Bina gölgelemesinin termal ve görsel konforu etkiliyor olması dolayısıyla kontrollü yapılması için, güneşliği ve görünüm de değerlendirilmiştir. Bina tasarımının, kullanıcı ve ısı dalgalarının, doğal olarak havalandırılan ofislerdeki konfor ve sera gazı emisyonları ve ilgili optimizasyon potansiyeli üzerindeki etkisi ve etkileşimi hakkında sonuçlar çıkarılmıştır.

Taleghani, Tenpierik, Kurvers ve Dobbeltstein (2013), "A Review Into Thermal Comfort In Buildings" makalelerinde 1930'tan günümüze tartışılan termal konfor için iki ana yaklaşımdan; kararlı durum modeli ve uyarlanabilir modelden söz etmektedirler. Uyarlayıcı model esas olarak, insan vücudunun açık ve kapalı havaya uyum sağladığı teorisine dayanmaktadır. Bu makalede, kararlı durum modelinin yanı sıra, üç uyarlanabilir termal konfor standardı kapsamlı olarak

gözden geçirilmektedir: Amerikan ASHRAE 55-2010 standardı, Avrupa EN15251 standardı ve Hollanda ATG kılavuzudur. Hollanda'daki bir vaka çalışmasıyla bu standartlar karşılaştırılmıştır. Standartlar arasında tartışılan başlıca farklılıklar, üst ve alt sınırlar, referans sıcaklıklar, kabul edilebilir sıcaklık aralıkları ve veri tabanları için olan denklemler olarak belirlenmiştir.

Mangan (2015), ‘Yaşam döngüsü enerji ve maliyet etkinliği açısından konut binalarının performanslarının değerlendirilmesinde kullanılabilecek bir yaklaşım’, doktora çalışmasında referans konut binası olarak Türkiye’de konut üretiminde etkin rol oynayan TOKİ tarafından inşa edilmiş, yaygın kullanılan yapım teknolojilerini ve tasarım kriterlerini barındıran mevcut bir toplu konut projesi ele alınmaktadır. Toplu konut uygulaması kapsamındaki konut bloklarından biri, referans konut binası olarak tanımlanmakta ve Türkiye'nin farklı iklim bölgelerini temsil eden beş ilde mevcut olduğu varsayılmaktadır. Böylelikle, yapılan uygulama çalışması sonucunda belirtilen amaca uygun olarak konut binalarının farklı iklim bölgeleri için yaşam döngüsü enerji ve maliyet etkinliği açısından optimum performanslarının değerlendirilebildiği ve optimum iyileştirme kombinasyonlarının tanımlanabildiği görülmektedir. Bölüm 6'da, tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar açıklanmaktadır.

Uğurlu (2003), Bütün yapılar için; ‘Kimlik Kartı’, ‘Garanti Belgesi’, ‘Kullanım İle Bakım Kılavuzu’ ve ‘İşletme Belgesi’ yasal zorunluluğu getirilmesi gerekir (Uğurlu F. Y. , 2003). Bu çalışmasında çok sınırlı ekonomik harcamayla satın alınan en küçük bir ev aletinde bile aranan belgelerin, çok büyük, önemli ekonomik ilk yatırım ve işletme maliyetleri oluşturan bir yapı bütünü için istenmemesinin çelişmesine dikkat çekmektedir. Belirli bir deneme ve uygulama süreci yaşandığında, 5 - 10 yıllık uygulama etaplarından çıkarılacak deneyim sonuçlarının verileriyle, toplam sistem daha da olumlu ve verimli bir işleyişe kavuşturulabileceğini ortaya koymaktadır.

2.1. Ulusal Tezler

Yüksek Öğretim Kurulu Tez Merkezi Başkanlığı verilerine göre; ‘**Bina enerji performansı**’ ile ilgili 2001-2016 yılları arasında 32 adet, ‘**Enerji etkin bina tasarımı**’ ile ilgili 2003-2017 yılları arasında 18 adet, ‘**Bina simülasyon**’ ile ilgili 2001-2017 yılları arasında 4 adet, ‘**Enerji simülasyon**’ ile ilgili 2001-2015 yılları arasında 6 adet lisansüstü tez yapılmıştır. Bunlar arasından, bu araştırmaya yakınlık derecesinde göre en alakalı olan ‘5’, en az alakalı olan ‘1’ arasında derecelendirilmiş, sadece ‘5’ ve ‘4’ derecesinde ilgili olanlar açıklanmıştır (*Çizelge 2.1*);

Çizelge 2.1. ‘Bina Enerji Performansı’ ile ilgili 2012-2017 yılları arasında yapılmış doktora tezlerinin, tez konusu ile yakınlık durumlarının 1’den 5’e kadar olan sayılarla derecelendirmesi

Tez Adı	Yazar	Yıl	Yakınlık Derecesi
‘Mimari tasarım süreci için bina enerji performansı değerlendirme programı (EnAd) geliştirilmesi’	Fatma Zehra Çakıcı	2013	5
‘Performans tabanlı bina tasarımı için bir model önerisi’	Selçuk Sayın	2014	5
‘Enerji performansı öncelikli mimari tasarım sürecinin ilk aşamasında kullanılabilecek tasarıma destek değerlendirme modeli’	Gülsu Ulukavak Harputlugil	2009	5
‘Yaşam döngüsü enerji ve maliyet etkinliği açısından konut binalarının performanslarının değerlendirilmesinde kullanılabilecek bir yaklaşım’	Suzi Dilara Mangan	2015	5
‘Bina enerji performansını geliştirmede optimum çözümleri belirlemeye yönelik simülasyon ve çok amaçlı optimizasyon tabanlı bir karar destek modeli’	Aslıhan Şenel Solmaz	2015	5

Çizelge 2.1. Devamı

‘Türkiye'deki konut binalarının enerji etkin iyileştirmesi için ekonomik olarak uygulanabilir çözümlerin belirlenmesinde yeni bir yaklaşım’	Touraj Ashrafiyan Bonab	2016	4
‘Binalarda yapı kabuğu, mekanik sistemler ve yenilenebilir enerji sistemleri parametrelerinin eş zamanlı enerji optimizasyonu için bir yöntem’	Meltem Bayraktar	2015	4
‘Binalarda güneş kontrolü sağlanması, Adana örneği’ 2004. Doktora Tezi.	Nilgün Sultan Yüceer	2004	4
‘Ankara’da müstakil bir konutun nihai enerji tüketimini en aza indirebilmenin yollarının araştırılması ve teknolojik değerlendirilmesi’	Gül Nihal Güğül	2016	4
‘Çok katlı binalarda doğal havalandırma farklı analiz araçları ve örnek alan entegrasyonu ile planlama için bir yöntem’	Tobias Schulze	2015	3
‘Türkiye'deki eğitim yapılarının yaşam döngüsü maliyet optimizasyonu ile enerji etkin yenilenmesi için bir yaklaşım’	Yiğit Yılmaz	2017	3
‘Avrupa Birliği bina enerji performansı direktifinin Türkiye'deki mevcut otel binaları için uyarlanmasına yönelik bir yaklaşım’	Merve Atmaca	2016	2
‘Şehirsiz dokuya bağlı gün ışığı katkısının ofis binalarındaki enerji ihtiyacına etkisinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılabilecek bir yaklaşım’	Dilay Kesten Erhart	2012	2

Yüceer (2004), ‘Binalarda güneş kontrolü sağlanması, Adana örneği’. Bu araştırmada, kapsamı oldukça geniş olan "güneş denetimi" konusu içinde; iç mekanda fiziksel konforu ve enerji verimliliğini birlikte sağlayabilen, dış gölge elemanlarının optimum boyut ve biçim seçenekleri bilgisayar destekli olarak analiz

edilmiştir. Tespit edilen gölge elemanı tasarım kriterleri Adana' da çeşitli dönemlerde yapılan mevcut binaların pencerelerine uygulanmıştır. Araştırmanın sonucunda, Adana iklimine uygun gölge elemanı tasarım ilkeleri ve boyutlandırma stratejileri belirlenmiştir.

Çakıcı (2013), 'Mimari tasarım süreci için bina enerji performansı değerlendirme programı (EnAd) geliştirilmesi', doktora tezi kapsamında, yasalar ve bina tasarım süreci göz önüne alınarak, binaların enerji performansını değerlendirmek amacıyla EnAd isimli bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. İleri uzmanlık gerektirmeyen bu program, tasarım sürecinin herhangi bir aşamasında kullanılmak üzere tasarlanmıştır. TS EN ISO 13790 tarafından belirlenen aylık hesaplama yöntemini kullanan program, Avrupa Birliğinin Binalarda Enerji Performansı Direktifi ve konuya ilişkin mevcut Türk mevzuatına dayanılarak geliştirilmiştir. Yasalarla enerji performans ölçütlerini bütünleştiren program, hem enerji performansı hem de ilgili mevzuat hakkında geri bildirimler sunarak tasarım kararlarını iyileştirmede tasarımcıya yardımcı olmayı amaçlamıştır. Bu çalışmada Çakıcı, bina boyutları, ısı kaybeden yüzeyler, havalandırma ve sızdırma, U-değerleri, pencere-duvar oranı, ayar sıcaklıkları ve iç ve dış ortam sıcaklık farklarının binaların enerji performansı üzerindeki etkileri irdelemiş ve kullanılan dört değerlendirme programı aracılığıyla sonuç farklılıkların nedenleri araştırmıştır. Geliştirilen tasarım-destek aracının kullanılabilirliği, geçerliliği, güvenilirliği ve hassasiyeti kullanılabilirlik ve yakınsama testleri ile kanıtlanmıştır. Sonuç olarak, daha iyi performans düzeylerine ulaşmak için karar vericilerin süreçteki rollerinin yanı sıra mimari tasarım sürecinin ilk aşamalarından itibaren enerji performans değerlendirme araçlarının kullanımının önemine işaret edilmiştir.

Sayın (2014), 'Performans Tabanlı Bina Tasarımı İçin Bir Model Önerisi', doktora tez çalışmasında performans tabanlı bina tasarımının pratikteki mimarlık çalışmalarında uygulanabilirliğini artırmak ve katkı sağlamak için bir model oluşturmayı amaçlamıştır. Performans yaklaşımının binalarda uygulanmasıyla ortaya çıkan performans tabanlı bina tasarımı kavramı bina tasarım sürecinde

tasarımın ilk aşamalarında belirlenen performans hedefleri doğrultusunda tasarım yapmayı içermektedir. Tez kapsamında önerilen modelin gerekliliği, performans tabanlı tasarım kavramı üzerine birçok çalışma yapılmasına rağmen pratikteki mimarlık çalışmalarında uygulamasının eksik kalması üzerine oluşmuştur. Bu çalışma kapsamında üretilen model tasarımın herhangi bir evresinde tasarım sonuçlarının herhangi bir performans kriteri karşısında değerlendirilmesi için kullanılabilir. Tez çalışması kapsamında geliştirilen model Konya'da bir mimarlık ofisinin tasarımını yapacağı ticari fonksiyona sahip bir bina projesi üzerinde uygulanmıştır. Tasarımın belirli bir evresinde müşteri/müteahhit istekleri doğrultusunda ve yönetmelikler sınırlamasında üretilen tasarımın performans değerlendirmesi Ies VE 2014 yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Tasarım performans değerlendirmesi yapan bu bina performans simülasyon aracı kullanılarak; geliştirilen tasarımda seçilen mekanlara ait kabuğun termal korunumu performansı, ısı konfor düzeyi, güneş ışığı analizi, doğal aydınlatma düzeyi ve parıltı performans düzeyleri sorgulanmıştır. Bu sorgulamanın sonucunda tasarımın hedeflenen performans düzeyine ulaşması ve gelişerek değişmesi için yeni tasarım önerileri getirilmiştir.

Harputlugil (2009), Enerji Performansı Öncelikli Mimari Tasarım Sürecinin İlk Aşamasında Kullanılabilecek Tasarıma Destek Değerlendirme Modeli, Doktora tezinde, bina performans simülasyonlarının tasarım süreci içinde dolaylı yolla kullanılabilmesinde hassasiyet analizine dayalı yeni bir yöntem aranmaktadır. Tezin amacı, henüz tasarım sürecinin başındaki okul binası şemalarının belirlenen parametreler ve denenen değerlerine bağlı enerji performansı hassasiyetinin sorgulanmasıdır. İklimsel farklılıklara bağlı hassasiyetlerin belirlenebilmesi için analiz, Türkiye'nin dört derece gün bölgesi için ayrı olmak üzere gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada Esp-r enerji performans simülasyon programı kullanılmıştır. Analiz hem ısıtma enerjisi tüketimi hem de soğutma enerjisi tüketimi üzerinden irdelenmiştir. Tezin sonucunda okul tasarımları için ısı açıdan dirençli tasarımlara yönelik bir modül önerisi Modulsco

geliştirilmiştir. Bu modülü test edebilmek için bu modül ile elde edilen üç alternatif tasarım şeması Türkiye'nin dört iklim bölgesine uygulanmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Bu önerilen yöntem, iklime dayalı tasarım gerçekleştirmek isteyen tasarımcılar için tasarım kılavuzu hazırlanmasında genel çerçevesini oluşturduğu belirtilmiştir.

Solmaz (2015), ‘Bina enerji performansını geliştirmede optimum çözümleri belirlemeye yönelik simülasyon ve çok amaçlı optimizasyon tabanlı bir karar destek modeli’ doktora çalışmasında bina enerji performansını geliştirmeye yönelik karar verme sürecinde ortaya çıkan başlıca üç problem olduğunu tespit etmiştir.. Bunlardan ilki, bu çözümlerin belirlenmesinde karar vericiyi yönlendirecek sistematik yöntemlerin yaygın olarak kullanılmamasıdır. İkincisi, bina enerji performansını geliştirme sürecinde girdi-çıkı etkileşimine yönelik bilgi desteğine ihtiyaç duyulmasıdır. Üçüncüsü ise, karar vericinin çok amaçlı optimizasyon problemiyle karşı karşıya olması ve buna çözüm üretme gerekliliğidir. Çalışmada bu problemlere çözüm olarak, hassasiyet analizi ve simülasyon tabanlı çok amaçlı optimizasyon yöntemlerine dayanan bütünlük bir yaklaşımı kapsayan bir karar destek modeli önerilmiştir. Önerilen modelde, varyans tabanlı global hassasiyet analizi yönteminin uygulamasında Energy Plus bina performans simülasyon programı, Matlab, Simlab ve Microsoft Excel programları bir arada kullanılmıştır. Çok amaçlı optimizasyon yönteminin uygulamasında ise, GenOpt optimizasyon programı Energy Plus simülasyon programı ve Microsoft Excel programı ile entegre bir şekilde kullanılmıştır. Önerilen model uygulanabilirliğinin test edilmesi amacıyla mevcut bir okul binası üzerinde uygulanmıştır. Bu tez çalışmasının sonucunda önerilen karar destek modelinin: Binanın yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimleri ve Net Bugünkü Değer (NBD) kriterlerine göre optimum çözümlerin geliştirilmesinde; Binada odaklanılması gereken öncelikli uygulama alanlarının belirlenmesinde, potansiyel bir güce sahip olduğu saptanmıştır.

Bonab (2016), ‘Türkiye’deki konut binalarının enerji etkin iyileştirmesi için ekonomik olarak uygulanabilir çözümlerin belirlenmesinde yeni bir yaklaşım’ tezinde, mevcut binalarda enerji performanslarını iyileştirme önlemlerinin, bina sahipleri için büyük miktarda bir bütçe gerektirdiğini, EPBD-Recast kapsamında binalarda maliyet optimum enerji verimliliğine ulaşılabileceğini bir örnekle çalışmıştır. TÜBİTAK tarafından desteklenen bir araştırma projesi tarafından Türkiye için tanımlanan referans binalar kullanmıştır. Yöntem olarak; enerji verimliliği tedbirlerinin belirlenmesi, birincil enerji ihtiyacının hesaplanması, toplam maliyetlerin hesaplanması, analizlerde kullanılan verilere ilişkin duyarlılık analizlerinin yapılması, referans binalar için maliyet optimum enerji verimliliği seviyelerinin belirlenmesi araştırılmıştır. Çeşitli iyileştirme tedbirleri/tedbir paketleri belirlenme ve mevcut binaların modellerine entegre edilmiştir. Tanımlanan bu tedbirler ile iyileştirilmiş mevcut binaların enerji performansı seviyeleri hesaplanmıştır. Bu tedbirler gerekli bina tipolojisine, iklime, ve ulusal ekonomik koşullara uygunluğu, ortamın genel eğilimi değerlendirilerek belirlenmiştir. Yenilenebilir enerji kullanımı ile ilgili tedbirler de analizlere dahil edilmiştir. Tez çalışmasında örnek olarak alınan binaların yer aldığı zaman aralığında yapılan tüm konut binalarının sayısını göz önüne alındığında iyileştirme senaryoları ile 56569 GWh birincil enerji tasarrufu potansiyeli olduğu, bu önlemlerle yılda 13.992.985 Ton CO² salınımını azaltma potansiyeli, ülke için de yılda 2,913,000,000 TL’lik toplam maliyet tasarruf potansiyeli bulunduğu saptanmıştır.

Bayraktar (2015), ‘Binalarda Yapı Kabuğu, Mekanik Sistemler Ve Yenilenebilir Enerji Sistemleri Parametrelerinin Eş Zamanlı Enerji Optimizasyonu İçin Bir Yöntem’, doktora çalışması, bina yapı kabuğu, mekanik sistemleri ve binaya entegre yenilenebilir enerji sistemleri cihazlarının bütünleşik ve eş zamanlı ele alınarak değerlendirilmesi ve birbirine bağlı bu elementler arası ilişkinin dinamik olarak gözlenerek optimizasyonun yürütülmesini kapsamaktadır. Veri tabanı modülü ve veri tabanını optimizasyon ortamı ile ilişkilendiren alt modülü ile

mevcut malzeme ve cihazlara ait verileri kullanarak hesaplama yapabilmektedir. Karşılaşılan enerji verimliliğini artırıcı önlemler arasından herhangi bir bina için en uygun seçeneği ve kombinasyonlarını eşleştirme yapmakta, çok boyutlu bina tasarımı hedeflerini tek amaçlı fonksiyon olarak formüle edebilmektedir. Toplam global maliyetler en aza indirgenirken enerji verimi artırılmaktadır. Bu çalışma Parçacık Sürü Optimizasyonu yöntemine dayalı olduğu için geniş bir çözüm uzayını otomatik olarak çok daha az sayıda arama yaparak araştırabilmekte, geliştirilen yöntem bina enerji performansı ihtiyaçlarını mali ve çevresel hedefler ile ilişkilendirerek gerçek hayatta karşılaşılan tasarım güçlüklerini çözebilecek hızlı ve etkin bir optimizasyon yöntemi ortaya koyabildiği ifade edilmektedir.

Gügöl (2016), Ankara'da müstakil bir konutun nihai enerji tüketimini en aza indirebilmenin yollarının araştırılması ve tekno-ekonomik değerlendirilmesi, doktora tezinde Ankara'da bulunan müstakil bir konutta enerji talebinin azaltılmasının potansiyeli araştırılmıştır. Konutun ısıtma amaçlı saatlik enerji talep modeli ESP-r bina enerji simülasyon yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Ankara'da 2005'den sonra inşa edilen ve model konut ile aynı enerji sınıfında bulunan müstakil konutlara, pencere, dış duvar ve çatıda iyileştirme yapılması ile sıcak su temini için gerekli enerji talebinin güneş enerjisi ile sağlanması senaryoları uygulanmıştır. Bu analizler ile Ankara'da 12 milyon m³/yıl doğalgaz eşdeğeri enerji tasarrufunun elde edileceği sonucuna varılmıştır.



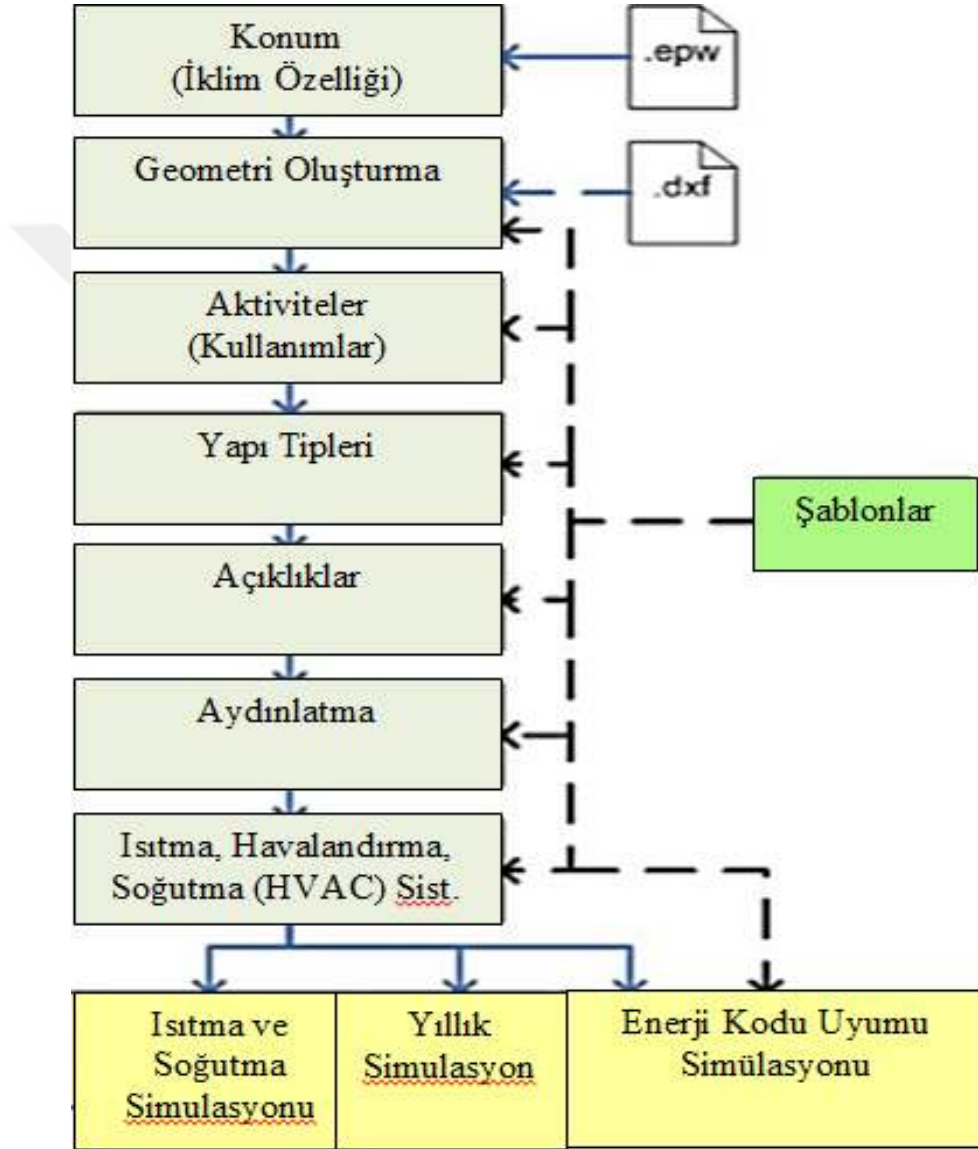
3. MATERYAL VE METOD

Küresel enerji verimliliğinin en etkili yöntemi bina performans simülasyon programlarıdır. Bu çalışmada da performans analizi yöntemi simülasyon araçlarıdır. Kuzey Adana’da tez çalışmasına konu proje alanı materyal olarak seçilmiştir. Önceki çalışmalarda hassasiyet analizi yöntemi, yapı bileşeni tasarım ve enerji etütleri, bina tasarımında ya da bina yaşam döngüsü sürecinde simülasyon karşılaştırmaları, eğitim yapısı/ konut/ otel gibi yapı türlerinde simülasyon örneklemeleri, enerji etkin tasarıma destek model önermeleri vb. yöntemlerle çalışmalar yapılmıştır.

Tez çalışması kapsamında Adana’da yeni tasarlanan iki konut binası, yönetmelikler çerçevesinde ilk olarak; Energy Plus arayüzünden ayrılmadan eksiksiz simülasyona olanak veren Design Builder yazılımında analiz edilmiştir. Bu program, Sketch-Up gibi tasarımcıya üç boyutlu modelleme imkânı sunan, mimari çalışmalarla, pek çok mühendislik verisini bir arada bulundurması, yüzlerce parametreyi değerlendirebilme şansına sahip, esnek geometri ve geniş materyal kütüphanesi olan enerji analiz aracıdır. Şekil 3.1 işleyiş şemasında olduğu gibi enerji hesabı yapılacak olan proje alanının konumuna göre iklimsel veriler seçilmiş, proje eskizlerine göre yapı kütle geometrisi modellenmiştir. Çevre yapıların da arsaya göre yapı kütleleri girilerek, gölgeleme analizi yapılmıştır. Isıl alanların kullanım bilgileri, yapı bileşen, malzeme ve mekanik donanımlar projenin ihtiyacına göre sistemde yer alan standartlar arasından seçilmiştir. İlk tasarım aşamasında değişken modeller ile performans değerlendirmeleri yapılmıştır. Geliştirilen tasarımda seçilen mekânlara ait kabuğun termal korunumu, performansı, ısıl konfor düzeyi, güneşliği analizi, doğal aydınlatma düzeyi enerji tüketimi ve tüketim maliyetleri hesap sonuçları elde edilmiştir.

Tasarım halindeki bina modellenirken, birçok simülasyon programı içinden proje özelliklerine uygun olan materyal seçilebilmektedir. Verileri dikkatle değerlendirilmesi gereken birçok girdiye sahip elektronik çizelgeler ve yılın hangi

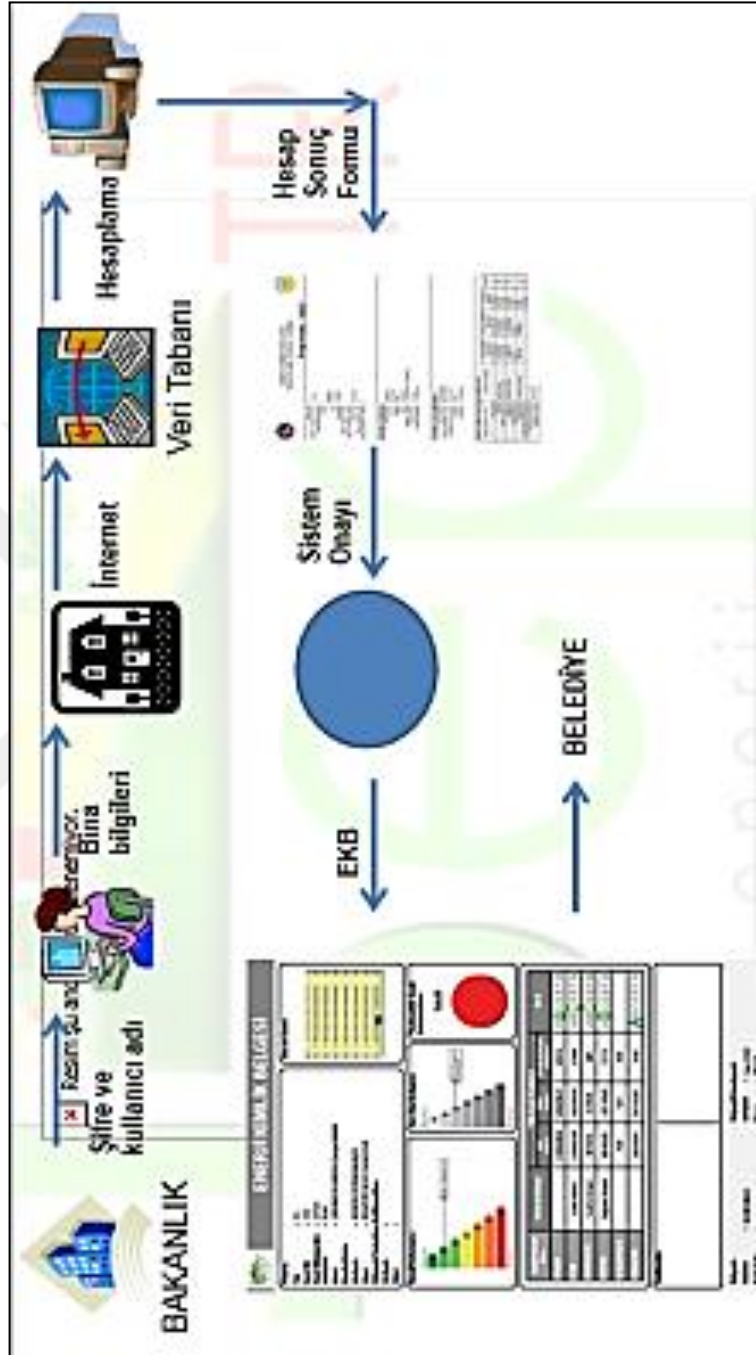
ayları, günün hangi saatleri gibi çok değişkenli sorgular veri analiz yöntemlerinde kullanılır. Basit bir enerji modellemesi ile de, birçok farklı değişkenle birlikte veri alternatifleri üretilebilmektedir.



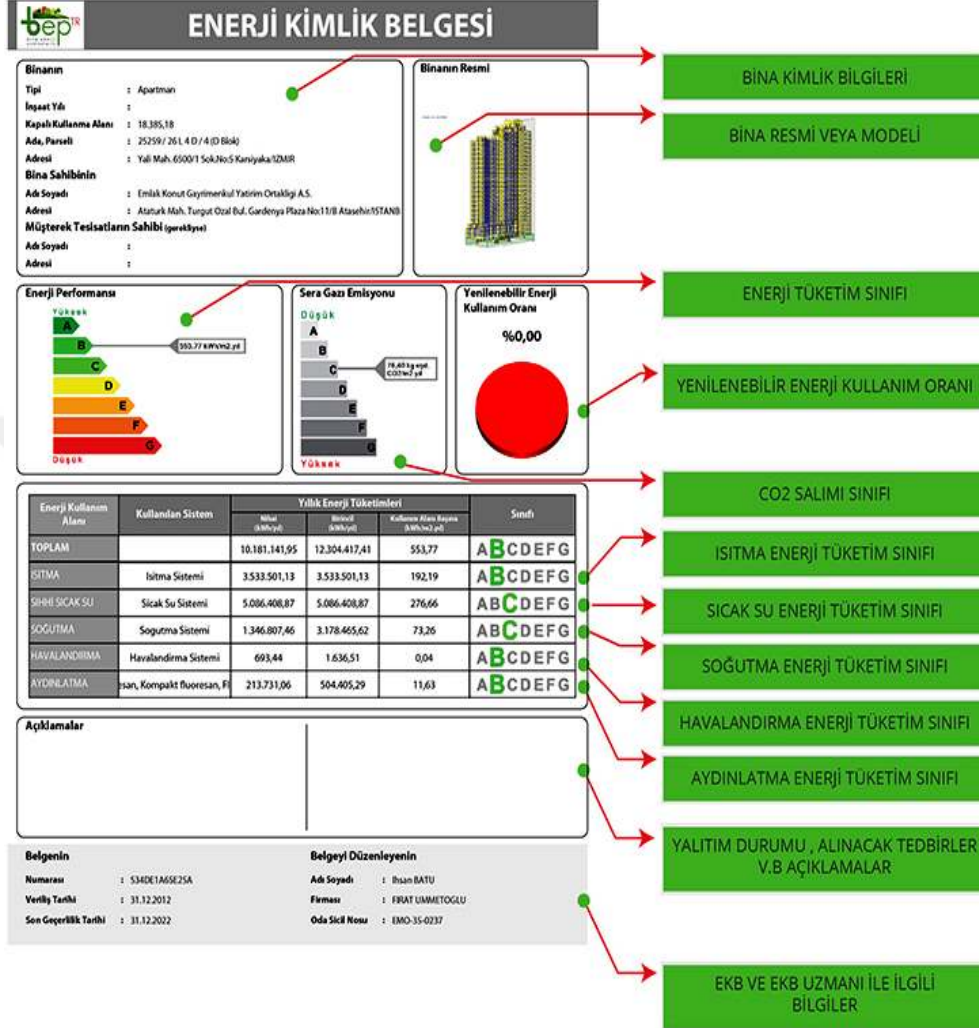
Şekil 3.1. Design builder işleyişi (<https://designbuilder.co.uk/>)

İkinci aşamada ulusal enerji performansı değerlendirme aracı Bep-TR ile, yeni projelendirilen konut binaları tasarımı geleneksel yöntemlerle oluşturulduktan sonra enerji sınıfı belirlenmiştir. İşleyiş şemasına göre, sadece Bakanlıkça yetkilendirilmiş Enerji Kimlik Belgesi Uzmanları şifreleriyle, internet ortamındaki veri tabanına bilgileri girerek, hesapları yapmakta, sistem onay verdikten sonra enerji sınıfının belirlendiği Enerji Kimlik Belgesi hazırlanmaktadır (*Şekil 3.2, 3.3*). Toplam enerji kullanım miktarı C sınıfı ve yukarısı aralığında olan belgeler Belediyelerden ruhsat alabilmektedir.

Simülasyon programlarında ön tasarım aşamasında yapının arazi üzerinde doğru konumlandırılması, çevre bina etkileri, cephe yönlenme, yapı kütle ve öğelerinin belirlenmesi, arazide, seçilecek malzeme ve donanımlarda yapılacak değişimler gibi analizlerin yapılmasına imkân sağlamaktadır. Bina geometrisi, iklimsel davranışları, bina makina sistemleri, iç yükleri, bina kullanım ve işletim stratejileri ve diğer simülasyon parametrelerinin simülasyonda hesaplanması sonucunda istenilen projeyi yönlendiren sonuçlar elde edilmektedir.



Şekil 3.2. Bep-Tr işleyişi (Bep.gov.tr, 2016)

Şekil 3.3. Enerji kimlik belgesi (<http://www.ekbdanismani.com>)



4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ

Uluslararası enerji verimliliği stratejik uygulamalarında, sürdürülebilir binalarla ilgili düzenlemeler, verimlilik ve yeni enerji kaynakları arayışı ile beraber yeni binalarda ve mevcut yapılarda ekonomik ve sürdürülebilir olma tedbirlerini önemli kılmıştır. Bu sebeple, **Enerji Yönetimi** ve **Bina Performans Simülasyonu** alanına çok büyük bütçeler ayrılmaktadır. Wilde (2017)' nin bildirdiğine göre, İngiltere' de EPSRC (Mühendislik ve Fiziksel Bilimler Araştırma Konseyi), bu alanda tek başına, akademik araştırma çalışmalarına yıllık 5 milyon sterlini aşan kaynak sağlamaktadır. Innovate UK ve Avrupa Araştırma Konseyi'nin yatırımlarıyla daha da artmaktadır. Avrupa Birliği'nde, enerji verimliliği oluşturmak için araştırma fonları yıllık € 5b civarındadır; ABD'de Enerji Bakanlığı (DOE), enerji verimliliği araştırmalarına yılda 100 milyon dolarlık düzenli yatırım yapmaktadır. Konuyla ilgili COBEE (Enerji ve Çevre Yapıları Uluslararası Konferansı), PLEA (Pasif ve Düşük Enerjili Mimarlık), CISBAT (Güneş Enerjisi ve Yapılı Çevrede Sürdürülebilirlik) veya SEB (Enerji ve Binaların Sürdürülebilirliği) gibi birçok konferans düzenlenmektedir. Daha ileri çalışmalar bir dizi hakemli dergilerde yayınlanmıştır; Enerji ve Binalar, Enerji Politikası, Bina Enerji Araştırmalarında Gelişmeler, Tesisler, Bina ve Çevre, Uygulamalı Enerji gibi ve çeşitli kitaplar yayınlanmıştır.

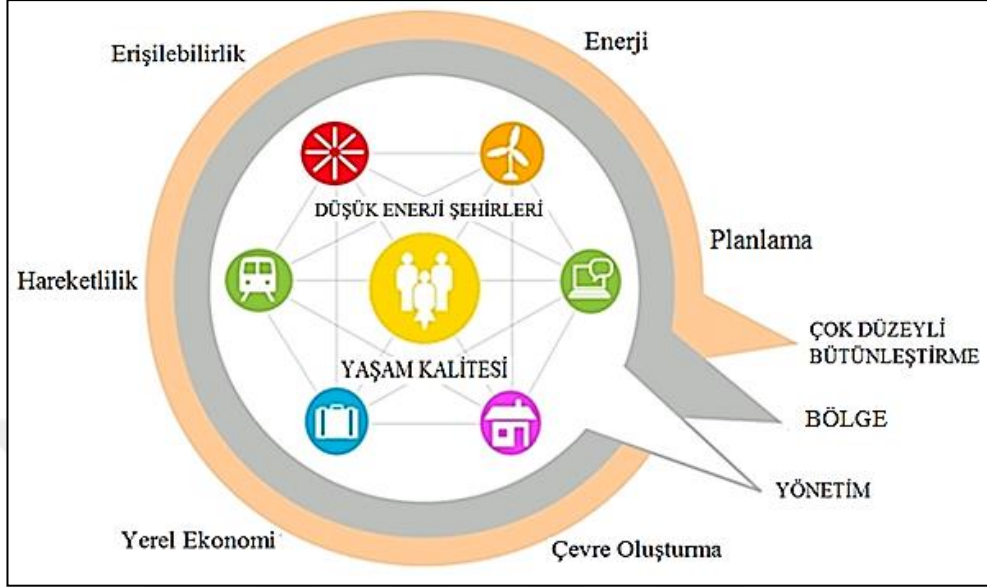
Küresel çözümler, doğal çevrenin sürdürülmesi konusunda tasarımcıları ve toplumu bilinçlendirmek ve bir dünya görüşü oluşturmak amacıyla yasal düzenlemelere alt yapı hazırlayacak, ortak çalışmalara dayanmaktadır. İşletmeler, Avrupa Federasyonları, STK'lar, Birlikler, Enerji Şirketleri, Hükümet Kuruluşları, Medya ve Akademisyenlerin dahil olduğu organizasyonlar yasal düzenlemeleri yönlendirmektedir. Bu alanda büyük enerji ve yazılım firmaları yoğun katılımlı, kayda değer yatırım ve pazar payı ayırmaktadırlar. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), Enerji Mühendisleri Birliği (AEE), Avrupa Yerel Yönetimler Birliği (Energy Cities), Amerika Isıtma Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği

4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

(ASHRAE), Uluslararası Bina Performans Simülasyonu Birliği (IBPSA) gibi çok uluslu kuruluşların kongre ve konferanslarında deneyim, fikir ve teknolojilerin paylaşılması, ortak politika, strateji ve hedefler oluşturulmakta, küresel yöntemler çalışılmaktadır.

Sürdürülebilir yapı ve çevreleri oluşturmak, enerji, çevre koruma ve kent politikası konularında ülkelerin çıkarlarını temsil etmek ve bu doğrultudaki politikaları ve önerileri etkilemek, rol ve becerilerini güçlendirmek amacıyla Avrupa Birliği kurumları tarafından, ‘Enerji Şehirleri’ Derneği kurulmuştur. Deneyimlerin değişimi, bilginin aktarılması ve ortak projelerin uygulanması yoluyla girişimlerin geliştirilmesi ve teşviki sağlanmaktadır. Buradaki katılımcılar, yerel paydaşlarını bölgelerinin kaynaklarını makul ve verimli kullanarak, finansman çözümlerini yeniden düşünerek, yeni uygun yönetim modelleri kurgulamaktadırlar. Kentsel planlamayı sürdürülebilir, düşük karbonlu bir gelecek için farklı düşünme ve uygulama fırsatı olarak öncelikli değerlendirmektedirler. Bölge yönetiminin işi birlikte yürüteceği paydaşlar ile çok düzeyli bütünsel bir arakesit kurgulayabildiğinde ve gerçekleştirebildiğinde herkes için yüksek kaliteli düşük enerjili çok yönlü şehirlerin oluşturulabileceği belirtilmektedirler (*Şekil 4.1*). 30 ülkeden 1000 yerel idarenin üyesi olduğu organizasyon, 2016’da İzmir’de gerçekleşmiştir. (Bu dönemde kuruluşa Türkiye’den sadece İzmir – Bornova Belediyesi -aktif olarak- ve Gaziantep Büyükşehir Belediyesi üyedir.)

2017’de Stuttgart’ta yapılan Enerji Şehirleri çalıştayında, deneyimlerden çıkarılan ortak sonuç, bölgesel enerji verimliliği sağlamada yerel aktörlerin güçlendirilmesi, bölgelerdeki kaynakların ve enerji akışlarının bilinmesi, finansman çözümlerin destekleyici şekilde yeniden düşünülmesi, enerji kullanımını azaltmanın bir yolu olarak kent planlaması dahil yerel enerji yönetim biçiminin oluşturulması, küresel yol haritası olarak sunulmuştur.



