

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENERJİ ETKİNLİĞİ AÇISINDAN BİR İLKÖĞRETİM BİNASININ AKTİF VE
PASİF SİSTEM OLARAK PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğçe KÖKSAL

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojileri Programı

MAYIS 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENERJİ ETKİNLİĞİ AÇISINDAN BİR İLKÖĞRETİM BİNASININ AKTİF
VE PASİF SİSTEM OLARAK PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğçe KÖKSAL

502151519

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojileri Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gül KOÇLAR ORAL

MAYIS 2018

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502151519 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Tuğçe KÖKSAL**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ENERJİ ETKİNLİĞİ AÇISINDAN BİR İLKÖĞRETİM BİNASININ AKTİF VE PASİF SİSTEM OLARAK PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr.Gül Koçlar ORAL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr.Alpin Köknel YENER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr.Rana KUTLU
İstanbul Kültür Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2018**
Savunma Tarihi : **07 Haziran 2018**



XXK (Aileme),



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince bu tez çalışmasının tamamlanması için fikirleriyle bana yol gösteren, bilgi, deneyim ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Gül Koçlar Oral'a, her anımda benim için moral kaynağı olan sevgili arkadaşlarıma ve her zaman yanımda olup, maddi manevi desteğini esirgemeyen canım aileme tez çalışmam süresince gösterdikleri sabır ve anlayıştan ötürü teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2018

Tuğçe KÖKSAL
(Mimar)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. ENERJİ ETKİNLİĞİ	4
2.1. Enerji Etkinliği Kavramı ve Önemi	4
2.2. Türkiye’de Enerji Etkinliği Gereksinimi	8
2.3. İlkokullarda Enerji Etkin Tasarımın Önemi.....	12
3. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI.....	16
3.1. Aktif ve Pasif Sistem Kavramları	17
3.2. Aktif Sistem Kavramı	17
3.2.1. İklimlendirme Sistemleri.....	18
3.2.1.1. Merkezi sistemler	18
3.2.1.2. Bağımsız sistemler	20
3.2.2. Havalandırma Sistemleri.....	21
3.2.3. Aktif Güneş Sistemleri.....	22
3.2.4. Isıl Güneş Teknolojileri	23
3.3. Pasif Sistem Kavramı.....	25
3.4. Enerji Etkin Bina Tasarım Parametreleri	26
3.4.1. Kullanıcıya İlişkin Parametreler	27
3.4.2. İklimle İlişkin Parametreler.....	28
3.4.2.1. Dış iklimsel parametreler	29
3.4.2.2. İç iklimsel parametreler.....	29
3.4.3. Binaya İlişkin Parametreler.....	31
3.4.3.1. Binanın Konumu	31
3.4.3.2. Binanın Yönlendiriliş Durumu.....	32
3.4.3.3. Binanın Formu	33
3.4.3.4. Bina Kabuğunun Optik ve Termofiziksel Özellikleri.....	34
3.4.3.5. Güneş Kontrol Elemanlarının Kullanılması.....	36
3.4.3.6. Doğal Vantilasyon Düzeni	37
4. ENERJİ ETKİNLİĞİ AÇISINDAN İSTANBUL DA BİR İLKÖĞRETİM BİNASININ AKTİF VE PASİF SİSTEM OLARAK PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA	39
4.1. Seçilen İlköğretim Okulunun Tanıtımı	40
4.2. Referans Bina İçin İklimle İlişkin Parametrelerin Belirlenmesi	44
4.3. Referans Binada Kullanıcıya İlişkin Parametrelerin Belirlenmesi	46

4.4. Referans Binaya İlişkin Parametrelerin Belirlenmesi	46
4.4.1. Referans Binanın Bulunduğu Yer ve Diğer Binalara Göre Konumunun Belirlenmesi	46
4.4.2. Referans Binanın Formu ve Yönlendiriliş Durumu	47
4.4.3. Referans Bina Kabuğunun Optik ve Termofiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi	47
4.5. R Binanın Modellenmesi, Isıtma Enerjisi Harcamalarının Hesaplanması.....	49
4.6. Isıtma Enerjisi Harcamalarının Azaltılmasına Yönelik Farklı Alternatiflerin Oluşturulması	50
4.6.1. Bina Cephe Saydamlık Oranına Dair Alternatiflerin Oluşturulması ve Yıllık Isıtma Enerjisi Harcamalarının Hesaplanması.....	50
4.6.2. Farklı Opak Ve Saydam Kabuk Alternatiflerinin Oluşturulması Ve Yıllık Isıtma Enerjisi Harcamalarının Hesaplanması	51
4.7. Aktif Sistemlere İlişkin Farklı Alternatiflerin Oluşturulması ve Yıllık Isıtma Enerjisi Harcamalarının Hesaplanması	56
4.8. Oluşturulan Alternatiflerin Seçilen Bir Derslik İçin Aktif ve Pasif Sistem Olarak İç İklim Değişiklerinin Değerlerine Etkisinin İncelenmesi	57
4.9. Oluşturulan Alternatiflere İlişkin Sonuçların Referans Bina için Yapılan Simülasyon Sonuçlarıyla Karşılaştırılması	71
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	74
KAYNAKLAR.....	77
EKLER.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	87

KISALTMALAR

AR : Yatırımdan elde edilen yıllık kazanç, TL/yıl

ASRAE : Amerikan Isıtma-Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Birliği

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

TEP : Ton Eşdeğer Petrol

EPBD : Binalarda Enerji Performansı Direktifi

MMO : Makine Mühendisleri Odası

PC : Yatırım maliyeti, TL

EKB : Enerji Kimlik Belgesi

PVC : Polivinil klorür

TS 825 : 825 numaralı Türk Standardı

U : Toplam ısı geçirme katsayısı, W/m^2C , $kcal/m^2h^{\circ}C$

U D : Dış duvarın toplam ısı geçirme katsayısı, W/m^2C , $kcal/m^2h^{\circ}C$

U p : Pencerenin toplam ısı geçirme katsayısı, W/m^2C , $kcal/m^2h^{\circ}C$

U t : Tabanın toplam ısı geçirme katsayısı, W/m^2C , $kcal/m^2h^{\circ}C$

U T : Tavanın toplam ısı geçirme katsayısı, W/m^2C , $kcal/m^2h^{\circ}C$

XPS : Basınçla çekilmiş polistiren

VOC : Uçucu organik madde

VAV : Değişken debi hava ayar damperi



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Enerji etkin pasif tasarım parametreleri	27
Çizelge 4.1 :TS 825'e göre farklı amaçlarla kullanılan binalar için hesaplamalarda kullanılacak aylık ortalama iç sıcaklık değerleri..	45
Çizelge 4.2 : Referans bina kabuğu katmanları ve özellikleri.	48
Çizelge 4.3 : Referans bina cephe saydamlık oranları.	49
Çizelge 4.4 : Saydamlık oranı alternatifleri.	51
Çizelge 4.5 : TS825'e göre farklı iklim bölgeleri için azami kabuk U değerleri.	52
Çizelge 4.6 : Yalıtım kalınlığı alternatifleri ve özellikleri.	52
Çizelge 4.7 : Dış duvar alternatifleri ve özellikleri.....	53
Çizelge 4.8 : Saydam bileşen alternatifleri ve özellikleri.	55
Çizelge 4.9 : Aktif sistemlerin devrede olduğu durumda opak bileşen alternatifleri için operatif sıcaklık değişimleri.....	59
Çizelge 4.10 : Aktif sistemlerin devrede olmadığı durumda opak bileşen alternatifleri için operatif sıcaklık değişimleri.....	60
Çizelge 4.11 :Aktif sistemlerin devrede olması durumunda opak bileşen alternatifleri için ortalama ışımsal sıcaklık değişimleri.....	61
Çizelge 4.12 : Aktif sistemlerin devrede olmadığı durumda opak bileşen alternatifleri için ortalama ışımsal sıcaklık değişimleri.....	62
Çizelge 4.13 : Aktif sistemlerin devrede olması durumunda saydam bileşen alternatifleri için operatif sıcaklık değişimleri..	64
Çizelge 4.14 : Aktif sistemlerin devrede olmadığı durumda saydam bileşen alternatifleri için operatif sıcaklık değişimleri.	65
Çizelge 4.15 : C_AL1, C_AL2, C_AL3, C_AL4, CAL5 alternatifleri için yıllık güneş ışımasını kazancı.	66
Çizelge 4.16 : Aktif sistemlerin devrede olduğu ve olmadığı durumlarda saydamlık oranı alternatifleri için operatif sıcaklık değişimi.	67
Çizelge 4.17 : Aktif sistemlerin devrede olduğu ve olmadığı durumda saydamlık oranı alternatifleri için ortalama ışımsal sıcaklık değişimleri.....	69
Çizelge 4.18 : S_AL1 ve S_AL2 alternatifleri için yıllık güneş ışımasını kazançları. .	70



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: ABD sektörlerine göre enerji tüketimi [6].....	6
Şekil 2.2: Binalar ve enerji verimliliği	7
Şekil 2.3: Sera gazı emisyonu (Mton CO2).....	8
Şekil 2.4: Kişi başına enerji tüketimi [18].....	11
Şekil 2.5: Sektörlere göre enerji tüketimi [19].....	12
Şekil 2.6: Amerikan okullarında ortalama final enerji kullanımları [20].....	12
Şekil 3.1: Tamamen havalı sistem şeması.....	19
Şekil 3.2: Tamamen sulu sistem şeması	20
Şekil 3.3: Sulu ve havalı sistem şeması.....	20
Şekil 3.4: Mekanik havalandırma [39].....	22
Şekil 3.5: Düzlemsel ve vakum borulu güneş toplayıcıları[41].....	23
Şekil 3.6: Güneş kolektörünün çatıya uygulanması[42].....	24
Şekil 3.7: Fotovoltaik pilin yapısı[43].....	24
Şekil 3.8: Güneş pillerinin çatıya uygulanması[45].....	25
Şekil 3.9: ODTU Mim. Fak. tasarım planlama ve araştırma merkezi güneş kırıcılar.....	32
Şekil 3.10: Bina formları	34
Şekil 3.11: Direk, yansiyarak ve yaygın gelen ışınım.....	32
Şekil 3.12: Ventilasyon giriş ve çıkış açıklıkları[54].....	38
Şekil 4.1: Bodrum kat planı	40
Şekil 4.2: Zemin kat planı.....	41
Şekil 4.3: Birinci kat planı.....	41
Şekil 4.4: İkinci Kat Planı.....	42
Şekil 4.5: Üçüncü Kat Planı.....	42
Şekil 4.6: Ön görünüş	43
Şekil 4.7: Arka görünüş	43
Şekil 4.8: Batı cephesi görünüş (sağ yan görünüş).....	43
Şekil 4.9: Doğu cephesi görünüş (sol yan görünüş)	42
Şekil 4.10: İstanbul için ısıtmanın istenildiği dönem[54].....	45
Şekil 4.11: Design Builder programına girilen kullanıcı yoğunluğu şeması.....	42
Şekil 4.12: Projenin Design Builder programı ile yapılmış modeli	47
Şekil 4.13: Referans binanın simülasyon programında modellenmesi.....	43
Şekil 4.14: Referans binanın ısıtma enerjisi harcamaları	50
Şekil 4.15: S_AL1 ve S_AL2 alternatifleri için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları ...	51
Şekil 4.16: Y_AL3 alternatifi için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları	53
Şekil 4.17: M_AL1 ve M_AL2 için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları.....	54
Şekil 4.18: Saydam bileşen alternatifleri için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları	55
Şekil 4.19: Aktif sistem alternatifleri için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları.....	56
Şekil 4.20: Seçilen dersliğin referans binadaki konumu	57
Şekil 4.21: S_AL1 ve S_AL2 için aktif sistemlerin devrede olduğu durumda operatif sıcaklık değişimi	67

Şekil 4.22 : S_AL1 ve S_AL2 için aktif sistemlerin devrede olmadığı durumda operatif sıcaklık değişimi.....	5
Şekil 4.23 : SAL1 ve SAL2 için aktif sistemlerin devrede olduğu durumda ortalama ışınımsal sıcaklık değişimi.....	7
Şekil 4.24 : S_AL1 ve S_AL2 için aktif sistemlerin devrede olmadığı durumda ortalama ışınımsal sıcaklık değişimi.....	8
Şekil 4.25 : Oluşturulan tüm alternatifler için güneş ışınımı kazançları.	14
Şekil 4.26 : Oluşturulan alternatif gruplarından en düşük ısıtma enerjisi harcamalarını veren alternatiflerin karşılaştırılması	15
Şekil 4.27 : Y_AL2+C_AL5 alternatifi için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları.	16
Şekil A.1: M_AL1 için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları	81
Şekil A.2: M_AL2 için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları	81
Şekil A.3: Y_AL1 için için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları	82
Şekil A.4: Y_AL2 için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları	82
Şekil A.5: Y_AL3 için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları	83
Şekil A.6: C_AL1 için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları	83
Şekil A.7: C_AL2 için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları	84
Şekil A.8: C_AL3 için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları	84
Şekil A.9: C_AL4 için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları	85
Şekil A.10: C_AL5 için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları	85

ENERJİ ETKİNLİĞİ AÇISINDAN BİR İLKÖĞRETİM BİNASININ AKTİF VE PASİF SİSTEM OLARAK PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Dünya genelinde sanayileşme ve kentleşmenin etkisiyle, kullanılan enerjinin çoğunun yenilenemeyen fosil kaynaklardan elde edilmesi ve enerji ihtiyacının her yıl artması, nüfus için gerekli enerjiyi sağlamayı giderek zorlaştırmaktadır. Binalar fosil yakıt tüketiminde büyük bir yüzdeyi oluşturduğundan, yüksek miktardaki karbon dioksit salımından da sorumlu tutulmaktadır ve özellikle bina sektöründe enerjinin etkin kullanımının önemini ortaya çıkmaktadır.

Okul binalarının Türkiye nüfusunun yaklaşık 1/4'ünün gün boyu içinde bulunduğu mekanlar olması dolayısı ile konfor ve enerji etkinliği bakımından irdelenmesi önem kazanmaktadır. Enerji, ekonomik kalkınmada olduğu kadar yaşam konforunda ve eğitimde de en önemli etkenlerden biridir.

Bu tez çalışmasında Milli Eğitim Bakanlığı tarafından projelendirilmiş kamusal bir örnek olan 2004-53 tip ilköğretim okulu projesinin enerji etkin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Binaya ait bazı tasarım değişkenlerinin değerleri değiştirilerek ve alternatifler önerilerek, referans binaya göre ısıtma enerjisi giderlerindeki değişim irdelenmiş ve sonraki aşamada ise binada aktif sistemler devre dışı bırakılarak, binanın pasif bir sistem olarak işlev yapması durumunda, seçilen bir derslik üzerinde iç iklim değişkenlerinin değerleri incelenmiştir.

Çalışma 4 ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm olan giriş bölümünde enerji sorunları ve nedenleri tartışılmıştır.

İkinci bölümde enerji etkinliği kavramı ve önemi anlatılmıştır. Enerji etkinliği kavramı açıklanırken Türkiye'de enerji etkinliği gereksinimi ve binalarda enerji etkinliği kavramlarına değinilmiş, ilkokullarda enerji etkinliğinin önemi açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde enerji etkin bina tasarımında etkili olan aktif ve pasif sistem kavramları açıklanmış, pasif tasarım değişkenleri ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Pasif tasarım değişkenleri iklime, kullanıcıya ve binaya bağlı değişkenler olarak üç başlık altında irdelenmiştir.

Dördüncü bölümde ise seçilen tip okul projesi için binanın enerji etkinliği açısından aktif ve pasif sistem olarak değerlendirilmesine yönelik olarak yapılan çalışma açıklanmıştır. Bu bölümde öncelikle referans bina tanıtılmış ve referans binaya ilişkin veriler simülasyon programına girilerek analizleri yapılmıştır. Daha sonra referans binanın enerji etkin iyileştirilebilmesi için bina kabuğuna ilişkin farklı alternatifler oluşturulmuştur ve her biri için analizler yapılmış, çıkan sonuçlar irdelenmiştir.

Beşinci bölümde elde edilen sonuçlar açıklanarak değerlendirme yapılmıştır. İlköğretim binalarında enerji harcayan aktif sistemlerin görev payının minimize edilerek binaların pasif sistem olarak performanslarının geliştirilmesinin ilköğretim binalarında enerji etkinliğini sağlanması açısından önemi tartışılmıştır.



AN EVALUATION STUDY ON PERFORMANCE OF A PRIMARY SCHOOL AS A ACTIVE AND PASSIVE SYSTEM IN TERMS OF ENERGY EFFICIENCY

SUMMARY

With the effect of industrialization and urbanization all over the World, the majority of energy used is derived from non-renewable fossil sources and increased energy need year by year, making it increasingly difficult to provide the energy needed for population. Buildings are also responsible for the high amount of carbon dioxide emissions as they constitute a large percentage of fossil fuel consumption, and it is especially important that the efficient use of energy in the building sector is important.

Examining school buildings in terms of comfort and energy efficiency gains importance. Energy is one of the most important factors in economic development as well as in life comfort and education.

In this thesis study, it was aimed to improve the energy efficiency of 2004-53 type primary school project which is a public example designed by the Ministry of National Education. By changing the values of some building design variables and suggesting alternatives, the change in heating energy expenditure according to the current project was examined and the effect of the building temperature on the selected class in use as a passive system was investigated.

The study consists of 4 main parts. In the first part of the introduction, energy problems and their reasons are discussed.

In the second part, energy efficiency concept and its importance are explained. In explaining the concept of energy efficiency and energy efficiency requirements for buildings in Turkey touched on the concept of energy efficiency, and importance of energy efficiency in primary school.

In the third chapter, active and passive system concepts which are effective in energy efficient building design are explained and passive design variables are explained in detail. Passive design variables have been examined under three headings as variables related to climatization, user and building design parameters.

In the fourth section, the study on the evaluation of the building as an active and passive system in terms of the energy efficiency of the selected type school project is explained. In this section, the existing project is introduced and analysis about the existing project is entered into the simulation program. Later, different alternatives for the building envelope were created and analyzed for each, and the calculation results are discussed.

Then the results obtained in the fifth chapter on the building envelope are explained and evaluated in order to improve the energy efficiency of the existing building. The importance of improving the performance of buildings as a passive system by minimizing the duty share of active systems in primary education buildings has been discussed in terms of ensuring energy efficiency in primary education buildings.



1. GİRİŞ

Endüstri Devrimi sonrasında enerjinin ve enerji kaynaklarından özellikle fosil yakıtların kullanımı üretimin ve sosyo ekonomik gelişmenin temel girdilerinden biri olmuştur. Endüstri devriminin üretim ve sosyo ekonomik alanda getirdiği yenilikler ile birlikte kentleşme oranı yükselmiş, teknolojinin günlük hayata girmesi ve hızla gelişmesi ile enerji kullanımı artmıştır. Nüfus ve kişi başına enerji kullanım miktarı hızla artmaktadır. 1965'te 3,8 milyar ton petrol eşdeğerine eşit olan Dünya birincil enerji tüketimi önemli şekilde artarak 2015'de 13,1 milyar ton petrol eşdeğerine yükselmiştir [1].

Nüfusunun ve kişi başına enerji kullanımının hızla artmasına karşın yenilenebilir enerji kaynaklarının birincil enerjiler arasında payının düşük kalması ve doğanın sınırlı insan ihtiyaçlarını karşılamakta giderek zorlanması, çevrenin tahrip edilmesi tasarruf ve enerji etkinliği kavramları ülkelerin gündeminde öncelikli konular olmaktadır.

Küreselleşme süreci de hesaba katıldığında hayatın her alanında az ama verimli tüketmek, dünyanın tüm ülkeleri için vazgeçilmez değer olarak ortaya çıkmaktadır.

Dünyada hızla artan enerji kullanımı, arz güçlükleri, enerji kaynaklarının tüketilmesi ve ağır çevresel etkiler (ozon tabakasının azalması, küresel ısınma, iklim değişikliği, vb.) üzerine endişeleri artırmıştır. Bina tipleri arasında hem konut hem de ticari amaçlı olanların enerji tüketimindeki küresel katkısı, gelişmiş ülkelerde %20-40 arasında ulaşan rakamlarını giderek artırmaktadır.

Nüfustaki büyüme, bina hizmetlerine olan talebin artması ve konfor seviyeleri, binalarda geçirilen zaman artışı ile birlikte, enerji talebindeki artış eğiliminin gelecekte de devam etmesine sebep olacağı tahmin edilmektedir.

Birincil enerji kaynakları bakımından Türkiye kendine yeterli değildir, tüketilen enerjinin büyük bir kısmı yurtdışından ithal edilmektedir.

2017 yılında Türkiye cari açığı 47,1 milyar dolar iken bunun yaklaşık % 30'u diğer bir deyişle 14,2 milyar doları enerji kaynaklıdır [2].

Bina sektörü, en fazla enerji tüketen sektörlerden biridir. Bina sektörü küresel olarak nihai enerji tüketiminin üçte birinden fazlası ve aynı derecede önemli karbon dioksit (CO₂) emisyon kaynağı olmaktadır. Geleneksel biokütleyle oldukça bağımlı olan bazı bölgelerde, binalardaki enerji kullanımı toplam nihai enerji kullanımının % 80'ini temsil etmektedir [3]. Konut ve hizmetler alt sektörleri de dahil olmak üzere bina sektörü çok çeşitli teknolojiler kullanmaktadır. Bu nedenle, binalardaki enerji etkinliği günümüzde bölgesel, ulusal ve uluslararası düzeyde enerji politikası için birincil bir hedefdir.

Diğer yandan Türkiye demografik alanda önemli bir dönüşüm yaşamaktadır. Türkiye nüfusu 1950-1985 döneminde yıllık ortalama % 2,52 civarında 1985-2016 döneminde ise yıllık ortalama 1,47 oranında artmış ve 2016 yılında 79.814.871'e ulaşmıştır [4].

Doğum ve ölüm oranları Türkiye'nin yüksek doğurganlık ve yüksek ölüm oranlarının hüküm sürdüğü bir durumdan, doğumların bilinçli olarak kontrol edildiği ve ölüm oranlarının düşmüş olduğu yeni bir döneme girdiğini göstermektedir.

TÜİK'in 2012 yılında yayınladığı Türkiye'nin Demografik Yapısı ve Geleceği, 2010-2050 başlıklı Haber bülteninde Türkiye'nin mevcut ve gelecekteki nüfus ve demografik yapısı ile ilgili bilgiler sunulmaktadır.

Demografik göstergelerdeki mevcut eğilimler devam ettiği takdirde Türkiye nüfusu yaşlanmaya devam edecek çocuk yaştaki ve genç nüfus azalacaktır. Bu durum eğitim planlaması bakımından özellikle sayısal olarak fiziki altyapı sunulması gereken dönemden kaliteli altyapı ve eğitim sunulması gereken bir döneme girildiğini ve bu kapsamda çalışmalar yürütülmesi gerektiğini göstermektedir. Mevcut durumda yaklaşık 70.000 bin okul binası bulunmaktadır ve bu okullarda yaklaşık 15 milyon öğrenci 600.000 görevli personel (öğretmen, memur, hizmetli) ile eğitim görmektedir [5]. Okul binaları Türkiye nüfusunun yaklaşık 1/4'ünün gün boyu içinde bulunduğu mekânlar olması dolayısı ile konfor ve enerji etkinliği bakımından irdelenmesi önem kazanmaktadır.

Yukarıda açıklamalar göstermektedir ki enerji günlük yaşamımızın vazgeçilmez ve her gün önemi artan bir etkidir. Sınırlı olan enerjinin etkin kullanımı dışa bağımlı olan Türkiye için daha önemli bir hal almaktadır. Diğer taraftan ilkokullar Türkiye’de genç nüfusun önemli bir yüzdesinin günlük yaşamını etkilemekte, dolayısıyla ilköğretim binalarında konfor koşullarının sağlanması için enerji kullanımı önem taşımaktadır. Bu nedenle bu tezde ilköğretim binalarında enerji etkinliği incelenmektedir.

İlkokullar genellikle soğutmaya ihtiyaç duyulan dönemde kullanılmadığından ısıtma enerjisi harcamaları ilkokullarda öncelikle ele alınmalıdır. Bu nedenle bu tez çalışması ilkokulların enerji etkin geliştirilmesi amacıyla, ısıtılması için enerji talebini azaltabilen tasarım kriterlerini bir örnek üzerinden irdelemeyi amaçlamaktadır. Bilindiği üzere pasif sistemler aktif sistemleri için dışında tutarak yapma enerji gereksinimini minimize etmektedir. Dolayısıyla bu tez çalışmasında sürdürülebilir çevre için okulların pasif sistemler olarak tasarlanmasında kullanılabilecek ilkelerin oluşturulması hedeflenmiştir.

Giriş bölümünde tez konusunun önemi tartışılmıştır. İkinci bölümde ilkokullarda enerji etkinliği incelenmektedir. Üçüncü bölümde ise ısıtma enerjisi açısından aktif ve pasif sistem kavramları ile binalarda ısıtma enerji performansı açısından aktif ve pasif sistemler incelenmekte ve pasif sistem tasarım parametreleri tanımlanmaktadır. Dördüncü bölümde ise İstanbul’da bir ilköğretim binasının enerji etkin geliştirilmesine yönelik bir uygulama yer almaktadır. Beşinci ve son bölümde dördüncü bölümde elde edilen sonuçlar tartışılmaktadır.

2. ENERJİ ETKİNLİĞİ

2.1. Enerji Etkinliği Kavramı ve Önemi

Enerji; ekonominin ve sosyo-ekonomik kalkınmanın önemli girdilerinden birisidir. Ayrıca, iklim üzerindeki etkileri ile dünyanın geleceği ve yaşam kalitesi üzerindeki temel belirleyicilerindendir.

Enerji, bir sistemin çalışması için kapasitesidir. Hareketli veya büyüyen sistemlerin her biri işi yapmakta ve enerji kullanmaktadır. İnsanlar ayrıca kendileri için işe yarayan ve yakıttan enerji elde eden makineler üretmekte ve kullanmaktadır.

Enerji birçok farklı formda olabilir. Bir enerji şekli başka bir forma dönüştürülebilir. Bu dönüşümde, termodinamiğin birinci yasası olan enerjinin korunumu kanunu geçerli olmaktadır

Çoğu zaman birden fazla dönüşüm söz konusudur. Örneğin nükleer enerji üretimi. Nükleer yakıttaki atomlar bölünür ve nükleer (kütle) enerjisini serbest bırakır ve termal enerji yaratır. Bu ısı enerjisi sırayla buhar şeklinde tutulur ve kinetik enerji yaratan bir türbin jeneratörü kullanır. Ve son olarak, bu kinetik enerji bir iletken etrafında bir manyetik alan döndürerek bir akımın akmasına neden olarak elektrik enerjisi yaratır.

Enerji kaynakları yenilenebilir veya yenilenemeyen olarak kategorize edilebilir.

- Yenilenebilir (kolayca, kısa sürede yerine konabilen enerji kaynağı)
- Yenilenemeyen (kolayca, kısa sürede yerine konulamayan enerji kaynağı)

Enerji üretimi ve tüketiminde küresel, ekonomik ve jeostratejik dengelerin yeniden tanımlanmasına sebep olabilecek önemli değişiklikler yaşanmaktadır. Konvansiyonel olmayan petrol ve gaz üretimlerinin artmasına bağlı olarak dünyanın en büyük fosil yakıt tüketicisi olan ABD'nin 2020 yılından önce dünyanın en büyük petrol üreticisi olacağı, sonrasında ise net petrol ihracatçısı konumuna geleceği öngörülmektedir [10]. 2017-2030 yılları arasında dünya enerji tüketiminin %50 artacağı öngörülmektedir [6]. Enerjinin temin edilmesi, küresel ısınmaya neden olması ve en

önemlisi enerji kaynaklarının kontrolü için gizli/açık savaşların devam etmesi dünya gündeminde baş sırada olacaktır. Halen 12 Milyar TEP olan dünya enerji ihtiyacının 2035 yılında bu günkü politikalar takip edilirse 18 Milyar TEP değerini aşacağı tahmin edilmektedir [6]. Yeni enerji politikaları uygulamaya konulursa bu rakam 17 Milyar TEP değerine düşecektir. Bu arada ihmal edilmemesi gereken en önemli hususlardan biri sera gazları etkisinin artış hızının düşürülmesidir.

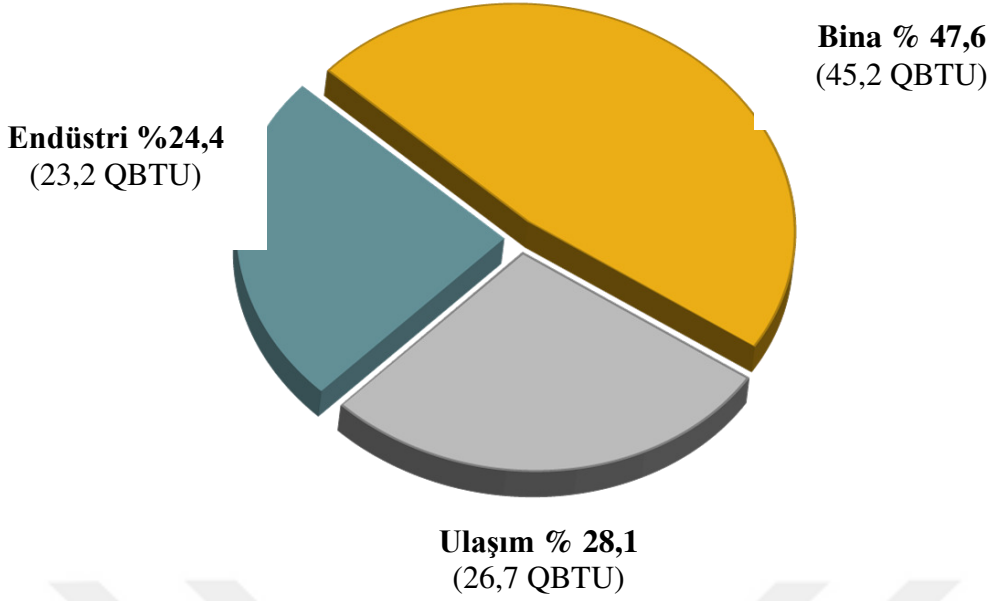
Sanayileşme doğrultusunda enerji gereksiniminin ve kullanımının artması, mevcut enerji kaynaklarının azalması ve çevre üzerinde artan baskı ve çevre kirliliği, enerji etkinliğini gündeme getirmiştir.

Aynı miktarda işi yapmak için daha az enerji kullanmak, birim enerji başına en fazla iş üretmek genellikle enerji yoğunluğunun bir ölçümü olarak tanımlanır. Binalar ve yerleşmeler için ortak ölçümler, metrekare başına enerji kullanımı ve kişi başına kullanım içerir.

Bu gelişmeler enerji etkinliğinin tüm dünyadaki enerji politikalarında merkezi konumda olması gerektiği giderek daha açık bir hale gelmektedir. Enerji etkinliği politikasının öncülüğünde, enerji giderlerini azaltmak, çevre kirliliğini azaltmak, karbon kirlenmesini önleme, hava kirliliği, enerji güvenliği ve enerji erişimini azaltmak için enerji politikasının öncelikli konusu haline gelmiştir.

Hızla büyüyen dünya enerji kullanımı, tedarik güçlükleri, enerji kaynaklarının tükenmesi ve ağır çevresel etkiler (ozon tabakasının tükenmesi, küresel ısınma, iklim değişikliği vb.) konusundaki endişelerini uzun zamandır gündemde tutmaktadır. Hem konut hem de ticari binalardan enerji tüketimine olan küresel katkısı, gelişmiş ülkelerde sürekli arttırmış ve % 20 ile % 40 arasında değişen rakamlara ulaşmıştır ve diğer başlıca sektörleri aşmıştır. Nüfusun büyümesi, bina hizmetlerine ve konfor seviyelerine olan talebin artması, binalarda harcanan zamanın artmasıyla birlikte, enerji talebindeki artış eğiliminin gelecekte de devam edeceğini göstermektedir.

