



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE YAPI
KABUĞUNUN ENERJİ ETKİN
İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK BİR
YAKLAŞIM: TİP EĞİTİM YAPISI ÖRNEĞİ

HANİFE BÜŞRA KOÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Temmuz-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Hanife Būşra KOÇ tarafından hazırlanan “Farklı İklim Bölgelerinde Yapı Kabuğunun Enerji Etkin İyileştirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım: Tıp Eğitim yapısı Örneği” adlı tez çalışması 01/10/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Serra Zerrin KORKMAZ

.....

Danışman

Doç.Dr. Hatice Derya ARSLAN

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Selçuk SAYIN

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. İbrahim KALAYCI
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Hanife Büşra KOÇ

Tarih:01/10/2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE YAPI KABUĞUNUN ENERJİ ETKİN İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM: TİP EĞİTİM YAPISI ÖRNEĞİ

Hanife Büşra KOÇ

NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. H. Derya Arslan

2021,86 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. H. Derya Arslan

Dr. Öğr. Üyesi Selçuk SAYIN

Prof. Dr. Serra Zerrin KORKMAZ

Ülkelerin gelişmesi ile birlikte, kentleşme ve sanayileşme de artmaktadır. Bu gelişim sürecinde ise enerji ihtiyacı çoğunlukla yenilenemeyen fosil kaynaklardan sağlanmaktadır. Binalarda kullanılan fosil yakıtlar, karbondioksit salınımı ile doğal çevreyi de kirletmektedir. Tüm bu etmenlerin sonucunda da günlük hayatta ve özellikle inşaat sektöründe enerji etkin yapı tasarımının önemi artmaktadır. Ülkemizde binalar enerji tüketiminde sanayiden sonra ikinci sırada gelmektedir. Aynı zamanda enerji tüketimlerinin azaltılmasında da en fazla potansiyele sahiptir. Kamunun sektöre öncülük ederek enerji tüketimlerinin azaltılması için çalışmalar yapması hem kamu kaynaklı cari açığın azaltılmasını sağlar hem de enerji verimliliği çalışmaları için sektöre örnek olarak ivme kazandırır. Kamu binaları içerisinde yoğunluk eğitim yapılarına aittir. Eğitim yapılarında enerji etkin tasarım kriterlerinin uygulanması enerji verimliliğinin sağlanması ve bu bilincin oluşturulması konusunda önem arz etmektedir.

Bu çalışmada; Millî Eğitim Bakanlığı'nca gerçekleştirilen yapıların enerji etkin iyileştirilmesi çalışmalarına ek olarak yeni yapılacak eğitim yapılarının tasarım sürecinde yeni düzenlemeler ile enerji etkin planlanmasına çözüm önerileri sunulması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda MEB tarafından alınan bilgiler doğrultusunda Türkiye genelinde en çok uygulanan ve uygulamaya devam edilen 24 derslikli tip proje referans bina olarak seçilmiş yaşam döngüsü boyunca kullanacağı enerji-göz önüne alınarak, tasarımda enerji ihtiyacını minimumda tutacak pasif sistem tasarım kriterlerinin bina enerji performans analizini yapmak hedeflenmiştir. Belirlenen amaç doğrultusunda gerekli literatür taraması yapılarak, enerji etkin tasarım ve enerji etkin bina tasarım parametrelerine ilişkin gerekli kavramlara yer verilmiştir. Sonrasında belirlenen yapının enerji etkinliğini etkileyen pasif sistem tasarım parametrelerinin analizi DesignBuilder simülasyon programı aracılı ile yapılmıştır ve iklim bölgelerine göre enerji etkin bina tasarım alternatifleri incelenmiştir. Pasif sistem tasarım parametrelerinin uygulandığı tip eğitim yapısının farklı iklimlerdeki enerji ihtiyacı hesaplanmış ve iller özelinde sonuçlar karşılaştırılmış, en uygun alternatif belirlenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda binanın yöneliminin enerji ihtiyacında büyük bir farklılığa yol açmadığı, binanın saydam ve opak bileşenlerinin özelliklerinin iyileştirilmesinin her bölgede önemli oranda enerji tasarrufu sağladığı ve saydamlık oranlarında farklılaşmaların sıcak iklim bölgelerinde enerji ihtiyacını azalttığı, soğuk iklim bölgelerinde ısıtma yükünü dolayısıyla enerji yükünü büyük oranda artırdığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bina enerji performans analizi, DesignBuilder, Eğitim yapısı, Enerji etkin tasarım, Pasif tasarım sistemleri

ABSTRACT
MS THESIS

**AN APPROACH TO ENERGY-EFFECTIVE IMPROVEMENT OF
BUILDINGS SHELL IN DIFFERENT CLIMATE REGIONS: EXAMPLE OF
TYPE EDUCATIONAL BUILDING**

Hanife Büşra KOÇ

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ARCHITECTURE**

Advisor: Assoc. Prof. Dr. H. Derya Arslan

2021, 86 Pages

Jury

Assoc. Prof. Dr. H. Derya Arslan

Assist. Prof. Dr. Selçuk SAYIN

Prof. Dr. Serra Zerrin KORKMAZ

With the development of countries, urbanization and industrialization are also increasing. In this development process, the energy need is mostly provided from non-renewable fossil resources. Fossil fuels used in buildings also pollute the natural environment with carbon dioxide emissions. As a result of all these factors, the importance of energy efficient building design increases in daily life and especially in the construction sector. The fact that the public works to reduce energy consumption by leading the sector both ensures the reduction of the public-sourced current account deficit and accelerates the sector as an example for energy efficiency studies. The density in public buildings belongs to educational buildings. The application of energy efficient design criteria in educational buildings is important in ensuring energy efficiency and creating this awareness.

In this study; In addition to the energy efficient improvement works of the buildings carried out by the Ministry of National Education, it is aimed to offer solutions for energy efficient planning with new regulations in the design process of new educational buildings. In this context, it is aimed to make the building energy performance analysis of passive system design criteria in the design, taking into account the energy that will be used throughout its life cycle, which has been selected as the reference building of the type project with 24 classrooms, which is the most applied and continues to be implemented throughout Turkey. In line with the determined purpose, necessary literature review has been made and necessary concepts related to energy efficient design and energy efficient building design parameters have been included. Afterwards, the energy efficiency analysis of the determined structure was made through the DesignBuilder simulation program. Energy efficient building design alternatives according to climatic regions were examined. The energy needs of the type education structure in which passive system design parameters are applied in different climates were calculated and the results were compared, and the most suitable alternative was determined. As a result of the analyzes, it has been seen that the orientation of the building does not cause a big difference in the energy need, the improvement of the properties of the transparent and opaque components of the building provides significant energy savings in each region, and the differences in transparency rates reduce the energy need in hot climate regions, and increase the heating load and thus the energy load in cold climate regions.

Keywords: Building energy performance analysis, DesignBuilder, Education buildings Energy efficient design, Passive design systems,

ÖNSÖZ

Tez çalışmamda bana yol gösteren, desteğini ve hoşgörüsünü esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. H. Derya ARSLAN'a, süreçte yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Selçuk SAYIN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımı kolaylaştıran, hoşgörüsüyle, sevgisiyle her zaman yanımda olup bana güç veren sevgili eşime, anneme, abime, benden emeğini esirgemeyen tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hanife Büşra KOÇ
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	2
1.2. Çalışmanın Kapsamı	2
1.3. Çalışmanın Yöntemi	3
2. ENERJİ ETKİNLİK VE ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI	5
2.1. Enerji Etkin Binalarda Aktif ve Pasif Sistem Kavramları	6
2.1.1 Aktif Sistemler	7
2.1.1.1. İklimlendirme Sistemleri	8
2.1.1.2. Havalandırma sistemi	8
2.1.1.3. Yapay aydınlatma sistemi.....	9
2.1.2. Pasif Isıtma Sistemleri	10
2.1.2.1. Trombe duvarı kullanımı	11
2.1.2.2. Kış Bahçesi/Sera	12
2.1.2.3. Çakıl yatağı	12
2.1.2.4. Su kütlesi.....	13
2.1.3. Pasif Soğutma Sistemleri	15
2.1.3.1 Işınımsal Soğutma Sistemleri	15
2.1.3.2. Evaporatif Soğutma Sistemleri.....	16
2.1.3.3 Toprak Kaynaklı Soğutma Sistemleri.....	16
2.1.4. Erken Tasarım Aşamasında Pasif Tasarım Parametreleri.....	17
2.2. Enerji Etkin Tasarım Konusunda Yapılmış Çalışmalar.....	26
3. MATERYAL-METOD.....	29
3.1.Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Simülasyon Programları	29
3.2 DesignBuilder Enerji Simülasyon Programı.....	30
3.3. DesignBuilder Enerji Simülasyon Programı Analizinde Veri Girişleri.....	31
3.4. DesignBuilder Programı Aracılığıyla Tip Eğitim Yapısı Enerji Analizi.....	32
3.4.1. Analiz Edilen Tip Eğitim Yapısının Genel Özellikleri ve Tanıtımı	33
3.4.2. İklim Bölgelerinin Belirlenmesi ve İklimsel Parametreler	40
3.4.3.Yapıya İlişkin Parametreler	42
4. BULGULAR.....	47
4.1 Seçilen Eğitim Yapısının Farklı İklim Bölgelerindeki Mevcut Analizi	47

4.2. Seçilen Eğitim Yapısının Enerji Etkin Bina Tasarım Kriterlerine Göre İyileştirilmesi	51
4.2.1.Yönlendirme alternatifleri oluşturma ve enerji giderlerini karşılaştırma	52
4.2.2.TS 825'e göre opak bileşen alternatif önerileri ile analizleri.....	55
4.2.3.Saydamlık oranının arttırılması sonrası enerji giderlerinin karşılaştırılması: 62	
4.3.Yapılan Analizlerin Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi	68
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	71
5.1 Sonuçlar	71
5.2 Öneriler	72
6. KAYNAKLAR	73
ÖZGEÇMİŞ	76

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

MEB: Milli Eğitim Bakanlığı

ASHRAE: Amerikan Isıtma-Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Birliği

kWh: Kilowattsaat

m²:Metrekare

KWh/m²: Kilowattsaat bölü metrekare

MMO: Makine Mühendisleri Odası

PVC: Polivinil klorür

TS 825: 825 numaralı Türk Standardı

U: Toplam ısı geçirme katsayısı, W/m²°C,

U D: Dış duvarın toplam ısı geçirme katsayısı, W/m²°C,

U p: Pencerenin toplam ısı geçirme katsayısı, W/m²°C,

U t: Tabanın toplam ısı geçirme katsayısı, W/m²°C,

U T: Tavanın toplam ısı geçirme katsayısı, W/m²°C,

XPS: Basınçla çekilmiş polistiren

1. GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği günümüzdeki en büyük problemlerden biri olmuştur. Orantısız artan karbon emisyonu ve karbondioksit birikiminin getirdiği sera etkisi ile dünya her geçen gün tehlikeli bir hal almaktadır. Doğal kaynakların tükenme noktasına gelmesi ile ekolojik denge de bozulmaya başlamıştır. Dünya dengesinin bozulmasında en büyük paya sahip insanın yapması gereken enerjinin ve kaynakların kullanımında verimliliği sağlamaktır.

Bir bina; yaşam döngüsünün başlangıcından itibaren enerji tüketmeye, karbon emisyonu salılamaya başlamaktadır. Ömrünü tamamlayana kadar da kullandığı enerjiden kaynaklanan zararlı emisyonlarla çevresel sorunlara sebep olmaya devam etmektedir. Bu nedenle inşaat sektörü enerji konusunda bilincin oluşması gereken ilk sektörlerden biridir. Enerjinin verimli kullanılması, yenilenebilir kaynaklara yönelmesi tasarımcının görevlerinden biri olarak kabul edilmektedir.

Dünya üzerinde nüfusun orantısız artışı, şehirleşmenin plansız gerçekleşmesi gibi pek çok sebepten kaynakların tüketim hızı artmıştır. Tüketim kültürü ülkemizde yapılaşma konusunda da etkili olmuştur. Artan bina ihtiyacı hızlı ve ekonomik bir çözüm olarak görülen tip proje kavramını gündeme getirmiştir. Tip projeler ile tasarım sürecinde harcanan zaman ve maliyeti minimuma indirilmiştir. Ülkemizde nüfusun artışı ve eğitim sisteminde yapılan değişiklikler ile eğitim binalarında da tip proje kavramını gündeme getirmiştir. Uygulamalar sonucunda tip projelerin en çok eğitim binalarında tercih edildiği görülmektedir. Tüketimin ve dolayısı ile ihtiyaçların her geçen gün artması, yapılaşmanın tip projeler ile kolaylaşması devamında yenilikçi çözümleri getirmiştir. Bu yenilikçi çözümler bina tasarımında karbon emisyonu düşük malzemelerin kullanımı, enerji ihtiyacını yenilenebilir kaynaklardan karşılayan bina tasarımları, ihtiyaç olan enerjinin verimli kullanılmasını sağlayan mekanik sistemlerin binaya entegre edilmesi, güneş ışığından optimum faydanın sağlanmasına yönelik saydam yüzeylerin kontrolü gibi yöntemlerdir. Tip projelerde uygulanacak yenilikçi çözümlerin hem sayısı hem de kullanıcı türü sebebiyle öncelikle eğitim binalarında uygulanması gerekmektedir. Bu sayede yapılarda enerjinin verimli kullanımı sağlanırken öğrencilerde de çevre ve enerji bilincinin oluşturulması sağlanabilmektedir.

Tip eğitim yapısı projelerinin günümüze kadar gelişim sürecinde en önemli problemi; farklı derslik sayısına sahip tek tip projelerin tüm iklim bölgeleri için

uygulanmasıdır. İklimle özgü yapılamayan tasarımlarda da enerji tüketimi yüksek seviyelere ulaşmaktadır.

1.1. Çalışmanın Amacı

“Enerji etkin bina tasarımı” kavramı, binaya uygulanabilecek aktif ve pasif sistemler yardımıyla binanın enerji performansının artırılması, enerjinin verimli kullanımı ile mimari tasarımı geliştiren bütünleşik tasarım olarak açıklanmaktadır. Fakat ülkemizde tasarım sürecinde enerji etkin tasarım kavramı yeterince dikkate alınmadığı için yapılan binaların büyük çoğunluğu yaşam döngüsü sürecinde gereğinden fazla kaynak ve enerji tüketmektedir. Tasarım süreci ve maliyetten kazanç amaçlı hazırlanan tip projelerde bile enerji etkin tasarım parametreleri göz ardı edilmektedir. Ülkemizde okul binaları tip projeler olarak tasarlanmakta ve uygulanmaktadır. Bu projelerin uygulanmasında bölgenin iklim özelliklerinin ya da sosyal şartların önemi göz önünde bulundurulmamaktadır.

MEB’ in 2020 yılında başlattığı “Eğitim Altyapısının Güçlendirilmesi Projesi” (URL-1) ile 12 ilde 57 eğitim kurumunun inşa edilmesi, 1472 derslikte yaklaşık 44160 öğrencilik ek kapasite oluşturulması amaçlanmıştır. Ülke genelinde hızlı ve çok sayıda uygulamaya geçecek olan bu binalarda enerji etkinliğinin sağlanması büyük önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmasının amacı, proje kapsamındaki uygulanacak tip projelerden biri olan, Milli Eğitim Bakanlığı Yatırım ve Tesisler Genel Başkanlığı tarafından alınan bilgiler doğrultusunda Türkiye genelinde en çok uygulanan ve uygulamaya devam edilen 24 derslikli tip proje üzerinden, tasarım sürecinde enerji etkin parametrelerin uygulanması ile enerji tüketim miktarını azaltmak ve tip projelerin tasarımında iklim bölgesine göre farklılıklar yapılırsa her bölge için enerji etkin binaların mümkün olup olmayacağını incelemektir.

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Ülkemizde hızlı ve seri üretim amaçlı tip eğitim yapılarının enerji etkin tasarımının önemi ve literatürde bu konuda bir açık olduğunun tespit edilmesi üzerine tez çalışmasında uygulanan ve uygulanmaya devam eden tip eğitim yapısının mevcut ve öneri enerji etkinlik analizleri yapılması amaçlanmıştır. Belirlenen amaç doğrultusunda tez çalışma kapsamında öncelikle gerekli literatür taraması yapılarak belirlenen konuya ilişkin enerji etkin tasarım, enerji etkin tasarımda aktif ve pasif sistemler, enerji etkinlik

hesaplamasında kullanılan simülasyon programlarına ilişkin kavramlara dair bilgi edinilmiştir. Devamında Türkiye genelinde farklı iklim bölgelerinde uygulanan ve uygulamaya devam eden, enerji etkinlik analizleri yapılacak eğitim yapısı; MEB Yatırım ve Tesisler Müdürlüğü ile yapılan görüşmelerle belirlenerek kapsamlı projeleri elde edilmiştir. İncelenecek yapı ile birlikte analizler için simülasyon programı netleştirilmiştir. Programa veri girişleri ve analizlerin yapılmasına ilişkin çalışmalar yapılarak program özelinde iklim bölgelerindeki illerin iklimsel veri girişleri gerçekleştirilerek binanın enerji yükleri hesaplanmış, iklim bölgeleri için enerji etkin öneriler hazırlanmaya çalışılmıştır.

Çalışma kapsamında ülkemizin beş farklı iklim bölgesi özelinde (İzmir, İstanbul, Ankara, Sivas, Erzurum) tip eğitim yapısı, öncelikle DesignBuilder programında modellenmiş, iklimsel veri dosyaları ile birlikte bina özellikleri tanımlanmıştır. Simülasyon programında özellikleri tanımlanan eğitim yapısının mevcut hali ile aydınlatma, ısıtma ve soğutma yükleri DesignBuilder programı yardımıyla hesaplanmıştır. Çalışmanın devamında enerji etkin bina tasarımı için kullanılacak sistemler ve tasarım parametreleri incelenmiştir. Örnek olarak seçilen tip eğitim yapısı için farklı iklim bölgelerine özel enerji etkin alternatifler sunularak; bina yöneliminin değiştirilmesi, bina optik ve termofiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi ve bina saydamlık oranının değiştirilmesi alternatifleri her iklim bölgesi için analiz edilmiş ve elde edilen veriler karşılaştırılmıştır.

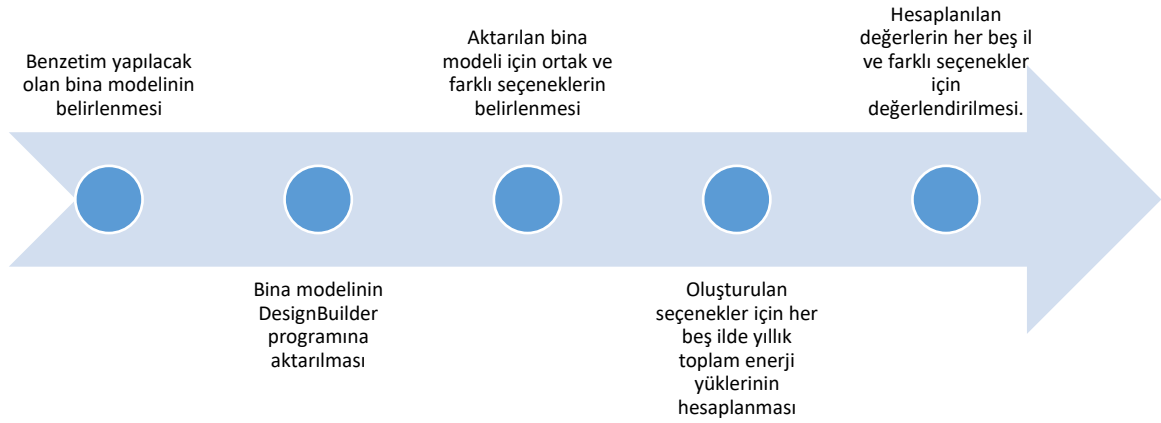
1.3. Çalışmanın Yöntemi

Ülkemizde uygulanmakta olan tip projelerin tasarımlarında, projelerin uygulanacağı bölgenin, iklimsel verileri özelinde tasarımlar yapılmamaktadır. Enerji etkin bina tasarımında ise binanın tasarımına yön veren pasif tasarım kriterleri içerisinde iklime ilişkin veriler toplam enerji yükünün hesabında önemli etken olmaktadır.

Çalışma kapsamında Türkiye genelinde çok sayıda uygulanan ve uygulamaya devam edilen eğitim yapısı projesi özelinde farklı iklim bölgeleri verileri doğrultusunda enerji etkinlik analizlerini yapmak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda enerji etkinlik analizlerinde bilgisayar programı yardımıyla simülasyon yöntemi tercih edilmiştir. Çalışmada öncelikle enerji etkin bina tasarımı için gerekli parametrelerin tanıtılması, sınıflandırılması hakkında bilgi verilebilmesi için literatür araştırmasından faydalanılmıştır. Sonrasında belirlenen yapıya ilişkin analizlerin yapılabilmesi için bilgisayar programından faydalanılmıştır.

Tip eğitim yapısının enerji verimliliğini değerlendirebilmek için DesignBuilder isimli simülasyon programı kullanılmıştır. Bu program yardımı ile beş farklı ildeki toplam aydınlatma, ısıtma, soğutma enerjisi yükleri hesaplanmıştır.

Simülasyon süreci 5 farklı aşamadan oluşmaktadır (Şekil 1.1). Bunlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:



Şekil 1.1. Simülasyon süreci aşamaları

Tezde simülasyon programı ile ulaşılan sonuçlar nicel yöntemlerden deneysel araştırma ve karşılaştırma yöntemi yoluyla değerlendirilmiştir. Bu tez çalışmasında Türkiye iklim bölgeleri TS 825 Standartlarına göre derece gün bölgeleri adı altında, beş iklim bölgesi olarak ele alınmıştır ve çalışma içinde ayrı bir iklim sınıflandırması yapılmamıştır. İklimsel veri değişkenleri bu beş farklı iklim bölgesi üzerine kurulmuştur. Herhangi bir iklim ögesi deney grubu kontrol grubu yöntemine dahil edilmemiş, iklim bölgesinden seçilen bir il kendi başına değişkeni oluşturmuştur.

2. ENERJİ ETKİNLİK VE ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI

Dünya’da enerji ihtiyacının karşılandığı en önemli kaynak olan fosil yakıtlar hızla tükenmektedir. Enerjinin elde edilmesi ve tüketilmesi sürecinde sera gazı salınımı sürekli olarak artmakta, bu artış da küresel ısınmanın ve iklim değişikliğinin temel nedenleri olarak ortaya çıkmaktadır. Küresel ısınma, çevresel kirlilik, ozon tabakasının delinmesi, biyolojik çeşitliliğin, ormanların ve doğal kaynakların giderek azalması gibi çevresel felaketlerde inşaat sektörü büyük paylardan birine sahiptir. Bunun nedeni ise binaların yapım, kullanım ve yıkım aşamalarında yani yaşam döngüsü boyunca çok fazla kaynak tüketimine neden olmasıdır. Bu durumun önüne geçmek ise sürdürülebilirliği benimsemek ve enerji etkin yapılar ortaya koymakla sağlanabilir.

Enerji etkinlik kavramı; enerji üretimi ve iletiminde etkinliğin yanında, enerjinin kullanımında da etkinliği kapsamaktadır. Daha az maliyet ve daha az birincil kaynak kullanarak daha çok enerji elde etme yönünde çalışmalar yapılırken, aynı miktar enerji ile daha çok iş yapılması veya aynı işin daha az enerji kullanılarak yapılması yönünde de çalışmalar yapılmaktadır (Koçlar ve Manioğlu, 2010). Enerji verimliliği sağlanırken konfor koşullarının da ön planda tutulması gerekmektedir. Enerji etkin yapı tasarımını etkileyen parametreler ile konfor koşullarının sağlandığı tasarımların yapılması kolaylaşmaktadır. Bu parametrelerin birbiriyle uyumlu bir şekilde bir araya getirilmesi durumunda enerji etkinliğini sağlamak mümkün olmaktadır.

Enerjinin ısıtma, aydınlatma, havalandırma, ulaşım, araç gereç kullanımı vb. pek çok alanda etkin anlamda kullanıldığı her noktada, ekonomiye pozitif etkisinin yanında çevrenin korunmasına da katkıda bulunmaktadır. Enerjinin üretiminden kullanımına kadar, enerji etkinliğini artırmak, atıkları ve artık enerjiyi önlemek için enerji kaynaklarını garantiye almak, enerji bakımından dışa bağımlılığı azaltmak ve enerji ile ilgili riskleri ortadan kaldırmak, iklim değişikliklerine karşı daha etkin bir savaş vermek son derece önemlidir.

Enerji etkin tasarım, yapının enerji korunumuna önem verilmesi, iklim verilerinden yararlanarak, doğal girdilerin ve pasif denetim olanaklarının iyi değerlendirilmesi ile sağlanabilir. Ayrıca, bina tipi ve çevre verilerine en uygun pasif ısıtma, soğutma, havalandırma, doğal aydınlatma tekniklerini uygulamak ve pasif denetim mekanizmalarını tasarlayarak enerji kullanan aktif sistemlerin müdahalesini geciktirmeye çalışmak olarak da özetlenebilir (Utkutuğ, 2000).

Sev (2009) çalışmasında enerjinin etkin kullanımının;

- yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı,
- pasif ısıtma ve soğutmanın sağlanabilmesi,
- doğal aydınlatmadan yararlanılması,
- enerji tasarrufu sağlayacak detaylandırma ve enerji etkin ekipman kullanması,
- gömülü enerjisi düşük malzemelerin seçimi ve
- enerji etkin kentsel tasarımların hayata geçirilmesi ile sağlanabileceğini belirtmektedir.

Enerji etkin yapı tasarımında, tasarımı gerçekleştirmek amacıyla üç adımın takip edilmesi gerekmektedir. Bunlardan ilki enerji korunumu amacıyla, kışın ısıtma, yazın serinletme yükünü minimize edecek, doğal ve yapay aydınlatma etkinliğini artıracak bir mimari tasarım oluşturmaktır. İkinci adımda, bina tipi ve çevre verilerine en uygun pasif ısıtma, serinletme, havalandırma ve doğal aydınlatma teknikleri uygulamaktır. Bunu yaparken öncelikli olarak doğal enerji kaynaklarının kullanılması gerekmektedir. Bu iki adımın ortak amacı ise gereksinim duyulan iç ortam konfor koşullarının kendiliğinden oluştuğu dönemi mümkün olduğunca uzatabilmektir. Üçüncü adım, iç konfor koşullarının işlevi gereği ve/veya binanın kullanıcılarının seçimi sonucu, yüksek düzeyde konfor beklentisi olan koşullarda, mekanik sistemlerin kullanılmasıdır. Ancak hiçbir zaman binanın konfor koşullarının sağlanması tek başına mekanik sistemlere bırakılmaması gerekmektedir (Efe, 2009). Belirtilen ilk iki adım binanın ilk tasarım sürecinde planlanması gereken pasif sistem tasarım kriterlerinin uygulanmasıdır. Son adımda ise mekanik ekipmanların kullanılması aktif sistem tasarım kriteri olarak kabul edilmektedir. Çalışmanın devamında binaların enerji etkin düzenlenmesinde aktif ve pasif sistem tasarım kriterlerine detaylı olarak yer verilmektedir.