Şekil 4.1. Herkes için yüksek kaliteli düşük enerjili şehirler kavramı. (<http://www.energy-cities.eu/-Propositions>)

Binalardaki enerji performansının iyileştirilmesi ve enerji kullanımının azaltılması yerel yönetimlerin desteklenmesi, güçlendirilmesi ve onların yapacakları yasal düzenlemeler ile mümkün olabilecektir. Genel olarak uygulanabilir ve kabul görmüş düzenlemeler, İmar Mevzuatları ile birlikte değerlendirilebilecek altyapı, gelecek projeksiyonları için de veri niteliği taşıyacaktır. Çalıştaydan çıkan öneriler şöyledir;

Yerel Aktörlerin Güçlendirilmesi:

- Enerji tedarikinin yerel kontrolünün alınması,
- Tüm paydaşların yerel bir enerji ittifakı içinde birleştirilmesi,
- Kamu bütçelerine pozitif ve negatif enerji etkilerinin entegre edilmesinin sağlanması,
- Tüm politikaları şekillendirmek için uzun vadeli bir vizyon oluşturulması,

4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

- Yerel yakıt ihtiyacının ortadan kaldırılması,
- Belediye enerji yönetimini değiştirerek örnek oluşturulması,
- Enerji dönüşüm eylem planı hazırlanması,
- Başkalarının deneyiminden faydalanma hususunda bölgesel, ulusal ve Avrupa ağlarının bir parçası olunması.

Bölgelerdeki Kaynakların Ve Kullanım Akışlarının Bilinmesi:

- Yerel potansiyeli en iyi şekilde değerlendirmek ve insan faaliyetlerinin ekosistem üzerindeki etkisini azaltmak için bölgenin yapısı üzerinde bilgi sahibi olunması,
- Mevcut olanaklarla yetinerek yaşamak için yerel enerji potansiyelinin belirlenmesi,
- İhtiyacın mevcut kaynaklar ile uyumlu olması için yerel bir ısınma planı hazırlanması,
- Bölgesel bir biyo-atık eylem planı oluşturulması ve uygulanması,
- İlgili aktörler arasındaki sinerjiyi teşvik ederek enerji ve maddi akışlarından en iyi şekilde yararlanılması,
- Her zamankinden daha fazla satın almanın yerine, daha iyi kullanım sağlama ve halihazırda var olanların paylaşılması,
- Bölgelerin dayanıklılığını artırmak için bölge içinde bir ekonominin geliştirilmesinin teşvik edilmesi.

Finansman Çözümlerin Yeniden Düşünülmesi:

- Enerjiye harcanan paranın üçüncül faktörlere değil, bölgede kalmasının sağlanması,
- Yerel tasarrufların toplanması ve sürdürülebilir yerel enerji projelerine yatırım yapılması,

4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

- Yatırım kararlarından önce, gelecekteki enerji fiyatlarının yapılan ekonomik hesaplamalara dahil edilmesi,
- İnsan kapasitesinin Finansal mühendisliğe ayrılması,
- Enerji geçişine ayrılmış finansal yapıların kurulması,
- Yerel ekonomilerdeki dolaşımın hareketliliğini sağlayacak harcama kanallarının oluşturulması.

Yeni Bir Yerel Yönetim Biçiminin Oluşturulması:

- Kamu otoriteleri ve sivil toplum arasında arabirim kapasitelerinin oluşturulması,
- Dikey yapılanma-hiyerarşiyi önlemek için bölümler arası çapraz bağlantılar kurulması,
- Bunun çalıştığının kanıtlanması ve bir kartopu efekti yaratılması,
- Motivasyona sahip aktör ve vatandaşların fark edilmesinin sağlanması,
- Yeni uygulamaların denenmesi için yaygınlaştırılmalarını teşvik etmek amacıyla fırsatlar yaratılması,
- Sanatı ve kültürü enerji Enerji geçiş sürecinin bir parçası yapılması,
- Yerleşimlerde eş uygulama ile enerji geçişi için bir sıçramanın sağlanması.

Enerji Kullanımını Azaltmanın Bir Yolu Olarak Kent Planlaması:

- Planlama sistematığının bölgenin enerji potansiyelinin kullanımını yönlendirmesi,
- Tüm bina stokları için bir enerji güçlendirme planı hazırlanması,
- Yeni mahallelerin "% 100" yenilenebilir enerji ile planlanmış olması,
- Sürdürülebilir ulaşımaya yönelik modeller planlanması,
- Tren istasyonlarını bölgesel yapılanma merkezlerine dönüştürülmesi,

4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

- Yürümeyi ve bisiklet kullanmayı tercih ettirecek bir sokak kodunun tasarlanması,
- Mal teslim şemaları uygulanması,
- Yaşam kalitesini geliştirmek için ticari kentsel planlamanın farklı düşünülmesi sağlanmalıdır.

Bu stratejiler, üye yerel belediyelerin bu zamana kadar uyguladıkları bina standartları, sertifikalı malzeme seçimleri ile tasarımda enerji performans simülasyonları ve sürdürülebilir bina değerlendirme sistemleri neticesinde elde ettikleri deneyimlerinin paylaşımından derlenmiştir. Çizelge 4,1’de sürdürülebilir bina tasarımına ilişkin, bir kısım uluslararası araç ve yöntemlere ek olarak ulusal çalışmalarımız kırmızı renk olarak yan sütunda belirtilmiştir. Bu alanda yapılan yasal düzenlemeler halen asgari standartlar olarak tanımlanmamış, tasarımda nasıl kullanılacağı netleşmemiştir.

Sürdürülebilir yapılarda standartlaşma ekonomik boyutu dengelemektedir. Elde edilen bilgilerin konum, iklim, coğrafik ve topografik seçeneklerle belirli bir sistematikte, teknik ölçüt, yöntem, işlem ve uygulamaları tanımlayıp, değerlerini belirleyerek standartlaştırılmıştır. Yapı ürünlerine yönelik standartlardan, yapıyı bütünsel ele alan standartlara genel tanımlamalar yapılmıştır. Yerel yönetimlere yönelik karar verme yöntem ve değerlendirme biçimlerinin belirtildiği, ISO serisi, ASTM serisi, ASHRAE serisi, EPBD bina standartları ve direktifi Ek 1’ deki gibidir;

4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Çizelge 4.1. Sürdürülebilir bina tasarımına ilişkin kullanılan araçlar (Bulut Karaca, Ü., Çetintaş, K. F. , 2015)

ARAÇLAR	TANIM	ÖRNEK	ULUSAL (TR)
Bina Standartları	Sürdürülebilir yapı tasarımına ilişkin genel çerçeve, enerji ve kaynak tüketimine ilişkin performans değerlerini içeren standartlar.	ISO ASTM ASHRAE EPBD	TS 825 (+ Yönetmelik ve Kanunlar)
Ürün Sertifikalandırmaları	Yapı malzemelerinin üretim sürecinde çevresel etkilerini belirleyen sertifika sistemleri.	GreenSpec EPA	*ISO 14025 *EPD TR (Çevresel Ürün Beyanları)
Değerlendirme Sistemleri	Binaların yaşam dönemi sürecinde çeşitli kategorilere göre çevresel etkilerini değerlendiren, gönüllülük esasına dayalı değerlendirme sistemler.	LEED BREEAM CASBEE GREEN STAR DGNB HK-BEAM ULUSAL YEŞİL BİNA DEĞERLENDİRME SİSTEMİ	*ENERJİ KİMLİK BELGESİ *ÇEDBİK- Konut (Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği-Konut Sertifikası)
Tasarım Araçları	Bina ya da bina parçalarının tasarım aşamasında çeşitli açılardan çevresel performanslarını değerlendirmeye yarayan yazılımlar.	ATHENA SB TOOL BEES GABI ENERGY PLUS BEP-TR	*BEP-TR (Tasarım sonrası enerji sınıfı belirleme yazılımı)

4.1. Türkiye’deki Yasal Düzenlemeler

Türkiye’de enerji verimliliği genel görünümü Gül (2017)’ e göre, bina sektöründe nihai enerji tüketimi 2000 yılında 19,5 MTEP iken %66 artarak 2015 yılında 32,4 MTEP değerine ulaşmıştır. Yıllık ortalama %4,4 enerji talep artışı

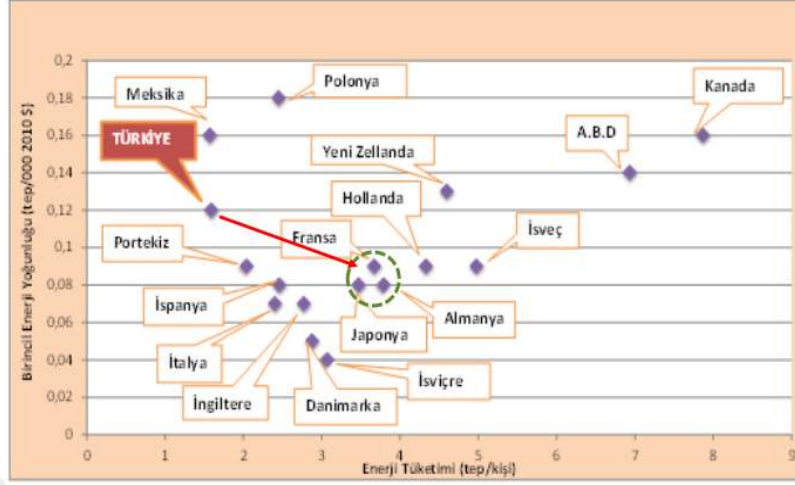
4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

gerçekleşen bina sektörünün nihai enerji tüketimindeki payı ise %32,8 değerine ulaşarak sanayi sektörünün de önüne geçmiştir. Türkiye, enerjide dışa bağımlılığın yüksek olduğu ülkeler arasında yer almaktadır. Birincil enerji verilerine göre ithal enerji kaynaklarının oranı 2015’de yüzde 75,9’a ulaşmış olup aynı yıl net enerji ithalatımız 37 Milyar dolar seviyesinde gerçekleşmiştir. Birincil enerji yoğunluğu bölgesel ve ülkeler bazında bir birim GSYİH yaratabilmek için ne kadar enerji gerektiğini ölçen bir enerji verimliliği göstergesidir. Buna göre; Türkiye’nin birincil enerji yoğunluğu 0,12 TEP/000 2010\$ olup, bu rakam dünya ortalaması olan 0,18 TEP/000 2010\$ değerden düşük olmakla beraber OECD (İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı) ortalaması olan 0,11 TEP/000 2010\$’den yüksektir (*Şekil 4.2*).

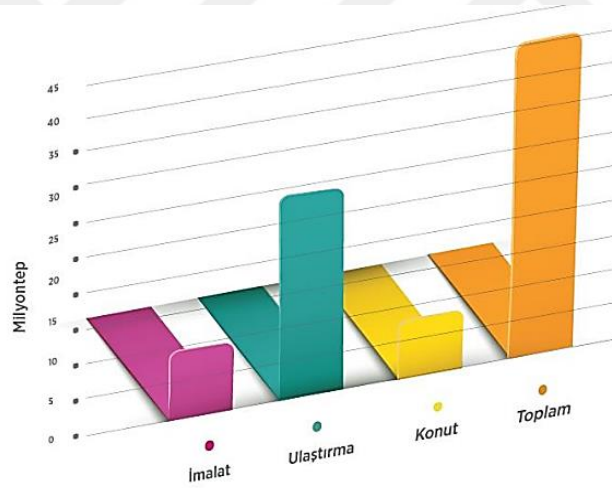
Karakaya (2017), ülkelerin gelişmiş olup olmadıklarını enerji bakımından iki olgu ile belirlemiştir; Birincisi kişi başına enerji tüketimi, ikincisi de enerji yoğunluğudur. Ülke ekonomisinin hareketli olması ve refah seviyesinin üst düzeyde olması kişi başına enerji tüketiminin göstergelerindendir. Enerji oranı aynıyken daha fazla üretim yapılabilmesi, enerji yoğunluğunun düşük olduğunu belirtir. Dolayısıyla, enerji yoğunluğu düşük ve enerji tüketimi yüksek olan ülkeler enerji anlamında gelişmiş olma koşullarını sağlamış olurlar (Yaşar, 2011). *Şekil 4.2’* de Japonya, Fransa ve Almanya bu refah halkası içindedir. Türkiye’nin gelişmiş ülkelere göre kişi başı enerji tüketimi daha düşük olmakla birlikte enerji yoğunluğu yüksektir. Bu da önemli miktarda enerji tasarrufu gerekliliğini göstermektedir. 2000-2015 Dönemi Kümülatif Enerji Tasarrufu çalışmalarında, 7,1 milyon TEP ile konut sektöründe en az enerji tasarrufu sağlanmıştır (*Şekil 4.3*).

Uluslararası Enerji Ajansı’nın, 43 üye ülkenin 2010 yılı için, bina sektörü nihai enerji tüketimi, yasal düzenleme ve teşvikler araştırmasında, Türkiye’nin konut ve konut dışı binaların toplamda 1,178 PJ tüketimi olduğu, konut binalarının 940 PJ, konut dışı binaların 238 PJ tüketimi ile konutların, yüksek oranda nihai enerji tükettiği görülmektedir. Yasal yaptırımlarla, bilinç ve tasarruf tedbiri olarak en az yasa üretildiği görülmektedir (*Şekil 4.4, 4.5*).

4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



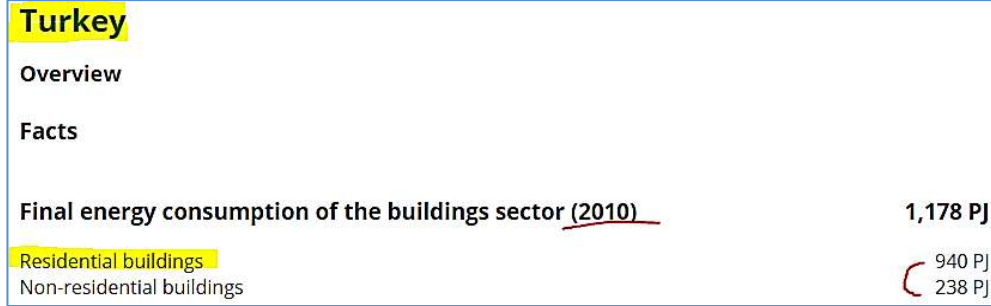
Şekil 4.2. Birincil enerji yoğunluğu (Uluslararası Enerji Ajansı 2017) (1 PJ = petajoule² = 1015 J = 2.38 × 10⁴ TEP).



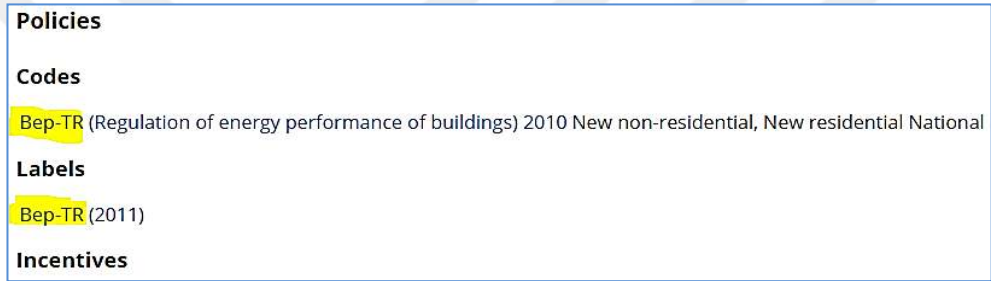
Şekil 4.3. 2000-2015 Dönemi kümülatif enerji tasarrufu
(https://yasanabilirsehirler.org/wpcontent/uploads/2017/10/KorkmazGul_LCS2017.pdf)

²²**Petajoule (PJ):** Bir katrilyon (1015) Joule'a eşittir. 210 PJ yaklaşık 50 megatona eşdeğerdir. Bu enerji şimdiye kadarki en büyük insan yapımı nükleer Tsar Bomba'nın patlaması sonucunda yayılan enerji miktarına eşittir.

4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



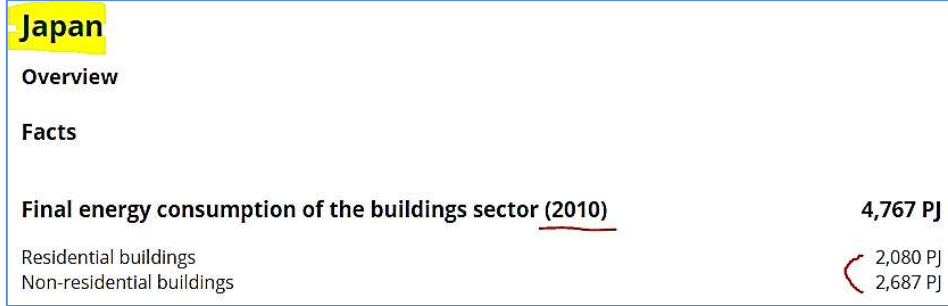
Şekil 4.4. Türkiye, bina sektörü nihai enerji tüketimi) Uluslararası Enerji Ajansı, 2010)



Şekil 4.5. Türkiye, bina enerji performansı yasal düzenleme ve teşvikleri. (Uluslararası Enerji Ajansı, 2010)

Sağ sütunda yer alan diğer üye ülkelerin enerji tüketimleri incelendiğinde, Japonya ve Amerika örneklerinde de olduğu gibi birçok yasa ve tedbirlerin alındığı, konut ve konut dışı tüketimlerinin yaklaşık oranlarda olduğu görülmektedir (Şekil 4.4 - 4.12). Türkiye’de konut binalarının büyük fark ile yoğun enerji tüketiminin azaltılması ve verimlilik sağlanmasında bilinçlenme ve uygulamanın hızlandırılması açısından bu tez araştırması ve diğer ilgili çalışmaların önemli katkısı olacağı düşünülmektedir.

4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 4.6. Japonya, bina enerji bina sektörü nihai enerji tüketimi (Uluslararası Enerji Ajansı, 2010)

Policies			Country
Codes			
Rational use of energy within buildings (2009)	New residential	Japan	Australia
Standards of Judgment for Construction of Specified Buildings (2010)	New non-residential	Japan	Austria
<u>Energy Efficiency Standard and Notification System</u>	New residential, New non-residential, Existing residential, Existing non-residential	Japan	Belgium
House Builders' Standard: Housing Top-Runner Program	New residential	Japan	Brazil
Building Energy Efficiency Act (2015)	Existing non-residential, Existing residential, New non-residential, New residential	National	Canada
			Chile
			China
			Czech Republic
			Denmark
			Finland
			France
			Germany
			Greece
			Hungary
			India
			Indonesia
			Ireland
			Italy
			Japan
			Korea
			Luxembourg
			Malaysia
			Mexico
			Netherlands
Labels			
Passive House (1990)			
Zero Energy Buildings (ZEB)			
Energy Efficiency Performance of Buildings Label			
Compliance with Energy Efficiency Standards Label			
Incentives			
Energy Conservation Facilities			
Green investment tax cut			
Subsidy for promotion program of high efficiency energy system to residential an			
Support for Energy Oriented Houses			
Voluntary Energy Efficiency Standard with Incentive			
Promotion of Zero Energy Building (ZEB) and Zero Energy Houses (ZEH)			
Zero Energy Buildings			

Şekil 4.7. Japonya, bina enerji performansı yasal düzenleme ve teşvikleri. (Uluslararası Enerji Ajansı, 2010)

4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 4.8. ABD, bina enerji bina sektörü nihai enerji tüketimi (Uluslararası Enerji Ajansı, 2010)

Final energy consumption of the buildings sector			New Zealand	
Policies			Norway	
Codes			Pakistan	
ASHRAE 90.1-2013 - Commercial	New non-residential		Poland	
International Energy Conservation Code (IECC 2012) - Commercial	New non-residential		Portugal	
International Energy Conservation Code (IECC 2012) - Residential	New residential		Russia	
ASHRAE 90.1-2010 - Commercial	New non-residential		Singapore	
International Energy Conservation Code (IECC 2009) - Commercial	New non-residential		Slovak Republic	
International Energy Conservation Code (IECC 2009) - Residential	New residential		South Africa	
ASHRAE 90.1-2007 - Commercial			Spain	
International Energy Conservation Code (IECC 2006) - Commercial	New non-residential		Sweden	
International Energy Conservation Code (IECC 2006) - Residential	New residential		Switzerland	
ASHRAE 90.1-2004 - Commercial	New non-residential		Thailand	
ASHRAE 90.1-1989 - Commercial	New non-residential		Tunisia	
ASHRAE 90-1975 - Commercial	New non-residential		Turkey	
Alabama 2016 Residential Energy Code (2015 IECC with Amendments)	New residential	Alabama	Ukraine	
(IECC 2009) State Building Code (Alabama)		Alabama	United Kingdom	
Alaska - Building Energy Efficiency Standard (IECC 2009 plus Amendments)	New residential	Alaska	United States	
(IECC 2003) Building Energy Efficiency Code (Arkansas)	New residential	Arkansas	Codes	
(IECC 2009) Energy Code for New Building Construction (Arkansas)		Arkansas	Labels	
Building Energy Efficiency Standards (California 2013)		California	Viet Nam	
(IECC 2009) State Building Code (Colorado)	New residential	Colorado		
(IECC 2009) State Building Code (Connecticut)	New residential	Connecticut		
(IECC 2009) State Building Code (Delaware)	New residential	Delaware		
State Building Energy Conservation Code (Florida 2010)		Florida		
(IECC 2009) State Building Code (Georgia)	New residential	Georgia		
(IEBC 2006) State Building Code (Hawaii)	Existing non-residential	Hawaii		
(IECC 2006) Residential (Hawaii)	Existing residential	Hawaii		
(IECC 2006) State Building Code (Hawaii)	New residential	Hawaii		
(IECC 2006) State Building Code (Hawaii)	New non-residential	Hawaii		

Şekil 4.9. ABD, bina enerji performansı yasal düzenleme ve teşvikleri (Uluslararası Enerji Ajansı, 2010)

4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Final energy consumption of the buildings sector			New Zealand	
Policies			Norway	
Codes			Pakistan	
ASHRAE 90.1-2013 - Commercial	New non-residential		Poland	
International Energy Conservation Code (IECC 2012) - Commercial	New non-residential		Portugal	
International Energy Conservation Code (IECC 2012) - Residential	New residential		Russia	
ASHRAE 90.1-2010 - Commercial	New non-residential		Singapore	
International Energy Conservation Code (IECC 2009) - Commercial	New non-residential		Slovak Republic	
International Energy Conservation Code (IECC 2009) - Residential	New residential		South Africa	
ASHRAE 90.1-2007 - Commercial			Spain	
International Energy Conservation Code (IECC 2006) - Commercial	New non-residential		Sweden	
International Energy Conservation Code (IECC 2006) - Residential	New residential		Switzerland	
ASHRAE 90.1-2004 - Commercial	New non-residential		Thailand	
ASHRAE 90.1-1989 - Commercial	New non-residential		Tunisia	
ASHRAE 90-1975 - Commercial	New non-residential		Turkey	
Alabama 2016 Residential Energy Code (2015 IECC with Amendments)	New residential	Alabama	Ukraine	
(IECC 2009) State Building Code (Alabama)		Alabama	United Kingdom	
Alaska - Building Energy Efficiency Standard (IECC 2009 plus Amendments)	New residential	Alaska	United States	
(IECC 2003) Building Energy Efficiency Code (Arkansas)	New residential	Arkansas	Codes	
(IECC 2009) Energy Code for New Building Construction (Arkansas)		Arkansas	Labels	
Building Energy Efficiency Standards (California 2013)		California	Viet Nam	
(IECC 2009) State Building Code (Colorado)	New residential	Colorado		
(IECC 2009) State Building Code (Connecticut)	New residential	Connecticut		
(IECC 2009) State Building Code (Delaware)	New residential	Delaware		
State Building Energy Conservation Code (Florida 2010)		Florida		
(IECC 2009) State Building Code (Georgia)	New residential	Georgia		
(IEBC 2006) State Building Code (Hawaii)	Existing non-residential	Hawaii		
(IECC 2006) Residential (Hawaii)	Existing residential	Hawaii		
(IECC 2006) State Building Code (Hawaii)	New residential	Hawaii		
(IECC 2006) State Building Code (Hawaii)	New non-residential	Hawaii		

Şekil 4.10. ABD, bina enerji performansı yasal düzenleme ve teşvikleri (Uluslararası Enerji Ajansı, 2010)

4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

(IECC 2006) Residential (Hawaii)	Existing residential	Hawaii	 New Zealand
(IECC 2006) State Building Code (Hawaii)	New residential	Hawaii	 Norway
(IECC 2006) State Building Code (Hawaii)	New non-residential	Hawaii	 Pakistan
(IECC 2009) State Building Code (Idaho)	New residential	Idaho	 Poland
(IECC 2009) State Building Code (Illinois)	New residential	Illinois	 Portugal
(IECC 2009) Residential Building Code (Indiana)	New residential	Indiana	 Russia
(IECC 2009) Residential Code (Indiana)	Existing residential	Indiana	 Singapore
(IECC 2009) State Building Code (Iowa)	New residential	Iowa	 Slovak Republic
(IEBC 2006) State Building Code (Kansas)	Existing non-residential	Kansas	 South Africa
(IECC 2006) State Building Code (Kansas)	New non-residential	Kansas	 Spain
(IECC 2009) Building Code (Kentucky)	New non-residential	Kentucky	 Sweden
(IECC 2009) Residential Code (Kentucky)	New residential	Kentucky	 Switzerland
(IECC 2006) State Building Code (Louisiana)	New residential	Louisiana	 Thailand
(2012 IECC) county and municipal codes (Maryland)	New residential	Maryland	 Tunisia
(IECC 2009) State Building Code (Massachusetts)	New residential	Massachusetts	 Turkey
ASHRAE 90.1-2007 with State Amendments (Michigan)	New residential	Michigan	 Ukraine
(IECC 2009) Uniform Energy Code (Michigan)	Existing residential	Michigan	 United Kingdom
(IECC 2009) Uniform Energy Code (Michigan)	Existing non-residential	Minnesota	 United States
ASHRAE 90.1-2004 Commercial Energy Code (Minnesota)	New residential	Minnesota	Codes
(IRC 2006) Residential Energy Code (Minnesota)	New residential	Mississippi	Labels
ASHRAE 90-1975 (Mississippi)	New residential	Montana	
(IECC 2009) State Building Code (Montana)	New residential	Nebraska	
(IECC 2009) State Building Code (Nebraska)	Existing non-residential	Nevada	
(IEBC 2006) State Building Code (Nevada)	New residential	Nevada	
(IECC 2006) State Building Code (Nevada)	New non-residential	New Jersey	
ASHRAE 90.1-2007 (New Jersey)	New residential	New Jersey	
(IECC 2009) State Building Code (New Jersey)	New residential	New Mexico	
(IECC 2009) State Building Code (New Mexico)	New residential	New York	
(IECC 2009) State Building Code (New York)	New residential	Ohio	
(IECC 2006) State Building Code (Ohio)	New non-residential	Ohio	 Viet Nam
(IECC 2009) State Building Code (Ohio)			

Şekil 4.11. ABD, bina enerji performansı yasal düzenleme ve teşvikleri (Uluslararası Enerji Ajansı, 2010)

4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

(IECC 2009) State Building Code (Oklahoma)	New non-residential	Oklahoma
Energy Efficiency Specialty Code (Oregon)	New residential	Oregon
(IECC 2009) State Building Code (Pennsylvania)	New non-residential	Pennsylvania
(IECC 2009) State Building Code & Alternative Residential Energy (Pennsylvania)	New residential	Pennsylvania
(IECC 2009) State Building Code (Rhode Island)	New residential	Rhode Island
Labels		
bEQ Building Energy Quotient		
Energy Performance Scheme (AL, MA, VA, WA)		
Home Performance with ENERGY STAR (available in 33 states)		
ENERGY STAR for New Homes		
Home Energy Rating System (HERS) California		
Home Energy Score		
LEED: Existing Buildings operations and maintenance		
LEED for Homes		
LEED for new constructions and major renovations		

Şekil 4.12. ABD, bina enerji performansı yasal düzenleme ve teşvikleri (Uluslararası Enerji Ajansı, 2010)

Tüketim açısından konut binaları, yüksek değerlere sahipken, 2000-2015 yılları arasında yapılan değerlendirmeye göre de enerji tasarrufu en düşük alan olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.3). Bina sektörü nihai enerji tüketimi, %66 artarak 2015'te 32,4 MTEP (Milyon ton eşdeğeri petrol)'e, TUIK Ocak 2015- Eylül 2017 arası verilen yapı ruhsatı verilerine göre de yükselerek artış devam etmiştir (Çizelge 4.2, 4.3). 2017 yılının ilk 9 aylık döneminde, daire sayısına göre yapı ruhsatı sayısı 1,1 milyonu geçmiştir. Ruhsat sonrasında tamamlanarak yapı izni alınan daire sayısı ise, 568 bin Yapı ruhsatı sayısının, yapı izin belgesi sayısının neredeyse iki katı olması, konut stoklarının arttığını göstermektedir (Şekil 4.13). Bu durum halen kullanılmakta olan Bep-TR'nin, konut enerji tasarrufu için kapsam ve yöntem olarak yeterli ve verimli olmadığı ortaya koymaktadır.

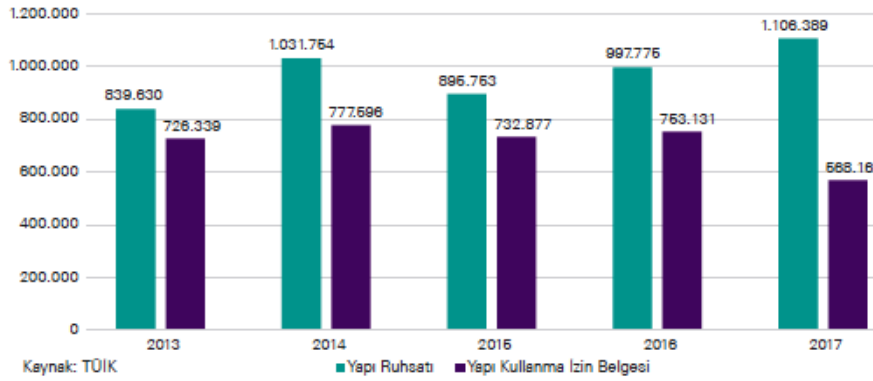
4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Çizelge 4.2. Yapı Ruhsatı İstatistikleri Ocak –Eylül 2015-2017 (TÜİK Haber Bülteni, Sayı: 24723, 21 Kasım 2017)

Göstergeler	Yıl			Bir önceki yılın ilk dokuz ayına göre değişim oranı (%)	
	2017	2016 ⁽¹⁾	2015 ⁽¹⁾	2017	2016
Bina sayısı	125 846	95 333	89 741	32,0	6,2
Yüzölçümü (m ²)	222 439 778	146 147 620	135 856 631	52,2	7,6
Değer (TL)	237 891 417 246	130 291 623 715	114 924 708 078	82,6	13,4
Daire sayısı	1 106 389	704 796	643 573	57,0	9,5

Çizelge 4.3. Yapı İzin İstatistikleri Ocak –Eylül 2015-2017 (TÜİK Haber Bülteni, Sayı: 24723, 21 Kasım 2017)

Göstergeler	Yıl			Bir önceki yılın ilk dokuz ayına göre değişim oranı (%)	
	2017	2016 ⁽¹⁾	2015 ⁽¹⁾	2017	2016
Bina sayısı	82 068	76 709	78 477	7,0	-2,3
Yüzölçümü (m ²)	112 517 121	101 817 396	101 327 528	10,5	0,5
Değer (TL)	118 914 810 879	90 566 415 481	84 498 822 323	31,3	7,2
Daire sayısı	568 162	509 059	522 538	11,6	-2,6



Şekil 4.13. Alınan konut yapı ruhsatları ve izinleri (daire sayısına göre) (<https://home.kpmg.com/tr/tr/home/insights/2018/01/sektorel-bakis-2018saat.html>)

4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Ülkemizdeki enerji verimliliği ile ilgili düzenlemeler, uluslararası standartlar, enerji verimliliği, enerji korunumu çalışmaları, tarihsel sırayla, yetkili kuruluşlar ve uygulanması ile ilgili bilgiler *Çizelge 4.4'* te sıralanmıştır. Kırmızı ile belirtilenler aynı dönemlerde yapılmış uluslararası düzenlemeleri göstermektedir. Türkiye’de ilk olarak 1970’te Türk Standartları Enstitüsü’nün hazırladığı TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları ile başlamıştır. Enerjiyle ilgili en önemli adım, 2007 yılında yürürlüğe giren 5627 sayılı **Enerji Verimliliği Kanunu** iledir. Burada Türk Standartları Enstitüsü ve Genel Müdürlük ile müşterek hazırlanarak Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından yürürlüğe konulacak, toplam inşaat alanı yönetmelikte belirlenen mesken amaçlı kullanılan binalarda, ticarî binalarda ve hizmet binalarında uygulanmak üzere mimarî tasarım, ısıtma, soğutma, ısı yalıtımı, sıcak su, elektrik tesisatı ve aydınlatma konularındaki normları, standartları, asgarî performans kriterlerini, bilgi toplama ve kontrol prosedürlerini kapsayan **binalarda enerji performansına** ilişkin usul ve esaslara göre hazırlanan yapı projeleri kapsamında **enerji kimlik belgesi düzenlenmesinden** (EKB) bahseder.

Enerji kimlik belgesinde binanın enerji ihtiyacı, yalıtım özellikleri, ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi ve binanın enerji tüketim sınıflandırması ile ilgili bilgiler yer alır. 2008/27075 sayılı “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği’ne bağlı olarak çıkarılan EKB düzenleme zorunluluğu ise Ocak 2011 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’na eğitilen sertifikalı EKB uzmanları binaların ısı verimini (termal performans) A ve G harfleri arasında değerlendirerek EKB düzenlemektedir.

4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Çizelge 4.4. Enerji verimliliği ile ilgili Ulusal düzenlemeler, kırmızı ile belirtilenler aynı zamanlarda yapılmış uluslararası düzenlemeleri göstermektedir.

TARİH	YETKİLİ KURULUŞ	STANDART ve YASAL DÜZENLEMELER	AÇIKLAMA
1898	ABD	ASTM Amerikan Test Etme ve Ürünler Topluluğu	2001’de ‘ASTM International’ olmuştur. En köklü standart oluşturma topluluğudur.
20.yy başları	Dünyada yalıtımla ilgili çalışmalar başlamıştır.		
İlk olarak 1970	Türk Standartları Enstitüsü	TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları	Zorunluluk getirilmemiştir.
1973	Petrol krizi önemli bir dönüm noktası oluşturmuştur.		
1977	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	Isıtma ve Buhar Tesislerinin Yakıt Tüketiminde Ekonomi Sağlanması ve Hava Kirliliğinin Azaltılması Yönetmeliği	Bu konuda önemli bir adım atılmıştır.
30.10.1981 (16.01.1985)	Bayındırlık ve İskân Bakanlığı	Isı Yalıtım Yönetmeliği	Yürürlüğe konmuştur. Üzerinde çeşitli değişiklikler yapılmıştır.
1990, (1997, 1998, 2000)	ISO Uluslararası Standartlaştırma Organizasyonu	ISO 14000 Çevre Yönetim Standartları	Bir dizi standart içermektedir.

4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Çizelge 4.4. Devamı

1994	Birleşmiş Milletler	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesi	Yürürlüğe girmiştir.
1995	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları	Revize çalışmalarına başlanmış
1997	Üye ülkeler	Kyoto Protokolü	Hedefler konarak imzalanmıştır.
29.04.1998	TS Teknik Kurulu	TS 825	Onaylanarak yürürlüğe girmiştir
14.06.1999	Türk Standardları Enstitüsü	TS 825	23725 sayılı resmi gazetede yayınlanmıştır.
14.06.2000	Türk Standardları Enstitüsü	TS 825	Zorunlu standart olarak, yeni yapılacak binalarda uygulanmaya başlamıştır.
2002	Avrupa Parlamentosu ve Konseyi	EPBD Binalarda Enerji Performansı Direktifi	Yürürlüğe girmiştir.
04.01.2003 (04.01.2006)	AB Ülkeleri	Binaların Enerji Performansı yönetmeliği	Yürürlüğe girmiştir. Üye ülkelerde zorunlu olarak uygulanmaya başlanmıştır.
2004	ABD	ASHRAE 90.1 Enerji Performans Standartı	2013'te son revizyonu yapılarak kullanılmaktadır.

4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Çizelge 4.4. Devamı

2004	ABD	ASHRAE 55 Termal Konfor Standartı	Yürürlüğe girmiştir.
2006,2007, (2008,2010)	ISO Uluslararası Standartlaştırma Organizasyonu	ISO 15392 Bina Yapımında Sürdürülebilirlik Standartı	Bu seri 4 standart içermektedir.
2007	ABD	ASHRAE 62,1-2007 İç Hava Kalitesi Standartı	Yürürlüğe girmiştir.
02.05.2007	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	ENERJİ VERİMLİLİĞİ KANUNU	26510 sayılı resmi gazetede yayınlanmıştır.
09.10.2008	Bayındırlık ve İskân Bakanlığı	BİNALARDA ISI YALITIMI YÖNETMELİĞİ	27019 sayılı resmi gazetede yayınlanmıştır.
05.12. 2008	Bayındırlık ve İskân Bakanlığı	BİNALARDA ENERJİ PERFORMANSI YÖNETMELİĞİ	27075 sayılı resmi gazetede yayınlanmıştır.

4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Çizelge 4.4. Devamı

2009	USGBC, IES	ASHRAE 189.1 Yeşil Bina Standartı	Yürürlüğe girmiştir.
07.10.2010	Sanayi ve Ticaret Bakanlığı	Enerji İle İlgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik	27722 sayılı resmi gazetede yayınlanmıştır.
01.01.2011	Enerji kimlik belgesi yeni binalar için zorunlu iken, eski binalar için de 2017 yılına kadar geçiş süreci tanınmıştır. (2020'ye uzatılmıştır.)		
20.04.2011	Bayındırlık ve İskân Bakanlığı	Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği	27911 değişiklik yapılmıştır.
27.10.2011	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	Enerji Kaynaklarının Ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik	28097 sayılı resmi gazetede yayınlanmıştır.
25.02.2012	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	Enerji Verimliliği Strateji Belgesi	28215 sayılı resmi gazetede yayınlanmıştır.

4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Çizelge 4.4. Devamı

08.12.2014	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	Sürdürülebilir Yeşil Binalar İle Sürdürülebilir Yerleşmelerin Belgelendirilmesine Dair Yönetmelik	29199 sayılı resmi gazetede yayınlanmıştır.
28.04.2017	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik	30051 sayılı resmi gazetede yayınlanmıştır.
31.05.2017	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik	30082 sayılı resmi gazetede yayınlanmıştır.
23.12.2017	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	Binalar İle Yerleşmeler İçin Yeşil Sertifika Yönetmeliği	30279 sayılı resmi gazetede yayınlanmıştır.

Bep-TR yazılımı ile binanın ısı verimi tespit edilip, bu binanın iklimlendirme düzeneklerinin harcadığı enerji sonucu ortaya çıkan karbon salınımı değerine göre sınıflamalar yapılmaktadır. Bep-TR yazılımı ile binanın yıllık ısıtma, soğutma, havalandırma, sıcak su ve aydınlatma için tüketilen enerji miktarı kW/m^2 cinsinden hesaplanmaktadır. Bulunan bu tüketim değerlerine göre binanın karbondioksit salınımı $\text{kg.eşd.CO}_2/\text{m}^2$ cinsinden belirlenmektedir.

4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Enerji kimlik belgesindeki A dan G'ye kadar olan enerji sınıfı; iklim, yönlenme, dış kabuk ve malzemeler dikkate alınarak binanın ısı verimine göre hesaplanmaktadır. Bunun için Çizelge 4.5 ve 4.6' da görünen bina tipleri ve Türkiye'deki ısı bölgelerine göre harcanması gereken enerji miktarları kW/m²-yıl olarak değerleri ve binanın iklimlendirme düzeneklerinin harcadığı enerji sonucu ortaya çıkan karbon salınımı, nihai enerji Kg.eşd.CO²/m²-yıl cinsinden yasanın eklerinde verilmiştir. Projelendirilen gerçek bina ile referans binanın ısı verim sonuçları karşılaştırılmaktadır. Referans bina; gerçek bina ile aynı iklim ve konumda bina kabuğu, mekanik sistemler açısından aynı olan, verimli bina tipidir. Gerçek binanın ısı verimi, referans binanın ısı verimine oranlanmakta, elde edilen bu orana göre binanın enerji sınıfı belirlenerek enerji kimlik belgesi düzenlenmektedir.