Şekil 2.1.de gelişmiş bir ülke olan ABD’de ki enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı verilmektedir. Şekilden görüldüğü üzere enerji tüketiminin önemli bir bölümü binalarda olmaktadır. Gelişmekte olan ülkemizde de benzer bir durum gözlemlendiği ve bina sektöründe enerji tüketiminin büyük yüzde teşkil ettiği bilinmektedir.



U.S. Energy Consumption by Sector

Source: ©2013 2030, Inc. / Architecture 2030. All Rights Reserved.
Data Source: U.S. Energy Information Administration (2012).

Şekil 2.1 :ABD sektörlerine göre enerji tüketimi [6].

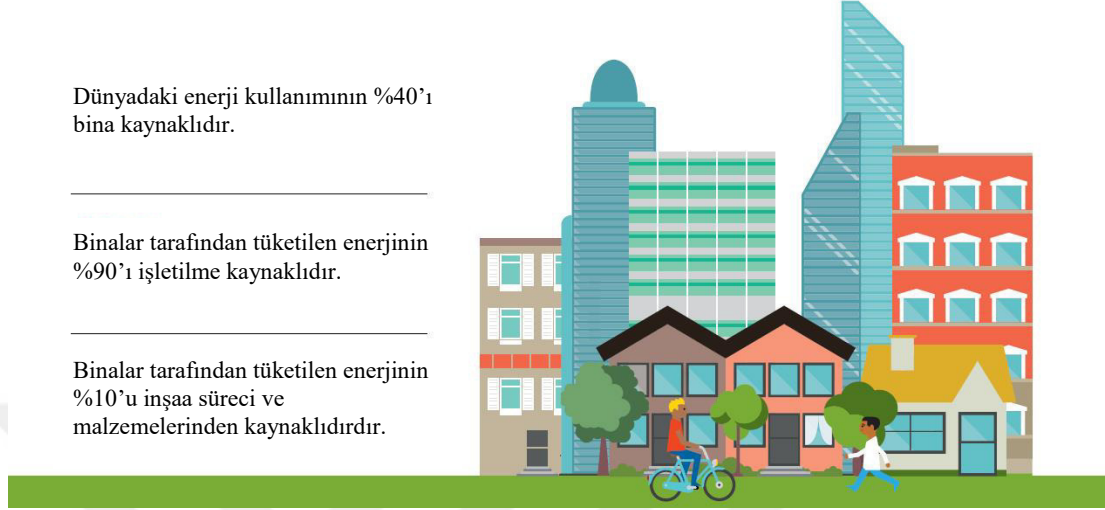
Küresel olarak, ekonomik potansiyelin üçte ikisi kullanılmamaktadır. Dünyanın enerji kullanımının % 70'i herhangi bir verimlilik performansı gözetilmeksizin kullanılmaktadır [7]. Örneğin, günümüzde inşa edilen binalarda enerji tüketiminin üçte ikisinde uygulanan kodlar veya standartlar bulunmamaktadır.

Yüksek enerji tüketimi nedeniyle binalar bu konuda ön saflardadır. Çalışmalar, enerji etkin binaların ve uygun arazi kullanımının, sera gazı emisyonlarını düşürürken para kazanmak için fırsatlar sunduğunu defalarca göstermiştir.

Günümüzde kullanılan toplam enerjinin yaklaşık %40'ını oluşturan binalar, bu sorunlara önemli katkıda bulunmaktadır [8]. Binalar, AB'de enerji tüketiminin % 40'ı ve CO2 emisyonlarının % 36'sının sebebidir. Yeni binalar genellikle metrekare başına yılda üç ila beş litre daha az petrole ihtiyaç duyarken, eski binalar ortalama olarak yaklaşık 25 litre tüketmektedirler.

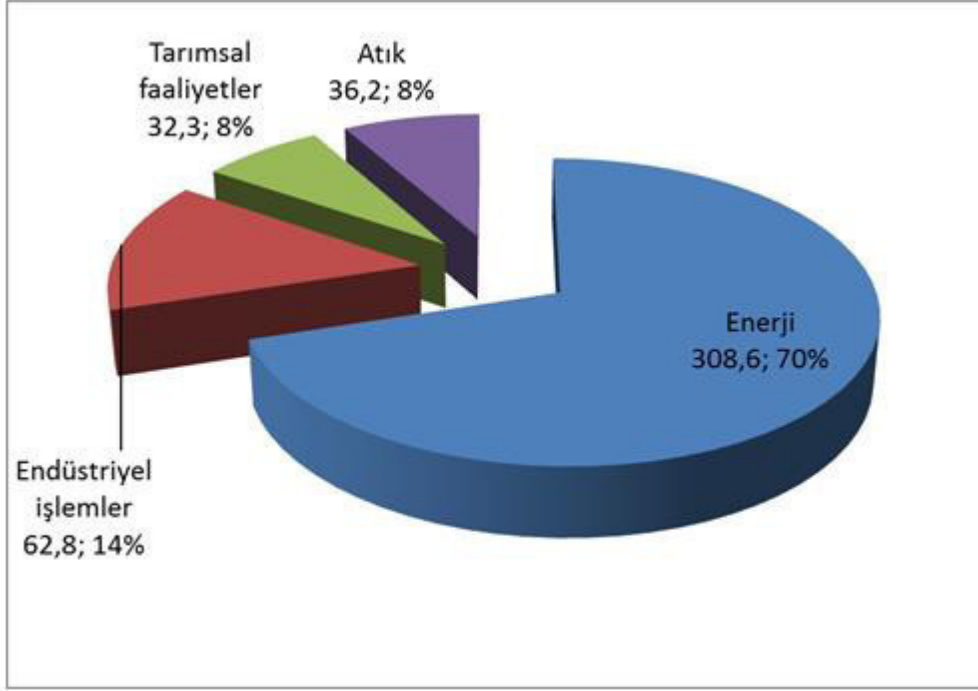
Şu anda AB binalarının yaklaşık % 35'i 50 yaşın üzerindedir. Binaların enerji etkinliğini artırarak, toplam AB enerji tüketimini% 5-6 ve daha düşük CO2 emisyonunu yaklaşık % 5 oranında azaltılabilir.

Bina hizmetleri arasında, HVAC sistemlerinde enerji kullanımı özellikle önemlidir (ABD'de bina tüketiminin% 50'si ve toplam tüketimin% 20'si). Şekil 2.2'de Binalarda tüketilen enerji yüzdeleri verilmektedir.



Şekil 2.2 : Binalar ve enerji verimliliği

Enerji etkinliği hem çevreyle hem de ekonomik açıdan küresel bir konudur. Türkiye'de 2012 yılı kişi başı emisyon miktarı 5,9 ton/kişi olarak hesaplanırken bu sayılarla Türkiye sera gazı salımında OECD miktarlarının altında yer almaktadır. Türkiye sera gazı salımının %70'ini enerji üretimi için ayırırken Amerika Birleşik Devletleri'nde bu oran %31'dir. Şekil 2.3'de sera gazı emisyonu dağılımları verilmektedir.



Şekil 2.3 :Sera gazı emisyonu (Mton CO2)

2.2. Türkiye’de Enerji Etkinliği Gereksinimi

Günümüzde enerji ve enerji etkinliği politikaları; yüksek maliyetli enerji arzı ve yaşamın ve dolayısıyla ekonomik gelişmenin sürdürülebilirliğinin tehdit altında olduğu, enerjide dışa bağımlılığı yüksek ve iklim değişikliği etkilerinin sonuçlarından etkilenecek olan ülkeler için daha da önem kazanmıştır. Bu çerçevede, dış ve iç politika, ekonomik, sosyal, kültürel ve teknolojik alanlarda bütüncül bir kalkınma anlayışının hayata geçirilmesinde, ekonomik ve toplumsal yaşamın vazgeçilmez girdisi olan enerjinin güvenli bir şekilde kullanıma sunulması ve verimli olarak kullanılması, Türkiye Cumhuriyeti’nin uzun dönem enerji politikası seçeneklerinin temel eksenidir.

Türkiye’nin enerji tüketimi artmaktadır. Birincil enerji tüketimi 2007- 2011 döneminde yıllık ortalama % 2,8, elektrik enerjisi tüketimi ise 2007-2012 döneminde yıllık ortalama % 5,6 artmıştır [9].

Türkiye enerji konusunda dışa bağımlıdır. Enerji ithalatı toplam ithalatımızın yaklaşık dörtte birini oluşturmaktadır. Bu nedenle de temel üretim girdisi olması sebebiyle tüm sektörleri etkilediği bilinmesine rağmen arz güvenliği konusu sürekli

güncel konu olmuş en güvenli arz yöntemi olan enerji etkinliği bugüne kadar yeterince yer verilmeyen konulardan birisi olmuştur.

İmalat sanayi girdi maliyetlerinin düşürülmesi veya kontrol altına alınması, iklim değişikliği ile mücadelede etkinliğin artırılması ve çevre üzerindeki olumsuz baskının hafifletilmesi bakımından enerji etkinliği kritik önemdedir.

Türkiye, “enerji yoğun” ekonomilerden biridir. Uluslararası Enerji Ajansı ve Eurostat verilerine göre, Türkiye enerji yoğunluğu OECD ve AB-27 ortalamalarının üzerindedir.

Enerjinin ve enerji etkinliğinin anlaşılmasından sonra tüm dünyada olduğu gibi Avrupa Birliği (AB) de, binaların enerji performansının artırılmasına yönelik yasal düzenlemeler gerçekleştirmiştir. 2002 yılında AB ülkelerinin, kendi iklimsel koşullarını dikkate alarak binalar için minimum enerji performans düzeylerinin belirlenmesi ve binaların sahip oldukları enerji performans düzeylerine göre sertifikalandırılması amacıyla Avrupa düzeyinde binaların enerji performansı gereksinimleri ile ilgili konularda “Binalarda Enerji Performansı Direktifi (EPBD)” ile düzenlemeler getirilmiştir [10]. 2010 yılında EPBD yeniden düzenlenmiş ve “yeni EPBD (EPBD Recast)” yayınlanmıştır. Yeni EPBD ile daha önceden tanımlanmış mevcut gereksinimlere ek olarak iki yeni kavram ortaya konulmuştur: “maliyet etkin enerji verimliliği” ve “yaklaşık sıfır enerjili bina”.

Yeni EPBD ile her ülkenin kendi koşullarına uygun metodoloji geliştirmeleri ve bu yöntemle binaların minimum enerji performans gereksinimlerine ilişkin optimum maliyet düzeylerini belirlemeleri istenmektedir [11].

Bu süreçte Türkiye de enerji etkinliği konusunda mevzuatın geliştirilmesi ve uygulanması çerçevesinde çalışmalar yürütmüştür.

Bu çalışmalar kapsamında Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye’de Enerji Verimliliği, Durum ve Gelecek Planlaması belgesi açıklanmıştır, bu belgede Türkiye’nin bina sektöründe en az %35, sanayi ve ulaşım sektöründe ise en az %15 düzeyinde bir enerji tasarruf potansiyeline sahip olduğu belirtilmektedir [12]. Enerji verimliliğinin sağlanması amacıyla 2007 yılında “5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu” ve bu kanuna dayanılarak 2008 yılında, “Enerji Kaynaklarının

ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik” yürürlüğe girmiştir [13].

2008 yılında Türkiye için zorunlu olan yalıtım standardı TS 825 revize edilmiştir [14]. Aynı yıl Enerji Verimliliği Kanununa dayanılarak “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” yürürlüğe girmiştir

Bu yönetmelikle AB direktifinde (EPBD) bahsedilen, ulusal hesaplama metodolojisi geliştirilmiş ve 2010 yılında yayınlanmıştır [15]. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, mevcut ve yeni binaların, karşılaştırmalı metodoloji esas alınarak enerji tüketim düzeylerinin hesaplanmasını ve elde edilen sonuçlara göre binalar için “Enerji Kimlik Belgesi (EKB)” alımını zorunlu kılmaktadır [16].

Enerji güvenliği ve etkinliği kalkınma planlarında da en önemli başlıklardan biri olarak ele alınmaktadır.

10. Kalkınma Planı’nda [17] İnşaat, Mühendislik-Mimarlık, Teknik Müşavirlik ve Müteahhitlik Hizmetleri alanında kullanıcı odaklı, güvenli, çevreyle barışık, enerji etkin ve mimari estetiğe sahip binaların üretimi için tasarım ve yapım standartları geliştirileceği belirtilmektedir.

Ayrıca, 10. Kalkınma Planı’nda Öncelikli Dönüşüm Programları arasında “Enerji Etkinliğinin Geliştirilmesi Programı” yer almaktadır. Bu programla enerji etkinliğini iyileştirmeye yönelik çalışmalar yürütülmesi, mevcut bazı uygulamaların yaygınlaştırılması, örnek uygulamaların duyurularak kamuoyu bilincinin yükseltilmesi ve nihayetinde talep tarafı yönetimine katkıda bulunulması amaçlanmaktadır [17]. Bu programın 4. Bileşeni “Binalarda Enerji etkinliğinin İyileştirilmesidir.

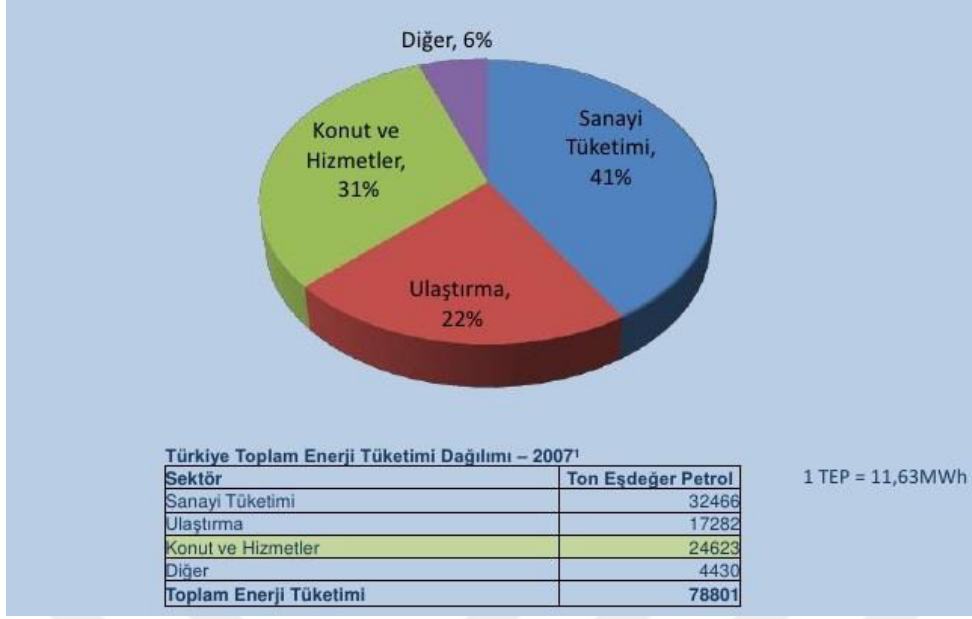
Bugüne kadar ülkemizdeki enerji politikaları, artan talebin arz artışı ile karşılanması esasına dayandırılmıştır. Oysa artan talebin belirli bir kısmının arz artışı ile karşılanması yerine en düşük maliyetli en temiz enerji kaynağı olarak tanımlanan enerji etkinliğinin artırılması suretiyle karşılanması mümkündür [15]. Enerji etkinliğinin artırılması ile ekonomik büyüme arasında pozitif ilişki bulunmaktadır.

Yapılan hesaplamalar bina sektöründe %30’un üzerinde enerji tasarrufu potansiyelinin bulunduğunu göstermektedir. Bu potansiyelin ülke ekonomisine geri kazandırılması amacıyla 5627 sayılı Enerji Etkinliği Kanunu çerçevesinde, Enerji Verimliliği Stratejisi kapsamında bazı hedefler ve tedbirler öngörülmüştür.

Ülkemizin enerji yoğunluğunun 2023 yılına kadar %20 oranında düşürülmesini hedefleyen Enerji Etkinliği Strateji Belgesi'nde "Binaların enerji taleplerini ve karbon emisyonlarını azaltmak; yenilenebilir enerji kaynakları kullanan sürdürülebilir çevre dostu binaları yaygınlaştırmak" stratejik hedefi altında 2010 yılındaki yapı stokunun en az dörtte birinin 2023 yılına kadar, sürdürülebilir yapı haline getirilmesi stratejik amaç olarak benimsenmiştir. Bu amaca ulaşılmasında, toplu konut ve kentsel dönüşüm projeleri önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu kapsamda, geliştirilecek projelerde yenilenebilir enerji kaynaklarından, kojenerasyon veya mikrokojenerasyon, merkezi ve bölgesel ısıtma ve soğutma ve ısı pompası sistemlerinden yararlanılması öncelikle değerlendirilmelidir. Şekil 2.4 Dünya Bankası, 2018 e göre kişi başına enerji tüketimini, şekil 2.5 ise Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı kaynak alınarak sektörlere göre enerji tüketimini vermektedir.



Şekil 2.4 :Kişi başına enerji tüketimi [18].

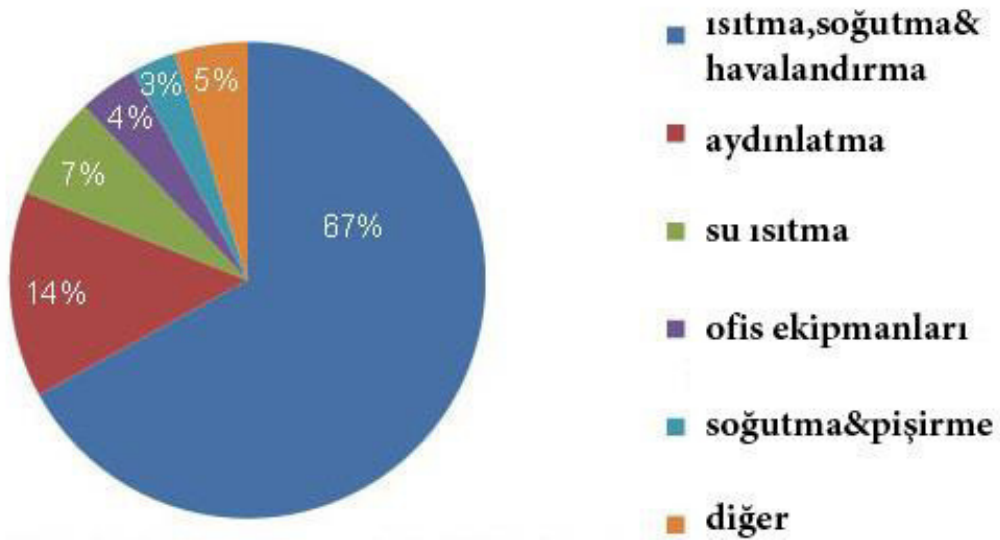


Şekil 2.5:Sektörlere göre enerji tüketimi [19].

2.3. İlkokullarda Enerji Etkin Tasarımın Önemi

Türkiye’de ilkokulların veya daha genel olarak okulların enerji tüketimine ilişkin veriler ve okulların toplam enerji tüketimindeki payına ilişkin sayılara dair çalışmalar bulunmamaktadır.

Şekil 2.6’da ABD’deki okulların enerji tüketimlerinin dağılımına ilişkin bir grafik örnek olarak sunulmaktadır.



Şekil 2.6:Amerikan Okullarında ortalama final enerji kullanımları [20].

Öğrenciler, uyanık oldukları sürenin yaklaşık üçte ikisini okullarda geçirdiğinden, hava kalitesi, sağlıklı aydınlatma, güvenli açık alanlar ve yüksek kaliteli olanaklar öğrenciler için önemlidir. Okul binalarında enerji etkinliğini artırmak, aşağıdaki konularda önemli yararlar sağlayabilir:

Okul binalarında enerji etkinliğini artırmak, fosil yakıt tüketimini azaltarak sera gazı emisyonlarını ve hava kirleticilerini azaltmaya yardımcı olabilir. Ayrıca fosil yakıt tüketiminin azaltılmasıyla CHG emisyonlarının ve hava kirleticilerinin azaltılması olanaklı olabilir.

Elektrik üretimi için fosil yakıt yakma, ülkenin karbon dioksit (CO₂) emisyonlarının %40'ını, birincil olarak GHG'yi ve kükürt dioksit (SO₂) ve azot oksit (Nox) emisyonların sırasıyla % 67 ve % 23'ünü oluşturmaktadır, bu durum sis, asit yağmuru ve eser miktarda havadaki partikül madde, birçok kişi için solunum problemlerine neden olabilir [21].

Enerji etkinliğinin artırılmasıyla enerji harcamalarının düşeceği açıktır. Bu konuda Türkiye'de yeterli veri bulunmamaktadır. Örnek olarak, ABD'deki okullar gaz faturalarında öğrenci başına 75 dolar, öğrenci başına 130 dolar elektrik harcamakta ve enerji etkinliği önlemleri uygulayarak okulları enerji maliyetlerini% 30 oranında düşürebilmektedir. [22]. Amerika'da okullarda enerji için yıllık 7,5 milyar dolar harcanmakta olup bu harcamanın ders kitaplarına ve bilgisayarlara harcadıklarından fazla olduğu ifade edilmektedir [23].

Enerji etkin okul binası tasarımları genellikle bir binayı aydınlatmak için gereken enerjii azaltmak için doğal gün ışığı kullanır. Doğal ışığın öğrenci performansı üzerinde olumlu etkisi olduğu kanıtlanmıştır. Kaliforniya Enerji Etkinliği Kurulu (Board for Energy Efficiency) için yapılan bir araştırmaya göre, dersliklerde doğal gün ışığına maruz kalan öğrenciler, matematik testlerinde % 20 daha hızlı ve okuma testlerinde gün ışığına maruz kalmayan öğrencilere göre % 26 daha hızlı ilerlediği ortaya konulmuştur [24]. Başka bir araştırma, sistematik çevre eğitimi programlarını sunan okul öğrencilerinin, böyle bir programı olmayan okullardaki öğrencilere göre daha yüksek bir sınav puanı aldığı sonucuna varmıştır [21]. Okul binalarında enerji etkinliğini artırmak iklimsel konforu sağlamada ve yanı sıra görsel ve akustik konfor açısından da dolaylı fayda sağlayabilir ve bu da öğrenci performansının iyileşmesine

de neden olabilir. [21]. Bu bağlamda özellikle yapma aydınlatma enerji giderlerini azaltma ve günışığı ile aydınlatma önem kazanmaktadır. Gün ışığı ile öğrencilerin odaklanma, bilgi koruma ve uyanık olma becerisi arasında bir bağlantı bulunmaktadır. Gün ışığına erişmeyen öğrencilerin öğrenmelerinde sorunlar yaşanmaktadır [25]. Ayrıca, enerji etkinliği iç hava kalitesini artırarak kullanıcı sağlığını da iyileştirebilmektedir. Örneğin, enerji geri kazanımlı havalandırma cihazlarının kurulması, hava kirleticilerinin dış ortamdaki sızmasına neden olurken, ısıtma, havalandırma ve klima (HVAC) enerji yüklerini önemli ölçüde azaltabilir [26]. Bina performansı üzerine yapılan bir çalışma, binaların hava kalitesinin artması nedeniyle hastalığın ortalama azalmasının %40 olduğunu saptamıştır [27]. Öğrenciler, öğretmenler/ öğretim üyeleri ve personel, iç mekân hava kalitesinin açık havadan 100 kat daha kötü olabileceği günlerin % 85-90'ını ve kapalı havanın kalitesinin zayıf olduğu dersliklerin yaklaşık % 50'sini içeride geçirmektedirler [26]. Lawrence Berkely Labs, düşük havalandırma oranlarına sahip okullarda solunum yolu rahatsızlığı insidansında % 50 ila % 370 aralığında bir artış bulmuştur [28].

Amerika'daki öğrenciler, astım yüzünden yılda yaklaşık 14 milyon okul günü kaybetmektedirler [29]. Kapalı çevresel faktörlere maruz kalmanın kontrolü, ilköğretim çağındaki çocuklarda astım vakalarının %65'inden fazlasını önleyebilmektedirler. Yeşil bina önlemlerini okul tasarımlarında birleştirmek, iç hava kalitesini artırır ve devamsızlık oranlarını % 15 oranında azaltabilmektedirler.

Öğretim olanakları açısından, enerji etkinliğini artırmak, öğrencileri önemli enerji ve çevre konularına tanıtmak için bir fırsat sağlayabilir. Enerji tasarruflu okul binaları öğrencilere akıllı enerjinin faydalarından faydalanmaları için fırsatlar sunar.

Okul binalarında enerji etkinliğini artırmak işitsel konforu artırmak için (dışarıdan ve içten oluşan gürültü düzeyini en aza indirgeyerek etkin iletişim kurma açısından) dolaylı fayda sağlayabilir ve böylece öğrenci performansının iyileşmesini sağlayabilir [21]. Öğrencilerin öğretmenlerini açıkça duyma becerileri, kısa süreli bellekleri ve akademik performansı üzerinde önemli bir etkisi vardır. Okul binalarında enerji etkinliği önlemlerinin dolaylı bir yararı okul devam oranlarının artmasıdır. Washington Eyaleti için yapılan bir analize göre, okul tasarımlarında yeşil bina önlemlerini kullanmak iç hava kalitesini artırabilir ve devamsızlık oranlarını % 15'e kadar azaltabilir [29]. Ayrıca, pek çok okul işletme bütçesi günlük

ortalama katılım ile belirlendiğinden, devamsızlık az da olsa tasarruf edebilir [30]. Enerji tasarruflu okul binaları öğrencilere akıllı enerji yönetiminin yararları hakkında bilgi edinmek için fırsatlar verebilir [31]. Bu nedenle bazı okullarda, enerji etkinliği iyileştirmelerini, enerji ve çevre konularında farkındalık yaratmak için akademik müfredat geliştirme fırsatları olarak kullanılmıştır. Bazı okul bölgelerinde öğrencilerin okullarındaki enerji tüketimini izleyebilmesi için okul binalarında enerji veri kioskları kurulmuştur.

Okul binalarında enerji etkinliğini artırmak okul güvenliği ve öğrenci güvenliği üzerinde olumlu etkilere neden olabilir. Örneğin, bu bağlamda enerji etkin dış aydınlatma, etkili olabilmektedir[21]. Okul binalarında enerji etkinliğinin artırılmasından elde edilen diğer faydalar arasında öğretmenlerin okulda kalma oranlarının iyileştirilmesi, sigorta giderlerinin azaltılması ve iç mekân çevre kalitesinin iyileştirilmesiyle yasal yükümlülüklerin azaltılması sayılabilir [32].

Ayrıca sertifikalı sürdürülebilir malzemeler(kereste, formaldehitiz yonga levha ve izolasyon, VOC içermeyen mastik ve geri dönüştürülmüş plastik banyo bölmeleri gibi), atıkların azaltılmasına katkıda bulunur ve okulların daha sağlıklı ve çevreye duyarlı olmasını sağlamaktadır [33].

3. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI

Enerji etkin tasarım, binayı iklimle uyumlu ve yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanarak aktif sistemleri minimize etmek ve minimum enerji girdisiyle maksimum fayda sağlamayı hedefleyen bina tasarımı olarak açıklanabilir [34].

Ürünlerin ve bina sistemlerinin tüm kullanım ömrüne bakarak hangi ısıtma ve soğutma sistem(ler)in uygun olacağına kullanılacak sistem(ler)in kullanım ömrü ve maliyeti değerlendirilerek karar verilebilir. Kullanım ömrü, bir varlığın ömrü boyunca en iyi performansı, güvenilirliği ve güvenliği elde etmenin maliyet ve faydalarını göz önünde bulundurur.

Isıl (iklimsel), 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 enerji etkinliğini etkileyen tasarım parametreleri aşağıda sıralanmaktadır:

- Binanın bulunduğu yer-yer seçimi,
- Binanın diğer binalara mesafesi ve konumlandırılması,
- Binanın yönü,
- Binanın formu,
- Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri,
- Güneş kontrol ve doğal havalandırma sistemleri.

3.1. Aktif ve Pasif Sistem Kavramları

Aktif sistemlerin pasif sistemlerden temel farkı , aktif sistemlerde bina için gerekli konfor koşullarının sağlanmasında enerji kullanımınıdır.Güneş enerjisinden faydalanmada başlıca iki yöntemden söz edilebilir [35]. 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 üçüncü bölümde(Enerji Etkin Bina Tasarımı) “açıklanan 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 nitelendirilebilirler. Diğer bir deyişle, aktif sistemin kullanılmadığı binalar pasif sistem olarak tanımlanmaktadır. Güneş enerjisinden yararlanmak için mekanik donanım ve ek ısı depolayıcı elemanlar kullanılması, su-hava toplayıcıları kullanılması aktif güneş sistemlere örnektir. Aktif sistemlerin binalardaki görevlerinin minimize edilerek enerji ekonomisi sağlanması, binaların ısıtıcı ajanlar olan güneş ışınımı ve dış hava sıcaklığı gibi iklim elemanlarının etkilerini optimize edecek pasif sistemler olarak tasarlanması ile olanaklı olabilmektedir [36].

3.2. Aktif Sistem Kavramı

Aktif sistemler ile ısıtma, soğutma, elektrik üretimi, endüstriyel prosesler, sıcak su elde etmek mümkündür. En basit güneş kolektörleri ile bir kaç 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 t yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından farklılık göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılmaktadır [37]:

- Isıl Güneş Teknolojileri
- Güneş pilleri (Fotovoltaik Piller)

3.2.1.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. İklimlendirme sistemleri öncelikle merkezi ve bağımsız olarak 2'ye ayrılmaktadır.

Merkezi sistemler;

- Tam havalı sistemler
- Tam sulu (Fancoil) sistemler
- Havalı – sulu sistemler
- Değişken Soğutucu Akışkan Debili Klima Sistemleri (VRV)

Bağımsız sistemler;

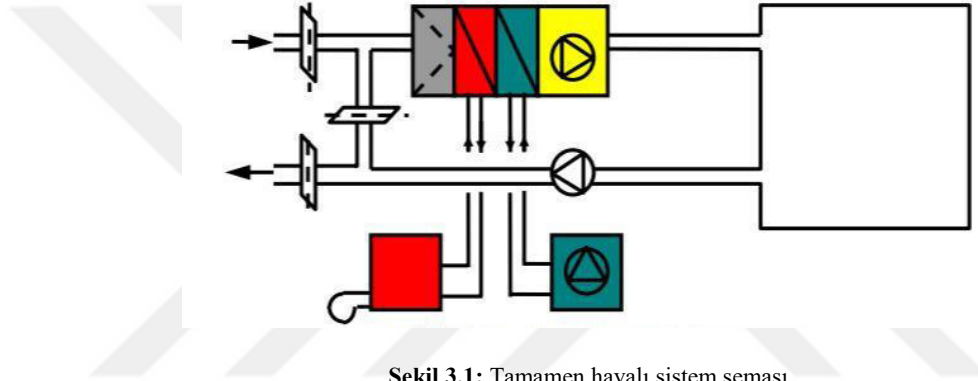
- Paket tipi klimalar
- Split tipi klimalar

3.2.1.1.Merkezi sistemler

Bu tür sistemler daha çok büyük binaların iklimlendirilmesi için kullanılır. Bir kazan ve radyatörlerden oluşan bir kalorifer tesisatına benzetilebilir. Kazan yerine bir klima santrali, radyatörler yerine de havalandırma kanalları, menfezleri ve/veya fanlı serpantin üniteleri (fan-coil unit) vb. cihazlar bulunmaktadır. Sistemin boru veya kanalları içerisinde su, hava veya bir soğutucu akışkan dolaştırılarak ısıtma-soğutma-havalandırma ve nem kontrolü sağlanır. Merkezi sistemler tamamen havalı, tamamen sulu ve sulu-havalı sistemler olarak üç ana sisteme ayrılabilir.