2.1. Enerji Etkin Binalarda Aktif ve Pasif Sistem Kavramları

Enerji etkin bina tasarımında izlenebilecek pek çok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler tasarım sürecinin başından itibaren tasarıma yön veren, enerjinin etkin kullanımını sağlayan sistemlerdir. Bu sistemler yeni bir tasarımda kullanılmasının yanında mevcut binalarda da enerji etkin iyileştirme amaçlı kullanılabilir. Enerji etkin bina tasarımında aktif ve pasif sistemler, binanın içinde bulunduğu iklim şartları ile ele alındığında yapı tasarımı boyutunda önemli rol almaktadır.

Aktif sistemler; enerji etkin binanın kullanılacağı süreçte elektrik, iklimlendirme, sıcak su vb. için ihtiyaç duyulacak enerjiyi çeşitli mekanik ekipmanlar

yardımı ile rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının dönüşümü ile sağlayan sistemlerdir. Bu sistemlerdeki temel amaç enerji ihtiyacının yenilenebilir kaynaklardan sağlanmasıdır.

Pasif sistemler ise; aktif sistemlerden farklı olarak, enerji gerektiren mekanik ekipmanların kullanılmadığı, bina konfor koşullarının güneş ve rüzgâr enerjisinden maksimum yarar sağlanan tasarım yöntemlerini kapsayan sistemlerdir. Bu sistemlerdeki temel amaç ise binanın ısıtma ihtiyacının olduğu dönemlerde güneş enerjisi kaynaklı ısı kazancı maksimum seviyede tutmak, soğutma ihtiyacının fazla olduğu dönemlerde ise bu kazancı minimuma indirmektir.

Aktif sistemlerin pasif sistemlerden temel farkı, aktif sistemlerde bina için gerekli konfor koşullarının sağlanmasında enerji kullanımınıdır. Genellikle iki yöntem arasındaki temel fark güneş enerjisinden faydalanmak için aktif bir eleman kullanılıp kullanılmaması ile ilişkilidir. Birinci yöntem, güneş enerjisinden faydalanmak (toplamak, depolamak ve dağıtmak) için elemanlar (güneş toplayıcıları ve güneş pilleri gibi) kullanan aktif ısıtma sistemleridir. İkinci yöntem ise aktif sistemleri işin dışında tutarak tasarım parametreleri (binanın yer seçimi, binanın diğer binalara mesafesi ve konumlandırılması, binanın yönü, binanın formu vb.) ile güneş enerjisinden yarar sağlanmasıdır. Bu şekilde tasarlanmış binalar pasif sistem olarak nitelendirilebilmektedir. (Köksal, 2018).

Isıl, konfor koşullarını sağlamaya yönelik olarak doğal kaynaklardan maksimum yararlanacak ve minimum enerji tüketecek, diğer bir deyişle enerji etkin sürdürülebilir bir çevre oluşturmada etkili olacak binanın pasif sistem olarak etkinliğini sağlamak mümkündür. Enerji etkinliği etkileyen tasarım parametreleri; binanın bulunduğu yer seçimi, binanın diğer binalara mesafesi ve konumlandırılması, binanın yönü, binanın formu, bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri, güneş kontrol ve doğal havalandırma sistemleri olarak sıralanmaktadır.

2.1.1 Aktif Sistemler

Aktif sistemler ile ısıtma, soğutma, elektrik üretimi, endüstriyel prosesler, sıcak su elde etmek mümkündür. En basit güneş kolektörleri ile birkaç yüz watt, daha büyük veya kompleksi olan güneş güç istasyonlarıyla birkaç yüz megawatt'a kadar enerji elde etmek mümkündür. Güneş radyasyonunu ısıya veya enerjiye dönüştüren sistemler yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından farklılık göstermekle birlikte kendi

içinde gruplara ayrılmaktadır. (Özdemir, 2005). Aktif sistemler enerji etkin binalarda iklimlendirme, havalandırma ve aydınlatma gibi farklı amaçlar için kullanılabilirler.

2.1.1.1. İklimlendirme Sistemleri

Genel olarak İklimlendirme sistemlerinde amaç, insan hayvan ve bitkilerin dolayısıyla onların yaşarken, çalışırken veya herhangi bir anlarında kendilerini rahat hissedecekleri ortamların sağlanması ve endüstriyel bir mamulün üretilmesi sırasında, mamulün istenen özelliklerde üretilmesi için gerekli olan atmosferik şartların sağlanması olarak izah edilebilmektedir. İklimlendirme, havanın ısıtılması, soğutulması, nemlendirilmesi veya neminin alınması bir başka deyişle şartlandırılması işlemi olarak tanımlanabilmektedir.

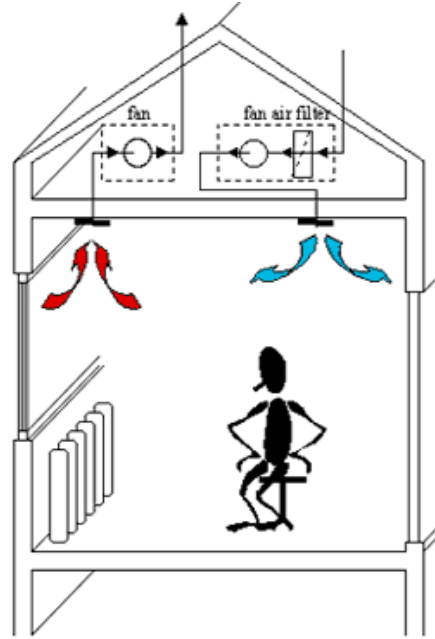
Bina iç konfor koşullarının pasif tasarım parametreleri ile sağlanamadığı durumlarda aktif ısıtma sistemleri devreye girmektedir. Isıtma sistemlerine, bina tasarımına göre her bölgede ihtiyaç olabileceği gibi genellikle soğuk iklime sahip bölgelerde daha çok ihtiyaç duyulmaktadır. Isıtma sistemlerinde yenilenebilir kaynakların aksine en yaygın kullanım kömür ve doğalgazdır. Binalardaki soğutma enerjisini azaltıcı pasif sistem elemanları yeterli performansı gösteremediğinde soğutma için aktif sisteme ilişkin tasarım parametrelerinin belirlenmesi gerekli olmaktadır. Ülkemizde soğutma için en yaygın kullanılan sistemler klima sistemleridir. Klima sistemlerinin çoğu elektrik enerjisi kullanarak çalışmaktadır.

2.1.1.2. Havalandırma sistemi

Havalandırma sistemleri bina içindeki kirli havanın ısıtılarak ya da ısıtmadan, doğal akım yardımıyla ilgili ortamdan hava emilerek dışarı kirli havanın atılması, ortama temiz hava verilmesi için kullanılan sistemlerdir. Konut tasarımlarında havalandırma çoğunlukla doğal havalandırma sistemleri ile sağlanmaktadır. Aktif havalandırma sistemleri, ısıtma ve soğutma sistemlerinin kullanımı kadar yaygın değildir. Herhangi bir ek sisteme ihtiyaç duyulmadan havalandırmanın sağlanabildiği gibi ihtiyaç durumunda binadaki aktif sistemlerle birlikte çalışan ya da ayrı kullanıma sahip havalandırma sistemleri kullanılabilir.

Aktif havalandırma, mekanik olarak sağlanan havalandırma (örneğin, aspiratör fanları, davlumbazlar ve tüm ev havalandırma sistemleri). Bu sistemler elektrikle çalışır ve daha büyük sistem, daha fazla bileşen, daha fazla güç kullanır. İyi yalıtılmış, iyi tasarlanmış bir binada sadece ekstra nem oluşan odalar (banyo, çamaşır odası ve mutfak) için aktif havalandırma kullanılmalıdır, evin geri kalan kısımlarında

ise pasif havalandırma hava kalitesini korumak için yeterli olabilir. Örneğin, ısı transfer sistemleri ile güneşe bakan odalardan daha serin alanlara sıcak hava sağlamak için aktif havalandırmaya ihtiyaç duyulabilir. Aspiratör fanlar banyo, tuvalet ve çamaşırhanelerden nemli havayı hızla çıkarır. Menzilli davlumbazlar mutfaklar için aynı işi yapmaktadır. Aspiratör fanları nemli havayı temizledikleri için değiştirip temiz hava almazlarsa, odaya temiz hava almanın başka bir yoluna gereksinim olacaktır. Havalandırma menfezini odanın karşı tarafına aspiratör fanından yerleştirilerek ya da kapıları veya pencereleri hafifçe açarak hava akışını teşvik etmek gerekmektedir. Şekil 2.1’de mekanik havalandırma sistemi şeması verilmiştir.



Şekil 2.1. Mekanik havalandırma sistem örneği (URL-3)

2.1.1.3. Yapay aydınlatma sistemi

Binalarda doğal ışığın yetersiz geldiği zamanlarda yapay aydınlatma sistemlerinden destek alınmaktadır. Bu sistemlerde enerji etkin elemanların seçimi önemlidir. Enerji etkin tasarım açısından yapının saydamlık oranı ve pencerelerin geçirgenliklerinin dikkate alınması gerekmektedir. Yapıların enerji tüketimleri incelendiğinde, elektriğin büyük oranda mekanik sistemler kapsamında yer alan elektrikli ekipmanlar tarafından tüketildiği görülmektedir. Mekanik ekipmanların enerji verimli olması, binanın toplam elektrik tüketimini düşürecektir. Elektrik sistemleri içerisinde yer alan gün ışığı, hareket ve varlık sensörleri ile otomatik zaman kontrolü enerji tüketiminde tasarruf yapılmasını sağlamaktadır. ASHRAE 90.1-2010 standardına göre, aydınlatma sisteminde programlanmış zaman kontrolü yapılması durumunda %10;

varlık sensörünün kullanılması durumunda ise %15 aydınlatma için tüketilen elektrik enerjisinden tasarruf söz konusu olmaktadır (ASHRAE, 2010).

Aydınlatma için tüketilecek enerjinin etkin kullanımında temel referans noktası ışık kaynaklarının seçimidir. Işık kaynaklarının; fotometrik değerleri bilinen, ışığı istenilen şekilde yayan ve içindeki elemanları dış etkilerden koruyan kaliteli aydınlatma aygıtları içine yerleştirilmesi ve bu aygıtların yapılan tasarım hesaplarına uygun olarak konumlandırılmaları çok önemlidir. Böylece, gerçekleştirilecek amaca uygun, kaliteli ve gerekli aydınlık düzeyini aşmadan iyi görme koşullarını sağlayan bir aydınlatma ile enerji tasarrufu ve enerjinin etkin kullanımı sağlanmış olur. Enerjinin etkin kullanımı aynı zamanda enerji tasarrufu anlamına da gelmektedir (Kocabey ve Dursun, 2004).

Bir binada aydınlatma ihtiyacının bina tipine, mekân organizasyonuna, günün saatine ve doluluk durumuna göre değişkenlik gösterdiğinden bahseden Sinapoli (2010), aydınlatma kontrollerinin kontrol yaklaşımlarını ve işlevini şu şekilde açıklamaktadır:

Programlama: Işıkların çalışması, zaman aralıklarıyla önceden belirlenmiş programla kontrol edilir.

Doluluk sensörleri: Işıkların çalışması, özellikle doluluğun programlanmadığı veya öngörülmediği alanlar için doluluğa duyarlı sensörler tarafından kontrol edilir.

Gün Işığı: Gün ışığı veya gün ışığı hasadı olarak da bilinen gün ışığından yararlanmayı en üst düzeye çıkararak, alan aydınlatmasının neden olduğu enerji tüketimini ve maliyeti azaltmak için alana gelen gün ışığı seviyeleri nedeniyle ışıkların çalışması kontrol edilir.

Pencere kaplamaları: Işıkların çalışması ile doğrudan ilgili olmamakla birlikte; kaplamalar filtre görevi görerek bazı frekanslardan kaynaklanan aşırı ısınmayı önlerken gün ışığının uzaya girmesine izin verir ve özellikle soğutma yükünün baskın olduğu iklimler için faydalıdır.

2.1.2. Pasif Isıtma Sistemleri

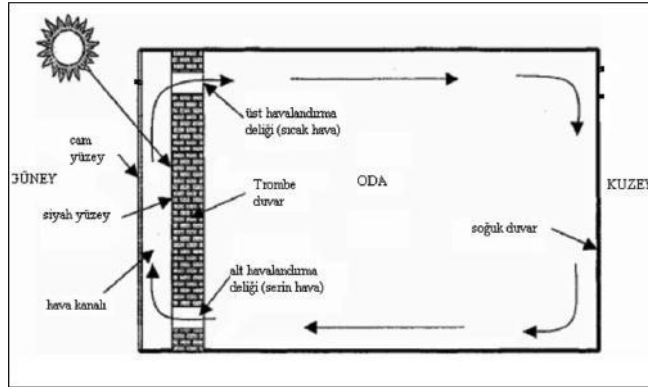
Mimari açıdan binaların pasif sistemler kullanım imkânlı tasarımı enerji etkin tasarımın sağlanmasında en etkili yöntemdir. Az enerji harcayan, sürdürülebilir, sağlıklı ve kullanıcı konforunu sağlayan ortamlar oluşturmak pasif tasarım ile mümkündür (Manioğlu,2011).

Yapılar için ısıtmaya ihtiyaç duyulan zamanlarda; mevcut ısı kayıplarını en aza indirmek ve güneş enerjisinin ısıtma enerjisinden maksimum fayda sağlanması pasif ısıtma sistemlerinin temelini oluşturmaktadır. Bu sistemler, ısı kaçışlarını engellemek, gündüz ısı depolamak ve gecede depoladığı ısıyı yaymak şeklinde çalışmaktadır.

Pasif ısıtma ve soğutma sistemleri doğrudan ve dolaylı sistemler olmak üzere ikiye ayrılır. Doğrudan sistemlerdeki amaç, güneş ışınlarının doğrudan iç mekâna girmesi ile ısı enerjisi elde edilmesidir. Dolaylı sistemlerde ise güneş ışınları daha sonra kullanılmak üzere toplanıp depolanmaktadır. Dolaylı sistemler pasif ısıtma için kullanılabileceği gibi pasif soğutma içinde kullanılmaktadır (Efe, 2009).

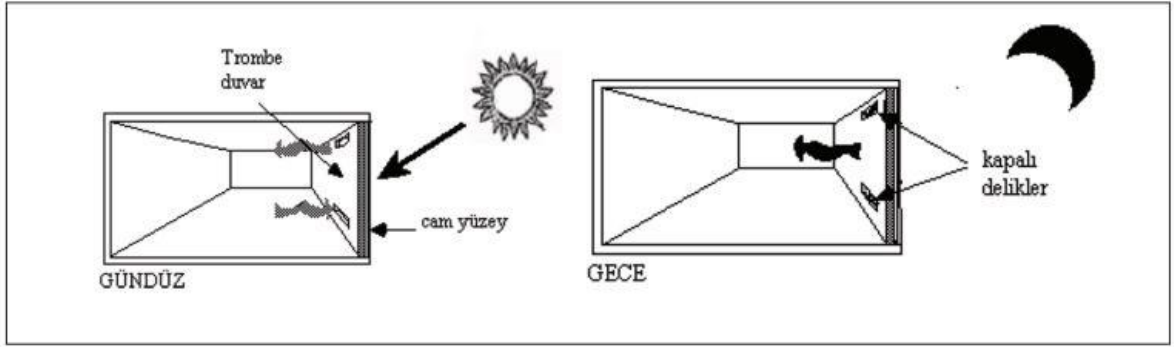
2.1.2.1. Trombe duvarı kullanımı

Trombe duvarının tarihçesi 1950'lere dayanmaktadır. Felix Trombe, duvarların ısıyı emip dağıtma etkisinden faydalanarak kendi adını verdiği Trombe duvarını oluşturmuştur. Trombe duvarı güneş enerjisini depolayan ve iç mekâna yayan bir güneş kolektörü gibi çalışmaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Trombe duvarının ısıtma prensibi (Doğan ve Pirasacı, 2009)

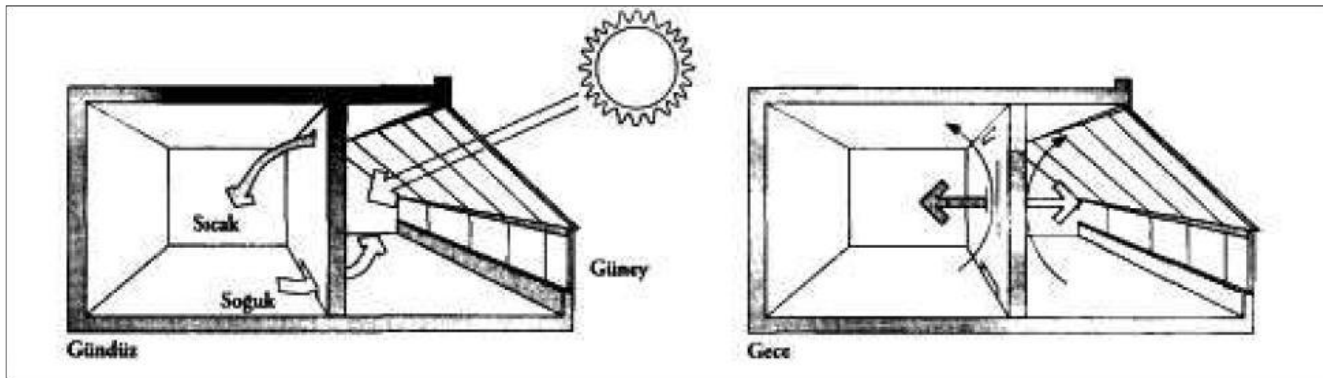
Trombe duvarı; duvar ve duvardan belli mesafeye yerleştirilmiş cam yüzeyden oluşan, dış yüzeyi güneye bakan, güneş ışınlarını toplayıcı ve depolayıcı duvarlardır. Trombe duvarının alt ve üst kısmında termal hava sirkülasyonu için hava kanalları vardır. Camdan geçen güneş ışınları koyu renkli Trombe duvarı tarafından absorbe edilerek ısı duvar içinde depolanır. Gündüz güneş ışınları sayesinde cam ve duvar arasında kalan hava ısınır, genişler ve yükselerek duvarın üst kısmındaki hava kanalından iç mekâna geçer. İç mekânda bulunan soğuk hava alçaldığı için duvarın alt kısmında bulunan hava kanalından cam ile duvar arasına geçer, ısınır ve bu döngü güneş ışınları olduğu sürece devam eder (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Trombe duvarının gece ve gündüz çalışma prensibi (Doğan ve Pirasacı, 2009)

2.1.2.2. Kış Bahçesi/Sera

Yapılarda kış bahçeleri, yapının tasarlanma aşamasında düşünülebileceği gibi, yapı inşasından sonra da eklenebilen yapı bileşenleridir. Binanın güney cephesinde tasarlanan kış bahçeleri genellikle soğuk ya da ılıman iklim bölgelerinde tercih edilmektedirler.

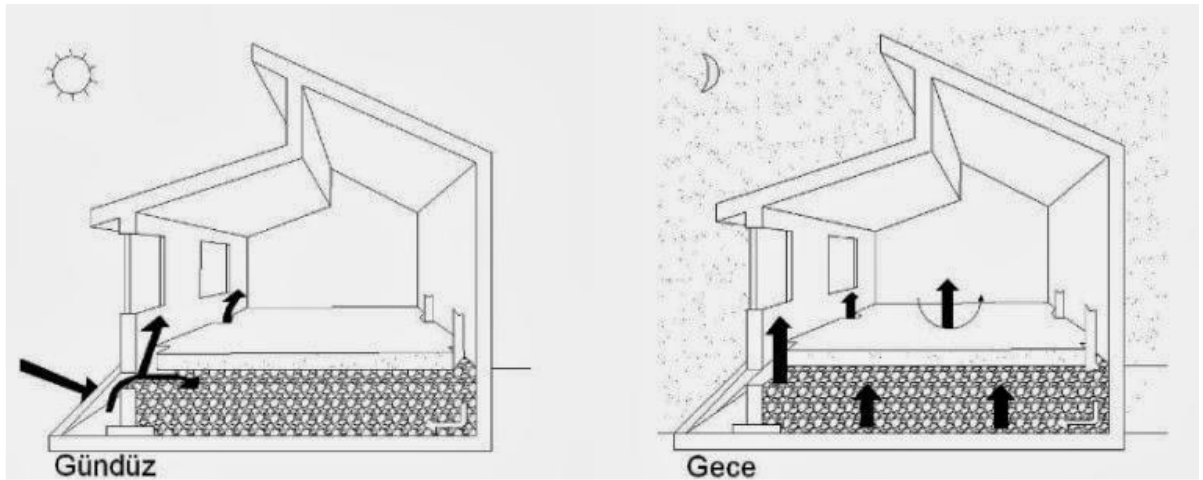


Şekil 2.4. Güneş odalarının pasif ısıtma sistemi olarak kullanılması (Ülgen, 1995)

Güneş odalarında, güneşe bakan cam yüzeyler arttıkça ısı enerjisi kazanımı artmaktadır (Şekil 2.4). Güneş odalarında kış akşamları için gece yalıtımı, yazları istenmeyen güneş ışınları için güneş kırıcılar kullanılmalıdır (Alparslan, 2010).

2.1.2.3. Çakıl yatağı

Çakıl yatağı sistemleri; yapıların güneye bakan yamaçları üzerinde, yapıların yaşam alanlarından bağımsız olarak tasarlanmaktadır. Çakıl yataklarında; toplayıcı ve depolayıcı kısım yapının altına yerleştirilip, ısınan havanın yükselip soğuyan havanın alçalması özelliğinden yararlanılmaktadır. Toplayıcıda ısınan hava doğrudan iletilmekte ya da depolanıp günün farklı saatlerinde kullanılmaktadır (Ülgen, 1995).



Şekil 2.5. Pasif sistem olarak çakıl yatağının çalışma prensibi (Gülaçmaz, 2021)

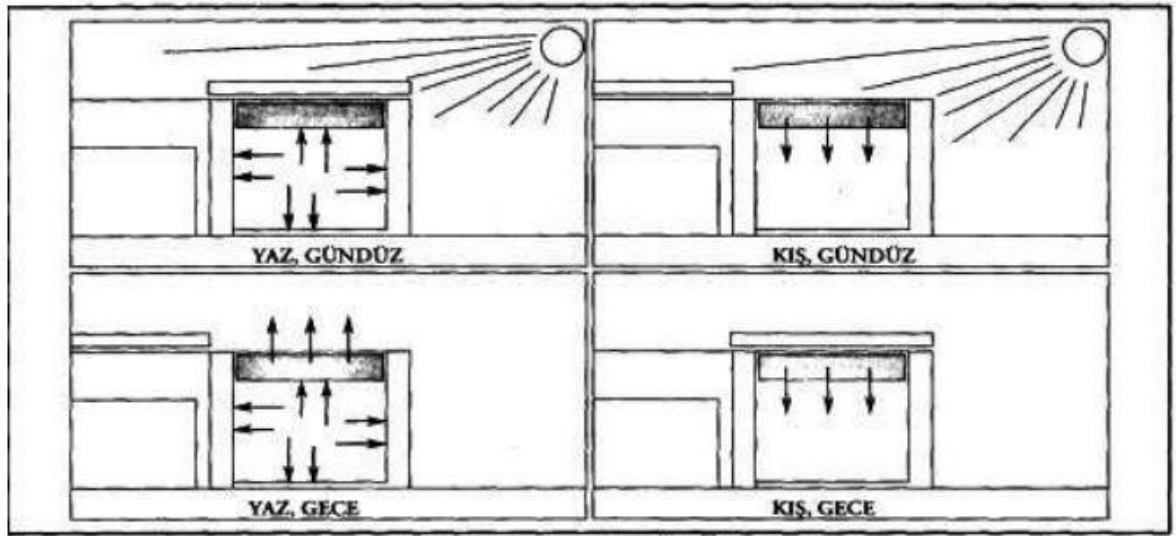
Şekil 2.5’da görülen çakıl yatağı sistemlerinde, gündüz süresince depolama alanından ısı kaçışı, cam takviyeli polyester kaplama, polietilen kaplama gibi malzemeler ile önlenmektedir. Çakıl yatağı sistemlerini kontrol edebilmek için hava çıkışı ve hava emişi için havalandırma fanları kullanılmaktadır (Çarkacı ve ark.,2012).

2.1.2.4. Su kütlesi

Su kütlesi pasif ısıtma sistemlerinde iki şekilde karşımıza çıkmaktadır;

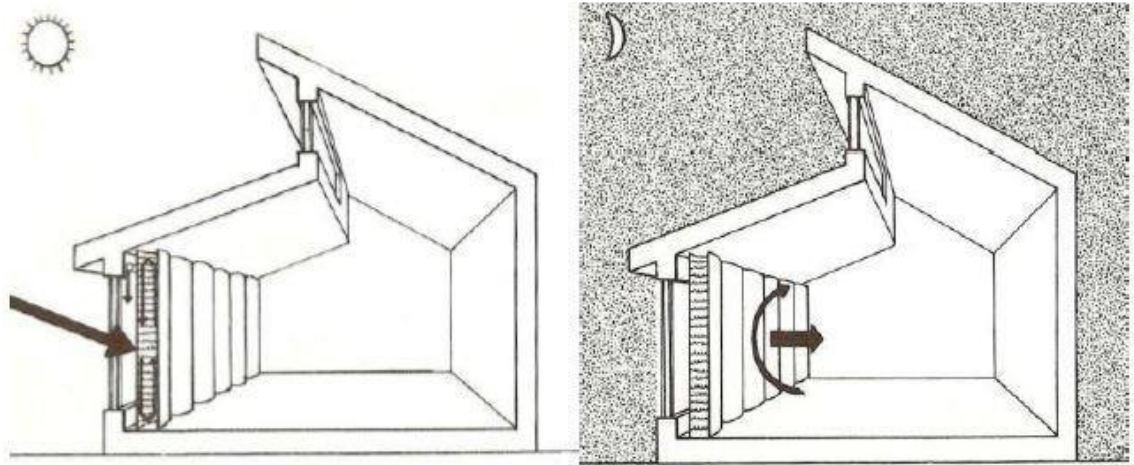
- Çatı havuzu
- Su duvarı

Çatı havuzu: Genellikle cam, plastik ve fiberglas kaplarda depolanan su, ışınım ve taşınım yoluyla alttaki mekâna kış aylarında ısıtma, yaz aylarında soğutma sağlar. Çatı havuzlarının üzeri yalıtım malzemesi ile istendiği zaman kapatılabilmektedir. Şekil 2.13’de gösterilen çatı havuzu kullanımında, kışın gündüzleri çatı havuzlarının üzeri açılarak güneş enerjisi ile ısı elde edilmekte, geceleri ise ısı kaybını önlemek için üzerleri kapatılmaktadır. Yazın tam tersi gündüzleri fazla ısı oluşumunu önlemek için çatı havuzunun üzeri kapatılır, geceleri de serinlik sağlanması için üzeri açılır (Uslusoy, 2012).