Çizelge 4.5. Birincil Enerjiye göre referans göstergesi (RG) (kW/m²-yıl)

<i>BİNA TİPLERİ</i>	<i>KULANIM AMAÇLARI</i>	<i>1.ısıtma bölgesi(RG)</i>	<i>2.ısıtma bölgesi(RG)</i>	<i>3.ısıtma bölgesi(RG)</i>	<i>4.ısıtma bölgesi(RG)</i>
<i>Konutlar</i> :	Tek ve ikiz aile evleri	165	240	285	420
	Apartman blokları	180	255	300	435
<i>Hizmet Binaları</i> :	Ofis ve Büro Binaları	240	300	360	495
	Eğitim Binaları (Okullar, Yurtlar, Spor Tesisleri vb.)	180	255	300	450
	Sağlık Binaları (Hastaneler, huzurevleri, yetiştirme yurtları, sağlık ocakları vb.)	600			
<i>Ticari Binalar</i> :	Otel, Motel, Restoran vb.	540			
	Alışveriş Ve Ticaret Merkezleri	750			

4. KÜRESEL ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİLERİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Çizelge 4.6. Nihai enerji cinsinden sera gazı referans göstergesi (SRG) (kg eşd.CO²/m².yıl)

BİNA TİPLERİ	KULANIM AMAÇLARI	1.ısıtma bölgesi(SRG)	2.ısıtma bölgesi(SRG)	3.ısıtma bölgesi(SRG)	4.ısıtma bölgesi(SRG)
<u>Konutlar</u> :	Tek ve ikiz aile evleri	28	40	47	70
	Apartman blokları	30	43	50	73
<u>Hizmet Binaları</u> :	Ofis ve Büro Binaları	40	50	60	80
	Eğitim Binaları (Okullar, Yurtlar, Spor Tesisleri vb.)	30	45	50	75
	Sağlık Binaları (Hastaneler, huzurevleri, yetiştirme yurtları, sağlık ocakları vb.)	120			
<u>Ticari Binalar</u> :	Otel, Motel, Restoran vb.	100			
	Alışveriş Ve Ticaret Merkezleri	150			

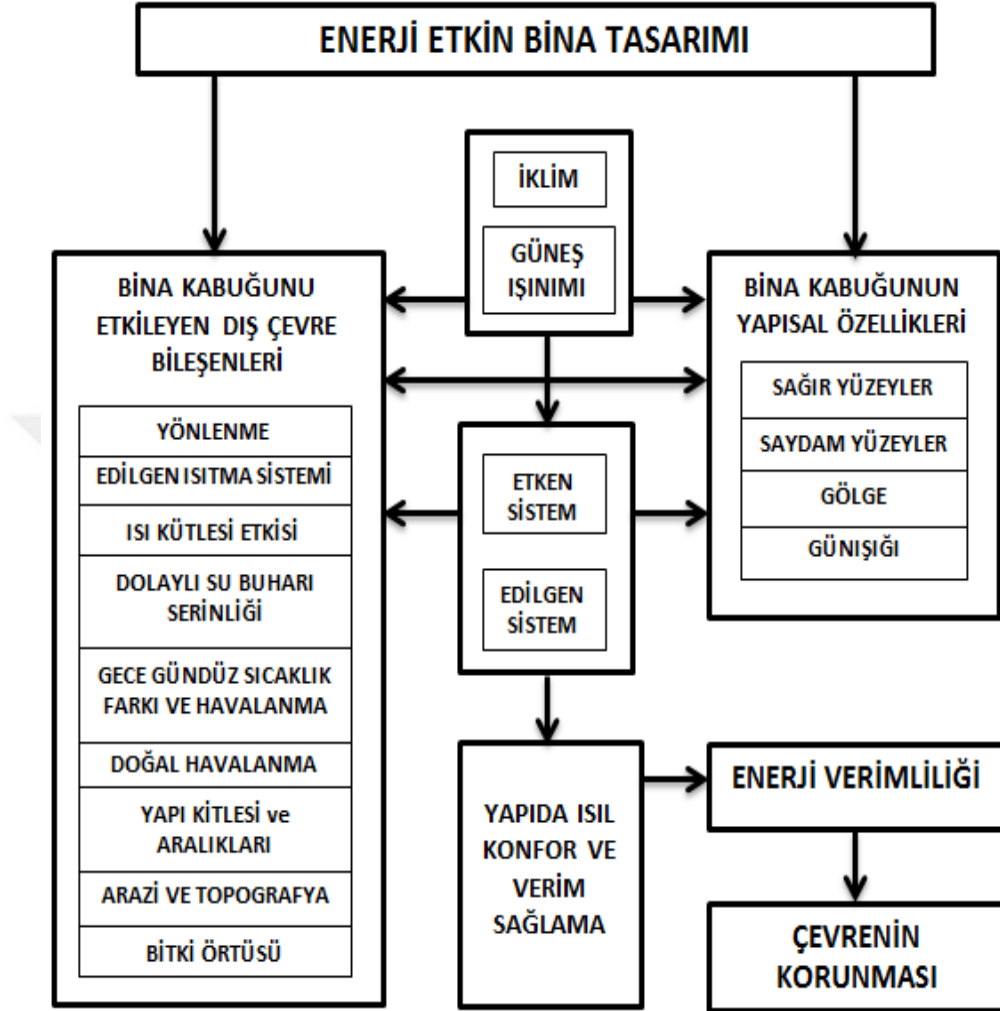
5. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMINDA İKLİMSEL KONFOR

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

5. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMINDA İKLİMSEL KONFOR

Enerji etkin bina tasarımını Yüceer (2015), binadaki yapı bileşenlerinin “edilgen sistemler” olarak iklimlendirmenin çözümünde kullanılması, yapı bileşenlerindeki ısı geçişleri, malzeme, iklim ve enerji temini gibi birçok konu ve bunlarla ilgili standartların bir arada değerlendirilmesi olarak tanımlamıştır (*Şekil 5.1*). İç mekân ısı konforunun ve enerji verimliliğinin, güneşin mevsimsel hareketine göre hesaplanan çok sayıda veri girdisinin ve denklemlerin birbiriyle denenmesi gerekmektedir. Harputlugil (2011)’e göre de; Enerji etkin, yüksek performanslı binaya ulaşmak için, tasarıma teknoloji dâhil edilmelidir. Tasarımın tüm aşamalarında birçok paydaşın (belediye, finansman sağlayıcıları, mimarlar, mühendisler, müteahhit, son kullanıcılar) sürece etkin katılımının ve projeye göre seçilecek bir yöntemle çalışılması sağlanmalıdır. Süreç içerisinde simülasyon programlarının dolaylı kullanımı ise bu programlar desteğiyle nicelleştirilen verilere dayalı oluşturulacak tasarım kılavuzları yardımıyla mümkündür.

Bu bağlamda Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması, Enerji Etkin Tasarıma yönelik önemli girişimlerden biri; **“BÜTÜNLEŞİK BİNA TASARIMI YAKLAŞIMI İLE PROJE GELİŞTİRME SÜRECİ UYGULAMA KILAVUZU”** oluşturulmasıdır. Küresel Çevre Fonu (GEF) finansal desteğiyle, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM), Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP), Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile Milli Eğitim Bakanlığı “ENERJİ ETKİN BİNA TASARIM PRENSİPLERİ” Projesi gerçekleştirmişlerdir. Bu proje geliştirme ve uygulama sürecinde örneklenen binalar, Türkiye’nin ilk sürdürülebilir, yeşil ve enerji verimli kamu binaları olacak binalardır; “Sincan-Etimesgut Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü” binası için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından finanse edilen inşaat çalışmaları Şubat 2015’te başlamıştır. Bu ve diğer projelerde binalarda tüketilen enerjinin ve buna bağlı sera gazı salınımlarının azaltılması hedeflenmiştir.



Şekil 5.1. Enerji etkin bina tasarımı (Yüceer, 2015).

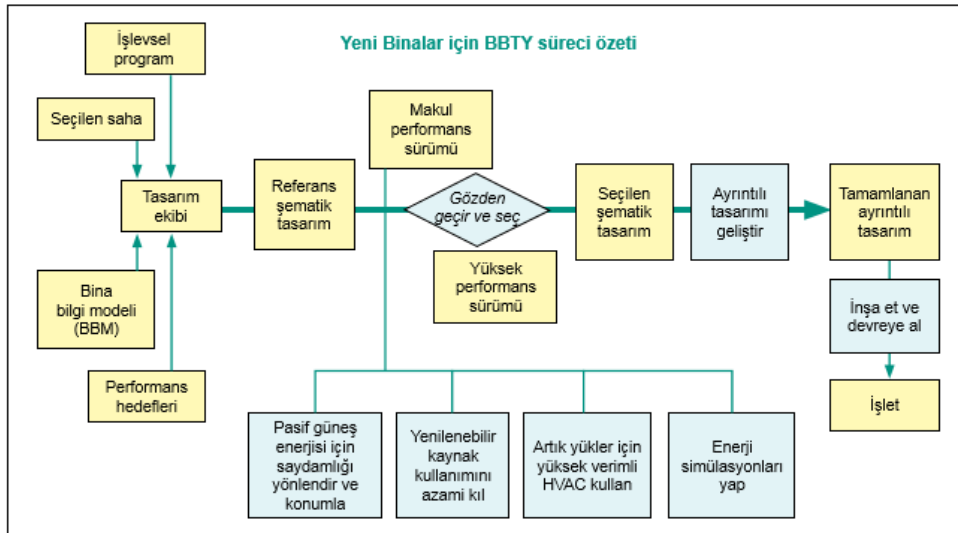
Binalarda enerji performansına yönelik yasal mevzuatın geliştirilmesi, ilgili kurum ve kuruluşlarda kapasitenin güçlendirilmesi açısından ayrıntılandırılmış, uygulanmış, önceki mevzuatlarda yer alan eksikliklerin geliştirildiği bir çalışmadır. 05.12.2008 tarihli, 27075 sayılı 'Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği' devamına eklenen tasarım ilkelerinde; binalarda enerji verimliliğinin iç ve dış ortam arasındaki ısı transferini önlemek, ısı kazanımını optimize etmek ve iç ortam konfor ihtiyaçlarının karşılanması örneklendirilmiştir. Dış ortam sıcaklığı ve ısıtma

5. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMINDA İKLİMSEL KONFOR

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

dönemi boyunca güneş ışıınımı hattının - bina yerleşiminin, tek veya kompozit inşaat malzemeleri ve uygulama tekniklerinin seçimi ve sistem detaylarının tasarımı ve hazırlanması açısından önemi anlatılmıştır. Küresel Çevre Fonu (GEF) tarafından desteklenen, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM), Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP), Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile Milli Eğitim Bakanlığı işbirliğinde yürütülen “Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması Projesi” kapsamında yeni binalar ve mevcut binalar için hazırlanmıştır (Şekil 5.2, 5.3).

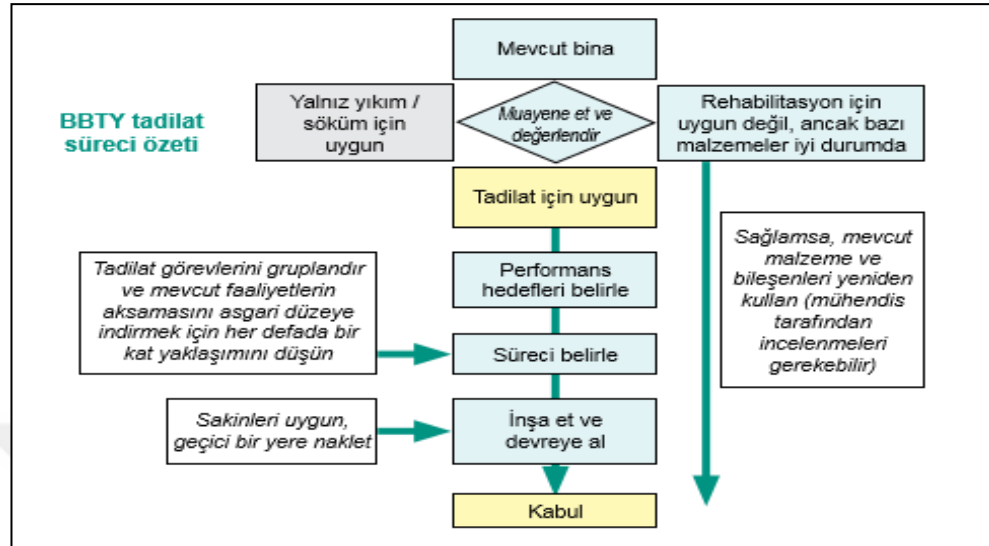
“Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı (BBTY)” ile süreçlerin takip edileceği iki bina inşa edilmesi, maliyet etkin enerji verimliliği çözümlerinin uygulanması ve tanıtılması uygulama pratiğine katkı sağlayacaktır. Yine de binalarda enerji performansını değerlendirmeye yönelik ulusal araçlar geliştirilmesi, donanımlı yerel yazılımların kullanılması, geliştirilmesi, tasarım aşamasında malzeme fiyatları girilerek ekonomik boyutunun da test edilmesi gerekli konulardır.



Şekil 5.2. Yeni Binalar için BBTY süreci özeti. (Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı İle Proje Geliştirme Süreci Uygulama Kılavuzu ISBN: 978-605-5310-87-5)

5. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMINDA İKLİMSEL KONFOR

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 5.3. Mevcut Binalar için bütünsel bina tadilat süreci özeti. (Bütünsel Bina Tasarımı Yaklaşımı İle Proje Geliştirme Süreci Uygulama Kılavuzu ISBN: 978-605-5310-87-5)

5.1. Isıl Konfor

Küresel, modern gelişmelerin insan sağlığını maruz bıraktığı olumsuzluklardan biri de birçok yan etkileriyle, ısı konfor sağlamada mekanik araçların kullanımının yaygınlaştırılması olmuştur. Bina stokunda fosil yakıtların yaklaşık üçte biri binalarda tüketilmektedir (Solomon, S. ve Ark. 2007). Bu durum yapı fizikçilerinin, binaların ne genişlikte ısıtılacağı veya soğutulacağını tahmin etmelerinde yardımcı olan termal konfor sınırlarına kısıtlılık getirmektedir (Taleghani T. ve Ark., 2013). İç mekândaki ısı konforun ayarlanması dış çevre verileri ve insanın konforlu bir şekilde yaşayabileceği ortam koşulları arasında kurulan bağlantılarla tespit edilir (Yüceer, N. S. , 2014).

Çalışkan (2012)'ın araştırmasına göre, insanın bir ortamda rahat hissedip hissetmediğinin bilinmesi fizyolojistlerin, mühendislerin ve meteorologların uzun yıllardır süren çalışmalarına konu olmuştur. Bu amaçla yapılan ilk dizin 1923 yılında Houghton ve Yaglou'un Efektif Sıcaklığıdır (Effective Temperature). Dizinlerinde kuru termometre sıcaklığı ve nemin algılanan sıcaklığa etkisini ortaya

5. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMINDA İKLİMSEL KONFOR

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

koymaya çalışmışlardır. 1938’de Büttner insan vücudu üzerinde çevredeki termal etkilerin değerlendirilebilmesi için termal parametrelerin bütünlüklü bir şekilde hesaplanması gerektiğini belirtmektedir; “eğer biri, insan organizması üzerinde iklimin etkisini geniş bir açıdan değerlendirmek, saptamak istiyorsa, sadece bir iki parametreyi değil bütün termal bileşenlerin etkisini değerlendirmelidir. İnsan ısı dengesinin modellenmesi için bunun gerekliliği ortadadır” (Büttner, 1938: 15). Bedford (1948) kuru termometre ile ölçülen sıcaklık ve nemin yanı sıra radyan ısıyı da dizinin içine katarak uyarlamıştır. Vernon ve Warner (1932) tüm bu yapılan ölçümlerin beraberinde insanın termal konforu açısından rüzgâr hızının da etkili olabileceğini savunmuş ve araştırmışlardır. Missenard (1931) efektif sıcaklığa benzer bir dizin geliştirmiş ve buna Sonuç Sıcaklığı (Temperature Resultante) demiştir. Sonuç sıcaklığı dizini, ısıнын kendisinin yanında nasıl transfer edildiği konusunda da araştırmaları kapsamaktadır. Winslow vd., (1937) Geçerli Sıcaklık (Operative Temperature) terimini gündeme taşımışlar ve hissedilen sıcaklığın, hava sıcaklığı ile ortalama radyan sıcaklığın doğrusal bir ortalaması olduğunu ortaya koymuşlardır.

Fanger (1970)’in bu dizinine göre hazırlanmış konfor hesaplayıcı adı verilen bir yazılım bulunmaktadır. -3’ten başlayarak sırası ile soğuk (cold), serin(cool), doğal (Neutral), ılık (Warm) ve +3’de sıcak (hot) ile bitmektedir. Yazılımda yer alan değerler aşağıda açıklanmıştır:

- Hava sıcaklığı (Air temperature)=00C
- Güneş ışıını (Radiant temperature)=9,5 0C
- Hava akım hızı (Air velocity)=1m/s, saç ve kağıdı dalgalandıran hız.
- Hareket oranı (Activity rate)=2,4 Met, hızlı yürüyüş
- Giysi düzeyi (Clothing level)= 2,3 Clo, kalın kışlık giysi
- Isıl denge değeri (Predicted mean vote)=0
- İnsan rahatsızlığı yüzdesi (Percentage people dissatisfied)=%5

5. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMINDA İKLİMSEL KONFOR

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Konuyla ilgili geçmiş çalışmalara bakıldığında en yoğun kullanılan iki yaklaşım bulunmaktadır. ASHRAE 55-1992, ISO7730; kararlı durum laboratuvarı, termo-fizyolojik model ve standartlara öncülük eden, vücudun ısı alışverişi süreçlerine dayanan yaklaşım, diğeri Uyarlamalı termal konfor modelleri ve standartları: (Amerika) ASHRAE 55-2010 standardı, (Avrupa) EN15251 standartlarıdır. Bu standartlar günümüzde artmıştır. ASHRAE, Bedford, HSI (Isı Stres İndeksi)’den referans alınan ısı konfor birimlerinin tanımı Çizelge 5.1’ dendir.

Çizelge 5.1. Isıl konfor birimlerinin tanımı

	ASHREA	Bedford	ISI	Termal Etki Alanı
9			80	Tolere edilemez
8	Sıcak (+3)	Aşırı sıcak	40-60	
7	Ilık (+2)	Çok sıcak	20	Ter Buharlasma
6	Hafif Ilık (+1)	Konforlu		Tolere edilebilir
5	Nötr (0)	Konforlu	0	Vasomotor
4	Hafif Soğuk (-1)	Konforlu soğuk		Tolere edilebilir
3	Soğuk (-2)	Çok soğuk		Titreme Tolere edilebilir
2	Soğuk (-3)	Aşırı soğuk		
1				Tolere edilemez soğuk

İnsan vücudunun çevre ile ısı alış verişini belirleyen etkenler aşağıdaki denklemle ifade edilir (Humphreys ve Nicol, 1998).

$$H = M + R + C + E + D$$

H: Vücudun ısı yüküdür. Eğer, H pozitif ise, vücut ısı kazanmış, negatif ise ısı kaybetmiş demektir. H sıfır ise vücudun ısı dengesi sabit kalır.

5. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMINDA İKLİMSEL KONFOR

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

M: Metabolit ısı kazancı olup, vücudun bazal ve fiziksel çalışması sırasında açığa çıkar ve her zaman H'yi pozitif yönde etkiler yani metabolik ısı ile vücut ısı kazanır.

R: Radyan enerjidir ve ısı merkezinden ısıнын elektromagnetik enerji yayılması şeklinde meydana gelir. Ortama bağlı olarak, insan radyan enerji kaynağı olarak, ısı yayabilir (soğuk ortamlarda) veya ısı (sıcak ortamlarda) kazanabilir. Bu nedenle, R pozitif veya negatif olabilir.

C: Konvektif ısı yüküdür. Isı enerjisinin hava molekülleri ile taşınması (yayılması) sonucunda meydana gelir. Ortam sıcaklığı cilt sıcaklığından fazla ise cilt sıcaklığı artacak, tersi ise cilt sıcaklığı düşecektir. Konvektif ısı, H'yi pozitif veya negatif olarak etkiler.

E: Buharlaşma (terleme) yoluyla vücuttan atılan ısıdır. Her zaman vücudun ısı yükünü negatif olarak etkiler ve ısı kaybı sağlar.

D: Vücudun herhangi bir madde ile doğrudan teması sonucunda ısı kazanması veya kaybetmesidir. D vücudun ısı yükünü pozitif veya negatif olarak etkiler. Vücudun ısı dengesini sağlayan ve yukarıda sayılan beş faktör ile ısı yükünün (H'nin sıfır olması) sabit tutması, iç mekânda konforlu bir ortam sağlar.

5.2. Çalışma Alanı Çukurova'da, İklimsel Özellikler ve Isıl Konfor Gereksinimleri

Türkiye'nin güneyinde, Akdeniz'in doğusunda 37° Kuzey enlemleri ile 35° Doğu boylamları arasında, Çukurova Bölgesi yer almaktadır. Yazın alçak basınç merkezi olan Çukurova'ya denizden ve Toros Dağları'ndan hava akımı olur (Şekil 5.4). Böylece dinamik bir yüksek basınç merkezi oluşur. Bir taraftan denizden gelen nemli hava, diğer taraftan barajlar ve ovanın sulanması nedeniyle nem artar. Akdeniz iklim özelliklerini taşır. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. İklimin ve enlemin etkisiyle ısınan hava, birikim nedeniyle ağırlaştığı için yükselmez ve doyma noktasına ulaşamaz. Böylece yazın nem yüklü sıcak bir hava görülür. Günlük sıcaklık farkları oldukça azdır. Nemin bunalıcı etkisinden

5. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMINDA İKLİMSEL KONFOR

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

kurtulmak için hava akımından yararlanmak önemlidir. Ortalama nisbi nem % 66 olmakla beraber, yazın % 90'ın üzerine çıkar. Adana'da yılın 195,6 günü yaz günüdür. Bu günlerin 134,4'ü tropik gün olarak belirlenmiştir.

Bina kabuğunu etkileyen aşağıdaki dış çevre bileşenlerinin, çevresel etmenler ile etkileşiminin sıcak ve nemli iklim bölgelerindeki konutlarının tamamı için de örnek olabileceği, çoğu aylar güneşin ısıtma etkisinden olumsuz yönde etkilenen, geniş ve yüksek yoğunlukta yeni konut alanları olan Adana kenti araştırma alanı seçilmiştir.



Şekil 5.4. Alçak basınç bölgesi Çukurova'ya denizden ve Toros Dağları'ndan gelen hava akımı (Şahin Çağlı, 2011)

Akdeniz'de, Çukurova yöresinin önemli bir kenti olan Adana ili, doğal konumu ve iklimsel verileri ile sıcak ve nemli havanın olumsuz etkisi uzun sürmektedir. Mevsim geçişleri neredeyse yaşanmamaktadır. Bu durumun getirdiği

5. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMINDA İKLİMSEL KONFOR

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

problemlere ek olarak hızla artan yoğun yapılaşmalar, yetersiz alt yapı ve sosyal alanları yaratmıştır.

Adana kentinin karakteristik mimari yapılanmasında, aşağıdaki kriterler dikkate alınmalıdır. Yaz aylarında batının uzun süren ısısı bunaltıcı etki yaratmaktadır. Bina kabuk malzemesi ve ısı yalıtımının her yönde aynı kalınlıkta kullanılması nedeniyle, kışın güneyde gün içinde ısıtma gerektirmezken, kuzeydeki mekânlar konfor düzeyinin altında, çok soğuk olmaktadır. Pencere alanları, açılabilir kısım oranları, optimum gölgeleme elemanı boyutları ve pencere yönlenmesi sıcak iklim bölgesi olmasına rağmen tasarımda hesaplanmamakta ve uygulamada gerekli yerlerde kullanılmayabilmektedir. Yazın istenmeyen ısı kazanımlarının çoğu, cephelerdeki şeffaf ve dış gölgeleme olmaksızın boyutlandırılmış pencerelerden kaynaklanmaktadır. Dış cephelerde özellikle yüzey alanları koyu renk tercih edilmiş binalarda, yalıtımsız iç ve dış duvarlarda güneş ısını muhafaza ettiğinden soğuma geç olmaktadır. Çok katlı konutların yan yana yoğun olması ya da az katlılarla dengesiz olarak bir arada olması nem ve sıcaklığı artırmakta soğutacak hava akımını engellemektedir. Yoğun trafik sirkülasyonu olan ana caddelerde bu daha da artmaktadır. Gürültü de normal desibel sınırları üzerindedir. Yörenin diğer konut mimarisinin özelliği hafif yapı elemanları (ısı tutucu ve depolayıcı olmayan) kullanılması, müstakil az katlılarda kolonlar üzerinde yükselmesi, hava akımı sağlanarak binaların soğutulmasına olanak vermektedir.

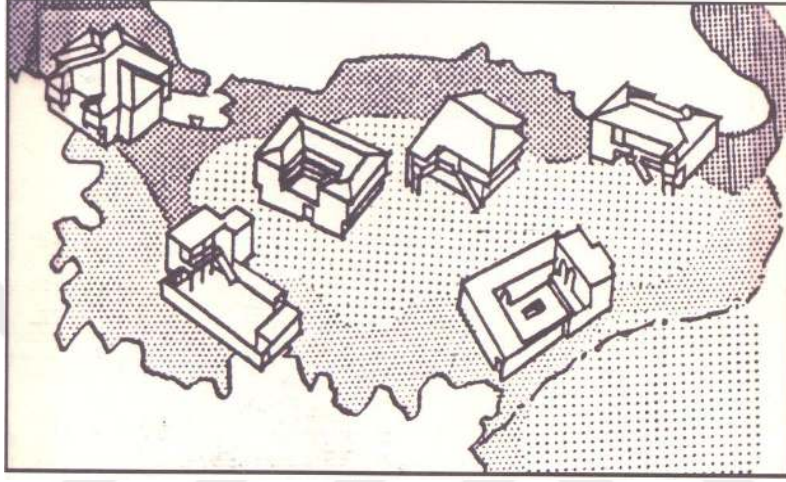
En çok ihtiyaç duyulan rüzgâr ve gölgeli alanlar olmaktadır. Konutların cepheleri, dar, gölgeli ve sıcak-nemli iklime uygun olarak, bölgenin hâkim rüzgârını alan açıklıklar gerekmektedir. Geleneksel konutlar avlulu olup, yüksek duvarlarla çevrili bu mekânlarda, sıcak iklim şartlarına uygun bol gölgeli alanların olduğu görülmektedir (*Şekil 5.5, 5.6*).

Düşük ısı tutuculu, karşılıklı hava hareketini sağlayacak, rüzgârı iç mekânda dolaştıracak yüksek tavanlı konutlar, Adana evlerinin tasarımında ihtiyaç duyulmaktadır. Geleneksel konut cepheerindeki kepenkler, evlerin içini güneşten

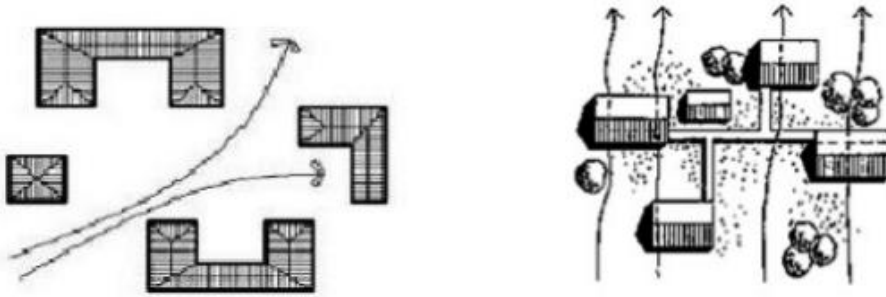
5. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMINDA İKLİMSEL KONFOR

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

korumakta ve pencere açık kaldığı zaman evin içini göstermeden odanın hava almasını sağlamaktadır. Rüzgâr, ısı ve nem etkileri, binalarda konforun sağlanması açısından çok önemliyken tasarım ve uygulamalarda dikkate alınmamaktadır.



Şekil 5.5. İklimsel bölgelerine göre Anadolu'da geleneksel yapı tipleri (Hacaloğlu, 2007).



Şekil 5.6. Binaların hava dolaşımı için geniş açıklıklarla konumlanması ve karşılıklı iklimlendirme ile soğutma (Chikkalgi, 2017).

Adana kentinde, solar ısı kazancı dikkate alınmadan planlanmış olan yerleşim alanlarında, yaz aylarında iç konforu sağlamak amacı ile zorunlu olarak yapılan mekanik soğutma sistemleri, önemli ölçüde enerji tüketimine neden olmaktadır (Gürçınar, 1991). Sıcak, nemli iklimden dolayı Adana'da iç mekân

5. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMINDA İKLİMSEL KONFOR

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

konforunun sağlanması için binaların soğutulması, ısıtılmasından çok daha fazla önem kazanmaktadır. Bu durumda Adana'nın bulunduğu 37. enlem ve Akdeniz iklim kuşağında, güneş kontrol elemanlarının şekil ve yeterliliği, enerji tüketimini ve iç konforu belirleyen önemli faktörlerinden olmaktadır. Genel olarak 30. ve 40. enlemler arasında yer alan bölgelerde, ılıman iklim kuşağının bir alt grubu olan "Akdeniz iklim kuşağı" hâkimdir. Buna göre, Meteoroloji Genel Müdürlüğü resmi istatistiklerine göre Adana'da bazı değerlerin ortalamaları şu şekilde ölçülmüştür (Şekil 5.7);

ADANA İLİNE AİT BAZI METEOROLOJİK DEĞERLERİN UZUN YILLAR ORTALAMALARI	
Ortalama Sıcaklık	: 18.8 (°C)
En Yüksek Sıcaklık	: 45.6 (°C)
En Düşük Sıcaklık	: -8.1 (°C)
Ortalama Bağıl Nem	: 65 (%)
Ortalama Toplam Yağış Miktarı	: 653.2 (mm)
Günlük En Çok Yağış Miktarı	: 125.5 (mm)
Ortalama Rüzgar Hızı	: 1.5 (metre/saniye)
En Hızlı Esen Rüzgarı Hızı ve Yönü	: 25.0 (metre/saniye) / N
Günlük Ortalama Güneşlenme Süresi	: 07 saat 24 dakika
Günlük Ortalama Güneşlenme Şiddeti	: 339.51 (cal/cm²dak)

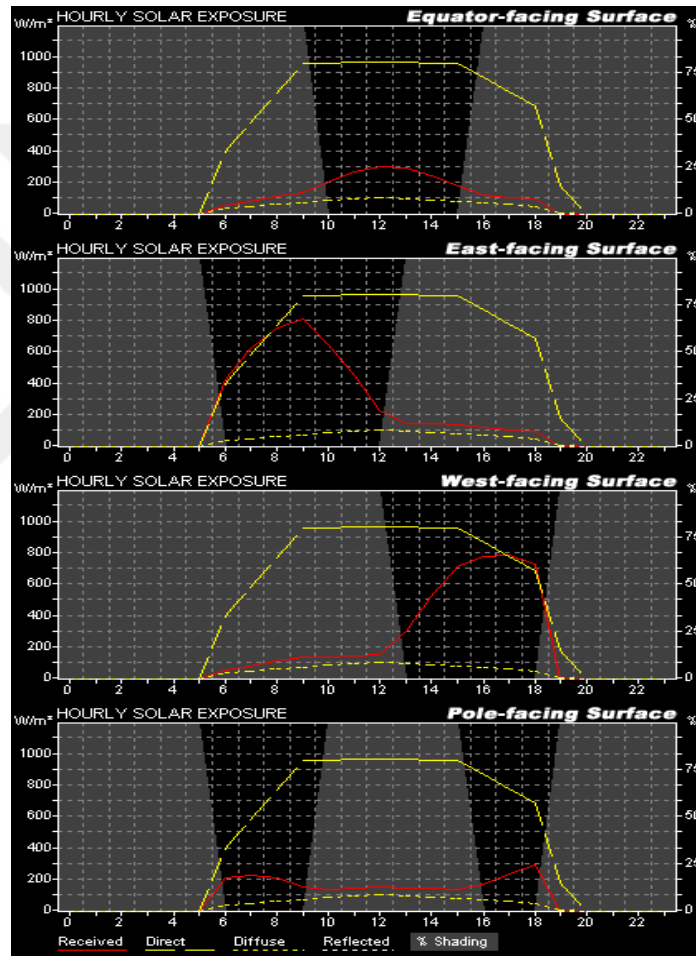
Şekil 5.7. Meteoroloji Genel Müdürlüğü resmi istatistiklerine göre bazı değerlerin ortalamaları

Akdeniz iklim kuşağında solar ısı kazancının önlenmesi, öncelikli bir bina tasarım ögesidir (Yüceer, 2004). Şekil 5.8' de Adana'nın bulunduğu 37. Enlem ve 35. Boylam için, en sıcak aylar olan temmuz-Ağustos ayları ortalamasını gösteren

5. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMINDA İKLİMSEL KONFOR

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

gölge hattı verilmiştir. Grafikte açık gri ton ile belirtilmiş kısımlar, güneşin 1 günlük devriminde gölgede kalan saatleridir, koyu gri ton ise güneşlenme süreleridir. Kırmızı çizgi ise yüzeylere ulaşan güneş ışıınımını ifade etmektedir. Sarı kesikli çizgi doğrudan güneş ışıınımını, noktalı sarı çizgi ise yansıyan ve dağılan toplam güneş ışıınımını göstermektedir.



Şekil 5.8. Adana'nın bulunduğu 37. Enlem ve 35. Boylam için en sıcak aylar olan Temmuz-Ağustos ayları ortalamasını gösteren gölge hattı grafiği (Yüceer, 2015)

5. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMINDA İKLİMSEL KONFOR

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Yüceer (2015)' in bu araştırmasında, 120/140 boyutunda bir P penceresi örneği ile tasarlanarak, 4 ana yön için gerekli olan gölge elemanlarının biçim ve boyutu saptanmıştır. Bu çerçevede hazırlanan Çizelge 5.2' de, Adana'da gölgeleme gerektiren ay, saat ve yönler için gölge elemanı biçimleri görülmektedir. Çalışmanın sonucunda, yaz aylarında iç mekândaki ısı artışı ve parlamayı önlemek için, yatay biçimde uygulanmış gölge elemanın bütün yönlerde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.2. Adana'da yönlere ve aylara göre pencerelerin gölgelenme süresi ve verimi (Yüceer, 2015)

AYLAR	PENCERE		
	Yönler	Gölgeleme süre süresi ve verimi	Gölge elemanı biçimi
HAZİRAN TEMMUZ AĞUSTOS EYLÜL	Kuzey	Gerekli değil	Gerekli değil
	Güney	9.00-15.00 saatleri arasında Gölgeleme verimi min. %80	Yatay eleman
	Doğu	Güneşin doğuşundan- 12.00'a kadar Gölgeleme verimi min. %80	Yatay eleman (Hareketli)
	Batı	Saat 12.00'dan güneşin batışına kadar Gölgeleme verimi min. %80	Yatay+Düşey (Hareketli)
KASIM ARALIK OCAK ŞUBAT MART	Kuzey	Gerekli değil	Gerekli değil
	Güney	9.00-15.00 saatleri arasında güneş almalı gölgeleme verimi max.%2	Gölgeleme yapılmaması gerekten aylar. Yatay gölge veya yapı elemanı uygulanmamalı
	Doğu	Güneşin doğuşundan- 12.00'a kadar güneş almalı, gölgelene verimi max.%25	
	Batı	Saat 12.00'dan güneşin batışına kadar güneş almalı, gölgeleme verimi max. %25	
NİSAN MAYIS EKİM	Gölgeleme gerektirmeyen konfor kuşağındaki aylar		



6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

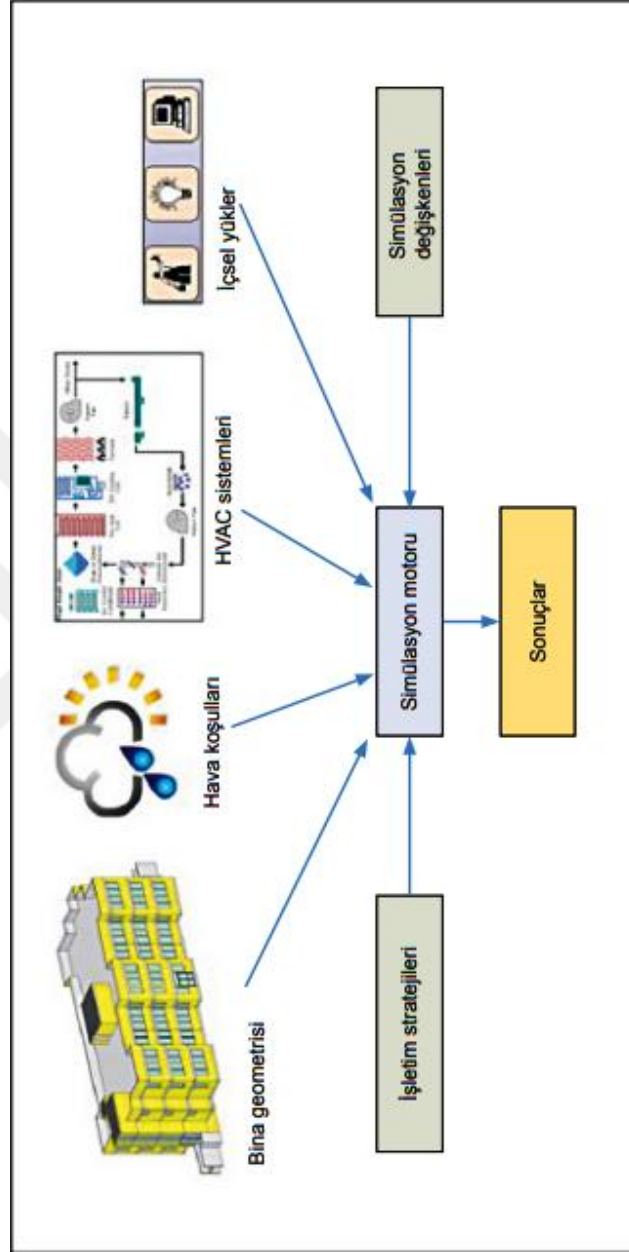
**6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ**

Binaların yaşam döngüsü süresince, enerji performansını ve sağladığı termal konforu incelemek için günümüzde çok sayıda ve birçok açıdan farklı hesaplar yapabilen, tasarım destekleyici simülasyon araçları geliştiren ve üreten firmalar bulunmaktadır. Bu alanında 1987’de kurulmuş, 5 kıtada 24 bölgesel ülke üyelikleri olan, Uluslararası Bina Performansı Simülasyonu Kuruluşu IBPSA (International Building Performance Simulation Association), yapılı çevrenin iyileştirilmesine amacıyla, performans simülasyon araştırmacıları, geliştiricileri ve uygulayıcılarını bir araya getiren uluslararası bir topluluktur. Bina modellemeleri geliştirmek, yazılım programlarının kullanımını teşvik etmek, standartlaştırmayı yönlendirmek, tasarıma entegrasyonunu sağlamak ve teknoloji transferini hızlandırmak ve bunları konferansların bilgi ve organizasyonu ile paylaşmayı amaçlamaktadır. Yeni ve mevcut binaların tasarımını, yapımını, işletimini ve bakımını iyileştirmek için bina performans simülasyonu bilimini geliştirmek ve iletirmek için kurulmuştur.

Geliştirilmiş simülasyon araçları ve teknikleri ile yapılı çevredeki sorunlar çözümlenebilmektedir. Bu kuruluşların hedefleri bilgisayar destekli enerji etkin bina tasarımının önemini ortaya koymak, ülkelerin gelecekteki yapı sektöründeki enerji tüketimlerini azaltıp, güçlenmelerine, önemli karar ve tedbirler almalarına olanak sağlamaktadır. Genel veri akışları Şekil 6.1 gösteriminde olduğu gibi çalışıp, işletim stratejileri ve değişkenleri farklı olmaktadır.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 6.1. Simülasyon motorlarının genel veri akışı şeması (BBTY Kılavuzu).