Tamamen havalı sistemler

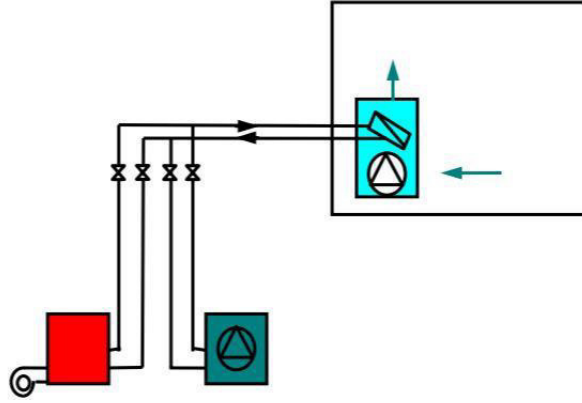
Merkezi bir klima santralinde şartlandırılan havanın kanallar yardımıyla iklimlendirilecek ortama gönderilmesidir. Özellikle büyük mahallerin iklimlendirilmesinde kullanılır. Merkezi klima santrali karışım hücresi, filtre, aspiratör, vantilâtör, ısıtıcı batarya, soğutucu batarya ve nemlendirici hücrelerden meydana gelir. Havanın soğutulması, serpantinde soğuk su veya doğrudan soğutucu akışkan dolaştırılarak sağlanır. Tamamen havalı sistemler kendi aralarında, yeniden ısıtma terminalli, iki kanallı ve değişken hava debili olmak üzere alt gruplara ayrılmaktadır. Şekil 3.1’de tamamen havalı sistem şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Tamamen havalı sistem şeması

Tamamen sulu sistemler

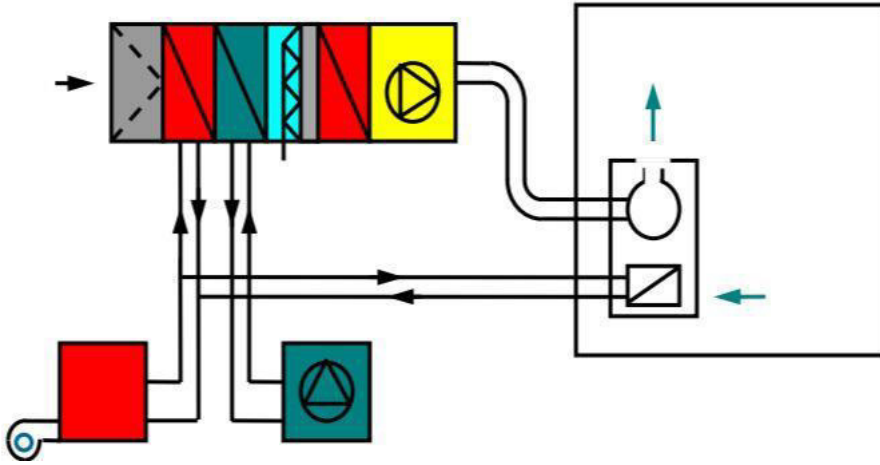
Çok odalı binalarda, ofis binaları, otel, motel, hastane ve apartmanlarda yaygın olarak kullanılır. Her bir odaya yerleştirilen hava şartlandırma cihazı (fan coil) ile odaların soğutulması sağlanır. Fanlı serpantinlerde dolaşan su, merkezi bir soğutma grubunda (chiller) pompalar yardımıyla tesisata gönderilir. Her bir odanın sıcaklığı bir termostat yardımıyla kontrol edilebilir. Sulu sistemler de kendi aralarında aşağıdaki şekilde sınıflandırılır: İki borulu, üç borulu, dört borulu. Şekil 3.2’de tamamen sulu sistem şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Tamamen sulu sistem şeması

Sulu ve havalı sistemler

Bir merkezde şartlandırılan temiz havanın ve merkezi bir soğutma grubunda soğutulan suyun, fanlı serpantin birimlerine gönderilerek mahallerin, insanların temiz hava ihtiyaçlarını da karşılayarak soğutulması işlemidir. Sulu-havalı sistemler de kendi aralarında indüksiyonlu tip, fanlı-serpantinli tip olarak gruplandırılabilirler. Şekil 3.3' de sulu ve havalı sistem şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.3: Sulu ve havalı sistem şeması

Değişken soğutucu akışkan debili klima sistemleri (VRV)

Bir dış üniteye veya dış ünite grubuna bakır boru hattı ile bağlanabilen çok sayıda iç ünite ile tüm bağımsız mekanlarda ısıtma-soğutma ve kısmi havalandırma yaparak istenilen iklim koşullarını sorunsuz sağlayan bir klima teknolojisidir. VRV merkezi sisteme alternatif olarak geliştirilen ve günümüz akıllı binalarının ihtiyacını tam

olarak karşılayabilecek bir sistemdir. Modüler yapısıyla çok katlı bir binadan, bir tek villaya kadar her türlü yapıda bağımsız kontrol imkânı vermektedir.

3.2.1.2.Bağımsız sistemler

Bireysel iklimlendirme sistemleri paket cihazlar ve ayrık (split) tip klimalar olmak üzere ikiye ayrılırlar. Paket cihazlar kendi içinde salon tipi, döşeme tipi, çatı tipi, pencere tipi olarak ayrılırken split tipi klimalar kendi içinde duvar tipi, döşeme tipi, salon tipi, kanal tipi, tavan tipi, gizli tavan tipi ve portatif klimalar olarak ayrılır [38].

3.2.2.Havalandırma Sistemleri

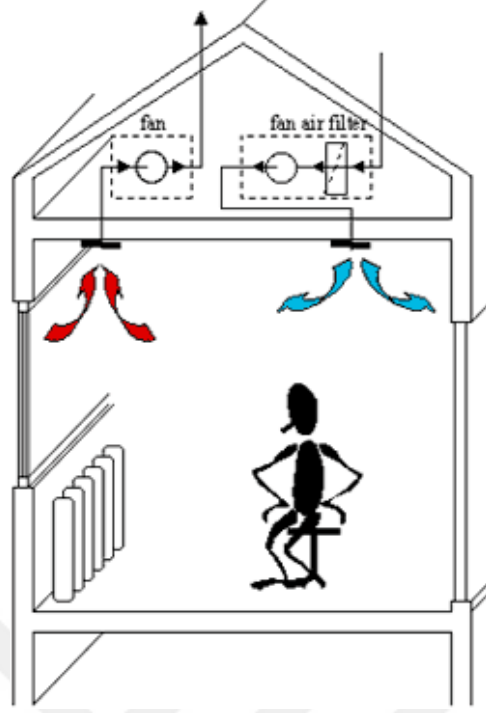
Aktif havalandırma, mekanik olarak sağlanan havalandırmadır (örneğin, aspiratör fanları, davlumbazlar ve tüm ev havalandırma sistemleri. Bu sistemler elektrikle çalışır)daha büyük sistem ve daha fazla bileşen, daha fazla güç kullanır.

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 yerleştirerek ya da kapıları veya pencereleri hafifçe açarak hava akışını teşvik etmek gerekmektedir. Şekil 3.4'de mekanik havalandırma sistemi şeması verilmiştir.



Şekil 3.4:Mekanik havalandırma [39].

3.2.3. Aktif Güneş Sistemleri

Aktif güneş sistemleri temelde güneş enerjisini elektrik ve ısı enerjisine dönüştüren mekanik ve elektronik sistemlerin bütünüdür ve güneş enerjisini binalarda etkin bir şekilde kullanılmasına olanak vermektedir.

Yukarıda da belirtildiği gibi güneş enerjisinden yararlanmak için mekanik donanım ve ek ısı depolayıcı elemanlar kullanılması, su-hava toplayıcıları kullanılması aktif güneş sistemleri olarak adlandırılmaktadır.

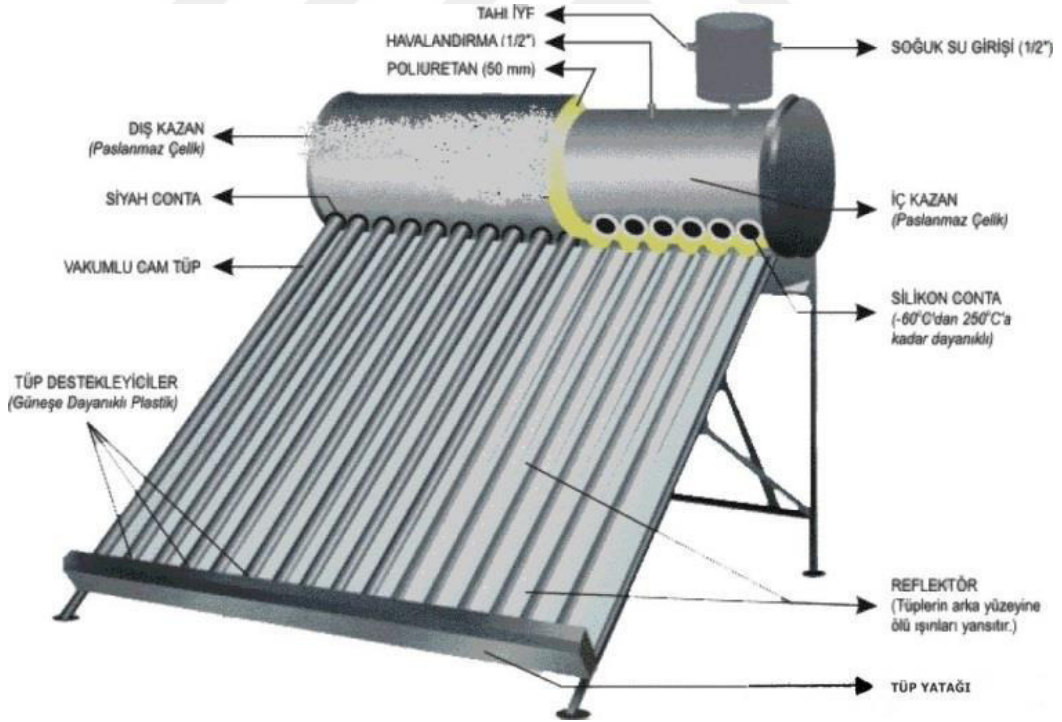
Aktif sistemlerde güneş enerjisi iç mekân ısıtması için doğrudan kullanılmamaktadır, genellikle toplayıcılar aracılığıyla toplanan güneş enerjisi binanın bitişiğinde veya altında yer alan su depolarında alanlarda depolanmakta ve depolanan enerji sıcak su olarak iç mekândan geçen borulara pompalanarak iç mekânlar ısıtılmaktadır [40].

3.2.4. Isıl Güneş Teknolojileri

- Güneş Kolektörlü Sıcak Su Sistemleri

Güneş toplayıcıları (güneş kolektörleri), genellikle binaların sıcak su gereksinimlerini karşılamak amacıyla kullanılmaktadır. Güneş toplayıcıları güneş ışınımını absorbe eden elemanlardır. Güneş ışınımını, kızılötesinden ultraviyole dalga boylarına kadar elektromanyetik radyasyon şeklinde enerji içermektedir. Güneş termal toplayıcıları güneş ışınımını absorbe ederek yoğunlaştırarak ısı elde eder. Düzlemsel ve vakum borulu olmak üzere yaygın biçimde kullanılan 2 çeşit güneş toplayıcısı bulunmaktadır. Şekil 3.5’de düzlemsel ve vakum borulu güneş toplayıcıları şematik olarak ifade edilmektedir. Şekil 3.6’da güneş kolektörünün çatıya uygulanmış örneği görülmektedir.

Toplayıcının verimliliği, topladığı enerji miktarının, üzerine düşen enerji miktarı ile doğru orantılıdır [35].



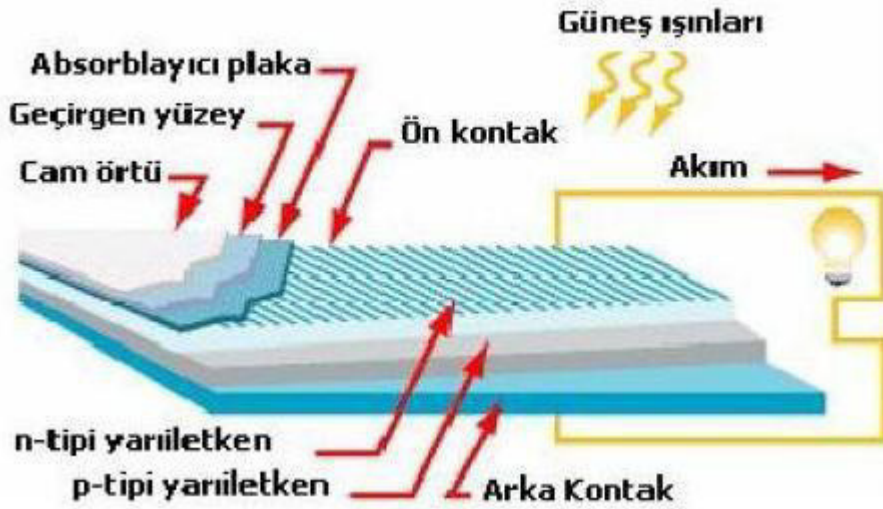
Şekil 3.5 :Düzlemsel ve vakum borulu güneş toplayıcıları [41].



Şekil 3.6 :Güneş kolektörünün çatıya uygulanması [42].

- Fotovoltaik Sistemler

Güneş Pilleri (Fotovoltaik Piller) güneşin ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren araçlardır araçlardır. Şekil 3.7’de fotovoltaik pilin yapısı görülmektedir.



Şekil 3.7 :Fotovoltaik pilin yapısı [43].

Güneşten elde edilen elektrik enerjisi, binalarda ısıtma, soğutma ve aydınlatma gereksinimini karşılamak amacıyla kullanılmaktadır. Dolayısıyla yenilenebilir enerji kaynağı olan güneşten elde edilen enerji ile binaların ısıtma, soğutma ve

aydınlatması sağlanmaktadır. Böylece kullanımı süresince çevreyle dost olan ve sera gazları emisyonu yaratmayan güneş enerjisi ile ucuz ve temiz enerji kullanılmış olmaktadır.

Güneş enerjisi endüstrisinin hızla büyümesi ile güneş pillerinin her anlamda ulaşılabilirliği artmış son yıllarda uygulama alanları oldukça çeşitlenmiştir. Şekil 3.8'de güneş pillerinin çatıya uygulanması örneği yer almaktadır

Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmede kullanılan bu piller, enerji etkin bina tasarımı konusunda en önemli yenilenebilir enerji teknolojilerinden biri olarak görülmektedir [44].



Şekil 3.8:Güneş pillerinin çatıya uygulanması [45].

3.3. Pasif Sistem Kavramı

Pasif sistem önceki bölümde açıklandığı gibi, yapma enerji harcayan her türlü aktif sistemi işin dışında tutarak bina tasarım parametrelerine optimum değerler kazandırarak konfor koşullarını doğal enerji kaynaklarıyla minimum enerji tüketerek sağlayan sistemlerdir. Aktif sistemlerin çalıştırılmadığı bir bina pasif sistem olarak işlev görmektedir.

Pasif bina (Passivehouse) kavramı pasif ev standartlarına bağlı olarak konforlu, enerji etkinliği yüksek bu nedenle hem ekonomik hem de çevreye duyarlı olup, pasif

bina tasarımında temel hedef ısı korunumunu maksimuma çıkarmaktır. Bu amaçla hava sızdırmazlığı ve dışarıya atılan kirli havanın da enerjisinin alınması uygulanan temel prensiplerdir. Kullanılan bu sistemler sayesinde alan ısıtma maliyetinde Orta Avrupa evlerine nazaran %90'a varan tasarruf sağlanırken, oldukça yüksek iç mekân hava kalitesi elde edilmiştir [46].

Pasif binalarda aktif sistemlere (herhangi bir mekanik ve elektrikli eleman) ihtiyaç duyulmadan güneşten elde edilen enerjinin kullanımı ve İç ısının korunması ile en az enerji tüketimi ile konfor koşulları sağlanmaktadır. Pasif sistemler, tasarım parametreleri ve bina elemanlarıyla oluşturulan bir düzendir.

Pasif binalarda kullanılan sistemlerle ısı ve enerji kayıpları en aza indirgenirken, benzer şekilde iklimsel durumlar göz önünde bulundurularak yönlendirme, form, peyzaj, soğutma yükleri azaltılarak aşırı ısı kazancı önlenmektedir.

3.4. Enerji Etkin Bina Tasarım Parametreleri

Bina ısıtma enerjisi performansını belirleyen faktörlerin başında iklimsel faktörler gelmektedir. İklimsel faktörlerin insan yapıları üzerindeki etkisi uzun süredir göz önünde bulundurulmaktadır. Bölgenin iklimini incelemek, analiz etmek, değerlendirmek, uzun vadeli kaydedilen iklimsel faktörleri göz önünde bulundurmaya potansiyel olumsuz etkileri belirlemek ve en aza indirmek bakımından önemlidir.

Bina tasarımlarında ve inşaatlarında dikkate alınması gereken başlıca iklim elemanları, hava sıcaklığı, güneş ışınımı, bağıl nemlilik, hava hareketi(rüzgâr) olarak ele alınabilir.

Dış iklimsel koşullar nedeniyle bina içinde iklimsel konfor (iklimlendirme) amacıyla belli dönemlerde aktif ısıtma ve soğutma sistemlerinin kullanılması gerekmekte bu ise önemli enerji tüketimine sebep olmaktadır.

Enerji tüketimini azaltmanın, enerji kaynaklarının çevre üzerindeki kirletici baskısını azaltmanın dolayısıyla sürdürülebilir bir çevrede yaşamın en etkili yolu binaların pasif sistemler olarak tasarlanmasıdır. Sürdürülebilir çevre için enerji etkin pasif bina tasarımında amaç, konfor koşullarını çevre kirliliği yaratmayacak şekilde ve minimum enerji ile sağlamaktır [47].

Enerji etkin pasif bina tasarım sürecinde etkili olan parametreleri, Çizelge 3.1’de gösterilen, üç ana başlıkta ele alınabilir. Bunlar; “Kullanıcıya ilişkin parametreler, İklima ilişkin parametreler ve Binaya ilişkin parametreler” olarak sıralanabilir.

Çizelge 3.1: Enerji etkin pasif tasarım parametreleri

KULLANICIYA İLİŞKİN PARAMETRELER	İKLİME İLİŞKİN PARAMETRELER	BİNAYA İLİŞKİN PARAMETRELER
↓	↓	↓
Kullanıcı Niteliği ve Durumuna İlişkin Parametreler -Metabolizma düzeyi -Giysi türü -Kullanıcının mekândaki konum ve duruş şekli	Dış İklimsel Parametreler -Güneş Işınımı -Dış hava sıcaklığı -Dış hava nemliliği -Rüzgâr	-Binanın konumu -Bina yönlendiriliş durumu -Bina formu -Bina kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri -Güneş kontrol elemanlarının kullanılması -Doğal vantilasyon düzeni
Fizyolojik Parametreler -Objektif değişkenler -Subjektif değişkenler	İç İklimsel Parametreler -Hava sıcaklığı -Yüzey sıcaklıkları -Hava hareketi -Hava nemi	

3.4.1. Kullanıcıya İlişkin Parametreler

Isıl konfor kişinin algısına göre değişiklik göstermektedir. Örneğin aynı oda içinde bulunan 2 kişi farklı ısı konfor hissedebilirler. Isıl konforu etkileyen kullanıcıya ait parametreler iki başlık altında incelenebilir:

- Kullanıcı niteliği ve durumuna ilişkin parametreler ve
- Fizyolojik parametreler

Kullanıcı niteliği ve durumuna ilişkin parametreler; Irk, yaş, cinsiyet, eylem, aktivite düzeyi, giysilerin türü vb. olarak sıralanabilir. Fizyolojik parametreler ise; Objektif parametreler, ortalama vücut sıcaklığı, deri sıcaklığı, terleme miktarı, kalp atışı, subjektif parametreler ise, görülür terleme, termal duygu (hissediş) olarak sıralanabilir [37].

- Aktivite düzeyi; Isıl 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 [48].
- Giysi türü; insanla dış dünya arasındaki ısı geçişinde önemli bir yalıtım olarak görev yapmakta ve insanla dış dünya arasındaki ısı transferi miktarını etkilemektedir. Bu nedenle giyisi türü ısı konfor koşullarının belirlenmesinde önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Isıl açıdan konforlu hissetmesinin birinci koşulu insanla çevre arasındaki ısı alışverişinde ısı dengesinin sağlanmış olmasıdır.
- Kullanıcının mekândaki konum ve duruş şekli; ışınlam yoluyla yaptığı ısı alışverişi üzerinde etkilidir. Çünkü kullanıcı ve onu çevreleyen yüzeyler arasındaki açı faktörleri, kullanıcının hacim içindeki konumunun bir fonksiyonudur ve kapalı hacimdeki bir insanın iklimsel konforunu önemli ölçüde etkileyecek bir değişkendir [49].
- Fizyolojik parametreler; ortalama vücut sıcaklığı, deri sıcaklığı, terleme miktarı, kalp atışı, görülür terleme, termal duygu (hissediş) olarak sıralanabilir [50].

3.4.2. İklimle İlişkin Parametreler

Pasif binalarda tasarım tamamen dış çevreyle uyum arayışındadır. Binanın iç ikliminin oluşturulmasında en temel girdilerden biri dış çevredir. Bu nedenle yüksek ısıtma enerji performansının sağlanmasında dış çevreyle uyum önemli bir etkidir.

Bunu sağlayabilmek için dış çevreyle ilgili parametreler tasarım öncesinde belirlenmeli, detaylı şekilde analiz edilmeli ve tasarımın temel öğeleri olarak ele alınmalıdır.

Çevresel değişkenler, dış ve iç çevresel değişkenler olmak üzere iki grupta incelenebilir.

3.4.2.1. Dış iklimsel parametreler

Dış iklimsel parametreler iç iklimsel konforu belirleyen ve ön tasarım aşamasında incelenip, analiz edilip bina tasarımında temel girdi olarak kullanılması gereken elemanlardır

Dış iklimsel parametreler;

- Güneş ışıınımı,
- Dış hava sıcaklığı,
- Dış hava nemliliği,
- Rüzgâr gibi

bina dışı iklimin elemanlardır [51].

3.4.2.2. İç iklimsel parametreler

İç iklimsel parametreler bina kullanıcıını doğrudan etkileyen bu nedenle konforu belirleyen temel değişkenlerdir. Bu değişkenler, binanın bulunduğu dış çevresel değişkenlerin analiz edilip bina tasarımında kullanılması ile elde edilmektedir.

İç konforu belirleyen temel parametreler;

- hava sıcaklığı,
- ortalama ışıınımsal sıcaklık,
- hava hareketi hızı ve
- hava nemliliği

gibi iklim elemanlarıdır. Kuru termometre sıcaklığı olarak ölçülen hava sıcaklığı insanla çevresi arasında konveksiyon (taşınım) yoluyla ısı alışverişine neden olan en önemli çevresel değişkendir. Ortalama ışıınımsal sıcaklık ise, insanla çevre yüzeyler arasındaki ısı radyasyon (ısı ışıınım) miktarını etkileyen yüzey sıcaklıklarını ifade eden bir sıcaklık kavramıdır. Duyarlılıkla ölçülmesi kolay olmayan bu sıcaklık, çevre yüzeylerin sıcaklığına, insanın duruş şekline ve bu yüzeylere göre konumuna bağlı olarak aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir [52].

t mrt =

$$t_1 * F_{p-1} + t_2 * F_{p-2} + \dots + t_n * F_{p-n} \dots \dots \dots (3.1)$$

t mrt : n adet yüzeyi olan bir mekanda P noktasında bulunan insan için ortalama ışımsal sıcaklık, °C.

t1...tn : yüzeylerin sıcaklıkları, °C.

F p-1... F p-n : yüzeylerle insan arasındaki şekil faktörleri.

İklimsel konforu etkileyen diğer bir değişken olan hava hareketi hızı, insanla çevresi arasında konveksiyon (taşınım) yoluyla ısı alışverişi miktarını belirleyen en önemli çevresel değişkendir. Havanın nemliliği ise, vücut yüzeyinden terin buharlaşmasıyla ve nefes yoluyla kaybedilen ısı miktarını etkileyen bir değişkendir.

İklimsel konfor koşulları yukarıda açıklanan iklime ve kullanıcıya ilişkin parametrelere bağlı olarak bu konudaki standartlar tarafından belirlenmiştir. [53]. Bu standartlar kullanıcıların %80 veya daha fazlasının iklimsel çevresinden hoşnut olduğu koşulları iklimsel konfor koşulları olarak tanımlamışlardır. İnsanın çevresiyle konveksiyon ve ısısal radyasyon yoluyla yaptığı ısı transferi miktarını belirleyen hava sıcaklığı ve ortalama ışımsal sıcaklık gibi çevresel değişkenlerin iklimsel konfor üzerindeki etkileri birbirinden bağımsız olarak ele alınmayacağından, konfor standartları bu iki sıcaklığın etkisini bir arada ifade etmeye yarayan “operatif sıcaklık” kavramını tanımlamış ve konfor koşullarını bu sıcaklığa bağlı olarak belirlemişlerdir.

Operatif sıcaklık, hava hareketi hızının 0,4 m/s veya daha az, ortalama ışımsal sıcaklığın 50°den daha düşük olduğu ortamlar için hava sıcaklığı ve ortalama ışımsal sıcaklığın aritmetik ortalamasıdır. Aksi durumlar için ise operatif sıcaklık, aşağıdaki bağıntıda görüldüğü gibi, hava sıcaklığı ve ortalama ışımsal sıcaklığın konveksiyon ve radyasyon katsayılarıyla ağırlıklı ortalaması şeklinde hesaplanır [53].

$$t_o = \frac{h_c \cdot t_a + h_r \cdot t_r}{h_c + h_r} \dots \dots \dots (3.2.)$$

Bu bağıntıda,

t_o : operatif sıcaklık, °C

- hc : taşınım ile ısı transferi katsayısı, W/m²°C
hr : ırsal ışınlımla ısı transferi katsayısı, W/m²°C
ta : hava sıcaklığı, °C
tr : ortalama ışınlımsal sıcaklık, °Cdeğişkendir.

3.4.3. Binaya İlişkin Parametreler

Yukarıda açıklandığı üzere pasif binalarda aktif sistemlere (herhangi bir mekanik ve elektrikli eleman) ihtiyaç duyulmadan güneşten elde edilen enerjinin kullanımı ve İç ısının korunması ile en az enerji tüketimi ile konfor koşulları sağlanmaktadır. Pasif sistemler, binaya ilişkin tasarım parametrelerine uygun değerler kazandırılarak geliştirilebilir.

Isıl konfor koşullarının sağlanabilmesi için binanın bulunduğu yere ait iklimsel koşullar aşağıda belirtilen binaya ilişkin parametreler için en uygun değerlerin tasarım aşamasının başında belirlenmesi gerekmektedir.

3.4.3.1. Binanın Konumu

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 [54]. Bu aşamada güneş ışınlımlı 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 girmesini önlememesi gerekmektedir [37].

Binalar, bitki toplulukları ve ağaçların rüzgâr yönlendirici, hızı arttırıcı ya da kesici etkisi göz önünde bulundurulmalıdır.

3.4.3.2. Binanın Yönlendiriliş Durumu

Binanın yönü cephelerin doğrudan güneş ışınımından yaralanma oranını, dolayısıyla toplam güneş enerjisinden kazancını etkileyen en önemli tasarım parametrelerinden birisidir. Binaların yönlendirilmesinde, güneşin yanı sıra rüzgâr da önemli dış iklim elemanıdır.

Kuzey yarım kürede yaz güneşi dik açıyla, kış güneşi ise daha eğik açıyla yeryüzüne düşmektedir. Bu durum yaz aylarında güney cephelerin korunmasını kışın ise daha fazla güneş ışınımı almasını sağlayacak uygulamalar gerektirmektedir. Yaz aylarında korunma saçak veya güneş kırıcılar ile sağlanabilmektedir. Şekil 3.9'da ODTÜ mimarlık fakültesi tasarım planlama ve araştırma merkezinde uygulanmış güneş kırıcı örneği görülmektedir.



Şekil 3.9:ODTÜ Mimarlık Fakültesi Tasarım Planlama ve Araştırma Merkezi Güneş Kırıcılar

Binalarda kullanıcı yoğunluğunun fazla olduğu ve 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.

ılımlı ve soğuk iklim bölgelerinde, yer seçimlerinde soğuk hâkim rüzgâr yönü kullanıcı yoğunluğunun fazla olduğu, sık ve uzun süre kullanılan mekânlar için uygun olmadığından bu yönde yerleşmemeye dikkat edilmeli veya peyzaj öğleleri ile veya rüzgâr kırıcı ve yönlendiricileri ile önlem alınarak rüzgârın istenmeyen etkisinin azaltılması gerekmektedir. Bina yerleşiminde rüzgârın yönü ve şiddeti önemlidir. Kuvvetli rüzgârların bulunduğu bölgelerde yanlış yerleştirilmiş binalarda ısı kaybı oranı toplam ısı kaybında önemli bir yüzde teşkil etmektedir [47].




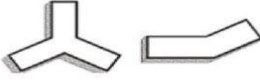

3.4.3.3. Binanın Formu

Bina formunu tanımlayan değişkenler; binanın formunu belirleyen en, boy, yükseklik, çatı türü, çatı eğimi, cephe eğimi, şekli olarak sıralanabilir. Pasif binaların tasarımında form dış iklim koşullarının kontrol edilerek içerde istenen iklimsel koşulları sağlamayı amaçlamaktadır. Bu amaçla kışın ısı kaybını yazın ise kazanımını en aza indirmek için formlar belirlenmelidir.

Güneşin ısıtıcı etkisinin yanı sıra rüzgârın ısı kayıplarını arttırıcı etkisi de göz önünde bulundurulmalıdır. Hakim rüzgâr yönünde dar cephe oluşturarak serinletici rüzgâr etkisi minimize edilebilir. Kabuk yüzey alanı arttıkça enerji kayıpları da arttığından özellikle soğuk iklim bölgelerinde enerji kayıplarını minimize etmek için kompakt form tercih edilmelidir.

Binanın kuzey cephesine en az kullanılan veya az ısıtma isteyen mekânlar konumlandırılırken ısı gereksinimi görece fazla olan fazla zaman geçirilen yaşam alanları binanın güney yüzünde tasarlanabilir.

Sıcak nemli iklim bölgelerinde, rüzgâra açık yüzeyli, uzun dikdörtgene yakın, sıcak kuru iklim bölgelerinde, avlulu, kare tabanlı, iç mekâna açık yüzeyli, ılımlı kuru iklim bölgelerinde, rüzgâra kapalı, kareye yakın kompakt, ılımlı nemli iklim bölgesinde, rüzgâra geniş yüzeyli, dikdörtgen ya da serbest planlı, soğuk iklim bölgelerinde, rüzgâra az yüzeyle bakan, dış yüzeyi minimize eden, kompakt, kare vb. tabanlı formlar tercih edilmelidir [37]. Şekil 3.10'da bahsedilen bina formlarına dair tablo verilmiştir.

İKLİM BÖLGESİ	BİNA FORMU
SICAK NEMLİ (Pilot Şehir: Antalya)	Rüzgara açık yüzeyli, uzun, dikdörtgene yakın 
SICAK KURU (Pilot Şehir: Diyarbakır)	Avlulu kare tabanlı, avlulu mekana açık yüzeyli 
İLİMLİ KURU (Pilot Şehir: Ankara)	Isıtmanın istendiği dönemde rüzgara kapalı, kareye yakı kompakt 
İLİMLİ NEMLİ (Pilot Şehir: İstanbul)	Isıtmanın istenmediği dönemdeki rüzgara geniş yüzeyli, dikdörtgen ya da serbest planlı 
SOĞUK (Pilot Şehir: Erzurum)	Rüzgara az yüzey veren, dış yüzeyi minimize eden, kompakt, kare vb. tabanlı 

Şekil 3.10: Bina formları

Socrates (M.Ö. 470-399) evlerde kış aylarında güneşi yapının içine almak adına güney cephesini yüksek, kuzey cephesini ise rüzgarın etkisinden korunmak amacıyla alçak tasarlanmasını uygun nitelendirmiştir. Bu tasarım kararının şekillenmesinde kış aylarında yeryüzüne eğik gelen güneş ışınları yapı içine alınabilirken, yaz aylarında yeryüzüne dik gelen ışınlarının çatı saçakları ile yapı içine girmesi engellenmiştir.