Şekil 2.6. Pasif sistem olarak Çatı havuzunun gece/gündüz ve yaz/kış uygulama yöntemleri (Ülgen, 1995)

Su duvarı: Su duvarlarında ısı depolama kütlesi olarak su ile dolu yüksek dayanımlı plastik veya metal bidonlar kullanılmaktadır. Su duvarlarında içten dışa sırası ile su dolu bidonlar, cam, açılıp kapanabilen kapak kullanılmaktadır. Isıya ihtiyaç duyulan dönemde dış cephede bulunan kapak açılıp cam yüzeye gelen güneş ışınları bidonların içindeki suyun ısınmasını sağlar. Isınan bidonlardaki ısı taşınım yoluyla iç mekânın ısıtılmasını sağlar. Geceleri oluşacak ısı kaybını önlemek için dış cephedeki kapak kapatılır. Böylece dış cephede bulunan açılıp kapanabilen kapak sayesinde ısı kazancı kontrollü şekilde gerçekleşmektedir (Şekil 2.6, Şekil 2.7). Su duvarı sistemleri; buharlaşma, korozyon, iç mekânda kapladıkları alan ve görsel estetik kaybı sebebiyle günümüzde pek tercih edilmemektedir (Uslusoy, 2012).



Şekil 2.7. Pasif sistemlerde su duvarı uygulama örneği (Alparslan, 2010)

2.1.3. Pasif Soğutma Sistemleri

Binalarda tüketilen enerjinin önemli bir bölümü de soğutma sistemlerinde kullanılmaktadır. Yaz aylarında sıcak iklim bölgelerinde bulunan yapılarda enerji tüketimi daha da artmaktadır. Günümüzde kullanılan klima gibi soğutma sistemlerinde daha fazla karbon salınımı ve iklim değişikliğini tetiklemesi ortaya çıktığı gibi, gribal enfeksiyonlar, kas ağrıları, lejyoner hastalığı, zatürre, astım, kuru boğaz, uyuşukluk gibi insan sağlığını önemli ölçüde etkileyen rahatsızlıkların ortaya çıkması söz konusudur. Bu nedenle pasif soğutma sistemleri, bir taraftan enerji tüketiminin azaltılmasına neden olurken, diğer yandan da insanların sağlıklı yaşayabilmesi için uygun ortamın oluşmasını sağlamaktadır.

Pasif soğutma sistemlerinde temel amaç, enerji kullanılmaksızın yapılarda soğutma yüklerini kontrol edici, engelleyici ve azaltıcı tüm yöntem süreç ve stratejileri kapsamaktadır. Bu kapsamda, pasif soğutma sistemlerinde ısı kazançlarının önlenmesi ve azaltılması, bina kabuğunda ısı depolama süresinin arttırılması, ısının iç ortamdan atılması önem taşımaktadır (Yıldız ve Durmuş Arsan, 2009).

Yapılarda güneş kırıcılarının kullanılması, yapı yüzeyine ulaşan ışın ve ısının yapıya dağılmasını önemli ölçüde azaltabilmektedir. Yapıda güneş kırıcı sistemleri ile birlikte kullanılan pencere açıklıkları, boyutları ve cam tipleri de soğutma yükünü önemli ölçüde etkilemektedir. Son yıllarda geliştirilen cam teknolojileri ile ısı yalıtımı ve ışık geçirgenliğinde önemli gelişmeler kaydedilmiştir.

Yapı kabuğunda uygun yalıtım malzeme ve tekniklerinin kullanılmasıyla birlikte iç mekânda oluşturulan ısı konforun sürekliliği sağlanabilmektedir. Etkin ısı yalıtımı ile, yaz ve kış aylarında ihtiyaç duyulan iç mekân dereceleri enerji tüketmeden ya da çok az enerji tüketerek sabit tutulabilmektedir (Soubdhan ve ark., 2005).

Yıldız ve Durmuş Arsan (2009)'a göre, binalarda pasif soğutma sistemlerini genel olarak doğal havalandırma, ışımsal soğutma, toprak kaynaklı soğutma ve evaporatif soğutma olmak üzere dört ana grupta ele almak mümkündür.

Aynı zamanda yapılarda kullanılan pasif havalandırma sistemleri, genel olarak hava basıncı ve ısı farklarından kaynaklı soğutma özelliği göstermektedir. Trombe duvarları, rüzgâr bacaları, çift cidarlı cepheler, galeri ve atriumlar soğutmaya havalandırma etkisi ile katkıda bulunmaktadırlar.

2.1.3.1 Işımsal Soğutma Sistemleri

Işımsal soğutmanın temel ilkesi, birbirine bakan farklı sıcaklığa sahip iki elementin ışık geçişinden kaynaklı ısı akısının oluşmasına dayanmaktadır. Güneş gündüzleri

kısa dalga boyu ışınları yayarak yeryüzünü aydınlatır ve ısıtır. Gece olması ve güneş ışınlarının ortadan kalkması ile hava sıcaklığında düşüş söz konusu olmaktadır. Yapılarda yüksek depolama kapasitesine sahip malzemelerin kullanılması ile enerji depolama potansiyeli arttırılabilmektedir. Çatılarda çatı havuzunun kullanılması ile daha önce açıklandığı gibi istenilen soğutma gece gündüz sıcaklık farklarından yararlanılarak sağlanabilmektedir. Bu sistemde gece üstü açık bırakılan çatı havuzu soğuyarak gündüz kapatılıp ısı geçişi oluşması sağlanmaktadır. Bu sistemler müstakil konutlarda kullanılabilmekte fakat yalıtım sorunlarına yol açtığından dolayı yaygın olarak kullanılmamaktadır.

2.1.3.2. Evaporatif Soğutma Sistemleri

Su ve benzeri sıvılar, doğal koşullarda sıvı halden gaz haline geçerken ortam ısını alıp yüzey ve çevresindeki havayı serinletmektedir. Bu tür bir olayın fiziksel prensibinden yararlanarak yapılarda pasif soğutma yapmak mümkün olmaktadır. Bu yöntemden yararlanılarak yapılarda yapılan pasif soğutmaya evaporatif soğutma denmektedir. Bu tür soğutma, ortamın nem kapasitesinin durumuna bağlı olarak dolaylı ve doğrudan sistemler olarak kullanılabilir.

Doğrudan evaporatif soğutma dış mekândaki hava içerisindeki nemin buharlaşması yoluyla elde edilen soğutma biçimi olmakla beraber, buharlaşma hızı ile orantılı olarak verimliliği değişmektedir.

Dolaylı evaporatif soğutma ise, iç mekân ısının nem arttırılmadan azaltılması olarak tanımlanabilmektedir. Yapılarda duvar, çatı gibi yapı bileşenlerinde evaporatif soğutmaya uygun malzemelerin kullanılmasıyla bu sistem etkin hale getirilebilmektedir. Evaporatif sistemlerin uygulama biçimleri; yeşil çatılar, çatıda hareketli yalıtım, duvarlarda hava boşlukları, çatı havuzu, ıslak yüzeyli duvar kullanılması, çatılarda kuru ve ıslak toprak kullanılması olarak sayılabilmektedir (Yıldız ve Durmuş Arsan, 2009).

2.1.3.3 Toprak Kaynaklı Soğutma Sistemleri

Güneş ısı ve ışınlarının toprak yüzeylerine etkisi ve özellikle güneş ısının yer kabuğunun alt katmanlarına doğru yayılması yıl içerisinde ayları kapsayan bir zaman dilimini almaktadır. Yazın toprağın üst yüzeyi sıcakken alt kısımları daha soğuk olmaktadır. Bu sıcaklık farkından yararlanarak toprağın alt kısımlarındaki serinlik ile yüzey teması kurulması sonucunda ortam sıcaklık derecesi aşağıya çekilebilmektedir.

Toprağın geç ısınıp geç soğuma özelliğinin bir benzerini de taşa görmek mümkündür. Geleneksel Anadolu Mimarisi’nde binaların dış duvarlarının yapımında doğal taş malzemenin kullanılması, bina içlerinin yazın sıcak dönemde serin olmasını sağlayarak soğutma özelliği gösterdiği gibi, kışın da iç mekânın sıcak kalmasını sağlayarak yapılarda sürdürülebilir ısıtma soğutma sistemlerine önemli bir örnek teşkil etmektedir.

2.1.4. Erken Tasarım Aşamasında Pasif Tasarım Parametreleri

Enerji etkin tasarımda en doğru yöntem, yapıların enerji etkin pasif sistem parametrelerine uygun şekilde tasarlanmaya başlanmasıdır.

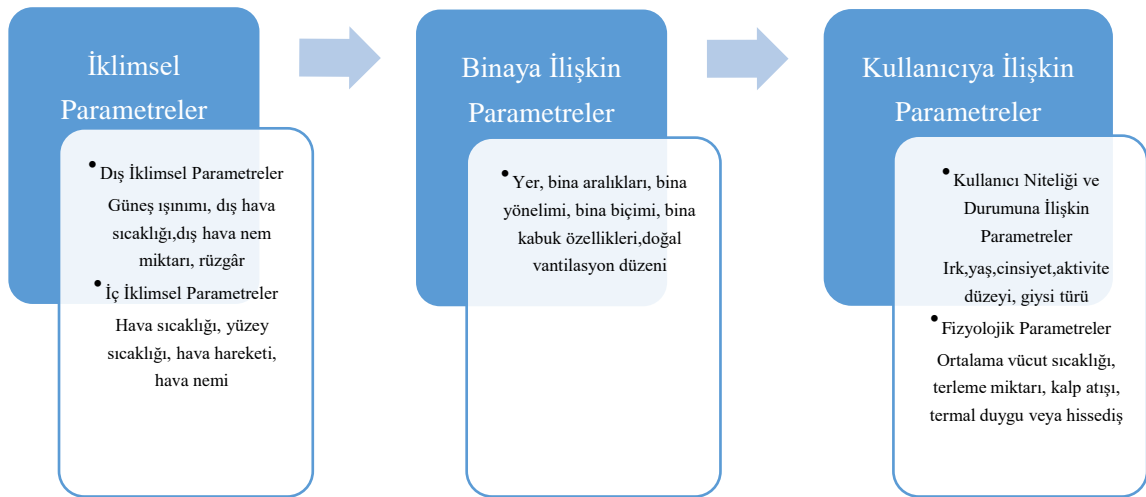
Binaların, kullanıcıları için fizyolojik, psikolojik ve sosyo-kültürel gereksinimlerini en uygun düzeyde sağlayan yapma çevreler olarak tasarlanması gereklidir. Bu yapma çevrede, insanın gündelik yaşantısını optimum şartlarda devam ettirebilmesi ve verimli bir yaşam sürdürebilmesi için de insanın iklimsel gereksinimlerinin karşılanması oldukça önemlidir (Manioğlu, 2002).

Kullanıcının ihtiyaçları doğrultusunda bina içerisinde ısısal ve görsel konforun sağlanması gerekmektedir. Isısal konfor güneş ışınımı, rüzgârın bina içerisinde doğru kullanımı ile sağlanabilmektedir. Görsel konforun sağlanabilmesinde güneş ışığının yeterli ve verimli bir şekilde kullanılması için yardımcı elemanlar kullanılabilir. Konfor koşullarının sağlanmasında iç mekân hava kalitesinin de olabildiğince doğal hava sirkülasyonu ile gerçekleştirilmesi gerekmektedir. İç mekân konfor koşullarının sağlanabilmesi için gereken pasif bina tasarım parametreleri Şekil 2.8’de belirtilmiştir.



Şekil 2.8. Pasif bina tasarımında gerekli olan parametreler (URL-2)

İnsanın fiziksel olarak çevresine optimum düzeyde uyum sağlayabildiği, en memnun hissettiği mekânlar iklimsel konfor şartlarını sağlayan binalardadır. Bu konfor koşullarının optimum düzeyde sağlanması birçok parametreye bağlıdır (Şekil 2.8). Bu parametreler büyük ölçekten küçük ölçeğe üç başlıkta sıralanabilir. İklimsel parametreler binanın inşa edileceği yerdeki dış hava sıcaklığı, rüzgâr, nem miktarı gibi iklimsel özelliklerin binanın enerji ihtiyacına etkisini anlatmaktadır. Binaya ilişkin parametreler ise çevre yapılarla olan ilişkisi, bina kabuk özellikleri ve yönelim gibi binanın sahip olduğu özelliklerin enerji ihtiyacına etkisini anlatmaktadır. Kullanıcıya ilişkin parametrelerde ise, kullanıcı davranışları ve fiziksel özelliklerinin ön planda olduğu, iç mekân konfor koşullarına uyumun sağlandığı parametrelerdir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Bina tasarım sürecinde etkili olan parametreler (Özdemir 2005)

Kullanıcıya İlişkin Parametreler: Bu parametreler kullanıcı durumuna ilişkin parametreler ve fizyolojik parametreler olarak ikiye ayrılmaktadır.

- **Kullanıcı Niteliği ve Durumuna İlişkin Parametreler:** Bu parametreler ırk, yaş, cinsiyet, eylem şiddeti ve giysi türü olarak sıralanabilir.

Eylem şiddeti (aktivite düzeyi), ısı konfor insanın yaptığı ısı alışverişi miktarının bir fonksiyonu olduğuna göre, aktivite düzeyi ısı konforu etkileyen önemli değişkenlerden birisidir. Aktivite düzeyi veya metabolizma düzeyi insan vücudunun birim zamanda ürettiği enerji miktarını etkileyen bir değişkendir. Aktivite veya metabolizma düzeyine göre harcanan enerji değerleri değişkenlik göstermektedir (Köksal, 2018)

Giysilerin türü (termal düzeyi), giysilerin ısı yalıtım direncini belirlediğinden ve dolayısıyla insanla çevresi arasındaki ısı transferi miktarını etkilediğinden iklimsel konfor koşullarının belirlenmesinde bilinmesi gereken önemli kişisel değişkenlerden biridir (Efe, 2009).

- *Fizyolojik Parametreler:* Fizyolojik parametreler ortalama vücut sıcaklığı, deri sıcaklığı, terleme miktarı ve kalp atışı gibi objektif, görülür terleme ve termal duyu (veya hissediş) gibi sübjektif parametreler olarak açıklanabilmektedir (Özdemir, 2005).

İklimsel Parametreler: Pasif sistemlerle tasarlanan binalarda öncelik, dış çevre ile uyum sağlanmasıdır. İç iklimsel konforunun ve ısıtma enerji performansının maksimum düzeyde sağlanabilmesinde dış çevre ile uyum önemli bir etkidir. Bu nedenle dış çevre ile ilgili analizler detaylı bir şekilde yapılmalı ve tasarım kriteri olarak ele alınmalıdır. Binalarda başlıca hedeflenen işlevlerden biri de dış iklim koşullarının kontrolü ile iç ortam konfor koşullarının sağlanabilmesidir. İklimsel parametreler dış ve iç iklimsel parametreler olarak iki grupta incelenebilir.

Dış iklimsel parametreler; güneş ışıınımı, dış hava sıcaklığı, dış havanın nemi, rüzgâr olarak ele alınabilir.

İç iklimsel parametreler; hava sıcaklığı, yüzey sıcaklığı, hava hareketi, hava nemi olarak ele alınabilir.

Binaya İlişkin Parametreler: Yukarıda bahsedildiği gibi pasif sistemler ile tasarlanan binalarda iç ortam konfor koşulları aktif sistemler olmaksızın güneşten elde edilen enerjinin minimum düzeyde kullanımı ile sağlanmaktadır. Kullanıcıların ısı konfor ihtiyaçlarını minimum enerji harcayarak karşılayabilecek şekilde tasarlanmış bina, enerji etkinliği açısından en uygun binadır. Bina, dış çevre iklim koşullarının etkisini hafifleterek bina içi çevreye aktarma görevini üstlenir (Manioğlu, 2002).

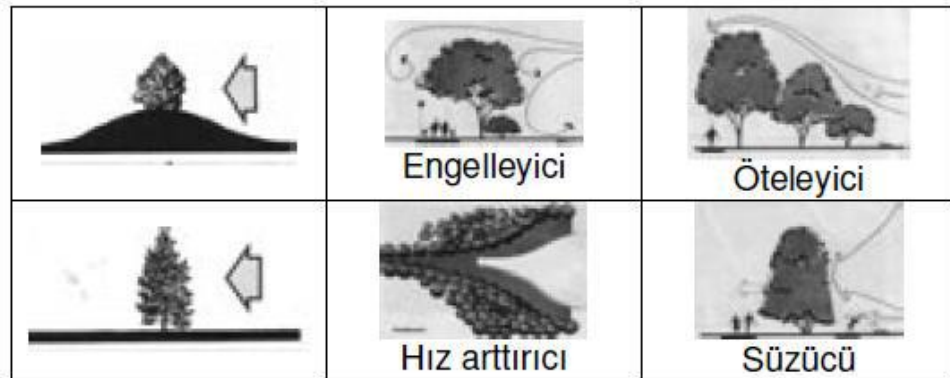
Enerji etkinlik, iklimsel değişkenlere ait yerleşme ölçeğinden malzeme tercihlerine kadar binanın tasarım süreci boyunca verilecek tüm kararlara bağlıdır. Enerji etkinliği ve iklimsel konfor açısından dikkate alınması gereken binaya ilişkin parametreler;

- Binanın yeri,
- Bina yönlendiriliş durumu,
- Bina formu,
- Binada gölgeleme elemanı kullanımı,
- Doğal havalandırma düzeyi
- Bina kabuğunun optik ve termo-fiziksel özellikleridir.

Binanın Yeri: Enerji etkin bina tasarımında öncelikle binanın hangi iklimsel etmenlerden faydalanacağı veya korunması gerektiği düşünülmelidir. Tasarımın devam sürecinde ise bu parametreleri etkileyen arazi içindeki konumu, çevre binalarla olan ilişkisi rüzgârı etkileyeceği için öneme sahiptir.

Yapının etrafındaki mikro-klima özelliklerini belirleyen ve etkileyen faktörler (çevresindeki diğer yapılar, peyzaj elemanları, yüzey örtü malzemeleri ve diğer engeller) analiz edilmeli, güneş veya hava hareketleri incelenerek rüzgâr ve güneşten yararlanmak veya korunmak amacıyla uygun olarak yapı konumlandırılmalıdır. Bu aşamada güneş ışınımı açısından yapılar bitki ve ağaçların gölge ve ısı kazanımına etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Yapılara yakın dikilen ağaçların yazın yapraklı ve sık dokulu bir özellik taşıyarak aşırı ısınmayı önlemesi, kışın ise yapraklarını dökerek ve geçirgen bir yapı kazanarak, güneş ışınlarının yapıya girmesine engel olmaması gerekmektedir (Köksal,2018)

Binanın Yönlendiriliş Durumu: Yönelim, bina yaşam döngüsünde ihtiyaç duyulacak olan ısıtma ve soğutma enerjisine etki eden en önemli parametrelerden biridir. Isıtma ihtiyacının güneşten karşılanması planlandığında en etkin yöntem binanın güneşe yönlendirilmesidir. Soğutma ihtiyacının rüzgârdan karşılanması için de bina yönlendirmesinde hakim rüzgâr yönünün dikkate alınması gerekmektedir. Bu durumun tam tersinde iste bina çevresel engeller yardımı ile rüzgârdan korunacak şekilde yönlendirilmelidir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Bitkilerden yararlanarak rüzgârın engellenmesi, hızının artırılması, hava akımının ötelenmesi, havanın süzülmesi (Ok, 2007)

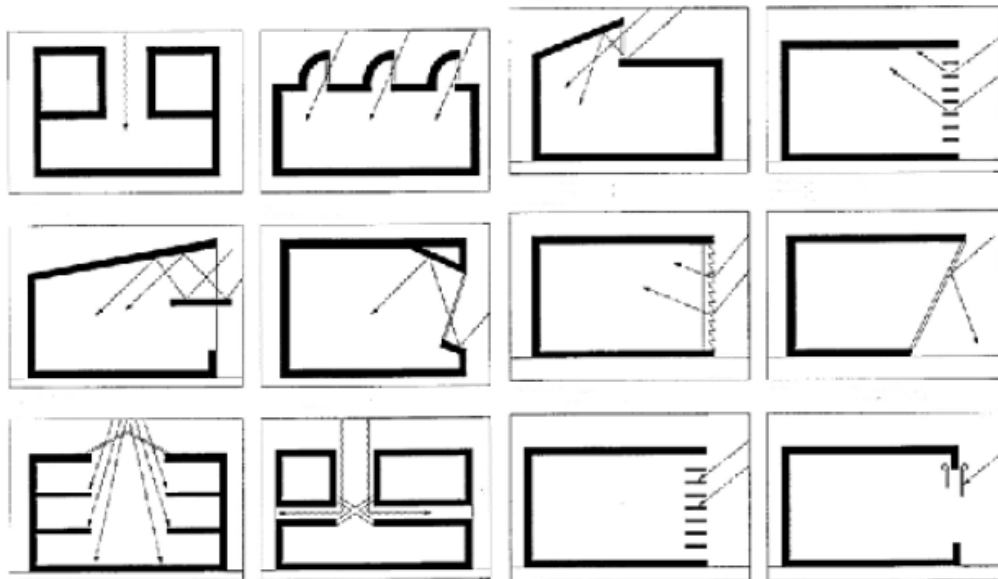
Bina kabuğunun bir parçası olan cepheler, iklim şartlarının değişmesine göre ısı kazanır ya da kaybeder. Güneş ışınımı cephe üzerinde ısınma sağlarken, rüzgâr soğutucu olarak etki etmektedir. Daha önce yapılmış çalışmalarda; tasarım kararlarının

sıcak iklimlerde hâkim rüzgâra göre verileceği durumlarda binanın geniş olan cephesini rüzgâr yönüne göre konumlandırmanın doğru olacağı görülmüştür.

Binalarda kullanıcı yoğunluğunun fazla olduğu sık ve uzun süre kullanılan mekânlar uygun yönlere gelecek şekilde tasarlanması ısı kaybını önleyeceği gibi sıcak havalarda soğutma gereksinimini de azaltacaktır. Daha az kullanılan servis alanları ise dış yüzeylerle sık kullanılan alanlar arasında tampon oluşturacak şekilde yerleştirilmelidir (Köksal, 2018).

Binanın Formu: Bina formu, binanın en-boy ölçüleri, yüksekliği, çatı türü ve eğimi gibi değişkenlerin bütünü olarak adlandırılmaktadır. Farklı formlardaki binaların enerji tüketimleri de farklı olmaktadır. Kış güneşinin daha çok bina içerisine alınması amacı ile güney cephelerin yüksek yapılması, tam tersi soğuk havadan korunma amaçlı kuzey cephelerde yüksekliğin az tutulması ve pencere boyutlarının küçültülmesi bir örnek sayılabilmektedir. Soğuk iklime sahip bölgelerdeki binalar daha korunaklı, kompakt tasarımlara sahipken, sıcak iklime sahip bölgelerde binalar avlulu, birbirinden ayrık düzenlere sahiptirler.

Güneşin ısıtıcı etkisinin yanı sıra rüzgârın ısı kayıplarını arttırıcı etkisi de göz önünde bulundurulmalıdır. Dar olan cephelerin hâkim rüzgâr yönünde konumlandırılması ile rüzgârın bina üzerindeki etkisi azaltılabilir. Kabuk yüzey alanı arttıkça enerji kayıpları da arttığından özellikle soğuk iklim bölgelerinde enerji kayıplarını minimize etmek için kompakt form tercih edilmelidir (Köksal, 2018).



Şekil 2.11. Yapı formunun enerjiye etkisi (Aşıkoğlu,2014)

Yapı tasarlanırken hem kesit düzleminde hem plan düzleminde, güneş ışınlarının ve temiz havanın iç mekâna girişini mümkün kılacak form çözümlmeleri geliştirilmelidir (Şekil 2.11) (Aşıkoğlu, 2014).

Bina Kabuğunun Optik ve Termofiziksel Özellikleri: Bina kabuğu, bina içi çevreyi, bina dışı çevreden ayıran, yatay, düşey ve eğimli tüm bina bileşenlerinin oluşturduğu bina ögesi olup, enerji korunumu ve iklimsel konforun sağlanmasında tasarımcının kontrolünde olan en önemli değişkendir. Pasif ısıtma ve iklimlendirme işlevi açısından bina kabuğunun tanımı, bina kabuğunun güneş ışınımına ilişkin yutuculuk ve geçirgenlik gibi optik ve toplam ısı geçirme katsayısı, zaman gecikmesi, sönüm oranı ve saydamlık oranı gibi termofiziksel özellikleri ile yapılmaktadır (Yasan, 2011). Bina kabuğunu oluşturan saydam bileşen ise binada bulunan cam yüzeyler ve pencerelerdir. Her bir iklim türüne göre farklı özelliklerde bina kabuğu kullanılmaktadır. Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri opak ve saydam bileşenlerden geçen ısı miktarının ve hacimde gerçekleşen iç hava sıcaklığının dolayısıyla ısıtma ve soğutma enerjisi harcamalarının belirleyicileridir. (Manioğlu, 2002)

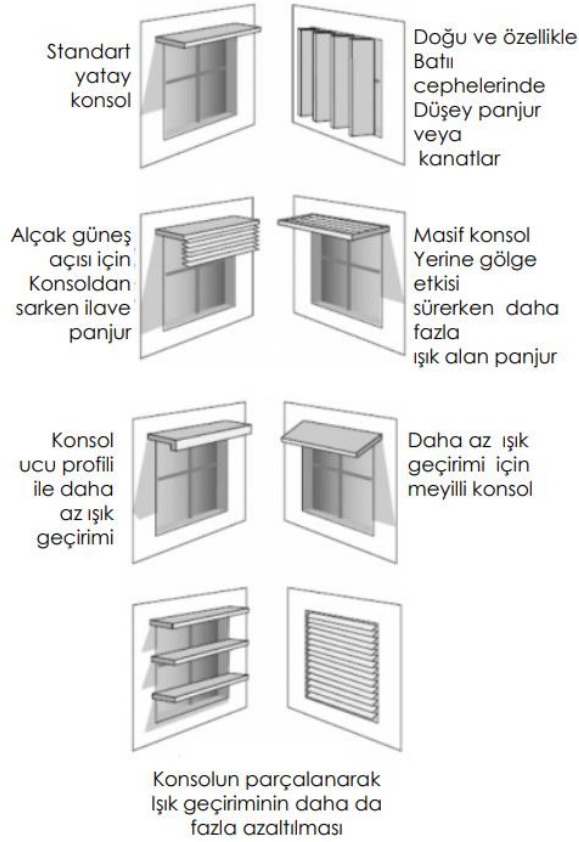
Bina kabuğunun optik özellikleri; Güneş ışınımına karşı yutuculuk, yansıtıcılık ve geçirgenlik katsayıları,

Bina kabuğunun termofiziksel özellikleri ise; saydamlık oranı, toplam ısı geçirme katsayısı, zaman geciktirmesi, genlik küçülme faktörü, ısı yayılım katsayısı, yüzey faktörü, ısı girişimlilik değeri, alansal ısı kapasitesi, eşdeğer alansal ısı kapasitesi olarak sıralanabilir (Can, 2018).

Yapı kabuğunun ısı ve ışın geçirimli ve geçirimsiz bileşenlerine dair bir takım özellikler belirtilmektedir. Isı ve ışın geçirimli yapı bileşenine ait özellikler, yutuculuk, yansıtıcılık gibi optik, saydamlık ve ısı geçirme katsayısı gibi termofiziksel özelliklerdir. Opak yapı bileşenine ait özellikler ise; yutuculuk ve yansıtıcılık gibi optik, zaman geciktirmesi, genlik küçülme faktörü, toplam ısı geçirme katsayısı (U) gibi termofiziksel özelliklerdir (Aşıkoğlu, 2014). Opak ve şeffaf yüzeylerin oluşturduğu kabuğun ortalama ısı geçirme katsayısının (U-değerinin) düşmesi, ya da ısı geçirme direncinin artması kabuktan ısı transferini azaltır. Böylece içerideki hava sıcaklığı korunarak ısıtma ve soğutma enerjisinden tasarruf sağlanmış olur. Isıtma sistemine ait enerji maliyetlerini minimuma indirmek, ısıtma sisteminin işletme biçiminin, iklimsel konfor şartlarını minimum ısı kaybı ile sağlayabilen bina kabuğu ile birlikte kontrol altına alınması ile mümkündür (Manioğlu, 2011).

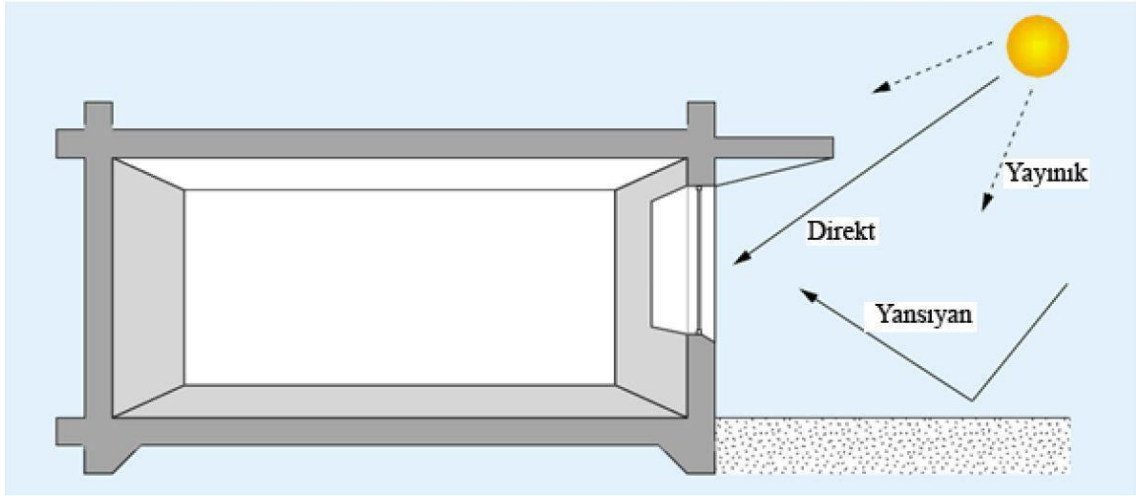
Güneş Kontrol Elemanlarının Kullanılması: Yapılarda güneş enerjisinin kullanımı cam malzeme seçimi, aktif veya pasif sistemlerin kullanılması gibi birçok şekilde gerçekleşebilir. Güneş enerjisinin binayı ısıtma miktarının dengelenmesi gerekmektedir. Bu dengeleme işlemi genellikle bina cepesinde entegre olabilen sistemler ya da iç mekânda kullanılacak perde, jaluzi gibi gölgeleme elemanları ile gerçekleşmektedir. Cepheye entegre konumlandırılan ve binadaki fazla ısınma etkisini önlemeyi amaçlayan elemanlara güneş kontrol elemanı ismi verilmektedir. Güneş kontrol elemanları cephe üzerinde sabitlenebileceği gibi hareketli ya da sensörlerle hareket eden sistemler olarak tasarlanabilmektedirler. Işık rafları, tenteler, jaluziler, perdeler, panjurlar bu elemanlara örnek verilebilir (Anaç, 2014).

Şekil 2.12’de güneş kontrol elemanlarının bina cepesindeki uygulama farklılıklarına örnek verilmiştir. Güneş kontrol elemanları güneşin bina cephesine geliş durumuna göre farklı şekillerde uygulanabilmektedir. İhtiyaç doğrultusunda yatay ve da dikey olarak konumlandırılan bu yapı elemanları saydamlık oranları ile de birbirlerinden farklılaşabilmektedirler.



Şekil 2.12. Güneş denetleme sistemleri (Bahçeci, 2016)

Binaya etki eden güneş ışınımı, binada bulunan iklimlendirme sistemleri üzerindeki soğutma yükünü arttıran etkenlerden biridir. Güneş ışınları saydam yüzeylerde olduğu kadar opak yüzeylerde de etki göstermektedir. Güneşin iç mekânlara kontrollü olarak alınmasının iç mekân konfor koşullarının sağlanmasında önem arz etmektedir. Güneş kontrol elemanlarının cephede ya da bina içerisinde farklı şekillerde kullanımı ile güneş ışınımını kontrollü olarak binaya almak mümkündür. Şekil 2.13'te direk, yansiyarak ve yaygın gelen ışınımın görsel yer almaktadır.

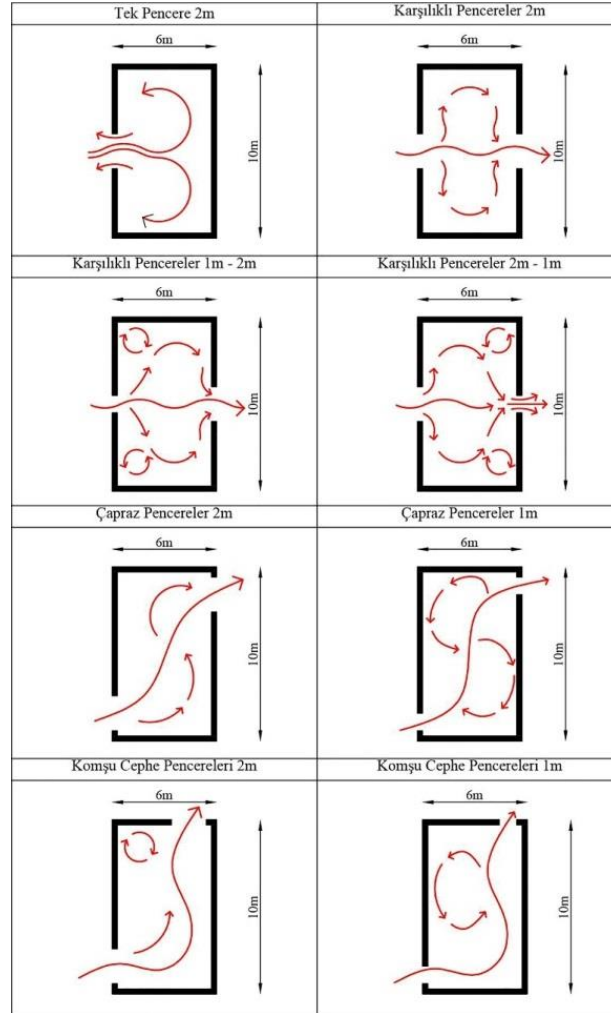


Şekil 2.13. Direkt, yansiyarak ve yaygın gelen ışınım (Köksal, 2018).

Doğal Havalandırma Düzeni: Doğal havalandırma, bina içinde bulunan kirli ve nem oranı yüksek havanın, dış ortamdaki temiz hava ile aktif bir sistem olmaksızın yer değiştirmesi olayıdır. Pasif bina tasarımındaki en çok uygulanan bu sistemlerin en yaygın kullanımı pencereler aracılığı ile gerçekleşmektedir. Havalandırma ise rüzgâr gücü ve ısı kuvvetleri aracılığı ile gerçekleştirilir. Isınarak yükselen hava soğuk hava ile yer değiştirir. Böylece iç ortam sıcaklığı düşürülerek doğal havalandırma sağlanmaktadır. Doğal havalandırmanın sağlanabilmesi için yapı kabuğunda tasarlanması planlanan açıklıkların rüzgâra göre planlanması gerekmektedir. Açıklıklar hâkim rüzgâr yönüne göre tasarlanmalıdır. Ayrıca pencere boyutlarının büyütülmesi hava akımının artışına sebep olmaktadır.

Hâkim rüzgâr doğrultusunda açılan karşılıklı pencerelerin şaşırtmalı konumlandırılması, hava hareketinin tüm hacimde düzgün dağılmasını sağlamak ve doğal havalandırma için en verimli sonucu ortaya çıkartmaktadır. Ayrıca rüzgârın çıkış yaptığı yöndeki pencere boyutu iç mekânda rüzgâr hızını rüzgâr giriş yönündeki

pencerenin boyutundan daha fazla etkilemektedir. Yapılan çalışmaya göre pencere konum ve boyutlarının iç mekânda rüzgâr hareketine etkisi Şekil 2.14'te verilmektedir (Işın, 2016).



Şekil 2.14. Pencere konum ve boyutlarının rüzgâr hareketine etkisi (Işın, 2016)

Enerji etkin yapı tasarımında pasif sistemler binanın ilk tasarım sürecinden itibaren tasarıma yön vermektedir.

Enerji etkin tasarım konusunda oluşturulan kavramsal alt yapı üzerinden enerji verimliliğinin sağlanması için öncelik erken tasarım aşamasında pasif tasarım parametreleri ve pasif tasarım sistemleri mimari tasarım ve uygulama sürecinde önem arz etmekle birlikte destek olarak aktif sistemlerden de faydalanılabilmektedir. Enerji etkin tasarımın erken tasarım aşamasında pasif tasarım parametrelerinden; binanın yeri, konumu, yönelmesi, binada yer alan açıklıklar ve kullanılan malzemeler önem arz etmektedir.

Enerji Etkin tasarım konusunda literatürdeki açığı tespit edebilmek ve uygulamalar konusunda bilgi sahibi olabilmek adına bu konuda yapılan çalışmalar incelenmiştir.

2.2. Enerji Etkin Tasarım Konusunda Yapılmış Çalışmalar

Yu C-R. vd. (2020) Hong Kong'daki kiralık bir konut binasının yıllık enerji tüketimini EnergyPlus programını kullanılarak simülasyon çalışmasını yapmışlardır. Binaya simülasyon programı üzerinden farklı pasif soğutma teknikleri uygulanmıştır. En etkili pasif soğutma sistemleri; yeterli ısı yalıtımı, pencerelerin iyileştirilmesi, pencere-duvar oranının düşürülmesi, düşey gölgeleme elemanları kullanımı ve bina kabuğundaki sızmanın önlenmesi şeklinde sıralanmıştır.

Aşıkoğlu (2014) çalışmasında; yurt dışında yaygın olarak kullanılmaya başlanan Pasif sistemlerin ülkemizde de kullanılabilirliği ve pasif sistemlerin kullanımının enerji tasarrufuna yapacağı etki konularına değinmiştir. Çalışmalar sonucunda, Türkiye'de pasif sistem çözümlerinin belirli standartlar ve yönetmelikler aracılığı ile uygulanması sonucunda, enerjinin etkin ve verimli kullanılması sağlanmış olacak ve yenilenebilir kaynakların kullanılması ile de ülke ekonomisinin enerjide dışa bağımlı konumu azalacak, sürdürülebilir mimari hedefine ulaşılabilecektir.

Çetin (2020) yaptığı çalışmada, soğuk iklim bölgesinde bulunan Erzurum'daki mevcut fakülte binasının enerji modelini yapmış ve çıkan enerji kullanım verilerini gerçek verilerle karşılaştırmıştır. Daha sonra mevcut model üzerinden alternatif senaryolar üreterek enerji tüketim değerleri hesaplanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, bina yönelmesi, yapı kabuğu termofiziksel özellikleri, yapı kabuğu saydamlık oranı, yapı formu ve cam türlerinin bina enerji tüketimini etkilediği görülmüştür.

Gazioğlu (2012) tez çalışmasında, pasif tasarım değişkenlerine bağlı olarak ısıtma enerjisi harcamalarını incelemiş ve ısıtma enerjisi harcamalarını azaltmayı amaçlamıştır. Çalışmada, tasarım aşamasındaki bir bina TS-825'e uygun olarak modellenmiş, daha sonra farklı pasif tasarım değişkenlerine sahip bina alternatifleri oluşturulmuş ve oluşturulan bu alternatiflerin ısıtma enerjisi kullanımının önemli olduğu ılıman-nemli, ılıman-kuru ve soğuk iklim bölgelerini temsil eden İstanbul, Ankara, Erzurum illerinde uygulandığı varsayılmıştır. Çalışma sonucunda, yapıların önemli miktarda enerji tüketmesine sebep olan ısıtma enerjisi, tasarım aşamasında iken yalnızca pasif tasarım alternatiflerine yönelik tasarımlar yapılarak ılıman ve soğuk iklim bölgelerinde, ısıtma enerjisi harcamalarında %20'lerde tasarruf sağlanabileceği belirtilmiştir.

Yasan (2011) tez çalışmasında referans bina olarak, Urfa tarımköy projesi kapsamında bir tarımköy konutu ele alınmış ve enerji harcamalarında etkili olan bina tasarım parametrelerinin uygun değerleri aracılığı ile enerji verimliliği sağlanması hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda çalışmada ele alınan bir referans binanın, tasarım parametreleri alternatifleri geliştirilmiş ve bu parametrelerin enerji harcamalarına etkileri irdelenmiştir. Enerji harcamalarını azaltan uygun alternatiflerin belirlenmesi için elde edilen alternatifler arasından en düşük ısıtma, en düşük soğutma, en düşük aydınlatma ve en düşük toplam yükü sağlayan alternatiflerin kombinasyonları oluşturulmuş, bu kombinasyonların yıllık toplam enerji harcamaları birbirleri ve referans binanın enerji yükleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Çanlı (2019)'nın tez çalışmasında mevcut bir okul binasının enerji tüketiminin hesaplanması ve Pasif Okul kriterlerine göre iyileştirme çalışmalarının yapılması amaçlanmıştır. DesignBuilder simülasyon programı aracılığıyla hem mevcut bina hem de iyileştirilmiş model için yıllık ısıtma ve birincil enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Elde edilen bütün bulgularla Türkiye'de bir eğitim binasındaki iyileştirmelerin uygulanabilirliği incelenmiş ve daha sonra bu alanda yapılabilecek çalışmalar için farklı önerilerde bulunulmuştur. Sonuçlar değerlendirildiğinde, Pasif Okul kriterleri baz alınarak yapılan iyileştirme uygulamalarında büyük oranda enerji tasarrufunun sağlanabildiği görülmüştür. Ancak, söz konusu kriterler soğuk iklim bölgeleri esas alınarak geliştirildiği için Türkiye'nin konumu ve iklim verileri düşünülerek uygulanabilir, optimum değerlere sahip pasif okul kriterleri geliştirilmesi gerekliliği anlaşılmıştır.

Gülaçmaz (2021)'in tez çalışmasında mevcut bir eğitim yapısının YBM (Yapı Bilgi Modelleme) ve BEM (Bina Enerji Modelleme) aracılığıyla ısıtma enerjisi analiz edilmiştir. Pasif sistemler olarak yapının; pencerelerinde ve dış duvarlarında farklı U değerine sahip alternatiflerin ısıtma enerjisi üzerine etkisi irdelenmiş ve yapı bileşenlerine ait U değeri düştükçe yapının ısıtma enerjisi kullanımının azaldığı gözlemlenmiştir. Yapının cephelerinin pencere-duvar oranlarında değişiklikler yapılarak enerji değişimi incelenmiş ve pencere yüzey alanı arttıkça yapının ihtiyaç duyduğu ısıtma enerjisi de arttığı gözlemlenmiştir.

Yılmaz (2009)'ın tez çalışmasında; enerji etkin dönüşümün zorunluluğu ve Türkiye'nin tamamında uygulanan kamusal bir örnek olan 131/a ilköğretim okulunun enerji etkin iyileştirilmesi aşamasal olarak ele alınmıştır. Çalışmada binanın enerji etkinliğinin; enerji etkin yön, kabuğun optik ve termofiziksel özelliklerini enerji etkinleştirme, farklı termal kütlelerde enerji etkin malzeme alternatifleri üretme, cephelere

göre farklılaşmalarla enerji etkinliği artırma yöntemleri ile değişimi irdelenmiştir. Yapılan analizlerin sonucunda getirilen önerilerin enerji etkinlik üzerindeki etkileri karşılaştırılmış maliyet açısından da değerlendirmeler yapılmıştır.

Köksal (2018) yaptığı çalışmada; Milli Eğitim Bakanlığı tarafından projelendirilmiş tip bir ilköğretim okulu projesinin enerji etkin iyileştirilmesi bağlamında çalışmalar yapmıştır. Yapıya ait tasarım parametrelerinde değişiklikler yaparak alternatif senaryolar oluşturulmuş ve oluşturulan senaryoların enerji tüketim değerleri irdelenmiş, seçilen bir derslik üzerinden aktif sistemler devre dışı bırakılıp pasif sistemin etkin olması durumunda derslik için iklim değişkenleri incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, okul yapılarında pasif sistemlerin etkin kullanılmasıyla aktif sistemlere duyulan ihtiyacın azalacağı ve ısıtma enerjisi kullanımının azaltılabileceği görülmüştür.

Yapılan literatür araştırması doğrultusunda enerji etkinlik üzerine farklı fonksiyon grupları özelinde farklı yöntemler kullanılarak mevcut yapı ve getirilen öneri analizlerinin yapıldığı çalışmalar tek bina ölçeğinde tek iklim bölgesi özelinde ele alınarak yapılmıştır. Fakat farklı iklim bölgelerinde uygulanan tip proje üzerine detaylı bir araştırmanın eksikliği dikkat çekmektedir. Bu doğrultuda tez çalışması kapsamında Türkiye genelinde en çok uygulanan ve uygulanmaya devam eden tip eğitim yapısının farklı iklim bölgeleri özelinde mevcut ve erken tasarım aşamasında etken pasif tasarım parametreleri ile geliştirilen öneri analizleri yapılmasına ve uygulamaya sunulmasına karar verilmiştir. Binalarda enerji etkin tasarımın erken tasarım aşamasında etken pasif parametrelerle sağlanmasına ilişkin teorik bilgilerin uygulamada kullanımı amacı ile enerji etkinlik analizlerinin yapılabilmesi için gerekli yöntemi belirlemek için çalışmanın devamında binaların enerji etkinlik analizlerinde kullanılan simülasyon programlarına yer verilmektedir.

2. MATERYAL-METOD

Bina simülasyon programları, genellikle hesap yöntemlerine, modelleme düzeylerine, kullanım alanlarına göre sınıflandırılabilir. Hendricx (2000), bina simülasyonlarını binanın tasarımı sırasındaki boyut, biçim, vb. bilgilerinin değerlendirilebildiği “modelleme araçları”, tasarım alternatiflerinin geliştirilmesine yardımcı “tasarım araçları” ve bina performansı yaklaşımlarını (enerji akışı, strüktürel dayanım, akustik, vb.) değerlendiren “analiz araçları” olarak üçe ayırmaktadır. Binaların performansa dayalı tasarımı söz konusu olduğunda, her üç kategori de önem kazanmakta ve tasarım süreci boyunca entegre bir bütün olarak çalışmaları ve değerlendirmeye dahil edilmeleri gerekmektedir. Modelleme, tasarım ve analizi bir arada bulunduran, büyük, çok zonlu binalar ve bunların ısıtma, iklimlendirme ve havalandırma sistemlerinin değerlendirilebilmesini sağlayan, genellikle saatlik bazda ve her mekân için ayrı hesaplamalar gerçekleştirebilen detaylı simülasyon programları, binanın entegre bir bütün olarak performansını analiz edebilen bina performans simülasyon programlarıdır. Bu detaylı simülasyon programları, çoğunlukla ısı sistemlerinin etkileşimi, ısıtma ve soğutma yükleri ile enerji tüketim hesaplamaları için kullanıldığı için “bina enerji simülasyon programları” olarak nitelendirilmekte ve geliştirilmektedir (Harputlugil, 2009).

3.1. Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Simülasyon Programları

“Benzetim” olarak da Türkçeleştirilebilen simülasyon, karmaşık bir sistemin basitleştirilmiş bir modelini oluşturarak, gerçek sistemin davranışını tahmin etmek ve analiz etmek üzere bu modeli kullanma süreci olarak tanımlanabilir. Gerçek sistemleri tüm karmaşıklıkları içinde analiz etmek çok zor, hatta imkânsızdır ve genellikle bunu, bu karmaşıklık içinde gerçekleştirmek gereksizdir. Simülasyonun temel amacı, gerçek sistemden dikkatlice çekip çıkartılarak, sadece belirli gereklerle ilgili elemanların dikkate alınması ve görece olarak daha önemsiz olanların göz ardı edilmesi ile, gerçek sistem davranışını doğru olarak tahmin etmek üzere kullanılabilen bir model geliştirmektir (Harputlugil, 2007).

Bina simülasyon programları binanın tasarlanması sürecinde her aşamanın kontrol edilebilme imkânı sağlamakla birlikte, geri dönüşlerle değişiklik yapabilme imkânları sağlamaktadır. Binanın tasarım, inşa, kullanım gibi yaşam döngüsü sürecinin

her aşamasındaki analiz imkânı sunan bu programlar süreç boyunca ortaya çıkabilecek tüm problemlere karşı önlem alma imkânı sağlamaktadır (Keskin, 2012)

Binaların kullandığı enerjinin hesaplanabilmesi amacıyla geliştirilmiş bir çok simülasyon programı bulunmaktadır. Analizlerin yapılabilmesi için binalar BIM (Building Information Modelling) destekli programlarda modellenmektedir. Bu programlara veri girişinde yalnız mimari projeden değil, statik, mekanik ve elektrik projelerinden de verilere ihtiyaç duyulmaktadır. BIM destekli modelleme programlarına, Ecotect, Revit, DesignBuilder programları örnek verilebilir. Bu modelleme programlarına ilave olarak EnergyPlus, DOE-2, Tas, TRNYS yazılımları da enerji analizinde tercih edilen programlardır.

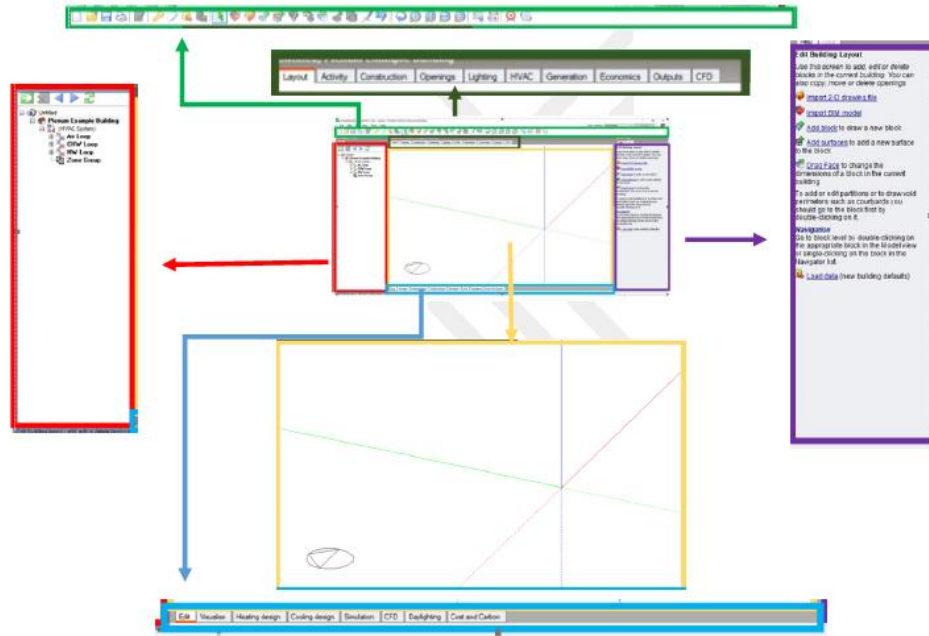
3.2 DesignBuilder Enerji Simülasyon Programı

DesignBuilder, yapı tasarımlarını enerji, karbon, aydınlatma ve konfor bakımından performans ölçmek ve kontrol etmek için geliştirilmiş EnergyPlus tabanlı bir yazılım aracıdır (URL-2).

DesignBuilder EnergyPlus programının kapsamlı bir ara yüzüdür. EnergyPlus binaların ısı yüklerini enerji dengesi (Energy Balance) yöntemi ile hesaplamaktadır. Bu metoda göre, binanın mimari planına uygun olarak bütün iç ve dış yüzeylerin ısı dengesi, seçilen her zaman adımında iletim, taşınım ve ışınlama olan ısı geçişleri, güneş enerjisinden olan kazançlar dikkate alınarak hesaplanmakta; anlık soğutma ve/veya ısıtma yükleri bulunmaktadır. Bu simülasyon programı, hesaplarda kullanılan binaya ve ortama ait termofiziksel özelliklerin sıcaklık ve ortam nem oranlarına göre etkileşimi ve zamanla değişimine izin vermektedir (Eskin, 2009).

Çalışmada ara yüzünün kullanımının kolaylığı, lisans sürecinin hızlı olması ve akademik çalışmalarda sıklıkla kullanılması nedeni ile DesignBuilder programı tercih edilmiştir. DesignBuilder programının ara yüzünde sarı ile gösterilmiş alan modellemenin tasarlandığı penceredir. Kırmızı ile işaretli olan bölümde binanın kat bilgileri, duvar ve pencere özellikleri ve havalandırma sistemlerinin detayları yer alır. Açık yeşil ile gösterilen alanda bina modellemesi için gerekli olan araçlar bulunur. Mor kutucuğun yer aldığı bölüm modelleme veya sistemsel bilgilerin yer aldığı bölümdür. Siyah ile gösterilen alanda modelleme için gerekli detayların uygulandığı penceredir. Bu sekme kullanılarak binalardaki aktiviteler, yapısal özellikler, cephe özellikleri ve kullanılacak özellikler tanımlanır. Ayrıca bu bölümde aydınlatma, havalandırma gibi özelliklerin tanımlanmasının yanı sıra yapı maliyetlerinin de hesaplandığı bölümdür.

Mavi ile işaretlenmiş alanda render, ısıtma veya soğutma enerji hesapları, havalandırma özelliklerinin hesabı, CO2 emisyon hesabı ve tüm simülasyon ve analizlerinin alındığı alandır (Şekil 3.1). Çalışmada analizler için kullanılan tüm sekmeler ilgili bölümlerde tanımlanmıştır (Anaç, 2014).



Şekil 3.1. DesignBuilder programı ara yüzü (Anaç, 2014)

Çalışmada belirlenen eğitim yapısının enerji etkinlik analizleri simülasyon programı DesignBuilder aracılığı ile yapılmıştır. Programın kullanımında sırası ile; iklim verileri dosyasının programa tanımlanması, analiz sürecinde sabit tutulacak değerlerin belirlenmesi, binanın modellenmesi, kullanılan mekânlarının aktivite türlerinin belirlenmesi, bina elemanlarının özelliklerinin belirlenmesi ve analiz türünün belirlenmesi yolları izlenmiştir. Sonrasında elde edilen analiz çıktıları ihtiyaç duyulan değerlere göre sadeleştirilmiş ve ilerleyen bölümlerde tablo halinde değerlendirilmiştir.

3.3. DesignBuilder Enerji Simülasyon Programı Analizinde Veri Girişleri

DesignBuilder programı ile yapılacak analizler için çalışma adımları binanın yerinin tanımlanması ile başlamaktadır. Sonrasında binanın inşa edileceği yer program kütüphanesinden seçilerek ‘‘ iklim verileri dosyası’’ aktif hale getirilir. Fakat program içerisinde tüm bölgelerin iklim verileri dosyası bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışmada seçilen iller için iklim verileri dosyaları Meteonorm programından temin edilmiştir.

Bahsedilen iklim verileri dosyası; ANSI/ASHRAE 140 2004 standardıyla uyumlu olarak “Enerji Hesabı için Uluslararası Hava Verileri (International Weather for Energy Calculation / IWEC)” adında bir dosyadır. Enerji analizi yapılırken analizin yapıldığı gün için güneşin konumu, sıcaklık, basınç ve nem verileri için, IWEC kaynağından alınan bilgilerden faydalanılmaktadır (Örkmez, 2012).

İklim verilerinin programa yüklenmesinin ardından analiz yapılacak binaya dair analiz sürecinde sabit tutulacak değerler programa tanıtılmaktadır. Bu kabuller iç mekân ortalama sıcaklık değerleri, binanın kullanım süreleri, çevre binalarla olan ilişkisi gibi pek çok değişken sabit kabul edilebilmektedir. Bina için kabullerin tanımlanmasından sonra bina karar verilen yönetime göre program içerisinde modellenmektedir. Modelleme sürecinde binadaki döşeme, duvar, çatı, doğramalar gibi yapı elemanlarının sahip olduğu ısı geçirgenlik katsayıları ve fiziksel özelliklerinin de programa veri girişi gerçekleştirilmektedir.

Bina elemanlarının özelliklerinin tanımlanmasından sonra binada bulunan mekanik sistemler de modellemeye dahil edildikten sonra programda doğru bir şekilde enerji analizi yapmak mümkündür.

Çalışma kapsamında ele alınan tip eğitim yapısının analizleri için de ilk adım olarak TS 825 Standardı’na göre derece gün bölgeleri illeri belirlenmiş ve Meteororm programı üzerinden iklim verileri dosyaları temin edilmiştir.

3.4. DesignBuilder Programı Aracılığıyla Tip Eğitim Yapısı Enerji Analizi

Ülkemizde şehirleşme ve nüfus artışının sonucunda bina ihtiyacı da oldukça artmaktadır. Konut ihtiyacı ile birlikte eğitimde sürekliliğin sağlanabilmesi için eğitim yapılarına olan ihtiyaç da artmaktadır. Tasarım sürecinin zaman alacağı düşüncesi ile tip okul projelerinin hazırlanması gündeme gelmiştir. 2000’li yılların başından itibaren tip okul projeleri hazırlanıp uygulanmaya başlanmıştır. Yeni yapılacak okullar için ayrı tasarımların oluşturulmasının zor ve maliyetli, hızlı ve seri üretim için bu üretim türü uzun süredir tercih edilmektedir. Tip projelerin tasarlanma sürecinde uygulanacak olan bölgenin iklim şartları dikkate alınmamaktadır. Halihazırda binaların ülkedeki enerji tüketimindeki büyük payı düşünüldüğünde yeni yapılacak binaların enerji etkin tasarım kriterlerine uygunluğunun incelenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada Milli Eğitim Bakanlığı tarafından yaygın olarak uygulanmış 24 derslikli eğitim yapısının farklı iklim bölgelerindeki enerji ihtiyacının analiz edilmesi ve ilerleyen dönemlerde aynı projenin uygulanması durumunda seçilen bölgeye özgü pasif

bina tasarım kriterleri ile enerji etkin tasarlanması için çözüm önerilerinin sunulması amaçlanmıştır.

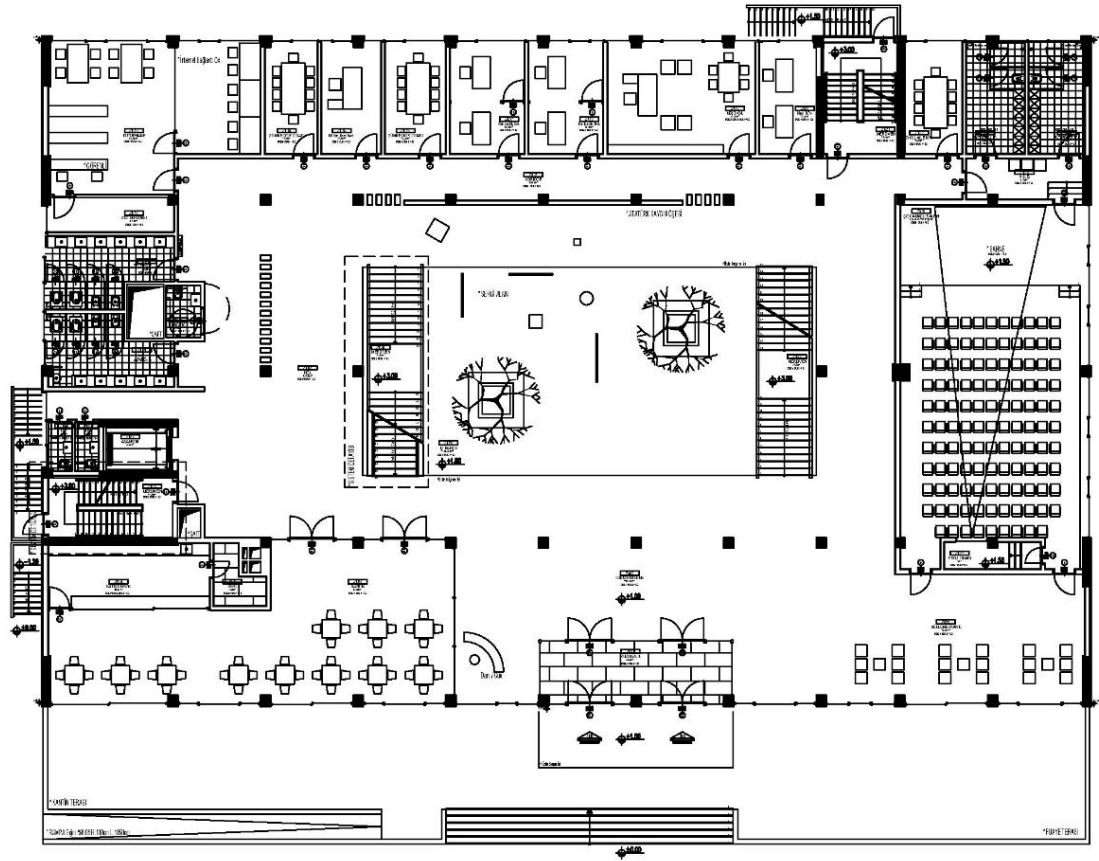
Bu bölümde izlenen adımlar aşağıda sıralanmıştır:

- Seçilen okulun tanıtımı
- Eğitim yapısının modellenmesi ve enerji harcamalarının hesaplanması
- Pasif sistemlere ilişkin farklı alternatiflerin oluşturulması ve yıllık enerji harcamalarının hesaplanması
- Oluşturulan alternatiflere ilişkin sonuçların mevcut bina için yapılan simülasyon sonuçlarıyla karşılaştırılması

3.4.1. Analiz Edilen Tip Eğitim Yapısının Genel Özellikleri ve Tanıtımı

Bu tezin amacına yönelik olarak seçilen, Milli Eğitim Bakanlığı tarafından projelendirilip uygulananan “8.grup 24 Derslikli Eğitim Yapısı” tek bloktan oluşmaktadır. Bodrum+zemin+dört katı olan kırma çatılı bir yapıdır. Bakanlık tarafından ülkenin gerekli görülen bölgelerinde uygulanan projenin yapı alanı 6064 m² ‘dir. Bina başlangıç sürecinde lise binası olarak tasarlanmış, ilerleyen süreçte illerdeki ihtiyaçlar doğrultusunda hem lise hem ilkokul binası olarak uygulanmıştır. Her katın kurgusunda idari bir mekânın eğitim birimlerini kontrol etmesi gözetilerek tasarlanmıştır. Binanın parselden bağımsız tasarlanması nedeniyle çevresi ile ilişki kurma potansiyelinde olduğu bağ, vaziyet planları düzenlenirken esnek bırakılmıştır.

Planlar: Seçilen bu okul projesinde 24 adet normal derslik, 3 adet atölye bulunmaktadır. Binanın bodrum katında; arşiv-sığınak, beden eğitimi salonu, teknik hacimler, wc+lavabo, mescitler, depolar ve teknik hacimler bulunmaktadır. Bodrum katında havalandırma pencerelerle sağlanmıştır. Bodrum duvarları 25 cm perde duvar, arşiv-sığınak duvarları ise 75 cm olarak projelendirilmiştir.



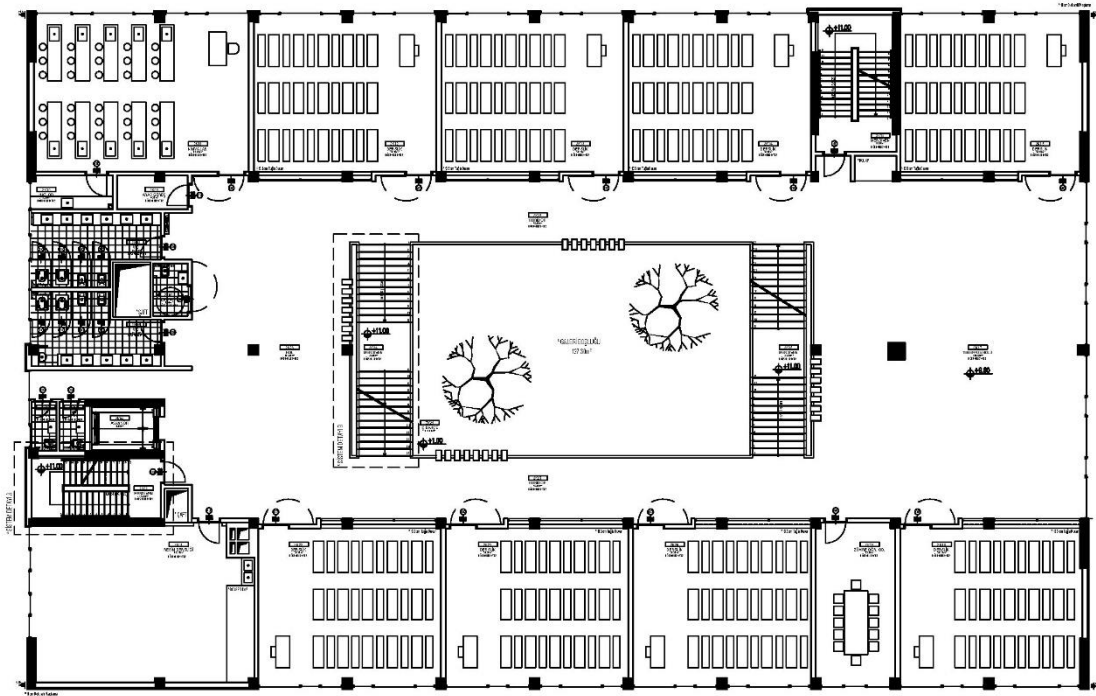
Şekil 3.2. 24 derslikli okul zemin kat planı

Binanın tanıtıldığı bu bölümde planlar, girişin güney cepheye konumlandırıldığı kabul edilerek açıklanmıştır. Şekil 3.2’de görüldüğü zemin kat planında okula girişte dışarıyla tampon bölge oluşturan rüzgârlık bulunmaktadır. Rüzgârlıktan sonra giriş bölümünün karşısındaki galeri boşluğuna konumlandırılan sergi alanı ve merdivenler bulunmaktadır (Resim 3.1). Binaya girdikten sonra sol tarafta kantin, sağda ise çok amaçlı salonun fuayesi yer almaktadır.



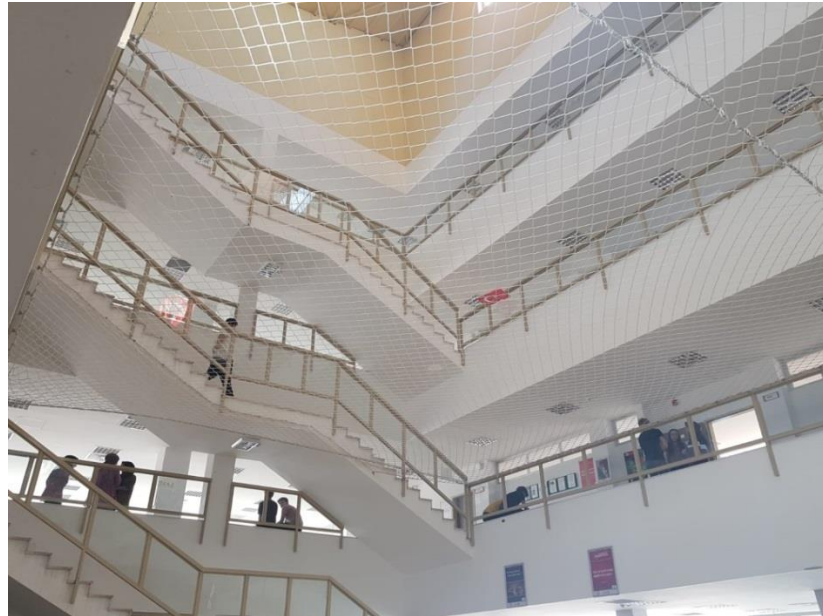
Resim 3.1. Kahramanmaraş Doğukent Sultan Alpaslan Anadolu Lisesi iç mekân fotoğrafı (Koç, 2021 kişisel arşiv)

Batı cephesindeki mekânlar yangın merdiveni, asansör, lavabo ve wcler için kullanılırken; doğu cephede çok amaçlı salon bulunmaktadır. Bu katta yönetici bölümü, rehberlik alanları ve kütüphane bina girişinin tam karşısına konumlandırılmış, üst katlardaki genel yerleşimde de binanın uzun olan kuzey ve güney cephelerine derslikler konumlandırılmıştır.



Şekil 3.3. 24 derslikli okul birinci kat planı

Şekil 3.3’de görülen birinci kat planında; batı cephede yine lavabo ve tuvaletler, doğu cephede ise bir mekân bulunmamaktadır. Ortadaki galeri boşluğuna konumlandırılan merdivenler ise çatıda bulunan ışıklık doğal ışık alması sağlanmıştır (Resim 3.2).



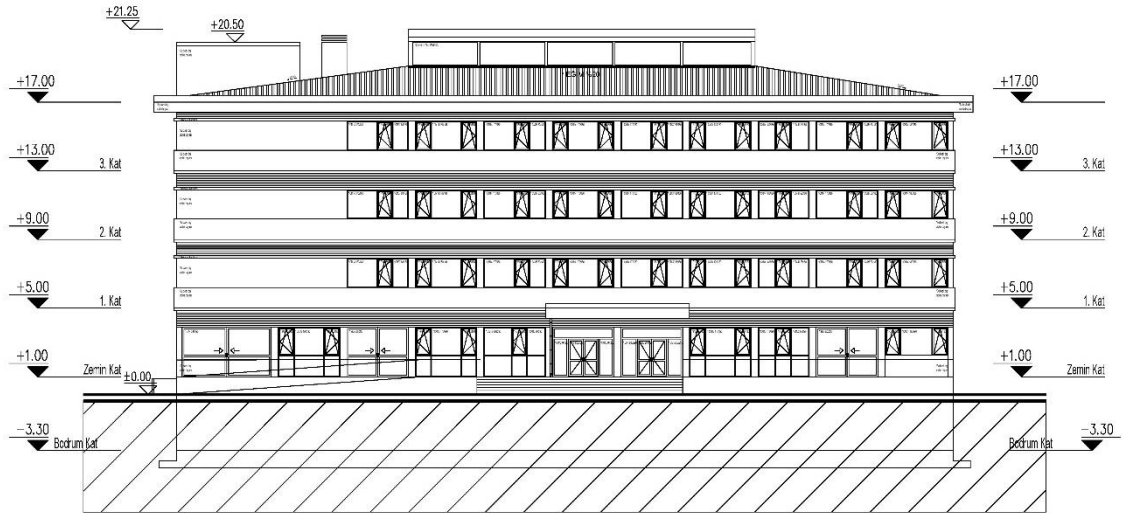
Resim 3.2. Kahramanmaraş Doğukent Sultan Alpaslan Anadolu Lisesi galeri boşluğu (Koç, 2021 kişisel arşiv)

Binanın birinci katında; giriş holü, kantin ve fuaye alanının tam üstünde kalan alan derslik olarak düzenlenmiştir. Sol kolda yine yangın merdiveni, asansör, lavabo-wc gibi hizmet alanları bulunmaktadır. Binanın ortasındaki ana merdivenlerin arasına da galeri boşluğu yapılmıştır (Resim 3.3). Binanın üst katları da birinci kat ile benzer şekilde tasarlanmış, uzun cephelere derslikler ve atölyeler, kısa cepheler hizmet birimlerine ayrılmıştır. Dikdörtgen planlı yapının uzun kenarı yaklaşık 45 m, kısa kenarı 29 m'dir.



Resim 3.3. Kahramanmaraş Doğukent Sultan Alpaslan Anadolu Lisesi çatı penceresi (Koç, 2021 kişisel arşiv)

Cepheler: Binada bulunan mahaller doğal ışık alacak şekilde düzenlenmiştir. Binada derslik ve ofis alanlarının bulunduğu mekânlar havalandırma ve aydınlatma amaçlı 180 cm yükseklikli pencereler kullanılmıştır (Şekil 3.4). Binanın çatısında ise iç mekâna doğal ışık sağlayan pencere bulunmaktadır (Resim3.3). Binayı doluluk ve boşluk oranlarını inceleyecek olursak, saydam yüzeyler binanın yaklaşık %20'sini kapsamaktadır.

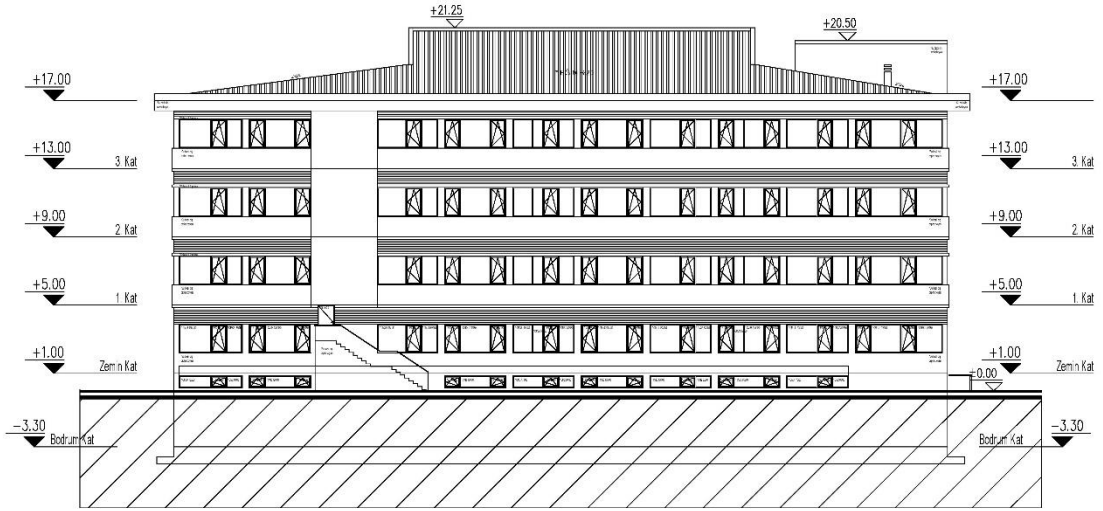


Şekil 3.4. 24 derslikli okul güney (giriş) cephesi



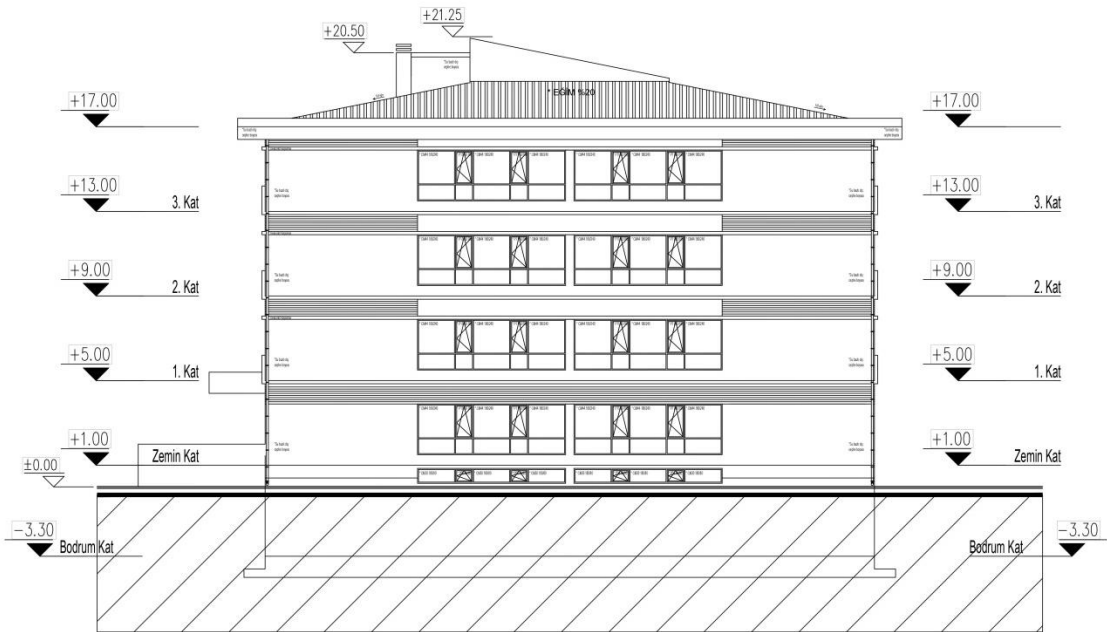
Resim 3.4. Kahramanmaraş Doğukent Sultan Alpaslan Anadolu Lisesi güney cephesi (Koç, 2021 kişisel arşiv)

Binanın kat yükseklikleri 4m'dir. Bina kabuğu 20 cm tuğla duvardan oluşmaktadır. İç duvarlarda ise 13.5 cm tuğla duvar kullanılmıştır. Binanın saçak kotu 17.00 m'dir. Binaya %20 eğimli kırma ahşap çatı uygulanmıştır. Çatı örtüsü marsilya tipi kiremittir. İhtiyaç olunan bölgelerde eğimli trapez alüminyum levhalarla kaplanacaktır (Resim 3.4). Çatı yalıtımında kullanılan cam yünü 1. ısı bölgesinde 5cm iken diğer ısı bölgelerinde 8cm'dir.



Şekil 3.5. 24 derslikli okul batı cephesi

Şekil 3.5’ de batı cephe yer almaktadır. Bu cephe ıslak hacimler ve atölyelere açılan pencereler haricinde opaktır. Wc- lavabo hacimlerinde ise havalandırma için 80 cm yükseklikli pencerelerle sağlanmaktadır. Cephe okullarda birkaç istisna haricinde su basman kotuna kadar kaplama, üzeri dış sıva ve üzeri boyadır.



Şekil 3.6. 24 derslikli okul doğu cephesi

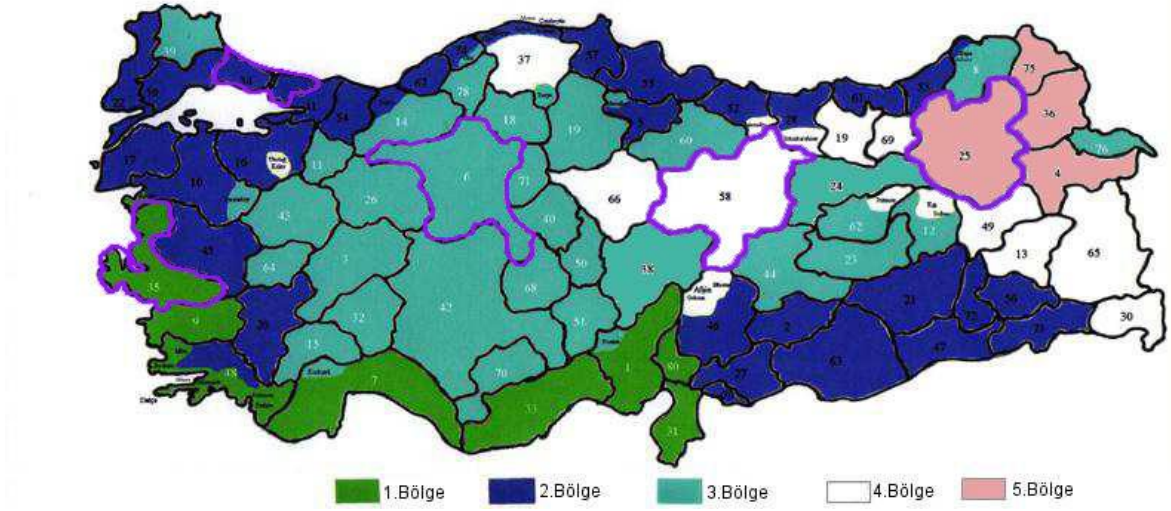
Şekil 3.6’de doğu cephe yer almaktadır. Çok amaçlı salon ve teneffüs holleri bu cepheye bakmaktadır. Hacimler 290 cm yükseklikli pencereler ile aydınlanmaktadır (Resim 3.5).



Resim 3.5. Kahramanmaraş Doğukent Sultan Alpaslan Anadolu Lisesi doğu cephesi (Koç, 2021 kişisel arşiv)

3.4.2. İklim Bölgelerinin Belirlenmesi ve İklimsel Parametreler

Alan çalışması için iller 2013 yılında güncellenen TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”nda belirlenen bölgelere (Şekil 3.7) göre seçilmiştir. Türkiye’nin 1. iklim bölgesinde bulunan İzmir, 2. İklim bölgesinde bulun an İstanbul, 3. iklim bölgesinde bulunan Ankara ve 4. iklim bölgesinde bulunan Sivas ve 5. İklim bölgesinde bulunan Erzurum illeri seçilmiştir. İllerin seçiminde nüfus yoğunluğunun dolayısı ile eğitim binalarının sayıca fazla olması etken olmuştur. Enerji analizi yapılırken TS 825 (2013) “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”ndan yararlanılmıştır.



Şekil 3.7. Derece gün bölgelerine göre iller (TS825, 2013)

1.derece iklim bölgesinde yer alan İzmir ili 38.41 enleminde 27.12 boylamında yer almaktadır (URL-4) ve genel olarak iklimi Akdeniz iklimine sahiptir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık 17.9 °C dir. Sıcaklık değerlerinin en yüksek olduğu temmuz ayında ortalama sıcaklık değeri 27.9°C dir ve temmuz ayı gün içi en yüksek sıcaklık değeri ise 42.6 °C dir. Sıcaklık değeri Ocak ayında en düşük değere ulaşmaktadır. Ocak ayında ortalama sıcaklık değeri 8.8°C dir. (URL-5). İzmir yıllık ortalama yağış miktarı 710.50 mm³ olup en fazla yağışı aralık ayında alır.

2.derece iklim bölgesi için İstanbul ili seçilmiştir. Türkiye'nin Marmara bölgesinde yer alan İstanbul 41.00 enleminde, 28.97 boylamında yer almaktadır (URL-4). İstanbul'da Akdeniz, Karadeniz, Balkan ve Anadolu kara iklimi görülmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık değeri 16.2 °C dir. Sıcaklık değerleri en yüksek 26.0°C ile Ağustos ayıdır. Ayrıca Ağustos ayı gün içi en yüksek sıcaklık değeri ise 38.1°C dir. Sıcaklık değeri Ocak ayında en düşük değere ulaşmaktadır. Ocak ayında ortalama sıcaklık değeri 6.9°C'dir. İstanbul için yıllık ortalama yağış miktarı 690 mm³ olup en fazla yağışı Aralık ayında alır (URL-5).

3.derece iklim bölgesi için Ankara ili seçilmiştir. Ankara Türkiye'nin İç Anadolu bölgesindedir ve 39.92 enleminde, 32.85 boylamında yer almaktadır (URL-4). Ankara'da karasal iklim görülmekte, kışları soğuk yazları ise sıcaktır. Yıllık sıcaklık değeri 12.6°C'dir. Sıcaklık değerlerinin en yüksek olduğu Temmuz ayında ortalama

sıcaklık değeri 24.2°C'dir ve Temmuz ayında gün içi en yüksek sıcaklık değeri ise 41.0°C'ye ulaşmaktadır. Sıcaklık değeri Ocak ayında en düşük değere sahiptir. Ocak ayında ortalama sıcaklık değeri 0.9°C dir. Ankara için yıllık ortalama yağış miktarı 413.6 mm³ olup en fazla yağışı Mayıs ayında alır (URL-5).

4.derece iklim bölgesi için Sivas ili seçilmiştir. Sivas Türkiye'nin İç Anadolu bölgesindedir ve 39.74 enleminde, 37.01 boylamında yer almaktadır (URL-4). Sivas'ta karasal iklim görülmekte, kışları soğuk yazları ise sıcaktır. Yıllık ortalama sıcaklık değeri 9.6°C dir. Sıcaklık değerlerinin en yüksek olduğu Ağustos ayında ortalama sıcaklık değeri 21.1°C dir ve Ağustos ayı gün içi en yüksek sıcaklık değeri ise 39.9°C dir. Sıcaklık değeri Ocak ayında en düşük değere ulaşmaktadır. Ocak ayında ortalama sıcaklık değeri -2.7°C dir. Sivas için yıllık ortalama yağış miktarı 455.3 mm³ olup en fazla yağışı mayıs ayında alır(URL-5).

5.derece iklim bölgesi için Erzurum ili seçilmiştir. Erzurum Türkiye'nin doğusundadır ve 39.9 enleminde, 41.7 boylamında yer almaktadır (URL-4). Erzurum'da karasal iklim görülmekte, kışları soğuk yazları ise sıcaktır. Yıllık ortalama sıcaklık değeri 5.3°C dir. Sıcaklık değerlerinin en yüksek olduğu Ağustos ayında ortalama sıcaklık değeri 19.5°C dir ve Ağustos ayı gün içi en yüksek sıcaklık değeri ise 36.5°C dir. Sıcaklık değeri Ocak ayında en düşük değere ulaşmaktadır. Ocak ayında ortalama sıcaklık değeri -10.2°C'dir. Erzurum için yıllık ortalama yağış miktarı 396.0 mm³ olup en fazla yağışı mayıs ayında alır (URL-5)

Programa ilişkin iklimsel veri dosyalarının programa aktarılmasından sonra çalışma kapsamında analizi planlanan eğitim yapısının özellikleri ve malzeme tanımlarının yapılması ile çalışmaya devam edilmiştir.

3.4.3.Yapıya İlişkin Parametreler

Seçilen Binada Kullanıcıya İlişkin Parametreler: Toplam kullanıcı sayısı sınıflarda ortalama öğrenci sayısı 22 kişi olarak hesaplanmış (MEB, 2019) toplam 528 kişi olarak belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalarda ısıtma enerjisi harcamalarında, bilgisayar, ofis ekipmanı, aydınlatma gibi gereçlerden sağlanan ısı kazançları hesaplara katılmamıştır. Seçilen eğitim yapısında derslik kapasiteleri 22 kişidir. Derslik büyüklüklerine göre kişi sayısı oranlandığında kullanıcı yoğunluğu 0,39 olarak belirlenmiştir.

Okulun müfredatına göre cumartesi ve pazar günleri tatil olarak kabul edilmiştir. Okul 08:00 ile 17:00 arasında kullanılıp, 2020-2021 eğitim öğretim dönemi için yıllık tatil günleri Çizelge 3.1'deki gibidir. Yılda toplam 118 gün tatil olduğu kabul edilmiştir. Okulun yıllık kullanım süresi; 31 Ağustos-22 Ocak arası birinci dönem, 8 Şubat-18 Haziran arası ikinci dönem olarak belirlenmiştir. Okul yazın kullanılmayıp kışın aktif olarak kullanılmaktadır.

Çizelge 3.1 Eğitim öğretimin olmadığı tatil dönemleri (MEB, 2020)

Tatiller	Başlangıç Günü	Gün Sayısı
Cumhuriyet Bayramı	29 Ekim	1
Ara Tatil	16-21 Kasım	5
Yılbaşı Tatili	1 Ocak	1
Yarıyıl Tatili	25 Ocak	10
Ara Tatil	12 Nisan	5
Ulusal Egemenlik ve Çocuk Bayramı	23 Nisan	1
Ramazan Bayramı	12 Mayıs	4
Yaz Tatili	15 Haziran	87
Toplam		118

Seçilen Binaya İlişkin Parametreler: Isıtma enerjisi harcamalarının karşılaştırılarak elde edilen iyileşmenin belirlenebilmesi için öncelikle bina özellikleri ortaya konulmalıdır.

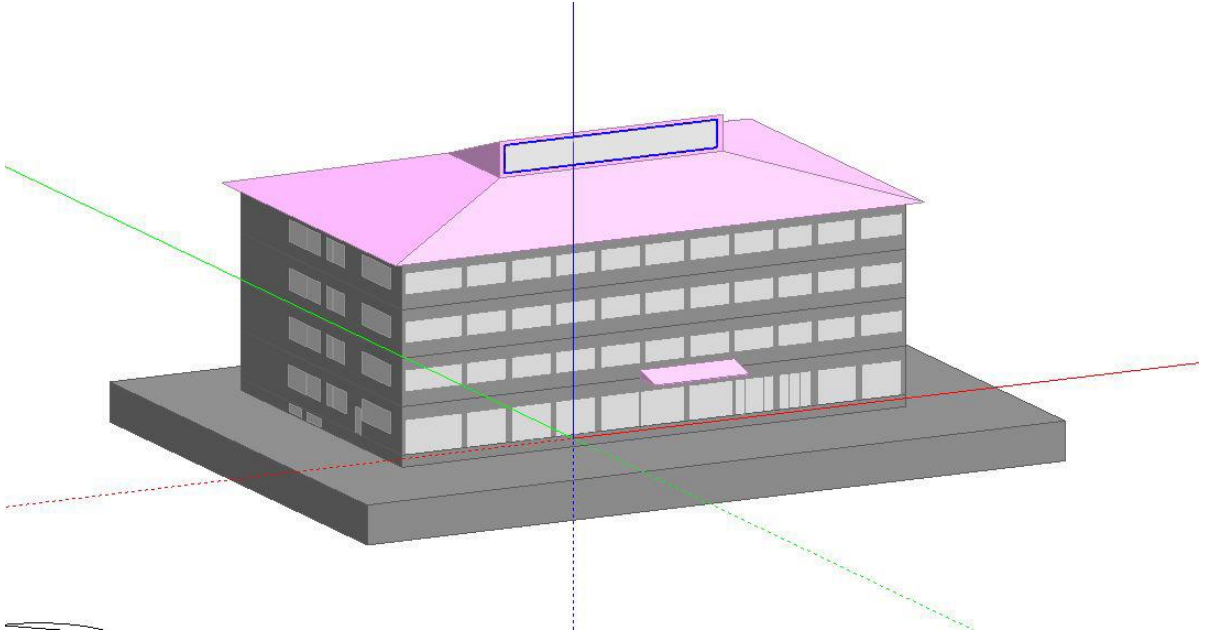
Binanın Bulunduğu Yer ve Diğer Binalara Göre Konumunun Belirlenmesi: Seçilen tip 24 derslikli okul projesi Türkiye genelinde uygulanmış ve hala da uygulanmakta olan bir projedir. Çalışma kapsamında da TS 825 standardında belirtilen farklı iklimlere ait 5 farklı il seçilerek, eğitim yapısının bundan sonra uygulanmasına yönelik çözüm önerileri getirilmektedir. Bu iller ve iklim bölgeleri:

- İzmir, 1. Derece gün bölgesi ili
- İstanbul, 2. Derece gün bölgesi ili
- Ankara, 3. Derece gün bölgesi ili
- Sivas, 4. Derece gün bölgesi ili
- Erzurum, 5. Derece gün bölgesi ilidir.

Seçilen eğitim yapısının enerji ihtiyacının belirlenmesinde, iklimsel verilerin yanında binanın konumlandırılacağı arazi, bina yönü, çevre binalar ile olan ilişkisi de

değerlendirilmelidir. Bu parametreler binaya etkileyen güneş ışınımı ve rüzgâr bina enerji yükünü etkilemektedir. Proje sırası ile derece gün bölgelerinde olduğu kabul edilmiştir ve açık alan gereksiniminden dolayı seçilen eğitim yapısı bahçeli olarak kabul edilmiştir. Bu nedenle çevre binaların etkisi analiz sürecinde ihmal edilmiştir.

Referans Binanın Formu ve Yönlendiriliş Durumu: Farklı iklim bölgelerinde aynı binaların performanslarını değerlendirebilmek için yönlendirilişleri aynı varsayılmıştır. Yönlendiriliş durumuna göre binanın enerji ihtiyacındaki farklılıkların değerlendirilmesi çalışmanın amaçlarından biridir. Referans binada ana hacimler olan derslikler dış çeperde konumlandırılırken, binanın merkezinde ana merdivenler ve iç bahçe konumlandırılmıştır. Yapılan tüm analizlerde ısıtma ihtiyacı daha fazla olan ve daha çok zaman geçirilen mekânlar olan derslikler güney-kuzey cephesine, az kullanılan ve az ısıtma isteyen mekânlar doğu-batı cephesine yönlendirildiği kabul edilmiştir. Şekil 3.8’de DesignBuilder simülasyon programında modellenen binanın formu görülmektedir.



Şekil 3.8. Simülasyon programında hazırlanan bina modeli

Referans Bina İçin Bina Kabuğunun Optik ve Termofiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi: Analizlerin yapıldığı DesignBuilder programında hazırlanan modellemede İzmir, İstanbul, Ankara, Sivas ve Erzurum illerine ait iklim verileri EnergyPlus yazılımına ait internet sitesi ve Meteonorm programından alınmıştır.

Hesaplamalar yapılırken dersliklerin ortalama sıcaklık değeri TS 825 'de belirtildiği gibi 20 derece olarak kabul edilmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 Farklı amaçlarla kullanılan binalar için hesaplamalarda kullanılacak aylık ortalama iç sıcaklık değerleri (TS 825, 2013)

	Isıtılacak binanın adı	Sıcaklığı (°C)
1	Konutlar	19
2	Yönetim binaları	
3	İş ve hizmet binaları	
4	Otel, motel ve lokantalar	20
5	Öğretim binaları	
6	Tiyatro ve konser salonları	
7	Kışlalar	
8	Ceza ve tutuk evleri	
9	Müze ve galeriler	
10	Hava limanları	22
11	Hastaneler	
12	Kapalı yüzme havuzları	26
13	İmalat ve atölye mahalleri	16

DesignBuilder programında modelleme sürecinde binadaki derslik, tuvaletler vb. birimler için gerekli olan iç mekân sıcaklıkları tanımlanmıştır. Çizelge 3.3'te belirtilen sıcaklık değerlerinde ısıtma ve soğutma sistemlerinin devreye girmesi sağlanmıştır.

Çizelge 3.3. Eğitim yapısında istenen iç mekân sıcaklıkları (°C) (Yılmaz, 2009)

Mekânlar	Isıtmanın devreye girdiği sıcaklık değeri (°C)	Soğutmanın devreye girdiği sıcaklık değeri (°C)
Derslikler	20	24
İdare	22	24
Sirkülasyon Alanları	15	24
Tuvaletler	15	24
Çok Amaçlı Salon	18	24
Kantin	23	24
Laboratuvarlar	20	24
Soyunma Odaları	15	24

Bina kabuğunun opak ve saydam bileşenlerinden mevcut durumda kazanılan ve kaybedilen ısı miktarlarının belirlenebilmesi için binanın optik ve termofiziksel özelliklerinin belirlenmesi gerekir. M.E.B. 24 derslikli tip okul projesinde referans bina kabuğu katmanlarının özellikleri her il için TS 825'de belirtilen azami değerlere göre planlanmıştır. Bu değerler Çizelge 3.4'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.4. Eğitim yapısında mevcutta kabul edilen malzemelerin U değerleri (W/m²K) (TS 825,2013)

	U _D (W/m ² K)	U _t (W/m ² K)	U _T (W/m ² K)	U _P (W/m ² K)
1.Bölge	0,66	0,66	0,43	1,8
2.Bölge	0,57	0,57	0,38	1,8
3.Bölge	0,48	0,43	0,28	1,8
4.Bölge	0,38	0,38	0,23	1,8
5.Bölge	0,36	0,36	0,21	1,8

İklimlendirme ve aydınlatma sistemlerinin seçimi: Çalışmada sıcak sulu radyatör sistemi kullanıldığı kabul edilmiş, enerji kaynağı olarak da doğalgaz tercih edilmiştir. Soğutma sistemlerinde ise elektrik enerjisi ile çalışan klimalar tercih edilmiştir. Aydınlatma sistemlerinde ise led lambalar tercih edilmiş ve bu seçimlerin DesignBuilder programına veri girişleri yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1 Seçilen Eğitim Yapısının Farklı İklim Bölgelerindeki Mevcut Analizi

Çalışmanın bu bölümünde TS825 Standardına göre azami U değerlerine sahip malzemelerin kullanıldığı tip eğitim yapısının farklı iklim bölgelerindeki aydınlatma, soğutma ve ısıtma enerji ihtiyaçları hesaplanmıştır. Enerji analizleri sonucunda elde edilen veriler DesignBuilder programından aylık olarak çıktı alınmış ve yaz aylarındaki tatil sürecinde sonuçlar yok sayılmıştır.

Çizelge 4.1. İzmir ili aylık enerji giderleri değerleri

İZMİR (1. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
OCAK	954,22	5265,80	0,59	5957,47
ŞUBAT	492,37	3408,54	12,27	3913,19
MART	716,61	4287,89	6,57	5011,08
NİSAN	703,90	2043,94	938,13	3685,98
MAYIS	681,18	626,48	2277,21	3584,88
HAZİRAN	154,00	75,21	979,29	1208,51
TEMMUZ	0	0	0	0
AĞUSTOS	0	0	0	0
EYLÜL	711,37	209,54	6954,68	7875,59
EKİM	833,53	494,17	3539,88	4867,59
KASIM	1420,34	1768,88	1150,09	4339,32
ARALIK	1257,20	3566,36	109,06	4932,62
TOPLAM	7924,76	21746,85	15967,80	45376,27

İller özelinde incelediğimizde İzmir ili Akdeniz iklimine sahip olduğu için kışlar ılık geçmektedir. Bu nedenle de ısıtma yükünün en az olduğu il İzmir ili olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi ısıtma giderlerinin en fazla olduğu ay ocaktır. Okulların 15 Haziran’da yaz tatiline girmesi nedeniyle mayıs ayında haziranda harcanandan daha fazla soğutma enerjisine ihtiyaç duyulmuştur. Okulların açık olduğu dönemde soğutma giderinin en fazla olduğu ay ise eylülüdür. Soğutmanın kısa bir dönem yapıldığı analizlerin sonucunda ısıtma ve soğutma yükleri birbirlerine yakın değerlere sahiptir. Binanın tüm yıl kullanılması durumunda soğutma yükünün ısıtma yükünden çok daha fazla olacağı eylül ayı soğutma yüküne bakılarak öngörülebilir. Aydınlatma yükünün en düşük olduğu il İzmir’dir.

Çizelge 4.2. İstanbul ili aylık enerji giderleri değerleri

İSTANBUL(2.DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
OCAK	1481,20	12237,71	0	13718,92
ŞUBAT	713,75	15994,97	0,06	16708,79
MART	925,75	6934,30	0,00	7860,05
NİSAN	851,86	5261,35	66,95	6180,18
MAYIS	792,58	2510,61	673,65	3976,85
HAZİRAN	154,59	252,33	364,12	771,05
TEMMUZ	0	0	0	0
AĞUSTOS	0	0	0	0
EYLÜL	831,40	863,32	2626,34	4321,07
EKİM	1094,66	2288,35	583,75	3966,77
KASIM	1956,05	6127,03	47,19	8130,28
ARALIK	1968,77	10349,61	0	12318,39
TOPLAM	10770,64	62819,63	4362,10	77952,38

Pek çok iklim türünün görüldüğü İstanbul ilindeki enerji yükü İzmir ilinden sonraki en düşük yüktür. Ankara'daki bina için gerekli enerji giderinin yaklaşık yarısı kadardır. Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi ısıtma yükünün en yüksek olduğu il Şubat ayı, soğutma yükünün en yüksek olduğu ay ise Eylül ayıdır.

Çizelge 4.3. Ankara ili aylık enerji giderleri değerleri

ANKARA (3. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
OCAK	1427,50	32174,10	0	33601,61
ŞUBAT	715,05	20509,20	0	21224,25
MART	976,32	15072,36	0	16048,70
NİSAN	849,61	7808,28	15,59	8673,48
MAYIS	780,65	4013,67	395,30	5189,63
HAZİRAN	172,90	443,23	480,62	1096,75
TEMMUZ	0	0	0	0
AĞUSTOS	0	0	0	0
EYLÜL	777,71	1643,44	1327,25	3748,41
EKİM	1107,08	5923,14	241,440	7271,67
KASIM	2153,49	15429,10	1,52	17584,12
ARALIK	2056,49	25707,26	0	27763,76
TOPLAM	11016,85	128723,81	2461,73	142202,40

Karasal iklime sahip Ankara ilindeki eğitim yapısı ele alınan beş bölge içinde ortalama değere sahip enerji yükü olan binadır. Kışların yaz aylarına göre daha baskın olduğu Ankara ilinde ısıtma yükü oldukça yüksektir. Çizelge 4.3’de görüldüğü gibi bu ilde de ısıtma yükünün en yüksek olduğu il Ocak ayı, soğutma yükünün en yüksek olduğu il Eylül ayıdır.

Çizelge 4.4. Sivas ili aylık enerji giderleri değerleri

SİVAS (4. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
OCAK	1590,74	53885,64	0	55476,39
ŞUBAT	742,23	45024,40	0	45766,64
MART	756,29	30991,89	0	31748,19
NİSAN	721,70	11306,79	15,80	12044,30
MAYIS	605,42	2870,51	151,09	3627,03
HAZİRAN	134,58	244,73	277,66	656,98
TEMMUZ	0	0	0	0
AĞUSTOS	0	0	0	0
EYLÜL	947,41	4313,95	38,14	5299,51
EKİM	1501,63	11177,86	0	12679,50
KASIM	2267,61	32299,08	0	34566,70
ARALIK	2202,03	46426,29	0	48628,33
TOPLAM	11469,69	238541,19	482,69	250493,60

Yıllık enerji yükünün Erzurum ilinden sonra en yüksek olduğu il Sivas ilidir. Karasal iklimin hâkim olduğu ilde kışlar oldukça soğuk geçmektedir. Yıllık enerji yükünün büyük bir kısmı ısıtma ihtiyacı için karşılanmaktadır. Isıtma enerji ihtiyacının en yüksek olduğu ay Ocak ayıdır (Çizelge 4.4). Soğutma ihtiyacının ise en yüksek olduğu ay Haziran ayıdır.

Çizelge 4.5. Erzurum ili aylık enerji giderleri değerleri

ERZURUM (5. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
OCAK	2176,86	75167,42	0	77344,29
ŞUBAT	1015,71	62806,49	0	63822,22
MART	1034,95	43231,93	0	44266,89
NİSAN	987,62	15772,33	18,77	16778,73
MAYIS	828,49	4004,20	179,49	5012,19
HAZİRAN	184,17	341,39	329,86	855,43
TEMMUZ	0	0	0	0
AĞUSTOS	0	0	0	0
EYLÜL	1296,50	6017,72	45,312	7359,54
EKİM	2054,91	15592,49	0	17647,41
KASIM	3103,13	45055,39	0	48158,53
ARALIK	3013,38	64762,04	0	67775,44
TOPLAM	15695,78	332751,45	573,44	349020,70

Erzurum'da bulunan eğitim yapısı en yüksek enerji giderlerine sahip binadır. Sert kışların yaşandığı ilde Çizelge 4.5. de görüldüğü gibi en yüksek ısıtma yükünün olduğu ay Ocak ayıdır.

Çizelge 4.6. Farklı illerdeki enerji giderleri toplam değerleri

	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
İZMİR	7924,76	21746,85	15967,80	45376,27
İSTANBUL	10770,64	62819,63	4362,10	77952,38
ANKARA	11016,85	128723,81	2461,73	142202,40
SİVAS	11469,69	238541,19	482,69	250493,60
ERZURUM	15695,78	332751,45	573,44	349020,70

Binanın referans değerler ile yapılan analizlerinde en çok enerji ihtiyacının olduğu il 5.derece gün bölgesinde yer alan Erzurum ili olarak görülmüştür. Sonrasında en çok enerji gideri olan il Sivas ve Ankara olarak belirlenmiştir. Karasal iklimin görüldüğü bu üç ile bakıldığında doğuya doğru ilerledikçe dış iklimsel etki artmaktadır. Okul yaz aylarında kullanılmadığı için ısıtma yükü soğutma yükünün önüne geçmiştir.

Çizelge 4.7’ de en düşük enerji yüküne sahip İzmir iline göre diğer illerin enerji yükleri karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.7. Farklı illerdeki enerji giderleri oranları

	ÖLÇÜM PARAMETRELERİ			
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
İZMİR	1	1	1	1
İSTANBUL	1,35	2,88	0,28	1,71
ANKARA	1,39	5,60	0,15	3,13
SİVAS	1,44	10,96	0,03	5,52
ERZURUM	1,98	15,30	0,03	7,65

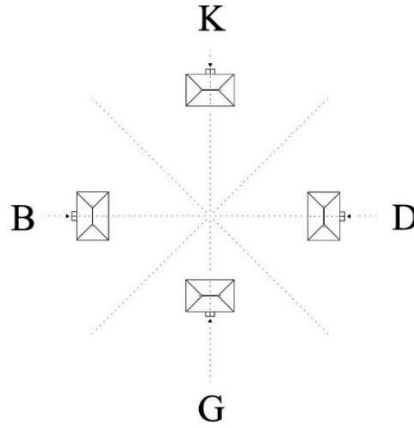
4.2. Seçilen Eğitim Yapısının Enerji Etkin Bina Tasarım Kriterlerine Göre İyileştirilmesi

Farklı iklim bölgelerinde planlanan aynı tip eğitim yapısının enerji performansı sonuçları çok farklılıklar göstermiştir. Bu nedenle, harcanan enerjinin ne kadar ve ne için harcandığının belirlenmesi süreçte etkin bir rol oynamaktadır. İklim şartlarının sertleşmesi duvar ve pencerelerden kaybedilen ısı miktarı ile doğru orantılıdır. Mevsim şartlarından güneş ışınımının azalması, ısı kayıplarının artması, kullanılan pencerelerin ısı geçirgenlik değerlerinin yüksek olması gibi nedenler eğitim yapısındaki enerji ihtiyacını çok yüksek seviyelere taşımaktadır.

Eğitim yapılarının büyük bir çoğunluğu şekilleri ve kullanıcı yoğunluğu ile birlikte bahçeye ihtiyaç duymaktadır. Çalışmaya konu alınan eğitim yapısı da etrafı boş olacak şekilde bahçeli olarak kabul edilmiştir. Bu çalışmada binanın bahçesi enerji etkin yönlenmenin bulunabilmesi için kullanılmıştır. Doğru yönelimin bulunabilmesi amaçlı bina dört ana yöne yönlendirilerek enerji ihtiyacı hesaplanmıştır. Sonrasında ise enerji etkin tasarım için doğru yönelimin bulunmasının ardından bina kabuğunun opak ve saydam bileşenlerini optik ve termofiziksel özellikleri TS 825’de belirtilen azami değerlere uygun olacak şekilde yenilenmiş ve analizleri yapılmıştır.

Uygulamanın son aşamasında ise binadaki saydamlık oranında yapılacak değişikliğin bina enerji ihtiyacına olan etkisi hesaplanmaya çalışılmış, saydam yüzeylerin oranı artırılarak enerji giderlerindeki değişim incelenmiştir.

4.2.1.Yönlendirme alternatifleri oluşturma ve enerji giderlerini karşılaştırma



Şekil 4.1. Bina yönelimleri

Seçilen tüm illerde yapı Şekil 4.1’de görüldüğü gibi ana yönlere yönlendirilip simülasyonu yapılmış ve enerji giderleri hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Enerji ihtiyacı en yüksek olan mekânlar olan idare ve derslikler uzun cephelere konumlandırıldığı için yönlendirmede öncelikle bu mekânlar dikkate alınmıştır.

Çizelge 4.8. İzmir ili enerji giderlerinin bina yönelimine göre değişimi

İZMİR (1. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
KUZEY	7932,32	25001,96	15006,83	47574,57
GÜNEY	7924,76	21746,85	15967,80	45376,27
BATI	7997,11	23753,92	16206,48	47622,05
DOĞU	7903,62	22494,31	15689,65	45799,30

İzmir ili Akdeniz iklimi etkisi altında olduğu için en az enerji yüküne sahiptir. İzmir ili için sene boyunca aktif olarak kullanılacak bir yapının soğutma yükü artacağı için enerji giderleri çok daha farklı olacaktır. eğitim yapısı yaz aylarında kullanılmayacağı için soğutma yükü çok daha az olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.8.’de mevcut veriler incelendiğinde ısıtma yükünün en düşük olduğu yönelim güney yönelimken, soğutma yükü dikkate alındığında kuzey yönelimin tercih edilmesi daha doğru olacaktır. Bina toplam enerji yükünde de güney yönelimin en düşük enerji yüküne sahip olması ve binanın yaz aylarında aktif kullanılmayacak oluşu nedeni ile en doğru yönelimin güney olduğuna karar verilmiştir.

Çizelge 4.9. İstanbul ili enerji giderlerinin bina yönelimine göre değişimi

İSTANBUL (2. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
KUZEY	10483,70	64540,98	4137,34	79579,27
GÜNEY	10770,64	62819,63	4362,10	77952,37
BATI	10399,58	64261,28	4302,14	79303,67
DOĞU	10635,86	64313,68	4160,25	79427,10

İstanbul ilindeki bina uygulamasının Çizelge 4.9’da görüldüğü üzere en uygun yönlendirme güney yönlendirme değildir.

Ankara ili için hesaplanan yönlendirmelerle elde edilen değerler Çizelge 4.10’da yer almaktadır. Toplam ihtiyaç olan enerji yükleri göz önüne alındığında güney yönlendirmenin en düşük enerji yüküne sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.10. Ankara ili enerji giderlerinin bina yönelimine göre değişimi

ANKARA (3. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
KUZEY	10724,32	131312,46	2285,17	144692,27
GÜNEY	11016,86	128723,82	2461,73	142202,41
BATI	10726,39	130684,05	2379,17	144072,47
DOĞU	10895,57	131014,16	2342,06	144494,25

Analiz yapılan diğer illerde de görüldüğü gibi Sivas ilinde de yönelimin toplam enerji ihtiyacına olan etkisi az miktardadır. Sivas ili için de güney yönelim en doğru yönelim olarak kabul edilebilmektedir.

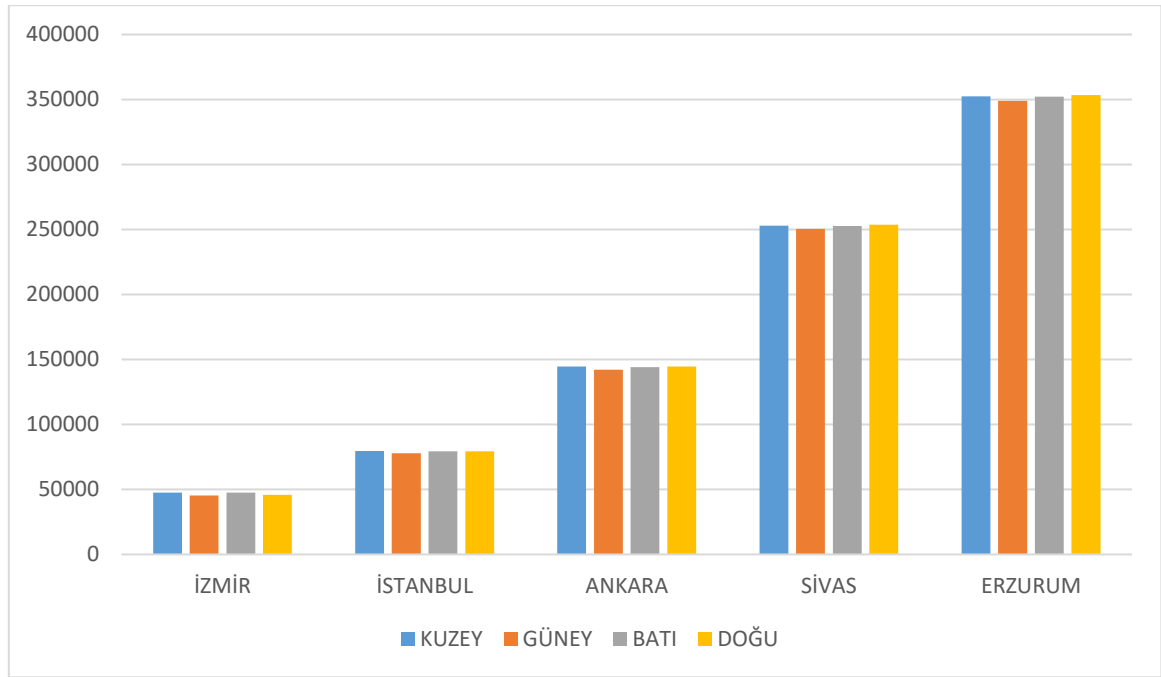
Çizelge 4.11. Sivas ili enerji giderlerinin bina yönelimine göre değişimi

SİVAS(4.DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
KUZEY	11271,79	241010,87	441,98	252881,26
GÜNEY	11469,69	238541,20	482,69	250493,59
BATI	11066,88	240946,47	460,90	252706,08
DOĞU	11217,83	241729,22	463,60	253594,22

Erzurum bulunduğu iklimin özelliklerinden kaynaklı toplam enerji yükü en yüksek olan il olduğu görülmüştür. Yönelimin enerji yüküne en çok etki ettiği yönlendirme güney yönlendirmedir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Erzurum ili enerji giderlerinin bina yönelimine göre değişimi

ERZURUM (5. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
KUZEY	15424,96	336196,51	525,07	352347,50
GÜNEY	15695,78	332751,45	573,44	349020,68
BATI	15144,55	336106,67	547,56	352103,41
DOĞU	15351,12	337198,56	550,75	353340,89



Grafik 4.1. Tüm illerdeki eğitim yapısının dört ana yöne göre yönlendirilmesi durumundaki enerji giderlerinin karşılaştırılması

Yapılan hesaplamalar sonucunda yönelimin binaların enerji yükü üzerinde yaklaşık %2 oranında bir etkisinin olduğu görülmüştür(Çizelge 4.13). Eğitim yapılarında yönlendirme odaklı enerji ihtiyacı incelendiğinde, tüm illerde güney yönlendirme en doğru yönlendirme olarak görülmüştür. Bu sonucun alınmasında binanın kullanılacağı ayların çoğunluğunda ısıtma yükünün binada önemli bir parametre

olduğu için yönlendirmede de ısıtma yüklerine bakılmıştır. Çalışmanın sonraki sürecinde güney yönelim esas alınarak analizler yapılmıştır.

Çizelge 4.13. Yönelimlere göre toplam enerji yüklerinin karşılaştırılması

YÖNELİMLERE GÖRE TOPLAM ENERJİ YÜKÜ ORANLARI					
	İZMİR	İSTANBUL	ANKARA	SİVAS	ERZURUM
KUZEY	1,05	1,02	1,02	1,01	1,01
GÜNEY	1	1	1	1	1
BATI	1,05	1,02	1,01	1,01	1,02
DOĞU	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02

4.2.2. TS 825'e göre opak bileşen alternatif önerileri ile analizleri

TS 825, yeni yapılacak binaları ve mevcut binaların tamamında veya bağımsız bölümlerinde yapılacak olan esaslı tamir, tadil ve eklemelerdeki uygulama yapılacak olan bölümlerini kapsar. Bu standard; binaların ısıtma enerjisi ihtiyacını hesaplama kurallarını, izin verilebilecek en yüksek ısı kaybı değerlerini ve hesaplama ile ilgili bilgilerini vermektedir (TS825, 2013).

Çalışmanın bundan sonraki sürecinde analiz yapılacak bütün illerde U değeri 1.50 Wm²/K olan (PVC doğramalı elektronla işlenmiş 13 mm hava boşluklu 6 mm'lik çift cam) pencere tipi kullanılmıştır. Çizelge 4.14'de seçilen eğitim yapısının malzeme U değerlerinin TS 825 azami değerlerden daha iyi olacak şekilde seçildiği iyileştirilmiş alternatiflerin özellikleri belirtilmiştir.

Çizelge 4.14. Seçilen malzemelerin özellikleri

	Dış Duvar (U_D)	Taban (U_t)	Tavan (U_T)
İzmir	<p>dış sıva(3 cm) XPS yalıtım(4 cm) dikey delikli tuğla (19 cm) alçı sıva(2.5 cm)</p>	<p>seramik(1 cm) XPS yalıtım(5 cm) düzeltme şapı(4 cm) grobeton(15 cm) sıkıştırılmış zemin(15 cm)</p>	<p>XPS yalıtım(8 cm) düzeltme şapı(4 cm) betonarme(15 cm) alçı sıva(2.5 cm)</p>
U (W/m^2K)	0.59 W/m^2K	0.54 W/m^2K	0.38 W/m^2K
İstanbul	<p>dış sıva(3 cm) XPS yalıtım(4 cm) dikey delikli tuğla (19 cm) alçı sıva(2.5 cm)</p>	<p>seramik(1 cm) XPS yalıtım(5 cm) düzeltme şapı(4 cm) grobeton(15 cm) sıkıştırılmış zemin(15 cm)</p>	<p>XPS yalıtım(8 cm) düzeltme şapı(4 cm) betonarme(15 cm) alçı sıva(2.5 cm)</p>
U (W/m^2K)	0.50 W/m^2K	0.50 W/m^2K	0.32 W/m^2K
Ankara	<p>dış sıva(3 cm) XPS yalıtım(6 cm) dikey delikli tuğla (19 cm) alçı sıva(2.5 cm)</p>	<p>seramik(1 cm) XPS yalıtım(7 cm) düzeltme şapı(4 cm) grobeton(15 cm) sıkıştırılmış zemin(15 cm)</p>	<p>XPS yalıtım(11 cm) düzeltme şapı(4 cm) betonarme(15 cm) alçı sıva(2.5 cm)</p>
U (W/m^2K)	0.43 W/m^2K	0.38 W/m^2K	0.21 W/m^2K
Sivas	<p>dış sıva(3 cm) XPS yalıtım(7 cm) dikey delikli tuğla (19 cm) alçı sıva(2.5 cm)</p>	<p>seramik(1 cm) XPS yalıtım(8 cm) düzeltme şapı(4 cm) grobeton(15 cm) sıkıştırılmış zemin(15 cm)</p>	<p>XPS yalıtım(13 cm) düzeltme şapı(4 cm) betonarme(15 cm) alçı sıva(2.5 cm)</p>
U (W/m^2K)	0.33 W/m^2K	0.32 W/m^2K	0.18 W/m^2K
Erzurum	<p>dış sıva(3 cm) XPS yalıtım(7 cm) dikey delikli tuğla (19 cm) alçı sıva(2.5 cm)</p>	<p>seramik(1 cm) XPS yalıtım(8 cm) düzeltme şapı(4 cm) grobeton(15 cm) sıkıştırılmış zemin(15 cm)</p>	<p>XPS yalıtım(13 cm) düzeltme şapı(4 cm) betonarme(15 cm) alçı sıva(2.5 cm)</p>
U (W/m^2K)	0.30 W/m^2K	0.30 W/m^2K	0.16 W/m^2K

Çizelge 4.15. İzmir’deki okulun tavan, döşeme ve dış duvar özelliklerinin iyileştirilmesi durumundaki aylık enerji giderleri.

İZMİR (1. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
OCAK	925,60	4475,93	0,574	5402,11
ŞUBAT	477,59	2897,26	11,781	3386,64
MART	695,11	3644,70	6,314	4346,13
NİSAN	682,78	1737,35	900,6067	3320,746
MAYIS	660,75	532,51	2186,12	3379,39
HAZİRAN	149,38	63,93	940,11	1153,43
TEMMUZ	0	0	0	0
AĞUSTOS	0	0	0	0
EYLÜL	690,03	178,10	6676,49	7544,63
EKİM	808,52	420,05	3398,28	4626,86
KASIM	1377,73	1503,55	1104,08	3985,37
ARALIK	1219,48	3031,40	104,69	4355,59
TOPLAM	7687,02	18484,83	15329,09	41500,94

Çizelge 4.16. İzmir’deki okulun tavan, döşeme ve dış duvar özelliklerinin iyileştirilmesi durumundaki enerji giderleri ile mevcut bina enerji giderlerinin karşılaştırılması

İZMİR (1. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
İYİLEŞTİRİLMİŞ BİNA	7687,02	18484,83	15329,09	41500,94
MEVCUT BİNA	7924,76	21746,85	15967,80	45376,27

İzmir ilinde analiz edilen eğitim yapısının opak ve saydam bileşenlerin TS 825 standartlarını karşılayan malzemelerle yenilenmesi sonucunda %9 oranında bir enerji tasarrufu sağlanmıştır. Çizelge 4.15’te İzmir ili için iyileştirme sonrasında aylık enerji giderleri gösterilmiştir. Çizelge 4.16’da binanın iyileştirme sonrası enerji ihtiyacı ile mevcuttaki enerji ihtiyacı karşılaştırılmıştır. Enerji tasarruf oranının az olmasının sebebi mevcuttaki binanın yalıtımının sağlanmasındaki malzemelerin ısı iletkenlik katsayılarının TS 825’de belirtilen azami U değerlerine çok yakın olmasıdır.

Çizelge 4.17. İstanbul'daki okulun tavan, döşeme ve dış duvar özelliklerinin iyileştirilmesi durumundaki aylık enerji giderleri.

İSTANBUL(2.DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
OCAK	1451,58	8811,15	0	10262,73
ŞUBAT	699,47	11516,38	0,06	12215,92
MART	907,23	4992,69	0,00	5899,93
NİSAN	834,82	3788,17	63,60	4686,61
MAYIS	776,73	1807,64	639,97	3224,35
HAZİRAN	151,50	181,67	345,92	679,09
TEMMUZ	0	0	0	0
AĞUSTOS	0	0	0	0
EYLÜL	814,77	621,59	2495,02	3931,39
EKİM	1072,77	1647,61	554,56	3274,95
KASIM	1916,93	4411,46	44,83	6373,23
ARALIK	1929,39	7451,72	0	9381,12
TOPLAM	10555,23	45230,14	4143,99	59929,36

Çizelge 4.18. İstanbul'daki okulun tavan, döşeme ve dış duvar özelliklerinin iyileştirilmesi durumundaki enerji giderleri ile mevcut bina enerji giderlerinin karşılaştırılması

İSTANBUL(2.DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
İYİLEŞTİRİLMİŞ BİNA	10555,23	45230,14	4143,99	59929,36
MEVCUT BİNA	10770,64	62819,63	4362,10	77952,38

Çizelge 4.17'de İstanbul ili için iyileştirme sonrasında aylık enerji giderleri gösterilmiştir. Çizelge 4.18'de binanın iyileştirme sonrası enerji ihtiyacı ile mevcuttaki enerji ihtiyacı karşılaştırılmıştır. İstanbul ilinde analiz edilen eğitim yapısının opak ve saydam bileşenlerin TS 825 standartlarını karşılayan malzemelerle yenilenmesi sonucunda %26 oranında bir enerji tasarrufu sağlanmıştır. Kışların çok sert olmadığı bir il için bu yüzde önemli bir orandır. Enerji türü açısından incelendiğinde aydınlatma ve ısıtma yükü küçük miktarlarda da olsa artmıştır. Bunun sebebi pencerelerin ışık geçirim oranındaki farklılaşma olarak düşünülebilir.

Çizelge 4.19. Ankara'daki okulun tavan, döşeme ve dış duvar özelliklerinin iyileştirilmesi durumundaki aylık enerji giderleri.

ANKARA (3. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
OCAK	1370,40	24130,58	0	25500,98
ŞUBAT	686,45	15381,90	0	16068,35
MART	937,27	11304,28	0	12241,55
NİSAN	815,62	5856,21	14,03	6685,87
MAYIS	749,43	3010,25	355,77	4115,46
HAZİRAN	165,98	332,42	432,55	930,96
TEMMUZ	0	0	0	0
AĞUSTOS	0	0	0	0
EYLÜL	746,61	1232,50	1194,527	3173,71
EKİM	1062,80	4442,36	217,29	5722,45
KASIM	2067,35	11571,83	1,36	13640,55
ARALIK	1974,23	19280,45	0	21254,68
TOPLAM	10576,1	96542,86	2215,56	109334,60

Çizelge 4.20. Ankara'daki okulun tavan, döşeme ve dış duvar özelliklerinin iyileştirilmesi durumundaki ile mevcut bina enerji giderlerinin karşılaştırılması

ANKARA (3. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
İYİLEŞTİRİLMİŞ BİNA	10576,18	96542,86	2215,56	109334,6
MEVCUT BİNA	11016,85	128723,81	2461,73	142202,4

Çizelge 4.19'da Ankaral ili için iyileştirme sonrasında aylık enerji giderleri gösterilmiştir. Çizelge 4.20'de binanın iyileştirme sonrası enerji ihtiyacı ile mevcuttaki enerji ihtiyacı karşılaştırılmıştır. Karasal iklimle birlikte kışların sert olduğu Ankara ilinde opak ve saydam bileşenlere yapılan yalıtımın sonunda ısınma yükü %25 oranında azalmıştır. Yapılan değişikliklerin bina toplam enerji yüküne etkisi % 29 civarındadır.

Çizelge 4.21. Sivas'taki okulun tavan, döşeme ve dış duvar özelliklerinin iyileştirilmesi durumundaki aylık enerji giderleri.

SİVAS (4. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
OCAK	1749,81	38797,67	0	40547,48
ŞUBAT	816,46	32417,57	0	33234,03
MART	831,92	22314,16	0	23146,09
NİSAN	793,87	8140,89	16,43	8951,20
MAYIS	665,96	2066,77	157,13	2889,87
HAZİRAN	148,04	176,21	288,76	613,02
TEMMUZ	0	0	0	0
AĞUSTOS	0	0	0	0
EYLÜL	1042,16	3106,05	39,66	4187,87
EKİM	1651,79	8048,06	0	9699,85
KASIM	2494,37	23255,34	0	25749,72
ARALIK	2422,23	35283,98	0	37706,22
TOPLAM	12616,66	173606,70	502,00	186725,4

Çizelge 4.22. Sivas'taki okulun tavan, döşeme ve dış duvar özelliklerinin iyileştirilmesi durumundaki ile mevcut bina enerji giderlerinin karşılaştırılması

SİVAS (4. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
İYİLEŞTİRİLMİŞ BİNA	12616,66	173606,70	502,00	186725,40
MEVCUT BİNA	11469,69	238541,19	482,69	250493,60

Çizelge 4.21'de Sivas ili için iyileştirme sonrasında aylık enerji giderleri gösterilmiştir. Çizelge 4.22'de binanın iyileştirme sonrası enerji ihtiyacı ile mevcuttaki enerji ihtiyacı karşılaştırılmıştır. Sivas, Ankara ili gibi bu şehirlerde de karasal iklim hakimdir ve kış ayları oldukça sert geçmektedir. Yalıtımın sağlanması binanın enerji ihtiyacının büyük bölümü olan ısıtma yükünde ciddi anlamda düşüşe sebep olmaktadır. Sivas ili için enerji ihtiyacının azalması %25 civarındadır.

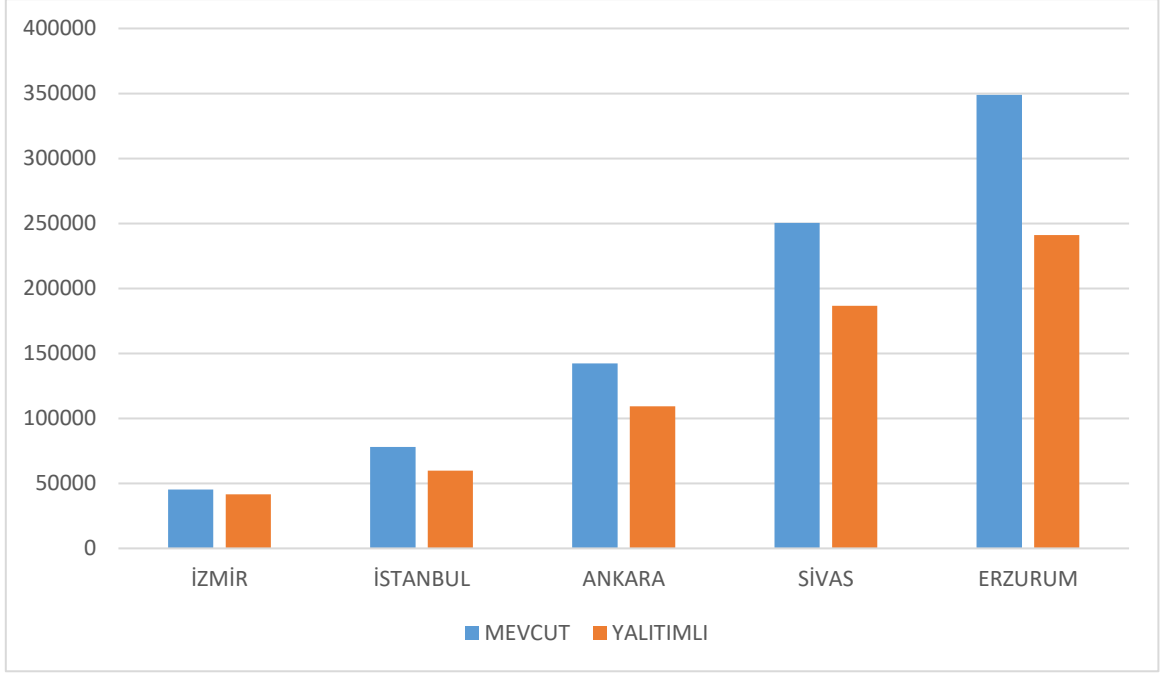
Çizelge 4.23. Erzurum'daki okulun tavan, döşeme ve dış duvar özelliklerinin iyileştirilmesi durumundaki aylık enerji giderleri.

ERZURUM (5. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
OCAK	2416,32	50362,17	0	52778,49
ŞUBAT	1127,44	42080,35	0	43207,80
MART	1148,79	28965,4	0	30114,20
NİSAN	1096,26	10567,46	19,33	11683,07
MAYIS	919,63	2682,81	184,88	3787,33
HAZİRAN	204,43	228,73	339,75	772,93
TEMMUZ	0	0	0	0
AĞUSTOS	0	0	0	0
EYLÜL	1439,11	4031,87	46,67	5517,66
EKİM	2280,95	10446,97	0	12727,93
KASIM	3444,48	30187,11	0	33631,59
ARALIK	3344,86	43390,57	0	46735,43
TOPLAM	17422,32	222943,5	590,64	240956,4

Çizelge 4.24. Erzurum'daki okulun tavan, döşeme ve dış duvar özelliklerinin iyileştirilmesi durumundaki ile mevcut bina enerji giderlerinin karşılaştırılması

ERZURUM (5. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA(kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
İYİLEŞTİRİLMİŞ BİNA	17422,32	222943,50	590,64	240956,4
MEVCUT BİNA	15695,78	332751,45	573,44	349020,7

Çizelge 4.23'de Erzurum ili için iyileştirme sonrasında aylık enerji giderleri gösterilmiştir. Çizelge 4.24'te binanın iyileştirme sonrası enerji ihtiyacı ile mevcuttaki enerji ihtiyacı karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda enerji ihtiyacının en yüksek olduğu il Erzurum'daki tasarımda opak ve saydam bileşenlerin TS 825'e göre yenilenmesi ile bina toplam yükünde %31 oranında bir azalma elde edilmiştir.



Grafik 4.3. Tüm illerdeki okulun tavan, döşeme ve dış duvar özelliklerinin iyileştirilmesi durumundaki ile mevcut bina enerji giderlerinin karşılaştırılması

Opak ve saydam bileşenlerin yeniden planlandığı tasarımların enerji yükleri karşılaştırıldığında, enerji yükü en fazla olan ilin Erzurum olduğu görülmüştür (Grafik 4.3). Grafikte görüldüğü üzere yapıda kullanılacak olan malzemelerde planlanan iyileştirme, dört bölge için önemli miktarda enerji yükünü azaltmaktadır. Mevcut analizlerde en yüksek değere sahip Erzurum ili ısı değerinin ciddi oranda düşmesi pasif tasarım parametlerinin enerji yükü üzerindeki etkisini açıkça göstermektedir.

4.2.3.Saydamlık oranının artırılması sonrası enerji giderlerinin karşılaştırılması:

Binada bulunan pencereler ve bu pencerelerdeki saydamlık oranı, ısı kazancını dolayısıyla enerji ihtiyacını etkilemektedir. Çalışmanın bu bölümünde mevcut binanın yüzde 20 olan saydamlık oranı, cephelerdeki pencere ölçülerinin değiştirilmesi ile 4 farklı alternatif oluşturulmuştur. Analizlerde mevcut bina malzemelerinin U değerleri referans alınmıştır. Bina alternatifleri saydamlık oranları % 10 (Alternatif 1), %15 (Alternatif 2), % 30 (Alternatif 3) ve % 50 (Alternatif 4) olacak şekilde oluşturulmuştur.

Oluşturulan alternatifler çalışmaya konu olan derece gün bölgeleri illerinde ayrı ayrı analiz edilmiş ve sonuçlar çizelge halinde karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.25. İzmir’deki okulun cephe saydamlık oranlarının enerji yükü üzerindeki etkisi

İZMİR (1. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA (kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
MEVCUT SAYDAMLIK ORANI (%20)	7924,765	21746,86	15967,8	45376,272
ALTERNATİF 1 (%10)	9113,48	21311,92	17564,58	47989,985
ALTERNATİF 2 (%15)	8479,499	21529,39	16766,19	46775,082
ALTERNATİF 3 (%30)	7290,784	23269,14	12774,24	43334,165
ALTERNATİF 4 (%50)	6102,069	24573,95	10698,43	41374,448

İzmir ili için planlanan bina saydamlık oranlarındaki değişikliğin eğitim yapısının yıllık enerji ihtiyacına etkisi Çizelge 4.25’de sayısal değer olarak belirtilmiştir. İzmir ilinde saydamlık oranının artırılması enerji yükünde az da olsa bir azalmaya sebep olmuştur.

Çizelge 4.26. İzmir’deki okulun cephe saydamlık oranlarının enerji yüklerinin karşılaştırılması

İZMİR (1. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA (kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
MEVCUT SAYDAMLIK ORANI (%20)	1	1	1	1
ALTERNATİF 1 (%10)	1,15	0,98	1,1	1,05
ALTERNATİF 2 (%15)	1,07	0,99	1,05	1,03
ALTERNATİF 3 (%30)	0,92	1,07	0,8	0,95
ALTERNATİF 4 (%50)	0,77	1,13	0,67	0,91

İzmir ili için yapılan analizde saydamlık oranının artırılması sonucunda toplam enerji yükü yaklaşık %5-%9 oranlarında azalmıştır (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.27. İstanbul'daki okulun cephe saydamlık oranlarının enerji yükü üzerindeki etkisi

İSTANBUL (2. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA (kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
MEVCUT SAYDAMLIK ORANI (%20)	10770,64	62819,64	4362,1	77952,378
ALTERNATİF 1 (%10)	14755,78	59678,65	4711,068	75613,325
ALTERNATİF 2 (%15)	13140,18	60935,05	4449,342	78524,572
ALTERNATİF 3 (%30)	9693,578	70986,19	3751,406	84431,172
ALTERNATİF 4 (%50)	7862,569	78524,54	3053,47	89440,584

İstanbul ili için planlanan bina saydamlık oranlarındaki değişikliğin eğitim yapısının yıllık enerji ihtiyacına etkisi Çizelge 4.27'de sayısal değer olarak belirtilmiştir. İstanbul ilinde saydamlık oranının artırılması enerji yükünde artışa sebep olmuştur.

İstanbul ili için yapılan analizde saydamlık oranının %10 olacak şekilde azaltılması sonucunda toplam enerji yükü yaklaşık %3 oranlarında azalmıştır (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.28. İstanbul'daki okulun cephe saydamlık oranlarının enerji yüklerinin karşılaştırılması

İSTANBUL (2. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA (kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
MEVCUT SAYDAMLIK ORANI (%20)	1	1	1	1
ALTERNATİF 1 (%10)	1,33	0,95	1,08	0,97
ALTERNATİF 2 (%15)	1,22	0,97	1,02	1,01
ALTERNATİF 3 (%30)	0,9	1,13	0,86	1,08
ALTERNATİF 4 (%50)	0,73	1,25	0,7	1,14

Ankara ili için planlanan bina saydamlık oranlarındaki değişikliğin eğitim yapısının yıllık enerji ihtiyacına etkisi Çizelge 4.29'da sayısal değer olarak belirtilmiştir. Ankara ilinde saydamlık oranının artırılması aydınlatma yüklerini azaltsa da, ısıtma ve soğutma yükünde artışa neden olmuştur.

Çizelge 4.29. Ankara'daki okulun cephe saydamlık oranlarının enerji yükü üzerindeki etkisi

ANKARA (3. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA (kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
MEVCUT SAYDAMLIK ORANI (%20)	11016,86	128723,8	2461,735	142202,41
ALTERNATİF 1 (%10)	16304,95	111989,7	2658,674	130953,34
ALTERNATİF 2 (%15)	14652,42	93968,39	2535,587	111156,39
ALTERNATİF 3 (%30)	9584,665	139021,7	2117,092	150723,48
ALTERNATİF 4 (%50)	8262,642	146745,2	1969,388	156977,18

Ankara ili için yapılan analizde saydamlık oranının %15 olacak şekilde azaltılması sonucunda toplam enerji yükü yaklaşık %22 oranlarında azalmıştır. (Çizelge 4.30). Saydamlık oranının azaltılması binanın ısıtma yükünü hafifletse de aydınlatma yükünde artışa neden olmaktadır bu nedenle toplam enerji yükünün dikkate alınması bu noktada önemlidir.

Çizelge 4.30. Ankara'daki okulun cephe saydamlık oranlarının enerji yüklerinin karşılaştırılması

ANKARA (3. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA (kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
MEVCUT SAYDAMLIK ORANI (%20)	1	1	1	1
ALTERNATİF 1 (%10)	1,48	0,87	1,08	0,92
ALTERNATİF 2 (%15)	1,33	0,73	1,03	0,78
ALTERNATİF 3 (%30)	0,87	1,08	0,86	1,05
ALTERNATİF 4 (%50)	0,75	1,14	0,8	1,10

Sivas ili için planlanan bina saydamlık oranlarındaki değişikliğin eğitim yapısının yıllık enerji ihtiyacına etkisi Çizelge 4.31'de sayısal değer olarak belirtilmiştir. Sivas ilinde de saydamlık oranının artırılması aydınlatma yüklerini azaltsa da, ısıtma ve soğutma yükünde artışa neden olmuştur.

Çizelge 4.31. Sivas'taki okulun cephe saydamlık oranlarının enerji yükü üzerindeki etkisi

SİVAS (4. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA (kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
MEVCUT SAYDAMLIK ORANI (%20)	11469,69	238541,2	482,6961	250493,59
ALTERNATİF 1 (%10)	16401,66	207530,8	637,1588	224569,66
ALTERNATİF 2 (%15)	14681,21	195603,8	579,2353	210864,23
ALTERNATİF 3 (%30)	10093,33	274322,4	453,7343	284869,44
ALTERNATİF 4 (%50)	9061,058	293405,7	434,4265	302901,16

Sivas ili için yapılan analizde saydamlık oranının %15 olacak şekilde azaltılması sonucunda toplam enerji yükü yaklaşık %16 oranlarında azalmıştır. (Çizelge 4.32).

Çizelge 4.32. Sivas'daki okulun cephe saydamlık oranlarının enerji yüklerinin karşılaştırılması

SİVAS (4. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA (kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
MEVCUT SAYDAMLIK ORANI (%20)	1	1	1	1
ALTERNATİF 1 (%10)	1,43	0,87	1,32	0,89
ALTERNATİF 2 (%15)	1,28	0,82	1,2	0,84
ALTERNATİF 3 (%30)	0,88	1,15	0,94	1,13
ALTERNATİF 4 (%50)	0,79	1,23	0,9	1,20

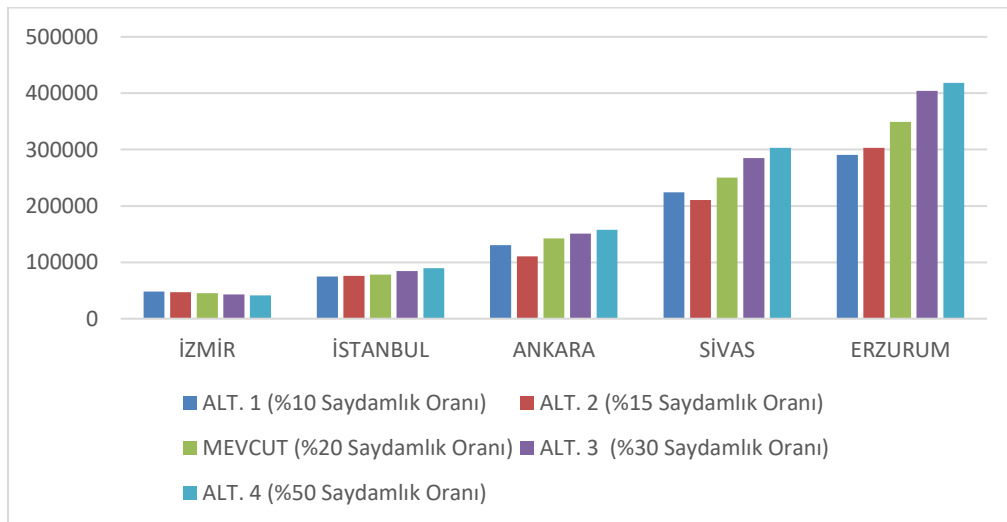
Erzurum ili için planlanan bina saydamlık oranlarındaki değişikliğin eğitim yapısının yıllık enerji ihtiyacına etkisi Çizelge 4.33'te sayısal değer olarak belirtilmiştir. Erzurum ili için yapılan analizde saydamlık oranının %10 olacak şekilde azaltılması sonucunda toplam enerji yükü yaklaşık %13 oranlarında azalmıştır (Çizelge 4.34).

Çizelge 4.33. Erzurum'daki okulun cephe saydamlık oranlarının enerji yükü üzerindeki etkisi

ERZURUM (5. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA (kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
MEVCUT SAYDAMLIK ORANI (%20)	15695,78	332751,5	573,4435	349020,68
ALTERNATİF 1 (%10)	24014,55	266201,2	722,5388	290938,25
ALTERNATİF 2 (%15)	19933,65	282838,7	659,46	303431,84
ALTERNATİF 3 (%30)	14126,21	389319,2	550,5058	403995,91
ALTERNATİF 4 (%50)	11928,8	405956,8	504,6303	418390,2

Çizelge 4.34. Erzurum'daki okulun cephe saydamlık oranlarının enerji yüklerinin karşılaştırılması

ERZURUM (5. DERECE GÜN BÖLGESİ)				
	AYDINLATMA (kwh)	ISITMA (kwh)	SOĞUTMA (kwh)	TOPLAM(kwh)
MEVCUT SAYDAMLIK ORANI (%20)	1	1	1	1
ALTERNATİF 1 (%10)	1,53	0,8	1,26	0,83
ALTERNATİF 2 (%15)	1,27	0,85	1,15	0,86
ALTERNATİF 3 (%30)	0,9	1,17	0,96	1,15
ALTERNATİF 4 (%50)	0,76	1,22	0,88	1,19



Grafik 4.4. Ankara, Sivas, Erzurum illerindeki eğitim yapısının saydamlık oranlarının azaltılması sonrası enerji giderleri ile mevcut bina enerji giderlerinin karşılaştırılması

Saydamlık oranlarının arttırılması sıcak iklim bölgelerinde duruma göre enerji ihtiyacının azalmasını bile sağlayabilmektedir. Grafik 4.4'de gösterildiği gibi İzmir ili için bina saydamlık oranının arttırılması, diğer iller için bina saydamlık oranının azaltılması enerji ihtiyacının azalmasına neden olmaktadır. 1. Derece gün bölgesi illerinin sıcak bir iklime sahip olması nedeni ile kış döneminde ısıtma ihtiyacı diğer derece gün bölge illerine göre daha az miktardadır. Bina saydamlık oranının arttırılması ısıtma yüküne negatif yönde etki ettiği için ısıtma sistemlerine harcanan enerjideki farklılık diğer derece gün bölgesi illerini, İzmir iline göre daha fazla etkilemektedir. Cephede artan saydam yüzeyler ısı kaybını arttırırken doğal ışık ve doğal havalandırma sağlamaktadır. Analizler sonucunda cephede saydam yüzeylerin artırımının aydınlatma ve soğutma enerji ihtiyacını azaltırken, ısıtma enerji ihtiyacını arttırmakta olduğu görülmüştür.

Saydamlık oranlarının azaltılması soğuk iklim bölgelerinde duruma göre enerji ihtiyacının azalmasını bile sağlayabilmektedir. Cephede azalan saydam yüzeyler ısı kaybını azaltırken doğal ışık ve doğal havalandırma imkânını kısıtlamaktadır. Çalışmada ele alınan yapı eğitim yapısı olması nedeni ile iç mekân aydınlığı da büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle saydamlık oranının azaltılması bu açıdan da doğru bir tercih olmamaktadır.

4.3.Yapılan Analizlerin Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi

Yapılan çalışmadaki analizler doğrultusunda, ele alınan pasif tasarım parametrelerinden bina yönlendiriliş durumunun değiştirilmesi beş iklim bölgesi için de toplam bina enerji yükü üzerinde ciddi değişikliklere sebep olmamaktadır. Tüm bölgeler için bina girişinin güneye yönlendirildiği alternatif en düşük enerji ihtiyacına sahip alternatif olduğu için çalışmanın devamında referans değerler güney yönelimin değerleri olmuştur. Eğitim yapısının bina saydamlık oranında yapılacak değişiklikte İzmir ili haricindeki diğer dört ilde saydamlık oranının %15'e düşürülmesi toplam enerji yükünü azaltmıştır. Fakat aydınlatma enerji yükü saydamlık oranının azalması ile önemli miktarda artmaktadır. Yapının TS825 azami U değerlerinden daha düşük değerli malzemeler ile iyileştirilmesi tüm bölgeler için enerji ihtiyacının azalmasına neden olmuştur. (Çizelge 4.35).

Çizelge 4.35. Tüm illerdeki alternatiflerin mevcut bina enerjisine oranları

		KARŞILAŞTIRMA TABLOSU				
		İZMİR (1. DERECE GÜN BÖL.)	İSTANBUL (2. DERECE GÜN BÖL.)	ANKARA (3. DERECE GÜN BÖL.)	SİVAS (4. DERECE GÜN BÖL.)	ERZURUM (5. DERECE GÜN BÖL.)
ANALİZ YÖNTEMLERİ	MEVCUT BİNA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	İYİLEŞTİR İLMİŞ BİN A	0,91	0,74	0,71	0,75	0,69
	SAY. ALT. 1 (%10)	1,05	0,97	0,92	0,89	0,83
	SAY. ALT. 2 (%15)	1,03	1,01	0,78	0,84	0,86
	SAY. ALT. 3(%30)	0,95	1,08	1,05	1,13	1,15
	SAY. ALT. 4(%50)	0,91	1,14	1,10	1,20	1,19

1. Derece gün bölgesinden İzmir’de yer alan tip eğitim yapısı için TS 825 ‘e göre opak ve saydam bileşenin malzeme özelliklerinin iyileştirilmesi sonucunda enerji ihtiyacını yaklaşık %9 oranında azaltmaktadır. Bu ildeki projede enerji etkinliğin sağlanması bina kabuğundaki saydam yüzeylerin oranının %15 ‘den %50 seviyelerine artırılması durumunda bu yalıtımın bina toplam enerji yükünün azaltılmasına etkisi 4000 kWh ile yaklaşık %9 seviyelerindedir.

2. Derece gün bölgesinden İstanbul’da yer alan tip eğitim yapısı için TS 825 ‘e göre opak ve saydam bileşenin yalıtılması enerji ihtiyacını önemli miktarda azaltmaktadır.. Bu yalıtımın bina toplam enerji yükünün azaltılmasına etkisi 18023 kWh ile yaklaşık %26 seviyelerindedir. Bina kabuğundaki saydamlık oranının artırılması aydınlatma ve soğutma yükünü azaltırken ısıtma yükünü de arttırmaktadır. Saydamlık oranının %15’e düşürülmesi sonucunda toplam enerji yükünde %3 azalma görülmüştür.

3. Derece gün bölgesinden Ankara’da yer alan tip eğitim yapısı için TS 825 ‘e göre opak ve saydam bileşenin yalıtılması doğru bir karar olacaktır. Karasal iklime sahip ilde binaya uygulanacak yalıtım ısıtma yükü üzerinde azaltıcı bir etkiye bulunacaktır. Yaklaşık 6 cm kalınlığında uygulanacak yalıtımın bina toplam enerji yükünün azaltılmasına etkisi 32868 kWh ile yaklaşık %29 seviyelerindedir. Bina

saydamlık oranının %10 seviyesine indirilmesi durumunda aydınlatma yükünün artmasına karşı toplam enerji yükü %18 azalmıştır.

4. Derece gün bölgesinden Sivas’da yer alan tip eğitim yapısı için de TS 825 ‘e göre opak ve saydam bileşenin yalıtılması doğru bir karar olacaktır. Kışların sert geçtiği ilde cepheye uygulanacak 7 cm kalınlığında bir yalıtımın bina toplam enerji yükünün azaltılmasına etkisi 63768 kWh ile yaklaşık %25 seviyelerindedir. Bina saydamlık oranının %10 seviyesine indirilmesi durumunda aydınlatma yükünün artmasına karşı toplam enerji yükü %12 azalmıştır.

5. Derece gün bölgesinden Sivas’da yer alan ve çalışmada enerji yükü en yüksek çıkan tip eğitim yapısı için de TS 825 ‘e göre opak ve saydam bileşenin yalıtımı en verimli sonucun alındığı alternatiftir. Sivas ilinde olduğu gibi cepheye uygulanacak 7 cm kalınlığında bir yalıtımın bina toplam enerji yükünün azaltılmasına etkisi 108064 kWh ile yaklaşık %31 seviyelerindedir. Bina saydamlık oranının %10 seviyesine indirilmesi durumunda aydınlatma yükünün artmasına karşı toplam enerji yükü %15 azalmıştır.

Çalışmada eğitim yapısının yaz aylarında kullanılmaması nedeniyle bina enerji yüklerinin büyük çoğunluğunu ısıtma yükleri oluşturmaktadır. Kış aylarında kullanılan okulda ısı kaybının engellenmesine yönelik çalışma yapılmıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Dünya’da enerji tüketiminin en yoğun olduğu sektörlerden biri inşaat sektörüdür. Binalar yaşam döngüleri boyunca enerji tüketmektedir. Enerji problemlerinin üstesinden gelinebilmesi adına mimari tasarımda yenilikçi çözümler ortaya konmaktadır. Enerji etkin tasarım kavramı da bu noktada gündeme gelmektedir. Enerji etkin tasarım, inşa edilmesi planlanan binanın tasarımı sürecinden itibaren kullanıldığı dönem, yıkılma ve geri dönüşüm süreci boyunca enerji ihtiyacını yenilenebilir kaynaklardan sağlayan, optimum seviyede iç konfor koşullarını oluşturan, enerjisini verimli kullanan, çevreye duyarlı binaların tasarlanmasını sağlayan tasarım yöntemidir. Enerji etkin tasarım, binalarda aktif ve pasif sistemlerle gerçekleştirilebilmektedir.

5.1 Sonuçlar

Çalışmada Milli Eğitim Bakanlığı’na ait bir tip okul projesinin, “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”nda belirtilen Türkiye’nin beş bölgesindeki illerde uygulanması halinde, enerji performansının değerlendirilmesi ve binadaki enerji ihtiyacının azaltılmasını sağlayan pasif sistem alternatif önerilerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Referans bina kabul edilen 24 derslikli tip eğitim yapısının enerji simülasyon programı ile Türkiye genelinde belirlenen her bir iklim bölgesindeki enerji ihtiyacı hesaplanmış, analiz sonuçları çizelgeler yardımı ile karşılaştırılmıştır. Seçilen tip eğitim yapısının farklı iklim bölgelerindeki dış koşullara uyumun ve iç mekân konfor koşullarının minimum enerji tüketimi ile sağlanabilmesi için alternatiflerin sunulmaya çalışılmıştır.

Çalışmada öncelikle enerji etkin tasarım, binalara uygulanan aktif sistemler ve pasif sistemlerin tasarım parametreleri ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Seçilen okul yapısının enerji ihtiyacının belirlenebilmesi için simülasyon programı olan DesignBuilder programı ile modellenip, farklı iklim bölgelerindeki enerji etkinlik analizleri gerçekleştirilmiştir. İklimlere göre tasarım önerilerinin getirilebilmesi amacı ile bina pasif tasarım kriterleri ile yeniden modellenmiş ve binanın yöneliminin, optik ve termofiziksel özelliklerinin, saydamlık oranının enerji ihtiyacı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Yapılan analizlerin sonucunda;

- Bina yöneliminin toplam enerji ihtiyacında büyük bir farklılığa yol açmadığı belirlenmiştir.

- Seçilen illerin hepsinde binanın optik ve termofiziksel özelliklerinin iyileştirilmesinin enerji ihtiyacını azalttığı görülmüştür. Bu azaltma oranları 1. Derece Gün Bölgesinden İzmir ilinde %9 seviyelerinde, diğer illerde %25- %31 seviyeleri arasında bulunmaktadır.

- Saydamlık oranının artırılmasının sadece sıcak iklime sahip illerde toplam enerji ihtiyacı üzerindeki etkiyi azalttığı, soğuk iklim bölgelerinde ısıtma yükünü, dolayısı ile toplam enerji yükünü büyük oranda arttırdığı görülmüştür. Saydamlık oranının azaltılması ile soğuk iklime sahip Ankara, Sivas ve Erzurum illerinde enerji tasarrufu sağlanmıştır. Fakat bu tasarruf binanın optik ve termofiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi durumunda kazanılan yük kadar çok değildir. Saydamlık oranının azaltılması durumunda ortalama %16 bir tasarruf sağlanırken, yalıtımın sağlanması durumunda kazanç %22 seviyelerine yükselmektedir.

- Okulun yaz aylarındaki kapalı olma durumu ve o aylarda enerji ihtiyacının yok sayılması nedeni ile soğutma yükü tam olarak hesaplanamamıştır. Saydamlık oranının artmasının yaz aylarındaki soğutma yükünü ciddi miktarda etkilemesi beklenmektedir.

5.2 Öneriler

Çalışma iklimsel özelliklerin ve enerji etkin tasarım parametrelerinin dikkate alınmadan tasarlanan tip projelerin enerji etkin hale getirilmesi, pasif sistemler yardımı ile yenilenebilir kaynaklardan enerji elde edilmesi, bina enerji ihtiyacının azaltılabilmesi konularında yapılacak çalışmalara referans olabilmesi açısından önemlidir.

Tip proje tasarımlarının enerji etkin olabilmesi için aktif ve pasif sistemler olarak birçok seçenek bulunmaktadır. Kullanılacak olan sistemin binanın yıllık enerji ihtiyacına önemli oranda etkisi bulunmaktadır. Sistem alternatiflerinin fazla olması sonuçlarda da farklılıklar yaratmaktadır. Genel bir kanıya varılabilmesi için farklı iklim bölgelerinde çok sayıda enerji analizi gerekmektedir.

Sonuç olarak binaların tasarım sürecinin başında yapıların pasif sistemlerle entegre şekilde optimum performans sağlayacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Ülkemizde enerji kullanımındaki artış ve çevresel etkileri göz önünde bulundurulduğunda gerek mevcut okul binalarının pasif sistem olarak performansının değerlendirilerek, performansın artırılmasına yönelik alternatiflerin geliştirilmesi, gerekse tasarım kararları alınırken doğru sonuçlara ulaşmak, dolayısıyla enerji etkin tasarımında pasif sistem tasarım parametreleri için en uygun değerlerin belirlenmesi büyük bir önem taşımaktadır

6. KAYNAKLAR

- Alparslan, E.M., Lee, S.E., Manthapuri, S., Yi W. ve Deb, C., 2014. PV (Photovoltaics) Performance Evaluation and Simulation-Based Energy Yield Prediction for Tropical Buildings. *Energy*, 71, 588-595.
- Anaç, M., 2019, Cephe Gölgeleme Elemanlarının Isıtma ve Soğutma Yükleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Standard 90.1-2010: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings, Atlanta: ASHRAE, 2010.
- Aşkoğlu A. (2014), Sürdürülebilir konut yapılarında pasif sistemlerin kullanılan teknikler açısından irdelenmesi; İzmir ili için bir uygulama önerisi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir
- Bahçeci S.F. (2016), Enerji yükü ve maliyeti düşük konut tasarımına yönelik bir yaklaşım: İzmir, dikili örneği, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Can V. (2018), Modüler binaların bina formuna bağlı olarak farklı iklim bölgesinde enerji etkinliğinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Çakır S.R. (2020), Konutlarda tasarım parametrelerinin yıllık enerji maliyeti ve ilk yatırım maliyeti açısından değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Çarkacı, Ç., Özkorucu, K. ve Atmaca, İ., 2012. Örtü altı tasarımda alternatif iklimlendirme sistemleri ve ısı pompası kullanımının değerlendirilmesi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, (129), 21.
- Doğan, A. ve Pırasacı, T., 2009. Bina cephelerinde yalıtım yerine trombe duvar kullanımının incelenmesi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, (112), 41-51.
- Efe A. (2009), Pasif güneş evlerinde bina kabuğu tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Gülaçmaz Ö. (2021), Mevcut Bir Eğitim Yapısında Enerji Etkin Bir İyileştirme Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tokat
- Hendricx, A. (2000), "A Core Object Model For Architectural Design", PhD Thesis, Catholic University Louvain, Department of Architecture, Belgium,

- Işın A. (2016), Konut ve yerleşmelerin ön tasarımında enerji etkinliğine ilişkin bir model önerisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Keskin T. (2012), Yapı kabuğunda enerji etkin iyileştirmeye yönelik güneş ısı kazanç faktörü ve hava sızdırmazlık parametrelerinin incelenmesi Edirne örneği, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- S. Kocabay ve B. Dursun, “İç Aydınlatmada Etkin Enerji Kullanımı İle İlgili Bir Uygulama,” 3E Electrotech Dergisi, no. 127, 2004.
- Koçlar Oral, G., Manioğlu, G., 2010: Bina Cephelerinde Enerji Etkinliği ve Isı Yalıtımı, 5. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu Bildirileri, İzmir, 31-32.
- Köksal T. (2018), Enerji etkinliği açısından bir ilköğretim binasının aktif ve pasif sistem olarak performansının değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Manioğlu, G., (2002). Isıtma Enerjisi Ekonomisi ve Yaşam Dönemi Maliyeti Açısından Uygun Bina Kabuğu ve İşletme Biçimi Seçeneğinin Belirlenmesinde Kullanılabilecek bir Yaklaşım. (Doktora Tezi). İ.T.Ü., İstanbul.
- MEB, (2019), Milli Eğitim İstatistikleri 19/20, İstanbul
- Manioğlu, G. (2011). Enerji Etkin Tasarım ve Yenileme Çalışmalarının Örneklerle Değerlendirilmesi, Tesisat Mühendisliği, Sayı 126 - Kasım/Aralık 2011.
- Ok V.(2007), Sağlıklı Kentler İçin Pasif İklimlendirme ve Bina Aerodinamiği, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, S:213-227
- Örkmez A.S. (2012) Çift kabuk cephe sistemlerinde ısı konforunun değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Özdemir B.B. (2005), Sürdürülebilir çevre için binaların enerji etkin pasif sistemler olarak tasarlanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Sev A (2009). Sürdürülebilir Mimarlık.(1.Baskı). YEM Yayın, İstanbul.
- Sinapoli, J. (2010). Smart building systems for architects, owners, and builders. United States: Elsevier.
- Soubdhan, T., Feuillard, T. ve Bade, F., 2005. Experimental evaluation of insulation material in roofing system under tropical climate. Solar Energy, (79/3), 311-320.
- TS 825. (2013). Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Ulukavak Harputlugil G. (2007), Mimari Tasarım Süreci İçinde Bina Enerji Simülasyon Programı Uygulamalarının Yeri, Teknoloji, Cilt 10, Sayı 4.

- Uslusoy, S., 2012. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanan Enerji Etkin Binaların Yapı Bileşeni Açısından İrdelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Utkutuğ, G., 2000. Yeni Bin Yıla Girerken Sürdürülebilir Bir Gelecek İçin Ekolojik Ve Enerji Etkin Hedefler İle Bina Tasarımı Ve İşletimi, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi, Ocak, Ankara, Bildiriler Kitabı, 148.
- Ülgen, K., 1995. Binaların pasif güneş enerjili sistemler yardımıyla ısıtılması. Tesisat Mühendisliği Dergisi, (22), 6.
- Yasan A.Ş. (2011), Bina tasarım parametrelerinin enerji harcamalarına etkilerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Yıldız, Y. ve Durmuş Arsan, Z., 2009. Binalarda pasif soğutma stratejileri konulu son on yıla ait yayın taraması. Uluslararası Ekolojik Mimarlık ve Planlama Sempozyumu, Antalya 103-110.
- Yılmaz, Z. (2006). Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı: 91.
- Yılmaz, Z. (2014). İstanbul'da Yeşil Sertifikalı ve Çift Cidar Cepheli Bir Bina Örneği, Yeşil Bina Dergisi, Sayı: 27.
- Yu C-R, Guo H-S, Wang Q-C, Chang R-D., 2020. Revealing the Impacts of Passive Cooling Techniques on Building Energy Performance: A Residential Case in Hong Kong. Applied Sciences, 4188, 10(12)
- URL-1 <http://iegm.meb.gov.tr/www/egitim-altyapisinin-guclendirilmesi-projesi/icerik/471>
- URL-2 http://sayisalmimar.com/kurslar/aydin/gunes_kiricilar.pdf
- URL-3 https://www.new-learn.info/packages/clear/thermal/buildings/active_systems/mv/index.html
- URL-4 <https://www.altensis.com/hizmetler/designbuilder-software/>:
- URL-5 <http://www.astroset.com/bilgi/astroloji/enlem.htm>
- URL-6 <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=IZMIR>

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hanife Büşra KOÇ
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : KARAMAN- 13/07/1993
Telefon : +90 506 228 99 18
Faks : --
e-mail : h.busra@yandex.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Karaman Anadolu Lisesi	2011
Üniversite	: Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi	2017
Yüksek Lisans	: Necmettin Erbakan Üniversitesi	2021
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2017-2018	Karaman Yükselti Yapı Denetim	Kontrol Elemanı Mimar
2018-2021	İdeal Teknik Mimarlık Mühendislik	Proje Müellifi- Mimar

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER: İngilizce

YAYINLAR