Çoğu termal simülasyon programları metin tabanlı veri girişi ve hesap çıktısına dayanan, ayrıntılı termal simülasyonları mümkün kılan, ‘motor’ adı verilen bir simülasyon aracı içerir. Bu motorlar, temel işleyişine göre enerji

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA

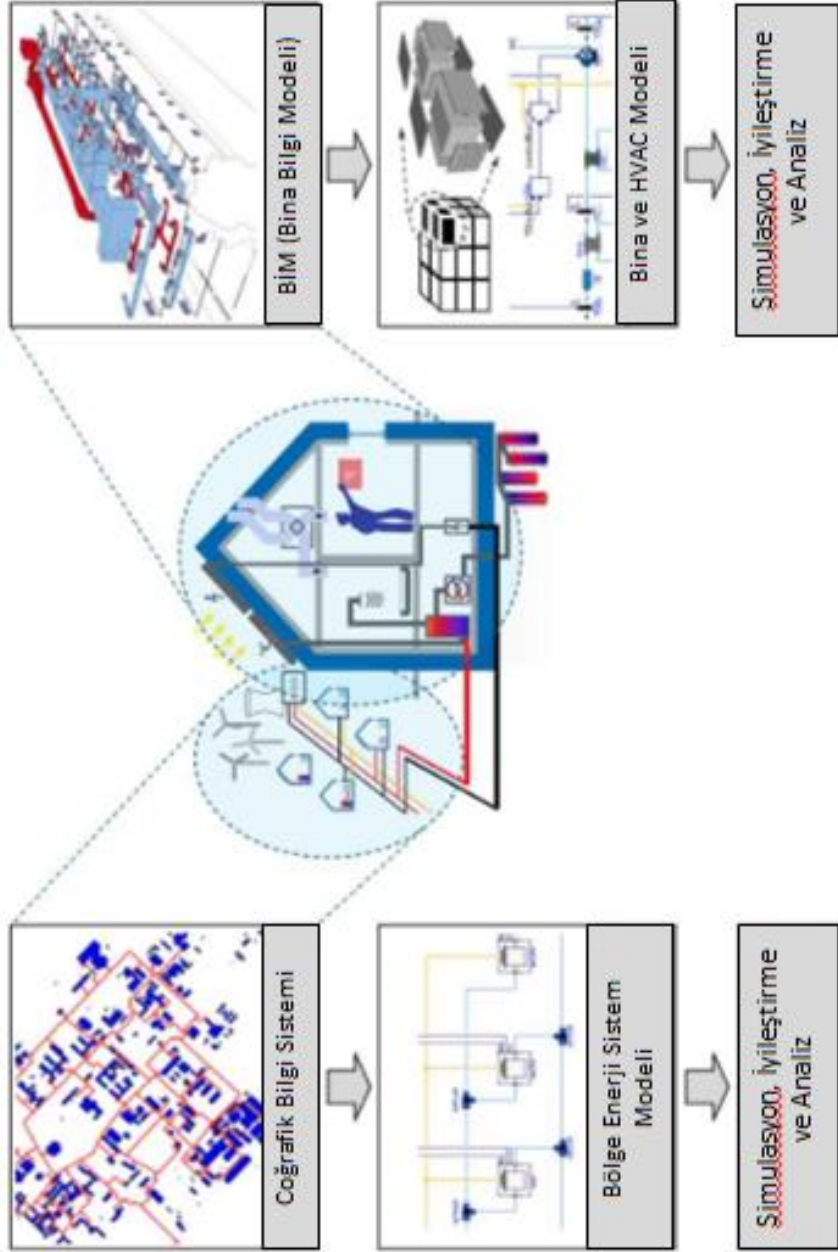
ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

performansı hesaplamak için kullanılan matematiksel ve termodinamik algoritmaları içerir. Bu araçların pratik kullanımı için en önemlisi, girdi üretimini ve çıktı analizini kolaylaştıran ve motorun kullanıcıyla işlevselliğini ortaya koyan grafiksel bir kullanıcı arayüzüdür. Uzmanlık gerektirmeyen kolay arayüzler, kapsamlı enerji analizi yapmaz; gerçekçi ve güvenilir simülasyon sonuçlarının üretilmesi ve anlaşılması için detaylı program bilgisi ve termal süreçlerin anlaşılması önemlidir. Grafik kullanıcı arayüzlerinin amaçları farklıdır ve çoğunlukla ilgili motorun tüm işlevlerini kullanmazlar. Simülasyon hesapları bina yaşam döngüsü süresince tasarım, uygulama ve kullanım aşamasında yapılabilmektedir. Tasarım aşamasında olması, maliyet ve konfor düzeyini artıracaktır. CAD uygulamalarından aktarılan veri alışverişi gibi kolaylıkların tasarım sürecine entegre edilmesi kullanıcı dostu, pratik uygulamalardır.

Bina enerji simülasyon modelinin üç temel bileşeni vardır; yapı kabuğu, yapı elemanları (duvarlar, zeminler, tavanlar, kullanıcılar ve malzemeler) ve mekanik bileşenleridir (HAVC ekipmanı ve diğer çevresel kontrol sistemleri). Bir bina projesinin karmaşıklığına ve model hesap gereksinimlerine göre, daha etkin, kapsamlı ve doğru bir şekilde analiz edebilmesi için alternatifler yazılımlar bulunmaktadır (*Şekil 6.2*).

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



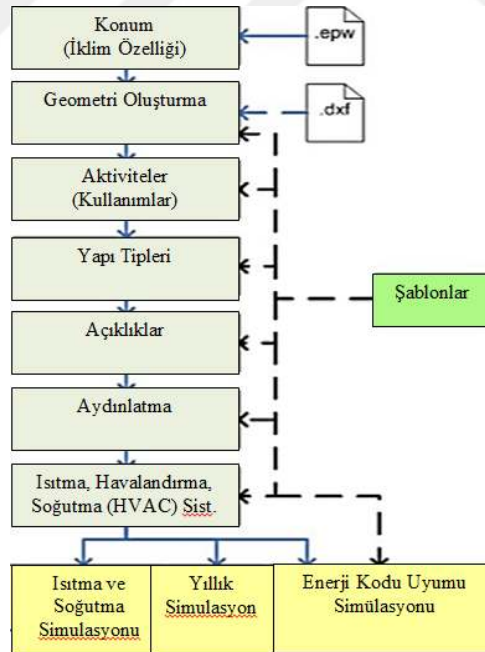
Şekil 6.2. BIM (Building Information Modeling) / GIS (Geo Information Modeling)

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA

ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Tez çalışmasında çalıştırılan Design Builder yazılımı, binayı, içindeki ve dışındaki farklı termal bölgeler arasında sürekli değişen enerji ve iklimsel akışları barındıran karmaşık bir termodinamik nesne olarak tanımlar. Termodinamik modelleri, grafik kullanıcı arayüzleri, yapı kullanım ömrü boyunca uygulanabilir ve diğer yazılım uygulamaları ile veri alışverişinde bulunma kapasiteleri gibi ilave donanımlar geliştirilmiştir. Design Builder, benzetim motoru olarak EnergyPlus kullanılmaktadır. EnergyPlus, ABD Enerji Departmanı tarafından bina, ısıtma, soğutma, aydınlatma, havalandırma ve diğer enerji akışlarını modellemek için 3. jenerasyon dinamik bina enerji simülasyon motorudur. Program doksanlı yıllarda geliştirilmiştir. BLAST ve DOE-2 simülasyon motorlarının birleşimidir. EnergyPlus, yük hesaplamaları ve doğal havalandırma, fotovoltaik sistemler, termal konfor, su kullanımı, yeşil çatılar ve diğer enerji kontrol parametrelerini modellemek için kullanılabilir. Design Builder işleyiş şeması Şekil 6.3, hesaplanan modüller Çizelge 6.1'deki gibidir:



Şekil 6.3. Design Builder işleyişi (<https://designbuilder.co.uk/>)

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

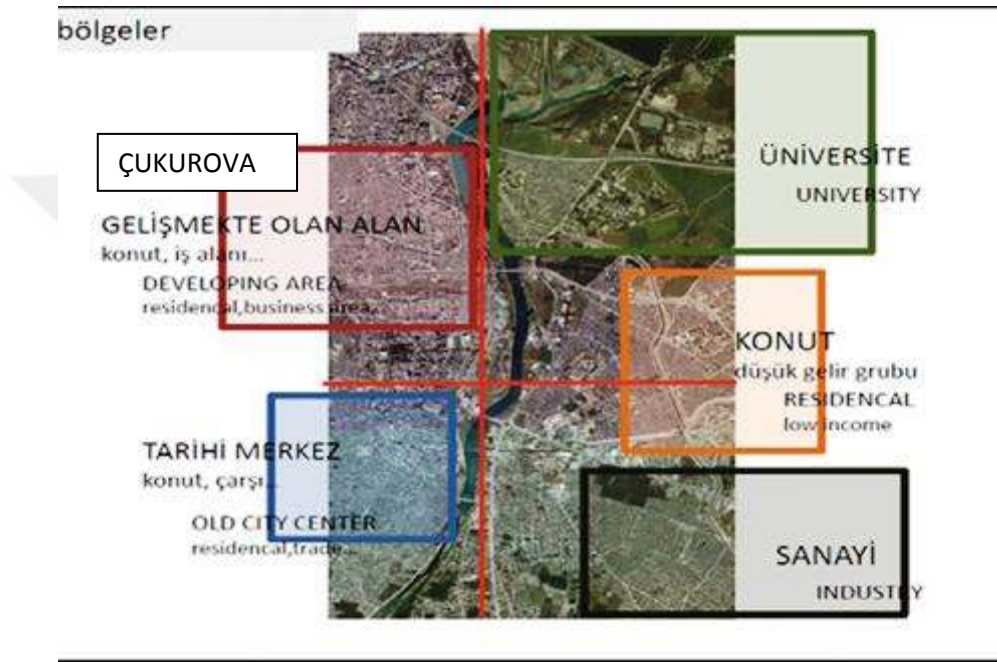
Çizelge 6.1. Design Builder Programının Hesapladığı Modüller
(<https://designbuilder.co.uk/>)

DESIGN BUILDER HESAP MODÜLLERİ	
3-D modelleme	Çekirdek modül, verimli 3d bina modelleyicisi
Görselleştirme	Render görseli, saha gölgeleme analizi
Sertifikalama	İngiltere ve İrlanda'daki EPC ve Part-L2 Hesapl.
Simülasyon	Enerji ve konfor analizleri için EnerjiPlus sim.
Aydınlatma	Radiance kullan. Aydınl. ve Daylight F. Raporu
HVAC	EnergyPlus HVAC'ına güçlü ve esnek arayüz
Maliyet	Erken aşama bina maliyet tahmini
LEED	LEED EA p2 ve ASHRAE 90.1 Hesaplamaları
Optimizasyon	Tas. hedeflerini sağlamaya yardımcı çok kriterli iyileştirme opt.
Belgeleme	EMS ve FMU kullanarak En. Plus ortak kullanımı
CFD	CFD ile yapı çevresinde ve içinde hava dolaşımı hesabı

Programın Yazılım Sınırlamaları: Tecrübeli kullanıcılar, Design Builder grafik arayüz kullanımını, erişilebilen Energy Plus simülasyon yetkinliklerine göre sınırlı bulabilmektedir. Bu durumda, bir kullanıcı, bir Design Builder modelini Energy Plus ASCII dosyalarına aktarabilse de değiştirilmiş bir modeli Design Builder'a geri getirmek mümkün olmamaktadır. Serbest formlar olarak tanımlanan karmaşık geometriler girmek için sınırlamalar vardır.

6.1. Proje Alanı Tanımı

Adana’da radyal olan ilk yayılım, daha sonra kuzeye doğru nehrin doğusu ve batısı olarak iki ayrı bölgede ilerlemiştir. Kuzeyde Karaisalı’ya doğru ‘Yeni Adana’ olarak hızla çok katlı binaların yayılımı sağlanmıştır (Şekil 6.4).



Şekil 6.4. Adana kentsel gelişim bölgeleri (Başdoğan, 2010)

Tez çalışma alanı, Adana’nın kuzey batısında, konut ve iş alanlarının gelişmekte olduğu Çukurova ilçesindedir. (‘Çukurova’ proje alanının bulunduğu semtin ismidir, aynı zamanda eski adıyla Kilikya; Adana, Mersin, Osmaniye ve Hatay illerini içine alan Güney Anadolu’daki coğrafi, ekonomik ve kültürel bir bölge için kullanılmaktadır.) Arsa, Adana’daki metro güzergahının ayırdığı hat ile, bulvar üzerinde, kuzey-güney aksında açılı olarak yer almaktadır. Bu alan nüfus yoğunluğu ve göçler nedeniyle, yeni ve çok katlı yapılaşmaların arttığı, dolayısıyla dış çevre etkilerinin fazla olduğu bir konum olması sebebiyle tercih edilmiştir. Halen oluşmakta olan yeni bulvarlar, semtler de hızla birbiriyle aynı silüete yapı

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

yığınlarına dönüştüğünden, bu alanda kullanılacak veriler ve elde edilen sonuçlar bu bölgede yeni uygulanacak binalara emsal olabilecek nitelikte olduğu düşünülmektedir. (Şekil 6.5 - 6.12)



Şekil 6.5. Proje alanı uydu görüntüsü



Şekil 6.6. Kent silüetinde proje alanı.

Proje alanı 3838m^2 'dir. Ayrık yapı nizamlı, 2.00 yoğunluklu konut alanıdır (Şekil 6.13, 6.14). TAKS: 0.40'dır. Buna göre toplam inşaat alanı: 7676m^2 , taban oturumu 1535m^2 'dir. Her katta iki adet 125 m^2 3+1 daire, bir adet dubleks 90 m^2 2+1 daire, toplamda kat alanı 340m^2 olan iki blok tasarlanmıştır.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

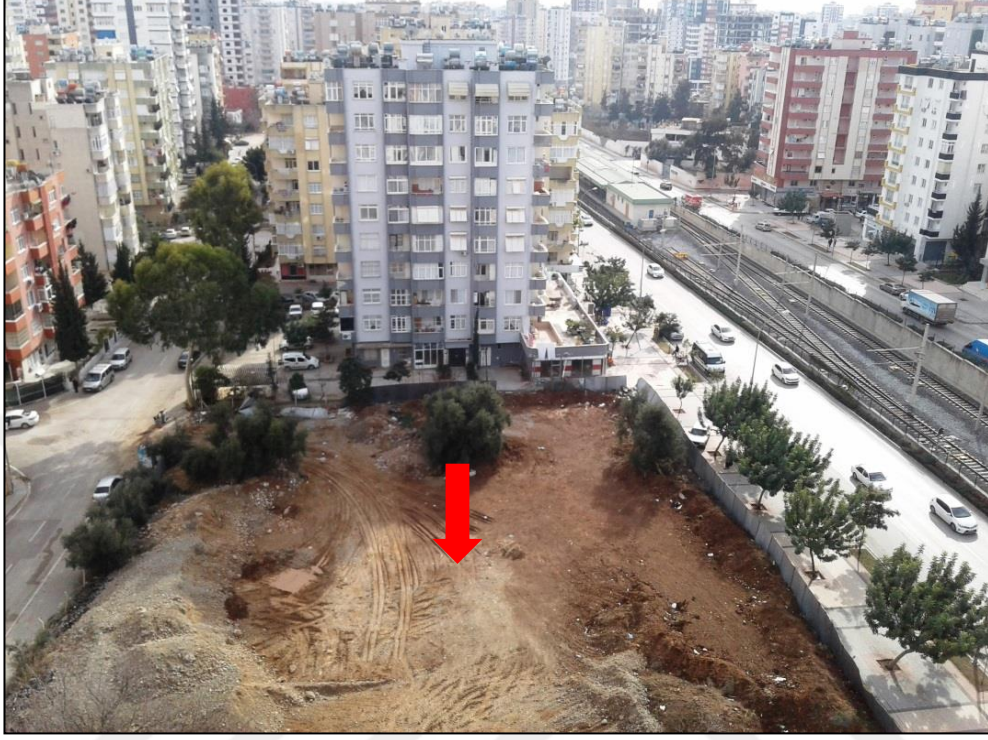


Şekil 6.7. Adana kent merkezinin kuzeye, proje alanına doğru yayılımında yapı yoğunluğu.



Şekil 6.8. Proje alanından Kuzey Adana'ya kentsel büyüme alanı yapılaşması.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 6.9. Tez araştırması proje alanı.



Şekil 6.10. Proje alanı uydu görüntüsü

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 6.11. Şekil 6.10'daki 'A' noktasından proje alanı görünüşü.



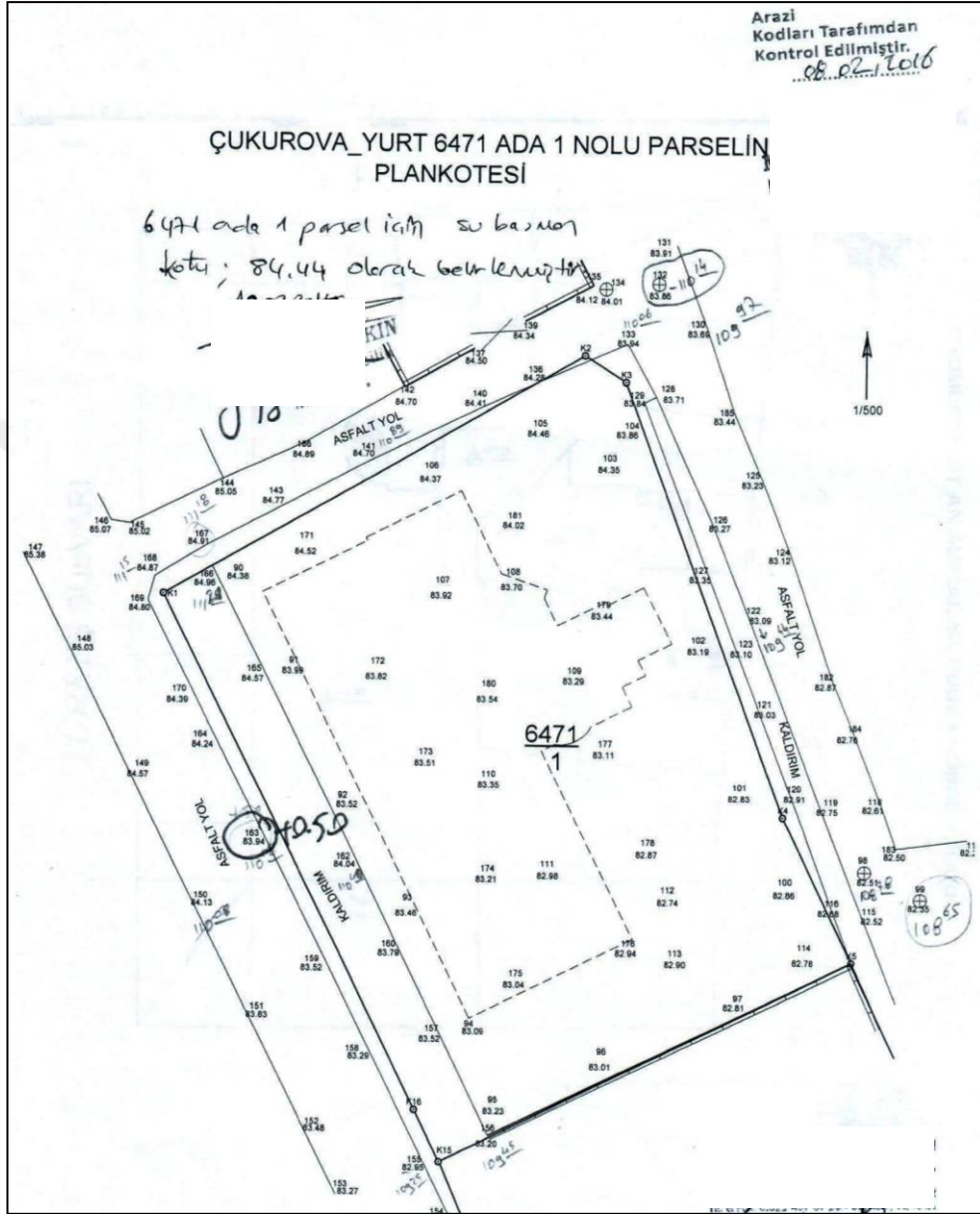
Şekil 6.12. Şekil 6.10'daki 'B' noktasından proje alanı görünüşü.

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Şekil 6.13. Proje alanı imar durumu.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 6.14. Proje alanı plankotesi.

6.2. Çevre Analizi ve Bina Kabuğunu Etkileyen Dış Çevre Bileşenlerinin Tasarımda Değerlendirilmesi

Çevre Analizi: Projelendirilecek arsa ve çevresinden, alana özgü veriler kaydedilmiştir. Arsa yönelimi, mevcut flora, hâkim rüzgâr, yaya - araç yaklaşımları, ana ve tali arterlere mesafeler, çevre binalar, yükseklik ve boyutları, anlık gölge iz düşümü, yapı kitleleri doluluk boşlukları elde edilmiştir (Şekil 6.15-6.20).



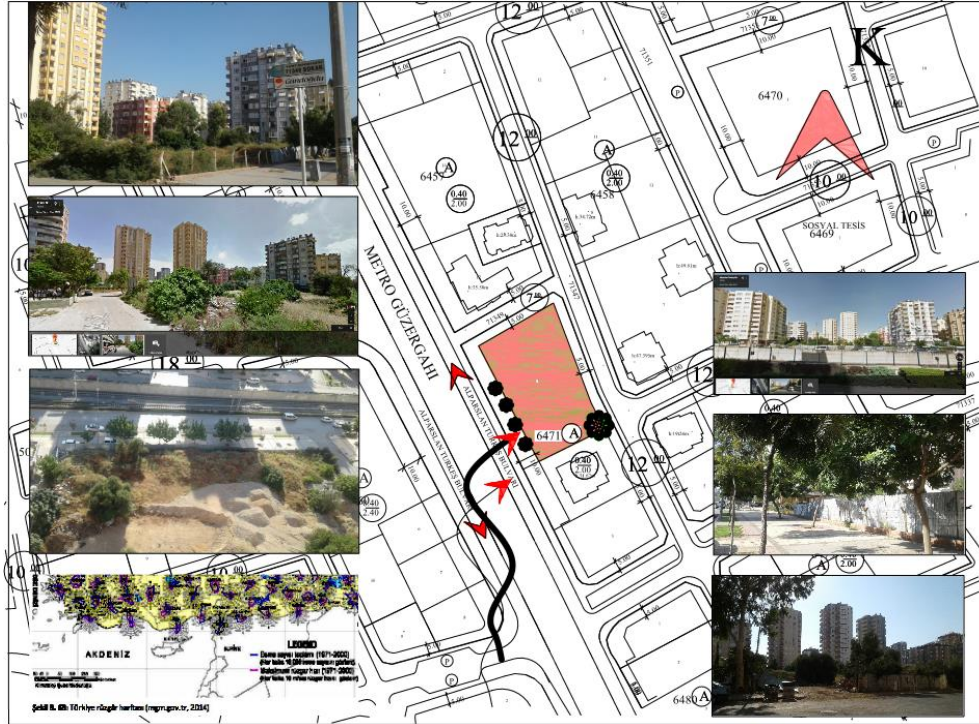
Şekil 6.15. Proje Alanı Mimari Çevre Analizi 1

Arsa, kuzey-güney aksındaki metro güzergahına paralel, bulvar üzerinde konumlanmıştır. Bu açısı ile güney batıdan hâkim rüzgârın arsa üzerinden kuzey doğuya karşılıklı yönelimi mümkün olabilmektedir. Projenin hava akımını bloke etmeyecek, optimum yönlendirilmesi yaz aylarında enerji tasarrufu sağlayacaktır (Şekil 6.15).

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA ÖRNEĞİ

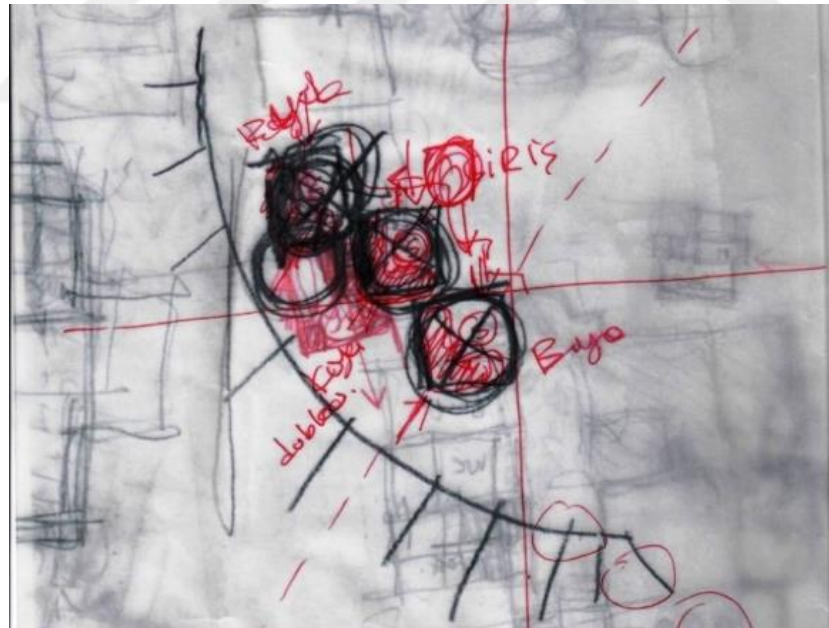
Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Arsa manzara yöneliminin batıda ve uzun bir hat olması, sıcaktan korunmayı gerektirirken, manzarayı (bulvar açıklık ve ferahlığını) sınırlandırabilmektedir. Çevredeki sitelerin sık konumları, gerideki parsellerde gölgeleme ve mevsimsel ısı farklılıklarına neden olurken, sitelerin kendi blokları arasındaki açık otopark boşlukları, tali yollar ve güneydeki tek katlı spor ve oyun alanları yapı yoğunluğunu seyreltip, hava dolaşımını sağlamaktadır. Proje bloklarının doluluk boşluklara şaşırtmalı konumlandırılması bu açıdan avantajlı olacaktır.



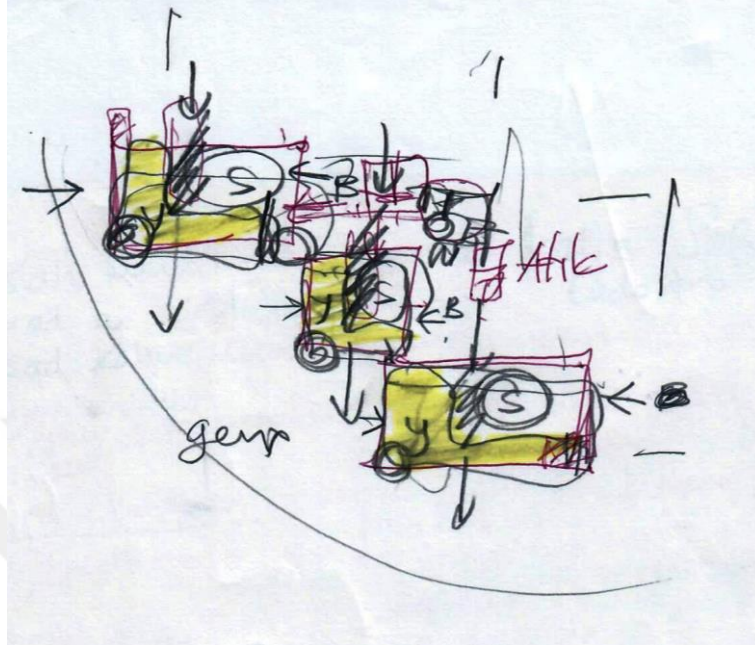
Şekil 6.16. Proje alanı Mimari Çevre Analizi 1

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

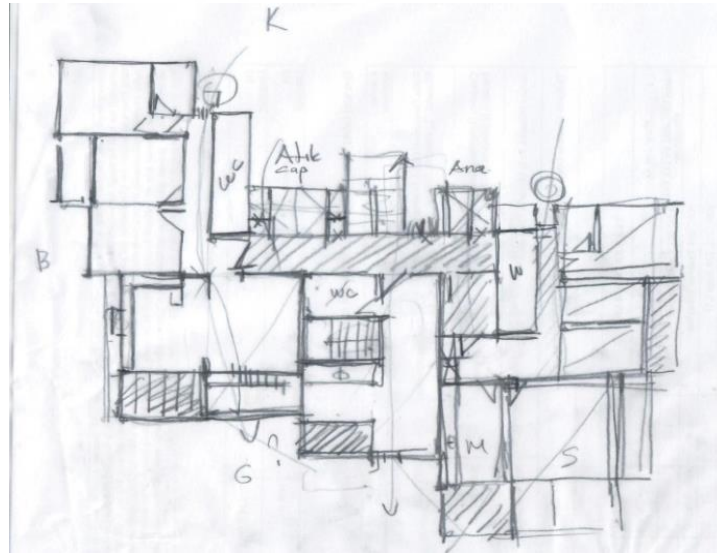


6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 6.19. Projede kuzey-güney aksında leke çalışmaları. Merdiven evi, asansör boşlukları gibi çekirdek oluşumların kuzeyde bırakılması, yaşam alanlarının güneye yönlendirilmesi.



Şekil 6.20. Kat planı çalışmaları.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA

ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Bu analizde çevre binaların arsaya gölge iz düşümlerinin tespit edilebilmesi, tasarlanacak iki blokun arsada konumlandırılması açısından önemlidir. CORS cihazı ile çevre binaların uydudan koordinatlarla boyutları ve konumları tespit edilip, Netcad GIS- Coğrafik Bilgi Sistemi yazılımına aktarılmıştır (Şekil 6.21).



Şekil 6.21. Netcad programına aktarılmış çevre bina konum ve boyutları.

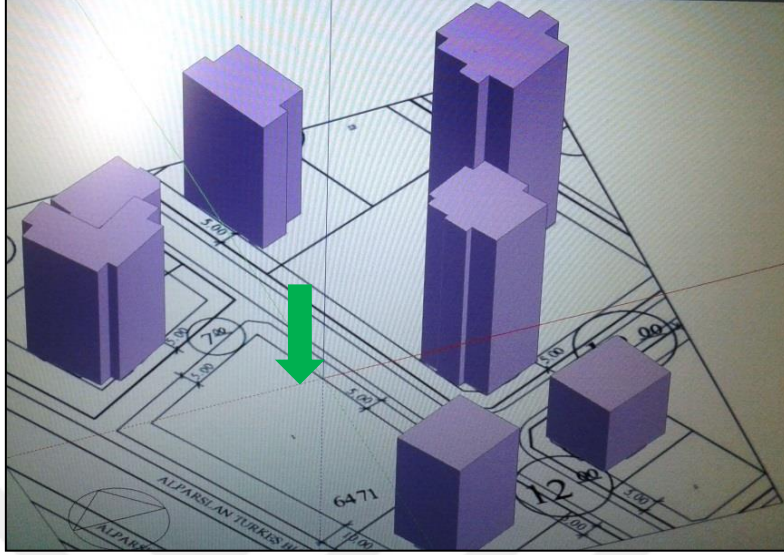
Çevre binaların gölgeleme analizi; simülasyon programında, CAD tabanlı aktarılan konum bilgileri ile çevre bina kütlelerinin çiziminden elde edilmiştir. Aylık ve saatlik güneş dolanım güzergâhından hesaplanan bu bilgi için çevre analizinde tasarımcının bizzat, ölçüm araçları ile sahayı gün içinde deneyimlemesi faydalı olmaktadır. Simülasyon programlarında çevre analizleri tasarımın yönlendirilmesinde doğru kararlar almayı desteklemektedir. CAD tabanlı çizim ortamına ataması gerekmektedir. Yapı üretimcilerinin hızlı süreçte projelendirilmiş

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

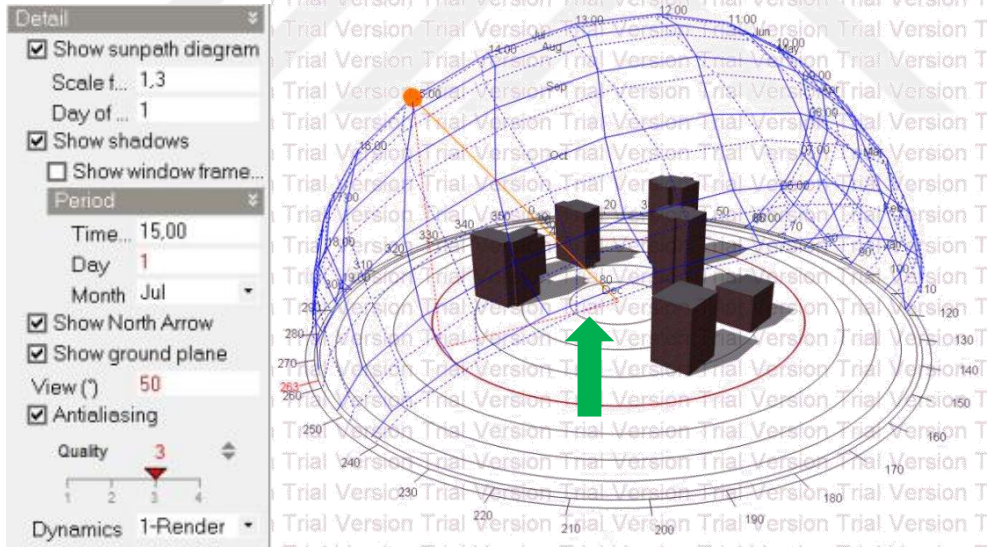
85

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 6.23. DB programında proje alanı (yeşil ok gösterimi) - çevre binalar ilişkisi, modelleme



Şekil 6.24. DB programında 1 Temmuz, saat 15.00 dinamik simülasyonunda çevre binaların proje alanına (yeşil ok gösterimi) gölge izdüşümü, gölgeleme analizi

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Dış Çevre Bileşenlerinin Tasarımda Değerlendirilmesi: Araştırma konusu proje alanında dış çevre bileşenleri pasif bina tasarım ilkeleri simülasyon araçlarında desteklenmiştir. Arsanın yerel kaynakları ve bunların doğru kullanımı, yapı ve çevre etkileşim etüdü, simülasyon araçlarının tasarıma dahil edilmesi ile verimlilik mümkün olabilmektedir (Şekil 6.25). Bilim, ekonomi, ekoloji ve teknolojinin birlikteliği, ekolojik yapı teknolojisi ve iletişim teknolojisi alanında bilimsel gelişmelere neden olmuş, doğrudan veya dolaylı biçimde enerji kaynakların sürdürülebilir yönetimi güncel bir yaklaşım olmuştur (Asımgil, 2016).



Şekil 6.25. Tasarıma simülasyon araçları desteği.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA

ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Buna göre; ılıman iklimlerde, binayı güneye yönlendirerek veya güneyden güneş ışığı alabilmeyi sağlayarak, doğal enerji akışına dayalı ısıtma transferi yolu ile binanın ısıtılması ve soğutulması sağlanabilmektedir.

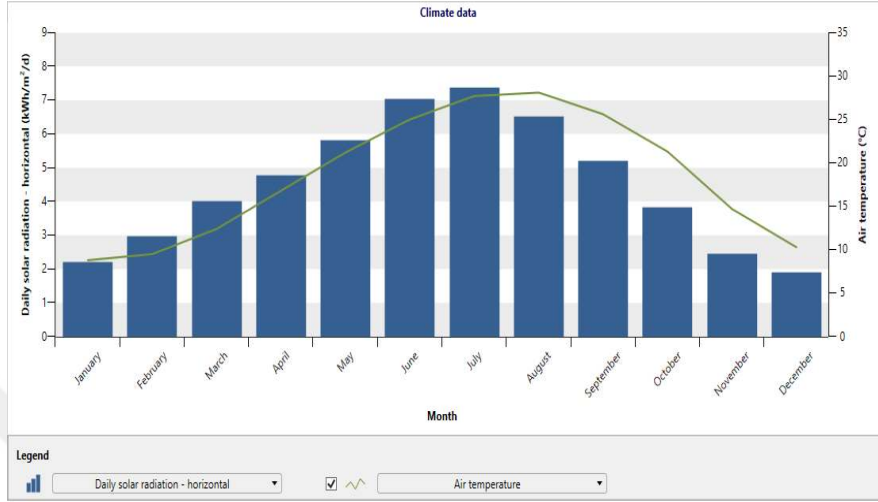
Yönlenme: Binanın bulunduğu iklim çözümüne göre yaşam alanlarının güneye yönelmesi, kentin konumundan kaynaklanan güneybatı hâkim rüzgârından hava sirkülasyonu sağlaması için de kuzey-güney aksının yerleşimlerde karşılıklı açık olması önemlidir. Mevsim ihtiyaçlarına göre ısı kütlesi etkisi ve güneş ışınından yararlanma ve korunma açısından çevre binalar, tasarlanacak binaların konum ve yönelmelerinde önemli ölçütlerdir.

Adana iklim özellikleri verilerine göre günlük solar radyasyon ve hava sıcaklığı Temmuz ayında en yüksek değere ulaştığı için Temmuz ayında sabah, öğle akşam saatleri örneklendirilmiştir (Şekil 6.26).

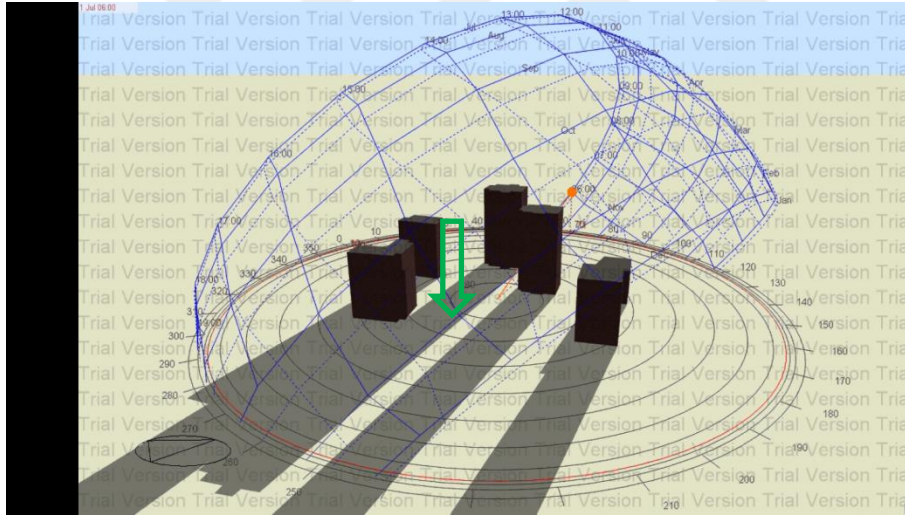
Örneğin; Şekil 6.27, 6.28, 6.29' da tez çalışma arsası (yeşil okla gösterilmiştir) merkez alındığında, çevresindeki binaların üzerindeki her bir yay, güneşin mevsimsel geliş açısına göre 12 ayın sıralamasıdır. Diğer yöndeki yaylar, saatlik dilimlerdir. Zemindeki 360° çember, saatlik güneş ışınımının seçilen yer merkez olacak şekilde, o merkez etrafında 360° izlediği yoldur. Saat 06.00 noktasındaki turuncu küçük küre güneşi temsil etmektedir. En sıcak ay Temmuz için, çevre binaların arsada gölge iz düşümleri sabah saat 06.00'da en uzun, saat 10.00'da arsadan uzaklaşmış, kısalmaya başlamıştır. Komşu binaların gölgesinin tekrar arsaya düşmesi güneş batarken, akşam saat 19.00'dan sonradır. Gölge analizine göre; arsanın parselasyonu bulvara paralel, batıya uzun cepheli olduğundan en sıcak ve ısı kazancının uzun sürdüğü saatlerde çevre binalardan gölge düşmemektedir. Güneşin tüm ısı ve aydınlığı uzun süreler arsa üzerindedir. Bu sebeple; kullanımı sık ve soğutma gerektiren alanlarının batıya yönlendirilmemesi, batı cephesindeki yüzey ve açıklık ve saydam alanlarda, yalıtım ve gölgeleme elemanı kullanılması, koyu cephe renklerinin uygulanmaması, batıda kışın yapraklarını döken ağaçlarla çevre düzenlemesi yapılması enerji ihtiyacını azaltacak tasarım verileridir.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 6.26. Günlük solar radyasyon ve hava sıcaklık grafiği, (RetScreen Programı)



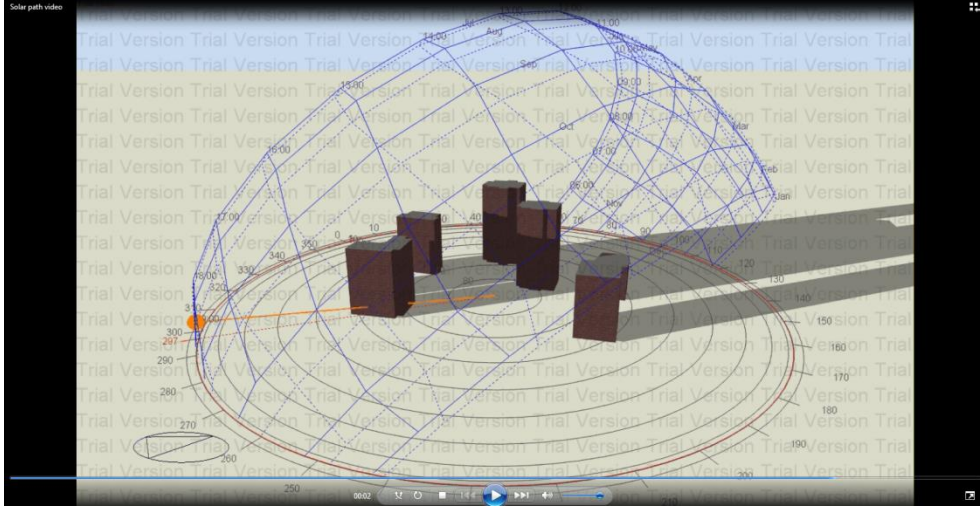
Şekil 6.27. DB programında **Temmuz, saat: 06.00** tarihleri girilerek çevre bina-, proje alanı (yeşil ok gösterimi), gölgeleme etkileşiminin analizi ve simülasyonu.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 6.28. DB programında **Temmuz, saat: 10.00** tarihleri girilerek çevre bina-proje alanı, gölgeleme etkileşiminin analizi ve simülasyonu.



Şekil 6.29. DB programında **Temmuz, saat: 19.00** tarihleri girilerek çevre bina-proje alanı, gölgeleme etkileşiminin analizi ve simülasyonu.

Edilgen Isıtma Sistemi/Doğrudan Kazanım: Proje arsasının uzun cephesi batıda olduğu için, özellikle yaz aylarında batıdan doğrudan güneş ışınlımından önemli ısı kazancı olacaktır. Sıcak iklim bölgelerinde binanın yüzeylerine gelen güneş ışınlımı binadaki en yoğun enerji kaynağıdır. Çelebi ve

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA

ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Gültekin (2007), güneş ışıınımı ile binanın gereksindiğı ısı ve ışık yanı sıra, fotosentez için gerekli olan ultraviyole ışıınımı ve hijyen etkisi gibi yararlar sağladığını da belirtmişlerdir; kışın yapraklarını döken ağaçlar kullanılarak, yazın gölge, kışın da güneşten ısı kazanımı sağlanabilir. Bir binanın kuzeyinde yaprağını dökmeyen ağaçlar kullanılırsa, bina kış rüzg rlarından korunur, hava sızıntıları önlendiğı için binanın enerji etkinliğini artırır. Bitkilerle ya da gölgeleme elemanları ile yazın gölgeleme kışın ise ısı kazancı, binanın enerji ihtiyacı miktarını düşürülebilmektedir.

Isı Kütlesi Etkisi/Dolaylı Kazanım: Güney ve batıdaki gündüz ısınan yapı kabuk ve bileşenlerindeki ısı birikimi; ısı kütlesi etkisi yaparak iç ortamda sıcaklık artışına neden olur. Kış aylarında bu ısı binanın ısınması için olumlu bir durumdur. Yaz aylarında binanın geç soğumasına neden olur.  nlemek için;

- Pencerelerde gölgeleme elemanı ile ısı kazancının kontrol edilebilir olması,
- Sağır yüzeylerde fotovoltai  panel uygulamalarıyla enerjinin depolanabilirliğı,
- Düşük enerji kullanılarak çalışan mekanik sistemlerin seçilmesi,
- Yapı bileşenlerinde ve i  yüklerde enerji verimliliğı yüksek, sertifikalı yapı malzemelerinin, ekipman ve donanımların kullanılması çözümsel yaklaşımlardandır.

Gece Gündüz Sıcaklık Farkından Doğan Havalanma: Bu çalışmada 2+1 dubleks ara daire gündüz kenar dairelere göre daha az dış etkilere maruz kalacağından yaz aylarında gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkından yararlanılarak i  ortamın sıcaklığı düştüğünde, bu alanda muhafaza edilip tampon bölge görevi görecektir. Dubleks olmasından dolayı üst kenar daireler de bu durumdan faydalanabilecektir.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA

ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Doğal Havalanma: Proje alanında hakim rüzgarın estiği güney batı cephesinin, batıda metro güzergahı boyunca açık olması, çevre binalarda yapı aralarında boşluklar olması karşılıklı havalandırmaya olanak verir. Planlamada iç mekânda rüzgârın bir yüzeyden girip, havanın ısınıp alarak karşı yüzeyden çıkması ve bu sirkülasyonun devam etmesi ile binalar havalanarak serinleme sağlanır.

Arsada, doğal havalanma ile beraber, su ile ilişkili tasarımlar yapılarak suyun serinletici etkisinden yararlanmak ve yazın binanın soğutma yükünü azaltmak da mümkündür. Suyun korunması; ya binaya giren suyun az olmasını sağlayacak, ya atık suyun miktarını azaltacak ya da her iki hedefi gerçekleştirecek yöntemler ile gerçekleştirilebilir.

Yapı Kütlesi ve Aralıkları: Projede bloklar zemin + 11 kat olarak planlanmıştır. Her yaşam alanı güneyden cephesi olacak şekildedir. Derinliği, kuzey güney aksında direk havalandırma sağlayabilmektedir. Cephedeki girinti ve çıkıntılar daha çok dış etkilere yüzey oluştursa da iç mekânların hava hareketinden faydalanması açısından soğuk iklim bölgelerinin kompakt yapısından farklıdır. Güneşten yararlanılması açısından da yapı aralıkları önemlidir. Kütlesel konumları ile binalar, doğal ışıktan en üst düzeyde yararlanmayı sağlayan pencere boyut, malzeme tasarımları, aydınlatma için kullanılan enerjinin düşük tutulmasını sağlar. Aynı zamanda doğal aydınlatma, iç mekânların aydınlatma kalitesini yükselterek kullanıcıların biyolojik ve psikolojik yapılarına olumlu etki etmektedir.

6.2.1. Design Builder Simülasyon Verilerinin Belirlenmesi

Bütünleşik bir bina tasarımı süreci, bina konumu, bina kabuğu (duvarlar, pencereler, kapılar ve çatı), ısıtma, havalandırma ve klima (HVAC) sistemi dâhil tüm bina bileşenlerinin etkileşimleri ve enerji potansiyellerin sayısal incelenmesini içerir. DesignBuilder programı genel olarak;

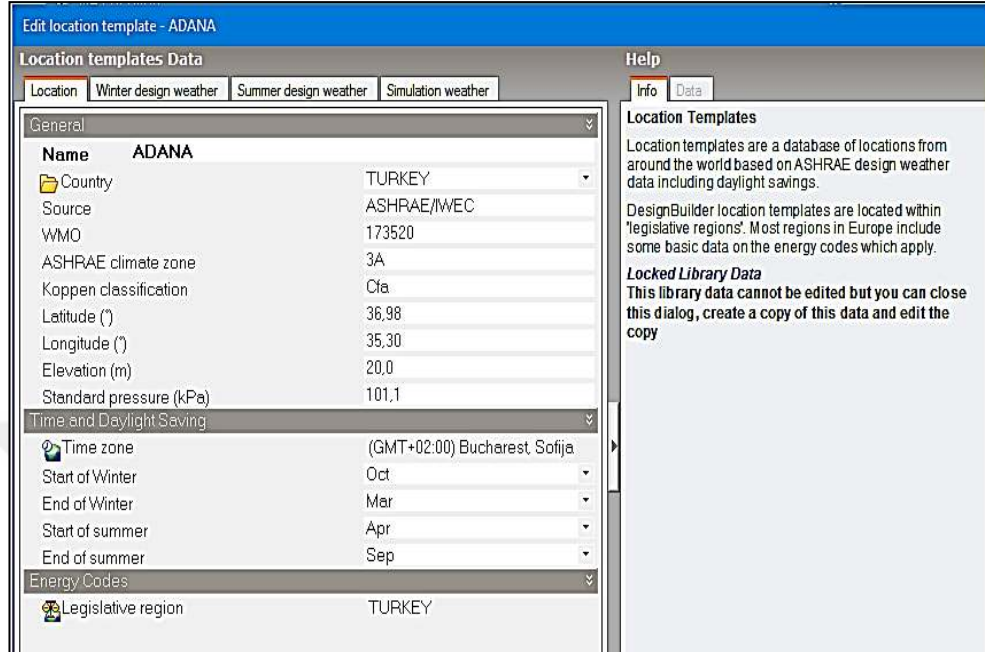
6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

- Proje kimlik bilgilerinin tanıtılması,
- Bina konumuna göre iklimsel verilerin seçilmesi,
- Çevre bina gölgeleme analizinin yapılması,
- Binanın geometrik modellemesinin yapılması,
- Isıl alanlara ayırma, ısı alanların kullanım bilgilerinin aktarılması,
- Yapı bileşen ve malzemelerinin seçimi,
- Opak-saydam alanların ve açıklıkların oluşturulması ve boyutlandırması,
- Aydınlatma seçimleri
- HVAC hesapları, mekanik donanımların eklenmesi
- Isıtma-soğutma tasarımı,
- Simülasyon değerlendirme
- Dinamik akışkanlar hesabı
- Gün ışığı hesaplaması,
- Maliyet ve CO² salınımı konularında enerji performans değerlendirme yapar.

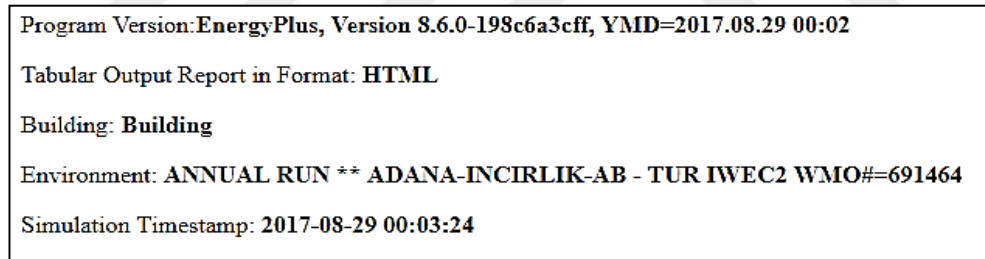
Konum, iklim özellikleri veri girişi, ASHRAE/1 (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers kaynağındaki Adana konum ve enerji kot verileri girilerek başlamıştır (*Şekil 6.30, 6.31*). DesignBuilder ve RetScreen programlarından Adana iklim verileri ve konum seçilmiştir. DB yazılımında ASHRAE iklim bölgesi Çizelgesinde Adana 3A iklim bölgesinde tanımlanmıştır. Buna göre; soğutma derece gün değeri 10⁰ C üzerindedir. En düşük 25⁰ C, en yüksek 35⁰ C, ılık- nemli bir iklime sahiptir (*Çizelge 6.2, 6.3*). Uluslararası bina enerji performansı standardı olarak kullanılan ASHRAE 90.1-2010 değerlerine göre simülasyon yapılmıştır.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 6.30. Design Builder konum verisi seçme sayfası.



Şekil 6.31. Adana için seçilen konum bilgisi.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Çizelge 6.2. Uluslararası İklim Bölgeleri (ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90,1-2007)

Country	
City	Zone

Peru	
LimaCallao/Chavez	2
San Juan de Marcona	2
Talara	2

Philippines	
Manila Airport (Luzon)	1

Poland	
Krakow/Balice	5

Romania	
Bucuresti/Bancasa	5

Russia	
Kaliningrad (E. Prussia)	5
Krasnoyarsk	7
Moscow Observatory	6
Petropavlovsk	7
RostovNaDonu	5
Vladivostok	6
Volgograd	6

Saudia Arabia	
Dhahran	1
Riyadh	1

Senegal	
Kakar/Yoff	1

Country	
City	Zone

Singapore	
Singapore/Changi	1

South Africa	
Cape Town/D F Malan	4
Johannesburg	4
Pretoria	3

Spain	
Barcelona	4
Madrid	4
Valencia/Manises	3

Sweden	
Stockholm/Arlanda	6

Switzerland	
Zurich	5

Syria	
Damascus Airport	3

Taiwan	
Tainan	1
Taipei	2

Tanzania	
Dares Salaam	1

Country	
City	Zone

Thailand	
Bangkok	1

Tunisia	
Tunis/El Auoina	3

Turkey	
Adana	3
Ankara/Etimesgut	4
Istanbul/Yesilkoy	4

United Kingdom	
Birmingham (England)	5
Edinburgh (Scotland)	5
Glasgow Airport (Scotland)	5
London/Heathrow (England)	4

Uruguay	
Montevideo/Carrasco	3

Venezuela	
Caracas/Maiquetia	1

Vietnam	
Hanoi/Gialam	1
Saigon (Ho Chi Minh)	1

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA

ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Çizelge 6.3. ASHRAE Standart 90,1-2007'ye göre Adana, uluslararası iklim ısı alanlarına göre 3, ılık ve nemli tanımına göre 3A olarak numaralandırılmıştır.

Zone Number	Zone Name	Thermal Criteria (I-P Units)	Thermal Criteria (SI Units)
1A and 1B	Very Hot –Humid (1A) Dry (1B)	9000 < CDD50°F	5000 < CDD10°C
2A and 2B	Hot-Humid (2A) Dry (2B)	6300 < CDD50°F ≤ 9000	3500 < CDD10°C ≤ 5000
3A and 3B	Warm – Humid (3A) Dry (3B)	4500 < CDD50°F ≤ 6300	2500 < CDD10°C < 3500
3C	Warm – Marine (3C)	CDD50°F ≤ 4500 AND HDD65°F ≤ 3600	CDD10°C ≤ 2500 AND HDD18°C ≤ 2000
4A and 4B	Mixed-Humid (4A) Dry (4B)	CDD50°F ≤ 4500 AND 3600 < HDD65°F ≤ 5400	CDD10°C ≤ 2500 AND HDD18°C ≤ 3000
4C	Mixed – Marine (4C)	3600 < HDD65°F ≤ 5400	2000 < HDD18°C ≤ 3000
5A, 5B, and 5C	Cool-Humid (5A) Dry (5B) Marine (5C)	5400 < HDD65°F ≤ 7200	3000 < HDD18°C ≤ 4000
6A and 6B	Cold – Humid (6A) Dry (6B)	7200 < HDD65°F ≤ 9000	4000 < HDD18°C ≤ 5000
7	Very Cold	9000 < HDD65°F ≤ 12600	5000 < HDD18°C ≤ 7000
8	Subarctic	12600 < HDD65°F	7000 < HDD18°C

TS 825 standardına göre ise; iklim bölgesi sayısı 4 olarak belirlenmiştir, bu sayı nem etkisi dikkate alındığında 6-7 olabilmektedir. İllere göre derece gün bölgeleri Çizelge 6.4'e göre, Adana birinci bölgededir.

İllerin çeşitli yöntemlere göre hazırlanmış iklim sınıflandırmalarından Trewartha İklim Sınıflandırması, evrensel sıcaklık ölçeğine göre değerlendirmesinde, Adana için kış mevsimi iklim tipi 'ılıman' (Ocak ayı ortalama sıcaklığı 9,6⁰ C), yaz mevsimi iklim tipi 'çok sıcak' (Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 28,1⁰ C)' olarak belirlemiştir.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Çizelge 6.4. TS 825 İllere Göre Derece Gün Bölgeleri

1. BÖLGE DERECE GÜN GÜNLERİ

ADANA	AYDIN	İÇEL	
OSMANİYE			
ANTALYA	HATAY	İZMİR	

2. BÖLGE DERECE GÜN GÜNLERİ

ADAPAZARI	ÇANAKKALE	TEKİRDAĞ	DENİZLİ
İSTANBUL	ORDU	ADİYAMAN	KAHRAMANMARAŞ
RİZE	AMASYA	KİLİS	YALOVA
TRABZON	DİYARBAKIR	SAMSUN	BALIKESİR
DÜZCE	SİİRT	BARTIN	SİNOP
KOCAELİ	ZONGULDAK	EDİRNE	MANİSA
BATMAN	MARDİN	BURSA	MUĞLA
GAZİANTEP	ŞANLIURFA	GİRESUN	ŞIRNAK

3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

AFYON	BURDUR	KARABÜK	MALATYA
AKSARAY	ÇANKIRI	KARAMAN	NEVŞEHİR
ANKARA	ÇORUM	KIRIKKALE	NİĞDE
ARTVİN	ELAZIĞ	KIRKLARELİ	TOKAT
BİLEÇİK	ESKİŞEHİR	KIRŞEHİR	TUNCELİ
BİNGÖL	İĞDIR	KONYA	
BOLU	ISPARTA	KÜTAHYA	

4. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

AĞRI	ERZURUM	KAYSERİ
ARDAHAN	GÜMÜŞHANE	MUŞ
BAYBURT	HAKKARİ	SİVAS
BİTLİS	KARS	VAN
ERZİNCAN	KASTAMONU	YOZGAT

Çizelge 6.5 ve 6.6’ da belirtilen Adana ilinin yıllık ısıtma ve soğutma gün dereceleri değerlendirmesine göre soğutma gerektiren gün sayısı CDD

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

(Cooling Degree Day) en yüksek olan Temmuz ayı için belirlenen saatler tez çalışmasında değerlendirilmiştir.

Çizelge 6.5. Meteoroloji Genel Müdürlüğü yıllık ısıtma-soğutma gün dereceleri

Isıtma ve Soğutma Gün Dereceleri														
Gösterim Şekli														
Yıllık Tablo ve Değerlendirme														
Yıllar														
2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018														
Merkez	G/D	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıllık
ADANA	HDD	291	197	62	4							58	164	776
	T≤15 °C	31	26	12	1							12	30	112
	CDD				7	19	129	261	244	172	17			849
	T>22 °C				5	14	30	31	31	30	17			158
ADIYAMAN	HDD	441	323	208	88	7					13	172	276	1528
	T≤15 °C	31	28	30	17	2					3	27	31	169
	CDD					19	179	340	299	201				1038
	T>22 °C					14	30	31	31	29				135
AFYONKARAHİSAR	HDD	633	427	322	224	98	11			7	190	341	420	2673
	T≤15 °C	31	28	31	27	19	3			2	30	30	31	232
	CDD					1	16	83	38	35				173
	T>22 °C					1	7	25	16	15				64

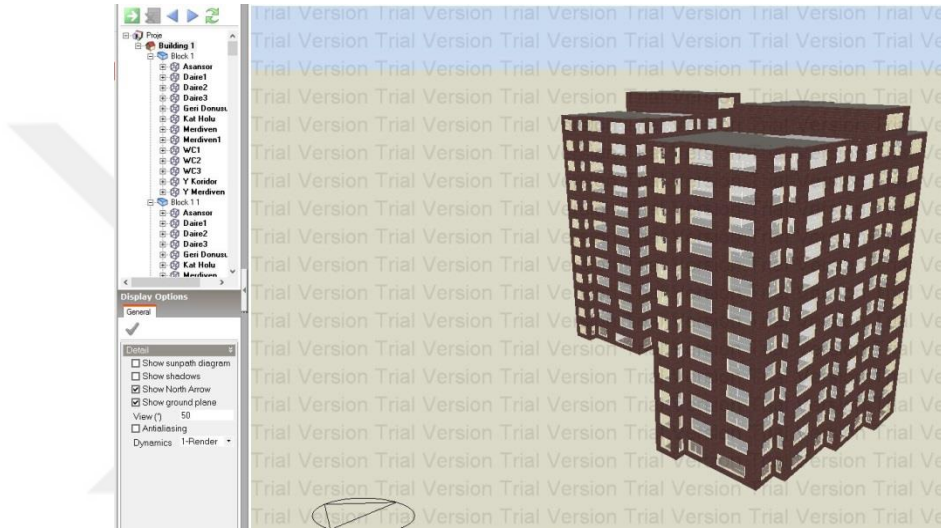
Çizelge 6.6. Meteoroloji Genel Müdürlüğü yıllık ısıtma-soğutma gün dereceleri

Isıtma ve Soğutma Gün Dereceleri									
Gösterim Şekli									
Yıllık Tablo ve Değerlendirme									
Yıllar									
2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018									
Aylar									
Ocak Şubat Mart Nisan Mayıs Haziran Temmuz Ağustos Eylül Ekim Kasım Aralık									
Merkez	Aylık (Temmuz)				Yıllık (2017)				
	HDD	T≤15 °C	CDD	T>22 °C	HDD	T≤15 °C	CDD	T>22 °C	
ADANA			261	31	776	112	849	158	
ADIYAMAN			340	31	1528	169	1038	135	
AFYONKARAHİSAR			83	25	2673	232	173	64	
Emirdağ			76	26	2625	226	202	67	
AGRI			53	25	4368	244	117	52	
AKSARAY			132	31	2407	208	326	90	
AMASYA			114	28	2049	201	343	91	
ANKARA			110	30	2493	217	289	80	
Polatlı			120	29	2465	213	307	80	

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Bina geometrisi oluşturma ve ısı bölgelere ayırma, İklim verileri sonrasında, bina eskizleri, kütle olarak modellenenerek, geometrisi araştırılmıştır (Şekil 6.32).Tasarı yapı kütleleri pasif tasarımda olduğu gibi zonlara ayrılarak, her katta mekânların optimum konfor düzeyinde yerleşimleri için etkileşimleri hesaplanmıştır (Şekil 6.33-6.38).



Şekil 6.32: Kütlesel bina geometrisi oluşturma.

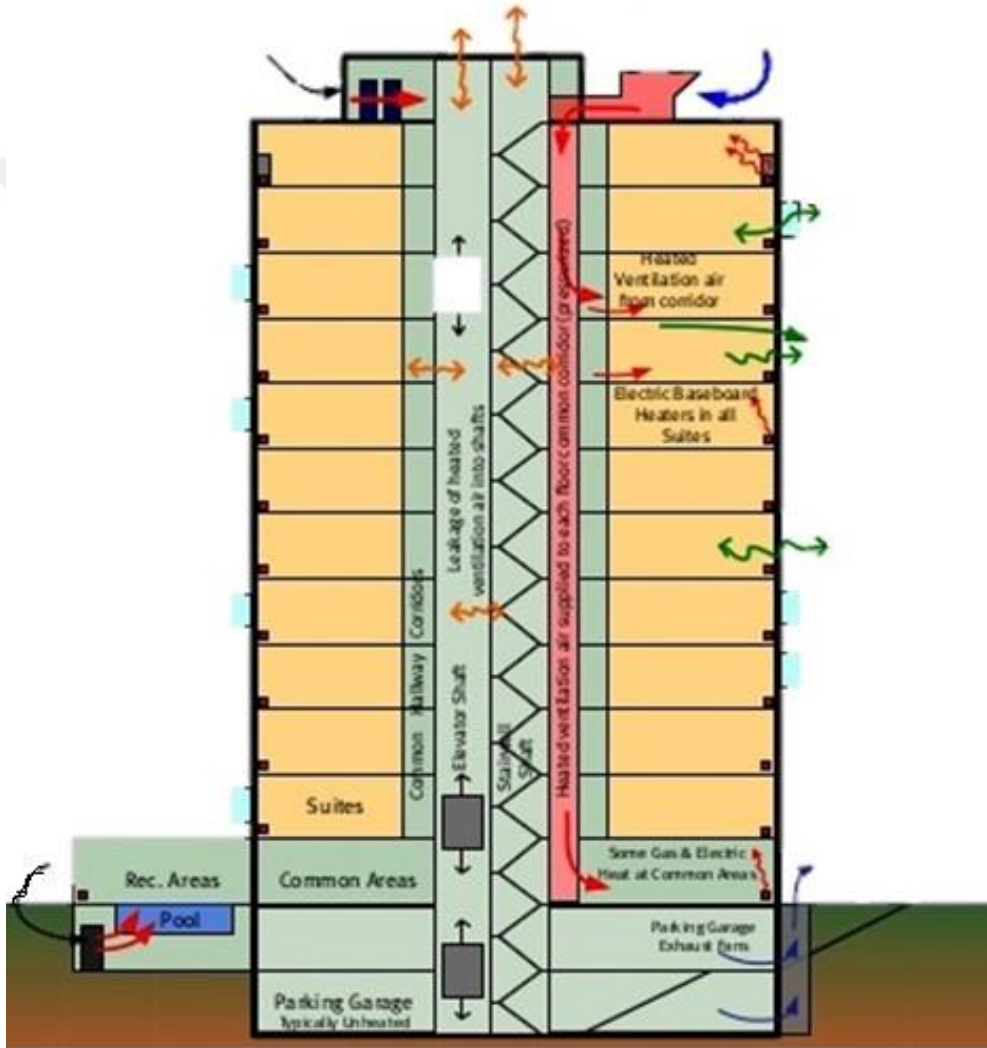
Zonlara ayırma ya da ısı mekânlar oluşturma, aslında Bektaş (2013)'ın Mimarlığı bir ' iç', ' iç' in de bir dış giyip ortaya çıktığı '3-4 boyutlu bir oylum' olarak tarifini doğrulamaktadır. Mimarlığı, insancıl oylumlar sunmak için, insanların gereksinimleri, mutlulukları, sağlıkları için çalışmak olarak açıklamıştır.

Tasarımdaki netleşmeden önceki yaşam alanı oluşumları simülasyon hesaplarına göre kalibre edildiğinde gerçek, konforlu mekanlar biçimlenmektedir. Her katta bina formundaki bulunduğu konumda, dışarı ile arakesit olan cephesine, hacmine, bitişik kullanılan ve kullanılmayan alanlarla etkileşimine, işlevine, kullanım sıklığına göre ısı alanlar;

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

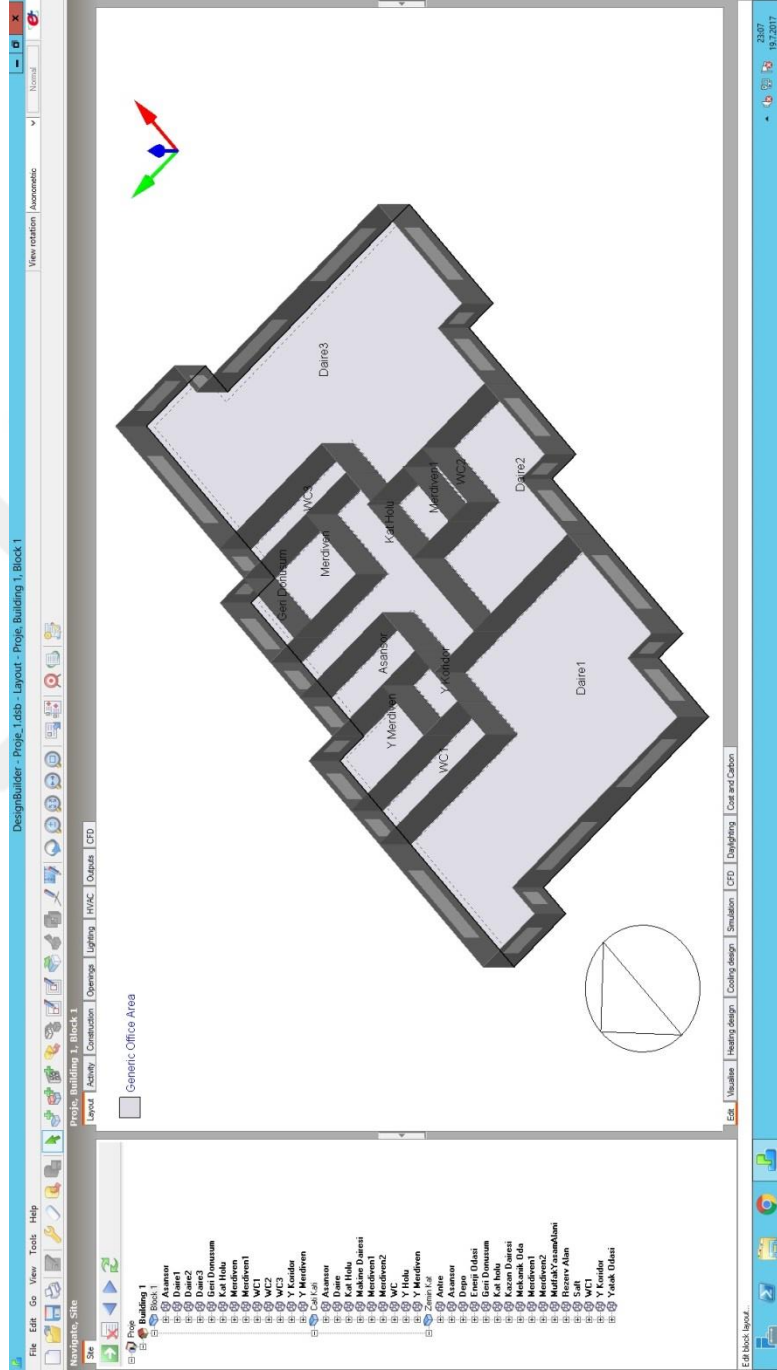
- ısı kayıp ve kazançları,
- aydınlatma, gün ışığı miktarı,
- doğal havalandırma,
- akışkan davranışları gibi çok boyutlu özelliklerle bir arada değerlendirilmektedir (Şekil 6.33).



Şekil 6.33. Çok katlı bir binada hava dolaşımı ve enerji kullanımı örneği (Finch G. ve Hepting C. , 2011).

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 6.34 Normal kat yapı bileşenleri ile zonlama (ısııl bölgelere ayırma).

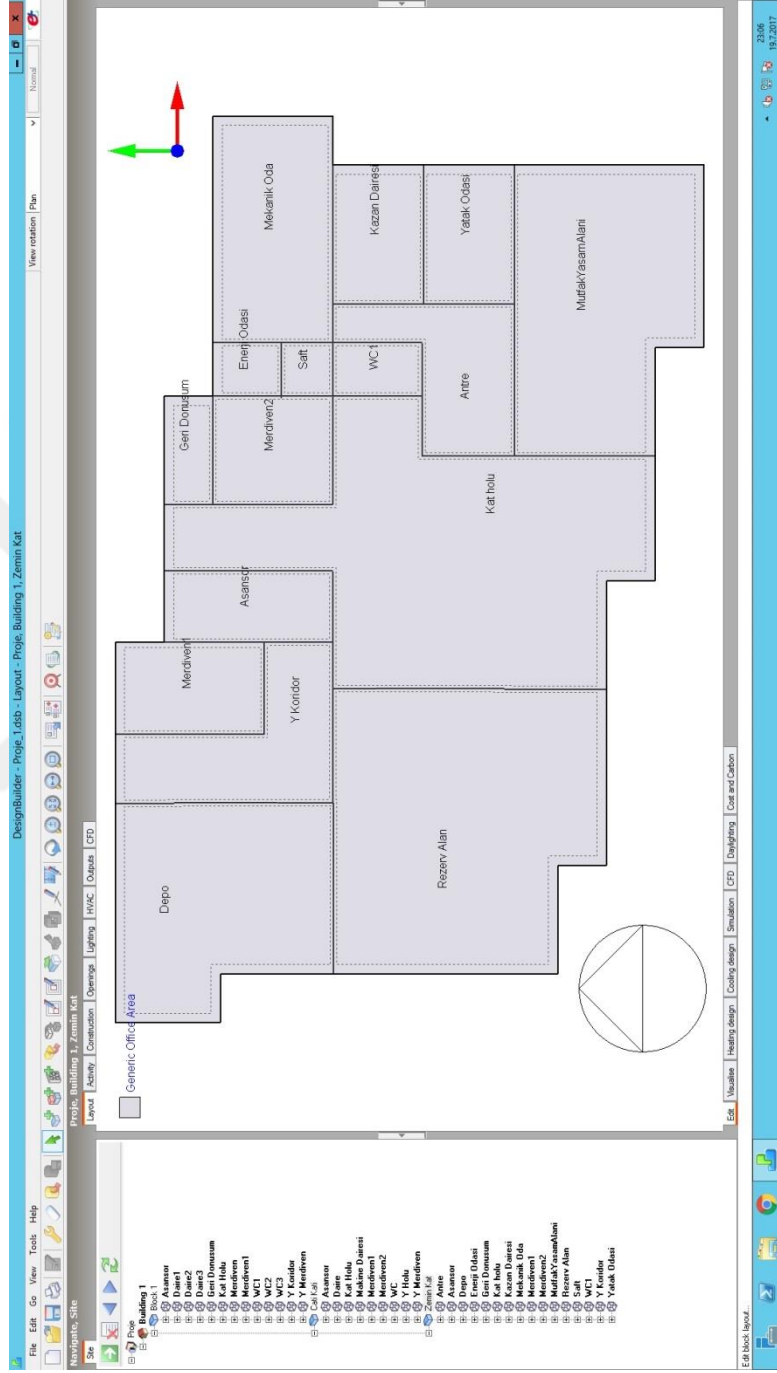
6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

1	Zone Summary	Area [m2]	Conditioned (Y/N)	Space Type	Lighting [W/m2]
2					
315	BLOCK1111111112:WC2	2,78	No	Restrooms	10,5
316	BLOCK1111111112:DAIRE2	33,59	Yes	Dwelling Unit	10
317	BLOCK1111111111:YMERDIVEN	10,94	No	Stairs	9
318	BLOCK1111111111:ASANSOR	9,64	No	Electrical/Mechanical	10,2
319	BLOCK1111111111:KATHOLU	28,97	Yes	Corridor	7,1
320	BLOCK1111111111:MERDIVEN	11,85	No	Stairs	9
321	BLOCK1111111111:WC3	8,8	No	Restrooms	10,5
322	BLOCK1111111111:DAIRE3	101,9	Yes	Dwelling Unit	10
323	BLOCK1111111111:YKORIDOR	5,04	No	Corridor	7,1
324	BLOCK1111111111:WC1	10,75	No	Restrooms	10,5
325	BLOCK1111111111:GERIDONUSUM	3,39	No	Inactive Storage	6,8
326	BLOCK1111111111:DAIRE1	101,99	Yes	Dwelling Unit	10
327	BLOCK1111111111:MERDIVEN1	5,95	No	Stairs	9
328	BLOCK1111111111:WC2	2,78	No	Restrooms	10,5
329	BLOCK1111111111:DAIRE2	33,59	Yes	Dwelling Unit	10
330	CATIKATIL:YMERDIVEN	11,45	No	Stairs	9
331	CATIKATIL:ASANSOR	8,68	No	Electrical/Mechanical	10,2
332	CATIKATIL:KATHOLU	23,19	Yes	Corridor	7,1
333	CATIKATIL:MERDIVEN2	9,99	No	Stairs	9
334	CATIKATIL:YHOLU	4,4	No	Corridor	7,1
335	CATIKATIL:MAKINEDAIRESI	5,85	No	Electrical/Mechanical	10,2
336	CATIKATIL:DAIRE	36,7	Yes	Dwelling Unit	10
337	CATIKATIL:MERDIVEN1	4,64	No	Stairs	9
338	CATIKATIL:WC	3,25	No	Restrooms	10,5
339	Total	8265,4			
340	Conditioned Total	6378,9			
341	Unconditioned Total	1886,4			

Şekil 6.35. Her katta, aynı zonlar için enerji gereksinim hesapları.

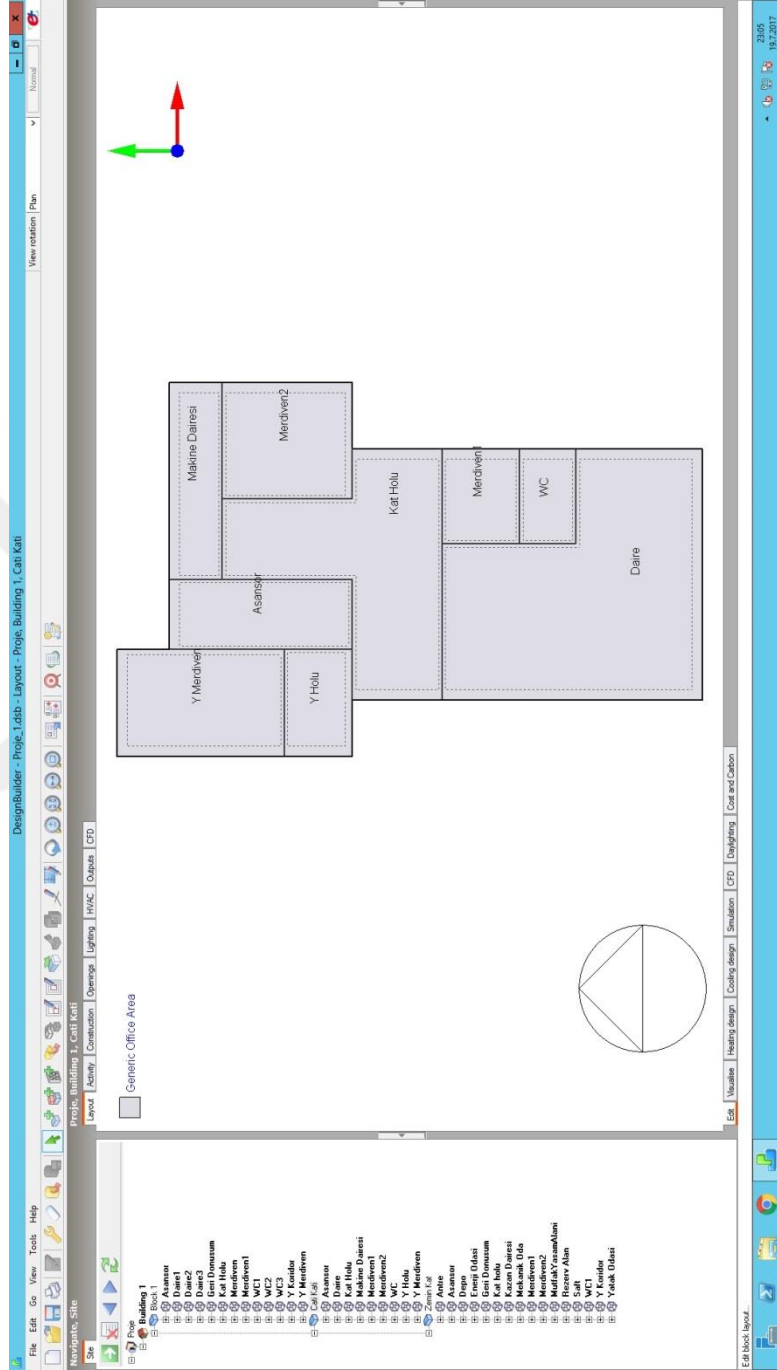
6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 6.36. Zemin kat zonlama (ısııl bölgelere ayırma)

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA ÖRNEĞİ

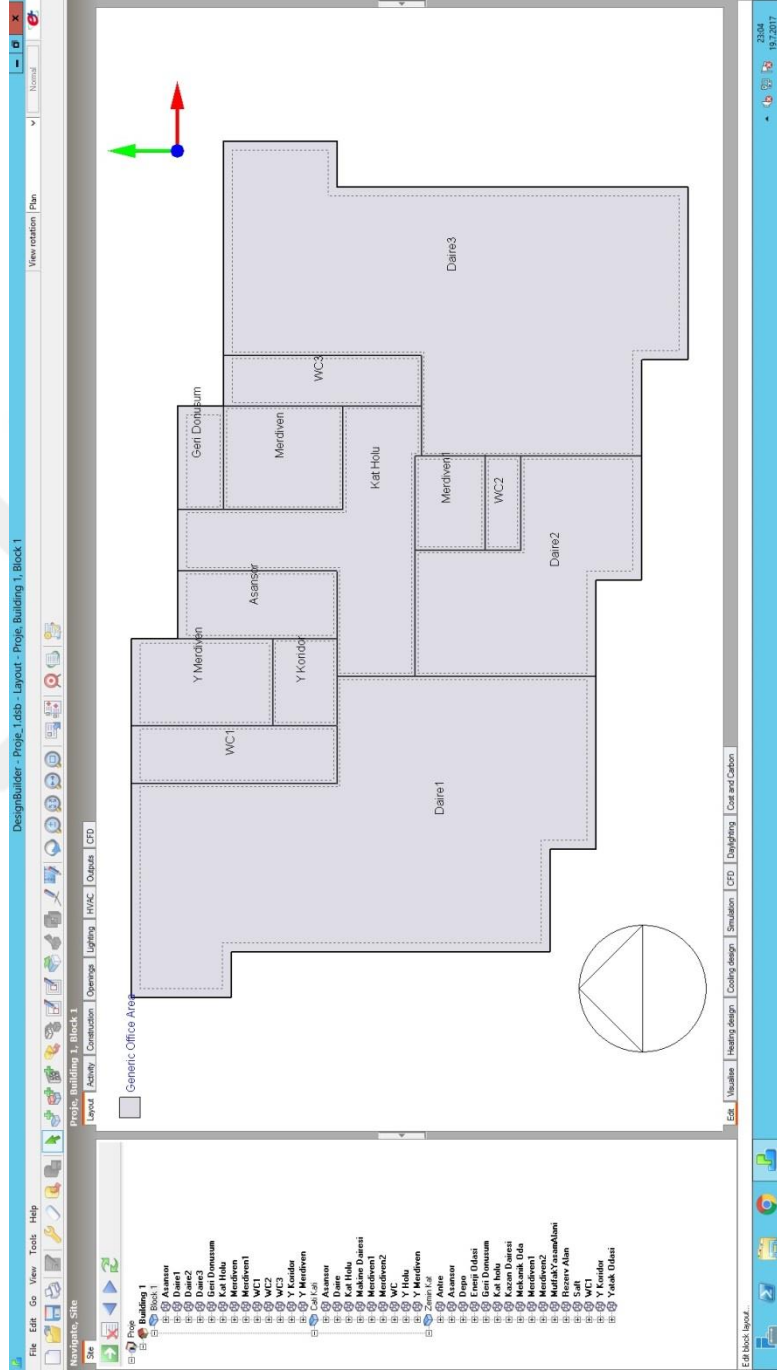
Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 6.37. Çatı kat zonlama (ısııl bölgelere ayırma).

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 6. 38. Normal kat zonlama (ısıl bölgelere ayırma).

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA

ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

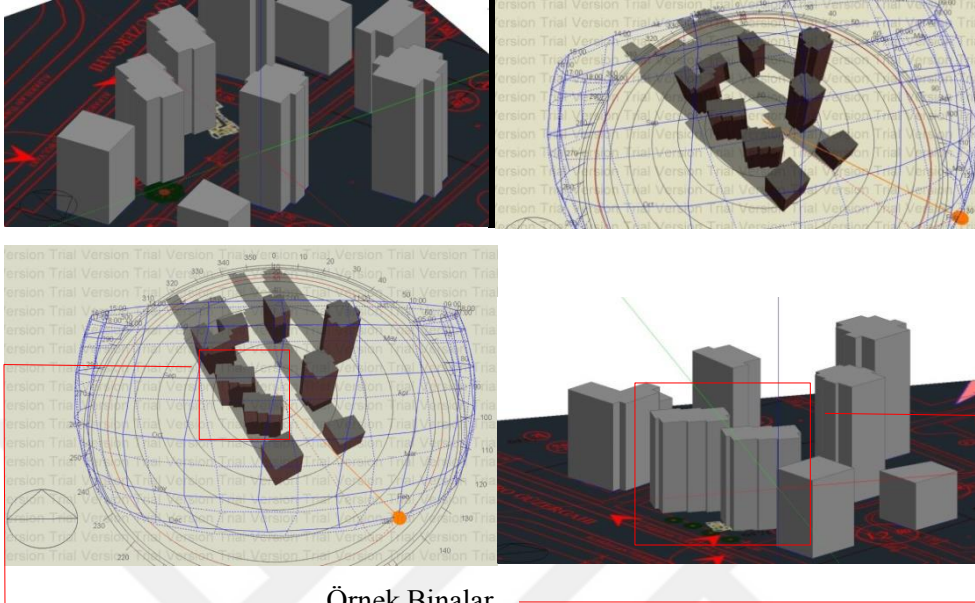
Yönlenme, iklim veri girişleri ve çevre binaların konumlarına göre etüd edilmiştir. İlk tasarımda, örnek bloklar manzara açısı ve güneye açık cephe arayışı ile kuzey- güney aksında yerleştirilmiştir (Şekil 6.39). İki binanın gölge analizine göre arsa boyutlarından dolayı, bazı bağımsız bölümlerin kış aylarında öndeki binanın gölgesinde kaldığı, yaz aylarında güneydeki kütlenin yine bazı ısıtma alanlarda hava akımını bloke ettiği belirlenmiştir (Şekil 6.40). Bu yönlenmede, toplam 95000Kw/h hesaplanan toplam enerji tüketimlerinin iki blokun soğutma yükünden kaynaklandığı görülmüştür.



Şekil 6.39. İlk yönlenme çalışması

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Örnek Binalar

Şekil 6.40. İlk yönlenme çalışması Aralık ve Ocak ayı gölge iz düşümleri.

Buna göre ikinci yönlenme denenmiştir. Burada da karşılıklı cephelerin çalışması dikkate alınmıştır. Her katta olan 3 bağımsız bölüm modüller olarak, aralarında hava dolaşımı sağlayacak açılımlar ile yan yana getirilmiştir (Şekil 6.41). Bu modül-kütle konumlanmasında kuzey ve güneydeki daire ve çekirdek arasındaki karşılıklı boşluklar, yazın ısı biriktiren modüllerin gün içinde serinlemesine imkan vermektedir. Bir blokta batıya olan cephe kütleinin en dar cephesi iken, diğer blok geriye çekilerek batıya bakan uzun cephesi güney batı hâkim rüzgârın etkisinde, bulvar gürültüsünden uzak konumlandırılmıştır.

İkinci yönlenme, arsa boyutlarına ve imarına göre hesap edilen daire sayısı baz alındığında bu konumlandırmanın enerji verimliliğine katkı sağlayacak olduğu belirlenmiştir. Isıl alan hesapları ve yapı bileşenleri ile yaklaşık olarak biçimlenen kat planları analiz edilmeye başlanmıştır (Şekil 6.42).

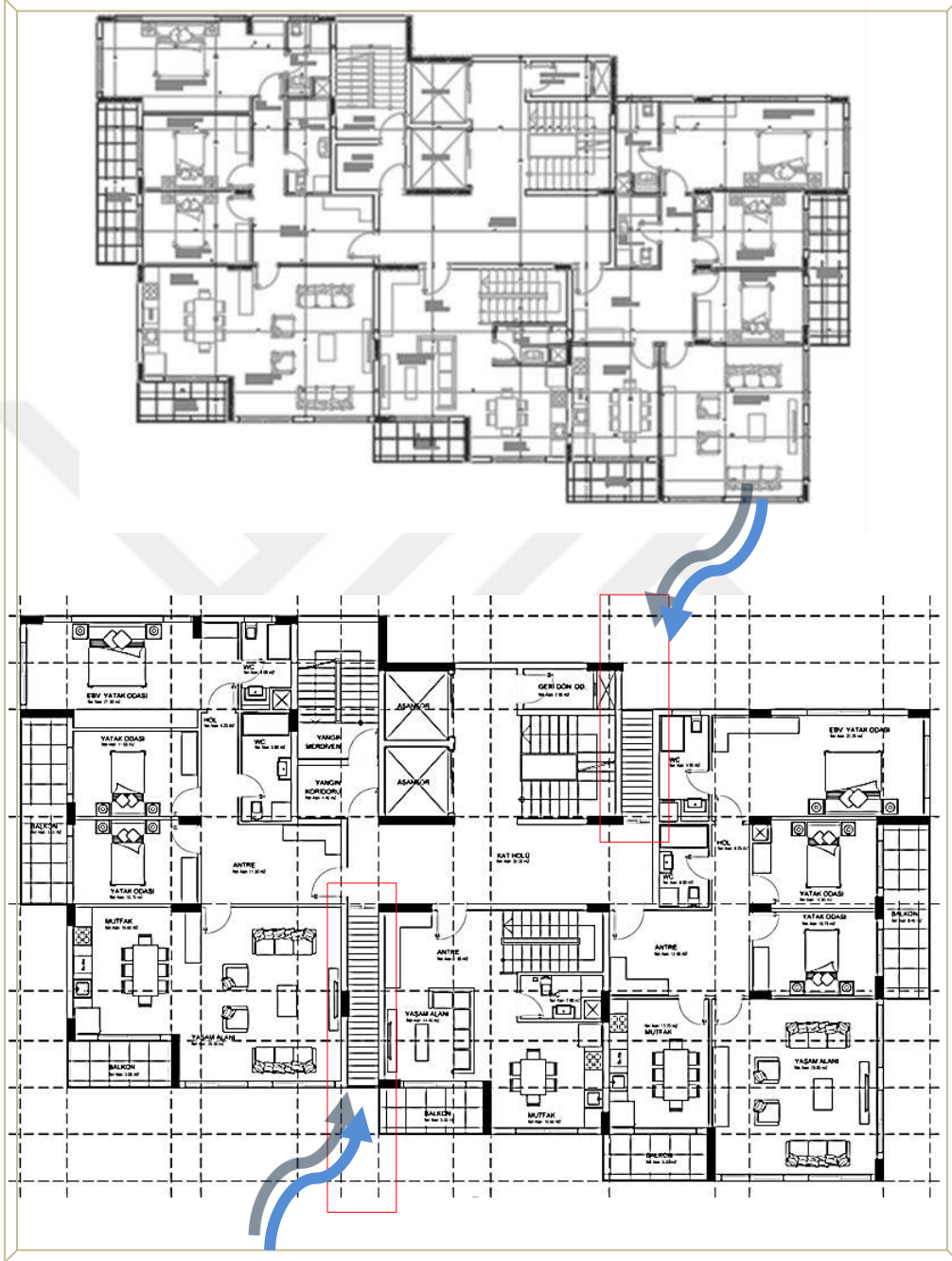
6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 6.41. İkinci yönlenme çalışması.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ

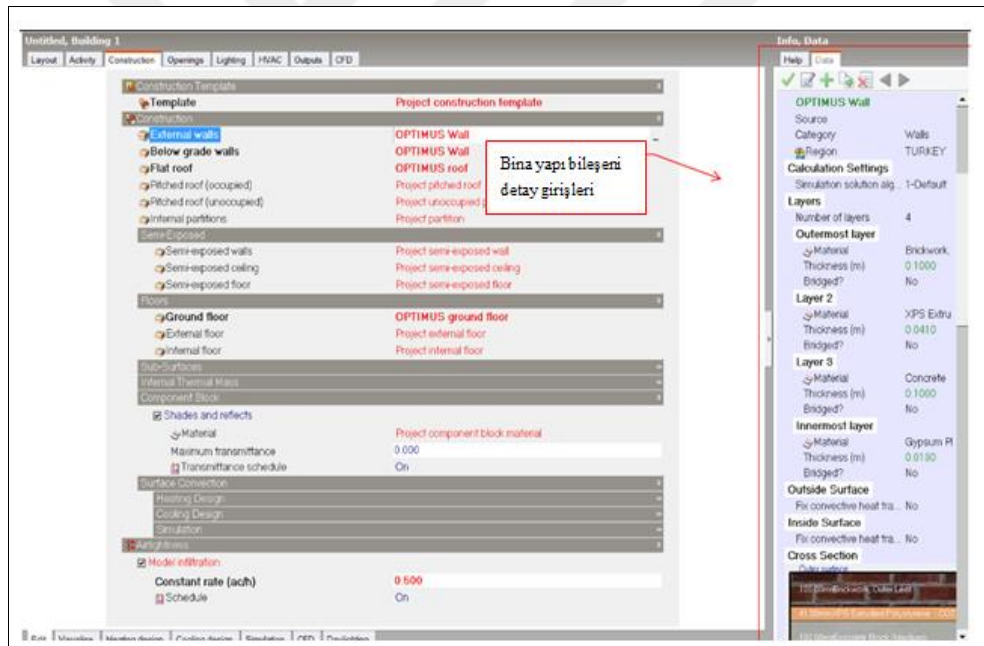
Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 6.42. Normal kat planları oluşturma ve modüllerin yarı boşluklu konum analizleri.

6.2.2. Bina Yapı Bileşenleri Girişi ve İyileştirme Alternatifleriyle Tasarımın Etüt Edilmesi

Programda her mekan için detaylı bilgi girişleri söz konusu olduğundan, dıştan içe doğru yalıtım malzemesi seçimi ve yapı kabuk bileşenleri veri olarak sisteme şekil 6.43’de gösterildiği gibi eklenmiştir. İyileştirme alternatiflerinin etüdü, Çizelge ve şekiller olarak buranın devamında yer alacaktır. İlk aşamada TS 825 yönetmeliği hesap değerleri girilerek, iyileştirmeler yapılmıştır. Bazı malzemelerin ve yüklerin hesapları TS 825’te olmadığından, uluslararası bina enerji performansı standardı olarak kullanılan ASHRAE 90.1-2010 değerlerine göre simülasyon yapılmıştır.



Şekil 6.43. Design Builder yapı bileşeni veri giriş sayfası.

Projelendirilen bina kabuğunda dış duvar yalıtımı, hammaddesi volkanik kayalar olan ekolojik ve çevre dostu, doğal bir ürün taş yünü seçilmiştir. Taş

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

yününü diğer yalıtım malzemeleri XPS, EPS, poliüretandan ayıran ve örnek projede tercih edilmesini sağlayan özellikleri şöyledir;

- Sağladığı yalıtım sayesinde fosil yakıtlara ihtiyaç azalmaktadır,
- Karbondioksit ve karbon monoksit salınımını azaltıcı etki gösterir,
- İnorganik yapısından ötürü bakteri ve mikroorganizmaların üremez ve malzeme çürümez,
- Buhar geçirgenliğine sahip olması sayesinde nem barındırmama, doymuş yapısından ötürü de su iticidir,
- Sıcaklığa bağlı olarak boyutları değişmez, homojen yapıya sahip olan taş yünü elyaflar mükemmel mekanik özelliklere ve değişmeyen boyut stabilitesine sahiptir.
- Çapraz geçişli sayısız elyaftan elde edilmesi sayesinde, titreşim ve ses enerjisi ısı enerjisine dönüştürülmektedir.
- DIN 4102 standardına göre A sınıfı yanmaz malzeme olup 750 °C maksimum kullanım sıcaklığı ile yangına karşı üstün bir performans göstermektedir.

Kürekçi, ve ark. (2012) ‘nın tüm iller için hesapladıkları optimum yalıtım kalınlıkları, ödeme süresi ve net tasarruf miktarı çalışmalarına göre (*Çizelge 6.7*); Taş yünü yalıtım kalınlığı 0,05m olduğunda optimum, 2,5-3 yılda geri ödeme süresi ve m² başına yıllık önemli ölçüde tasarruf miktarıyla Adana’daki proje alanı için uygun yalıtım malzemesi olduğu düşünülmektedir (*Şekil 6.44*). Batıya geniş cephesi olan proje alanında binalara gelecek uzun süreli ısı ve ışınımından muhafaza edip, sıcak aylarda soğutma yükünü ve bulvar üzerindeki gürültüyü azaltacak çevre dostu malzeme tercih edilmiştir.

TS 825 ısı yalıtım hesabına göre 13,5’ luk tuğla duvar 3 cm ile 4 cm kalınlığında taş yünü ile yalıtıldığında TS 825’teki U_D 0,70 W/m²K değerini

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA

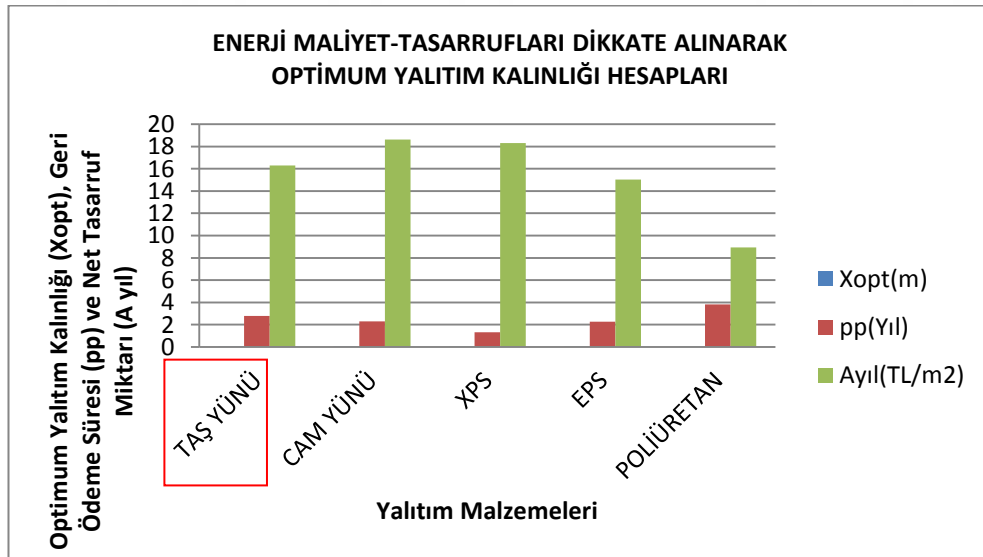
ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

sağlamaktadır. Yalıtım kalınlığı 4 cm olduğunda ASHRAE 90,12'e göre U_D 0,58 W/m^2K 'i sağlayarak, ısı geçirgenliği diğerlerine göre en verimli olan değer elde edilmektedir (Çizelge 6.8).

Çizelge 6.7. Tüm İllerin Doğal Gaz Yakıtı İçin Yalıtım Malzeme Çeşitlerine Göre Optimum Yalıtım Kalınlığı (Xopt), Geri Ödeme Süresi (pp) ve Net Tasarruf Miktarı (A yıl).

		DOĞAL GAZ														
		TAŞ YÜNÜ			CAM YÜNÜ			XPS			EPS			POLİÜRETAN		
İLLER		Xopt	pp	Ayl	Xopt	pp	Ayl	Xopt	pp	Ayl	Xopt	pp	Ayl	Xopt	pp	Ayl
		(m)	(Yıl)	(TL/m ²)	(m)	(Yıl)	(TL/m ²)	(m)	(Yıl)	(TL/m ²)	(m)	(Yıl)	(TL/m ²)	(m)	(Yıl)	(TL/m ²)
1	ADANA	0,05	2,79	16,29	0,06	2,29	18,61	0,04	1,32	18,29	0,03	2,27	15,03	0,01	3,81	8,93
2	ADİYAMAN	0,07	1,85	40,12	0,09	1,62	43,65	0,07	1,65	43,22	0,05	1,96	38,10	0,02	2,67	28,20
3	AFYON	0,1	1,48	75,78	0,12	1,24	80,61	0,09	1,22	80,02	0,07	1,53	73,01	0,03	2,10	59,10
4	AĞRI	0,13	1,18	128,51	0,15	0,96	134,78	0,12	1,00	134,03	0,10	1,32	68,25	0,04	1,66	106,44
5	AMASYA	0,08	1,57	56,04	0,1	1,36	60,22	0,08	1,42	59,72	0,06	1,73	53,68	0,03	2,69	41,93
6	ANKARA	0,09	1,43	70,89	0,12	1,31	75,57	0,09	1,29	75,02	0,07	1,62	68,25	0,03	2,22	54,91
7	ANTALYA	0,05	2,25	22,10	0,07	2,08	24,74	0,05	1,99	24,44	0,04	2,61	20,63	0,02	4,18	13,32



Şekil 6.44. Yalıtım malzemeleri optimum yalıtım kalınlığı, geri ödeme süresi, net tasarruf miktarı karşılaştırması.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Çizelge 6.8. Yeni proje dış duvar iyileştirme seçenekleri.

ISI İLETİM KATSAYILARI ÖRNEK UYGULAMA TABLOSU					
DİŞ DUVAR-TS 825	TUĞLA DUVAR (13.5 cm) + TAŞ YÜNÜ				
		Kalınlık	Kalınlık	İletkenlik Kat. (λ)	1/λ
	DIŞ FİLM	1	1	25	0.040
	1 SIVA	3 cm	0.03 m	1.4	0.021
	2 TUĞLA	13.5 cm	0.135 m	0.4	0.338
	3 İZOLASYON LEHVA (TAŞYÜNÜ)	3 cm	0.03 m	0.034	0.882
	4 SIVA	3 cm	0.03 m	1.4	0.021
	İÇ FİLM	1	1	7.7	0.130
	TOPLAM				1.433
	Yalıtım Kalınlığı (cm) 3				U= 0.70 W/m²K
DİŞ DUVAR-%10 iyileştirme	TUĞLA DUVAR (13.5 cm) + TAŞ YÜNÜ				
		Kalınlık	Kalınlık	İletkenlik Kat. (λ)	1/λ
	DIŞ FİLM	1	1	25	0.040
	1 SIVA	3 cm	0.03 m	1.4	0.021
	2 TUĞLA	13.5 cm	0.135 m	0.4	0.338
	3 İZOLASYON LEHVA (TAŞYÜNÜ)	3.5 cm	0.035 m	0.034	1.029
	4 SIVA	3 cm	0.03 m	1.4	0.021
	İÇ FİLM	1	1	7.7	0.130
	TOPLAM				1.580
	Yalıtım Kalınlığı (cm) 3.5				U= 0.63 W/m²K
DİŞ DUVAR-%15 iyileştirme	TUĞLA DUVAR (13.5 cm) + TAŞ YÜNÜ				
		Kalınlık	Kalınlık	İletkenlik Kat. (λ)	1/λ
	DIŞ FİLM	1	1	25	0.040
	1 SIVA	3 cm	0.03 m	1.4	0.021
	2 TUĞLA	13.5 cm	0.135 m	0.4	0.338
	3 İZOLASYON LEHVA (TAŞYÜNÜ)	3.8 cm	0.038 m	0.034	1.118
	4 SIVA	3 cm	0.03 m	1.4	0.021
	İÇ FİLM	1	1	7.7	0.130
	TOPLAM				1.668
	Yalıtım Kalınlığı (cm) 3.8				U= 0.60 W/m²K
DİŞ DUVAR-ASHRAE 90.1	TUĞLA DUVAR (13.5 cm) + TAŞ YÜNÜ				
		Kalınlık	Kalınlık	İletkenlik Kat. (λ)	1/λ
	DIŞ FİLM	1	1	25	0.040
	1 SIVA	3 cm	0.03 m	1.4	0.021
	2 TUĞLA	13.5 cm	0.135 m	0.4	0.338
	3 İZOLASYON LEHVA (TAŞYÜNÜ)	4 cm	0.04 m	0.034	1.176
	4 SIVA	3 cm	0.03 m	1.4	0.021
	İÇ FİLM	1	1	7.7	0.130
	TOPLAM				1.727
	Yalıtım Kalınlığı (cm) 4				U= 0.58 W/m²K

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Çizelge 6.9. Yeni proje çatı bileşenlerinin iyileştirme seçenekleri.

ÇATI - TS 825	BETONARME + Taş Yünü				
	Kalınlık	Kalınlık(L)	İletkenlik Kat. (λ)	1/λ	
	DIŞ FİLM	1	1	25	0.040
	1 KAPLAMA	2 cm	0.02 m	0.033	0.606
	2 BETONARME	20 cm	0.2 m	1.6	0.125
	3 İZOLASYON LEHVA	4 cm	0.04 m	0.034	1.178
	4 ÇAKIL	0 cm	0 m	0.55	0.000
	5 SIVA	3 cm	0.03 m	0.2	0.150
	İÇ FİLM	1	1	7.7	0.130
	TOPLAM				2.227
	Yalıtım Kalınlığı (cm)	4			
					U= 0.45 W/m²K
ÇATI - %10 İYİLEŞTİRME	BETONARME + Taş Yünü				
	Kalınlık	Kalınlık(L)	İletkenlik Kat. (λ)	1/λ	
	DIŞ FİLM	1	1	25	0.040
	1 KAPLAMA	2 cm	0.02 m	0.0338	0.592
	2 BETONARME	20 cm	0.2 m	1.6	0.125
	3 İZOLASYON LEHVA	5 cm	0.049 m	0.034	1.412
	4 ÇAKIL	0 cm	0 m	0.55	0.000
	5 SIVA	3 cm	0.03 m	0.2	0.150
	İÇ FİLM	1	1	7.7	0.130
	TOPLAM				2.448
	Yalıtım Kalınlığı (cm)	5			
					U= 0.41 W/m²K
ÇATI - %15 İYİLEŞTİRME	BETONARME + Taş Yünü				
	Kalınlık	Kalınlık(L)	İletkenlik Kat. (λ)	1/λ	
	DIŞ FİLM	1	1	25	0.040
	1 KAPLAMA	2 cm	0.02 m	0.04	0.455
	2 BETONARME	20 cm	0.2 m	1.6	0.125
	3 İZOLASYON LEHVA	6 cm	0.06 m	0.034	1.780
	4 ÇAKIL	0 cm	0 m	0.55	0.000
	5 SIVA	3 cm	0.03 m	0.2	0.150
	İÇ FİLM	1	1	7.7	0.130
	TOPLAM				2.659
	Yalıtım Kalınlığı (cm)	6			
					U= 0.38 W/m²K
ÇATI - ASHRAE 90.1	BETONARME + Taş Yünü				
	Kalınlık	Kalınlık(L)	İletkenlik Kat. (λ)	1/λ	
	DIŞ FİLM	1	1	25	0.040
	1 KAPLAMA	2 cm	0.02 m	0.036	0.556
	2 BETONARME	20 cm	0.2 m	1.6	0.125
	3 İZOLASYON LEHVA	9 cm	0.09 m	0.034	2.639
	4 ÇAKIL	0 cm	0 m	0.55	0.000
	5 SIVA	3 cm	0.03 m	0.2	0.150
	İÇ FİLM	1	1	7.7	0.130
	TOPLAM				3.640
	Yalıtım Kalınlığı (cm)	9			
					U= 0.27 W/m²K

Örneklenen projede yalıtımlı çatı, 4cm yalıtım kalınlığı ile TS 825'e göre U değeri sınırda 0,45 W/m²K iken, ASHRAE 90,1 değerlendirmesinde yalıtım kalınlığı 9 cm girildiğinde en verimli U değeri 0,27 W/m²K elde edilmektedir (Çizelge 16). Adana gibi çok sıcak ve nemli iklimlerde çatı örtüsü ek maliyet

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA

ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

olarak görülmektedir. Çok katlıların en çok dış etkiye maruz kalan üst yüzeyleri, güneş enerjisi sistemlerinin kurulumu için gezilen ya da gezilmeyen teras çatı olarak düzenlenmektedir (Şekil 6.45). Çatı örtüsü uygulandığında, yapı genelindeki ısıl durumun muhafaza edildiği ve dış etkinin azaldığı çatı alanları, tampon görevi görmektedir.



Şekil 6.45. Sıcak iklim bölgelerinde son kat üzeri terasların kullanımı.

Dağsöz ve ark. (1999), teras çatının dış ortam sıcaklık farklarındaki durumunu bina fiziği açısından değerlendirdiklerinde; yazın teras çatı yüzeyindeki sıcaklık yaklaşık 100°C 'lere kadar yükselmekte, gece ile gündüz arasında ve yağış halinde $\sim 20^{\circ}\text{C}$ - 30°C 'lik ani sıcaklık farkları meydana geldiğini belirtmektedirler. Adana gibi sıcak iklim bölgelerinde bina teraslarında yapı üst kabuğu olan son kat döşemelerinin sıcaklık farklarından yalıtımla korunması gerekmektedir. Dağsöz ve

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA

ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

ark., (1999) durumun önemini şöyle örneklendirir; Beton ve betonarmenin beher metresinde 10 C'lik sıcaklık farkı sebebiyle meydana gelen genişleme veya büzülme 0.010 mm'dir.

$$\text{Sıcaklıkla boy değişimi ifadesi } \Delta L = \alpha * L * \Delta T$$

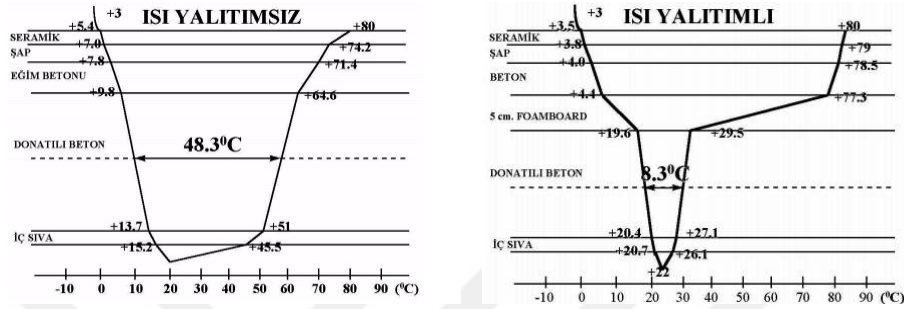
α : ısı genleşme katsayısı (1/0 C) olup, beton için ısı genleşme katsayısı 10-5 1/0 C 'dir. 10 m. boyundaki bir beton döşeme plağı 1000⁰ C' lik sıcaklık farkına maruz kalması halinde 1 cm. genişleyecek ve büzülecektir. Sıcaklık değişimi cisimlerin bünyesinde gerilmeler yaratır. Isınma basınç, soğuma ise çekme gerilmesi olarak görünür. Teras çatılarda en fazla sıcaklık, yazın en sıcak gününün sıcaklık değeri olarak alınamaz. Burada güneşin çatıda yaptığı ısıma yolu ile ısı depolama sonucu oluşan max. değer kabul edilir. Aynı şekilde sıcaklık değişimi ile bünyede oluşacak kuvvet ve gerilmelerin hesaplanmasında ise $\Delta L = F * L / A * E$ ifadesinden yararlanılıp, beton için elastisite modülü 17.104 ton/m² dir.

Buna göre, 25 m. boyundaki ve +10⁰C de dökülen betonda 80⁰C' lik senelik sıcaklık farkı olduğunda ısınmadan dolayı meydana gelen basınç 136 ton/m² olarak hesaplanmaktadır. Bu kuvvet parapet duvarlarına, kolonlara, taşıyıcı kısımlara ve ankrajlara yüklenir. Önceden bu gerilmeler, hesaba katılmazsa veya gerekli izolasyonla koruyuculuk sağlanamazsa hasarların önüne geçmek mümkün olamamaktadır. Aynı şekilde kışın da çekme gerilmesi 59,2 ton/m² olup, tüm bağlayıcı konstrüksiyonu etkileyerek duvar, parapet çatlakları oluşur. Isı izolasyon malzemesi kullanarak betonarme çatı plağının bu deformasyondan etkilenmesi önlenmektedir. Isı yalıtımı yapılmadığında meyil betonunun çatlamasına, parapet duvarlarında iç ve dış çatlamalara, su izolasyonunun yırtılmasına neden olarak; yağmur sularının iç tabakalara sızmasına, sıva ve boya dökülmesine, leke ve akıntılar meydana gelmesine sebep olmaktadır (Şekil 6.46). Teras çatılarda ısı izolasyonun önemli bir sebebi de yoğunlaşma ve terleme olayıdır. Çok defa ısı izolasyonsuz teras çatı altındaki tavanın ıslanmasına, lekelenmesine, sıva ve

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

boyanın dökülmesine neden olan yağmur suyu değil terleme suyudur. Bilhassa iç ortamdaki relatif rutubetin yüksek olduğu banyo, mutfak gibi hacimlerde dış sıcaklığın düşük olduğu mevsimlerde bu durum mutlaka ortaya çıkmaktadır.



Şekil 6.46. Yaz ve kış mevsimlerinde ısı yalıtımsız çatı plağı kesitindeki sıcaklıklar. Dağsöz ve Ark., 1999

Teras çatılarının dış etkisi kadar olmasa da ısıtılmayan hacim üzeri döşemeler de ısı farklarına maruz kalmaktadır. Sıcak hava soğuk ortama doğru hareket ettiğinden, soğutulan ortamlarda enerji tüketimi artmaktadır. Örnek proje için yapılan karşılaştırmalarda ASHRAE standartlarına göre yapı malzeme bileşenlerinin çoğu enerji sertifikalı malzemeler olduğundan, ısı iletimi ve diğer alanlarda yüksek verimli çıkmaktadır. TS 825 hesaplarında çok az avantajlı iyileştirme sağlanabilmektedir (Çizelge 6.10). Opak ve saydam alanlarda da ısı iletim değerleri malzeme kesitleri artırıldığında ve TS 825'de cam SHGC ve VLT değeri verilmediği için ülkemizde kolaylıkla bulunan 4+16+4 Low-e camlara ait genel U değerleri girildiğinde Çizelge 6.11, 6.12 ve Şekil 6.47, 6.48'deki karşılaştırmalar elde edilmektedir.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

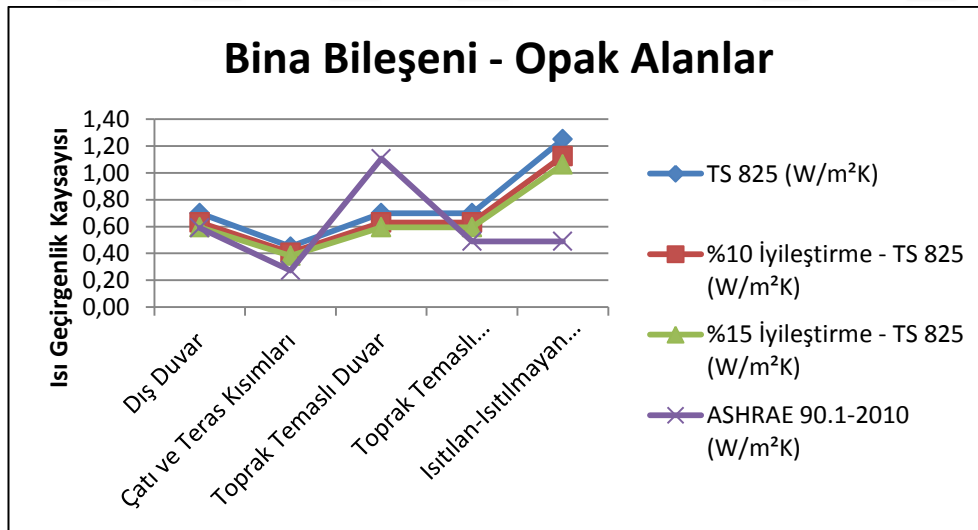
Çizelge 6.10. Yeni Proje Isıtılmayan Hacim Üzeri Döşeme İyileştirme Seçenekleri

ISITILMAYAN HAC. ÜZERİ D. - TS 825	BETONARME				
		Kalınlık	Kalınlık(L)	İletkenlik Kat. (λ)	1/λ
	DIŞ FİLM	1	1	25	0.040
	1 KAPLAMA	2 cm	0.02 m	0.054	0.374
	2 BETONARME	25 cm	0.25 m	1.6	0.156
	3 İZOLASYON LEHVA	0 cm	0 m	0.034	0.000
	5 SIVA	2 cm	0.02 m	0.2	0.100
	İÇ FİLM	1	1	7.7	0.130
	TOPLAM				0.800
	Yalıtım Kalınlığı (cm) 0				U= 1.25 W/m²K
ISITILMAYAN HAC. ÜZERİ D. - %10 iyileştirme	BETONARME				
		Kalınlık	Kalınlık(L)	İletkenlik Kat. (λ)	1/λ
	DIŞ FİLM	1	1	25	0.040
	1 KAPLAMA	2.5 cm	0.025 m	0.054	0.467
	2 BETONARME	25 cm	0.25 m	1.6	0.156
	3 İZOLASYON LEHVA	0 cm	0 m	0.034	0.000
	5 SIVA	2 cm	0.02 m	0.2	0.100
	İÇ FİLM	1	1	7.7	0.130
	TOPLAM				0.893
	Yalıtım Kalınlığı (cm) 0				U= 1.12 W/m²K
ISITILMAYAN HAC. ÜZERİ D. - %15 iyileştirme	BETONARME				
		Kalınlık	Kalınlık(L)	İletkenlik Kat. (λ)	1/λ
	DIŞ FİLM	1	1	25	0.040
	1 KAPLAMA	3 cm	0.0275 m	0.054	0.514
	2 BETONARME	25 cm	0.25 m	1.6	0.156
	3 İZOLASYON LEHVA	0 cm	0 m	0.034	0.000
	5 SIVA	2 cm	0.02 m	0.2	0.100
	İÇ FİLM	1	1	7.7	0.130
	TOPLAM				0.940
	Yalıtım Kalınlığı (cm) 0				U= 1.06 W/m²K
ISITILMAYAN HAC. ÜZERİ D. - ASHRAE	BETONARME + EPS				
		Kalınlık	Kalınlık(L)	İletkenlik Kat. (λ)	1/λ
	DIŞ FİLM	1	1	25	0.040
	1 KAPLAMA	3 cm	0.0275 m	0.054	0.514
	2 BETONARME	25 cm	0.25 m	1.6	0.156
	3 İZOLASYON LEHVA	4 cm	0.04 m	0.035	1.127
	5 SIVA	2 cm	0.02 m	0.2	0.100
	İÇ FİLM	1	1	7.7	0.130
	TOPLAM				2.087
	Yalıtım Kalınlığı (cm) 4				U= 0.48 W/m²K

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Çizelge 6.11. Opak Alanlar, Isı İletim Değerleri Karşılaştırması

Bina Bileşeni - Opak Alanlar	TS 825 (W/m ² K)	%10 İyileşme - TS 825 (W/m ² K)	%15 İyileşme - TS 825 (W/m ² K)	ASHRAE 90.1-2010 (W/m ² K)
Dış Duvar	0.70	0.63	0.60	0.59
Çatı ve Teras Kısımları	0.45	0.41	0.38	0.27
Toprak Temaslı Duvar	0.70	0.63	0.60	1.11
Toprak Temaslı Döşeme	0.70	0.63	0.60	0.49
Isıtılan-Isıtılmayan Hacim Arası Döşeme	1.25	1.13	1.06	0.49

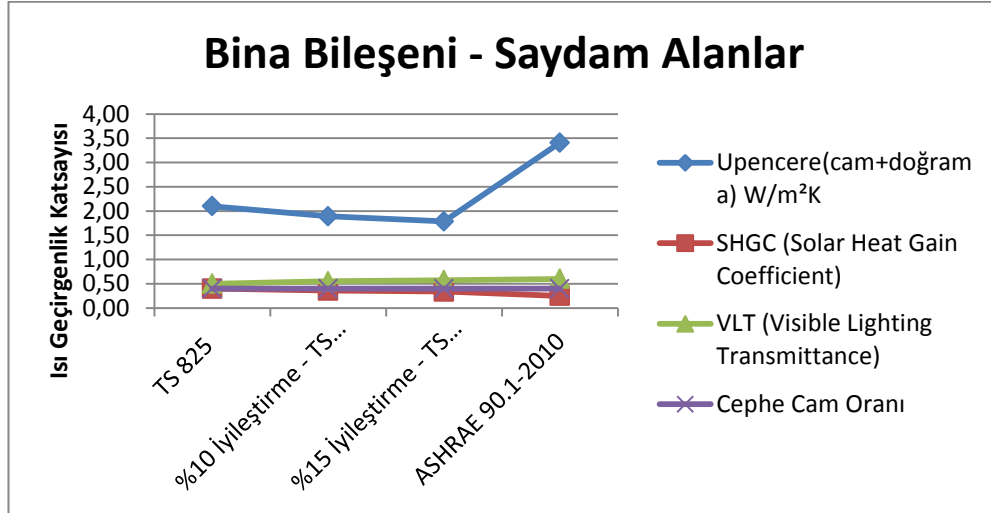


Şekil 6.47. Opak Alanlar U değerleri karşılaştırması

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Çizelge 6.12. Saydam alanlar, ısı iletim değerleri karşılaştırması.

Bina Bileşeni - Saydam Alanlar	TS 825	%10 İyileşme - TS 825	%15 İyileşme - TS 825	ASHRAE 90.1-2010
Upencere(cam+doğ rama) W/m ² K	2.10	1.89	1.79	3.41
SHGC (Solar Heat Gain Coefficient)	0.45	0.41	0.38	0.25
VLT (Visible Lighting Transmittance)	0.50	0.55	0.58	0.60
Cephe Cam Oranı	40%	40%	40%	40%



Şekil 6.48. Opak Alanlar U değerleri karşılaştırması

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Aydınlatma Güç Yoğunluğu ve Ekipman Yük Değerleri, Bina Mekanik Tasarım Kabulleri ve Ekipmanlar: Çalışmada kullanılan aydınlatma güç yoğunluğu ve iç yükler Çizelge 6.13'deki gibi, mahallerin yaz ve kış aylarında tasarımı sağlanması gerekli optimum sıcaklık ve nem değerleri ve binada ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri özellikleri ile seçilen ekipmanlar Çizelge 6.14, 6.15'te verilmiştir. Burada belirtilen cihaz özellikleri günümüzde kullanılan modern mekanik sistem özelliklerini ve verimlerini içermektedir.

Çizelge 6.13. Aydınlatma zonlarına göre güç yoğunluğu ve iç yükler, ASHRAE 90,1, 2010

Mahal Adı	Aydınlatma Güç Yoğunluğu- LPD (W/m ²)	İç Yükler (W/m ²)
Konut kısımları	10.0	8.0
WC-Banyo	10.5	4.0
Koridor	7.1	5.0
Merdiven	9.0	4.0
Elektrik-mekanik odalar	10.2	12.0
Giriş lobisi	14.0	10.0
Depo	6.8	8.0

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Çizelge 6.14. Mahallerin tasarımdaki optimum yaz ve kış sıcaklık ve nem değerleri

Mahal Tipi	KIŞ TASARIM ŞARTI		YAZ TASARIM ŞARTI	
	SICAKLIK (°C)	BAĞIL NEM	SICAKLIK (°C)	BAĞIL NEM
Konut salon	21	50%	25	50%
Konut yatak odası	21	50%	25	50%
Teknik Hacimler	16	50%	N/A	N/A
Koridor ve giriş	20	50%	24	50%
Depolar	16	50%	N/A	N/A

Çizelge 6.15. Aydınlatma zonlarına göre güç yoğunluğu ve iç yükler HVAC
(Isıtma, Havalandırma, Soğutma Sistemleri)

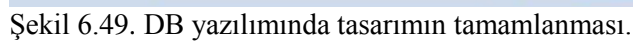
MEKANİK SİSTEM EKİPMAN ÖZELLİKLERİ	
Isıtma Sistemi	Projede iki adet, yoğunlaşmalı yer tipi kazan planlanmıştır. Kazan verimleri asgari %92'dir
Soğutma Sistemi	Soğutma sistemi her dairede bulunan Split klima cihazları ile yapılmaktadır. Split klima SEER değeri: 8.5 A++
Havalandırma Sistemi-Konut	Konutlar daireleri doğal havalandırma yöntemi ile havalandırılmaktadır. 0.3 ach çevrim olduğu kabul edilmiştir.
Havalandırma Sistemi-Koridor	Kat koridorları ve giriş kısımları m ² başına 1.1 m ³ /h debi ile mekanik olarak havalandırılmaktadır.
Fanlar ve Pompalar	IE2 motor verimli, değişken hız sürücülü (VSD)

6.2.3. DesignBuilder Programında Tasarımın Tamamlanması

İklim verileri, çevre binalar, termal alanlar, farklı fiziki şartlarda yapı bileşenleri denemesi, aydınlatma, mekanik donanım verileri bir kısmı şekil 6.49'daki şema akışında gösterdiği gibi tasarım tamamlanmıştır (Çizelge 6.16, Şekil 6.50) . Bina iç mekân aydınlatma değerleri ve iç mekân yük değerleri uluslararası standartlardan elde edildiği için yüksek çıkmıştır. ASHRAE standart

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

(Program sonuç çıktıları EK 2,3)



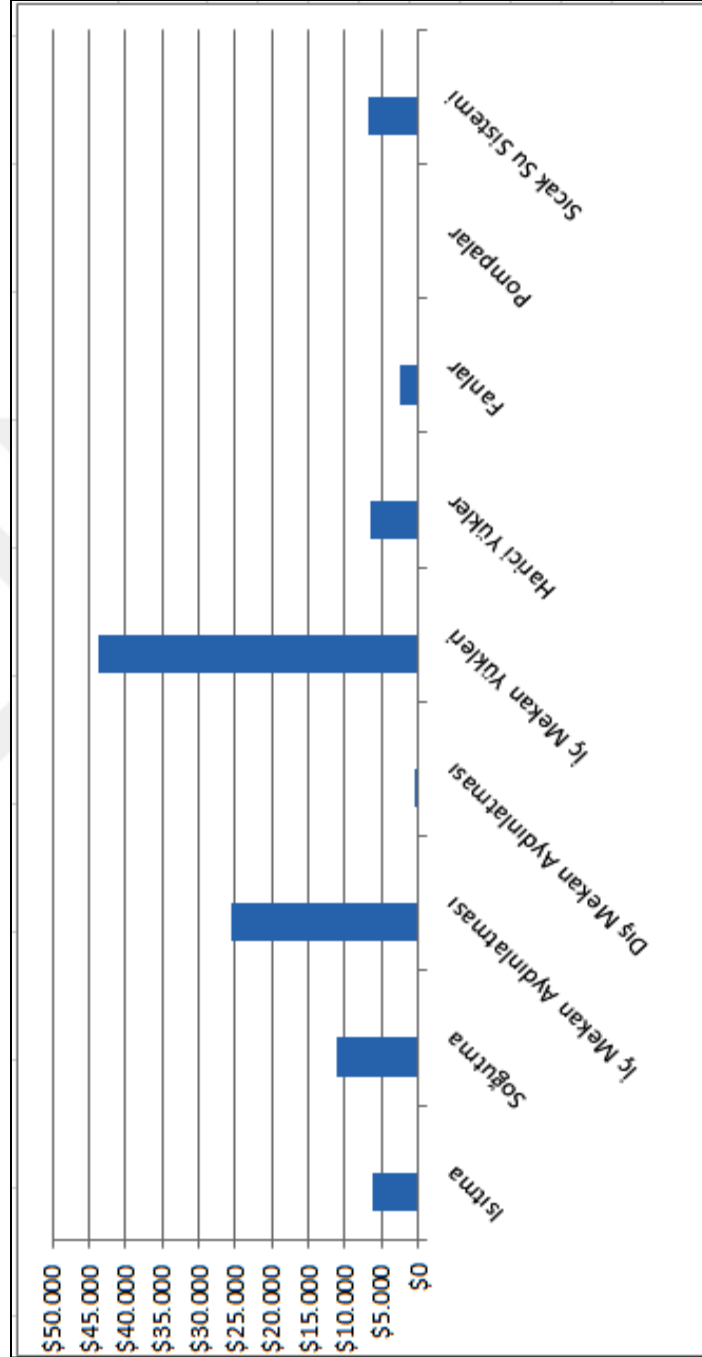
6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Çizelge 6.16. Tasarlanan projenin yıllık enerji tüketim değerleri ve bedelleri

Tüketim Bilgileri	Bina Yıllık Enerji Tüketimi		Bina Yıllık Enerji Tüketim Bedeli		
	Elektrik (kWh)	Doğalgaz (kWh)	Elektrik (USD)	Doğalgaz (USD)	Toplam (USD)
Isıtma	0	124.534	\$0	\$6.122	\$6.122
Soğutma	78.751	0	\$11.070	\$0	\$11.070
İç Mekan Aydınlatması	181.474	0	\$25.510	\$0	\$25.510
Dış Mekan Aydınlatması	4.205	0	\$591	\$0	\$591
İç Mekan Yükları	310.845	0	\$43.695	\$0	\$43.695
Harici Yükları	46.427	0	\$6.526	\$0	\$6.526
Fanlar	16.858	0	\$2.370	\$0	\$2.370
Pompalar	142	0	\$20	\$0	\$20
Sıcak Su Sistemi	0	138.447	\$0	\$6.806	\$6.806
Toplam	638.702	262.981	\$89.782	\$12.928	\$102.711

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



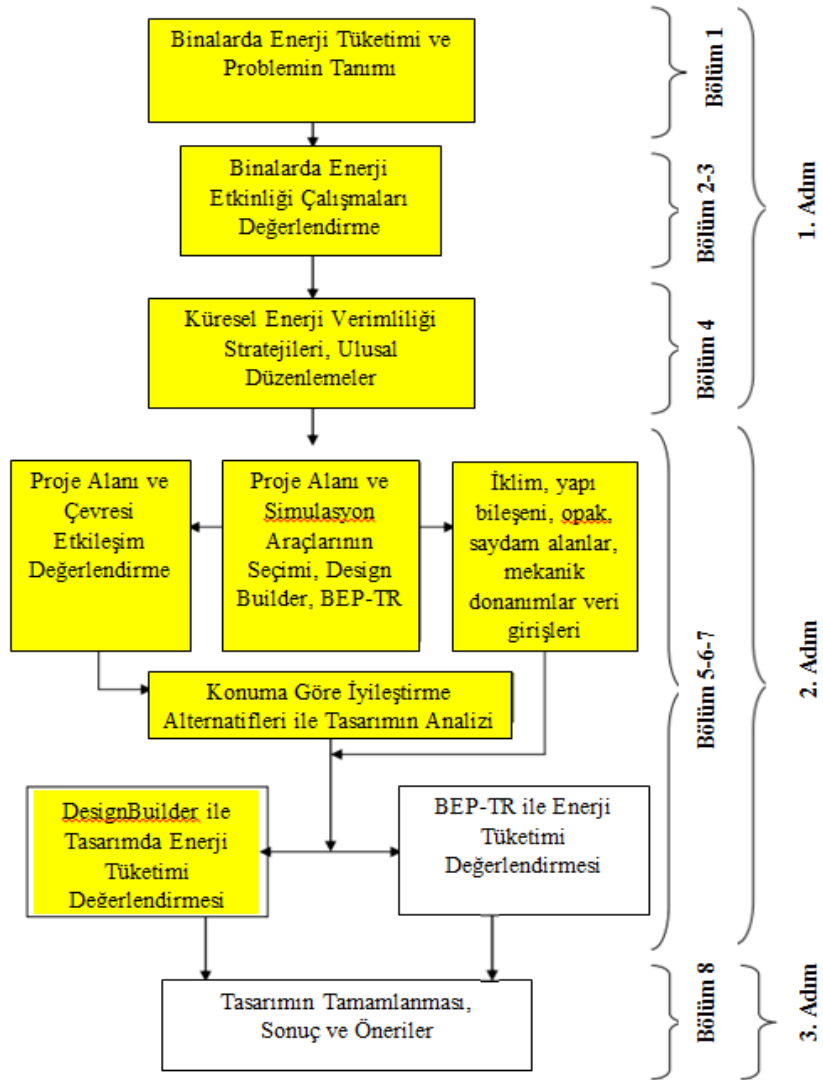
Şekil 6.50. Tasarlanan projenin yıllık enerji tüketim maliyetleri.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA

ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Örnek proje tasarımının DB yazılımı ile geliştirilmesine kadar olan aşamalar şekil 6.51’de, sarı renkte belirtilmiştir. Araştırmaya Bep-TR programında yeni proje bilgileri aktararak, sistem bünyesindeki referans bina ile karşılaştırılmasıyla Enerji Kimlik Belgesi oluşturularak devam edilmiştir .

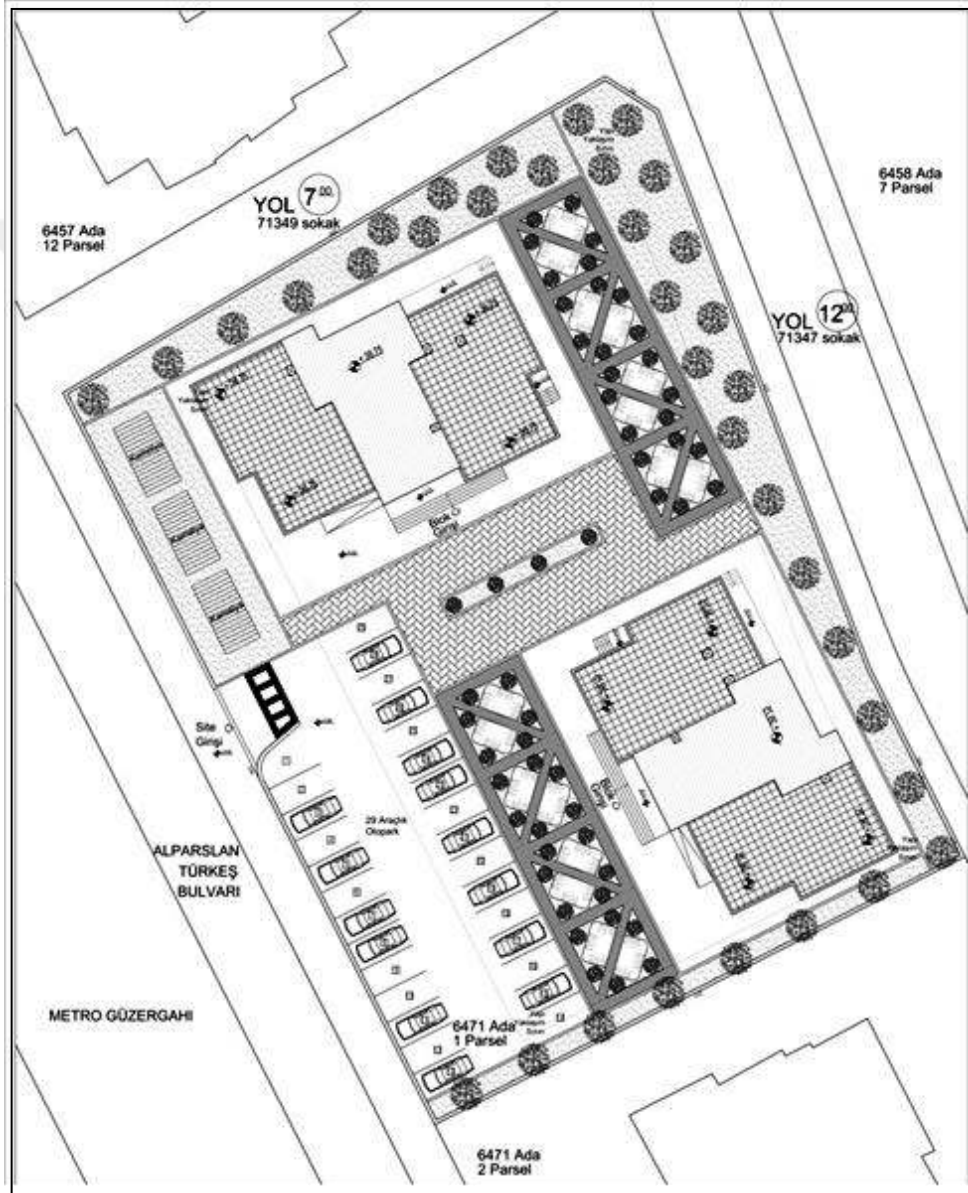


Şekil 6.51. Araştırma yönteminin işlenmiş ve devam eden aşamaları.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

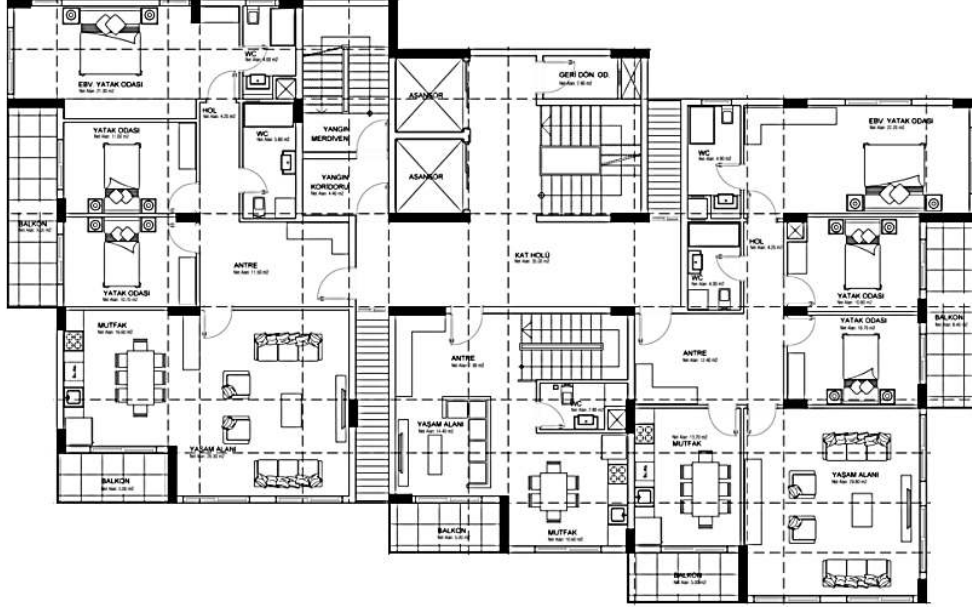
6.2.4. Bep-TR Program Verilerinin Belirlenmesi

Sisteme veri girişi yapılacak örnek proje aşağıdaki gibi projelendirilmiştir (Şekil 6.52-6.60);

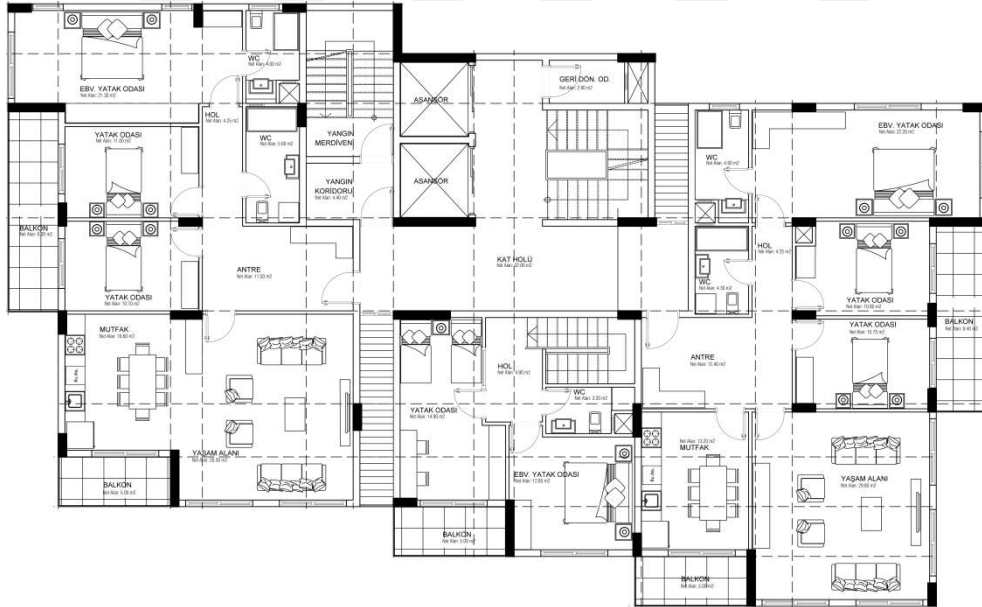


Şekil 6.52. Vaziyet planı

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 6.53. 1. 3. 5. 7. 9. 11. Normal kat planları

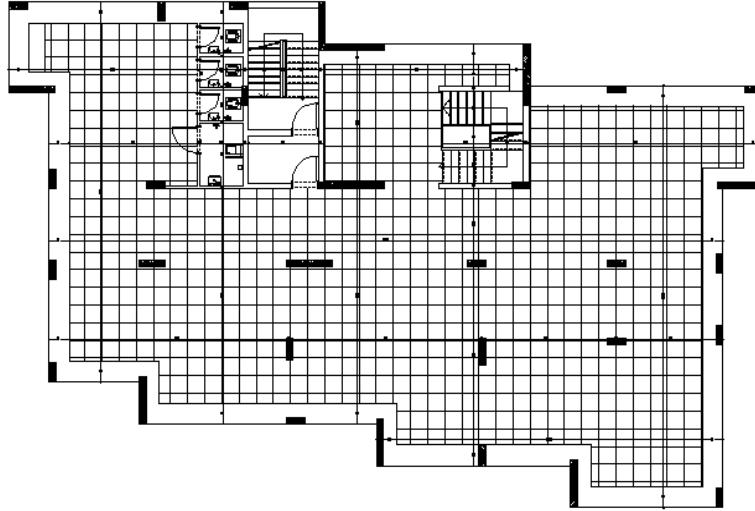


Şekil 6.54. 2. 4. 6. 8. 10. Normal kat planları

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



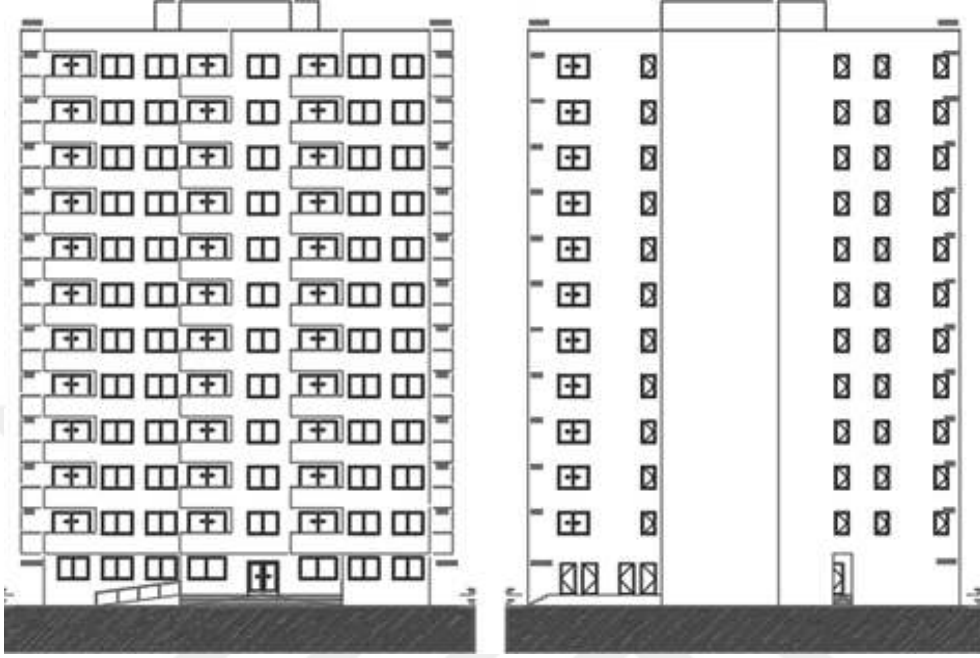
Şekil 6.55. Kesitler



Şekil 6.56. Bodrum Kat Planı

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 6.57. Kuzey-Güney Görünüşü



Şekil 6.58. Zemin Kat Planı

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 6.59. Doğu-Batı Görünüşü



Şekil 6.60. Teras Kat Planı

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Tez araştırma yöntemine göre, bir önceki bölümlerde DB yazılımı ile enerji analizi tamamlanan örnek projenin, bu aşamasında Bep-TR yazılımı ile Enerji Kimlik Belgesi oluşturulmuş ve enerji sınıfı belirlenmiştir (Şekil 6.51). Binaların ısıtılması ve soğutulması için binanın ihtiyacı olan net enerji miktarı basit saatlik dinamik hesap yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Yapı bileşen değerleri TS 825 hesap programından sağlanmıştır.

Proje genel bilgileri aktarılan bu bölümde, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın eğitim sürümü çalıştırıldığı için sistemde proje numarası, firma kodu, oluşturan EKB uzmanı bilgileri bulunmayıp, örnek proje konum, kapalı alan m² ve arsa sahibi bilgileri girilmiştir (Şekil 6.61).

www.bep.gov.tr

Projeler

Proje No :

Oluşturma Tarihi : -

Proje Adı :

Firma Proje Kodu :

Tipoloji :

Oluşturam :

Durum :

Mevcut Bina : ☐

ARA

No	Proje Adı	Firma Proje Kodu	Tipoloji	Oluşturma Tarihi	Oluşturan	Durum
462343	HALİT ARSLAN B BLOK	2017/1	Apartman	24.06.2017 22:02:53	egitim@bep.gov.tr	Proje sertifikası için hazır
462338	HALİT ARSLAN A BLOK	2017/1	Apartman	19.06.2017 09:22:36	egitim@bep.gov.tr	Proje sertifikası için hazır

Proje Bilgileri

Proje Adı : HALİT ARSLAN A BLOK

Proje Kodu : 2017/1

Kapalı Kullanım Alanı : 3.399,05 m²

Proje Durumu :

Ada/Peşke/Parsel : 5471/1

Adres : YURT ÇIKURDUA MAH

İl : ADANA

İlçe : Çukurova

Beldiye : Çukurova

Mevcut Bina mı? : ☒

Bina Yapılış Tarihi : 2015

Bina Yenilendi : ☐

Bina Tipi : Apartman

Bina Sahibinin Adı : HALİT ARSLAN

Bina Sahibinin Adresi : ALPARSLAN TÜRKİYE B

Müşterinin Adı : HALİT ARSLAN

Müşterinin Adresi : ALPARSLAN TÜRKİYE B

Şekil 6.61. Bep-TR proje bilgileri.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Bina genel bilgileri örnek projede binanın formunu oluşturan katlarda her katın formu ayrı ayrı seçilip, ölçüler kat bilgileri ekranlarında girilmiştir (Şekil 6.62).

Proje Adı - Kodu: HALİT ARSLAN A BLOK - 2017/1 Tipoloji: Apartman İl - İlçe: ADANA - Çukurova

Genel Bilgiler Veri Giriş Şekli Kat Formu ve Ölçüler Katlar Isı Köprüleri

Ölçülendirme

☐ Formlar ve Ölçüler Sabit

☒ Kat Bazında Değişken Form ve Ölçüler

☐ Her Katta Aynı Form fakat Değişken Ölçüler

Her Katta Değişken Yükseklik ☐

Proje Adı - Kodu: HALİT ARSLAN A BLOK - 2017/1 Tipoloji: Apartman İl - İlçe: ADANA - Çukurova

Genel Bilgiler Veri Giriş Şekli Kat Formu ve Ölçüler Katlar Isı Köprüleri

A Yüzeyinin Güney İle Yaptığı Açı 0

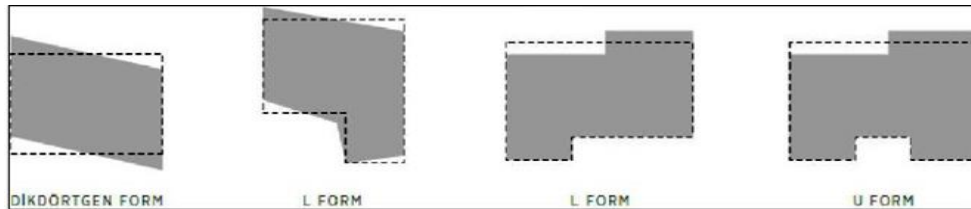
Kırma Çatı Var mı? ☐

Kat Yüksekliği (m) 3

Kaydet

Şekil 6.62. Proje veri giriş şeklinin belirlenmesi, kat formu ve ölçü girişleri

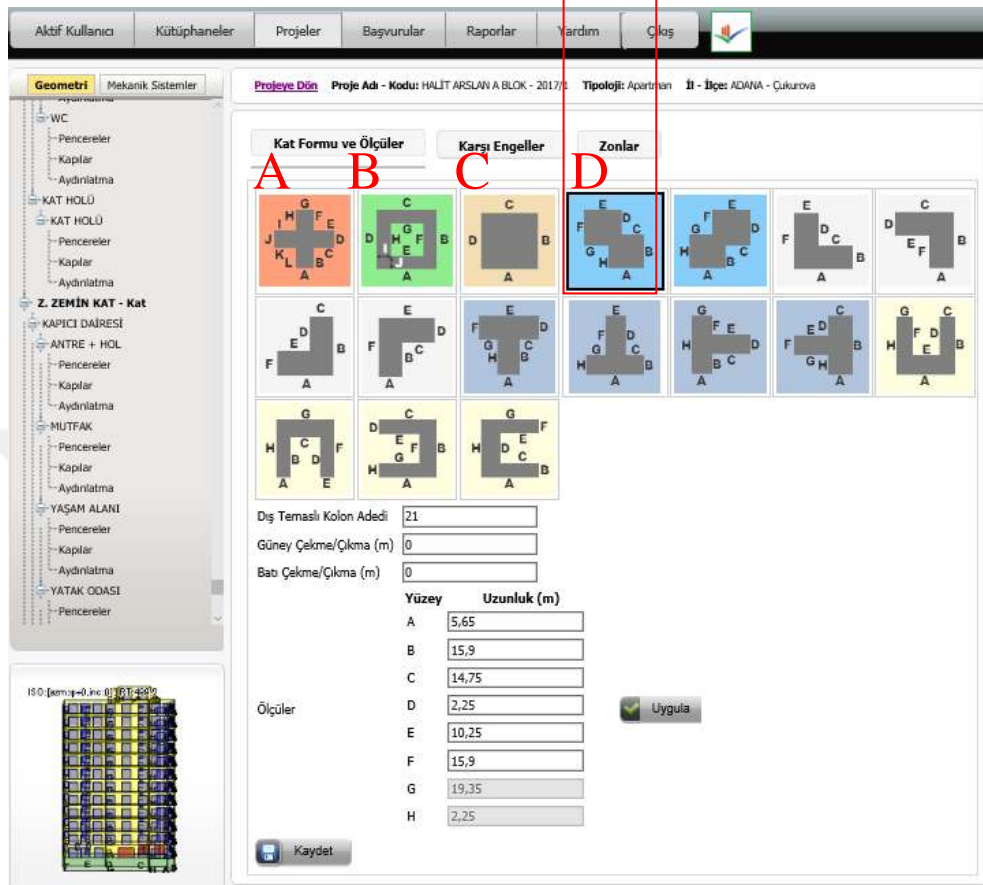
Bina formu veya kat formu için, örnek projenin plan formuna en yakın formu mevcut seçeneklerden seçilmiştir. Dikdörtgen form, Avlulu form, U form, L form, T form ve Artı form sistemin önerdikleridir (Şekil 6.63).



Şekil 6.63. Bina geometrisi oluşturma.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



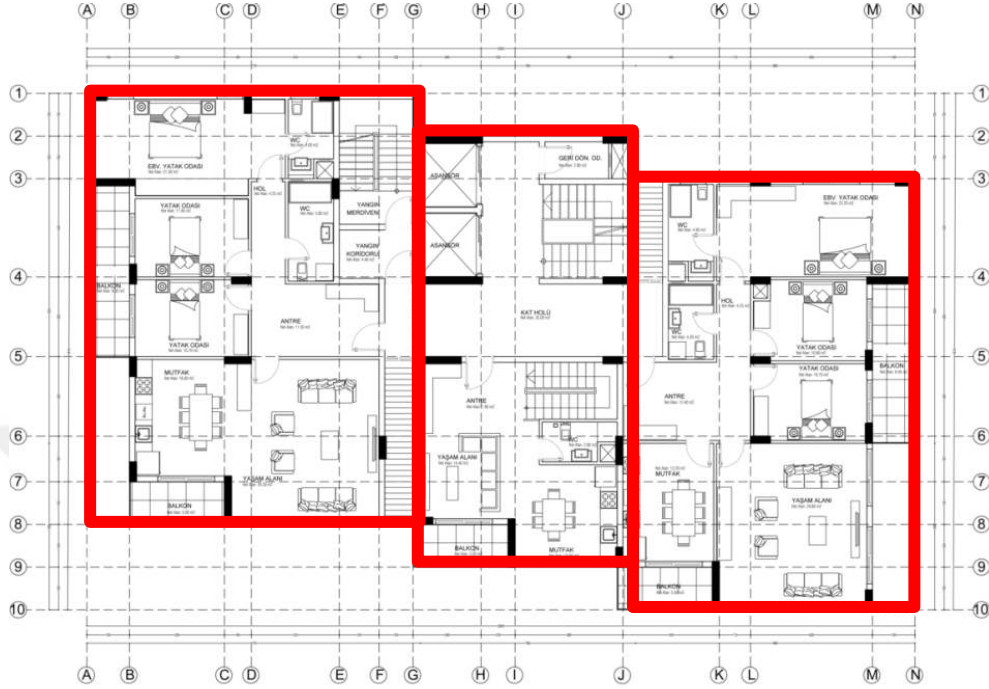
Şekil 6.64. Örnek projenin benzetildiği 'D'deki ikili dikdörtgen formun seçilmesi

Bina formu, benzetme işlemi yapılırken binanın taban alanı aynı kalmak durumundadır, ana geometri dışında kalan alan, içte kalan boş alana tamamlanarak benzetilmektedir. Örnek proje, yazılımdaki 4. form 'D' ile gösterilmiş, ikili dikdörtgen form temel alınarak hesaplanmıştır (Şekil 6.64, 6.65). Bep-TR 2. versiyonunda bu zorunluluk, programın CAD tabanlı çizim aktarımına izin vermesi ile esnetilmiştir.

İkili dikdörtgen formda D-C yüzeyleri arasında ve G-H yüzeyleri arasında gölgelenme etkisi bulunmaktadır. Bina formunda çevre-alan hesaplanması Şekil 6.66' daki gibidir.

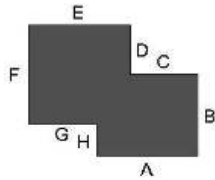
6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 6.65. Örnek projenin benzetildiği ikili dikdörtgen formun seçilmesi

(‘D’ belirteci, seçilen formun diğerleri arasından gösterilmesi içindir. Aşağıda, Bep-TR’nin çevre-alan hesabındaki D, yüzey kodu olarak kullanılmıştır.)



$$AA + GG = CC + EE$$

$$BB + DD = FF + HH$$

$$\text{Çevre: } P_{F7} = 2 \cdot ((AA + GG) + (BB + DD))$$

$$\text{Alan: } A_{F7} = (AA + GG) \cdot (BB + DD) - (CC \cdot DD) - (GG \cdot HH)$$

Şekil 6.66. İkili dikdörtgen formda çevre alan hesabı.

Bina zonlarına ayırmada, plan tipolojisine bağlı olarak, ısı gruplara bölünür ya da her katta tek zon olarak hesaplanır. Binanın ısıtılması ve soğutulması için enerji ihtiyaçları, bina zonlarının ısı dengesi esas alınarak hesaplanır. Her bir ısı alanının ısıtma ve soğutma için net enerji ihtiyacı, bina bütününün enerji ihtiyacı

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA

ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

için veri oluşturur. Şekil 6.67’de her kat için ayrı zon çalışması yapılmış ve kat bilgileri Şekil 6.68’de sisteme girilmiştir. Zonlama yapılarak şu verilerle ısı ölçümler ve dengeleme sağlanabilmektedir;

- İklimlendirilen hacim ile dış ortam arasındaki ısı geçişleri,
- Dış ortam iç ortam sıcaklık farkı ile bu ortamların arakesiti yapı bileşenlerinden ısı geçişleri,
- İklimlendirilen zonun sıcaklığı ile doğal havalandırmada dış hava sıcaklığı iletimi,
- Mekanik havalandırmada besleme havası ile iç ortamın sıcaklık farkları
- Havalandırma boşluklarından ve çatlaklardan olan ısı geçişleri
- İklimlendirilen ile bitişik iklimlendirilmeyen zon arasında iletim/taşınım ve havalandırma ile sıcaktan soğuğa ısı geçişi,
- İç ısı kazançları, kişi aktiviteleri, mekanik cihazlar, aydınlatma ve sıcak su sistemlerinden yayılan veya soğurulan ısı değişimi
- Güneşten doğrudan ya da pencere veya saydam alanlardan indirek ısı kazançları,
- Binanın ısıyı depolama özelliği ile ısı kütlesinin depoladığı ya da bıraktığı ısı hareketler elde edilmektedir.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI



Şekil 6.67. Örnek projedeki her alanın Bep-Tr yazılımında ayrı ayrı zonlara ayrılması.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Projeye Dön Proje Adı - Kodu: HALİT ARSLAN A BLOK - 2017/1 Tipoloji: Apartman İl - İlçe: ADANA - Çukurova

Genel Bilgiler Veri Giriş Şekli Kat Formu ve Ölçüler **Katlar** Isı Köprüleri

Kat Tanımı:
Kat Tipi: [Seçiniz] v
Kat Adedi:

 Ekle

No	Tanımı	Tipi
2732986	12. KAT	Kat
2732972	11. KAT	Kat
2732971	10. KAT	Kat
2732970	9. KAT	Kat
2732969	8. KAT	Kat
2732968	7. KAT	Kat
2732967	6. KAT	Kat
2732966	5. KAT	Kat
2732965	4. KAT	Kat
2732964	3. KAT	Kat
2732963	2. KAT	Kat
2732946	1. KAT	Kat
2732914	ZEMİN KAT	Kat
2732945	BODRUM	Bodrum

Şekil 6.68. Kat bilgilerinin sisteme girilmesi.

Hava sızdırma değerini belirlemek için, bina konstrüksiyon tipi baskın olan beton veya perde duvar bina olarak seçilmiştir. Çalışılan projenin hava sızdırma değeri bina konstrüksiyon özelliklerine göre seçilmiştir (Şekil 6.69).

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Projeye Dön Proje Adı - Kodu: HALİT ARSLAN A BLOK - 2017/1 Tipoloji: Apartman İl - İlçe: ADANA - Çukurova

Genel Bilgiler Veri Giriş Şekli Kat Formu ve Ölçüler Katlar Isı Köprüleri

Sızdırmazlık Bilgileri

Bina Konstrüksiyon Tipi: Beton veya Perde Duvar Bina

☒ Bitişik Bina

☒ Kompleks - (Dikdörtgen Olmayan Kat Planı)

Hava Sızdırma Değeri: ☒ Sıva Yapılmış Duvar

☒ Sızdırmaz Bant Olan - Pencere ve Kapılar

☐ Sızdırmaz Bant Olmayan - Pencere ve Kapılar

İnfiltrasyon Verilerini Kaydet

Kiriş Bilgileri

Kiriş Alın Yüksekliği (m): 0,3

Kiriş Bileşeni: Z.KİRİŞ Ara

Kiriş Verilerini Kaydet

Yükseltilmiş Döşeme Bilgileri

Yükseltilmiş Döşeme Var mı? ☐

Yükseltilmiş Döşeme Verilerini Kaydet

Şekil 6.69. Örnek proje hava sızdırmazlık değerinin belirlenmesi.

Duvar bilgileri, her katta bulunan duvarlara veya düşey elemanlara ait bilgiler girilmiştir (Şekil 6.70). Bu alandaki bilgiler, her bir duvar elemanı için ayrı ayrıdır.

Opak Bileşenlerin seçimi, örnek proje için önceden Opak Bileşen Kütüphanesi'nde yer alan bileşenler arasından seçim yapılmıştır (Şekil 6.71).

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Eleman Kodu	Temas	Zon	Cephe	Opak Bileşen	Uzunluk	Gömülme
29554412	Dış Cephe		G	DİVAR	0,1	0
29554413	Dış Cephe		H	DİVAR	2,25	0
29554591	Dış Cephe		A	DİVAR	5,65	0
29554592	Dış Cephe		B	DİVAR	11,45	0

Şekil 6.70. Örnek proje duvar bilgi girişlerinin yapılması

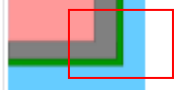
No	Adı	Kodu	Tipi	U	Kullanım Tipi	Yapım Yılı	Bölge	Yönetim
230300	Z.KİRİŞ	Z.TOPRAK	Döşeme	0,42	Yeni Bina	Bugün - ...		Firma
230301	Z.TAVAN	Z.TAVAN	Tavan	0,42	Yeni Bina	Bugün - ...		Firma
230302	Z.ARA	Z.ARA	Döşeme	0,73	Yeni Bina	Bugün - ...		Firma
230303	Z.ISITILMAYAN	Z.ISITILMAYAN	Döşeme/Tavan	0,43	Yeni Bina	Bugün - ...		Firma

Şekil 6.71. Örnek proje opak bileşenlerin her katta ayrı ayrı tanımlanması

Isı köprüleri, projede tanımlanan döşeme elemanındaki ısı köprüleri seçenekler arasından seçilmiştir (Şekil 6.72). Şekil 6.73'deki lejantlara göre kırmızı çerçeveler projede ısı geçişleri olan yapı bileşenleri kesişimleridir.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

No	Isı Köprüsü	Resim
4372558	R11	
4372559	B1	
4372560	P1	
4372561	C5	
4372563	IF1	
4372564	GF1	
4372565	GF13	
4372566	W18	

Şekil 6.72. Isı köprüleri nokta detay girişlerinin seçilip, oluşturulması

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

Şekil 6.73. Isı köprüsü seçimi için lejant tanımlamaları.

Tavan bileşenleri de yine örnek projede Opak Bileşen Kütüphanesi'nden önceden “tavan” ve “çatı” olarak tanımlanan bileşenler arasından seçilmiştir (Şekil 6.74).

Eleman Kodu	Temas	Zon	Opak Bileşen	Alan	Toprak
29554603	Zon	KAPICI DAİRESİ - DAİRE 3	Z.ARA	95,51	

Şekil 6.74. Tavan, çatı bileşenlerinin seçimi.

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA

ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

BEP Hesaplama Yönteminde veriler girildikten sonra, yıllık m² başına düşen enerji tüketim miktarını ve CO² salımı hesaplanmaktadır. Örnek proje binalarının da veri aktarımı sisteme yapılarak, enerji performansı ve emisyon sınıfı belirlenmiştir. Bu yöntem, ilgili AB standartları ile ASHRAE ve TS 825 standartlarından yararlanılarak oluşturulmuştur. Mevcut binalar için de, binalarda enerji verimliliği farklarının tespiti ve halihazır performans seviyelerini belirlemede kullanılmaktadır. Farklı yapıların enerji kullanımlarının hesaplanarak ulusal veri tabanı geliştirilmesi, bölgesel, ulusal ve uluslararası ölçekte gelecek enerji ihtiyacı öngörülerinde önem arz etmektedir. Yapılan hesaplamalar:

- Binaların ısıtılması ve soğutulmasında gerekli net enerji miktarı
- Belirlenen net enerji ihtiyacını karşılayacak kurulu sistemlerden kaynaklanan enerji kayıpları ve verimlerini, toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimi
- Sıhhi sıcak su için gerekli enerji tüketimi
- Havalandırma enerjisi tüketimi
- Binalarda gün ışığından yararlanılmayan zamanlar ve gün ışığının etkili olmadığı alanlar için aydınlatma enerji ihtiyacı ve tüketimi,

Basit saatlik dinamik yöntemde, binanın ısıtma-soğutma için gereken net enerji ihtiyacını ve bu ihtiyacın karşılanacağı sistemlerin tüketimini saatlik olarak hesaplamaktadır. Hesaplama sonucunda, binanın yıllık ısıtma, soğutma, sıcak su, aydınlatma, havalandırma tüketimleri birincil enerji olarak belirlenmekte, bu tüketim değerlerine bağlı olarak CO² salımı hesaplanmaktadır.

Örnek proje Enerji Kimlik Belgesi Hesaplama Sonuç Formuna göre; iki blok için hesaplanan soğutma yükü; her ısıtıl alanda mekanik soğutma sistemleri seçilmesi, bazı yapı bileşen, eleman ve donanımlarının performans değerlerinde uluslararası kabullerin dikkate alınması, yıllık 487.726,20 kWh olarak enerji

6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI/ADANA
ÖRNEĞİ

Zeliha ŞAHİN ÇAĞLI

sınıfını D, tüketimini yüksek hesaplamıştır. Toplam enerji kullanımı 1.329.999,52 kWh, enerji sınıfı B, sera gazı emisyonu 150,57 kg eşd. CO₂/m² yıl, enerji sınıfı C olarak geçerli enerji sınıfı şartlarını sağlamaktadır (Şekil 6.75).



ENERJİ KİMLİK BELGESİ
HESAPLAMA SONUÇ FORMU

Proje Kodu : 462238

Proje Adı : HALİT ARSLAN A BLOK
Kapalı Kullanım Alanı : 3.399,05
Ada/Pafta/Parsel : 8471/-/1
Adres : YURT-ÇUKUROVA MAH. ADANA
İl : ADANA
İlçe : Çukurova
Belediye : Çukurova
Bina Yapılış Tarihi : 01.01.2015
Bina Yenileme Tarihi :
Bina Tipi : Apartman
Bina Sahibinin Adı : HALİT ARSLAN
Bina Sahibinin Adresi : ALPARSLAN TURKES BLV. YURT MAH. ÇUKUROVA/ ADANA

SORUMLU FİRMANIN

Firma Kodu : F34J7196
Unvanı : Eğitim
Adresi : Gime mah.Gime Cad. No:125/127 A (ETKB TARAFINDAN EVD YETKİSİ DURDURULDUGU İÇİN PA
Şehir : İSTANBUL
Telefon / Faks : 02165491890 02165491890
Vergi dairesi : Kuşukyalı
Vergi numarası : 3260187212

SORUMLU EKB UZMANININ

Adı Soyadı : egitimegitim50 eğitim kullanıcısı50
Uzman sertifika no'su : GECERSİZ-0100
Sertifika verilmiş tarihi : 28.06.2017
Adresi : Eğitici
Telefonu : 00000000000

ENERJİ KİMLİK BELGESİ DEĞERLERİ

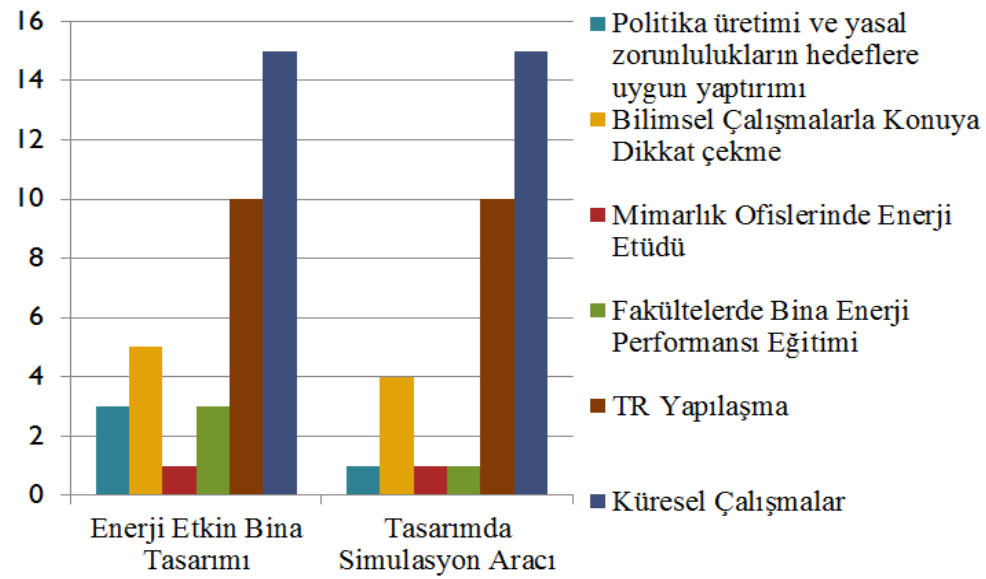
Enerji kullanım alanı	Kullanılan sistem	Nihai tüketim (kWh/yıl)	Birincil tüketim (kWh/yıl)	m ² başına tüketim	SINIFI
TOPLAM		1.329.999,52	2.021.290,00	391,29	B
Isıtma	Isıtma Sistemi	338.193,78	338.193,78	99,50	B
Sıhhi Sıcak Su	Sıcak Su Sistemi	483.503,93	483.503,93	142,25	C
Soğutma	Sogutma Sistemi, Sogutma Si	487.726,20	1.151.033,82	143,49	D
Havalandırma		0,00	0,00	0,00	
Aydınlatma	Kompakt floresan	20.575,63	48.558,48	6,05	B
Sera Gazı Emisyonu				150,57	C

Yenilenebilir Enerji
Kullanım Oranı : %0,00

Şekil 6.75. Enerji Kimlik Belgesi Hesaplama Sonuç Formu

7. DEĞERLENDİRME VE TARTIŞMA

Kentlerde toplu yaşam gereği, her bireyin başkalarına karşı sorumluluk ve sınırları vardır. Her yapı tasarımcısının da yaşanabilir kentleri oluşturan yapıları, konumlandığı doğal çevreye ve kullanıcılarına karşı konfor sınırları çerçevesinde sürdürülebilir ve verimli tasarlama sorumluluğu bulunmaktadır. Tasarımcının, yapının bulunduğu yerdeki mevcut enerjileri yöneterek enerji verimli projeler üretmesi, tasarımda ihtiyaç fazlası tüketimi önleyici yöntem ve teknolojiler geliştirerek, sürdürülebilir tedbirler alması, sadece enerji kaynaklarına sahip olmaktan daha da önemli hale gelmiştir. Bu çerçevede verimlilik ve sürdürülebilirliği sağlayabilecek en dinamik uygulayıcıların; tasarımcılar, uygulatıcıların ise geliştirdikleri yasa ve yönetmeliklerle; yerel otoriteler olduğu kabul edilebilir.



Şekil 7.1. Problemin Değerlendirilmesi

Teknolojik gelişmelerin takibi, sorunların ve çözüm alternatiflerinin ele alınışları, büyük ölçekli uluslararası simülasyon ve enerji kuruluşlarının çalıştaylarına katılım ve fikir alışverişleriyle sağlanabilmektedir. Şekil 7.1'deki değerlendirmeye göre; küresel çalışmalarda enerji etkin bina tasarımı ve tasarımda simülasyon araçlarının kullanımı ve sertifikalandırma hızla artmaktadır. (Sadece Amerika'da, 1960'larda başlayıp, 2008'den bugüne güncellenerek listelenmiş, 175 adet uluslararası simülasyon aracı, bir çok bilimsel yayın, stratejiler, yasa ve standartlar bulunmakta ve halen yeni koşullara göre geliştirilmektedir.)

Türkiye'de ise küresel verimliliğin olumlu artış hızına yakın, verimsiz bina stokları hızla artmaktadır. Bu durumun devam ediyor olması, iyileştirmeler için önerilen bilimsel çalışmaların, tasarım, üretim ve kullanım pratiğinde henüz etkinlik kazanamaması olarak değerlendirilebilir. Mimarlık ofislerince hızlı yapı üretim sürecinde, tasarımda enerji etüdü yapmak için detaylı veri girişi olan simülasyon programları zaman alan çalışmalar olarak görülebilmektedir. 'Kullanıcı dostu' tanımlananlar ve ulusal yazılım Bep-TR de, amacına uygun değerlendirme sonucu elde edilemediğinde yüzeysel olabilmektedir.

Fakültelerde ise Fiziksel Çevre Denetimi, Yapı Teknolojileri ve Malzemeleri, Enerji Etkin Bina Tasarımı ders olarak işlendiği oranda, tasarımda simülasyon araçlarının kullanımının anlatıldığı dersler az işlenmektedir. Çoğunlukla, sadece bu konu özelinde bilimsel çalışma yapmış akademisyenlerin olduğu fakültelerde, konunun giriş seviyesinde müfredatta yer aldığı görülmektedir. Bu kapsamda tez çalışmasının sınırlılıkları da belirlenmiş olmaktadır;

- Detaylı kullanım bilgisi gerektiren simülasyon araçlarının kullanıcı ve eğitimcilerinin az sayıda olması, teknik desteğe ulaşmanın zorluğu,
- DesignBuilder yazılımında tasarımlar oluşturulurken serbest formlar olarak tanımlanan karmaşık geometriler girmek için sınırlamaların olması,

- Ulusal Bep-TR programında erişimin tüm tasarımcılara açık olmayıp, eğitim sürümünün sistemde uzun süre yer almaması,
- Uluslararası yazılımlarda bazı yerel hesaplamaların olmamasından kaynaklanan varsayımların örneğin projede kullanılan enerji verimli yapı elemanı verilerinin az olması,
- Kullanıcı proje hedefine göre simülasyon aracı seçebilmesi yerine ulusal tek bir değerlendirme yazılımının olmasıdır. (Otomotivde, mobil iletişim araçlarında ve akıllı sistemler gibi bir çok teknolojilerin kullanımında yabancı üretimler kullanılmaktadır. Uluslararası güncel yazılımların kullanım pratiğine dahil edilmesi ve yaygınlaştırılması, çözümü hızlandıracağı, enerji performanslarının iyileştirmesine kısa sürede katkı sağlayacağı düşünülmektedir.)

Tez araştırması döneminde Bep-TR ikinci versiyonu ve 23 Aralık 2017 tarihli, 30279 sayılı resmi gazetede ‘Binalar İle Yerleşmeler İçin Yeşil Sertifika Yönetmeliği’ yayınlanmıştır. Bilimsel çalışmalardan elde edilenler ve yasal düzenlemeler, yapılaşma ve popülasyon hızına yetişememektedir. Yasadaki yaptırımların artırılması önerilirken, 2017 yılında mevcut binalara Enerji Kimlik Belgesi zorunluluğu 2020’ye ertelenmiştir. Bunlara ek olarak ulusal yazılımla ilgili şu problemler yaşanmaktadır;

- Yeni binalar için Bep-TR her iki versiyonunda da yapının çevresinden bağımsız, tek başına değerlendirilmesi, uluslararası eşdeğer yazılımlara göre kısıtlı işlem hacmi yarattığından birçok parametrenin yeniden değerlendirilmesini gerektirebilir.

Bu çalışmada çevre bina koordinatları Cors ölçüm aracı ile sahada uydudan elde edilip, Netcad’e işlenmiştir. Buradan da simülasyon aracına aktarılabilmiştir. Mimarlar CAD ortamında bu bilgiler hazır veri olarak sağlanmadığında, ısı

konforu etkileyen komşu binalardan kaynaklanan gün ışığı engeli, gölgeleme ve ısı geçişleri analiz edilememektedir. Binaların kendi kullanım şekillerinin yanı sıra enerji ihtiyaç ve tüketimi, bulunduğu yerdeki çevre binalar ve doğal koşullara göre, saatlik, yıllık, mevsimlik etkileşiminden oluşmaktadır. Örneğin sıcak ve nemli iklim bölgesinde yaz aylarında komşu binanın geniş bir yüzeye gölge düşürmesi, kış aylarına göre enerji tüketimini azaltacaktır. Enerji performans hesaplarında tek bir binanın verilerinin girilmesi yeterli olmamaktadır.

- Enerji Kimlik Belgesi'nde sınıfı alt grup çıkan soğutma yükü asıl enerji kaybının kaynağı iken sadece karbon emisyonunun yetkililerce değerlendirilmesi enerji etkinliği çalışmalarını gerçekçi yaklaşımlardan uzaklaştırmaktadır.
- EKB kuruluşlarının sistemleri yerinde uygulanmış halini de denetlemeleri gerekebilmektedir.

Doğru uygulayanlarca çevreye katkı ve şehircilik veri akışında kayıtlı binaların olması açısından emek sarf edilen bir çalışma olarak kabul edilebilir.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında sıcak ve nemli Akdeniz iklim kuşağında yer alan çok katlı binalarda soğutma yükünün azaltılması ile enerji ihtiyacının kontrol edilmesi, binalarda tasarım aşamasında tedbirler alarak, enerji verimliliği sağlanması amaçlanmıştır. Örnek olarak gelişmekte olan kuzey Adana'da 6471 ada, 1 parseldeki imar alanında, iki bloklu konut projesi tasarlanmıştır. Tasarım aşamasında bina her katta 2 adet 3+1, 1 adet 2+1 dubleks ve kullanıcıların 2 yetişkin, 2 çocuktan oluşan aileler olduğu varsayılmıştır. EnergyPlus hesaplama motorunu kullanan arayüz yazılım aracı, DesignBuilder (DB) yazılımı ile proje tasarımında yapı bileşenleri, Isıtma-Soğutma, İç Mekân Aydınlatması, Dış Mekân Aydınlatması, İç Mekan Yükleri, Harici Yükler, Havalandırma, Pompalar ve Sıcak Su Sistemlerinin yıllık enerji tüketimleri alternatif iyileştirme denemeleriyle hesaplanarak, modellenmiştir. Buna göre; sıcak iklim bölgesinde yer alan bu iki blok için yönlenme, yalıtım, saydam alanların küçültülmesi ile yıllık yaklaşık 95000kWh olan soğutma yükü, 78.751 kWh' a düşürülerek %17 civarında enerji tüketimi azaltılmış, \$13.350 olan enerji tüketim maliyeti \$11.070'a çekilmiştir.

İkinci yaklaşım olarak, proje, tasarımı tamamlandıktan sonra çevresinden bağımsız olarak, Bep-TR ulusal yazılımına veri girişleri yapılmıştır. Belirli formlara yapı benzetildikten sonra proje ısı alanlarına ayrılmıştır. Belirlenen yapı bileşenleri, malzeme ve sistemlerin tüketimlerine göre; Toplam enerji tüketim sınıfı B, soğutma yükü 1.151.033kWh/yıl ve soğutma enerji sınıfı 'D' olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak; yeni projelendirilecek bir imar alanında, çok katlı binaların pasif tasarım ilkeleriyle tasarımına ek olarak, teknolojik araçlar ile enerji etüdü yapıldığında, tasarım iyileştirme seçenekleriyle projede iyileştirme sağlanmış olmaktadır. Adana'da seçilen proje alanındaki iki blok tasarımında DB yazılımı hesap sürecinde binaların bulunduğu konuma göre ısı alanları, çevre bina gölgelemeleri, aktiviteler, iç yükler, seçilen mekanik sistemler gibi parametreler

için gerekli enerji tüketimleri alternatif iyileştirme denemeleriyle modellenerek, soğutma yükünde % 17 civarında iyileştirme sağlanabildiği kanıtlanmıştır.

(İyileştirme oranı % 17 yapılan uluslararası literatür araştırmalarında;

- İklimsel farklılıklarda pasif tasarımla %33 iyileştirme
- Aktif- pasif tasarım stratejilerinin bir arada olduğu tasarımla %67 iyileştirme
- Sıcak iklim bölgesinde her cephe ve her zonda ayrı ayrı iyileştirme çalışmaları yapıldığında, güneş ışınımının yoğun olduğu cephelerde %3 iyileştirme olan simülasyon çalışmaları bulunmaktadır.
- Net sıfır enerji tüketimi hedeflenen binalar için ise daha detaylı tedbirler gerekmektedir.)

İyileştirme gerektiren alanlar öngörülmeden, sezgisel ve mesleki deneyimle (alışlagelmiş yöntemle) yapılan proje, ulusal Bep-Tr yazılımında hesaplandığında, sadece soğutma enerji tüketimi 1.151.033kWh/yıl olarak D sınıfı değer aralığında hesaplanmıştır. Yazılımın referans aldığı bina karşılaştırmalarına göre, Enerji Kimlik Belgesi'nde sadece karbon emisyon değerlerinin 'C' sınıfını sağlaması ruhsat için yeterli olmaktadır. Proje alanındaki iki binanın soğutma için enerji tüketim değerleri ve maliyeti yüksek olduğu halde, ruhsat almak için uygun bulunmaktadır. Sıcak ve nemli iklimlerde bu şekilde enerji kimlik belgesi olan, ruhsatlı birçok binanın, gerçekçi, bütünsel, sürdürülebilir ve ekonomik olamayacağı ortaya konmuştur.

Bu araştırma süreç ve sonuçlarına dayalı öneriler:

Sürdürülebilirlik ve enerji etkinliği için;

- Uluslararası tasarım teknik ve teknolojilerinin pratiğe dâhil edilmesi, ulusal yasa ve yönetmeliklerin standartlar olarak her bir fiziki koşula göre ayrı ayrı tanımlanması, etkili uygulamaların finansal teşviklerle desteklenmesi,
- Önce kamu binalarında örnek enerji verimliliği uygulamalarının gerçekleştirilmesi,
- Tasarım yöntem ve teknolojileri yazılım alanları ile entegre edilerek, yüksek öğretim kurumlarında ‘Bina enerji simülasyonu uzmanlığı’ ya da ‘yazılımcılığı’ meslek altyapısının oluşturularak, bu konuda araştırma, eğitimler ve kişi sayısının artırılması,
- (Bu alanın yapı kullanıcıları tarafından da tanınması, benimsenmesi, binalarda satın alırken kriter olarak aranmasını sağlayacağı öngörülmektedir.)
- Enerji kimlik belgesi ile beraber kullanıcılara yönelik, konutlarının tasarımcısı tarafından hazırlanmış, tasarımdaki alanların işlev ve donanımlarını içeren kullanım klavuzu ve yapı ömrü süresinde bakım klavuzu sağlanması,
- (Düşük maliyetli elektrikli ev aletlerinde dahi kullanım klavuzu ve garanti belgesi bulunmaktadır. Yüksek maliyetli yapılar için de sağlandığında, bilinçli kullanımın enerji tüketimini azaltacağı düşünülmektedir.)
- Sıcak iklimlerde alternatif kentsel, toplu kullanım alanları enerji ihtiyacını azaltıp, kullanıcı konforu sağlayarak kentsel fırsatlara dönüşebilir; sirkülasyonu yoğun olan hastane, iş merkezi gibi binalar, (tercihen fiziki olarak eşdeğer) çevre binalarında dahil edildiği

gölgeleme strüktürü ile, ‘kentsel avlular’ oluşturulması önerilebilir (*Ek 4*).

Bu çalışmanın altyapı sağlayabileceği ileride yapılabilecek araştırmalara yönelik öneriler:

- Mevcut binalarının, sıvı, katı (ve gaz (CFD)) atıklarının operasyonel olarak binada yeniden kullanılmasının dinamik simülasyonu ile enerji verimli iyileştirme seçenekleri araştırılabilir.
- Kullanıcı konforunu sağlayacak, enerji tüketimini belirleyici Yapı Kullanım ve Bakım Klavuzu, Garanti Belgesi’nde;
 - o Binadaki bağımsız bölümlerin ve alanların tasarımcısı tarafından konum özellikleri ya da iklimsel verilerle belirlenen işlev ve kullanımların açıklamaları
 - o Mahallerin, oylumların eklenip çıkarılması yönünde esnek plan önerileri
 - o Yapı mühendisince enerji verimliliği hesapları yapılarak önerilen sistemler, donanımların kod, seri numaraları gibi belirleyici özellikleri ve kullanımlarının anlatımı
 - o Yapı konum özellikleri, zemin yapısı hakkında genel bilgi sunulması
 - o Yapı ömrü süresince bakım kılavuzunun oluşturulması önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Bektaş, C., 2013. Mimar Portreleri, Bektaş Mimarlık. Mimarlık Portalı, <http://www.mimdap.org/?p=611>.
- Bilsel, C., 2006. Kentsel Dönüşüm, Çözülen Kentler Ve Parçalanmış Kamusal Alan. Mimarlık Dergisi, 327.
- Birol, F., 2016. Dr. Fatih Birol, Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), İcra Direktörü. Temiz Enerji İçin Finansman, Medya Kütüphanesi, Röportaj. <http://temizenerjifinansman.com/index.php?func=Media&ID=112>,
- Bonab, T. A., 2016. Türkiye'deki Konut Binalarının Enerji Etkin İyileştirmesi İçin Ekonomik Olarak Uygulanabilir Çözümlerin Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Doktora tezi, 208 s.
- Çakıcı, F. Z., 2013. Mimari Tasarım Süreci İçin Bina Enerji Performansı Değerlendirme Programı (Enad) Geliştirilmesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, doktora tezi, 263s.
- Çalışkan, O., 2012. Türkiye'nin Biyoklimatik Koşullarının Analizi Ve Şehirleşmenin Biyoklimatik Koşullara Etkisinin Ankara Ölçeğinde İncelenmesi. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya (Fiziki Coğrafya) Anabilim Dalı, Doktora tezi, 280 s.
- Asımgil, B., 2016. Kaynakların korunumunda sürdürülebilir teknolojik yaklaşımlar ve mimari forma etkisi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 32(3): 28-39.
- Chikkalgi, R., 2017., Climatic Zones, Warm and Humid Climate. Slideshare. 33s. <https://www.slideshare.net/roopachikkalgi/climatic-zones-warm-and-humid>

- Çerçi, S. ve Hoete, A., 2014. Binalarda Düşük Ve Sıfır Karbon (LZC) Teknolojilerinin Uygulanabilirliği Ve Londra ‘Shoreditch İstasyonu’ Örneği. METU JFA, 31(2): 223-240
- Dağsöz, A. K. ve ark. 1999. Yapılarda Sıcak Etkisinin Getirdiği Problemlerin Isı Yalıtımı İle Çözümü ve Enerji Tasarrufu. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Makina Mühendisleri Odası Bildiriler Kitabı, 328-339, Kasım 1999, İzmir
- Doğan, T. ve Ark., 2015. Towards An Energy Simulation-Informed Design Process: A 3-Phase Approach For A Performative Interdisciplinary Laboratory Building. IBPSA, BS2015, 7- 9 Aralık 2015, Hyderabad, Hindistan.
- Fanger, P.O., 1970, Thermal Comfort : Analysis And Applications İn Environmental Engineering, Danish Technical Press, Copenhagen, 244s.
- Humphreys M. A. ve Nicol J. F., 1998. Understanding The Adaptive Approach To Thermal Comfort. ASHRAE Transactions Konferans Bildirisi, 991-1004, 18-21 Ocak 1998, San Francisco, ABD.
- Ganiç N. ve Yılmaz Z., 2014. 2010/31/EU Direktifinin Türk ulusal faktörlerinin etkisi düşünülerek İdeal Maliyet Düzeyi Hesaplama Yönteminin Uyarlanması. ScienceDirect, 125, 94-107.
- Güçül, G. N., 2016. Ankara'da Müstakil Bir Konutun Nihai Enerji Tüketimini En Aza İndirebilmenin Yollarının Araştırılması ve Tekno-Ekonomik Değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora tezi, 232s.
- Gül, K., 2017. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (Bina Sektörüne Yönelik Eylemler). Yaşanılabilir Şehirler Sempozyumu, Ekim 2017, İstanbul.
- Gürçınar, Y.,1991. Bina İklimlendirilmesinde Doğal çevre Faktörlerini Kullanarak Enerji Tasarrufu Sağlanması. Ç.Ü.Müh. Mim. Fak. Dergisi, 6 (2): 91-100.

- Hacaloğlu, A., 2007. Türkiye'nin Enerji Konutu Haritası: Sürdürülebilir Apartman Tasarımı. Mimarlar Odası Ankara Şubesi Bülteni, Sürdürülebilirlik: Kent ve Mimarlık, 51: 49-53.
- Harputlugil, G., 2007. Mimari Tasarım Süreci İçinde Bina Enerji Simülasyon Programı Uygulamalarının Yeri. Teknoloji Dergisi, 10(4): 249-265.
- _, 2009. Enerji Performansı Öncelikli Mimari Tasarım Sürecinin İlk Aşamasında Kullanılabilecek Tasarıma Destek Değerlendirme Modeli. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Doktora tezi, 217s.
- _, 2011. Enerji Performansına Dayalı Tasarımda Analiz ve Simülasyon. Megaron, 6(1):1-12.
- Karakaya, H., 2017. Enerji Verimliliği Kapsamında Türkiye'nin Enerji Tüketimi İle Ekonomik Büyümesi Arasındaki Nedensellik İlişkisinin Değerlendirilmesi. Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 16 (2): 26-39.
- Kürekçi A., ve Ark., 2012. Türkiye'nin Tüm İlleri İçin Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi. Makina Mühendisleri Odası Tesisat Mühendisliği Dergisi, 131,5-21.
- Larson, K., 2016. Şehirlerin İnovatif Teknolojilerle Dönüşümü. Girişime Yönelik, Yüksek Performanslı, Yaşanılabilir Şehirler Konferansı, 27-28 Ekim 2016, Adana.
- <http://timtv.com.tr/Inovasyon/turkiye-inovasyon-haftasi-adana-2016/konferans-girisime-yonelik-yuksek-performansli-yasanilabilir-sehirler-kent-larson>
- Mangan S. D., 2015. Yaşam Döngüsü Enerji Ve Maliyet Etkinliği Açısından Konut Binalarının Performanslarının Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Doktora tezi, 346s.

- Meral, Dino ve Çeliker (2016), Net-sıfır Enerji ve Su Tüketen Binaların Tasarımında Simülasyon ve Optimizasyon Araçlarının Önemi. 4. Proje ve Yapım Yönetimi Kongre Bildirisi, 3-5 Kasım 2016, Eskişehir, 1312-1323
- Missenard, A., 1931. Température effective d'une atmosphère, Chaleur et Industrie XII, 137, 491-498.
- Roetzel, Tsangrassoulis, Dietrich ve Busching (2010). On the Influence of Building Design, Occupants and Heat Waves on Comfort and Greenhouse Gas Emissions in Naturally Ventilated Offices. A Study Based on the En 15251 Adaptive Thermal Comfort Model in Athens, Greece. Building Simulation,3(2): 87-103.
- Saratsis E., Doğan, T., Reinhart C. F., 2015. Simulation-Based Daylighting Analysis Procedure For Developing Urban Zoning Rules. Massachusetts Institute of Technology, Sürdürülebilir Tasarım Lab, ABD
- Sayın, S., 2014. Performans Tabanlı Bina Tasarımı İçin Bir Model Önerisi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Doktora tezi, 201s.
- Solmaz A. Ş., 2015. Bina Enerji Performansını Geliştirmede Optimum Çözümleri Belirlemeye Yönelik Simülasyon ve Çok Amaçlı Optimizasyon Tabanlı Bir Karar Destek Modeli. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, Doktora tezi, 249s.
- Solomon, S. ve Ark. 2007. Climate Change 2007. Hükümetler arası iklim değişikliği paneli 4. Değerlendirme raporuna çalışma grubu 1 katkısı. IPCC, 2007. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom ve New York, NY, USA, 996 s.
- Şahin Çağlı, Z., 2011. Adana'da Çok Katlı Konut Binalarındaki Mekânsal Yalıtım Problemleri Ve İyileştirme Önerileri. Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İç Mimarlık Ana Sanat Dalı, Yüksek lisans tezi, 115s.
- Taleghani, M. Ve Ark., 2013. A Review Into Thermal Comfort In Buildings. Renewable & Sustainable Energy Reviews. 2013(26), 201-215.

- Uğurlu, F. Y., 2003. Bütün yapılar için; 'Kimlik Kartı', 'Garanti Belgesi', 'Kullanım İle Bakım Klavuzu'. Çankaya Üniveristesi.
http://www.mitua.net/images/urun/Pdf_30112017154902.pdf
- Vernon, H. M. ve Warner, C. G., 1932, The influence of humidity of the air on capacity for work at high temperatures, Journal of Hygiene (London), 32 (3): 431-463.
- de Wilde, P., 2017. Challenges in Framing Building Energy Research. Chair of Building Performance Analysis, Plymouth University, White paper, Kasım 2017.
- Winslow, C. ve Ark., 1937. Physiological Reactions Of The Human Body To Various Atmospheric Humidity. Am J. Epidemiol. 26: 103-115.
- Yaşar, N. 2011, Kentsel Enerji Politikaları Bağlamında Konutlarda Enerji Verimliliği Algısı: Isparta Örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi, 214s.
- Yılmaz, Z., 2012. Bina Performans Modelleme ve Simülasyonları. Ekoyapı Dergisi.
<http://www.ekoyapidergisi.org/53-bina-performans-modelleme-ve-simulasyonlari.html>
- Yüceer, N. S., 2004. Binalarda Güneş Kontrolü Sağlanması, Adana Örneği. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora tezi, 336s.
- _, 2010. Çevre Duyarlı Mimarlık, Bilgisayar Destekli Enerji Etkin Bina Tasarımı. Mimarlık Dergisi, 355: 37-43.
- _, 2015, Yapıda Çevre ve Enerji. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 425s.



ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Adana’da doğdu. Lise eğitimini Adana Anadolu Lisesi’nde, lisansını Balıkesir Üniversitesi’nde, yüksek lisansını Çukurova Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi İç Mimarlık Bölümü’nde tamamlamıştır. 2002-2016 yılları arasında Profesyonel Mimar olarak çalışmıştır. Benzin istasyonu, mağaza, villa, hukuk bürosu, sağlık merkezi, çok katlı konut ve eğitim yapıları projelerinin tasarım ve uygulamasını yapmıştır. Bunların bir kısmı serbest mimarlık hizmetleri olarak, bir kısmı firma bünyesinde gerçekleştirilmiştir. Çukurova Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi’nde ve Toros Üniversitesi, Mimarlık ve İç Mimarlık Bölümlerinde öğretim görevlisi olarak 4 yıl Fiziksel Çevre Denetimi, Yapı, Mimari Proje, Maket dersleri vermiştir. Uluslararası sunumları bulunmaktadır. Evli ve bir çocuk annesidir.



EKLER



EK 1

(Kaynak: file:///E:/INFORMATION%20DATAS/yasal%20düzenlemeler/1053-1061.pdf)

SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPI TASARIMINA İLİŞKİN STANDARTLAR Genel Çerçeve, Enerji Ve Kaynak Tüketimine İlişkin Performans Değerlerini İçeren Kapsamları	
 ISO Uluslararası standart Organizasyonu	International Organization for Standardization – ISO (Uluslararası Standart organizasyonu) dünyanın en büyük standart geliştirme ve yayınlama organizasyonudur. Organizasyonun 162 üye ülkesi bulunmaktadır. Organizasyon üyesi olan millî birimler kendi ülkelerinde standartlar konusunda en yetkili kuruluşlardır. Her ülke teşkilatta yetkili bir organ tarafından temsil edilmektedir. Standartlaştırma, ölçme, adlandırma ve yabancı adları çeşitli dillere çevirmesi gibi başlıca konular Uluslararası Standartlar Organizasyonunun faaliyet sahasına girmektedir. ISO‘ nun sürdürülebilirlik alanında yayınladığı ilk standart 1990 yılındaki ISO 14000 Çevre Yönetim Standartları Serisidir. Bu standart serisi, çevresel denetleme, performans değerlendirmesi, ürün standartları geliştirme, yaşam döngüsü değerlendirmesi konularına yönelik geliştirilmiş bir dizi standarttan oluşmaktadır

ISO 14001 Çevre Yönetim Standardı	ISO 14000 serisi ISO Standard Geliştirme Komitesi TC207 tarafından geliştirilmiş bir Çevre Yönetim Standardı'dır. Bu seri, kuruluşlarla ilgili tüm çevresel konuları kapsamak üzere geliştirilmiştir ve kuruluşların çevresel etkilerin önceliğini tespit ederek bu etkileri yönetmeleri ve kontrol etmeleri konusunda kaynak niteliğindedir. ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi, özünde doğal kaynak kullanımının azaltılması, toprağa, suya, havaya verilen zararların minimum düzeye indirilmesini amaçlayan, risk analizleri tabanında kurulan bir yönetim modelidir. ISO 14001 aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır [5]. • Genel gereksinimler, • Çevre politikası, • Planlama, Uygulama ve Operasyon, • Düzeltici ve önleyici faaliyet ve • Yönetimin gözden geçirilmesidir.
ISO 14040 Çevresel Yönetim - Yaşam Boyu	Değerlendirme Standardı Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD) - Prensipler ve Çerçeve adıyla tanımlanan standart yapı ürünlerinin ve sistemlerin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi ve bu etkilerin azaltılmasını sağlamaya yönelik geliştirilen YDD yöntemini ve kullanım alanlarını tanımlamaktadır [6]. 1990' ların sonunda yayımlanan ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemi Standartları ve buna ek olarak geliştirilen Yaşam

	Döngüsü Değerlendirmesi üzerine hazırlanan ISO 14040, ISO 14044, ISO/TR 14047, ISO/ TR 14048, ISO/TR 14049 standartlarından elde edilmektedir. Bu çalışma kapsamında ülkemizde TC207 ve TC176 olarak isimlendirilen teknik komiteler kurulmuş ve YDD'nin orijinal kaynağı ISO 14040: 1997' den yapılan çevirilerle hazırlanan TS EN ISO 14040 ile 14043 Standartları —Çevre Yönetimi – Hayat Boyu Değerlendirme – Prensipler ve Çerçeve şeklinde tanımlanarak Türk Standartları Enstitüsü (TSE) Standartları arasında yer almıştır. İlk olarak, ISO 14040: 1997, ISO 14041: 1998, ISO 14042: 2000 ve ISO 14043: 2000 şeklinde hazırlanan standartlar serisi Haziran 2006' da revize edilerek ISO 14040: 2006 serisi kapsamına alınmış ve ISO 14041 – 14043 arasındaki standartlar yürürlükten kaldırılmıştır
ISO 15392 Bina Yapımında Sürdürülebilirlik Standartı	Bina Yapımında Sürdürülebilirlik-Genel Prensipler standardı TC59/SC17 alt komitesi tarafından, yapıların yaşam dönemi sürecinde sürdürülebilir gelişme hedefi erinin uygulanabilmesine yönelik geliştirilmiştir. Bina yapımında sürdürülebilirlik için genel ilkeler tanımlanmaktadır. ISO 15392 standardı hem yapılara hem de yapıların yaşam

	döngüsü süreçleriyle ilişkili olan yapı malzemeleri, yapı ürünleri, servis ve süreçlerine uygulanabilmektedir. Standart temel olarak konuya ilişkin tanımlamaları, genel ilkeleri ve çerçeveyi kapsamaktadır. Standartta belirtilen ilkelere ilişkin sayısal değer verilmemektedir. Standart bina tipolojileri arasında ayırım yapmamakta tüm bina tipolojilerini kapsamaktadır. Bu nokta standardın geliştirilmesi gereken yönlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Sürdürülebilir yapı tasarımı kapsamında dikkat edilmesi gereken ilkelerin niteliği ve niceliği bina tipolojisine göre değişkenlik gösterebilmektedir. Bu standart serisi 4 standart içermektedir [7.] • ISO 15392: 2008, Bina Yapımında Sürdürülebilirlik – Genel Prensipler • ISO 21929 – 1: 2006, Bina Yapımında Sürdürülebilirlik – Sürdürülebilirlik Göstergeleri, Binalar için göstergelerin geliştirilmesine yönelik çerçeve, • ISO 21930: 2007, Bina Yapımında Sürdürülebilirlik – Yapı Ürünlerinin Çevresel Bildirgeler (Çevresel Ürün Bildirgeleri), • ISO 21931 – 1: 2010, Bina Yapımında Sürdürülebilirlik – Yapıların Çevresel Performans Değerlendirme Yöntemine yönelik Çerçeve.
--	---

ASTM (Amerikan Test Etme ve Materyaller Topluluğu)	American Society for Testing and Materials – ASTM (Amerikan Test Etme ve Ürünler Topluluğu) kuruluşu 1898 yılında kurulan dünyadaki en köklü standart oluşturma organizasyonlarından biridir. 2001 yılında ASTM International olarak ismini değiştiren kuruluş, tüm dünyada kullanılacak uluslararası standartlar geliştirmektedir. ASTM‘ nin bugün yaklaşık 120 ülkeden sayıları 30.000‘ den fazla olan, kamu ve özel sektörde görev alan gönüllü profesyonellerden oluşmuş üye topluluğu bulunmaktadır. ASTM kar amacı gütmeyen malzeme, ürün, servis ve sistemler için standartların ve gönüllü anlaşmaların geliştirilmesini hedefleyen dünya çapında kabul görmüş bir kuruluştur. ASTM standartları ürünlerin test edilmesinde, kalite sistemlerinde, araştırma ve üretimde, uluslararası ticari işlemlerde kabul edilmekte ve kullanılmaktadır.
ASHRAE 189.1 Yüksek Performanslı Yeşil Binaların Tasarımı için Standart	2009 yılında Birleşik Devletler Yeşil Bina Komisyonu (USGBC) ve Aydınlatma Mühendisleri Birliği (IES) kuruluşlarının desteğiyle geliştirilmiştir. Standart yüksek performanslı yeşil bina tasarımı için minimum gereksinimleri içermektedir ve Standart az katlı konut binaları haricinde tüm bina tipolojilerini kapsamaktadır.

	Standart aşağıda sıralanan alt başlıklardan oluşmaktadır[10]. • Sürdürülebilir alanlar (yapı alanı seçimi, ısı adası etkisinin azaltılması, ışık kirliliğinin azaltılması başlıklarını içermektedir), • Etkin su kullanımı (alan ve yapıdaki su kullanımının etkin kullanımı ayrı başlıklar altında ele alınmıştır.), • Enerji etkinliği (Binanın enerji tüketimi, yenilenebilir enerjinin kullanımı ve bina alt sistemlerinin enerji tüketimi gibi alt başlıklardan oluşmaktadır. ASHRAE'nin 90.1 standardında belirtilen enerji tüketim değerlerinden daha yüksek performans göstermesi beklenmektedir.), İç çevre kalitesi (iç çevre kalitesi, gün ışığı, termal konfor ve akustik kontrole yönelik başlıkları içermektedir), Yapının atmosfere olan etkisi & Malzeme ve Kaynak kullanımı (yapım atıklarının yönetimi, malzemelerin etkisinin azaltılması, ahşap ürünler vb. başlıkları içermektedir) ve iç çevresel konfor kullanıcı performansına ilişkin alt başlıklardan oluşmaktadır. • Binaın çevre, atmosfer ve kaynak kullanımı gibi ekolojik sistem üzerindeki etkisi, • Yapım ve kullanım planları (yapım yönetimi planı, yüksek performanslı yapı kullanımı, servis ömrü, ulaşım yönetimi, bakım vb. yapım ve kullanım evresine yönelik planları içermektedir)
--	---

ASHRAE 90.1-2013 Az Katlı Konut Binaları Dışındaki Binalar İçin Enerji Etkinliği İçin Standart	Az katlı konut binaları dışındaki binaların enerji tüketiminin azaltılarak yapıların enerji etkin olarak tasarlanabilmesi için geliştirilmiş bir standarttır. 2013 yılında yapılan son revizyonu kullanımda olan standart, mevcut ve yeni yapılarda ve yenileme projelerinde yapı kabuğu, ısıtma, soğutma ve Havalandırma (HVAC) sistemleri, aydınlatma ve sıcak su sistemlerini ele almaktadır. Standart aynı zamanda binaların enerji tüketimleri bazında değerlendirmeyi sağlayan bir metot ve enerji tüketiminin maliyetinin hesaplanması gibi kısımları da içermektedir
ASHRAE 62.1-2013 Kabul Edilebilir İç Mekan Hava Kalitesi İçin Havalandırma Standardı	Yapıların tasarımında dış hava kalitesi, iç hava kalitesi sistemler ve ekipmanlar, yapım, kullanım ve bakım aşamalarındaki havalandırma sistemleri ve hava kalitesine yönelik ilkeler, temel sayısal değerleri içeren standarttır. Sözü edilen standart sürdürülebilir yapı tasarımının insan için tasarım ilkesi üzerinden sürdürülebilir yapı tasarımı standartları kapsamında ele alınmıştır. Standartta iç mekânda hava kalitesinin kullanıcı konforu ve performansını etkilememesi için dikkat edilmesi gereken ilkeler, havalandırma sistemi seçimi, çalışma stratejilerine ilişkin ilkeler ile bu ilkelere yönelik asgari sayısal değerler tanımlanmıştır

EPBD Binalarda Enerji Performansı Direktifi	Energy Performance of Buildings Directive- Binalarda Enerji Performansı Direktifi (EPBD) 2002 yılında Avrupa Parlamentosu ve Konseyi tarafından imzalanarak yürürlüğe girmiştir. EPBD, çeşitli ulusal düzenleme ve hesaplama metotlarının birleştirilerek binalarda enerji performansın minimum standartlarını belirlemek, binalar için sertifikasyon ve ısıtma, soğutma tesisleri için denetim kurallarını sağlamak amacıyla oluşturulmuştur. Binalarda Enerji Performansı Direktifi, (EPBD) 2002/91/EC, yerel koşulların ve gereksinimlerin dikkate alınarak, binaların enerji performansının maliyet-etkin yöntemlerle geliştirilmesini teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Direktif, binaların enerji performansına bütüncül bir bakış açısıyla yaklaşarak ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma ve sıcak su hazırlanması gibi tüm enerji ihtiyaçlarını kapsamaktadır. Direktif, temel prensipleri ve gereksinimleri belirleyerek üye ülkelerin kendi koşullarını gözeterek bu ilkelerin gerçekleştirilmesi için gerekli yöntem ve araçların geliştirilmesini istemektedir.
---	--

EK 2 Örnek Proje DB programı hesap çıktıları.

End Uses			
	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Water [m3]
Heating	0	124533,68	0
Cooling	78750,69	0	0
Interior Lighting	181474,27	0	0
Exterior Lighting	4205,4	0	0
Interior Equipment	310844,63	0	0
Exterior Equipment	46427	0	0
Fans	16858,29	0	0
Pumps	142,03	0	0
Heat Rejection	0	0	0
Humidification	0	0	0
Heat Recovery	0	0	0
Water Systems	0	138447,18	717055,3
Refrigeration	0	0	0
Generators	0	0	0
Total End Uses	638702,3	262980,86	717055,3

Site and Source Energy	
	Total Energy [kWh]
Total Site Energy	901683,16
Net Site Energy	901683,16
Total Source Energy	2307841,45
Net Source Energy	2307841,45

Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
109,1	149,24
109,1	149,24
279,23	381,97
279,23	381,97

EK 3. DB programı hesap çıktıları devamı.

Site to Source Energy Conversion Factors	
	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3,167
Natural Gas	1,084
District Cooling	1,056
District Heating	3,613
Steam	0,3
Gasoline	1,05
Diesel	1,05
Coal	1,05
Fuel Oil #1	1,05
Fuel Oil #2	1,05
Propane	1,05
Other Fuel 1	1
Other Fuel 2	1

Building Area	
	Area [m2]
Total Building Area	8265,08
Net Conditioned Building Area	6041,96
Unconditioned Building Area	2223,12

	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m2]	5194,07	1020,35	1008,15	1902,9	1262,67
Above Ground Wall Area [m2]	5194,07	1020,35	1008,15	1902,9	1262,67
Window Opening Area [m2]	1824,08	370,85	354,9	675,46	422,87
Gross Window-Wall Ratio [%]	35,12	36,35	35,2	35,5	33,49
Above Ground Window-Wall Ratio [%]	35,12	36,35	35,2	35,5	33,49

Rates (\$/kWh)
Electricity
0,14057
Natural gas
0,04916

EK 4. Berlin Sony Center