3.4.3.4. Bina Kabuğunun Optik ve Termofiziksel Özellikleri

Bina kabuğu, doğrudan dış iklim koşullarıyla ilişkili olması nedeniyle enerji etkin tasarımda en önemli tasarım parametresi olarak kabul edilmektedir. Bina kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri, bina kabuğunun birim alanından, dış hava sıcaklığı ve güneş ışınımı etkileriyle, kazanılan ve yitirilen ısı miktarlarının belirleyicileridirler. İç çevre iklimsel durumu ve yapma ısıtma ve iklimlendirme yükleri bina kabuğundan yitirilen ve kazanılan toplam ısı miktarlarına bağlı olarak

değişim gösterir. Dolayısıyla, bina kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri aynı zamanda gerek iç iklim durumunun gerekse yapma ısıtma ve iklimlendirme yüklerinin belirleyicileridirler [55].

Bina kabuğunun ısı geçişini etkileyen termofiziksel özellikleri, toplam ısı geçirme katsayısı, saydamlık oranı, opak bileşenin genlik küçültme faktörü, zaman geciktirmesi, optik özellikleri, opak ve saydam bileşenlerin güneş ışınımına karşı geçirgenlik (opak bileşen için geçersiz), yutuculuk ve yansıtıcılık katsayılarıdır.

Toplam ısı geçirme katsayısı (U): Opak ve saydam bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı, herhangi bir d (m) kalınlığında farklı katmanlardan oluşmuş bir yapı bileşeninin (duvar, döşeme v.b. gibi) her iki tarafında bulunan hava sıcaklıkları arasındaki fark 1 K olduğunda, bileşenin birim alanından (1m²), birim zamanda (1 saat) geçen ısı miktarıdır.

Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (α): Yüzeysel ısı İletim Katsayısı, aralarında sıcaklık farkı 1 K olduğu zaman, yapı bileşeninin birim alanından (1 m²) havaya veya havadan yapı bileşenine birim zamanda (1 saat) geçen ısı miktarıdır.

Yüzeysel Isı İletim Direnci (1/ α): Yüzeysel ısı iletim katsayısının aritmetik tersidir.

Isı Geçirgenliği (Λ): Isı geçirgenliği, kalınlığı d (m) olan bir yapı bileşeninin birbirine paralel iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı 1 K olduğu zaman, birim zamanda (1 saat) birim alanından (1m²) yüzeylere dik yönde geçen ısı miktarıdır. Birimi W/m²K'dir.

Isı Geçirgenlik Direnci (1/ Λ): Isı geçirgenliğinin aritmetik tersidir. Birimi m²K/W'dir.

Kabuk elemanından iletim ile geçen ısı miktarı çevre koşullarına ve elemanın ısı ile ilgili özelliklerine bağlı olarak denge rejiminde ve zamana bağlı rejimde ele alınabilmektedir. Kabuk elemanını oluşturan malzemenin ısı depolama kapasitesinin ihmal edilebilecek düzeyde olduğu veya dış çevredeki sıcaklığın zamana göre sabit varsayılacağı koşullarda, denge rejiminde ısı iletimi söz konusudur. Kabuk elemanını oluşturan malzemenin ısı depolama kapasitesi ihmal edilemeyecek düzeyde ise veya dış çevrede etkili olan sıcaklık zamana göre değişiyorsa ısı iletimi zamana bağlı rejimdedir. Kabuğun opak bileşeni ise, genellikle ısı depolama kapasiteleri ihmal edilemeyecek düzeyde olan malzemelerden oluşmaktadır. Bu

nedenle, bu bileşenlerden geçen ısı miktarının dış çevrede etkili olan sıcaklığın sabit kabul edilebildiği durumlar için denge rejiminde diğer durumlar için ise periyodik rejimde hesaplanması gerekir.

Opak bileşen ısı yalıtım kapasitesini genlik küçültme faktörü ve zaman geciktirme olarak tanımlanan iki özellik belirlemektedir.

Genlik küçültme faktörü (ϕ): Bileşenin iç yüzeyindeki sıcaklık değişiminin genliğinin, dış yüzeyine oranıdır.

Zaman Geciktirmesi(Θ): Bileşenin dış yüzeyindeki maksimum sıcaklığın oluştuğu saat ile iç yüzeyinde maksimum sıcaklığın oluştuğu saat arasındaki zaman farkı olarak tanımlanabilir.

Saydamlık oranı (x): Saydam ve opak bina bileşenlerinden oluşmuş bina kabuğundaki saydam bileşen alanının tüm kabuk alanına oranı olup kabuktan geçen toplam ısı miktarını etkileyen bir değişkendir.

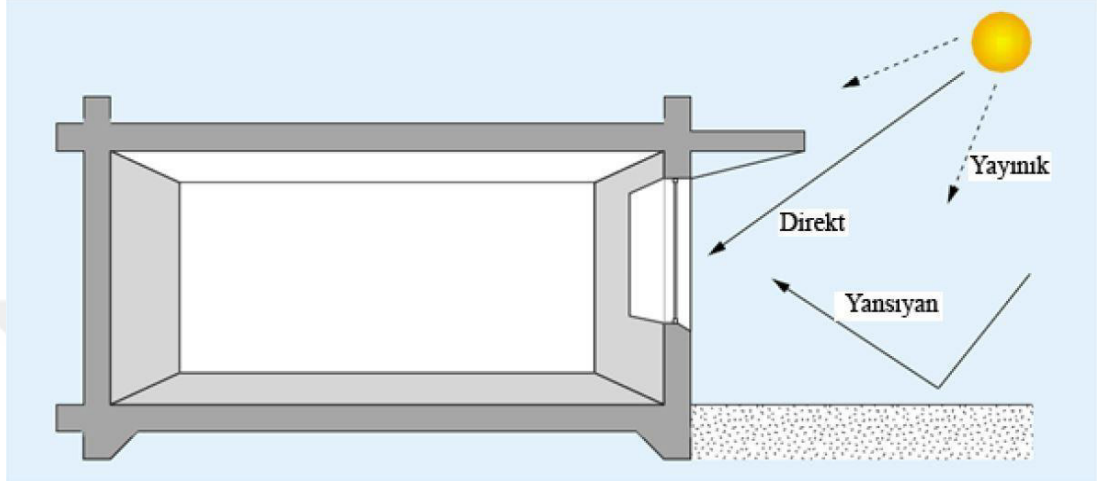
Güneş ışınımı yeğnilikleri yönlere göre değişim gösterdiğinden, yukarıda bahsedilen termofiziksel özellikler de güneş ışınımı yeğniliklerine bağlı olarak yönlere göre değişim gösterir [55].

3.4.3.5. Güneş Kontrol Elemanlarının Kullanılması

Yapıların güneş enerjisinden yararlanabilmesi, güneş kontrolü sağlayabilmesi için yapı elemanları ve bileşenlerinde mimari detayların ve sistemlerin çözümlenmesi gerekmektedir. Yapılarda güneş enerjisi kullanımı için; pasif sistemler, aktif sistemler ve cam malzemelerden yararlanılmaktadır. Bina cephesindeki saydamlık oranının güneş ışınımı kazancını etkilediği gibi, pencereler, seçilen camın özellikleri, doğramaların oranı gibi faktörlere bağlı olarak da güneş kontrolü gibi işlev görmektedir.

Güneş kontrolü ısıtma-soğutma iklimlendirme sistemlerinde soğutma yüklerini düşüren önemli bir faktördür. Güneş ışınımı bina üzerinde saydam yüzeylerde olduğu kadar opak yüzeylerde de etkilidir. Sıcak iklimlerde soğutma yüklerini düşürmek adına güneşin iç mekanlara girişini engellemek için güneş kontrolünü sağlayan çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Konfor koşullarının sağlanabilmesi için güneş kontrollü olarak iç mekânlara alınmalıdır.

Güneş kontrol elemanları binaya çeşitli tiplerde uygulanarak güneş ışınlarının iç mekâna ulaşması tamamen engellenebileceği gibi, yansiyarak gelen güneş ışınlarına istenilen doğrultuda yönlendirmek ve yaygın gelen ışınımın etkilerini azaltmak mümkündür. Şekil 3.11’de direk, yansiyarak ve yaygın gelen ışınımın dair çizim yer almaktadır.



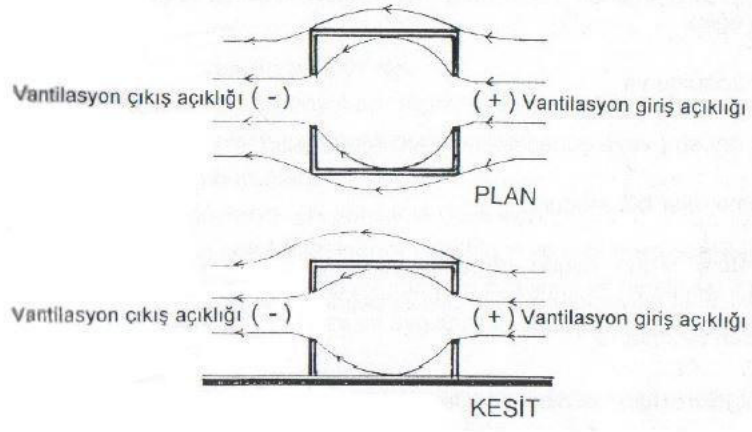
Şekil 3.11: Direk, yansiyarak ve yaygın gelen ışınım

3.4.3.6. Doğal Vantilasyon Düzeni

İç iklimsel konfor için temiz ve uygun sıcaklıktaki hava önemli bir parametredir. Doğal hava hareketiyle kullanılmış havanın, taze hava veya dış hava ile yer değiştirmesi bu bakımdan önemlidir.

Doğal vantilasyonda pencereler temel elemanlardır ve havalandırmayı rüzgar gücü ve ısı kuvvetleri gerçekleştirir. İç hava sıcaklığı, nem ve yüzey sıcaklıkları gibi iklimsel konfor elemanlarının ulaştığı değerlere bağlı olarak hacimlerde iklimsel konfor durumunun sağlanabilmesi açısından hava hareketlerine ihtiyaç duyulması, sözü edilen hacimlerde hava hareketinin yaratılmasını yani doğal vantilasyonu gerekli kılmaktadır.

Rüzgarların kabuk dış yüzeyine basınç yapması sonucunda, kabuk çevresinde + ve – basınç bölgeleri meydana gelmektedir. Bu koşullarda hava, hacim içine rüzgar üstü cephedeki (+ basınç bölgesi) açıklıklardan girip, rüzgar altı cephedeki (- basınç bölgesi) açıklıklardan çıkmaktadır. Şekil 3.12’de vantilasyon giriş ve çıkış açıklıkları gösterilmiştir.



Şekil 3.12: Ventilasyon giriş ve çıkış açıklıkları [55].

4. ENERJİ ETKİNLİĞİ AÇISINDAN İSTANBUL DA BİR İLKÖĞRETİM BİNASININ AKTİF VE PASİF SİSTEM OLARAK PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA

Çalışmanın bu bölümünde, öncelikle seçilen ilköğretim bina projesi için bina kabuğuna ilişkin farklı alternatif önerileri getirilip İstanbul ili için ısıtma enerjisi harcama analizleri yapılmış daha sonra seçilen bir derslik için aktif ve pasif çalışan bir sistem olarak ele alınıp, iç iklim elemanları değerlerinin değişimi incelenmiştir.

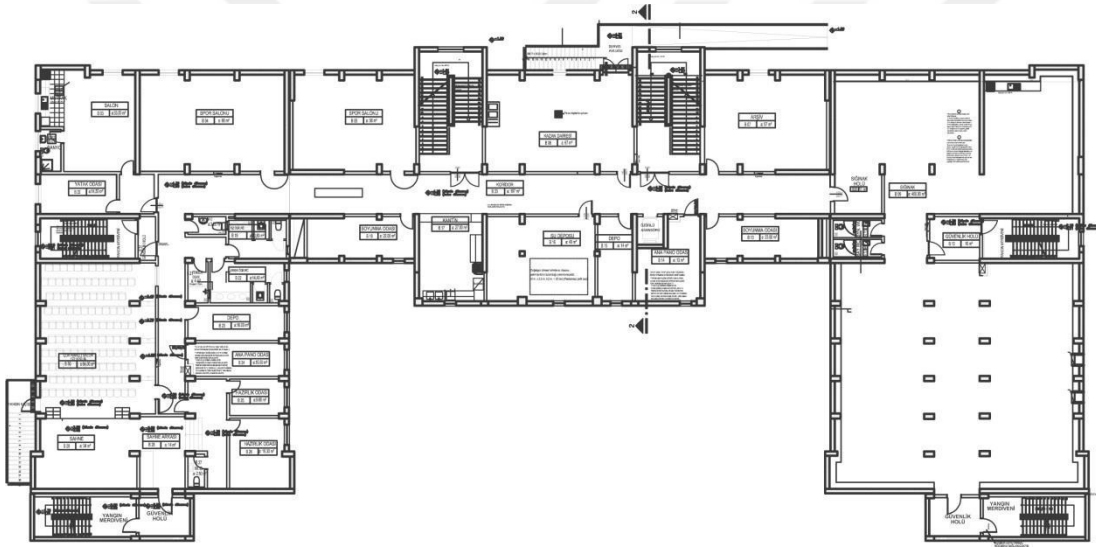
Çalışmada ele alınan Milli Eğitim Bakanlığı tarafından projelendirilmiş olan tip okul projesi için hesaplamalarda ‘Design Builder’ enerji simülasyon programı kullanılmıştır. İlköğretim okulu referans binaya göre programda modellenmiştir. Çalışmanın başlıca adımları aşağıda sıralanmıştır:

- 1.Seçilen İlköğretim Okulunun Tanıtımı
- 2.Referans Bina İçin İklim İlişkin Parametrelerin Belirlenmesi
- 3.Referans Binada Kullanıcıya İlişkin Parametrelerin Belirlenmesi
- 4.Referans Binaya İlişkin Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi
- 5.Referans Binanın Modellenmesi ve Isıtma Enerjisi Harcamalarının Hesaplanması
- 6.Isıtma Enerjisi Harcamalarının Azaltılmasına Yönelik Farklı Alternatiflerin Oluşturulması
- 7.Aktif Sistemlere İlişkin Farklı Alternatiflerin Oluşturulması ve Yıllık Isıtma Enerjisi Harcamalarının Hesaplanması
- 8.Oluşturulan Alternatiflerin Seçilen Bir Derslik İçin Aktif ve Pasif Sistem Olarak İç İklim Değişkenlerinin Değerlerine Etkisinin İncelenmesi
- 9.Oluşturulan Alternatiflere İlişkin Sonuçların Referans Bina İçin Yapılan Simülasyon Sonuçlarıyla Karşılaştırılması

4.1. Seçilen İlköğretim Okulunun Tanıtımı

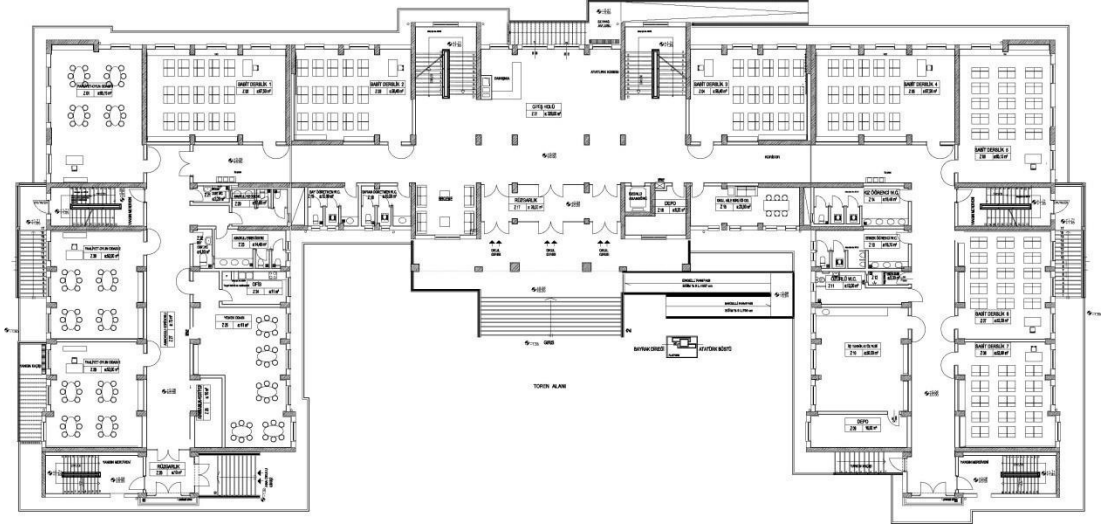
Seçilen okul M.E.B. 2004-53 Tip okul projesidir.36 adet derslikten oluşan bu ilköğretim binası projesi toplam 8.371 m2 inşaat alanına sahiptir. Bodrum kat, zemin kat ve 3 normal kattan oluşan ilköğretim binası projesi derslik alanları dışında, teknik atölye, faaliyet odaları, yemek odası, laboratuvar ve kütüphane gibi mekanlara da sahiptir.

Şekil 4.1’de bodrum kat planı yer almaktadır. Spor salonu, çok amaçlı salon, arşiv, sıgımak, depolar, teknik odalar bu katta bulunmaktadır. Sağ ve sol uçlarda yangın merdivenleri, ana girişin karşısına gelecek şekilde de iki ana merdiven toplamda 6 binada 6 merdiven konumlandırılmıştır.



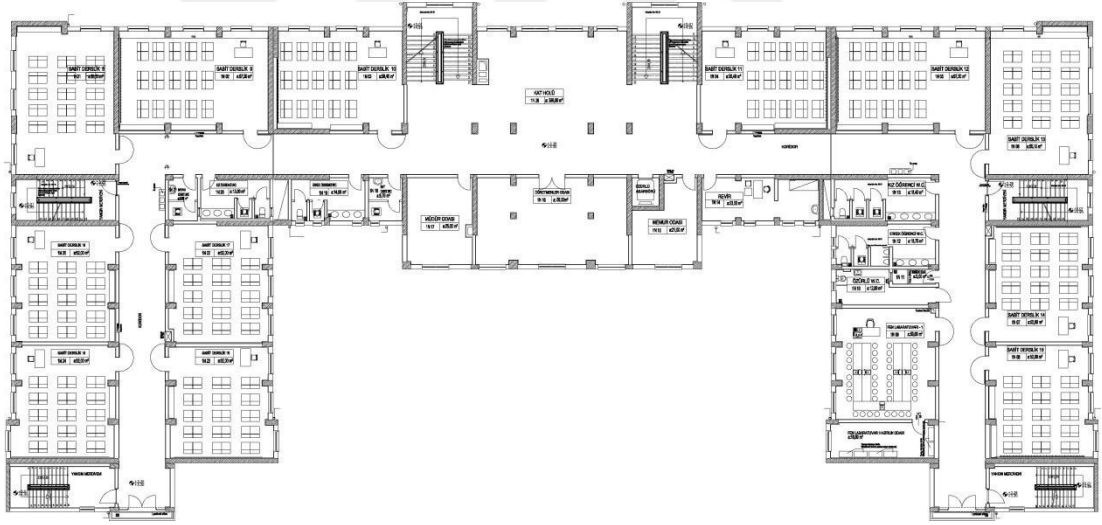
Şekil 4.1: Bodrum kat planı

Şekil 4.2’ de zemin kat planı yer almaktadır. U formunda olan binada zemin katta sol kanatta derslikleri ve yemekhanesiyle anaokulu, sağ kanatta atölyeler ve derslikler bulunmaktadır. U formunun dış çeperine derslikler konumlandırılırken iç çeperde wc, depo iki ikincil mekanlar konumlandırılmıştır.



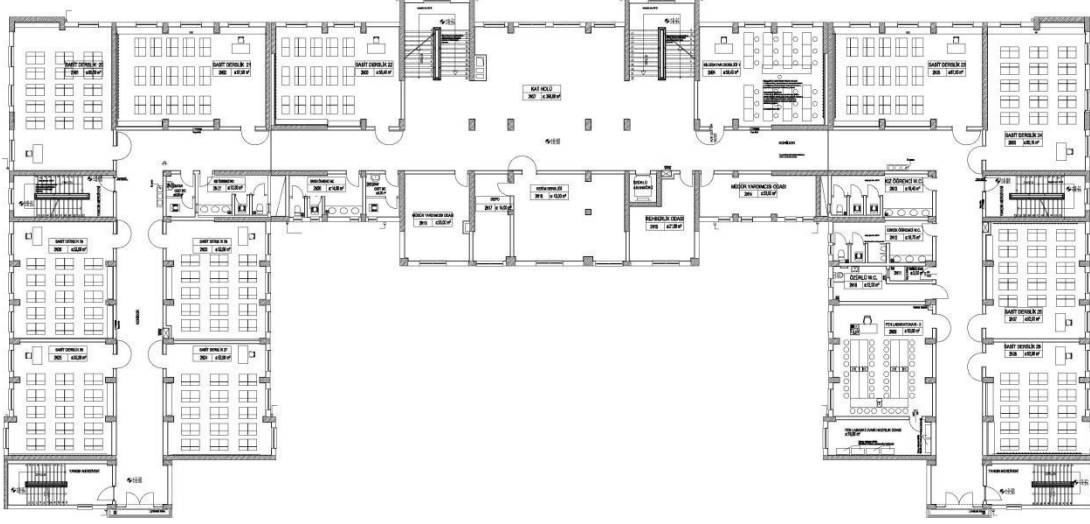
Şekil 4.2: Zemin kat planı

Şekil 4.3’de birinci kat planı yer almaktadır. Birinci kat planında zemin kat planından farklı olarak müdür, memur, öğretmenler odası ve fen laboratuvarı bulunmaktadır. Sabit dersliklerin 12 tanesi bu katta bulunmaktadır.



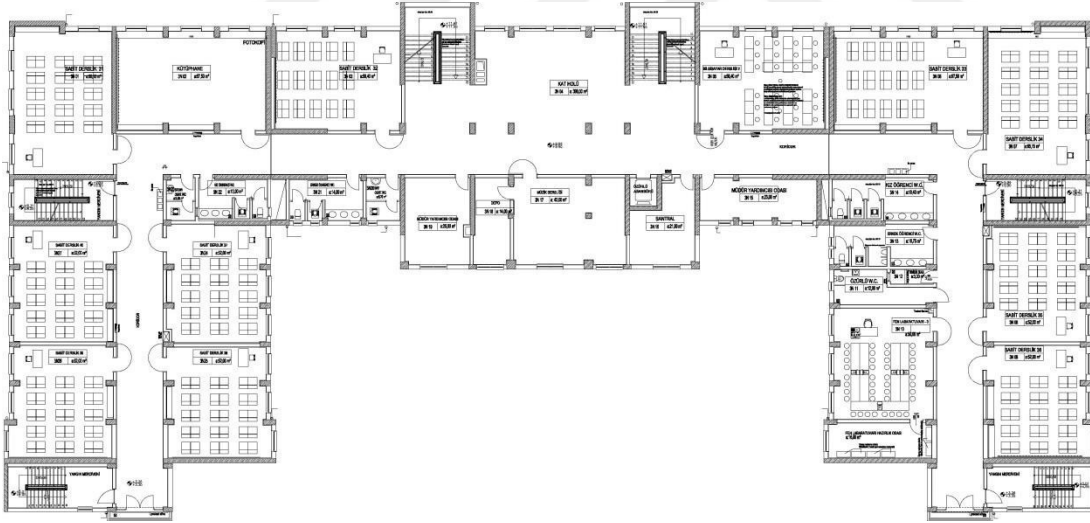
Şekil 4.3: Birinci kat planı

Şekil 4.4’de ikinci kat planı yer almaktadır. İkinci kat planında 12 adet sabit derslikle birlikte resim dersliği, müdür yardımcısı odası, fen ve bilgisayar laboratuvarları bulunmaktadır.



Şekil 4.4: İkinci kat planı

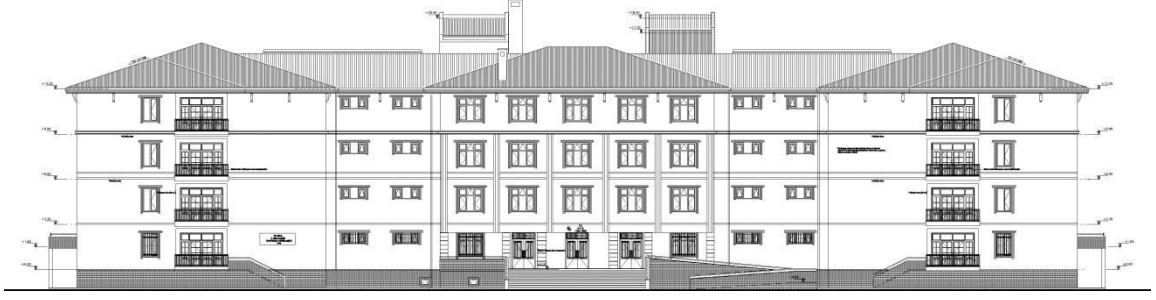
Şekil 4.5’de üçüncü kat planı yer almaktadır. Bu katta on derslikle birlikte kütüphane, fen, müzik ve bilgisayar derslikleri, müdür yardımcısı odaları ve santral bulunmaktadır.



Şekil 4.5: Üçüncü kat planı

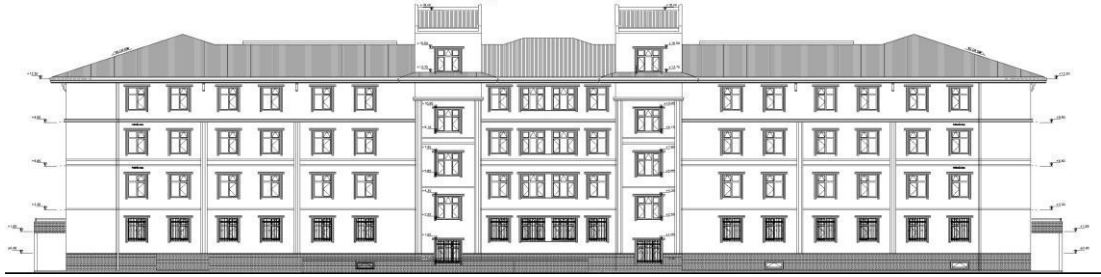
Şekil 4.6’da referans binanın ön görünüşü yer almaktadır. Ana giriş, kat tuvaletleri, ofisler, bazı derslikler ve yangın merdiveni girişleri bu cephede bulunmaktadır.

Cephede yer alan 180x180 cm boyutunda pencereler bazı derslik ve ofislere 80x60 cm boyutundaki pencereler kat tuvaletlerine ilişkindir. 315x240 ‘lık kapılar ise yangın merdiveni girişlerini göstermektedir.



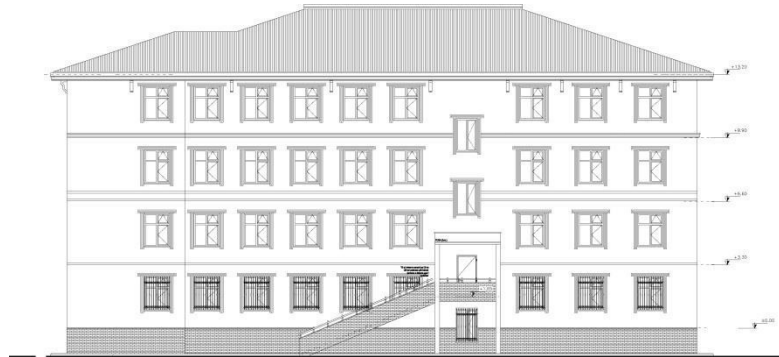
Şekil 4.6: Ön görünüş

Şekil 4.7’de referans binanın arka görünüşü yer almaktadır. Bu cephede genel olarak derslikler ile iki ana merdiven ve kat holü konumlandırılmıştır. Dersliklerin pencereleri 140x180 cm boyutlarında olup, 180x180 cm boyutunda pencereler ana merdiven sahanlıklarını ve kat hollerine ilişkindir.



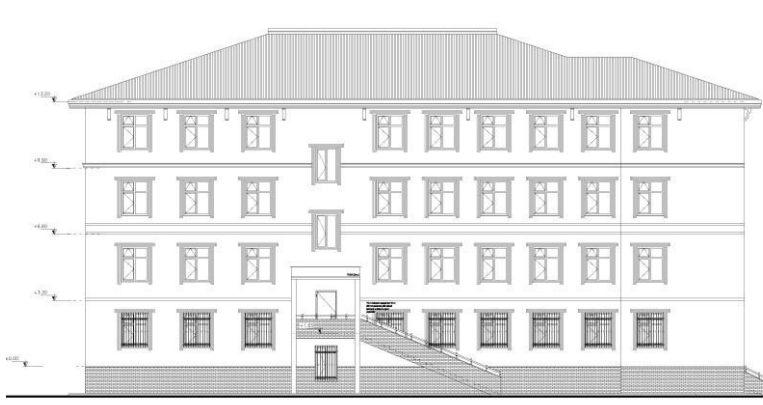
Şekil 4.7: Arka görünüş

Şekil 4.8’de referans binaya ait batı cephesi görünüşü yer almaktadır. Bu cephede derslikler ve yangın merdiveni konumlandırılmıştır. 140x180 cm boyutundaki pencereler dersliklere, 110x 180 cm boyutundaki pencereler yangın merdiveni sahanlığına ilişkindir.



Şekil 4.8 : Batı cephesi görünüş (Sağ yan görünüş)

Şekil 4.9’da referans binaya ait doğu cephesi görünüşü yer almaktadır. Batı cephesine benzer olarak bu cephede derslikler ve yangın merdiveni konumlandırılmıştır.



Şekil 4.9: Doğu cephesi görünüş (Sol yan görünüş)

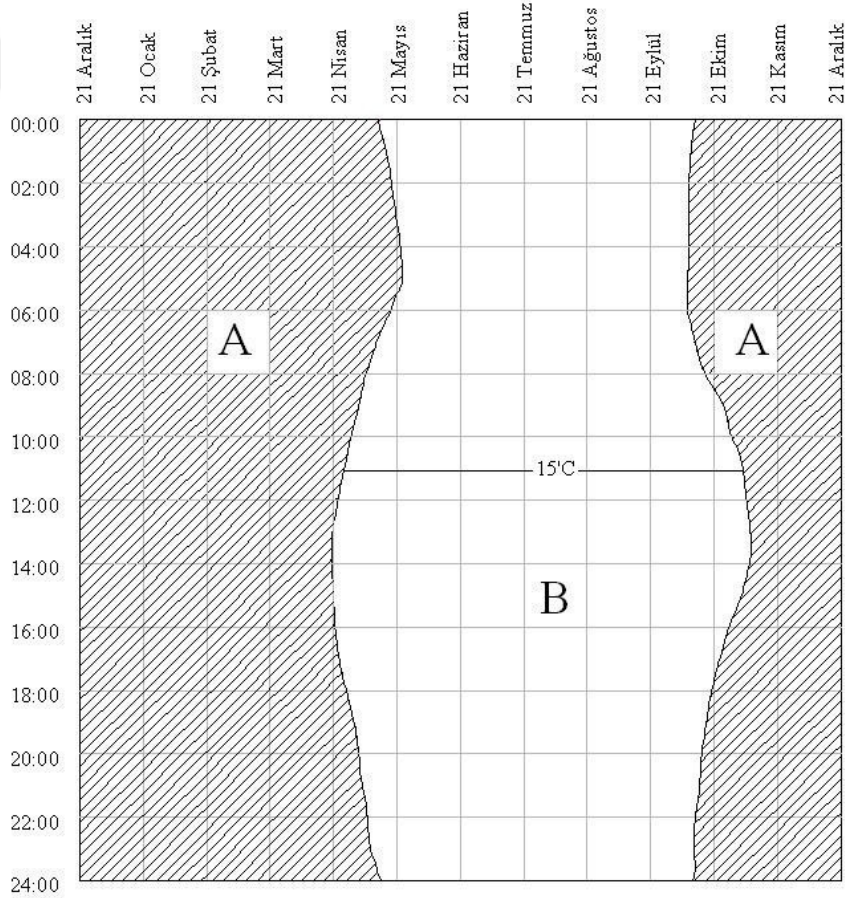
4.2. Referans Bina İçin İklima İlişkin Parametrelerin Belirlenmesi

Dış çevre iklim koşulları için referans binanın bulunduğu il olarak İstanbul’un iklim verileri kullanılmıştır. İstanbul iline ait iklimsel veriler kullanılan programın veri tabanında bulunmaktadır. Enerji simülasyon hesaplamalarında binaya ait tüm mekânlarda iç hava sıcaklığının eşit olduğu ve binanın tek zonlu olduğu varsayılmıştır. Hesaplamalarda derslikler için kullanılacak ortalama iç sıcaklık değeri Çizelge 4.1 ‘de TS825 de belirlenen okul binaları için 20 derece olarak alınmıştır.

Çizelge 4.1: TS 825 e göre farklı amaçlarla kullanılan binalar için hesaplamalarda kullanılacak aylık ortalama iç sıcaklık değerleri

	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

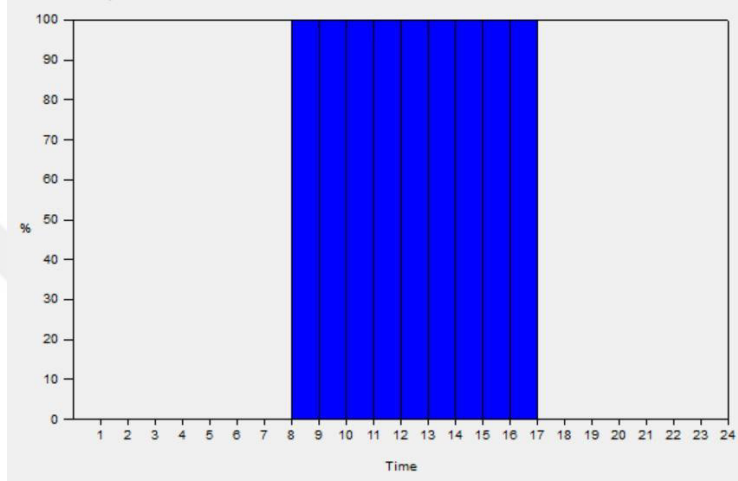
Şekil 4.10'da ki grafiğe göre İstanbul ili için ısıtmanın istendiği dönemin başlangıcı 1 Kasım bitişi ise 11 Mayıs olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.10: İstanbul için ısıtmanın istenildiği dönem [54].

4.3. Referans Binada Kullanıcıya İlişkin Parametrelerin Belirlenmesi

Toplam kullanıcı sayısı 1320 kişi olarak belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalarda Isıtma enerjisi harcamalarında, bilgisayar, ofis ekipmanı, aydınlatma gibi gereçlerden sağlanan ısı kazançları hesaplara katılmamıştır. Referans binada derslik kapasiteleri 30 kişidir. Derslik büyüklüklerine göre kişi sayısı oranlandığında kullanıcı yoğunluğu 0,45 olarak belirlenmiştir. Şekil 4.11’de design builder simülasyon programında oluşturulan kullanıcı yoğunluğu şeması verilmiştir.



Şekil 4.11: Design Builder simülasyon programına girilen kullanıcı yoğunluğu şeması

4.4. Referans Binaya İlişkin Parametrelerin Belirlenmesi

Isıtma enerjisi harcamalarının karşılaştırılarak elde edilen iyileşmenin belirlenebilmesi için öncelikle referans bina özelliklere ortaya konulmalıdır.

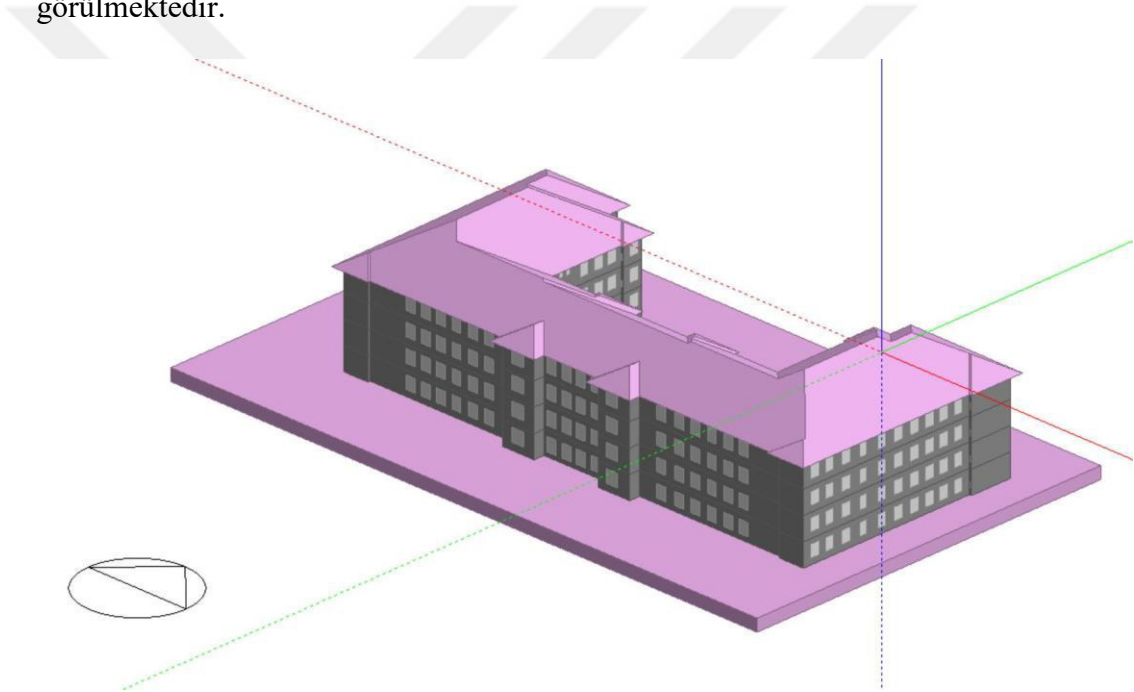
4.4.1. Referans Binanın Bulunduğu Yer ve Diğer Binalara Göre Konumunun Belirlenmesi

Referans binanın ısıtma enerjisi harcamalarının belirlenmesinde, binanın bulunduğu yerin iklimsel koşullarına ek olarak, arazinin konumu, yönü, eğimi gibi özellikleri de değerlendirilmelidir. Bu özelliklere göre binayı etkileyen güneş ışınımı ve rüzgar gibi dış iklim elemanları ile birlikte binanın ısıtma enerjisi harcamaları da değişmektedir. Projenin ılımlı nemli iklim bölgesi olan İstanbul ilinde olduğu kabul edilmiştir. Okulların açık alan gereksiniminden dolayı seçilen ilköğretim okulu bahçeli bir binadır. Bundan dolayı çevresindeki binaların etkisi ihmal edilmiştir.

Ayrıca binanın düz bir araziye konumlandırıldığı ve rüzgârdan korunaklı bir alanda olduğu kabul edilmiştir.

4.4.2. Referans Binanın Formu ve Yönlendiriliş Durumu

U formunda oluşturulan referans binada ana hacimler olan derslikler dış çeperde konumlandırılırken, daha az kullanılan ve ikincil öneme sahip olan mekanlar iç çeperde konumlandırılmıştır. Yapılan tüm analizlerde ısıtma ihtiyacı daha fazla olan ve daha çok zaman geçirilen mekanlar olan derslikler güney cephesine, az kullanılan ve az ısıtma isteyen mekanlar kuzey cephesine yönlendirildiği kabul edilmiştir. Şekil 4.12’de Design Builder simülasyon programında modellenen binanın formu görülmektedir.



Şekil4.12: Projenin Design Builder programı ile yapılmış modeli

4.4.3. Referans Bina İçin Bina Kabuğunun Optik ve Termofiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

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. 2004-53 Tip İlköğretim okulu projesinde referans binanın bina kabuğu katmanlarının özellikleri Çizelge 4.2’de belirtilmiştir.

Tavan, taban gibi bina kabuğu bileşenleri tüm analizler boyunca sabit tutulurken, dış duvar ve pencerelere dair getirilen yeni bina kabuğu alternatifleri ile ısıtma enerjisi harcamalarına ve iç iklim değişkenlerinin değerlerine dair hesaplamalar yapılmıştır.

Çizelge 4.2: Referans binanın bina kabuğu katmanları ve özellikleri

	MALZEME	KALINLIK (cm)	ISI GEÇİRME KATSAYISI, U (W/m ² K)	TS 825 de izin verilen maksimum değerler (W/m ² K)
DIŞ DUVAR	Dekoratif sıva+silikon esaslı dış cephe boyası		0,46	0,57
	Elastik Sıva	0,4 cm		
	XPS	3 cm		
	Dış sıva	2 cm		
	Tuğla duvar	29 cm		
	İç sıva	2.8 cm		
	Boya			
TAVAN	Alçı Sıva	0,5 cm	0,38	0,38
	Betonarme	15 cm		
	Yalıtım	6 cm		
	tavan sıvası	1 cm		
	boya			
TABAN	Seramik	3 cm	0,54	0,57
	Harç			
	Koruma betonu	5 cm		
	XPS	3 cm		
	Betonarme radye temel	80 cm		
	Grobeton	10 cm		
	Sıkıştırılmış zemin			
PENCERE	pvc doğrama		2,72	1,8
	berrak cam	0,4 cm		
	hava boşluğu	1,2 cm		
	berrak cam	0,4cm		

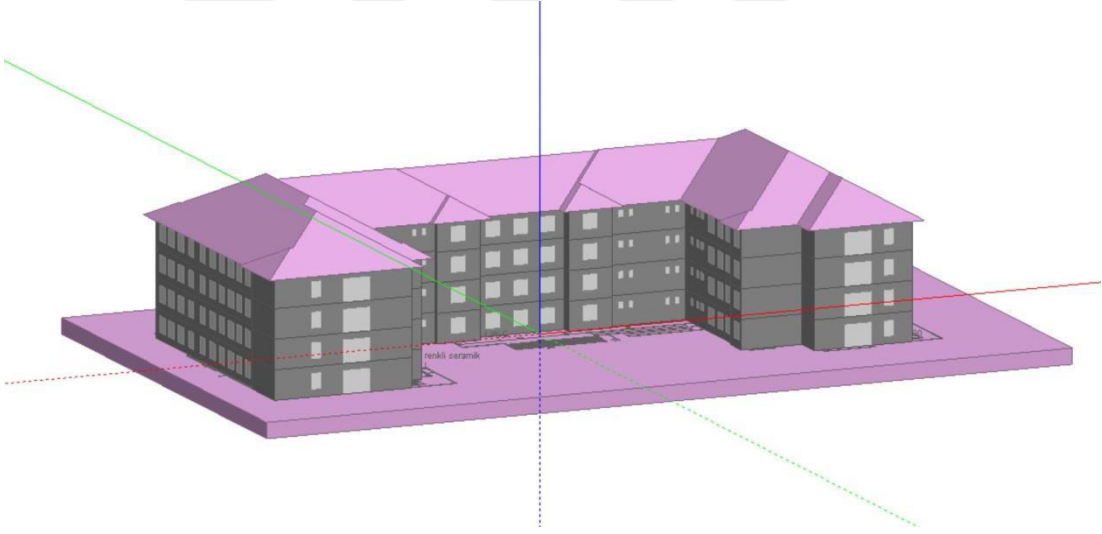
Referans binada tüm cepheler için saydamlık oranları çizelge 4.3’de verilmiştir. Saydamlık oranı doğu ve batı cepheleri için %21, kuzey cephesi için %15 ve güney cephesi içinse %17 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.3: Referans bina cephe saydamlık oranları

	CEPHE ALANI m ²	SAYDAM ALAN m ²	SAYDAMLIK ORANI
DOĞU CEPHESİ	467	98,97	0,21
BATI CEPHESİ	467	98,97	0,21
KUZEY CEPHESİ	1041	159,07	0,15
GÜNEY CEPHESİ	1041	184,46	0,17

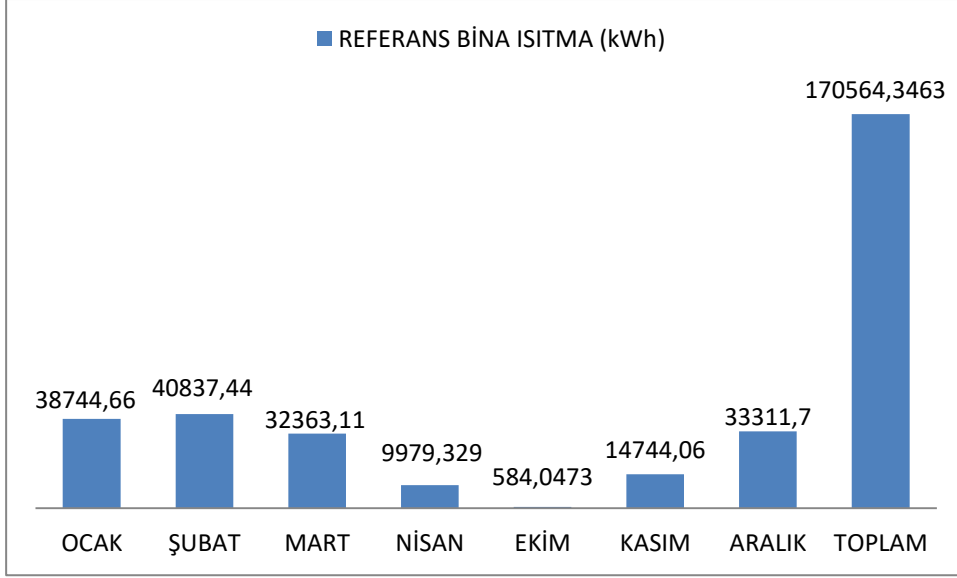
4.5. Referans Binanın Modellenmesi ve Isıtma Enerjisi Harcamalarının Hesaplanması

Bu çalışmada Design Builder simülasyon programı kullanılmıştır. İlk olarak referans binaya dair veriler programa girilmiş, yıllık ısıtma yükleri hesaplanmıştır. Okulların çalışma prensibinden dolayı hesaplama yapılacak zaman aralığı önemli ve sonuçları etkileyecek bir faktördür.. Okulun 08.00-17.00 saatleri arasında kullanılıp kışın aktif yazın kapalı olduğu kabul edilmiştir. Şekil 4.13’de Design Builder simülasyon programında modellenen bina gösterilmektedir.



Şekil 4.13: Referans binanın simülasyon programı ile modellenmesi

Yaz aylarında okulun kullanılmadığı kabul edilerek bu çalışmada soğutma yükleri ele alınmamıştır. Bu durumda yıl boyunca toplam ısıtma için harcanan enerji miktarı 170564,34 kWh olarak bulunmuştur. Isıtmanın istenildiği dönem için referans binada toplam ısıtma enerjisi harcamaları şekil 4.14’de verilmiştir.



Şekil 4.14: Referans binanın ısıtma enerjisi harcamaları

4.6. Isıtma Enerjisi Harcamalarının Azaltılmasına Yönelik Farklı Alternatiflerin Oluşturulması

Referans binaya dair hesaplamalar yapıldıktan sonra toplam enerji harcamalarını en aza indirmek adına farklı iyileştirme alternatifleri geliştirilmiştir. Tip projenin geliştirilmesine yönelik bir çalışma olduğu için binanın formunda herhangi bir değişiklik önerilmemiştir. Dersliklerin yoğun olduğu cephenin güneye yönlendirilmesi ve ısıtma enerjisi harcamaları açısından doğru bir tasarım kararı olduğu için yönlendirmeye dair yeni alternatifler denenmemiştir.

Bu bölümde bina kabuğunun opak ve saydam bileşenlerine ilişkin farklı alternatifler denenerek yapının ısıtma enerjisi harcamalarına etkisi irdelenmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

4.6.1. Bina Cephe Saydamlık Oranına Dair Alternatiflerin Oluşturulması ve Yıllık Isıtma Enerjisi Harcamalarının Hesaplanması

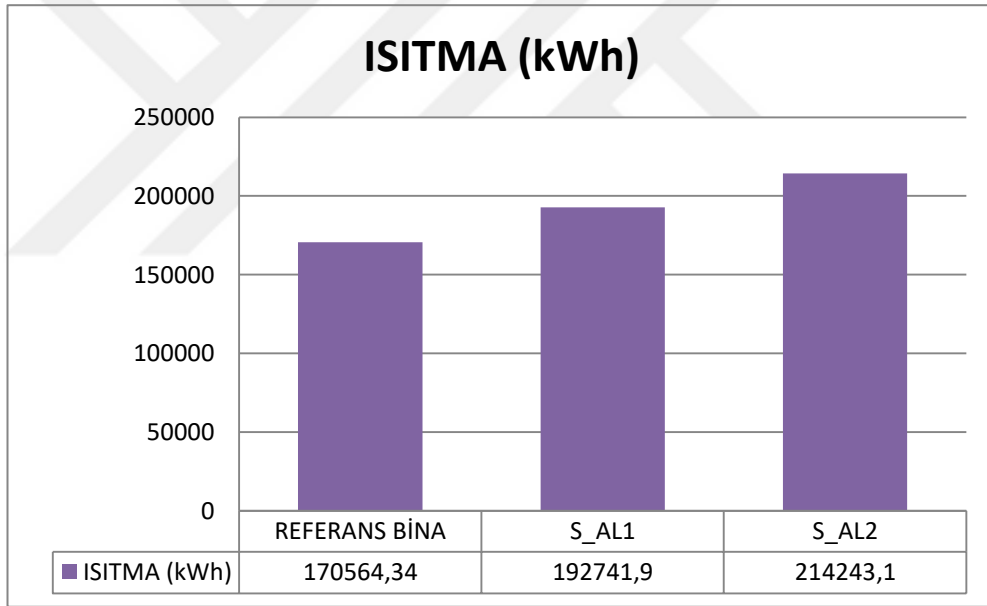
Bina cephelerindeki saydamlık oranı güneş ışıını kazançları ve ısıtma enerjisi harcamalarını etkilemektedir. Çalışmanın bu bölümünde binanın tüm cepheleri için farklı saydamlık oranlarına ilişkin alternatifler oluşturulmuş ve ısıtma enerjisi harcamalarındaki değişim incelenmiştir. Referans binada tüm cephelerin ortalama

saydamlık oranı %18 olarak hesaplanmıştır. Farklı saydamlık oranlarına dair oluşturulan alternatifler ve özellikleri çizelge 4.4’de gösterilmiştir. Çizelgede S_AL1 alternatifinde binanın ortalama saydamlık oranının %30, S_AL2 alternatifinde ise %60 olduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 4.4: Saydamlık oranı alternatifleri

	SAYDAMLIK ORANI%	TOPLAM CEPHE ALANI
Referans Bina	18	3016m ²
S_AL1	30	
S_AL2	50	

Yapılan analizler sonucu SAL1 durumunda yıllık ısıtma enerjisi harcaması 192741,9 kWh’e çıkarken, SAL2 durumunda 214243,1 kWh’e çıkmıştır. Şekil 4.15’de SAL1 ve SAL2 alternatifleri için yıllık toplam ısıtma enerjisi harcamaları gösterilmiştir.



Şekil 4.15: SAL1 ve SAL2 alternatifleri için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları

4.6.2. Farklı Opak Ve Saydam Kabuk Alternatiflerinin Oluşturulması Ve Yıllık Isıtma Enerjisi Harcamalarının Hesaplanması

Bina kabuğunu oluşturan katmanlara dair tüm farklılaşmalar kabukta gerçekleşen ısı geçişi miktarını etkilemektedir. Bu bölümde bina kabuğunu oluşturan opak ve saydam bileşenlerin katmanları ve kalınlıklarına ilişkin, TS 825 de belirlenmiş değerlerin izin verdiği ölçüler içinde kalacak şekilde farklı toplam ısı geçirme

katsayısı değerleri ve bu değerleri gerçekleştiren katmanlaşma alternatifleri geliştirilmiştir.

Türkiye'nin 5 iklim bölgesi için yapı kabuğunun TS 825 standardına göre opak ve saydam bileşenlerinin azami ısı geçirgenlik katsayıları izelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5: TS 825' e göre farklı iklim bölgeleri için azami kabuk U değerleri

	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	0,43	0,66	1,8
2. Bölge	0,57	0,38	0,57	1,8
3. Bölge	0,48	0,28	0,43	1,8
4. Bölge	0,38	0,23	0,38	1,8
5. Bölge	0,36	0,21	0,36	1,8

İlk aşamada tavan ve taban için U değerleri sabit tutularak referans binadaki duvarların U değerleri yalıtım kalınlığına bağlı olarak değişim göstermiştir. Referans binada kullanılan XPS yalıtım kalınlığının arttırıldığı ve hiç yalıtım kullanılmadığı durumlar için farklı alternatifler geliştirilmiştir. Oluşturulan yalıtım kalınlığı alternatifleri izelge 4.6' da verilmiştir.

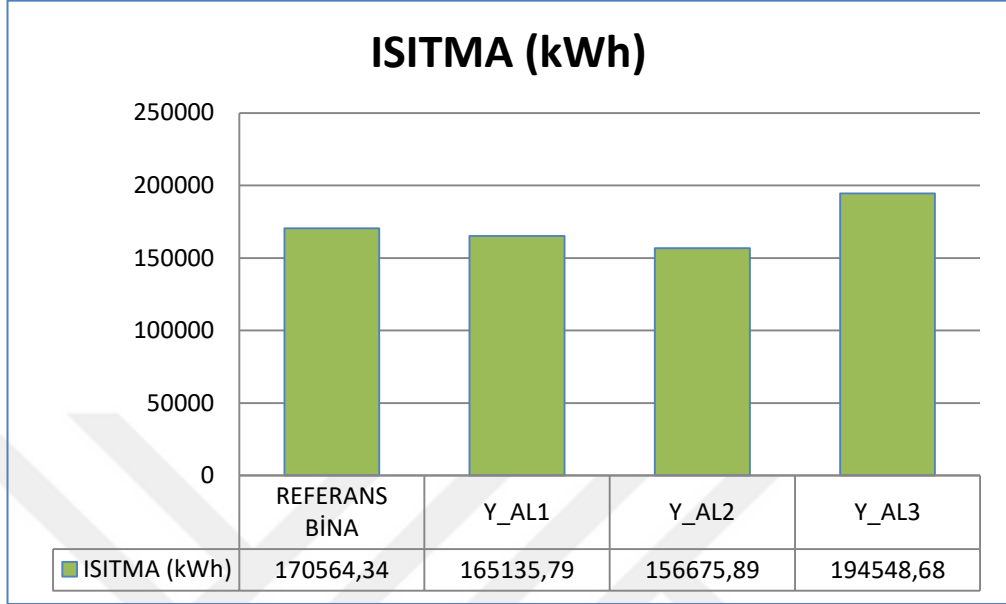
Çizelge 4.6: Yalıtım kalınlığı alternatifleri ve özellikleri

	ALTERNATİF	YALITIM KALINLIğI	U DEğERİ(W/m ² K)
MEVCUT DUVAR	REFERANS BİNA	0,03 m	0,469
M.D+5 cm xps	Y_AL1	0,05 m	0,367
M.D+8 cm xps	Y_AL2	0,08 m	0,277
M.D+yalıtımsız	Y_AL3	Yalıtım yok	1,06

Y_AL1 alternatifi için referans binada 3 cm olan XPS yalıtım kalınlığı 5 cm olarak arttırılmış ve yıllık ısıtma enerjisi harcamasının 170564,34 kWh den 165135,79 kWh'e düştüğü görülmüştür.

Y_AL2 alternatifi için referans binada 3 cm olan XPS yalıtım kalınlığı 8 cm'e çıkarılmış ve yıllık ısıtma enerjisi harcamasının 170564,34 kWh den 156675,89 kWh'e düştüğü görülmüştür.

Y_AL3 alternatifi için yalıtım kullanılmamış ve yıllık ısıtma enerjisi harcamasının 170564,34 kWh den 194548,68 kWh' a çıktığı görülmüştür. Y_AL1, Y_AL2 ve Y_AL3 alternatifleri için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları şekil 4.16' da verilmiştir.



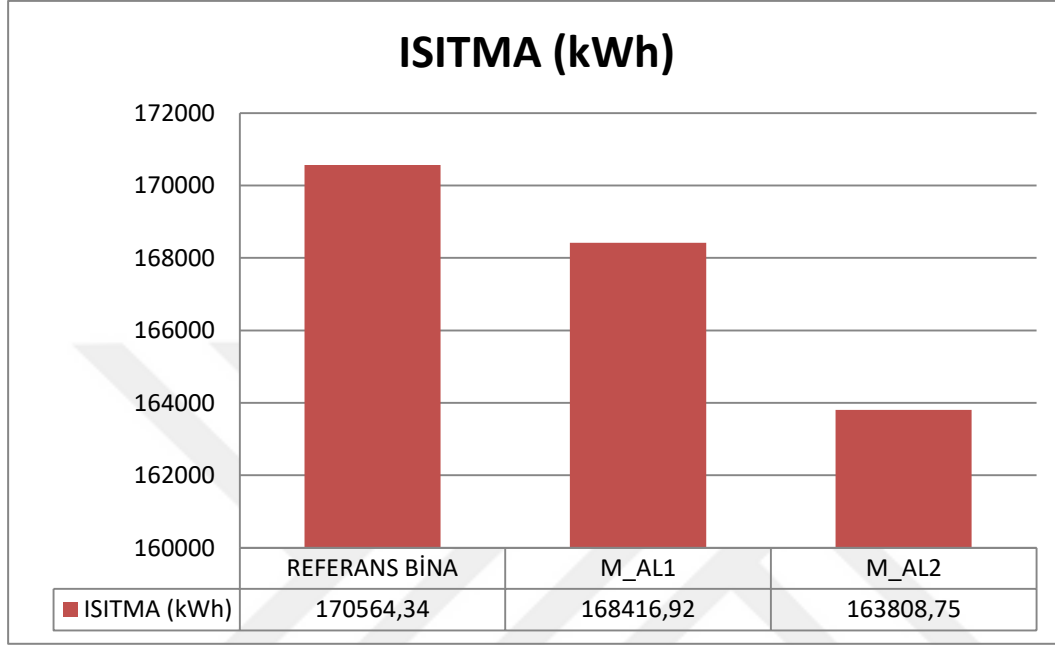
Şekil 4.16: YAL3 alternatifi için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları

İkinci aşamada tüm bileşenler için U değerleri sabit tutulmuş ve farklı malzemeler ile dış duvar alternatifleri oluşturulmuştur. Tuğla duvar ile aynı Ud değerine sahip taş duvar alternatifi ve dökme beton alternatifleri analiz edilmiştir. Oluşturulan alternatifler ve özellikleri çizelge 4.7' de verilmiştir.

Çizelge 4.7: Dış duvar alternatifleri ve özellikleri

	MALZEME	ISI GEÇİRME KATSAYISI, U (W/m ² K)
M_AL1	Dekoratif sıva+silikon esaslı dış cephe boyası	0,46
	Elastik Sıva	
	XPS	
	Dış sıva	
	Taş Duvar	
	İç sıva	
	Boya	
M_AL2	Dekoratif sıva+silikon esaslı dış cephe boyası	0,46
	Elastik Sıva	
	XPS	
	Dış sıva	
	Dökme Beton	
	İç sıva	
	Boya	

M_AL1 için yıllık ısıtma enerjisi giderinin 168416,92 kWh olduğu M_AL2 için 163808,75 kWh olduğu görülmüştür. Oluşturulan dış duvar alternatifleri M_AL1 ve M_AL2 için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları şekil 4.17’de verilmiştir



Şekil 4.17: MAL1 ve MAL2 için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları

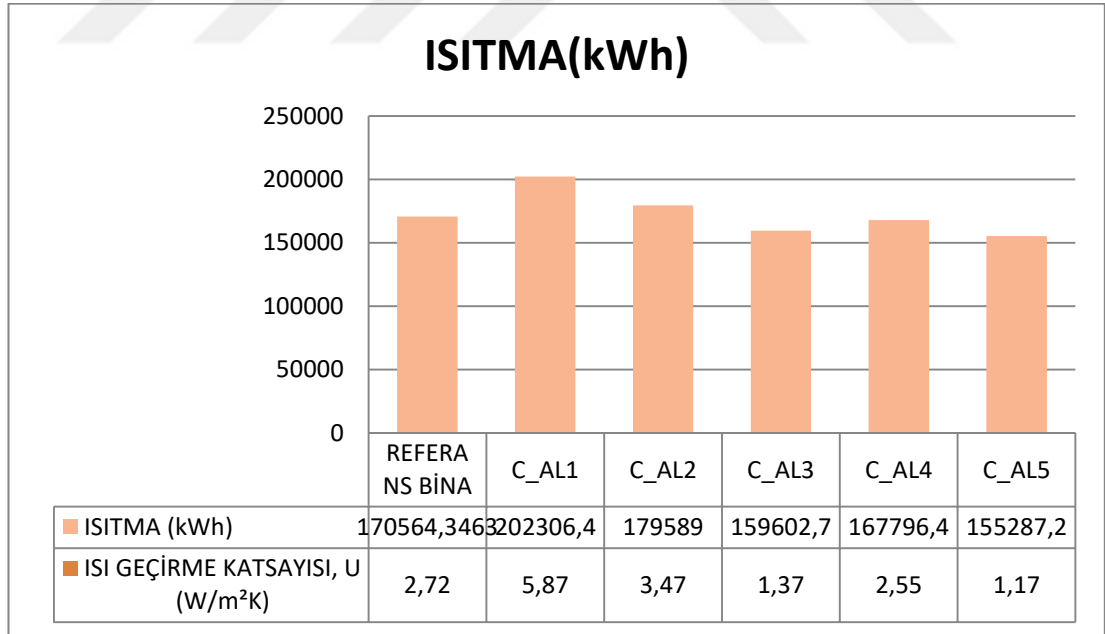
Üçüncü aşamada, bina kabuğunda farklı saydam bileşen alternatiflerinin kullanılması durumunda yıllık ısıtma enerjisi harcamaları hesaplanmıştır.

Tüm alternatiflerde PVC doğrama kabul edilmiş ve pencere camı için çizelge 4.8’de görüldüğü gibi farklı özellikler denenmiştir. Referans binada 4 mm berrak 12 mm hava boşluklu çift cam için ısı geçirme katsayısı 2.72 W/m²K ve bina için yıllık ısıtma enerjisi gideri 170564,34 kWh’dir. Tek cam alternatifi için hesaplamalar yapıldığında ısı geçirme katsayısı 5,87 W/m²K ve bina için yıllık ısıtma enerjisi gideri 202306,4 kWh’dir. Tek cam low-e olarak kaplandığında ısı geçirme katsayısı 3,47 W/m²K ve bina için yıllık ısıtma enerjisi gideri 179589 kWh’dir. Çift cama low-e kaplaması uygulandığında ise ısı geçirme katsayısı 1,37 W/m²K ve yıllık ısıtma enerjisi gideri 159602,7 kWh olmaktadır. Referans binada olan berrak çift camda hava boşluğu yerine 12 mm argon gazı kullanıldığında ısı geçirme katsayısı 2,55 W/m²K ve yıllık ısıtma gideri 167796,4 kWh olmaktadır. Son olarak argon gazıyla oluşturulan alternatifte camlar low-e olarak kaplandığında ısı geçirme katsayısı 1,17 W/m²K olurken, yıllık ısıtma enerjisi gideri 155287,2 kWh olmaktadır.

Saydam bileşen alternatifleri için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları şekil 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.8: Saydam bileşen alternatifleri ve özellikleri

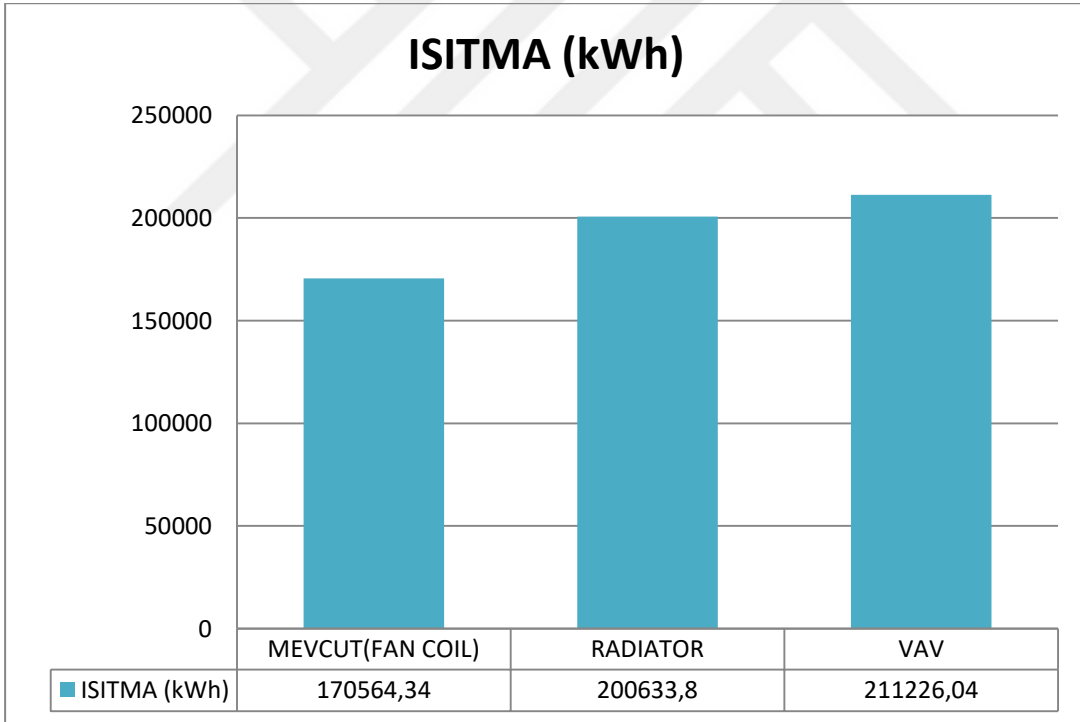
ALTERNATİF	ÖZELLİKLER	ISI GEÇİRME KATSAYISI, U (W/m ² K)
Referans Bina	4 mm Berrak 12 mm Hava Boşluklu Çift Cam	2,72
C_AL1	4 mm Berrak Tek Cam	5,87
C_AL2	4 mm Low-e Tek Cam	3,47
C_AL3	4 mm Low-e 12 mm Hava Boşluklu Çift Cam	1,37
C_AL4	4 mm Berrak 12 mm Argon Gazı Boşluklu Çift Cam	2,55
C_AL5	4 mm Low-e 12 mm Argon Gazı Boşluklu Çift Cam	1,17



Şekil 4.18: Saydam bileşen alternatifleri için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları

4.7. Aktif Sistemlere İlişkin Farklı Alternatiflerin Oluşturulması ve Yıllık Isıtma Enerjisi Harcamalarının Hesaplanması

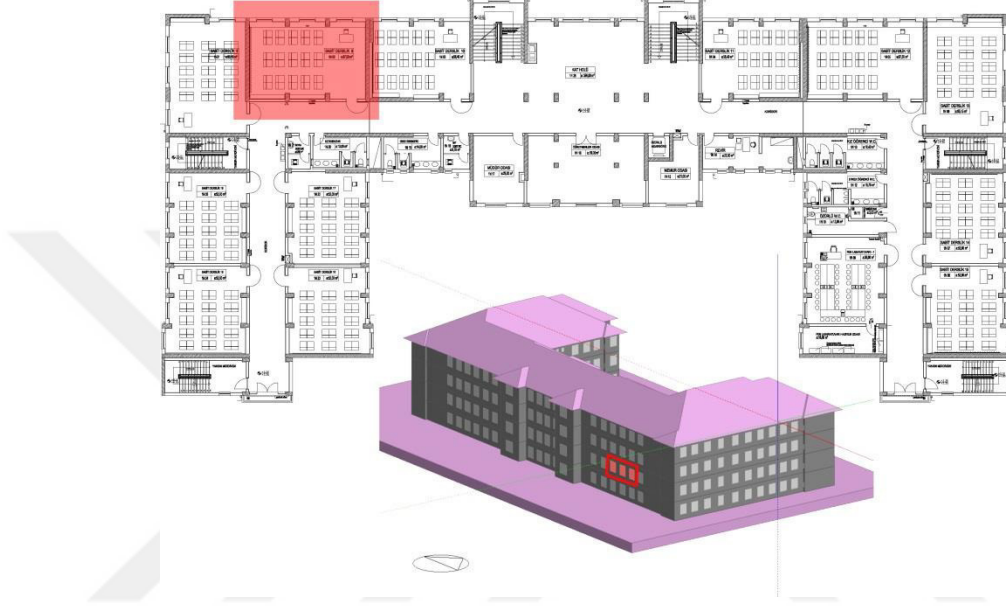
Bu bölümde binada kullanılan aktif sistemlerin binanın yıllık ısıtma enerjisi harcamalarına etkisini görebilmek için farklı aktif sistem alternatifleri oluşturulmuştur. Referans binada kullanılan HVAC işletim modeli analizlerde dört borulu fan coil sistem olarak ele alınmıştır. Fan coil sistem tek tek kontrol edilen zonlara ısıtma sağlamaktadır. Alternatif olarak radyatör ve VAV tipi işletimlerin kullanıldığı alternatifler oluşturulmuş ve ısıtma enerjisi harcamalarına etkisi incelenmiştir. Fan coil sistem kullanılan referans binada yıllık ısıtma enerjisi harcaması 170564,34 kWh iken radyatör tipi işletim kullanıldığında 200633,8 kWh'e çıkmış, VAV tipi sistem kullanıldığında ise 211226,04 kWh'e çıkmıştır. Aktif sistem alternatiflerine ilişkin yıllık ısıtma enerjisi harcamaları şekil 4.19'da verilmiştir.



Şekil 4.19: Aktif sistem alternatifleri ve yıllık ısıtma enerjisi harcamaları

4.8. Oluşturulan Alternatiflerin Seçilen Bir Derslik İçin Aktif ve Pasif Sistem Olarak İç İklim Değişkenlerinin Değerlerine Etkisinin İncelenmesi

Bu bölümde binada pasif sistem olarak performans değerlendirmesi yapabilmek için okul binasında fonksiyonel açıdan birinci derecede önemli hacim olan bir derslik hacmi pasif sistem olarak değerlendirmek üzere seçilmiştir. 1.katta yer alan 9 nolu seçilen derslik hacmi şekil 4.20’de gösterilmiştir.,



Şekil 4.20: Seçilen dersliğin referans binadaki konumu

Seçilen derslikte;

- aktif sistemlerin devrede olduğu durum için iç iklim değişkenlerinin değerlerindeki değişimler ile
- aktif sistemlerin devrede olmadığı diğer bir deyişle dersliğin pasif sistem olarak işlev gördüğü durum için iç iklim değişkenlerinin değerlerindeki değişimler

belirlenerek karşılaştırma yapılmış ve dersliğin pasif sistem olarak performansı değerlendirilmiştir.

Aktif sistemlerin devrede olduğu ve devrede olmadığı durumlar için her ayın 21. Gününde, seçilen derslikte operatif sıcaklık, ortalama ışımsal sıcaklık, güneş ışınlım kazancı gibi iç iklim değişkenleri değerleri hesaplanmış bakılmış sonuçlar grafikler şeklinde sunulmuştur.

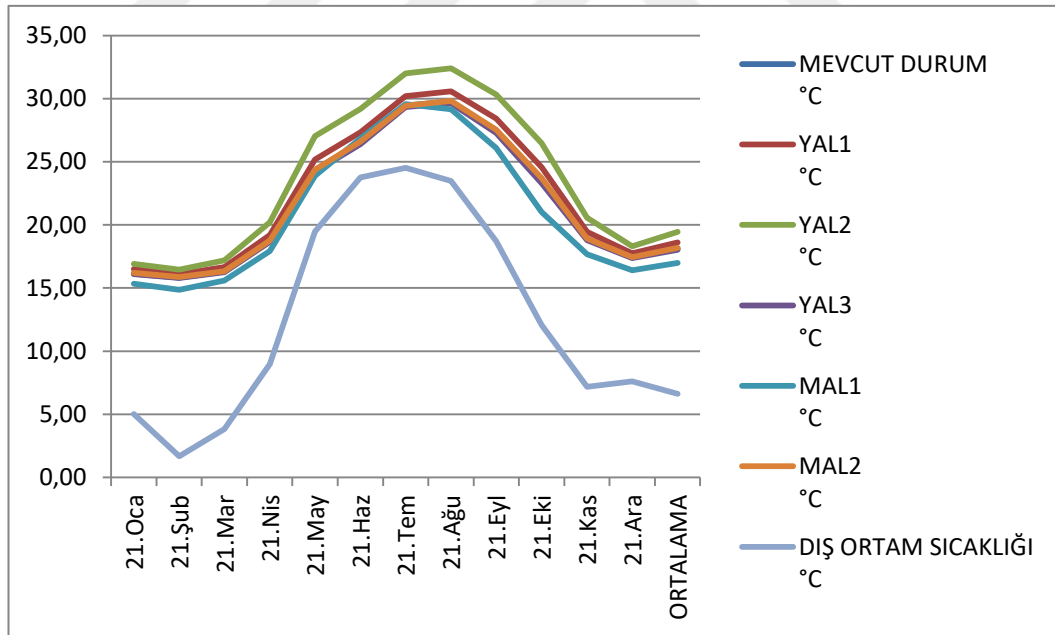
Farklı bina kabuğu alternatifleri için önce mevcut ısıtma sistemi (fan coil HVAC işletim sistemi) devredeyken analizler yapılmıştır.

Seçilen derslik için aktif sistemler devrede iken farklı opak bileşen alternatiflerine bağlı olarak operatif sıcaklık değişimleri çizelge 4.9'da verilmiştir. Isıtmanın istenildiği aylar için referans binada ortalama operatif sıcaklığın 18,12 °C olduğu görülmektedir. YAL1 alternatifinde operatif sıcaklığın 0,5 °C derece arttığı görülmüştür. YAL2 alternatifinde ise ortalama operatif sıcaklığın 1,3 °C arttığı görülmüştür. Opak bileşenin ısı geçirme katsayısı değiştirilmeden, MAL1 alternatifinde operatif sıcaklığın 1,2 °C azaldığı görülürken MAL2 ve YAL3 alternatiflerinde bu değişim ihmal edilecek kadar azdır.



Çizelge 4.9: Aktif sistemlerin devrede olduğu durumda opak bileşen alternatifleri için operatif sıcaklık değişimleri

OPAK BİLEŞEN ALTERNATİFLERİ							
AKTİF SİSTEMLERİN DEVREDE OLDUĞU DURUMDA OPERATİF SICAKLIK							
	REFERANS BİNA °C	Y_AL1 °C	Y_AL2 °C	Y_AL3 °C	M_AL1 °C	M_AL2 °C	DIŞ ORTAM SICAKLIĞI °C
21.Oca	16,13	16,50	16,90	16,09	15,35	16,21	5,01
21.Şub	15,83	16,10	16,46	15,79	14,87	15,86	1,68
21.Mar	16,30	16,67	17,18	16,25	15,59	16,34	3,82
21.Nis	18,74	19,20	20,21	18,65	17,92	18,77	8,98
21.May	24,35	25,19	27,02	24,21	23,88	24,36	19,48
21.Haz	26,55	27,33	29,17	26,40	26,85	26,59	23,74
21.Tem	29,46	30,20	32,00	29,34	29,56	29,43	24,51
21.Ağu	29,78	30,57	32,40	29,64	29,16	29,80	23,47
21.Eyl	27,48	28,43	30,32	27,29	26,10	27,55	18,71
21.Eki	23,53	24,56	26,47	23,31	21,03	23,70	12,07
21.Kas	18,89	19,46	20,55	18,80	17,68	18,91	7,18
21.Ara	17,43	17,75	18,30	17,36	16,42	17,44	7,60
ORTALAMA	18,12	18,61	19,44	18,04	16,98	18,17	6,62

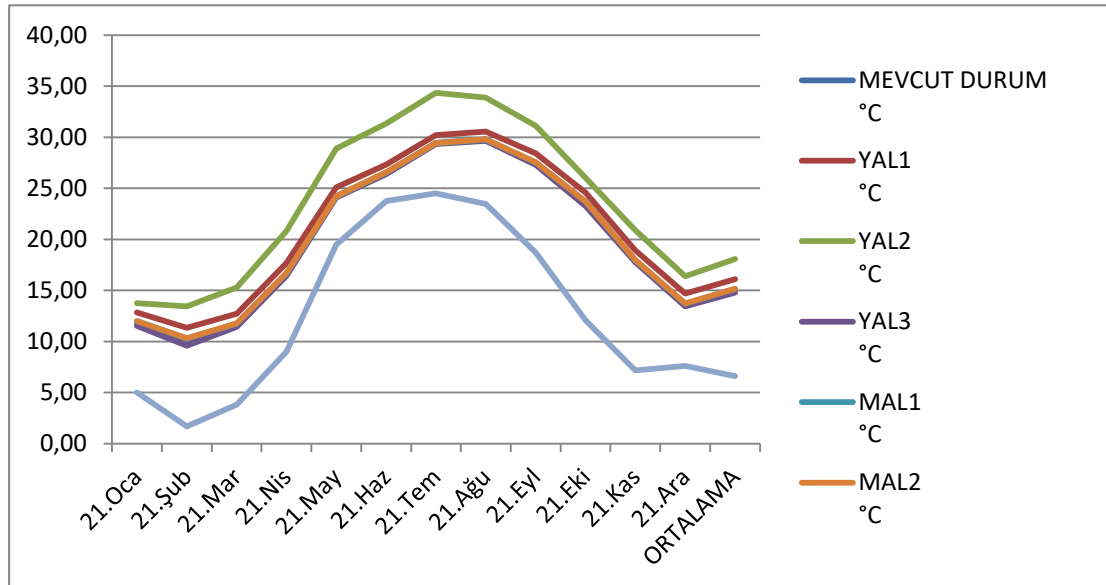


Seçilen derslik için aktif sistemler kapatıldığında farklı opak bileşen alternatifleri için operatif sıcaklık değişimleri çizelge 4.10'da verilmiştir. Isıtmanın istenildiği aylarda referans bina için ortalama operatif sıcaklık 15,02 °C olarak görülmektedir. YAL1 alternatifi için ortalama operatif sıcaklık 1 °C artarak 16,1 °C ye çıkıyor, YAL2

alternatifi için ortalama operatif sıcaklık 3 °C artarak 18 °C ye çıktığı görülmektedir. YAL3 alternatifinde ise ortalama operatif sıcaklık 0,3 °C azalarak 14,7 °C ye düşmektedir. Farklı malzemelerle oluşturulan MAL1 ve MAL2 alternatiflerinde ise operatif sıcaklık değişiminin ihmal edilebilecek düzeyde az olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.10: Aktif sistemlerin devrede olmadığı durumda opak bileşen alternatifleri için operatif sıcaklık değişimleri

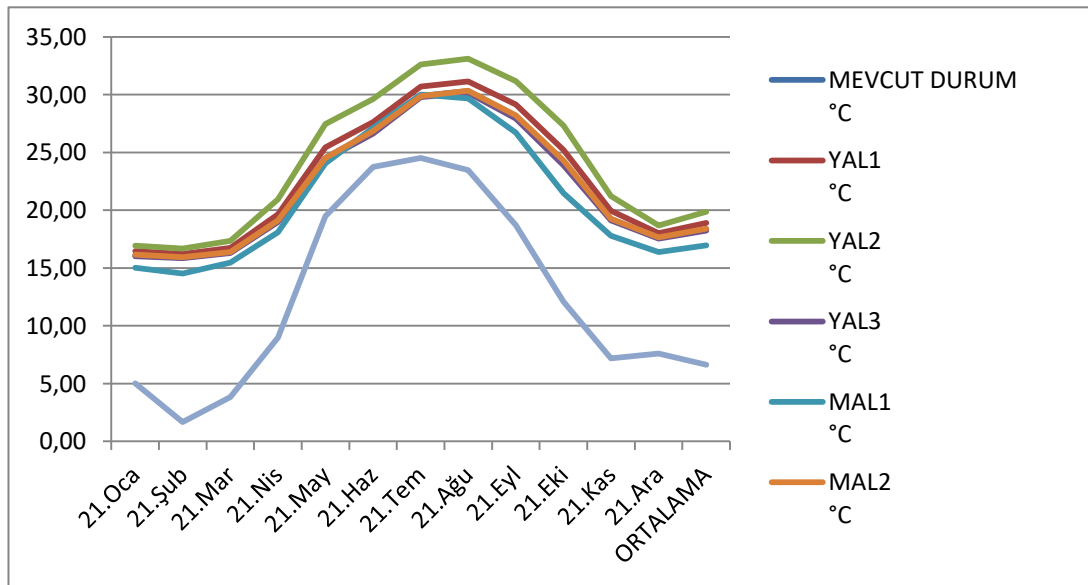
OPAK BİLEŞEN ALTERNATİFLERİ							
AKTİF SİSTEMLERİN DEVREDE OLMADIĞI DURUMDA OPERATİF SICAKLIK							
AYLAR	REFERANS BİNA °C	Y_AL1 °C	Y_AL2 °C	Y_AL3 °C	M_AL1 °C	M_AL2 °C	DIŞ ORTAM SICAKLIĞI °C
21.Oca	11,79	12,85	13,75	11,54	12,00	11,99	5,01
21.Şub	9,99	11,34	13,44	9,60	10,31	10,31	1,68
21.Mar	11,67	12,73	15,28	11,42	11,74	11,77	3,82
21.Nis	16,63	17,67	20,82	16,41	16,67	16,71	8,98
21.May	24,23	25,09	28,90	24,10	24,18	24,23	19,48
21.Haz	26,54	27,31	31,33	26,39	26,54	26,57	23,74
21.Tem	29,46	30,20	34,34	29,34	29,38	29,43	24,51
21.Ağu	29,78	30,57	33,88	29,64	29,77	29,80	23,47
21.Eyl	27,48	28,43	31,13	27,29	27,52	27,55	18,71
21.Eki	23,51	24,55	26,00	23,26	23,68	23,69	12,07
21.Kas	17,93	18,91	20,89	17,75	17,96	18,00	7,18
21.Ara	13,65	14,69	16,40	13,45	13,69	13,73	7,60
ORTALAMA	15,02	16,11	18,08	14,78	15,15	15,17	6,62



Seçilen derslik için farklı opak bileşen alternatiflerine bağlı olarak ortalama ışımsal sıcaklıkları değişimi çizelge 4.11’de verilmiştir. YAL1 alternatifi için ortalama ışımsal sıcaklığı 0,5 °C artarken, YAL2 alternatifi için 1,5 °C arttığı görülmüştür. Farklı duvar malzemeleri ile oluşturulan MAL1 alternatifinde ortalama ışımsal sıcaklık değeri 1,4 °C düşerken MAL2 ve YAL3 alternatiflerinde ise değişim ihmal edilebilecek düzeyde azdır.

Çizelge 4.11: Aktif sistemlerin devrede olduğu durumda opak bileşen alternatifleri için ortalama ışımsal sıcaklık değişimleri

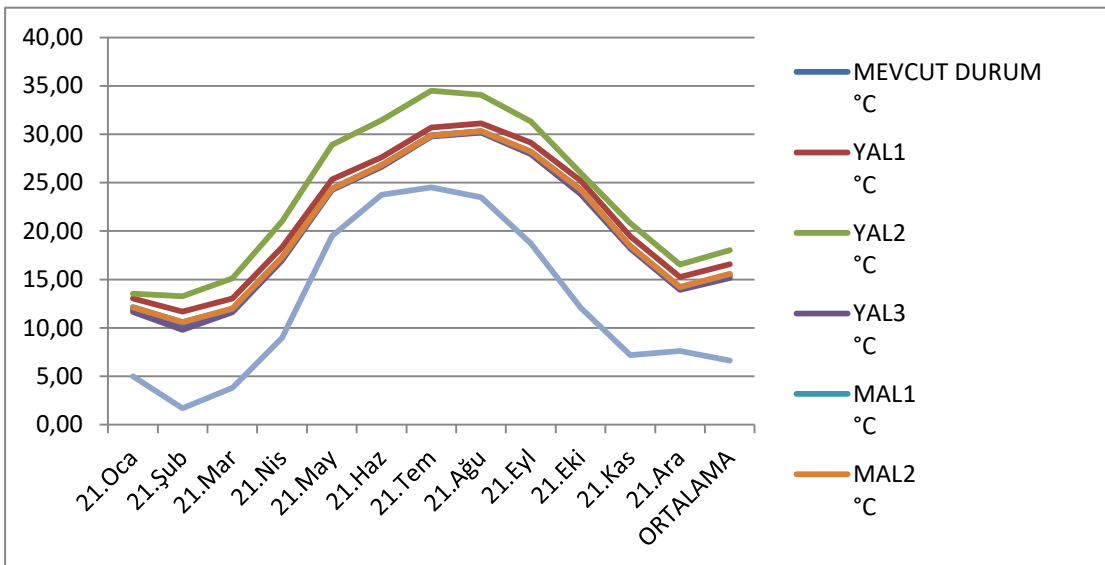
OPAK BİLEŞEN ALTERNATİFLERİ							
AKTİF SİSTEMLERİN DEVREDE OLDUĞU DURUMDA ORTALAMA İŞİNİMSAL SICAKLIK							
	REFERANS BİNA °C	Y_AL1 °C	Y_AL2 °C	Y_AL3 °C	M_AL1 °C	M_AL2 °C	DIŞ ORTAM SICAKLIĞI °C
21.Oca	16,07	16,45	16,92	16,02	15,01	16,15	5,01
21.Şub	15,90	16,21	16,67	15,84	14,52	15,94	1,68
21.Mar	16,35	16,74	17,35	16,29	15,45	16,39	3,82
21.Nis	19,08	19,66	20,95	18,98	18,11	19,13	8,98
21.May	24,52	25,44	27,46	24,37	24,06	24,53	19,48
21.Haz	26,79	27,62	29,63	26,63	27,13	26,83	23,74
21.Tem	29,90	30,69	32,62	29,78	30,01	29,87	24,51
21.Ağu	30,30	31,14	33,11	30,16	29,66	30,33	23,47
21.Eyl	28,14	29,14	31,16	27,94	26,71	28,21	18,71
21.Eki	24,12	25,22	27,30	23,87	21,48	24,30	12,07
21.Kas	19,22	19,94	21,23	19,11	17,78	19,25	7,18
21.Ara	17,63	18,00	18,68	17,54	16,39	17,64	7,60
ORTALAMA	18,34	18,89	19,87	18,24	16,96	18,40	6,62



Aktif sistemlerin devrede olmadığı durumda seçilen derslik için ısıtmanın istenildiği aylarda ortalama ışımsal sıcaklık değerleri için yapılan analiz sonuçları çizelge 4.12’de verilmiştir. Değerlere bakıldığında YAL1 alternatifi için ortalama ışımsal sıcaklık 1,1 °C artarken, YAL2 alternatifi için 2,5 °C arttığı görülmektedir. YAL3 alternatifi için ise ortalama ışımsal sıcaklık değerinin 0,3 °C azaldığı görülmektedir. Farklı opak bileşen malzemeleriyle oluşturulan MAL1 ve MAL2 alternatiflerinde ise değişimin ihmal edilebilecek düzeyde olduğu görülmektedir.

Çizelge4.12: Aktif sistemlerin devrede olmadığı durumda opak bileşen alternatifleri için ortalama ışımsal sıcaklık değişimleri

OPAK BİLEŞEN ALTERNATİFLERİ							
AKTİF SİSTEMLERİN DEVREDE OLMADIĞI DURUMDA ORTALAMA İŞINIMSAL SICAKLIK							
	REFERANS BİNA °C	Y_AL1 °C	Y_AL2 °C	Y_AL3 °C	M_AL1 °C	M_AL2 °C	DIŞ ORTAM SICAKLIĞI °C
21.Oca	11,90	13,04	13,52	11,63	12,13	12,12	5,01
21.Şub	10,22	11,68	13,26	9,81	10,58	10,57	1,68
21.Mar	11,89	13,05	15,12	11,62	11,96	12,00	3,82
21.Nis	17,22	18,32	21,00	16,99	17,27	17,31	8,98
21.May	24,39	25,33	28,90	24,25	24,33	24,39	19,48
21.Haz	26,77	27,61	31,46	26,61	26,78	26,81	23,74
21.Tem	29,90	30,69	34,50	29,77	29,82	29,87	24,51
21.Ağu	30,30	31,14	34,05	30,16	30,29	30,33	23,47
21.Eyl	28,14	29,14	31,31	27,94	28,18	28,21	18,71
21.Eki	24,09	25,22	25,99	23,82	24,28	24,28	12,07
21.Kas	18,38	19,45	20,80	18,19	18,42	18,45	7,18
21.Ara	14,14	15,25	16,53	13,93	14,18	14,23	7,60
ORTALAMA	15,41	16,57	18,03	15,14	15,54	15,57	6,62

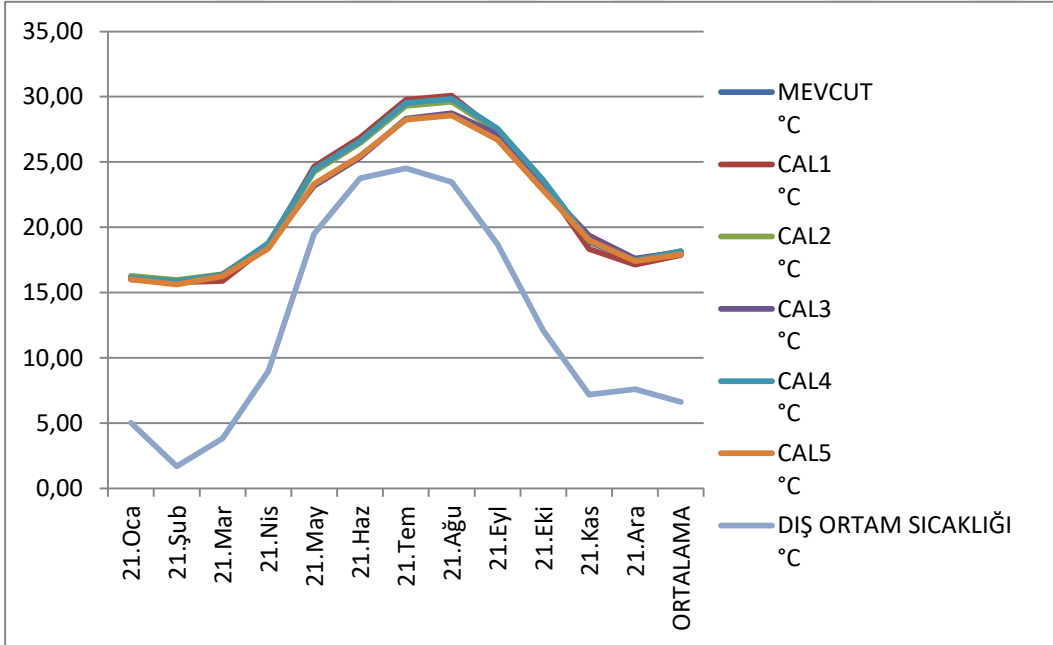


Saydam bileşenlerden geçen güneş ışınımı kazançlarını hesaplamak için saydam bileşenlere ilişkin alternatifler oluşturulmuş ve iç iklim değişkenlerinin değerlerine ilişkin analizler yapılmıştır. Referans binada 4 mm berrak cam ve 12 mm hava boşluklu çift cam kullanılmıştır. Oluşturulan alternatiflerde ise berrak tek cam, low-e kaplamalı çift cam, referans binada hava boşluğu yerine argon gazının kullanılması ve argon gazlı alternatifte low-e kaplama gibi seçenekler sunulmuş ve analiz edilmiştir.

Aktif sistemler devrede iken saydam bileşen alternatiflerine ilişkin oluşturulan alternatiflere ait analiz sonuçları çizelge 4.13’de verilmiştir. Referans binada seçilen derslik için ortalama operatif sıcaklık 18,12 °C iken tek cam ile oluşturulan C_AL1 alternatifi için operatif sıcaklığın 0,3 °C azaldığı görülmektedir. Tek cam üzerine low-e kaplama yapıldığı C_AL2 için ise referans binayla aynı sıcaklığa ulaştığı görülmektedir. Referans binada kullanılan çift cam üzerine low-e kaplama uygulandığı C_AL3 alternatifi operatif sıcaklık ihmal edilebilir derecede artıyor. Bu alternatifte hava boşluğu yerine argon gazı eklendiğinde ise C_AL4 alternatifinde operatif sıcaklık 0,2 °C gibi düşük bir değerde azalmaktadır. Çift camda hem argon gazının hem low-e kaplamanın kullanıldığı C_AL5 alternatifi için ise operatif sıcaklığın ihmal edilir seviyede azaldığı görülmektedir.

Çizelge 4.13: Aktif sistemlerin devrede olduğu durumda saydam bileşen alternatifleri için operatif sıcaklık değişimleri

SAYDAM BİLEŞEN ALTERNATİFLERİ							
AKTİF SİSTEMLERİN DEVREDE OLDUĞU DURUMDA OPERATİF SICAKLIK							
AYLAR	REFERANS BİNA °C	C_AL1 °C	C_AL2 °C	C_AL3 °C	C_AL4 °C	C_AL5 °C	DIŞ ORTAM SICAKLIĞI °C
21.Oca	16,13	16,01	16,29	16,04	16,15	16,00	5,01
21.Şub	15,83	15,79	15,96	15,73	15,85	15,61	1,68
21.Mar	16,30	15,89	16,40	16,38	16,35	16,26	3,82
21.Nis	18,74	18,61	18,73	18,61	18,78	18,36	8,98
21.May	24,35	24,63	24,25	23,17	24,41	23,31	19,48
21.Haz	26,55	26,87	26,46	25,36	26,61	25,47	23,74
21.Tem	29,46	29,77	29,30	28,33	29,52	28,24	24,51
21.Ağu	29,78	30,08	29,62	28,73	29,84	28,57	23,47
21.Eyl	27,48	27,30	27,38	27,13	27,56	26,69	18,71
21.Eki	23,53	23,36	23,34	23,10	23,61	22,83	12,07
21.Kas	18,89	18,34	18,99	19,37	18,94	19,02	7,18
21.Ara	17,43	17,13	17,51	17,59	17,46	17,41	7,60
ORTALAMA	18,12	17,88	18,17	18,12	18,16	17,93	6,62

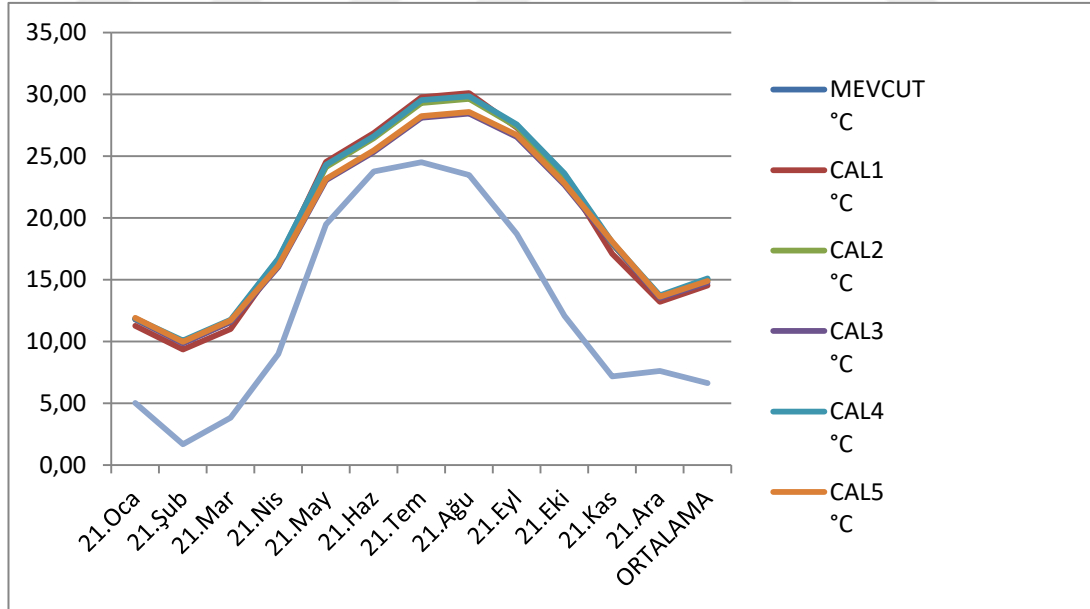


Aktif sistemler devre dışı bırakıldığında saydam bileşen alternatiflerine bağlı olarak operatif sıcaklığa ilişkin yapılan analiz sonuçları çizelge 4.14’de verilmiştir. Referans bina için seçilen derslikte aktif sistemler devrede olmadığı durumda operatif sıcaklık

15,02 °C'dir. C_AL 1,C_AL2, C_AL3,C_AL5 alternatifleri için sırasıyla operatif sıcaklık 0,5, 0,1, 0,3,0,2 °C azalırken C_AL4 alternatifi için 0,1 °C artmaktadır.

Çizelge 4.14: Aktif sistemlerin devrede olmadığı durumda saydam bileşenler için operatif değişimleri

SAYDAM BİLEŞEN ALTERNATİFLERİ							
AKTİF SİSTEMLERİN DEVREDE OLMADIĞI DURUMDA OPERATİF SICAKLIK							
AYLAR	REFERANS BİNA °C	C_AL1 °C	C_AL2 °C	C_AL3 °C	C_AL4 °C	C_AL5 °C	DIŞ ORTAM SICAKLIĞI °C
21.Oca	11,79	11,26	11,80	11,81	11,86	11,91	5,01
21.Şub	9,99	9,36	9,90	9,83	10,08	9,97	1,68
21.Mar	11,67	11,01	11,60	11,57	11,75	11,69	3,82
21.Nis	16,63	16,43	16,54	16,02	16,70	16,14	8,98
21.May	24,23	24,53	24,12	23,04	24,29	23,16	19,48
21.Haz	26,54	26,86	26,44	25,33	26,59	25,45	23,74
21.Tem	29,46	29,77	29,30	28,11	29,52	28,24	24,51
21.Ağu	29,78	30,08	29,62	28,43	29,84	28,57	23,47
21.Eyl	27,48	27,30	27,38	26,55	27,56	26,69	18,71
21.Eki	23,51	23,32	23,32	22,66	23,59	22,80	12,07
21.Kas	17,93	17,10	17,90	17,94	18,01	18,06	7,18
21.Ara	13,65	13,21	13,64	13,52	13,72	13,63	7,60
ORTALAMA	15,02	14,53	14,96	14,76	15,10	14,89	6,62



C_AL1, C_AL2, C_AL3, C_AL4, C_AL5 alternatiflerinde seçilen derslik için yıllık güneş ışıını kazancı Çizelge 4.15'de verilmiştir. Tek camın kullanıldığı C_AL1 alternatifinde güneş ışıını kazancı 5190,39 kWh'e çıkarken, tek camın low-e ile

kaplandığı C_AL2 alternatifinde 3805,93 kWh'e düşmüştür. Çift camın low-e kaplama ile kaplandığı alternatif C_AL3 için güneş ışıını kazancı 2133,89 kWh'e düşmüş, referans binadaki çift camda hava boşluğu yerine argon gazının kullanıldığı C_AL4 alternatifinde ise referans binaya göre güneş ışıını kazancı değişmemiştir. Argon gazıyla birlikte low-e kaplamanın uygulandığı alternatif C_AL5'te ise C_AL3 ile aynı sonuç elde edilmiş güneş ışıını kazancı 2133,89 kWh bulunmuştur.

Çizelge 4.15:C_AL1, C_AL2,C_AL3, C_AL4, C_AL5 alternatifleri için yıllık güneş ışıını kazancı

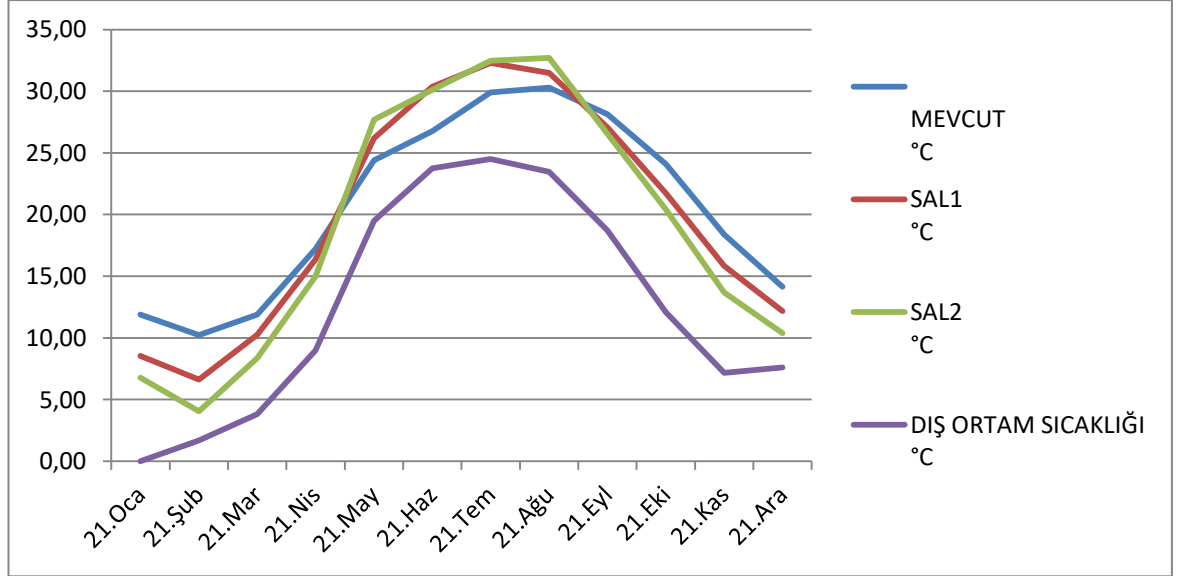
	GÜNEŞ İŞİNİMİ KAZANCI kWh
R.BİNA	3960,82
C_AL1	5190,39
C_AL2	3805,92
C_AL3	2133,89
C_AL4	3960,82
C_AL5	2133,89

Derslik için farklı saydamlık oranlarıyla oluşturulan S_AL1 ve S_AL2 alternatiflerinde aktif sistemlerin devrede olduğu ve olmadığı durumlarda operatif sıcaklığa ilişkin analiz sonuçları çizelge 4.16'da verilmiştir. Aktif sistemlerin devrede olduğu durumda S_AL1 alternatifi için bakıldığında; ısıtmanın istendiği aylarda operatif sıcaklık referans binaya göre 1 °C'ye kadar azalma gösterirken yaz aylarında güneş ışıını kazancından dolayı operatif sıcaklığın referans binaya göre artış gösterdiği görülmektedir. S_AL2 alternatifi için ısıtmanın istendiği aylarda operatif sıcaklık referans binaya göre 3°C'ye kadar azalma gösterirken S_AL1 alternatifinde olduğu gibi yaz aylarında güneş ışıını kazancından dolayı artış gösterdiği görülmektedir.

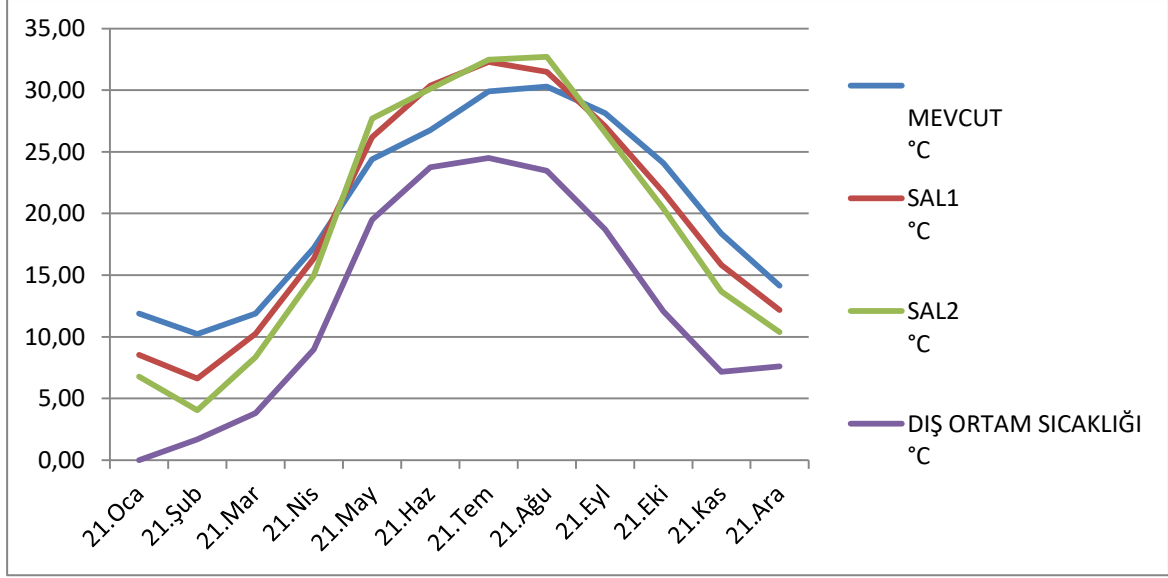
Aktif sistemlerin devrede olmadığı durumda ise S_AL1 alternatifi için ısıtmanın istendiği aylarda, referans binaya göre operatif sıcaklık 3 °C'ye kadar azalma gösterirken , S_AL2 alternatifinde 5°C' ye kadar azalma göstermektedir. Her iki alternatif içinde yaz aylarında güneş ışıını kazancından dolayı operatif sıcaklıkta artış görülmektedir. Şekil 4.21' de aktif sistemlerin devrede olduğu durumda S_AL1 ve S_AL2 alternatifleri için operatif sıcaklık değişimi, şekil 4.22'de ise aktif sistemlerin devrede olmadığı durumda operatif sıcaklık değişimi görülmektedir.

Çizelge 4.16: Aktif sistemlerin devrede olduğu ve olmadığı durumlarda saydamlık oranı alternatifleri için operatif sıcaklık değişimleri

SAYDAMLIK ORANI ALTERNATİFLERİ							
AYLAR	AKTİF SİSTEMLER DEVREDE OLDUĞU DURUMDA OPERATİF SICAKLIK			AKTİF SİSTEMLER DEVREDE OLMADIĞI DURUMDA ORTALAMA OPERATİF SICAKLIK			DIŞ ORTAM SICAKLIĞI °C
	REFERANS BİNA °C	S_AL1 °C	S_AL2 °C	REFERANS BİNA °C	S_AL1 °C	S_AL2 °C	
21.Oca	16,13	15,71	13,60	11,79	8,64	6,47	5,01
21.Şub	15,83	14,60	14,32	9,99	6,61	4,21	1,68
21.Mar	16,30	15,90	15,10	11,67	10,16	8,67	3,82
21.Nis	18,74	17,03	17,01	16,63	15,85	15,05	8,98
21.May	24,35	26,22	27,33	24,23	25,89	27,69	19,48
21.Haz	26,55	30,11	30,49	26,54	30,03	30,11	23,74
21.Tem	29,46	31,58	32,03	29,46	31,78	32,48	24,51
21.Ağu	29,78	30,68	32,21	29,78	30,97	32,72	23,47
21.Eyl	27,48	27,28	26,09	27,48	26,52	26,55	18,71
21.Eki	23,53	21,31	22,23	23,51	21,35	20,67	12,07
21.Kas	18,89	17,45	16,56	17,93	15,59	13,24	7,18
21.Ara	17,43	15,83	13,97	13,65	11,83	9,75	7,60



Şekil 4.21: S_AL1 ve S_AL2 için aktif sistemlerin devrede olduğu durumda operatif sıcaklık değişimi



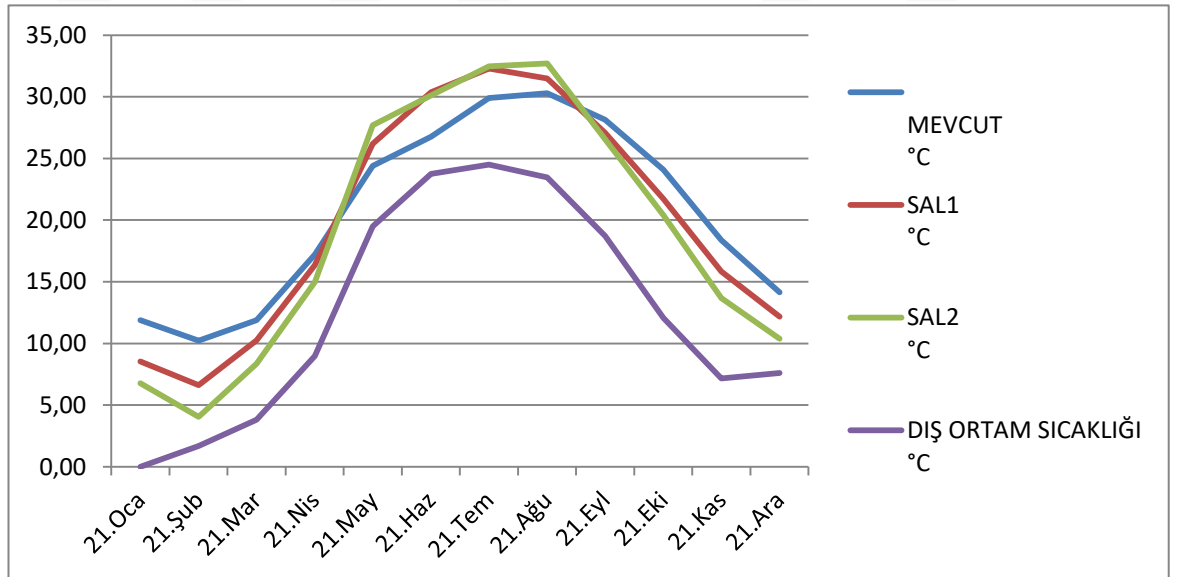
Şekil 4.22: S_AL1 ve S_AL2 için aktif sistemlerin devrede olmadığı durumda operatif sıcaklık değişimi

Derslik için farklı saydamlık oranlarıyla oluşturulan S_AL1 ve S_AL2 alternatiflerinde aktif sistemlerin devrede olduğu ve olmadığı durumlarda ortalama ışımsal sıcaklığa ilişkin analiz sonuçları çizelge 4.17’de verilmiştir. Aktif sistemlerin devrede olduğu durumda S_AL1 alternatifi için, ısıtmanın istendiği aylarda ortalama ışımsal sıcaklık değerleri referans binaya göre 1,5 °C’ye kadar azalırken, S_AL2 alternatifi için 4 °C’ye azalma göstermektedir.

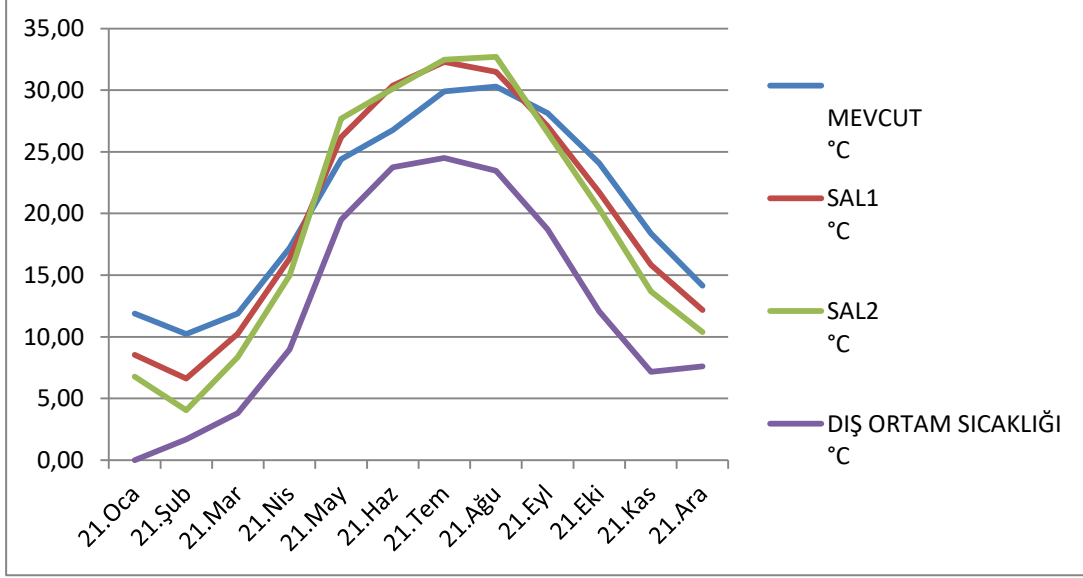
Aktif sistemlerin devrede olmadığı durumda S_AL1 alternatifi için ısıtmanın istendiği aylarda referans binaya göre ortalama ışımsal sıcaklık değerleri 3,5 °C’ye kadar azalma gösterirken, S_AL2 alternatifi için referans binaya göre 5°C’ye kadar azalma görülmektedir. Şekil 4.23’de aktif sistemlerin devrede olduğu durum için ortalama sıcaklık değişimi , şekilde 4.24’de aktif sistemlerin devrede olmadığı durum için ortalama sıcaklık değişimi grafiği verilmiştir.

Çizelge 4.17: Aktif sistemlerin devrede olduğu ve olmadığı durumlarda saydamlık oranı alternatifleri için ortalama ışımsal sıcaklık değişimleri

SAYDAMLIK ORANI ALTERNATİFLERİ							
AYLAR	AKTİF SİSTEMLER DEVREDE OLDUĞU DURUMDA ORTALAMA İŞİNİMSAL SICAKLIK			AKTİF SİSTEMLER DEVREDE OLMADIĞI DURUMDA ORTALAMA İŞİNİMSAL SICAKLIK			DIŞ ORTAM SICAKLIĞI °C
	REFERANS BİNA °C	S_AL1 °C	S_AL2 °C	REFERANS BİNA °C	S_AL1 °C	S_AL2 °C	
21.Oca	16,07	14,78	12,31	11,90	8,53	6,77	5,01
21.Şub	15,90	15,84	14,32	10,22	6,61	4,06	1,68
21.Mar	16,35	15,76	14,51	11,89	10,26	8,36	3,82
21.Nis	19,08	17,54	16,46	17,22	16,34	14,98	8,98
21.May	24,52	26,38	27,33	24,39	26,19	27,69	19,48
21.Haz	26,79	30,31	31,60	26,77	30,38	30,11	23,74
21.Tem	29,90	32,01	32,03	29,90	32,29	32,48	24,51
21.Ağu	30,30	31,13	32,21	30,30	31,49	32,72	23,47
21.Eyl	28,14	27,80	26,09	28,14	27,06	26,55	18,71
21.Eki	24,12	21,50	20,23	24,09	21,74	20,41	12,07
21.Kas	19,22	18,92	17,69	18,38	15,84	13,68	7,18
21.Ara	17,63	16,35	14,97	14,14	12,17	10,39	7,60



Şekil 4.23: S_AL1 ve S_AL2 için aktif sistemlerin devrede olduğu durumda ortalama ışımsal sıcaklık değişimi



Şekil 4.24: S_AL1 ve S_AL2 için aktif sistemlerin devrede olmadığı durumda ortalama ışımsal sıcaklık değişimi

S_AL1 ve S_AL2 alternatifleri için yıllık güneş ışımsal kazançları çizelge 4.18’de verilmiştir. SAL1 alternatifi için yıllık güneş ışımsal kazancı 6980,21 kWh iken S_AL2 alternatifi için 9874,98 kWh’dir.

Çizelge 4.18: S_AL1 ve S_AL2 alternatifleri için yıllık güneş ışımsal kazançları

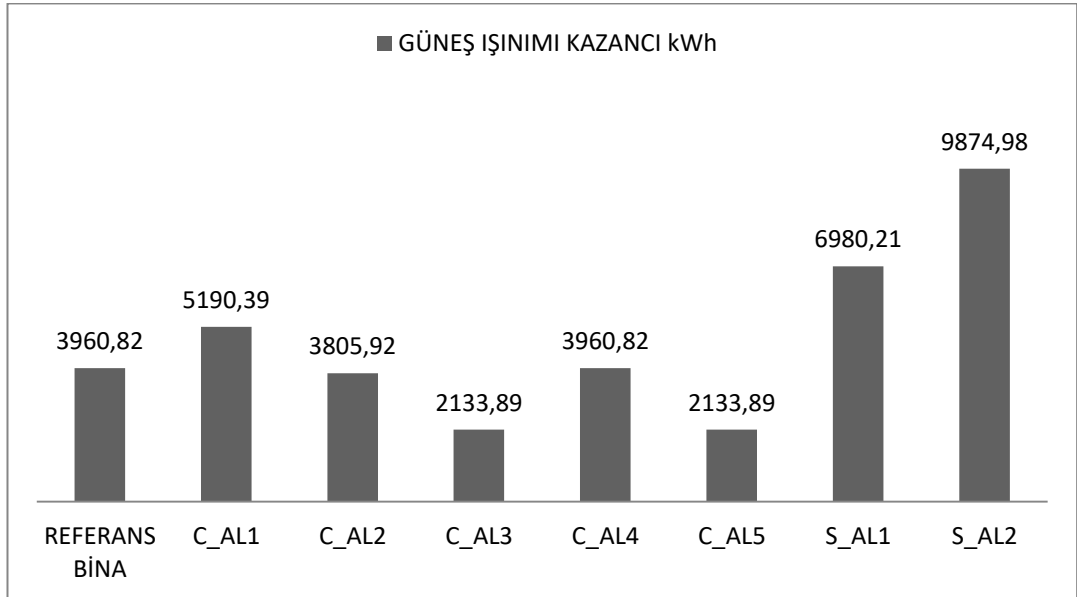
	GÜNEŞ İŞİNIMI KAZANCI kWh
REFERANS BİNA	3960,82
S_AL1	6980,21
S_AL2	9874,98

4.9 Referans Bina ve Seçilen Derslik için Yapılan Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde referans bina ve seçilen derslik için yapılan simülasyon sonuçları karşılaştırılmalı olarak özetlenmiştir.

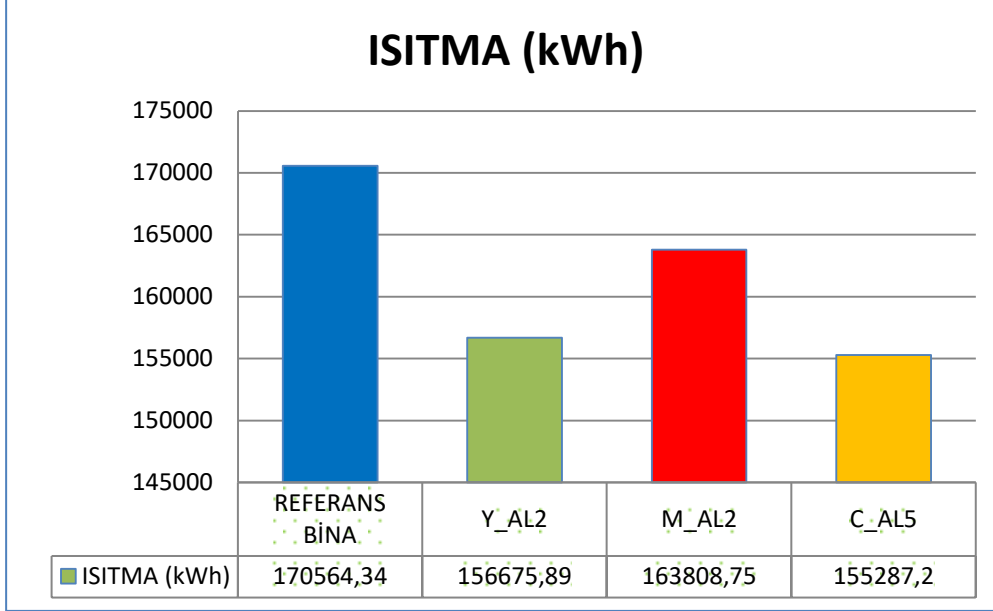
- Referans Bina için Yapılan Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması

4.6 , 4.7 ve 4.8 bölümlerinde yapılan analizlerde öncelikle farklı opak ve saydam bileşen alternatifleri oluşturulmuş ve yıllık ısıtma enerjisi harcamaları hesaplanmış daha sonra aktif sistemlerin devrede olduğu ve olmadığı durumlar için seçilen derslikte iç iklim değişkenlerinin değişimleri incelenmiştir. Opak bileşen alternatiflerinde 8 cm yalıtım kalınlığı olan durum Y_AL2 alternatifinde, yıllık ısıtma için en az enerjiye ihtiyaç duyulduğu gözlenmiştir. Saydam bileşen alternatiflerinde ise argon gazı kullanılan low-e kaplamalı çift cam olan C_AL5 alternatifinin en az enerji harcaması meydana gelen alternatif olduğu gözlemlenmiştir. Aktif sistemlere ilişkin oluşturulan alternatiflerde referans binada kullanılan fan coil işletme sisteminin en az yıllık ısıtma enerjisi harcaması yaptığı görülmüştür. Oluşturulan alternatifler güneş ışıınımı kazançları açısından değerlendirildiğinde, saydam bileşen alternatiflerinden S_AL2'nin en yüksek kazancı gerçekleştirdiği görülmüştür. Şekil 4.25'de oluşturulan tüm alternatiflerin güneş ışıınımı kazançları karşılaştırması verilmiştir.



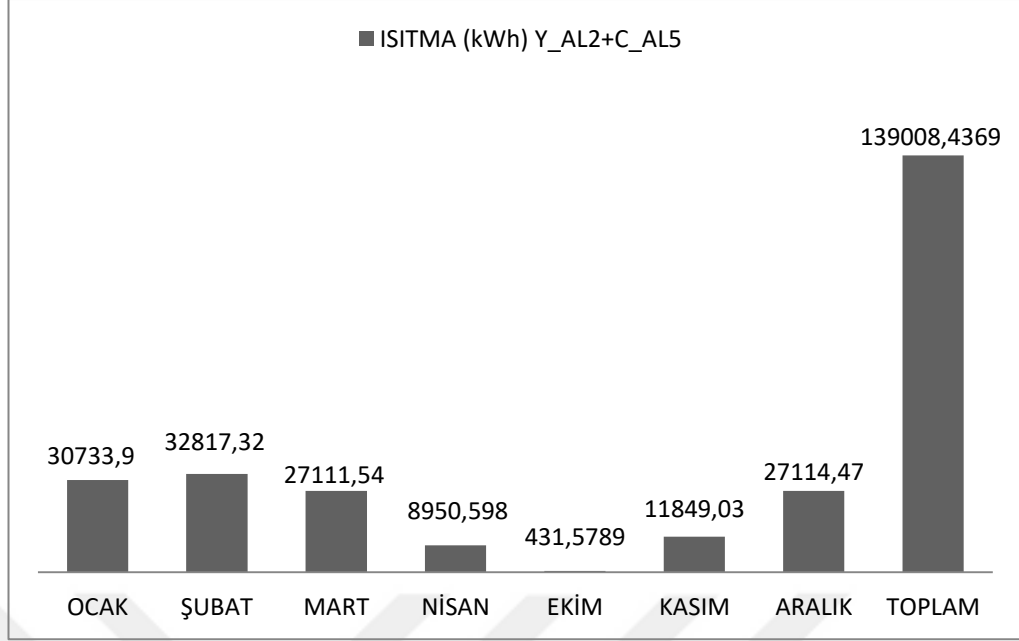
Şekil 4.25: Oluşturulan tüm alternatifler için yıllık güneş ışıınımı kazançları

Şekil 4.26’de en düşük ısıtma enerjisine sahip alternatifler karşılaştırılmıştır. Saydam bileşenlere ilişkin oluşturulan alternatiflerde ısıtma enerjisi harcamaları referans binaya göre arttığı için karşılaştırmada yer verilmemiştir.



Şekil 4.26: Oluşturulan alternatif gruplarından en düşük yıllık ısıtma enerjisi harcamalarını veren alternatiflerin karşılaştırılması

Isıtma enerjisi harcaması açısından en etkin iyileştirmenin Y_AL2 ve C_AL5 alternatiflerinde gerçekleştiği görülmektedir. Bu alternatifler aynı anda projeye uygulandığında yıllık ısıtma yükü 139008,43 kWh’e düşerek yaklaşık %18 lik bir iyileşme gerçekleşmiştir. Şekil 4.27’de C_AL5 ve Y_AL2 alternatiflerinin birlikte kullanımına ilişkin ısıtmanın istenildiği dönemi için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları verilmiştir.



Şekil 4.27: Y_AL2 +C_AL5 alternatifi için yıllık ısıtma enerjisi harcamaları

- **Seçilen Derslik için Yapılan Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması**

Seçilen derslik için oluşturulan alternatiflerde iç iklim değişkenlerinin değerlerinde yaptığı değişimlere bakıldığında, ortalama ışımsal ve operatif sıcaklıklarındaki değişim farkının en çok aktif sistemler kapatıldığında ve farklı opak bileşen alternatiflerinde olduğu görülmüştür. Saydam bileşen alternatiflerinin iç iklim değişkenlerine etkisinin opak bileşenlerin değişimine göre az olduğu görülmüştür. Opak bileşenler için oluşturulan alternatiflerde iç iklim değişkenlerin değerlerindeki değişim 3 °C'ye kadar çıkarken saydam bileşen alternatiflerinde bu değişim ancak 1°C'ye kadar fark yaratmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Hızlı sanayileşme sonucu enerji kullanımının artmasıyla mevcut enerji kaynaklarının azalması enerji etkinliğini gündeme getirmiştir. Yaşanan enerji sıkıntısında, ısıtma ve sistemleri için harcadıkları enerji nedeniyle binaların da önemli bir payı olduğu bilinmektedir.

Okul yapılarının kullanıcı sayısının yoğunluğu nedeni ile iç ısı kazancı yüksek yapılar olması sebebiyle ısıtma enerjisi harcamalarını azaltmayı hedefleyen pek çok pasif tasarım kriteri etkin sonuçlara ulaşabilme olanağı olmaktadır. Ancak ısıtma enerjisi harcamalarını en aza indirecek pasif sistem tasarım parametre değerlerinin belirlenmesi, bu değerleri sağlayan pasif sistem ile birlikte çalışacak uygun aktif sistemlerin seçilmesi ve uygun sistem kapasitesinin belirlenmesi en doğru sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır.

Bu çalışmada ele alınan M.E.B tip okul binasının enerji analizleri yapılmış, referans binadan yola çıkarak enerji etkinliğine yönelik pasif ve aktif önlemlere dayalı alternatifler oluşturulmuştur. Çalışmada opak bileşenler için farklı yalıtım kalınlığı ve farklı malzeme önerileri geliştirilirken saydam bileşenler için farklı cam türü ve saydamlık oranı alternatifleri geliştirilmiştir. Geliştirilen bu alternatifler referans binaya ait sonuçlarla karşılaştırılarak en uygun enerji etkinliği sağlayan alternatifler belirlenmiştir. Oluşturulan alternatiflerde binanın yıllık ısıtma enerjisi harcamaları ve seçilen bir derslik için iç iklim değişkenlerinin değerlerindeki değişimler analiz edilmiştir. Analizler Design Builder ara yüzü Energy Plus simülasyon programı ile yapılmıştır.

Yapılan analizlerin sonucunda,

- Binanın yıllık ısıtma enerjisi harcamaları referans bina için 170564,34 kWh iken farklı bina kabuğu alternatifleri oluşturularak harcanan enerji miktarı azaltılmaya çalışılmıştır. En düşük harcamayı veren Y_A12 VE C_AL5 alternatifleri birlikte uygulanarak ısıtma enerjisi harcamasının bu çalışmada 139008,43 kWh'e kadar düşürülebildiği görülmüştür.

- Seçilen derslik için yapılan değerlendirmede referans binada güneş ışıını kazancı 3960,82 kWh iken oluşturulan alternatiflerden en çok kazancın sağlandığı alternatif S-AL2 'de 9874,98 kWh'e kadar çıktığı görülmüştür. Opak bileşen alternatifleri için aktif sistemlerin devrede olduğu durumda operatif sıcaklık ve ortalama ışıınımsal sıcaklık değerlerinde en çok 1,5 °C' ye kadar değişim görülürken, aktif sistemlerin devrede olmadığı durumda bu değişimin 3°C'ye kadar çıktığı görülmüştür. Saydam bileşen alternatifleri için aktif sistemlerin devrede olduğu ve olmadığı durumlarda operatif sıcaklık ve ortalama ışıınımsal sıcaklık değerlerinde en çok 1 °C'ye kadar değişim görülmüştür. Saydamlık oranı alternatiflerinde ise aktif sstemlerin devrede olduğu ve olmadığı durumlarda operatif sıcaklık ve ortalama ışıınımsal sıcaklık değerlerindeki değişimin en çok 4°C' ye kadar çıktığı görülmüştür.

Çalışmanın,

- ülkemizde iklimsel koşullar ve enerji etkinliği göz önünde bulundurulmadan geliştirilen tip okul projelerinin enerji etkinliğinin pasif ve aktif sistem olarak değerlendirilerek okullarda özellikle etkili olan ısıtma enerjisi harcamalarının düşürülmesi,
- böylelikle toplam enerji harcamalarının da azaltılabilmesine olanak sağlanması,
- okul binalarının pasif sistem olarak etkinliklerinin artırılması konusunda yapılacak çalışmalara referans olabilmesi

açısından önemli olduğu söylenebilir.

Ancak genel sonuçlara ulaşabilmek için çalışmanın Türkiye'nin farklı iklim bölgeleri için enerji maliyetleri de dikkate alınarak çok sayıda alternatif için tekrarlanması gereklidir.

Sonuç olarak okul yapılarının pasif sistemler olarak performansının artırılmasıyla aktif sistemlerin görev paylarının minimize edilerek ısıtma enerjisi harcamalarının azaltılabileceği görülmektedir. 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.

Mevcut okul binaların pasif sistem olarak enerji performansının değerlendirilmesi veya yeni yapılacak okul binalarının tasarımı aşamasında gerçekleştirilecek değerlendirme çalışmaları ile elde edilen kazançların ülke ekonomisine destek olacağı ve enerji sorunlarının çözümünde ve enerji etkin sürdürülebilir çevrelerin yaratılmasına büyük katkılar sağlayacağı açıktır.



6. KAYNAKLAR

- [1] **Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı.** (2017). Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü 01 Ocak 2017 İtibarıyla
- [2] **Ekonomi Bakanlığı.** (2018, 5 Şubat). Erişim adresi <https://bakanrapor.ekonomi.gov.tr/detay.cfm?MID=153>
- [3] **IEA,** 2013 World Energy Outlook
- [4] **TÜİK.** (2018). Enerji İstatistikleri, Erişim adresi http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1037,
- [5] **Milli Eğitim Bakanlığı.** (2017). Erişim adresi <http://www.memursen.org.tr/dosyalar/egtmrapor.pdf>
- [6] **EIA.** (2017). World Energy Outlook 2017. Retrieved from <http://www.iea.org/Textbase/npsum/weo2017.pdf>
- [7] **IEA,** 2016 World Energy Outlook 2013 <https://webstore.iea.org/download/summary/459?fileName=English-WEO-2013-ES.pdf>
- [8] **U.S. Green Building Council.** (2018). Retrieved from <https://new.usgbc.org/>
- [9] **Kalkınma Bakanlığı.** (2018). Enerji Güvenliği ve Verimliliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Erişim adresi <http://www.kalkinma.gov.tr/Lists/zet%20htisas%20Komisyonu%20Raporlar/Attachments/248/Ya%20C5%9Flanma%20C3%96zet%20C4%B0htisas%20Komisyonu%20Raporu.pdf>
- [10] **Directive 2002/91/EC.** (2002). Official Journal of the European Communities, L001, 4th January 2003.
- [11] **Directive 2010/31/EC.** (2010). Official Journal of the European Union, L153, 18th June 2010.
- [12] **EİE.** (2009). *Türkiye’de Enerji Verimliliği, Durum ve Gelecek Planlaması Raporu.* Ankara; Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü
- [13] **Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Arttırılmasına Dair Yönetmelik.** (2008). T.C. Resmi Gazete, 27035, 25 Ekim 2008
- [14] **TS 825.** (2008). *Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı.* Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- [15] **Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ** (2010). T.C. Resmi Gazete, 27778, 7 Aralık 2010 .

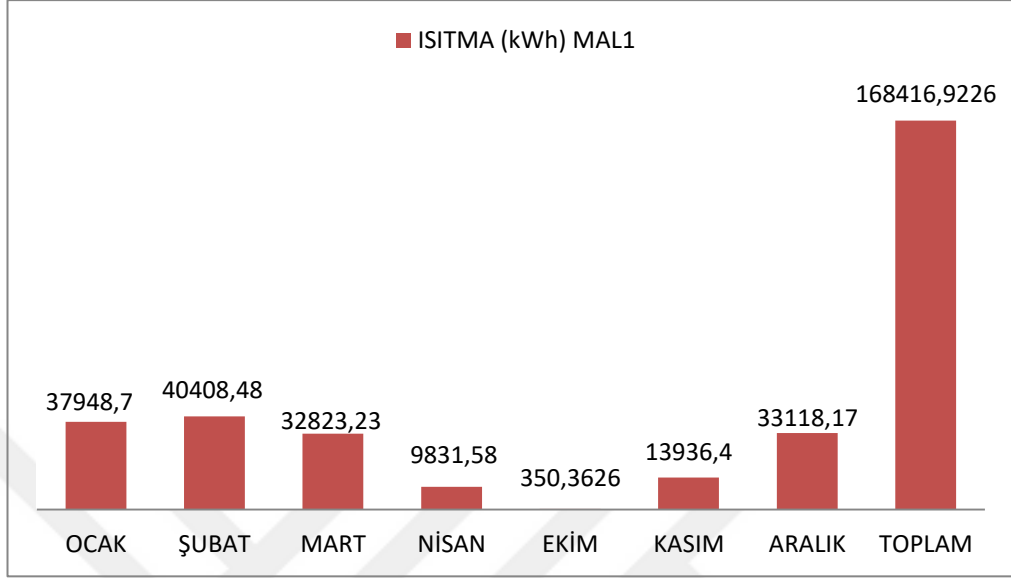
- [16]**Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023.** (2012). T.C. Resmi Gazete, 28215, 25 Şubat 2012
- [17]**Kalkınma Bakanlığı.** (2013). Enerji Güvenliği ve Verimliliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Erişim adresi <http://www.metu.edu.tr/system/files/kalkinma.pdf>
- [18]**Dünya Bankası** (2018). Energy & Mining Data. Retrieved from <https://data.worldbank.org/topic/energy-and-mining?locations=TR>
- [19]**Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.** (2008). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2007 Yılı Enerji Bülteni
- [20]**US Energy Information Administration.** (2018). Retrieved from <https://www.eere.energy.gov/buildings/info/schools/index.html>
- [21]**U.S. EPA.** (2008). J. Council Rock School District, Pennsylvania. Available http://www.energystar.gov/index.cfm?fuseaction=pt_awards.showAwardDetails&esa_id=584. Accessed 11/24/2008.
- [22]**U.S. Environmental Protection Agency.** (2011). Local Government Climate And Energy Strategy Series Energy Efficiency Programs in K-12 Schools A Guide to Developing and Implementing Greenhouse Gas Reduction Programs
- [23] **Url-1** < <http://centerforgreenschools.org> > erişim tarihi 10.02.2018
- [24]**HMG.** (1999). *Daylighting in Schools: An Investigation into the Relationship Between Daylighting and Human Performance.* Prepared by Hescong Mahone Group for the California Board for Energy Efficiency. Available: <http://www.coe.uga.edu/sdpl/research/daylightingstudy.pdf>. Accessed 4/16/2007.
- [25]**U.S. Environmental Protection Agency.** (2009). Clean Energy Lead by Example Guide Strategies, Resources, and Action Steps for State Programs (https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/state_lead_by_example_guide_full_report.pdf)
- [26]**U.S. EPA.** (2003). Efficiency and Indoor Air Quality in Schools. Available: http://www.epa.gov/iaq/schools/pdfs/publications/ee_iaq.pdf. Accessed 4/16/2007
- [27]**Carnegie Mellon.** (2005). *Center for Building Performance. As cited in Greening America's Schools: Costs and Benefits.* G. Kats, Capital E. Available: www.cap-e.com/ewebeditpro/items/O59F11233.pdf. Accessed 4/17/2007.
- [28]**Green education foundation.** (2017). Retrived from <http://www.greeneducationfoundation.org/green-building-program-sub/learn-about-green-building/benefits-of-green-schools.html>
- [29]**Washington.** (2005). Washington High Performance School Buildings: Report to the Legislature. Available: <http://www.paladinoandco.com/content/whitepapers/washington-high-performance-school-buildingsreport-legislature>. Accessed 10/6/2009.

- [30]**CHPS.** (2006). *CHPS Best Practices Manual: Planning*. Available: <http://www.chps.net/dev/Drupal/node/30>. Accessed 10/2/2009.
- [31]**U.S. DOE.** (2006). *Energy Solutions for School Buildings*. Building Technologies Program. Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. Available: <http://www1.eere.energy.gov/buildings/energysmartschools/about.html>. Accessed 4/16/2007.
- [32]**Capital E.** (2006). *Greening America's Schools: Costs and Benefits*. Available: <http://www.cap-e.com/ewebedit-pro/items/O59F11233.pdf>. Accessed 4/17/2007.
- [33]**The U.S. Department of Energy. (2018).** National Best Practices Manual For Building High Performance Schools <http://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/11/f5/nationalbestpractic esmanual31545.pdf>
- [34]**Lizon, P.,** (1982). *Quest for an Image to Serve a Revolution: Design Competitions for the Palace of the Soviets*. JAE, 35(4), p.10.
- [35]**D. Bekar,** (2007). *Ekolojik Mimarlıkta Aktif Enerji Sistemlerinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 10-11, 21-25, 64-69, 76-77,
- [36]**Oral Koçlar, G.,** (2003). *Güneş Enerjisinden Yararlanmada Pasif Sistem Tasarımı Bildirisi*, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, MMO Yayın No: E/2003/321. Mersin.
- [37]**Özdemir, B.B.,** (2005). *Sürdürülebilir Çevre İçin Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması*. (Yüksek Lisans Tezi). İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [38]**Url-2**<http://deneysan.com/Content/images/documents/iklimlendirme-esaslari_64871239.pdf> erişim tarihi 03.02.2018
- [39]**Url-3**<http://newlearn.info/packages/clear/thermal/building/active_systems.gif> erişim tarihi 03.02.2018
- [40]**E. Sanchez ve J. Iazard,** (2015). *Performance of Photovoltaics in Non-Optimal Orientations: An Experimental Study*, Energy and Buildings, 87, 211-219
- [41]**Url-4**<<http://alanyasukacagi.com/images/genel/Gunes-Enerjisi-ve-Gunes-Kollektorleri-Montaj-231.jpg>> erişim tarihi 03.02.2018
- [42]**Url-5**<http://www.gonenmuhendislik.com.tr/v4/images_up/ressoldqd.jpg> erişim tarihi 04.03.2018
- [43]**Url-6**<http://www.robotiksystem.com/gunes_pili_yapisi.jpg> erişim tarihi 16.02.2018
- [44]**Sustainabilityworkshop.** (2018). Erişim adresi <http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/stack-ventilation-and-bernoullis-principle>

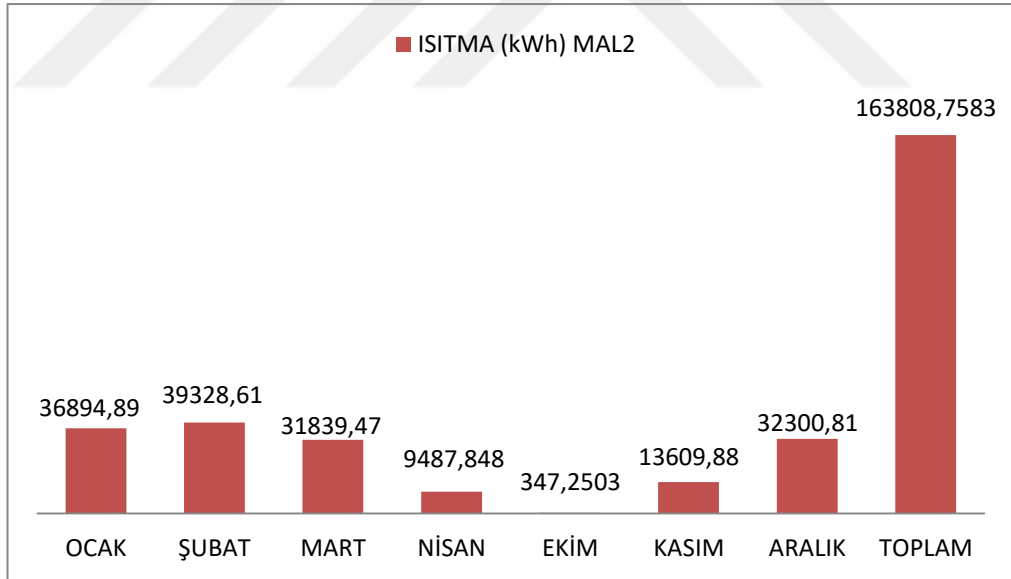
- [45]**Url-7** <<http://uzerine.com/domain/images/content/gunesenerjisi/image014.gif>> erişim tarihi 11.01.2018
- [46]**Passivehouse**, (2018). Retrieved from <http://www.passivehouse.com/>
- [47]**Zinzade, D.**, (2010). *Yüksek Yapı Tasarımında Sürdürülebilirlik Boyutunun İrdelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [48]**Koyun, T.** (2016) . *Seçilen Bir Ortam İçin Isıl Konfor Seviyesinin Belirlenmesi*, Fırat Üniv. Müh. Bil. Dergisi Science and Eng. J of Fırat Univ. 28(1),57-66, 2016 28(1),57-64, 2016
- [49]**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.
- [50] **Koçlar Oral, G.**, (1998). *Isıtma - Havalandırma Ders Notları*, İ.T.Ü., İstanbul.
- [51]**Saltı, Soner.** (2015). *Evaluation of Distribution of Balanced Heating Energy Costs by using Heat Cost Allocator in Buildings*. (Yüksek Lisans Tezi). İ.T.U. Architecture Faculty, İstanbul
- [52]**Lewis, O., Ok, V., Manioğlu, G., Yener, A., M., Yılmaz, Z., Oral, G., ve diğerleri**, (1995). *Türkiye ve İrlanda'daki Binaların Enerji Etkin Tasarım ve Yapımı için Sürdürülebilirlik Stratejileri*, İstanbul Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu, İstanbul.
- [53]**ASHRAE Standart 55-81.** (1981). *Thermal Comfort Conditions for Human Occupancy*, American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning engineers. Atlanta.
- [54]**Sürdürülebilir Mimari.** (2018). Erişim adresi <http://surdurulebilir-mimari.blogspot.com.tr/2012/09/surdurulebilir-mimaride-kullanlan-pasif.html>
- [55]**Berköz, E., Küçükdoğu, M., Yılmaz, Z., Kocaaslan, G., ve diğerleri**, (1995). *Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı*, TÜBİTAK-İNTAG 201, Araştırma Raporu, İstanbul.

7.EKLER

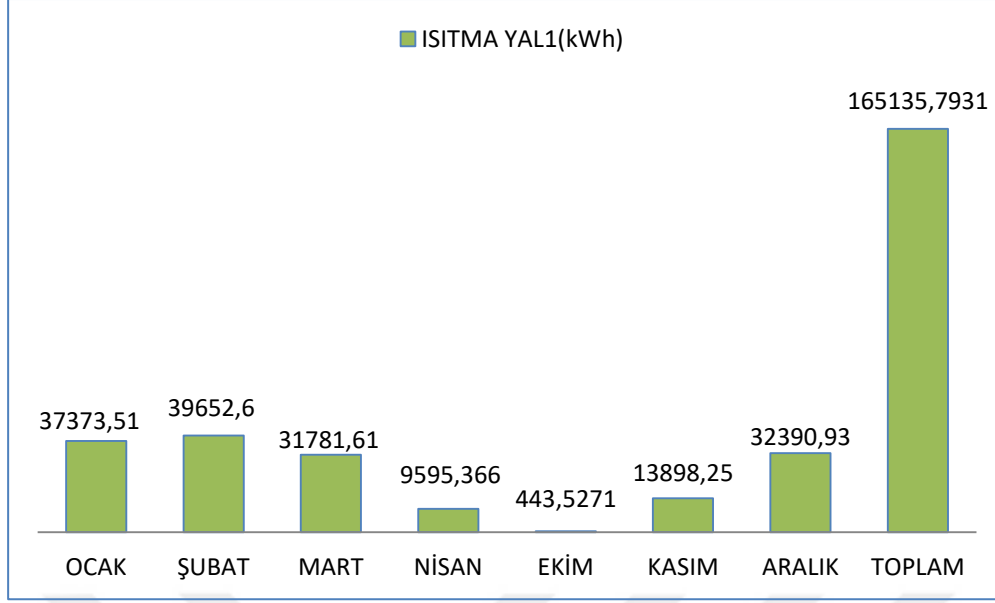
EK-A : Yıllık ısıtma enerjisi harcaması grafikleri



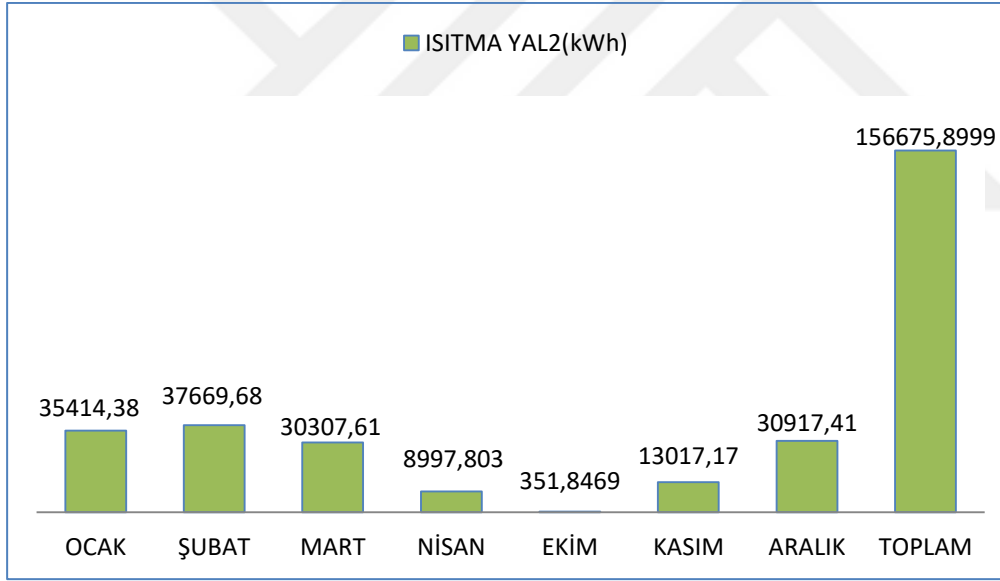
Şekil A.1: M_AL1 için aylık ısıtma enerjisi harcamaları



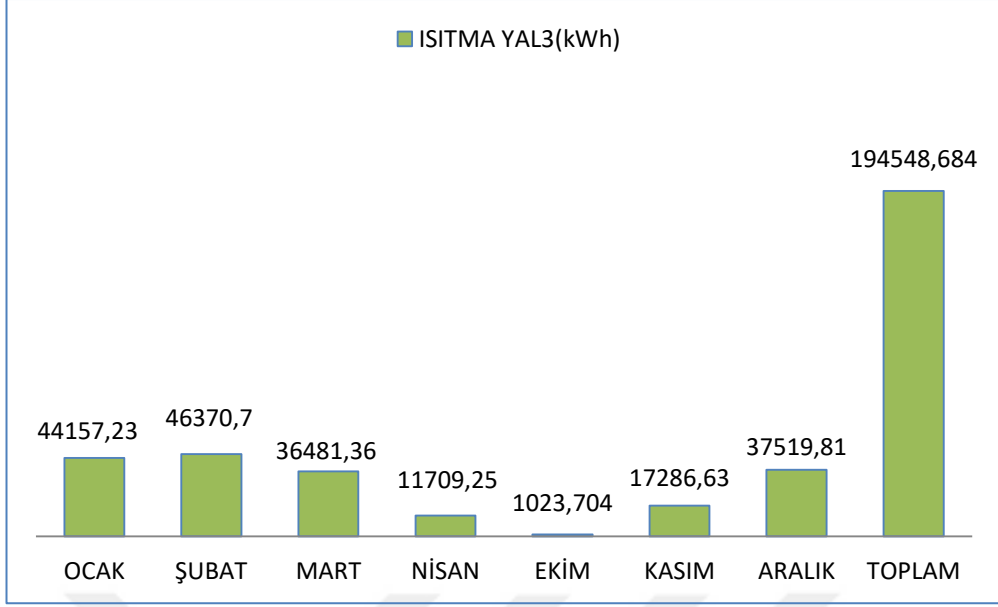
Şekil A.2: M_AL2 için aylık ısıtma enerjisi harcamaları



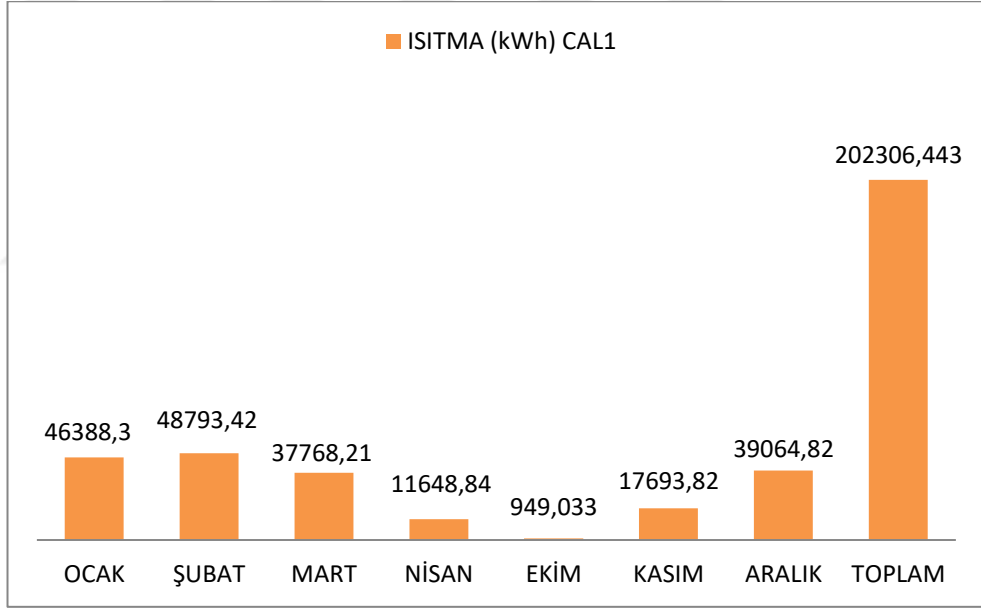
Şekil A.3: Y_AL1 için ısıtma enerjisi harcamaları



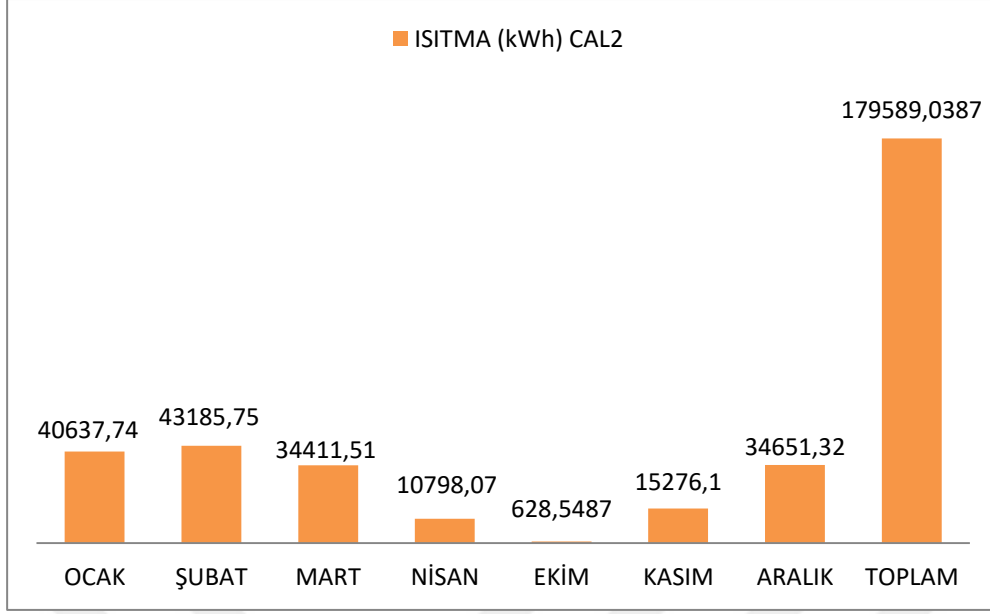
Şekil A.4: Y_AL2 için aylık ısıtma enerjisi harcamaları



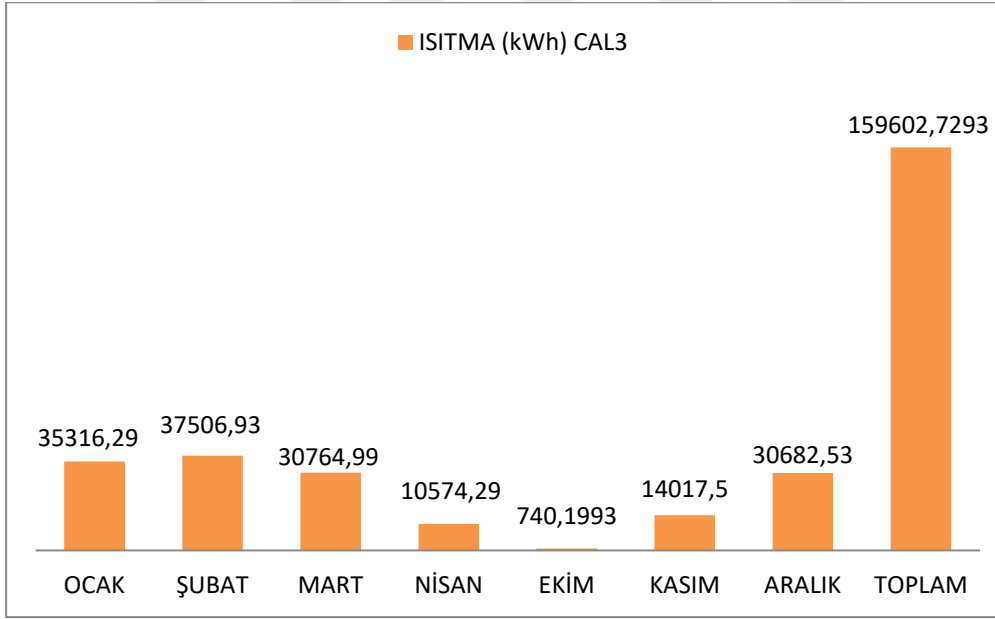
Şekil A.5: Y_AL3 için aylık ısıtma enerjisi harcamaları



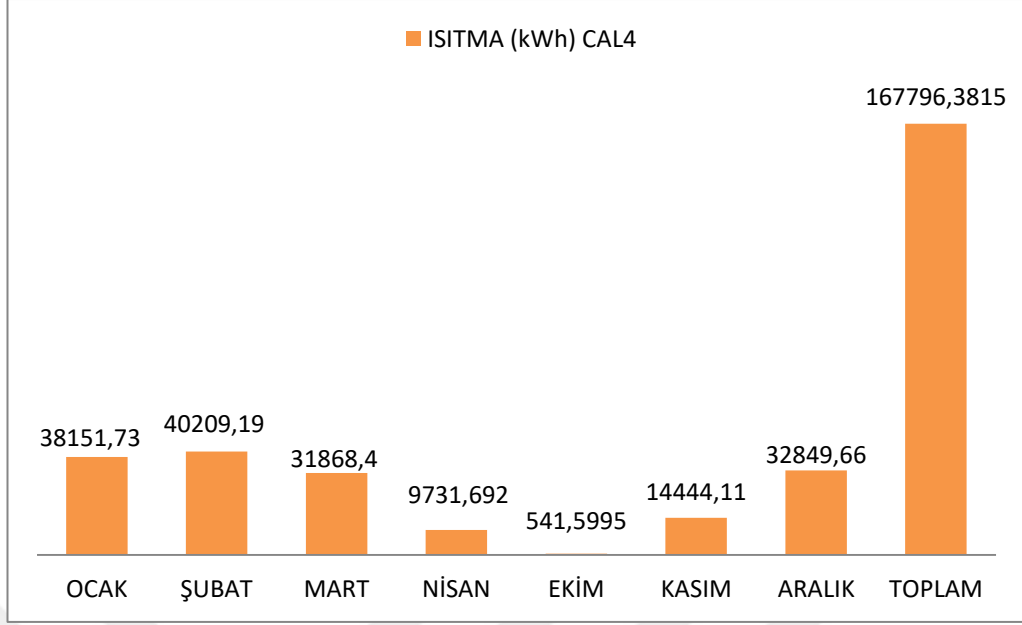
Şekil A.6: C_AL1 için aylık ısıtma enerjisi harcamaları



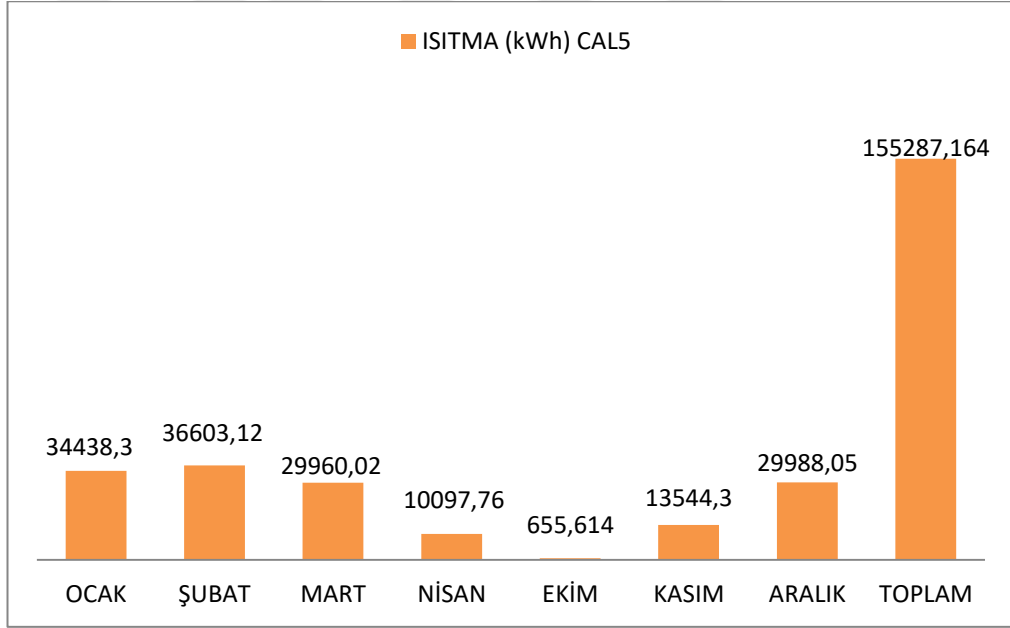
Şekil A.7: C_AL2 için aylık ısıtma enerjisi harcamaları



Şekil A.8: C_AL3 için aylık ısıtma enerjisi harcamaları



Şekil A.9: C_AL4 için aylık ısıtma enerjisi harcamaları



Şekil A.10: C_AL5 için aylık ısıtma enerjisi harcamaları



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Tuğçe KÖKSAL
Doğum Tarihi ve Yeri : 17.07.1991- SEYHAN
E-posta : tugcekoksal35@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2014, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü