

**T.C.  
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BİNALARIN YERLEŞİM PLANLARININ SOĞUTMA  
YÜKÜ ÜZERİNE ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK  
ARAŞTIRILMASI**

**Hazırlayan  
Yasin KAYA**

**Danışman  
Prof. Dr. Sebahattin ÜNALAN**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Aralık 2020  
KAYSERİ**



**T.C.  
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BİNALARIN YERLEŞİM PLANLARININ SOĞUTMA  
YÜKÜ ÜZERİNE ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK  
ARAŞTIRILMASI  
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan  
Yasin KAYA**

**Danışman  
Prof. Dr. Sebahattin ÜNALAN**

**Aralık 2020  
KAYSERİ**

## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.



Yasin KAYA

## YÖNERGEYE UYGUNLUK

“Binaların Yerleşim Planlarının Soğutma Yüğü Üzerine Etkisinin Sayısal Olarak Araştırılması” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi ’ne uygun olarak hazırlanmıştır.



**Tezi Hazırlayan**

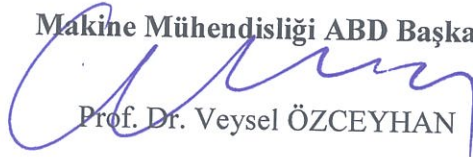
Yasin KAYA



**Danışman**

Prof. Dr. Sebahattin ÜNALAN

**Makine Mühendisliği ABD Başkanı**



Prof. Dr. Veysel ÖZCEYHAN

**Prof. Dr. Sebahattin ÜNALAN** danışmanlığında **Yasin KAYA** tarafından hazırlanan “**Binaların Yerleşim Planlarının Soğutma Yüğü Üzerine Etkisinin Sayısal Olarak Araştırılması**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

Gün / Ay / Yıl

**JÜRİ:**

Danışman : Unvan İsim SOYİSİM .....

Üye : Unvan İsim SOYİSİM .....

Üye : Unvan İsim SOYİSİM .....

**ONAY:**

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun ..... tarih ve .....sayılı kararı ile onaylanmıştır.

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

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca farklı bakıő aılları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen en büyük katkı sahibi sayın hocam Prof. Dr. Sebahattin ÜNALAN'a teőekkürü bir borç bilirim.

Çalıőmalarım süresince sabır göstererek beni daima destekleyen sevgili eőim Serap KAYA'ya ve aileme en içten teőekkürlerimi sunarım.

Bu tez kapsamında gerek mimari projenin hazırlanması ve gerekse verdiği destekten dolayı sevgili iş arkadaőım Mimar Adnan ONCA'ya da teşekkür ederim.

Yasin KAYA

Aralık 2020, KAYSERİ

# BİNALARIN YERLEŞİM PLANLARININ SOĞUTMA YÜKÜ ÜZERİNE ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK ARAŞTIRILMASI

**Yasin KAYA**

**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Yüksek Lisans Tezi, ARALIK 2020**

**Danışman: Prof. Dr. Sebahattin ÜNALAN**

## ÖZET

Günümüzde iklimlendirme yapılan binalarda enerji tasarrufu için birçok araştırma yapılmaktadır. Soğutma yükü de enerji tüketimini etkileyen en büyük etkenlerden biridir.

Bu çalışmada U tipi mimariye sahip ve hali hazırda kullanılan Kayseri Vergi Dairesi Başkanlığı binasının soğutma yükü hesapları incelenmiştir. Işınım Zaman Serileri (RTS) yöntemini kullanan AUTODESK REVIT programıyla, binanın mimari projesi çizilmiş daha sonrasında farklı konumlarda soğutma yükleri hesaplanmıştır. Soğutma yükleri iki farklı proje modellemesi ile hesaplanmıştır. İlk modellemede tüm parametreler kullanılarak mevcut konumuyla beraber 9 farklı konumda toplam soğutma yükleri hesaplanmıştır. İkinci modellemede ise dış cephe bileşenlerinin yönler göre soğutma yükü eğilimlerinin tespiti için iç ısı kazançları, havalandırma, sızma ve sistem ısı kazançları ihmal edilerek sadece duvar, pencere, kapı ve çatıların 8 farklı konumda soğutma yükleri hesaplanmıştır. İlk proje modellemesi hesaplamaları sonucunda; binanın mevcut konumunda maksimum soğutma yükü 1.688 kW ve pik yükü 1.427 kW iken, eğer bina saat yönünün tersine yaklaşık  $67^\circ$  döndürülse idi, maksimum soğutma yükünün 1.480 kW ve pik yükünün 1.243 kW ile en düşük değerine sahip olacağı tespit edilmiştir. Yani sadece bina konumunun değiştirilmesi ile maksimum soğutma yükü 208 kW, pik yükü 184 kW azaltılabilecekti. Bu da binanın mevcut konumuna göre hem maksimum soğutma yükünde hem de pik yükte ortalama %13'lük bir fark demektir. İkinci proje modellemesi hesaplamaları sonucunda ise; yüksek pencere alanlı cephelerin Güneybatı, Güney, Batı, Güneydoğu ve Doğu yönlerinde yüksek soğutma yükü ihtiyacına sebep olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Binaların yerleşim planı; soğutma yükü, RTS yöntemi; REVIT

# NUMERICAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF BUILDINGS LOCATION PLANS ON THE COOLING LOAD

**Yasin KAYA**

**Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Master Thesis, December 2020  
Supervisor: Prof. Dr. Sebahattin ÜNALAN**

## ABSTRACT

Today, many researches are made for energy saving in air-conditioned buildings. Cooling load is also one of the biggest factors affecting energy consumption.

In this study, the cooling load calculations of the Kayseri Tax Office building have been researched, which has a U shaped and is completed. With the AUTODESK REVIT program, which used the Radiation Time Series (RTS) method, the architectural project was drawn, and then the cooling loads were calculated on different location plans. Cooling loads calculated with two different models. In the first modeling, all parameters used and the total cooling loads were calculated with 9 different plans with together building actual plan. In the second modeling, in order to determine the cooling load trends of the exterior components according to the directions; the internal, ventilation, infiltration and system heat gains were ignored and only the cooling loads of the walls, windows, doors and roofs were calculated with 8 different plans. As a result of the first project modeling calculations; it has been determined that the maximum cooling load at the actual location of the building is 1,688 kW and the peak load is 1,427 kW, if the building is rotated approximately 67° counterclockwise, the maximum cooling load and the peak load will have lowest values 1,480 kW and 1,243 kW. In other words, by changing the building location plan, the maximum and peak cooling loads could be reduced 208 kW and 184 kW. This means an average of 13% difference in both the maximum cooling load and the peak load, compared to the actual location plan of the building. As a result of the second project modeling calculations; it has been determined that facades with high window areas cause high cooling load requirements in the Southwest, South, West, Southeast and East directions.

**Keywords:** Buildings location plan; cooling load; RTS method; REVIT

## İÇİNDEKİLER

### BİNALARIN YERLEŞİM PLANLARININ SOĞUTMA YÜKÜ ÜZERİNE ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK ARAŞTIRILMASI

	<u>Sayfa</u>
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK .....	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	iii
KABUL VE ONAY .....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER .....	viii
KISALTMALAR .....	x
TABLOLAR LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xiii
GİRİŞ .....	1

## 1. BÖLÜM

### GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

1.1. Genel Bilgiler .....	3
1.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi.....	3
1.3. Literatür Çalışmaları.....	4

## 2. BÖLÜM

### YÖNTEM

2.1. Yöntem .....	7
2.2. Terminoloji .....	10
2.3. Işınım Zaman Serileri (RTS) Yöntemi.....	12
2.4. Açık Gökyüzü Güneş Işınımının Hesaplanması.....	15
2.5. Çeşitli Konumlardaki Yüzeylerin Işınım Alma Transpozisyonu .....	20
2.6. Güneş Hava Sıcaklığının Hesaplanması .....	23
2.7. İletim Zaman Serisi (CTS) ve Işınım Zaman Serisi (RTS) Faktörleri.....	24

2.8. Dış Duvar ve Çatı Bileşenlerinden Gelen Isı Kazançlarının Hesaplanması .....	25
2.9. Pencerelerden Gelen Isı Kazançlarının Hesaplanması.....	27
2.9.1. Fenetrasyon-İletimle Isı Kazancı .....	28
2.9.2. Fenetrasyon-Işınım ile Isı Kazancı .....	28
2.10. Mahal İçerisinde Oluşan İç Isı Kazançları .....	29
2.11. Havalandırma ve Sızma Isı Kazançları .....	31
2.12. Diğer İç Yüzeylerden Gelen Isı Kazançları .....	32
2.13. Plenum Isı Kazançları.....	33

### 3. BÖLÜM

#### BİNANIN MODELLENMESİ, HESAPLAMALAR VE BULGULAR

3.1. Mimari Projenin Hazırlanması.....	35
3.2. REVIT Programında Modelleme .....	38
3.3. Mahallerin Oluşturulması .....	40
3.4. Bölgelerin Oluşturulması.....	49
3.5. Soğutma Yüklerinin Hesaplanması.....	54
3.6. REVIT MEP Parametrelerinin Seçimi .....	57
3.6.1. Binanın 1. Proje Modeli Parametreleri.....	57
3.6.2. Binanın 2. Proje Modeli Parametreleri.....	60
3.7. Binanın Farklı Konumlarda Soğutma Yüklerinin Hesaplanması.....	60
3.8. Bulgular.....	61

### 4. BÖLÜM

#### TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Tartışma ve Sonuçlar .....	72
4.2. Öneriler .....	80

KAYNAKÇA .....	81
EKLER.....	83
EK 1.....	83
ÖZGEÇMİŞ.....	84

## KISALTMALAR VE SİMGELER

<u>Sembol</u>	<u>Anlamı</u>	<u>Birimi</u>
A	Alan	m <sup>2</sup>
ab, ad	Işın hava kütlesi üssü	-
AST	Görünür güneş zamanı	ondalık saat
CLF	Soğutma Yüğü Faktörü	-
CTS	İletim Zaman Serileri Yöntemi	-
CLTD	Soğutma Yüğü Sıcaklık Farkı	-
c <sub>0</sub> ,c <sub>1</sub> , ...,c <sub>n</sub>	İletim zaman serileri faktörleri	-
DST	Yaz saati uygulaması	ondalık saat
E <sub>M</sub>	Motor verimi	-
E	Güneş ışınımı	W/m <sup>2</sup>
ET	Eşitlik zamanı	dakika
F <sub>r</sub>	İletimle ısı kazancının taşınım oranı	-
F <sub>sa</sub>	Aydınlatma özel tolerans faktörü	-
F <sub>ul</sub>	Aydınlatma kullanım faktörü	-
F <sub>UM</sub>	Motor kullanım faktörü	-
h <sub>0</sub>	Taşınım ısı transfer katsayısı	W/(m <sup>2</sup> .K)
H	Saat açısı	derece
HB	Isı Dengesi Yöntemi	-
IAC	Işınım ısı kazanç katsayısı için iç mekan güneş azaltma katsayısı	-
L	Yerel enlem	-
LON	Yerel sitenin boylamı	-
LSM	Yerel standart meridyen	-
LST	Yerel standart saat	ondalık saat
m	Hava kütlesi	-
N	Kişi sayısı	-
P	Motor gücü	W
Q	Isı kazancı ve soğutma yüğü	W
RTS	Işınım Zaman Serileri Yöntemi	-
SCL	Güneş Enerjisi Soğutma Yüğü Faktörü	-
SHGC	Işınım güneş ısı kazanç katsayısı	-
T	Sıcaklık	°C
TFM	Geçiş Fonksiyonu Yöntemi	-
TETD/TA	Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı	-
TZ	UTC ilerisinde veya gerisinde saat	saat
U	Isı transfer katsayısı	W/(m <sup>2</sup> .K)
UTC	Eşgüdümlü evrensel saat	saat
W	Nem oranı	kg/kg
W <sub>el</sub>	Toplam ışık gücü	W
Y	Açık gökyüzü dağınık ışınımı oranı	-
α	Yüzey üzerine düşen toplam güneş ışınım katsayısı	-
β	Güneş yükseklik açısı	derece
γ	Yüzey-güneş azimut açısı	derece

$\Delta R$	Gökyüzü ve çevre yüzeylerde meydana gelen uzun dalga ışınımı ile dış hava sıcaklığındaki siyah cisimler tarafından yayılan ışınım arasındaki fark	$W/m^2$
$\varepsilon$	Yüzeyin yarımküreye yayılım katsayısı	-
$C$	Işın optik derinliği	-
$\rho_g$	Zemin yansıtma katsayısı	-
$\phi$	Güneş azimut açısı	derece
$\Psi$	Yüzey azimut açısı	derece
$\theta$	Geliş açısı	derece
$\delta$	Deklinasyon açısı	derece
$\Sigma$	Eğim açısı	derece



## TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Soğutma Yüğü Hesap Yöntemlerinde Kullanılan Veriler .....	8
Tablo 2.2. Programların Kullandığı Soğutma Yüğü Hesaplama Yöntemler .....	9
Tablo 2.3. Her Ayın 21. Günü İçin Yaklaşık Astronomik Veriler.....	15
Tablo 2.4. Yüzey Konumları ve Azimut Açıları.....	20
Tablo 2.5. Yüzeylerin Zemin Yansıtma Katsayısı .....	22
Tablo 2.6. Farklı Yüzey Çeşitlerinin Güneş Soğurma Değerleri .....	23
Tablo 2.7. İç Isı Kazançları İçin Önerilen Işınım ve Taşınım Oranları .....	26
Tablo 3.1. Kullanılan Yapı Elemanlarının Özellikleri .....	58
Tablo 3.2. Bölge Veri Giriş Bilgileri ve Seçimleri .....	59
Tablo 3.3. Isıtma ve Soğutma Yüğüleri Veri Giriş Bilgileri ve Seçimleri.....	59
Tablo 3.4. Binanın 1. Proje Modeli Soğutma Yüğüleri .....	62
Tablo 3.5. Binanın 2. Proje Modeli Soğutma Yüğüleri .....	63
Tablo 3.6. Binanın 2. Proje Modeli 1. Konuma Ait Soğutma Yüğüleri .....	64
Tablo 3.7. Binanın 2. Proje Modeli 2. Konuma Ait Soğutma Yüğüleri .....	65
Tablo 3.8. Binanın 2. Proje Modeli 3. Konuma Ait Soğutma Yüğüleri .....	66
Tablo 3.9. Binanın 2. Proje Modeli 4. Konuma Ait Soğutma Yüğüleri .....	67
Tablo 3.10. Binanın 2. Proje Modeli 5. Konuma Ait Soğutma Yüğüleri .....	68
Tablo 3.11. Binanın 2. Proje Modeli 6. Konuma Ait Soğutma Yüğüleri .....	69
Tablo 3.12. Binanın 2. Proje Modeli 7. Konuma Ait Soğutma Yüğüleri .....	70
Tablo 3.13. Binanın 2. Proje Modeli 8. Konuma Ait Soğutma Yüğüleri .....	71
Tablo 4.1. Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonu Tablosu.....	79

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Soğutma Yüğü Hesaplamaları İçin Karmaşıklık-Doğruluk Arasındaki İlişki..7	
Şekil 2.2. Anlık Mahal Soğutma Yüğü .....	12
Şekil 2.3. Serpantin Soğutma Yüğü .....	12
Şekil 2.4. Işınım Zaman Serileri (RTS) Yöntemi Hesaplama İşlemleri .....	14
Şekil 2.5. Dünyanın Güneş Etrafındaki Konumu.....	17
Şekil 2.6. Dik ve Yatay Yüzeyler İçin Güneş Açıları .....	18
Şekil 2.7. Güneş Işınına Maruz Kalan Cam Elemanın Anlık Isı Dengesi .....	27
Şekil 2.8. Tipik Dönüş Havası Plenumun Şematik Diyagramı.....	33
Şekil 3.1. Kayseri Vergi Dairesi Başkanlığı Binası .....	36
Şekil 3.2. Modellemede Kullanılan Dış Cephe Malzemeleri.....	36
Şekil 3.3. Tasarımı Yapılan Binanın 3D Görüntüsü .....	37
Şekil 3.4. Mahallerin Oluşturulması .....	40
Şekil 3.5. Yapı Malzemesi Fonksiyon Kategorileri Penceresi.....	41
Şekil 3.6. Mahal Özellikleri Penceresi .....	42
Şekil 3.7. Mahal Tipi Ayarları Penceresi .....	46
Şekil 3.8. Zamanlama Penceresi .....	47
Şekil 3.9. Yapı Tipi Ayarları Penceresi .....	47
Şekil 3.10. Kişi Yükleri Penceresi .....	48
Şekil 3.11. Aydınlatma ve Güç Yükleri Penceresi .....	48
Şekil 3.12. Bölge Özellikleri Penceresi.....	50
Şekil 3.13. Bölge Isıtma ve Soğutma Bilgileri Penceresi .....	53
Şekil 3.14. Dış Hava Bilgileri Penceresi.....	53
Şekil 3.15. Isıtma ve Soğutma Yükleri Penceresi .....	54
Şekil 3.16. Konum, Hava ve Yer Penceresi .....	55
Şekil 3.17. Bina Konumları.....	61
Şekil 4.1. Bina Konumuna Göre Soğutma Yükleri Değişimi .....	72
Şekil 4.2. Yönere Göre Cephelerin Soğutma Yükleri.....	75
Şekil 4.3. Bina Konumuna Göre Cephelerin Soğutma Yükleri .....	75
Şekil 4.4. Bina Konumuna Göre Cephelerin Soğutma Yüğü İhtiyacı Davranışları.....	77

## GİRİŞ

Günümüzde insan yaşamının önemli bir bölümü kapalı mekanlarda geçmektedir. Bu mekanlar gerek hacim gerekse barındırdıkları insan sayısı olarak büyük boyutlara ulaşmıştır. Fuar, konferans, tiyatro, sinema salonlarının, alışveriş merkezlerinin, yüksek binaların vb. yerlerin yaşanabilir halde tutulması için iklimlendirme sisteminin yapılması şarttır [1]. Bir iklimlendirme sisteminin yıl boyunca kusursuz olarak işlevlerini yerine getirebilmesinin ilk şartı, tasarım aşamasında, doğru cihaz kapasiteleri belirlemek için, bu yükleri oluşturan ısı kazancı ve ısı kaybı hesaplarının doğru yapılmasıdır [2].

Binaların bulunduğu yerleşim planları, güneş ışınımı, hava sıcaklığı, hava hareketi ve nem gibi iklim elemanları, binaların çevresindeki öğeler, binaları çevreleyen mikro klimayı etkileyen önemli faktörlerdir. Binaların konumu, diğer binaların doğrudan güneş ışınımından yararlanma oranını, dolayısıyla toplam ısı kazancını ve soğutma yükünü etkileyen en önemli tasarım parametrelerinden birisidir.

ASHRAE Temel El Kitabı'nda binaların soğutma yükü hesaplama yöntemlerine bakıldığı zaman; Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı (TETD/TA), Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı/Güneş Enerjisi Soğutma Yükü Faktörü/Soğutma Yükü Faktörü (CLTD/SCL/CLF), Geçiş Fonksiyonu Yöntemi (TFM), Işınım Zaman Serileri (RTS) ve Isı Dengesi (HB) yöntemleri olduğu görülmektedir. Kesin çözüm olarak adlandırılan ve bugüne kadar önerilen soğutma yükü hesap yöntemlerinin temeli olan Isı Dengesi (HB) yöntemi karmaşık olup bilgisayar kullanımını zorunlu kılmaktadır [3].

Makine Mühendisleri Odası Soğutma Yükü Hesaplamalarının Bilgisayar Destekli Analizi Bildirisi'nde bu yöntemler araştırılmış ve sonuç olarak; analizlerde CLTD, TETD/TA ve RTS yöntemlerinden elde edilen mahal toplam soğutma yükü değerleri birbirine yakın sonuçlar vermesine rağmen, TFM yöntemi ile hesaplanan toplam mahal soğutma yükü değerlerinin diğer üç yönteme nazaran yüksek çıktığı sonucuna varılmıştır [4].

Yapılan bu tez çalışmasında U tipi mimariye sahip Kayseri Vergi Dairesi Başkanlığı binası üç boyutlu çizim programı olan AUTODESK REVIT programında çizilmiş ve daha sonra bina farklı konumda döndürülerek RTS yöntemiyle soğutma yükü hesaplamaları yapılmıştır. Binanın normal kullanımındaki soğutma yükleri ve sadece bina dış bileşenlerinden olan soğutma yüklerinin tespiti için iki farklı proje modeli oluşturulmuştur. İlk proje modellemesinde bina farklı 9 konumda döndürülerek minimum soğutma yüküne sahip olduğu konum belirlenmiştir. Diğer modellemede ise bina farklı 8 konumda döndürülerek cephelerin yönlere göre soğutma yükü davranışları belirlenmiştir.



# 1. BÖLÜM

## GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

### 1.1. Genel Bilgiler

Artan enerji maliyetleri ve enerji tüketiminden kaynaklı yaşanan iklim değişiklikleri nedeniyle mimarlar ve mühendislerce enerji performansı analizleri yapılarak binanın optimum konumun hangisinin olacağına karar verilmesi kaçınılmaz hale gelmiştir. Özellikle sıcak iklim bölgelerinde bulunan binalar için bina konumuna bağlı olarak soğutma yükü hesaplamalarının analiz edilmesi daha da önem kazanmaktadır.

### 1.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Bu tezin temel amacı ve önemi, binaların daha proje aşamasında iken soğutma yüküne bağlı olarak optimum konumunun bulunmasıdır. Bu amaç doğrultusunda, aşağıda listelenen diğer hedeflere ulaşılabacaktır:

- RTS soğutma yükü hesaplama yönteminin anlaşılması.
- REVIT MEP kullanımının Makine Mühendisleri açısından öğrenilmesi.
- REVIT MEP ile Kayseri Vergi Dairesi Başkanlığı binası için farklı konumda planlamalar yapılarak soğutma yüklerinin hesaplanması, bunların karşılaştırılması ve bina konumunun soğutma yüküne etkisinin araştırılması.
- Bina cephelerinin yönlere bağlı olarak soğutma yükü davranışlarının tespit edilmesi.
- Soğutma yükünün konuma bağlı olarak optimizasyonunun yapılması.

Bu araştırma tamamlandıktan sonra ülkemize aşağıda belirtilen faydaların sağlanacağı ümit edilmektedir:

- Vaziyet planı ve mimari proje hazırlama aşamalarında soğutma yükünün de göz önünde bulundurularak planların yapılması ve soğutma yükünün daha gerçekçi olarak hesaplanmasının sağlanması.

### 1.3. Literatür Çalışmaları

KweonHyoung Lee, InHan Kim ve SeungYeon Choo, BIM LOD 100 yazılımını kullanarak Enerji Performansına Dayalı Mimari Tasarım İçin Model çalışmasında; proje tasarım aşamasından itibaren enerji performansını dikkate alabilen tasarım yöntemleri geliştirmeyi amaçlamış ve BIM araçlarını kullanarak enerji performansı analizi yoluyla sonuçları sezgisel olarak anlamaya çalışmışlardır. Bu amaçla, toplu binalar ile sadece temel mimari tasarım unsurlarını kullanarak enerji performansı ile olan ilişkiyi analiz etmişlerdir. Analiz; ofis kulelerinin narinlik oranlarının genel olarak 3,0'ın üzerinde olmadığı dikkate alınarak narinlik oranları 1,0-3,0 aralığında belirlemiş ve güneş yönelimine bağlı olarak deney 90° ile 9° arasında her 10°'de bir yapının döndürülmesiyle gerçekleştirilmiştir. Her güneş yönü için pencere-duvar oranının aynı olduğu varsayılmıştır. Deney, narinlik oranı ve güneş yönündeki değişime göre pencere-duvar oranı %10'dan %90'a değiştirilerek gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, soğutma ve ısıtma yükleri  $\pm 50^\circ$ -  $\pm 70^\circ$  aralığından daha yüksek çıktığı ve yapının  $\pm 10^\circ$  aralığında inşa edilmesinin, soğutma ve ısıtma yükleri açısından avantajlı olacağı öngörülmüştür [5].

Rini Mulyani, Inna Kholidasari ve Wardi , Bina Konumunun Enerji Kullanımı Üzerindeki Etkisi adlı çalışmalarında, Endonezya'nın Batı Sumatra eyaleti Padang Şehrindeki bir binanın enerji kullanımını farklı yönelimlere göre incelemeyi amaçlamışlardır. AUTODESK REVIT programını kullanarak 17 farklı konumda binayı analiz etmiştir. Binanın elektrik kullanımının ısıtma, havalandırma ve soğutma için %64, aydınlatma için %18 ve muhtelif teçhizat için %18 olduğu tahmin edilmiş ve enerji tüketimi açısından en uygun konumda binanın enerji tüketiminin %4 daha azalacağına, en kötü konum ile en iyi konum arasındaki enerji tüketiminin %8 olacağı sonucuna varmışlardır [6].

Kuzey Kore'de Ryu ve arkadaşları, ısıtma ve soğutma yükleri ile ilgili enerji tüketimi açısından optimize edilmiş bir geometri bulmak için 60 katlı ticari bir binanın yanal ve boylamsal boyutlarına ve güneş yönelimine BIM yazılımı kullanarak varyasyonlar uygulamışlardır. Yazarlar tarafından belirlenen optimum güneş yönü ve boyutları

kullanılarak, binanın enerji tüketiminde %2,88'lik bir azalma elde etmenin mümkün olduğu sonucuna varmıştır. Yazarlar ayrıca, bu değerin düşük görünebileceğini, ancak uzun vadeli etkiler düşünüldüğünde (yıl boyunca veya tüm binanın yaşam döngüsü dikkate alındığında) değerlerin önemli hale geldiğini belirtmişlerdir [7].

Ramos Ruiz, G. ve Fernández Bandera, C., 28-30 Ekim 2014 tarihinde yapılan World SB14 Barcelona Konferansında, Bina Enerji Tasarrufunda Konumun Önemi adlı çalışmalarında; farklı pencere duvar alan yüzdelere sahip üç farklı ev OpenStudio programıyla analiz edilmiştir. 1. durumda cephenin %10'u, 2. durumda %15; ve 3. durumda ise %20 olacak şekilde pencere duvar alanları tasarlanan bina her simülasyonda, 15° döndürülerek en iyi ve en kötü konum arasındaki farklı enerji miktarının tespit etmişlerdir [8].

Neveen Youssef Azmy ve Rania Elghamry, Bina Konumu ve Enerji Tüketimine Etkisi çalışmalarında, Kahire'de bulunan, alanı 7,2 x 3,6 m<sup>2</sup>, yüksekliği 3,3 m, dış duvar ısı transfer katsayısı 0,704 W/m<sup>2</sup>.K, tavan ısı transfer katsayısı 0,658 W/m<sup>2</sup>.K, pencere güneş geçirgenliği 0,64 olan bir odanın, duvar cephelerinin yönlerini 15° değiştirerek ve The EnergyPlus simülasyon programını kullanarak analiz etmişlerdir. Sonuç olarak tek cepheli bir oda için; batı cephesinin en düşük yıllık enerji tüketimine, güney cephesinin ise batı cephesine göre %26 ile en yüksek yıllık enerji tüketimine sahip olduğunu tespit etmişlerdir [9].

Abanda ve Byers, BIM yazılım programları ile simülasyon yapmış ve bir konutun yönü değiştirilerek enerji tüketimini analiz edilmiştir. Düzgün yönlendirilmiş bir binanın, ısıtma, soğutma ve aydınlatma ihtiyacını en aza indirerek enerji tüketimini azaltılabileceği ve bina verimliliğinin artırılabilceği sonucuna varılmıştır [10].

Çin, Nanjing, Southeast Üniversitesi'nde, birçok araştırmacının yazıları incelenmiş ve optimal yönlendirme ile güneş radyasyonunun olumsuz etkilerinin etkili bir şekilde azaltılabileceği böylece buna karşılık olarak ısıtma veya soğutma enerjisi kullanımını azaltılacağı belirtilmişlerdir [11].

Daniel Martin Marin, İsveç, Gavle Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi'nde, Indoor Climate and Energy (IDA ICE) simülasyon yazılımını kullanmış ilk cephe yönü referans alınarak, başlangıç yönü kuzey olan bir konutu saat yönünde 45° ile değiştirmiş ve sekiz

simülasyon gerçekleştirmiştir. Bu tez sonucunda konutun güneye doğru yönlendirildiğinde, toplam enerji tüketiminin (ısıtma ve soğutma için kullanılan enerjinin eklenmesinin bir sonucudur) minimuma ulaştığı gözlemlenmiş ve böylece bu konut için ısıtma ve soğutma maliyeti açısından en uygun yönünün güney olduğu sonucuna ulaşılmıştır [12].

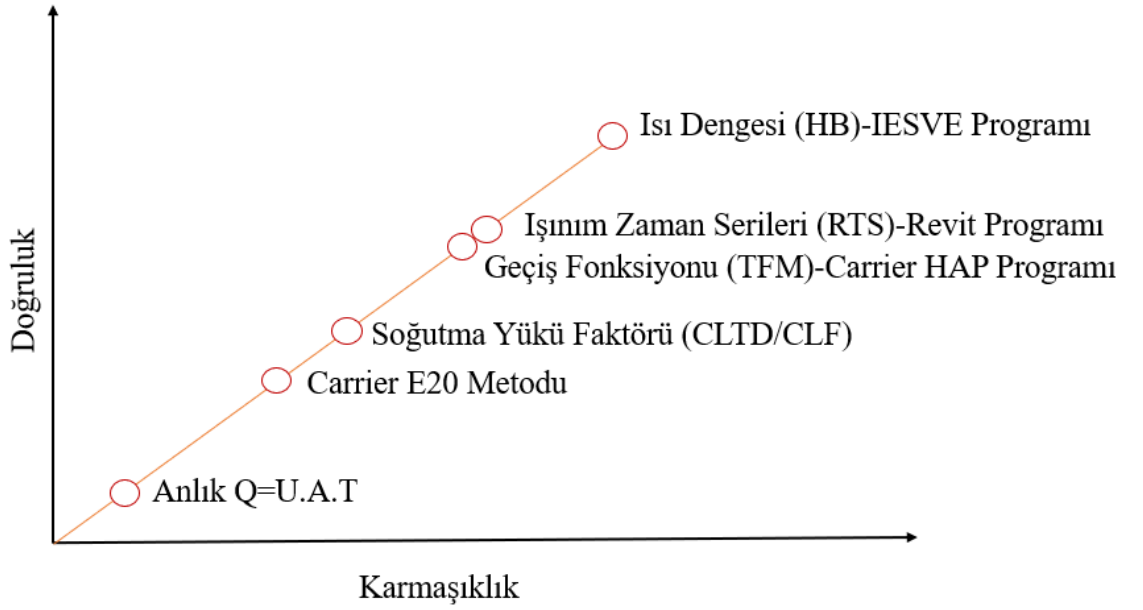


## 2. BÖLÜM

### YÖNTEM

#### 2.1. Yöntem

Soğutma yükü hesaplamalar yöntemlerine bakıldığında zaman birçok yöntem bulunmaktadır. Şekil 2.1.'de ASHRAE soğutma yükü hesaplama yöntemlerinin, karmaşıklık ve doğrulukla olan ilişkisi görülmektedir [13]. Tablo 2.1.'de ise hesaplama yöntemlerinde hangi verilerin kullanıldığını göstermektedir [14].



Şekil 2.1. Soğutma Yükü Hesaplamaları İçin Karmaşıklık-Doğruluk Arasındaki İlişki

Tablo 2.1. Soğutma Yüğü Hesap Yöntemlerinde Kullanılan Veriler

VERİLER	YÖNTEMLER				
	TETD/TA	CLTD/SCL/ CLF	TFM	RTS	HB
Opak ve saydam elemanların ısı geçirgenlik katsayısı	X	X	X	X	X
Opak ve saydam elemanların alanları	X	X	X	X	X
Opak elemanlar için toplam eşdeğer sıcaklık farkı değeri	X	X	X	X	X
Dış ortam sıcaklığı	X	X	X	X	X
İç ortam sıcaklığı	X	X	X	X	X
Komşu oda sıcaklığı	X	X	X	X	X
Güneş-hava sıcaklığı			X	X	X
İç yüzey sıcaklığı					X
Dış yüzey sıcaklığı					X
Ortalama ışımsal sıcaklık					X
Gölgeleme katsayısı	X	X	X	X	
Güneş ısı kazanç faktörü	X		X	X	
İletim geçiş fonksiyonu katsayıları (X, Y, Z)			X		X
Soğutma yüğü sıcaklık farkı (CLTD-Tablo değerleri)		X			
Saydam elemanlar için güneş soğutma yük faktörü (SCL-Tablo değerleri)		X			
Geçiş katsayısı					X
Dış yüzey taşınım ısı transfer katsayısı					X
İç yüzey taşınım ısı transfer katsayısı					X
Opak ve saydam elemanların yüzey soğurma katsayısı				X	X
Düşey yüzeye gelen toplam güneş ışımsal değeri				X	X
Düşey yüzeye gelen direkt güneş ışımsal değeri				X	X
Düşey yüzeye gelen dağınık güneş ışımsal değeri				X	X
Düşey yüzeyden yansıyan güneş ışımsal değeri				X	X
Hava nem oranı	X	X	X	X	X
Havalandırma katsayısı	X	X	X	X	X
Havanın entalpisi	X	X	X	X	
Kullanıcı sayısı	X	X	X	X	
Duyulur ısı kazancı (Tablo değerleri)	X	X	X	X	
Gizli ısı kazancı (Tablo değerleri)	X	X	X	X	
Kullanım faktörü (Tablo değerleri)	X	X	X	X	
Aydınlatma tesisat verisi (Tablo değerleri)	X	X	X	X	
Soğutma yük faktörü (CLF-Tablo değerleri)		X			
Özgül ısı					X
Özgül hacim					X
Buharlaştırılan gizli ısı					X

Şekil 2.1. ve Tablo 2.1.'den, hesaplama yöntemlerinin karmaşıklık ve doğruluk değerlerine doğru sıralamasının: HB, RTS, TFM, CLTD/SCL/CLF yöntemleri şeklinde olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 2.2.'de birçok program tarafından hangi hesaplama yöntemlerinin kullanıldığı gösterilmektedir [15]. Oluşturulan tablonun dışında başka programlarda muhakkak bulunmaktadır.

Tablo 2.2. Programların Kullandığı Soğutma Yükü Hesaplama Yöntemleri

Program/Yazılım	Hesaplama Yöntemi
IES Virtual Environment (IESVE)	Isı Dengesi (HB)
REVIT MEP	Işınım Zaman Serileri Yöntemi (RTS)
FineHVAC	Carrier, Soğutma Yükü Faktörü (CLTD), Geçiş Fonksiyonu Yöntemi (TFM), Işınım Zaman Serileri (RTS) Yöntemi
Carrier HAP	Geçiş Fonksiyonu Yöntemi (TFM)
MTH	Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı (TETD/TA)

Bu proje kapsamında hesaplama programı olarak REVIT MEP programı kullanılmıştır. IESVE programında hesap yapılması ve doğru hesaplamayı geçerli kılan HB yönteminin kullanılması tabi ki de istenilen ve arzu edilen bir yöntemdir. Ancak RTS yöntemini kapsamlı bir biçimde öğrenmeden HB yöntemine geçilmesi de arada bir boşluk oluşturacaktır. Nitekim Carrier HAP programında kullanılan TFM'nin eğitimini alan biri olarak TFM'nin RTS yöntemine çok benzemesi nedeniyle REVIT MEP programının kullanımında zorluk çekmedim. İlerleyen zamanlarda ülkemizde HB yöntemi ile de hesaplamalar yapılacağı bir gerçektir.

REVIT'te mimari proje çizimi yapıldıktan sonra soğutma yükü hesapları çalışmalarına başlanılmıştır. REVIT MEP programının kullanılma sebepleri şunlardır:

- Soğutma yükü hesaplamalarında HB yöntemine en yakın yöntem olan RTS yönteminin programda kullanılması.

- Soğutma yükü analizi yapılırken gerekli veri girişlerinin kolayca yapılabilmesi; birçok veri girişi penceresinde ASHRAE standartlarına göre hazırlanan bilgilerin bulunması.
- Kullanılan pencerelerin, duvarların, ısı yalıtım malzemelerinin vd. başka birçok yapı malzemesinin kütlesi, özgül ısısı, ısı yalıtım değerleri, ısı kazanç katsayısı gibi birçok fiziksel ve termal özelliklerinin program içerisinde tanımlı olması.
- Mimari çizimin 3 boyutlu olarak görülebilmesi, hangi mahallin nerelerde ve hangi amaçla kullanılacağına çok iyi bir şekilde anlaşılmasını sağlaması.
- Mimari projede çizildiği için oda-taban-tavan-çatı-duvar-pencere-kapı alanları gibi birçok mimari bileşen değerlerini elle girilmeye gerek kalmadan programın otomatik olarak hesaplanması.
- Mimari proje ile uyumlu olarak çalışabilmesi; mimari projede değişiklik yapıldığı zaman hazırlanan mekanik tesisat projesinde de değişikliğin program tarafından otomatik olarak yapılması, yani mühendislik disiplinleri arasında bütünlüğü sağlaması.
- Bina konumunun herhangi bir veri girişini yeniden yapmaya gerek kalmadan istenilen şekilde döndürülmesi ve analizlerin yapılabilmesi.

Eğer bu tez çalışması Carrier HAP, FineHVAC ve MTH gibi programlarda yapılsaydı bina kullanım alanının çok fazla olmasından dolayı el ile veri girişleri çok fazla sayıda olacaktı ve hesaplama çok uzun bir süreç alacaktı.

## 2.2. Terminoloji

Soğutma yükü, bir iç ortamın istenen sıcaklık ve nem koşulunda tutulması için ısının atılması (soğutma) için gereken miktardır. Soğutma yükü, bina kabuğundan ve dâhili kaynaklardan ve sistem bileşenlerinin meydana getirdiği birçok ısı transfer işleminden meydana gelen ısı kazançlarını karşılar. Soğutma yükünü etkileyebilecek yapı bileşenleri veya içerikler aşağıda listelenmiştir [3]:

- Dış ısı kazançları: Duvarlar, çatılar, pencereler, çatı pencereleri, kapılar, tavanlar ve zeminler.

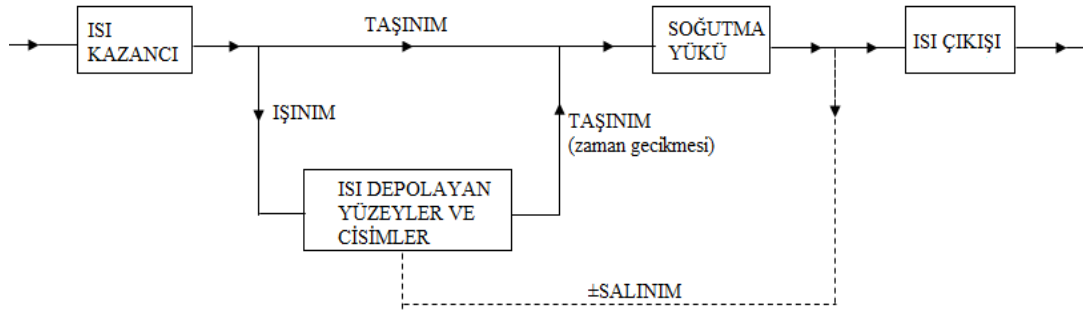
- İç ısı kazançları: Aydınlatma, insanlar, cihazlar, ekipmanlar ve diğerleri.
- Havalandırma ve sızma ısı kazancı: Hava sızıntısı ve nem.
- Sistem ısı kazancı: Kanal sızıntısı ısı kazancı, yeniden ısıtma veya soğutma, fan-pompa enerjisi ve enerji geri kazanımı.

Soğutma yükü hesaplamaları, iklimlendirme sistemi tasarım aşamasının temelini oluşturur. Bu hesaplamalar boruların, kanal sisteminin, difüzörlerin, hava şartlandırıcılarının, soğutucuların, kompresörlerin, fanların ve iç mekân koşullarının ve diğer tüm bileşenlerin boyutunu etkiler. Bunun yanında ısıtma ve soğutma yükü hesaplamaları, bina yapım maliyetini, bina sakinlerinin konforunu, işletme maliyetini ve enerji tüketimini önemli ölçüde etkiler.

Soğutma yükü hesaplamalarını etkileyen birçok değişken bulunmaktadır. Bunların genellikle tam olarak tanımlanması zordur ve her zaman karmaşık bir şekilde birbiriyle ilişkilidir. Birçok soğutma yükü bileşeni, 24 saatlik bir süre boyunca büyüklük ve yön bakımından büyük farklılıklar gösterir. Bu yüzden bir bina veya bölge için maksimum soğutma yükü belirlenmeli ve her bir bileşen analiz edilmelidir. Bölgelere ayrılmış bir sistem (yani her biri kendi sıcaklık kontrolüne sahip birkaç bağımsız mahalle hizmet veren), bir tasarım günü boyunca en büyük saatlik eşzamanlı bölge yüklerinden daha fazla toplam soğutma yükü kapasitesi sağlamalıdır; bununla birlikte, her bölge için en yüksek soğutma yükünü kendi pik saatinde kaldırması gerekmektedir.

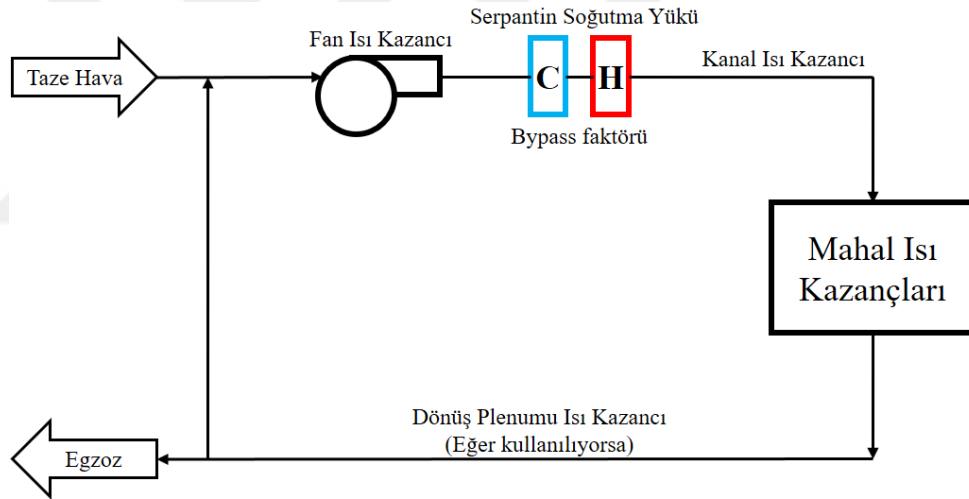
**Mahal Isı Kazancı:** Anlık ısı kazancının bir mahale girmesi ve/veya bir mahal içinde üretilmesidir. Isı kazancı, mahale giriş şekline ve duyulur veya gizli olup olmadığına göre sınıflandırılır.

**Anlık Mahal Soğutma Yükü:** Sabit bir hava sıcaklığında ve nemde, duyulur ve gizli ısının mahalden atılması için gereken miktardır. Herhangi bir zamandaki tüm anlık mahal ısı kazançlarının toplamı, aynı zamanda mahallin soğutma yüküne mutlaka (veya hatta sıklıkla) eşit değildir.



Şekil 2.2. Anlık Mahal Soğutma Yükü

**Serpantin Soğutma Yükü:** Tüm sistem ısı kazançlarını karşılayan soğutma yüküdür.



Şekil 2.3. Serpantin Soğutma Yükü

### 2.3. Işınım Zaman Serileri (RTS) Yöntemi

Soğutma yükü tespiti, her bir oda yüzeyi için bir yüzeyden yüzeye iletim, taşıma ve ışıma ısı dengesi ve oda havası için bir taşıma ısı dengesi hesaplamasını içerir. Soğutma yükü hesaplamalarının temelini oluşturan Isı Dengesi (HB) yöntemi, dönüşüme dayalı prosedürler uygulamak yerine sorunu doğrudan çözer. Avantajları, keyfi olarak ayarlanmış hiçbir parametre içermemesidir ve hiçbir işlemi ortadan kaldırmamasıdır. Bu titiz yaklaşımın gerektirdiği bazı hesaplamalar bilgisayar kullanımını gerektirmektedir [3].

REVIT MEP’te kullanılan RTS yöntemi ise HB yönteminden türetilmiş ve basitleştirilmiş bir yöntemdir. Bu yöntem, ısının dış ortamdan bina kabuğuna doğru ve daha sonra mahallere aktarılırken zaman gecikmesi etkisini dikkate alır [16].

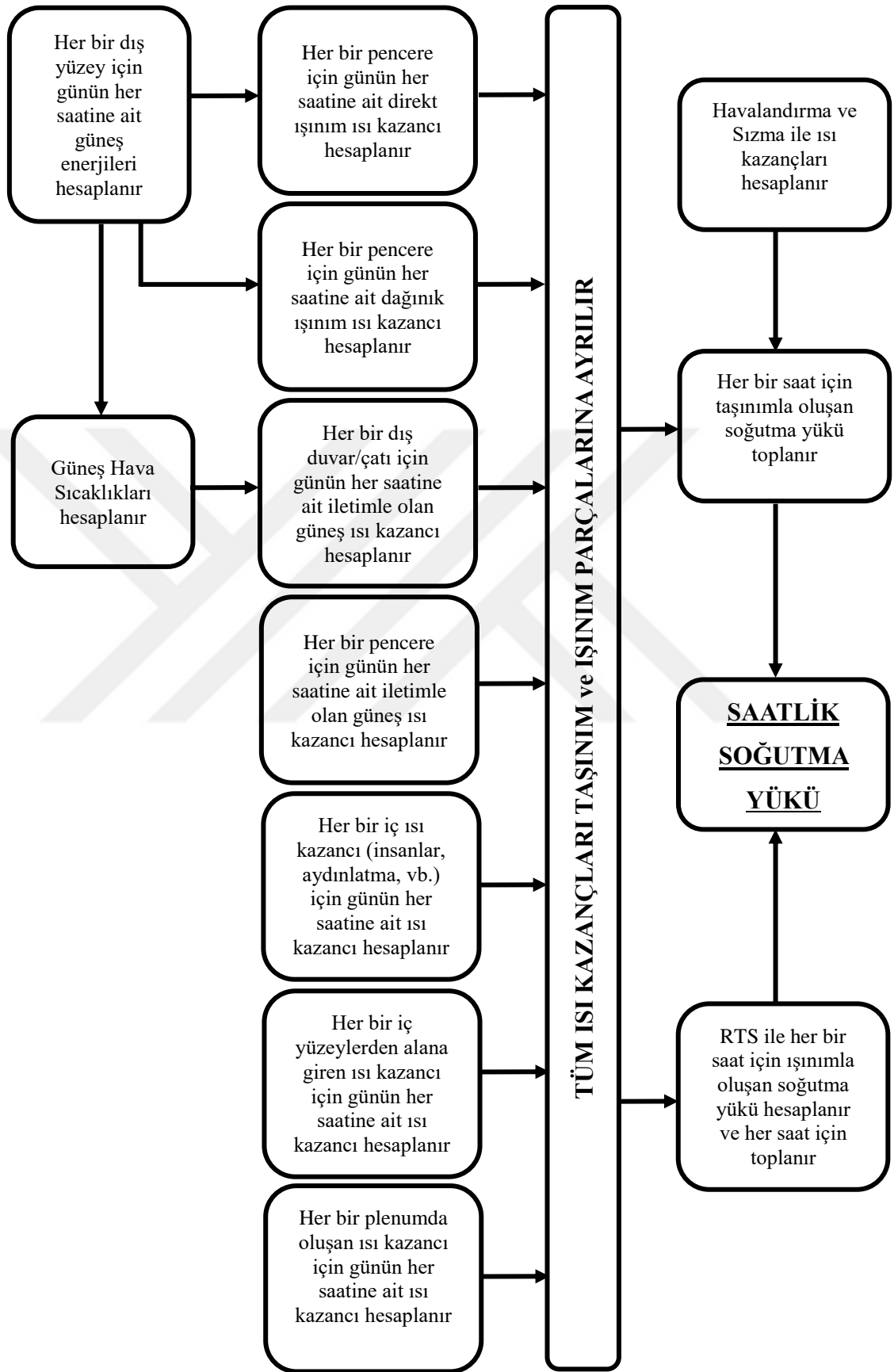
RTS ile her bir yük bileşeninin (ışıklar, insanlar, duvarlar, çatılar, pencereler, cihazlar vb.) soğutma yükünü hesaplamak için genel prosedür aşağıdaki gibidir:

- Tasarım günü için bileşen ısı kazançlarının 24 saatlik profili hesaplanır (iletim için, ilk olarak iletim zaman serileri (CTS) uygulanarak iletim süresi gecikmesi hesaba katılır).

- Isı kazançları ışıınım ve taşınım parçalarına ayrılır.
- Soğutma yüküne dönüşümdeki zaman gecikmesini hesaba katmak için ısı kazançlarının ışıınım kısmına uygun ışıınım zaman serileri (RTS) uygulanır.
- Her saat için her bir bileşeninin soğutma yükünü belirlemek üzere ısı kazancının taşınım kısmı ve ısı kazancının gecikmiş ışıınım kısmı toplanır.

Her saat için her bileşenin soğutma yüklerini hesapladıktan sonra, toplam soğutma yükünü belirlemek için bunlar toplanır ve klima sisteminin tasarımı için pik yükün olduğu saat belirlenir. En yüksek yükün olduğu ayı belirlemek için bu işlem birden çok tasarım ayı boyunca tekrarlanır.

Bu bölüm kapsamında bundan sonraki başlıklarda RTS yöntemi soğutma yükü tespitleri için gerekli olan hesaplamalar ve adımlar anlatılacaktır.



Şekil 2.4. Işınım Zaman Serileri (RTS) Yöntemi Hesaplama İşlemleri

## 2.4. Açık Gökyüzü Güneş Işınımının Hesaplanması

Çeşitli hesaplama yöntemlerinde kullanılmak üzere HVAC yüklerindeki ve güneş enerjisi uygulamalarındaki ısı kazancının hesaplanabilmesi için yılın ve günün çeşitli zamanlarında açık hava güneş ışınımı bilgisi gereklidir. İklimsel tasarım koşulları tabloları, bu bölümdeki denklemleri kullanarak açık hava güneş ışınımı ve dağılık güneş ışınımlarını hesaplamak için gerekli parametreleri içerir. Bu başlık altında bulunan tüm denklemlerdeki açılar, derece cinsinden ifade edilmektedir [17].

### Güneş Işınım Sabiti ve Uzay Güneş Işınımı

Güneş ışınım sabiti  $E_{sc}$ , ortalama dünya-güneş mesafesinde ve dünya atmosferinin hemen ötesinde, güneş ışınlarına normal bir yüzey üzerindeki güneş ışınımının yoğunluğu olarak tanımlanır. Dünya Meteoroloji Örgütü tarafından 1981'de önerilen,  $E_{sc}=1367 \text{ W/m}^2$  (Iqbal 1983) değeri sık kullanılan bir değerdir [17].

Dünyanın yörüngesi eliptik olduğundan, uzay güneş ışınımı  $E_o$  yıl boyunca değişmekte olup, dünyanın güneşe en yakın olduğu Ocak başında maksimum  $1412 \text{ W/m}^2$ 'ye ve dünyanın güneşten en uzak olduğu Temmuz başında en az  $1322 \text{ W/m}^2$ 'ye ulaşır. Normal bir yüzeyde uzay güneş ışınımı aşağıdaki denklemle tahmin edilebilir:

$$E_o = E_{sc} \left\{ 1 + 0,033 \cdot \cos \left( 360^\circ \frac{(n - 3)}{365} \right) \right\} \quad (2.1)$$

n: yıl içerisindeki gün sırası, (1 Ocak için 1, 1 Şubat için 32 vb.) cosinüs içindeki değer derece cinsindedir. Tablo 2.3., her ayın 21. günü için  $E_o$  değerlerini vermektedir.

Tablo 2.3. Her Ayın 21. Günü İçin Yaklaşık Astronomik Veriler

AYLAR	Oca.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Eki.	Kas.	Ara.
Yıl Günü	21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
$E_o$	1410	1397	1378	1354	1334	1323	1324	1336	1357	1380	1400	1411
ET	-11	-14	-7,8	1,2	3,7	-1,3	-6,4	-3,6	6,9	15,5	13,8	2,2
$\delta$	-20	-11	-0,4	11,6	20,1	23,4	20,4	11,8	-0,2	-12	-20	-23

### Eşitlik Zamanı ve Görünür Güneş Zamanı

Dünyanın yörünge hızı yıl boyunca değişir. Bu nedenle, bir güneş saati tarafından belirlenen görünür güneş zamanı (AST), tekdüze bir hızda çalışan bir saat tarafından tutulan ortalama zamandan biraz farklıdır. Bu varyasyona eşitlik zamanı (ET) denir ve aşağıdaki formülle tahmin edilir (Iqbal 1983) [17]:

$$ET=2,2918.[0,0045 + 0,1868.\cos \Gamma - 3,2077.\sin \Gamma - 1,4615.\cos 2\Gamma - 4,089.\sin 2\Gamma] \quad (2.2)$$

$$\Gamma = \frac{360^\circ \cdot (n - 1)}{365} \quad (2.3)$$

n: yıl içerisindeki gün sırası, (1 Ocak için 1, 1 Şubat için 32 vb.) cosinüs içindeki değer derece cinsindedir. Tablo 2.3., her ayın 21. günü için ET değerlerini vermektedir.

Yerel standart saat (LST) ile görünür güneş saati (AST) arasındaki dönüşüm iki adım içerir: zaman denklemi yerel standart saate eklenir ve ardından bir boylam düzeltmesi eklenir. Bu boylam düzeltmesi, yerel sitenin boylamı (LON) ile o zaman dilimi için yerel standart meridyenin (LSM) arasındaki derece farkı başına dört dakikalık zamandır; dolayısıyla, AST aşağıdaki gibi LST ile ilişkilidir:

$$AST=LST + ET/60 + (LSM - LON)/15 \quad (2.4)$$

Çoğu yerel standart meridyen, Kanada'daki Newfoundland eyaleti gibi birkaç istisna dışında İngiltere, Greenwich'ten 0°'den her 15°'de bir bulunur. Standart meridyen (LSM) aşağıdaki gibi saat dilimiyle ilgilidir:

$$LSM=15.(TZ) \quad (2.5)$$

TZ, eşgüdümlü evrensel saatin (UTC) ilerisinde veya gerisinde saat olarak ifade edilen saat dilimidir.

Yerel standart saat (LST) yerine yaz saati uygulaması (DST) kullanılacaksa, ek bir düzeltmenin yapılması gerekir. Çoğu yerel saat ayarında, yerel standart saat (LST), yaz saati uygulamasından bir saat çıkarılarak elde edilebilir:

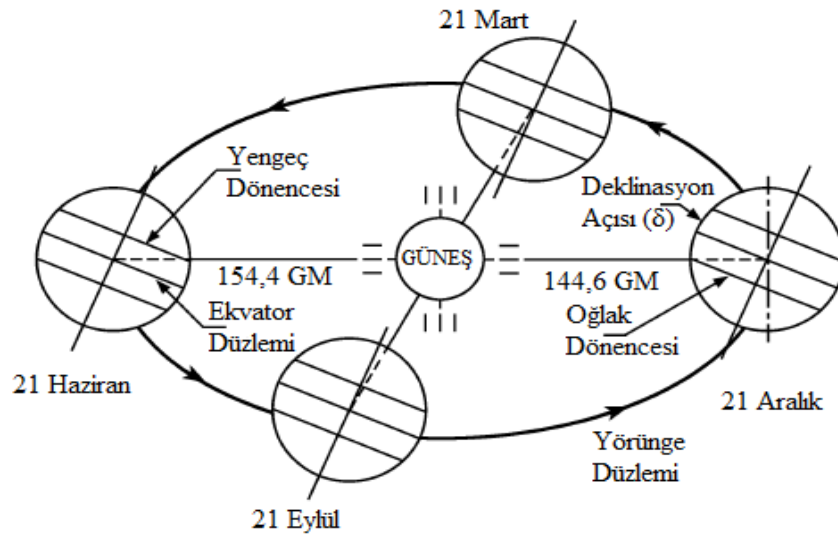
$$LST=DST - 1 \quad (2.6)$$

### Deklinasyon (Sapma)

Dünyanın ekvator düzlemi, yörünge düzlemine 23,45°'lik bir eğim açısında olduğundan, güneş deklinasyon açısı  $\delta$  (dünya-güneş çizgisi ve ekvator düzlemi arasındaki açı) Şekil 2.5.'te gösterildiği gibi yıl boyunca değişir. Bu varyasyon, günışığı ve karanlığın eşit olmayan dönemleri ile değişen mevsimlere neden olur. Sapma astronomik veya denizcilik takvimlerinden elde edilebilir; ancak çoğu mühendislik uygulaması için aşağıdaki denklem yeterli doğruluğu sağlar [17]:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \left[ \frac{360^\circ (n + 284)}{365} \right] \quad (2.7)$$

n: yıl içerisindeki gün sırası, (1 Ocak için 1, 1 Şubat için 32 vb.) sinüs içindeki değer ve  $\delta$  derece cinsindedir. Tablo 2.3., her ayın 21. günü için  $\delta$  değerlerini vermektedir.

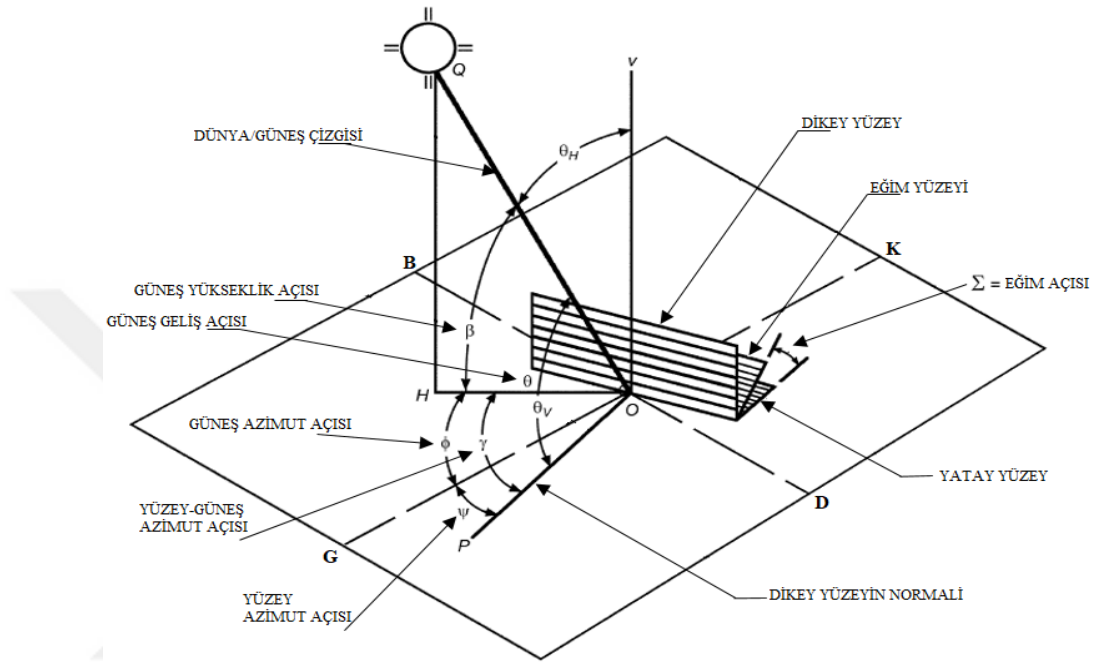


Şekil 2.5. Güneş Etrafındaki Dünya Konumu

### Güneşin Konumu

Güneşin gökyüzündeki konumu, yatay düzlem üzerindeki güneş yüksekliği ve güneyden ölçülen güneş azimutu cinsinden ifade edilir (Şekil 2.5.). Güneş yükseklik açısı  $\beta$ , yatay düzlem ile güneşten çıkan bir çizgi arasındaki açı olarak tanımlanır. Değeri, güneş ufukta olduğunda  $0^\circ$  ile güneş doğrudan tepedeysse  $90^\circ$  arasında değişir. Negatif değerler gece

saatlerine karşılık gelir. Güneş azimut açısı  $\phi$ , dünya-güneş hattının yatay düzleminde, güneyle açısal yer değiştirme olarak tanımlanır. Geleneksel olarak, öğleden sonra saatleri için pozitif ve sabah saatleri için negatiftir [17].



Şekil 2.6. Dik ve Yatay Yüzeyler İçin Güneş Açıları

Güneş yükseklik ve azimut açıları ise yerel enlem  $L$ 'ye ( $^{\circ}N$ , güney yarımkürede negatif) bağlıdır. Tarihin bir fonksiyonu olan güneş deklinasyon açısı ise  $\delta$ 'dır (bkz. Tablo 2.3. veya denklem (2.7)). Dünyanın dönüşünden kaynaklanan yerel meridyenin doğusundaki veya batısındaki güneşin açısal yer değiştirmesi olarak tanımlanan ve derece cinsinden ifade edilen  $H$  saat açısı:

$$H=15.(AST - 12) \quad (2.8)$$

AST, görünen güneş zamanıdır (denklem (2.4)). Güneş öğlen saatlerinde iken  $H$  sıfır, öğleden sonra pozitif ve sabahları negatiftir. Denklem (2.9), güneş yükseklik açısı  $\beta$ ;  $L$ ,  $\delta$  ve  $H$  ile ilişkilendirir:

$$\sin \beta=(\cos L).(\cos \delta).(\cos H) + (\sin L).(\sin \delta) \quad (2.9)$$

Güneş öğlen saatlerinde,  $H=0$  ve güneş gökyüzünde maksimum yüksekliğine ulaşır:

$$\beta_{\max}=90^\circ - |L - \delta| \quad (2.10)$$

Azimet açısı  $\phi$ :

$$\sin \phi = \sin H \cdot \cos \delta / \cos \beta \quad (2.11)$$

$$\cos \phi = (\cos H \cdot \cos \delta \cdot \sin L - \sin \delta \cdot \cos L) / \cos \beta \quad (2.12)$$

### Hava Kütlesi

Bağıl hava kütlesi  $m$ , gerçek dünya-güneş yolundaki atmosfer kütesinin, güneş doğrudan tepede olduğunda var olacak kütleyle oranıdır. Hava kütlesi yalnızca güneş yüksekliği  $\beta$ 'nin bir fonksiyonudur ve aşağıdaki formülden elde edilir (Kasten ve Young 1989) [17]:

$$m=1/[\sin \beta + 0.50572 \cdot (6,07995 + \beta)^{-1,6364}] \quad (2.13)$$

### Açık Gökyüzü Güneş Işınımı

Açık bir gündeki güneş ışınımı, direkt ve dağınık bileşenler ile tanımlanır. Direkt bileşen  $E_b$ ; doğrudan güneşten yayılan güneş radyasyonunun bir kısmını temsil ederken, dağınık bileşen  $E_d$ ; gökyüzünün geri kalanından yayılan radyasyonu açıklar. Bu iki bileşen şu şekilde hesaplanır [17]:

$$E_b=E_o \cdot \exp(-C_b \cdot m^{ab}) \quad (2.14)$$

$$E_d=E_o \cdot \exp(-C_d \cdot m^{ad}) \quad (2.15)$$

Direkt ve dağınık ışın optik derinlik  $C_b$  ve  $C_d$  (daha doğru olarak sözde optik derinlikler olarak adlandırılır, çünkü optik derinlik üssü olmayan bir hava kütlesi katsayısını ifade eder; burada kolaylık sağlamak için “optik derinlik” kullanılır) değerleri yerel koşullara özgüdür ve yıl boyunca değişir. Açık gökyüzü güneş radyasyonunun yükseklik, yağış, aerosoller, ozon ve yüzey yansımaları gibi yerel koşullara bağımlılığını somutlaştırırlar. Hava kütlesi üsleri  $ab$  ve  $ad$ , aşağıdaki ampirik ilişkiler aracılığıyla  $C_b$  ve  $C_d$  ile ilişkilendirilir:

$$ab=1,454 - 0,406 \cdot C_b - 0,268 \cdot C_d + 0,021 \cdot C_b \cdot C_d \quad (2.16)$$

$$ad=0,507 + 0,205 \cdot C_b - 0,080 \cdot C_d - 0,190 \cdot C_b \cdot C_d \quad (2.17)$$

(2.14) ila (2.17) arasındaki denklemler, karmaşık bir geniş radyasyon modelinin basit bir parametresini açıklar. Atmosferin çoğu zaman çok puslu veya nemli olduğu yerlerde bile  $E_b$  ve  $E_d$ 'nin doğru tahminlerini sağlar.

## 2.5. Çeşitli Konumlardaki Yüzeylerin Işınım Alma Transpozisyonu

Bir önceki başlıkta geliştirilen hesaplamalar esas olarak, güneş ışınlarına ya direkt ışınım ya da dağınık ışınımı tahmin etmekle ilgili idi. Bununla birlikte, ışınım alma yüzeyleri dikey (ör. duvarlar ve pencereler) veya eğimli (örn. çatı pencereleri veya aktif güneş cihazları) gibi olması durumunda, rastgele yönelimlere sahip yüzeylerde açık gökyüzü güneş ışınımının hesaplanması gerekir. Bu kısımda herhangi bir yüzeydeki güneş ışınımının hesaplanmasını sağlayan, direkt ve dağınık ışın için transpozisyon modelleri açıklanmaktadır [17].

### Alıcı Yüzeylerle İlgili Güneş Açıları

Bir alıcı yüzeyin yönelimi, Şekil 2.6.'da gösterilen eğim açısı  $\Sigma$  ve yüzey azimut açısı  $\Psi$  ile karakterize edilir. Eğim açısı  $\Sigma$ , dikey ve yatay düzlem arasındaki açıdır. Değeri  $0^\circ$  ile  $180^\circ$  arasındadır. Çoğu zaman, eğimler  $0^\circ$  (yatay) ile  $90^\circ$  (dikey) arasındadır.  $90^\circ$ 'nin üzerindeki değerler yere bakan yüzeylere karşılık gelir. Yüzey azimut açısı  $\Psi$ , yatay düzlemde, normal ile güney arasındaki yer değiştirmesi olarak tanımlanır. Batıya bakan yüzeyler pozitif bir yüzey azimut açısına, doğuya bakanlar ise negatif yüzey azimut açısına sahiptir. Ortak konumlar için yüzey azimut açıları Tablo 2.4.'te özetlenmiştir. Bu bölümde yüzey azimut açısının hem kuzey hem de güney yarım kürelerde, güneye göre tanımlanmıştır. Diğer gösterim ve yazılımlar kuzeye göre veya ekvatora göre kullanılır; özen gereklidir [17].

Tablo 2.4. Yüzey Konumları ve Azimut Açıları

Konum	K	KD	D	GD	G	GB	B	KB
Yüzey azimut açısı	$180^\circ$	$-135^\circ$	$-90^\circ$	$-45^\circ$	$0^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$	$135^\circ$

Yüzey-güneş azimut açısı  $\gamma$ , güneş azimut açısı  $\phi$  ve yüzey azimut açısı  $\Psi$  arasındaki açısal fark olarak tanımlanır:

$$\gamma = \phi - \Psi \quad (2.18)$$

90°'den büyük veya -90°'den küçük  $\gamma$  değerleri yüzeyin gölgede olduğunu gösterir.

Son olarak, ışınım gören yüzeye dik olan çizgi ile dünya-güneş çizgisi arasındaki açı, geliş açısı  $\theta$  olarak adlandırılır. Bu, fenestrasyonda, yük hesaplamalarında ve güneş teknolojisinde önemlidir, çünkü yüzeye çarpan güneş ışınımının doğrudan bileşeninin yoğunluğunu ve yüzeyin güneş ışınlarını emme, iletme veya yansıtma kabiliyetini etkiler. Değeri şöyle verilir:

$$\cos \theta = (\cos \beta) \cdot (\cos \gamma) \cdot (\sin \Sigma) + (\sin \beta) \cdot (\cos \Sigma) \quad (2.19)$$

Dikey yüzeyler için ( $\theta = 90^\circ$ ) denklem (2.19)'un aşağıdakileri basitleştirir:

$$\cos \theta = (\cos \beta) \cdot (\cos \gamma) \quad (2.20)$$

yatay yüzeyler için ( $\Sigma = 0^\circ$ ) ise

$$\theta = 90 - \beta \quad (2.21)$$

### **Alıcı Yüzeyde Açık Gökyüzü Güneş Işınımı Olayının Hesaplanması**

Alıcı yüzeye ulaşan toplam açık gökyüzü ışınımı  $E_t$  üç bileşenin toplamıdır: güneşten kaynaklanan alıcı yüzeyin aldığı direkt güneş ışınımı  $E_{t,b}$ , gökyüzünden kaynaklanan dikey alıcı yüzeyin aldığı dağınık güneş ışınımı  $E_{t,d}$  ve alıcı yüzeyin aldığı zeminden yansıyan güneş ışınımı  $E_{t,r}$ . Böylece [17]:

$$E_t = E_{t,b} + E_{t,d} + E_{t,r} \quad (2.22)$$

Denklem (2.22)'nin sağ tarafındaki tüm faktörleri hesaplamak için yalnızca basit bir yöntem burada sunulmuştur. Özellikle dağınık bileşenin hesaplanmasıyla ilgili daha ayrıntılı yöntemler Gueymard (1987) ve Perez ve ark. (1990). tarafından bulunmuştur.

**Direkt Bileşen.** Direkt ışınım, basit bir geometrik ilişkiden elde edilir:

$$E_{t,b} = E_b \cdot \cos \theta \quad (2.23)$$

burada  $\theta$  geliş açısıdır. Bu ilişki yalnızca  $\cos \theta > 0$  olduğunda geçerlidir; aksi takdirde  $E_{t,b} = 0$  olur.

**Dağınık Bileşen:** Dağınık ışınımın eş yönsüz olması nedeniyle tahmin edilmesi daha zordur. Güneş ışığı veya ufuk gibi gökyüzünün bazı kısımları, gökyüzünün geri kalanından daha parlak olma eğilimindedir, bu da basitleştirilmiş bir zorlu model çıkarımı yapmak gerektirir. Dikey yüzeyler için Stephenson (1965) ve Threlkeld (1963) açık gökyüzü dağınık ışınımı Y oranının, yataydaki açık gökyüzü dağınık ışınım oranının geliş açısı  $\theta$ 'nın basit bir işlevi olduğunu göstermiştir:

$$E_{t,d}=E_d \cdot Y \quad (2.24)$$

$$Y=\max (0,45 \cdot (0,55) + 0,437 \cdot \cos \theta + 0,313 \cdot \cos^2 \theta) \quad (2.25)$$

Eğim açısı  $\Sigma$  olan dikey olmayan bir yüzey için formüller:

$$E_{t,d}=E_d \cdot (Y \cdot \sin \Sigma + \cos \Sigma) \quad \text{eğer } \Sigma \leq 90^\circ \quad (2.26)$$

$$E_{t,d}=E_d \cdot Y \cdot \sin \Sigma \quad \text{eğer } \Sigma \geq 90^\circ \quad (2.27)$$

burada Y, dikkate alınan alıcı yüzeyle aynı azimut açısına sahip dikey bir yüzey için hesaplanır. (2.24)-(2.27) arasındaki denklemlerin açık gökyüzü koşulları için uygun olduğunu, ancak bulutlu gökyüzü için kullanılmaması gerekmektedir.

**Zeminden Yansıyan Bileşen:** Tüm yönelimlerin yüzeyleri için yeryüzünden yansıyan ışınım:

$$E_{t,r}=(E_b \cdot \sin \beta + E_d) \cdot \rho_g \cdot (1 - \cos \Sigma)/2 \quad (2.28)$$

$\rho_g$  zemin yansıtma katsayısıdır. Tablo 2.5., karın mevcudiyeti dahil olmak üzere diğer yüzeyler için  $\rho_g$  tahminlerini vermektedir.

Tablo 2.5. Yüzeylerin Zemin Yansıtma Katsayısı

Zemin Yüzeyi	$\rho_g$	Zemin Yüzeyi	$\rho_g$
Su	0,07	Kuru çayır	0,2-0,3
İğne yapraklı orman (kış)	0,07	Çöl kumu	0,4
Asfalt yeni	0,05	Işık veren bina yüzeyleri	0,6
eski	0,1	Karla kaplı yüzeyler	
Bitümlü ve çakıl çatı	0,13	Tipik şehir merkezi	0,2
Kuru açık zemin	0,2	Tipik kentsel site	0,4
Eski beton	0,2-0,3	Tipik kırsal alan	0,5
Yeşil çimen	0,26	Ayrık kırsal alan	0,7

## 2.6. Güneş Hava Sıcaklığının Hesaplanması

Güneş hava sıcaklığı; tüm ışınlam değişimleri yok sayılmak kaydı ile güneş ışınlamı birleşimini, dış ortam ve gökyüzü ile ışınlam değişimini ve dış hava ile taşınım değişimini yüzeye aynı oranda ısı girişi olarak tanımlayan dış hava sıcaklığıdır. Yani basitçe anlatmak gerekirse taşınım ve ışınlamla değişen dış ortam sıcaklığıdır [3].

$$T_e = T_o + \frac{\alpha \cdot E_t}{h_0} - \frac{\varepsilon \cdot \Delta R}{h_0} \quad (2.29)$$

$T_e$  : güneş-hava sıcaklığı, °C

$T_o$  : dış hava sıcaklığı, °C

$\alpha$  : yüzey üzerine düşen toplam güneş ışınlam katsayısı

$h_0$  : taşınım ısı transfer katsayısı, W/(m<sup>2</sup>.K)

$E_t$  : yüzeye gelen toplam güneş ışınlamı, W/m<sup>2</sup>

$\varepsilon$  : yüzeyin yarım küreye yayılım katsayısı

$\Delta R$  : gökyüzü ve çevre yüzeylerde meydana gelen uzun dalga ışınlamı ile dış hava sıcaklığındaki siyah cisimler tarafından yayılan ışınlam arasındaki fark, W/m<sup>2</sup>; Yatay yüzeyler için 20, dikey yüzeyler için 0'dır.

**$\alpha/h_0$  terimi:**  $\alpha/h_0$  terimi yüzeylerin güneş soğurma değerini yansıtmaktadır. 0,026 değeri açık renkli bir yüzey için uygunken, 0,052 değeri bu terim için olağan maksimum değeri temsil etmektedir.

Tablo 2.6. Farklı Yüzey Çeşitlerinin Güneş Soğurma Değerleri

Yüzey	Soğurma	Yüzey	Soğurma
Tuğla, kırmızı	0,63	Şinglez	
Boya		Gri	0,82
Kırmızı	0,63	Kahverengi	0,91
Siyah	0,94	Siyah	0,97
Kumtaşı	0,5	Beyaz	0,75
Beyaz	0,26	Beton	0,60-0,83
Metal Levha, galvanizli		Metal Levha, galvanizli	
Yeni	0,65	Eski	0,8

### **$\epsilon \cdot \Delta R/h_0$ , uzun dalga düzeltmesi terimi:**

**Yatay yüzeyler için  $\epsilon \cdot \Delta R/h_0$ :** Yalnızca gökyüzünden uzun dalga ışıınımı alan yatay yüzeyler için, uygun bir  $\Delta R$  değeri yaklaşık  $63 \text{ W/m}^2$ 'dir, böylece  $\epsilon=1$  ve  $h_0=17 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$  ise, uzun dalga düzeltmesi terim yaklaşık  $4 \text{ K}$ 'dır [3].

**Düşey yüzeyler için  $\epsilon \cdot \Delta R/h_0$ :** Düşey yüzeyler gökyüzünün yanı sıra, çevredeki binalar ve topraktan gelen uzun dalga ışıınımını da aldığından, kesin  $\Delta R$  değerlerinin tespit edilmesi zordur. Güneş ışıınım değeri büyükse, karasal cisimlerin yüzeyleri genellikle dış ortam hava sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklara ulaşır; dolayısıyla bu cisimlerden olan uzun dalga ışıınımı, gökyüzünün düşük yayma oranı ile telafi edilir. Bu nedenle  $\Delta R=0$  olarak almak düşey yüzeyler için yaygın bir uygulamadır [3].

$\epsilon \cdot \Delta R/h_0$  değerinin yatay düzlemler için  $4 \text{ K}$ , düşey düzlem için  $0 \text{ K}$  alınması ile güneş hava sıcaklıkları hesaplanır. Hesaplamalar için kullanılan toplam güneş yoğunluğu değerleri, güneş açıları denklemlerinden hesaplanır [18].

### **2.7. İletim Zaman Serisi (CTS) ve Işıınım Zaman Serisi (RTS) Faktörleri**

CTS ve RTS faktörleri olarak adlandırılan seri katsayıları, HB yöntemi kullanılarak türetilir. Zaman serileri yöntemlerinde, saatlik hesaplanacak olan ısı kazançları  $24$  saatlik zaman serileriyle çarpılarak hem iletim zamanı gecikmesi hem de ışıınım zaman gecikmesi etkileri hesaba katılır. Zaman serileri çarpımı işlemi ısı kazançlarını zamana bağlı olarak dağıtır [3].

CTS faktörleri, mevcut saat boyunca bir duvarın veya tavanın dış tarafından iç mekanlara doğru meydana getirdiği ısı kazancı, önceki zamanda oluşan ısı kazancının yüzdesini yansıtır.

Benzer şekilde RTS faktörleri, mevcut saat boyunca soğutma yükü haline gelen daha önceki bir ışıınım ısı kazancının yüzdesini yansıtır. İki farklı ışıınım zaman serisi faktörleri kullanılmaktadır. Bunlar, doğrudan iletilen güneş ısı kazanımı için; Güneş Enerjisiz Işıınım Zaman Serileri (nonsolar RTS) faktörleri (sadece zemine ve mobilyalara dağıtıldığı varsayılır) ve (Güneş Enerjili) Işıınım Zaman Serileri (RTS) faktörleridir. Nonsolar RTS faktörleri insanlar, ışıklar, aletler, duvarlar, çatılar ve mahal zeminlerinden ve iç mekân gölgeleme olması şartıyla fenetrasyonla oluşan ısı kazançlarında kullanılır.

RTS faktörleri ise iç mekân gölgelendirmesi olmadan fenestrasyonla oluşan ısı kazançlarında kullanılır (doğrudan ışıınım ısı kazancı %100 ışıma olarak kabul edilir). Tanım gereği her bir bileşen, belirli bir süre sonra bina yüzeylerinde depolanan ısının ne kadarının geldiğini gösteren ve toplamı %100 olan 24 farklı (1 günün 24 saatlik diliminden dolayı) zaman serisi faktörleri yüzde değerine sahiptir.

ASHRAE Temel Bilgiler El Kitabı'nda çeşitli duvar tipleri, pencereler için CTS ve RTS faktörleri bulunmaktadır. Bunun yanı sıra REVIT MEP'deki hesaplama motoru, duvarı veya çatıyı oluşturan her malzeme tipinin dört termal özelliğine (kalınlık, ısı direnç, yoğunluk ve özgül ısı) dayanarak sınırsız sayıda duvar ve çatı için zaman serileri faktörleri türetilmektedir. Bu değerler, her bir yapıyı oluşturan malzeme özelliklerini inceleyen karmaşık bir süreçle elde edilir.

## 2.8. Dış Duvar ve Çatı Bileşenlerinden Gelen Isı Kazançlarının Hesaplanması

Dış opak yüzeylerden ısı kazancı, güneş ışıması ve ısı gradyan ile aynı fenestrasyon alanlarından elde edilir. Isı kazancı, yapının kütlesi ve duvar veya çatı bileşenlerinin bir fonksiyonu olarak farklılık gösterir, çünkü bu elemanlar yapı bileşenlerinden iç yüzeye olan iletimle ısı transferine etki eder [3].

Tasarım günü için dış duvar ve çatı bileşenlerinden gelen ısı kazançlarının 24 saatlik profili hesaplanır. Dış duvarlardan ve çatılardan iletimle ısı kazancı, CTS faktörleri kullanılarak hesaplanır. Dış duvar ve çatıdan iletimle ısı kazancı, bilinen iletim denklemi ile tanımlanır.

$$Q_{\theta} = c_0 \cdot Q_{i,\theta} + c_1 \cdot Q_{i,\theta-1} + c_2 \cdot Q_{i,\theta-2} + \dots + c_{23} \cdot Q_{i,\theta-23} \quad (2.30)$$

$$Q_{i,\theta-n} = U \cdot A_o \cdot (T_{e,\theta-n} - T) \quad (2.31)$$

$Q_{\theta}$  : yüzey için saatlik iletimle ısı kazancı, W

$Q_{i,\theta}$  : mevcut saat için ısı girdisi, W

$Q_{i,\theta-n}$  : n saat önce yüzey için iletimle ısı girdisi, W

$U$  : yüzey için toplam ısı transfer katsayısı,  $W/(m^2 \cdot K)$

$A_o$  : opak yüzeyin alanı,  $m^2$

$T_{e,\theta-n}$ ,  $T$  : n saat önce güneş-hava ve mahal sıcaklığı,  $^{\circ}C$

$c_0, c_1, \dots, c_n$ : iletim zaman serileri faktörleri

İletimle ısı kazancı bulunduktan sonra ısı kazançları ışıınım ve taşınım parçalarına ayrılır (ışıına ve taşınım kısımlar için Tablo 2.7.'ye bakınız). İletimle ısı kazancının bir kısmı taşınım ısı kazancına, diğer kısmı da ışıınım ısı kazancına dönüşür. Taşınım ile oluşan ısı kazancı, taşınım soğutma yükünü oluşturur.

Tasarım saati için taşınım soğutma yükü bulunur, daha sonrasında duvarlar veya çatılardan ışıınım ile ısı kazancı, mevcut saatler ve son 23 saat için ışıınım ısı girişleri ve nonsolar RTS faktörleri kullanılarak hesaplanır ve tasarım saati için ışıınım soğutma yükü bulunur:

$$Q_c = Q_0 \cdot F_r \quad (2.32)$$

$$Q_r = Q_0 \cdot (1 - F_r) \quad (2.33)$$

$Q_c$  : yüzey için saatlik taşınım soğutma yükü, W

$Q_r$  : yüzey için saatlik ışıınım ile ısı kazancı, W

$Q_0$  : yüzey için saatlik iletimle ısı kazancı, W

$F_r$  : iletimle ısı kazancının taşınım oranı, Tablo 2.7.

Tablo 2.7. İç Isı Kazançları İçin Önerilen Işıınım ve Taşınım Oranları

Isı Kazancı Çeşidi	Tavsiye Edilen Işıınım Oranları	Tavsiye Edilen Taşınım Oranları
Doluluk, Tipik ofis koşulları*	0,6	0,4
Ekipman**	0,1-0,8	0,9-0,2
Ofis, fanlı	0,1	0,9
fansız	0,3	0,7
Aydınlatma	ASHRAE Temel El Kitabı Bölüm 18'e bakınız.	
İletimle ısı kazancı		
Duvarlardan ve zeminlerden	0,46	0,54
Çatılardan	0,6	0,4
Pencerelerden	0,33 (SHGC > 0,5)	0,67 (SHGC > 0,5)
	0,46 (SHGC < 0,5)	0,54 (SHGC < 0,5)
Fenetrasyonla ısı kazancı		
İç gölgeleme yok	1	0
İç gölgeleme var	ASHRAE Temel El Kitabı Bölüm 15'e bakınız.	
Sızma	0	1

\*Diğer koşullar için ASHRAE Temel El Kitabı Bölüm 18-Tablo 1'e bakınız.

\*\*Ekipman ısı kazanımı ve motorlar, pişirme cihazları, laboratuvar ekipmanları, tıbbi ekipman, ofis ekipmanları vb. önerilen ışıınım/taşınım oranları için şekilde ASHRAE Temel El Kitabı Bölüm 18'e bakınız.

$$Q_{r,\theta} = r_0 Q_{r,\theta} + r_1 Q_{r,\theta-1} + \dots + r_{23} Q_{r,\theta-23} \quad (2.34)$$

$Q_{r,\theta}$  : mevcut  $\theta$  saatteki  $Q_r$  ışınlım soğutma yükü, W

$Q_{r,\theta}$  : mevcut saatteki ışınlım ısı kazancı, W

$Q_{r,\theta-n}$  : n saat önceki ışınlım ısı kazancı, W

$r_0, r_1, \dots, r_n$ : ışınlım zaman serileri faktörleri

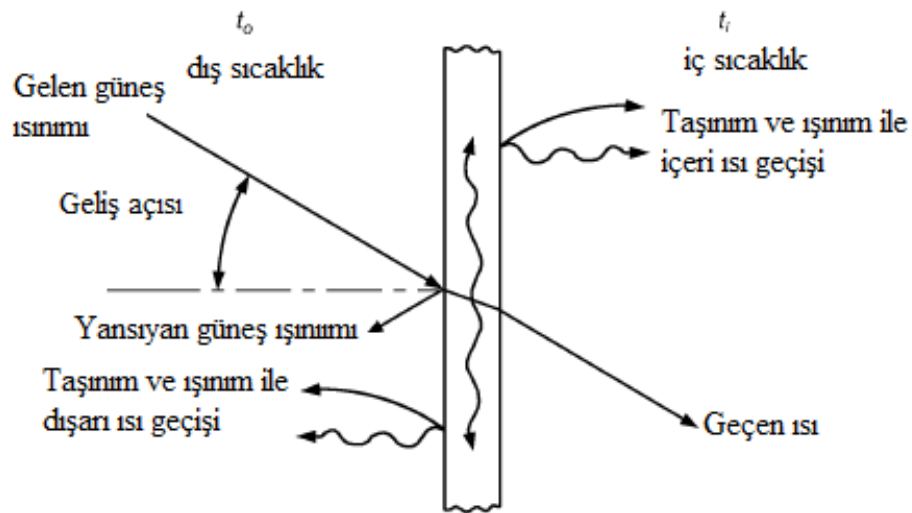
Tasarım saati için soğutma yükü bileşenlerinin taşıyım ve ışınlım kısımları toplanarak toplam duvar/çatı soğutma yükü bulunur:

$$Q_{o,T} = Q_c + Q_{r,\theta} \quad (2.35)$$

## 2.9. Pencerelerden Gelen Isı Kazançlarının Hesaplanması

Pencereler insanların dış ortamla görsel iletişimini sağlamak, güneş enerjisinin ve ışığının içeri girmesine izin vermek, zaman zaman dış havayı içeri almak ve binanın mimarisini estetik hale getirmek için yapılır. Bunlar oluşturulurken konfor şartları da göz önünde bulundurulmalıdır [19].

Camın dış kısmına günün değişik saatlerinde farklı miktarda güneş ışınlımını gelmektedir. Gelen bu ışınlımın bir kısmı camdan yansır, bir kısmı camdan yutulur, büyük bir kısmı da camdan içeri girer. Ayrıca camda iç-dış sıcaklık farkı sebebi ile bir de iletimle ısı kazancı oluşur.



Şekil 2.7. Güneş Işınımına Maruz Kalan Cam Elemanının Anlık Isı Dengesi

### 2.9.1. Fenetrasyon-İletimle Isı Kazancı

Pencerelerden iletimle ısı kazancı, mevcut saatler ve son 23 saat için iletimle ısı kazançları hesaplanır:

$$Q_{f,c} = U \cdot A_w \cdot (T_{out} - T_{in}) \quad (2.36)$$

$Q_{f,c}$  : fenetrasyon-iletimle ısı kazancı, W

$U$  : çerçeve dâhil olmak üzere toplam ısı transfer katsayısı, W/(m<sup>2</sup>.K)

$A_w$  : pencere alanı, m<sup>2</sup>

$T_{out}$  : dış hava sıcaklığı, °C

$T_{in}$  : iç hava sıcaklığı, °C

### 2.9.2. Fenetrasyon-Işınım İle İlişkili Isı Kazancı

Açık Gökyüzü Güneş Işınımının Hesaplanması kısmında açıklandığı üzere ışınım; direkt ve dağınık olmak üzere ikiye ayrılır. Işınım şekline gibi ısı kazançları da direkt ışınım ve dağınık ışınım kazancı olarak ikiye ayrılır.

#### Direkt Işınım Isı Kazancı

“Direkt ışınım” bazen “ışın ışınımı” veya “direkt ışın ışınımı” olarak da adlandırılır. Güneş ışınımının güneşten aşağı doğru dünyanın yüzeyine doğru düz bir çizgide ilerlemesini tanımlamak için kullanılır [20]. Isı kazancı aşağıdaki formülden elde edilir:

$$Q_b = A_w \cdot E_{t,b} \cdot SHGC(\theta) \cdot IAC(\theta, \Omega) \quad (2.37)$$

$Q_b$  : direkt ışınım ısı kazancı, W

$A_w$  : pencere alanı, m<sup>2</sup>

$E_{t,b}$  : alıcı yüzeyin aldığı direkt güneş ışınımı, W/m<sup>2</sup>

$SHGC(\theta)$  :  $\theta$  açısında direkt ışınım güneş ısı kazanç katsayısı,

$IAC(\theta, \Omega)$  : direkt ışınım ısı kazancı katsayısı için iç mekan güneş azaltma katsayısı; iç mekan gölgeleme yoksa bu değer 1,0'dır.

ASHRAE Temel Bilgiler El Kitabı'nda çeşitli pencereler SHGC katsayıları bulunmakta olup, enterpolasyonla da ara değerler bulunabilir. REVIT MEP, pencere ve kapı camlarının termal özellikleri için Işınım Güneş Isı Kazancı Katsayısını (SHGC) kullanmaktadır. SHGC, bir pencerenin güneş ışığından gelen ısıyı ne kadar iyi

engellediğini ölçer. Bir pencereden giren ve güneşten gelen ısıнын oranıdır. SHGC, 0 ile 1 arasında bir sayı olarak ifade edilir. Bir pencerenin SHGC'si ne kadar düşükse, o kadar az güneş ısıısı iletir. Camların SHGC değeri de dahil olmak üzere güneş-optik özellikleri, camdan geçen radyasyonun geliş açısına bağlıdır [16].

IAC ( $\theta, \Omega$ ), gölge tipinin bir fonksiyonudur ve tipe bağlı olarak, aynı zamanda bir  $\theta$  açısında direkt ışınının ve gölge geometrisinin de bir fonksiyonu olabilir. ASHRAE Temel Bilgiler El Kitabı'nda çeşitli pencereler bu katsayılar bulunmakta olup, enterpalosyonla da ara değerler bulunabilir. IAC değerleri birkaç faktöre bağlıdır: (1) gölgeleme türü, (2) gölgelemenin pencereye göre konumu, (3) gölgelemenin yansıtıcılığı, (4) gölgelemenin açısı ve (5) gölgelemenin güneş ile konumu [3].

### **Dağınık Işınım Isı Kazancı**

“Dağınık ışınım” atmosferdeki moleküller ve parçacıklar tarafından saçılan ancak yine de yeryüzüne kadar inen güneş ışığıı tanımlar [20]. Isı kazancı aşağıdaki formülden elde edilir:

$$Q_d = A_w \cdot (E_{t,d} + E_{t,r}) \cdot [SHGD]_D \cdot IAC_D \quad (2.38)$$

$Q_d$  : dağınık güneş ışınım ısı kazancı, W

$A_w$  : pencere alanı, m<sup>2</sup>

$E_{t,d}$  : alıcı yüzeyin aldığı dağınık güneş ışınımı, W/m<sup>2</sup>

$E_{t,r}$  : alıcı yüzeyin aldığı zeminden yansıyan güneş ışınım, W/m<sup>2</sup>

$[SHGC]_D$ : dağınık ışınım güneş ısı kazanç katsayısı,

$IAC_D$  : dağınık ışınım ısı kazanç katsayısı için iç mekân güneş azaltma katsayısı; iç mekân gölgeleme yoksa bu değer 1,0'dır.

$IAC_D$  gölge tipinin bir fonksiyonudur ve çeşide bağlı olarak, aynı zamanda gölge geometrisinin de bir fonksiyonu olabilir.

### **2.10. Mahal İçerisinde Oluşan İç Isı Kazançları**

İnsanlardan, aydınlatmadan, motorlardan, cihazlardan ve ekipmandan gelen iç ısı kazançları, modern bir binadaki soğutma yükünün çoğuna katkıda bulunabilir. Bina boyutları arttıkça, bilgisayar kullanımının artması ve yoğun kullanım mahallerinin

(örneğin çağrı merkezleri) ortaya çıkması gibi faktörler nedeniyle iç ısı kazançları artmıştır. İç ısı kazancı hesaplama teknikleri hem HB hem de RTS soğutma yükü hesaplama yöntemleri için aynıdır [3].

## İnsanlar

Farklı aktivite durumlarına bağlı olarak insanlar tarafından farklı duyulur ve gizli ısı miktarları vermektedir. Yüksek yoğunluklu mahallerde, bu duyulur ve gizli ısı kazançları toplam yükün büyük bir bölümünü oluşturur. Kısa süreli kullanım için bile, insanların getirdiği ekstra hassas ısı ve nem önemli olabilir [3].

İnsanlardan duyulur ısı kazancının mahal soğutma yüküne dönüşümü, o mahallin termal depolama özelliklerinden etkilenir çünkü duyulur yükün bir kısmı radyant enerjidir. Gizli ısı kazançları genellikle anlık olarak kabul edilir. Isı kazancı aşağıdaki formüllerden elde edilir:

$$Q_{s,per} = Q_{s,person} \cdot N \quad (2.39)$$

$$Q_{l,per} = Q_{l,person} \cdot N \quad (2.40)$$

$Q_{s,per}$  : kişi duyulur ısı kazancı, W

$Q_{s,person}$ : kişi başına duyulur ısı kazancı, W/kişi

$Q_{l,per}$  : kişi gizli ısı kazancı, W

$Q_{l,person}$  : kişi başına gizli ısı kazancı, W/kişi

N : kişi sayısı

## Aydınlatma

Aydınlatma genellikle büyük bir mahal soğutma yükü bileşeni olduğundan, getirdiği mahal ısı kazancının doğru bir tahmini gereklidir. Bu yük bileşeninin hesaplanması kolay değildir; herhangi bir anda aydınlatmadan kaynaklanan soğutma yükü, ısı depolaması nedeniyle bu aydınlatma anında sağlanan gücün ısı eşdeğerinden oldukça farklı olabilir [3].

Aydınlatmadan gelen birincil ısı kaynağı, ışık yayan elemanlardan veya lambalardan gelir, ancak aydınlatma armatürlerindeki rezistanslardan ve diğer aksamlardan önemli

miktarda ek ısı üretilebilir. Genel olarak, aydınlatmadan anlık hissedilebilir ısı kazancı aşağıdaki formülden elde edilir.

$$Q_{el} = W_{el} \cdot F_{ul} \cdot F_{sa} \quad (2.41)$$

$Q_{el}$  : aydınlatma ısı kazancı, W

$W_{el}$  : toplam ışık gücü, W

$F_{ul}$  : aydınlatma kullanım faktörü, yük tahmininin yapıldığı koşullar için kullanımdaki watt değerinin toplam kurulu watt'a oranıdır. Mağazalar gibi ticari uygulamalar için kullanım faktörü genellikle 1,0'dır.

$F_{sa}$  : aydınlatma özel tolerans faktörü, lambalar ve rezistansı dahil olmak üzere aydınlatma armatürlerinin güç tüketiminin, lambaların nominal güç tüketimine oranıdır.

Akkor lambalar için  $F_{sa}$  faktörü 1,0'dır. Floresan lambalar için, rezistans tarafından tüketilen gücün yanı sıra rezistansın lamba güç tüketimi üzerindeki etkisi de hesaba katılır. Elektrik tüketimini lambanın nominal güç tüketiminin altına düşüren elektronik rezistanslar için aydınlatma özel tolerans faktörü 1,0'dan az olabilir. Sistem (lambalar + rezistans) gücü için üreticilerin değerleri kullanılır.

### Elektrik Motorları

Elektrikli motorlarla çalıştırılan ekipmanlardan şartlandırılmış bir mahalde anlık duyulur ısı kazancı şu şekilde hesaplanır [3]:

$$Q_{em} = (P/E_M) \cdot F_{UM} \cdot F_{LM} \quad (2.42)$$

$Q_{em}$  : ekipman çalışmasının ısı eşdeğeri, W

$P$  : motor gücü, W

$E_M$  : motor verimi, <1,0

$F_{UM}$  : motor kullanım faktörü, =1,0 veya <1,0

$F_{LM}$  : motor yük faktörü, =1,0 veya <1,0

### 2.11. Havalandırma ve Sızma Isı Kazançları

Bir bina içerisinde bulunan hava ile dış ortam havasının değişimi; havalandırma ve sızma olarak sınıflandırılır. Havalandırma, havanın dışarıdan bir binaya kasıtlı olarak verilmesidir; ayrıca doğal ve mekanik havalandırma olarak alt bölümlere ayrılır. Doğal

havalandırma, havanın açık pencerelerden, kapılardan, ızgaralardan ve planlanan diğer bina yapı elemanlarından geçen hava akışıdır. Mekanik (cebri) havalandırma ise örneğin fanlar, kanallar, giriş ve egzoz panjurları kullanılarak havanın bina içine ve dışına kasıtlı olarak hareketidir [3].

Sızma ise dış havanın çatlaklardan, diğer bina açıklıklarından ve dış kapıların normal giriş-çıkış için kullanımından kaynaklı binaya geçen hava akışıdır. Sızma, bir binaya giren hava sızıntısı olarak da bilinir. Doğal havalandırma gibi, sızma da doğal ve/veya yapay basınç farklılıklarından kaynaklanır. Isı kazançları aşağıdaki formüllerden elde edilir:

$$Q_{i,s} = (1,23) \cdot Q_s \cdot (T_o - T_i) \quad (2.43)$$

$$Q_{i,l} = (1,20) \cdot (2500) \cdot Q_s \cdot (W_o - W_i) \quad (2.44)$$

$Q_{i,s}$  : sızma nedeniyle duyulur ısı kazancı, W

$Q_{i,l}$  : sızma nedeniyle gizli ısı kazancı, W

$Q_s$  : standart hava koşullarında sızma hava akışı, m<sup>3</sup>/s

$T_o, T_i$  : dış ve iç hava sıcaklığı, °C

$W_o$  : dış hava nem oranı, kg/kg

$W_i$  : iç hava nem oranı, kg/kg

1,23 : standart hava koşullarında hava duyulur ısı faktörü, W/(m<sup>3</sup>/s).K

(1,20).(2500): standart hava koşullarında hava gizli ısı faktörü, W/(m<sup>3</sup>/s)

## 2.12. Diğer İç Yüzeylerden Gelen Isı Kazançları

Koşullandırılmış bir mahal, farklı bir sıcaklığa (yani farklı bir bölgeye) sahip bir mahale bitişik olduğunda, ayırıcı fiziksel bölüm boyunca ısı transferi dikkate alınır [3]. Isı kazancı aşağıdaki formülden elde edilir:

$$Q_{other} = U_p \cdot A_p \cdot (T_b - T) \quad (2.45)$$

$Q_{other}$  : diğer ısı kazancı, W

$U_p$  : alanlar arasındaki yapı elemanının toplam ısı transfer katsayısı, W/(m<sup>2</sup>.K)

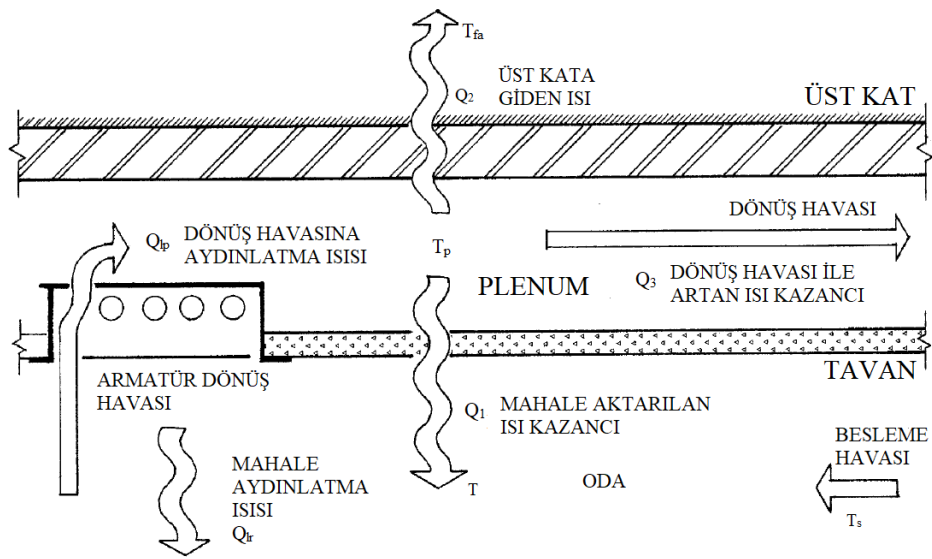
$A_p$  : ayırma bölümü alanı, m<sup>2</sup>

$T_b$  : komşu mahallin ortam sıcaklığı, °C

$T$  : mahal hava sıcaklığı, °C

### 2.13. Plenum Isı Kazançları

Bir dönüş havası yolu olarak kullanıldığında tavanın üzerindeki boşluk, bir tavan dönüş havası plenumu veya basitçe bir dönüş plenumudur. Geleneksel bir kanallı dönüşün aksine, plenumun hava yolunda birden fazla ısı kaynağı olabilir. Bu ısı kaynakları, aydınlatma ve transformatörlerden taşınım ve ışıınım yükleri veya bitişik duvarlardan, çatılardan, camlardan gelen iletim yükleri veya plenum içindeki kanal ve boru sistemlerinden gelen yükler olabilir [3].



Şekil 2.8. Tipik Dönüş Havası Plenumun Şematik Diyagramı

Isı kazançları aşağıdaki formülden elde edilir:

$$Q_1 = U_c \cdot A_c \cdot (T_p - T_r) \quad (2.46)$$

$$Q_2 = U_f \cdot A_f \cdot (T_p - T_{fa}) \quad (2.47)$$

$$Q_3 = 1,1 \cdot Q \cdot (T_p - T_r) \quad (2.48)$$

$$Q_{lp} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (2.49)$$

$$Q = \frac{Q_{r,s} + Q_1}{1,23 \cdot (T - T_s)} \quad (2.50)$$

$Q_1$  : plenum-tavan yoluyla mahale aktarılan ısı kazancı, W

$Q_2$  : plenumdan üst kata giden ısı, W

$Q_3$  : dönüş havası ile “artan” ısı kazancı, W

$Q_{ip}$  : dönüş havası yoluyla plenuma eklenen hafif ısı kazancı, W

$Q_{r,s}$  : mahal soğutma yükü, W

$U_c, U_f$  : tavan ve üst taban ısı transfer katsayısı,  $W/m^2.K$

$A_c, A_f$  : tavan ve üst taban alanı,  $m^2$

$T_p, T, T_{fa}$  : plenum, mahal ve üst mahal sıcaklığı,  $^{\circ}C$

$T_s$  : besleme havası sıcaklığı,  $^{\circ}C$

$Q$  : dönüş havası debisi,  $m^3/s$

1,23 : standart hava koşullarında hava duyulur ısı faktörü,  $W/(m^3/s).K$



## 3. BÖLÜM

### BİNANIN MODELLENMESİ, HESAPLAMALAR VE BULGULAR

#### 3.1. Mimari Projenin Hazırlanması

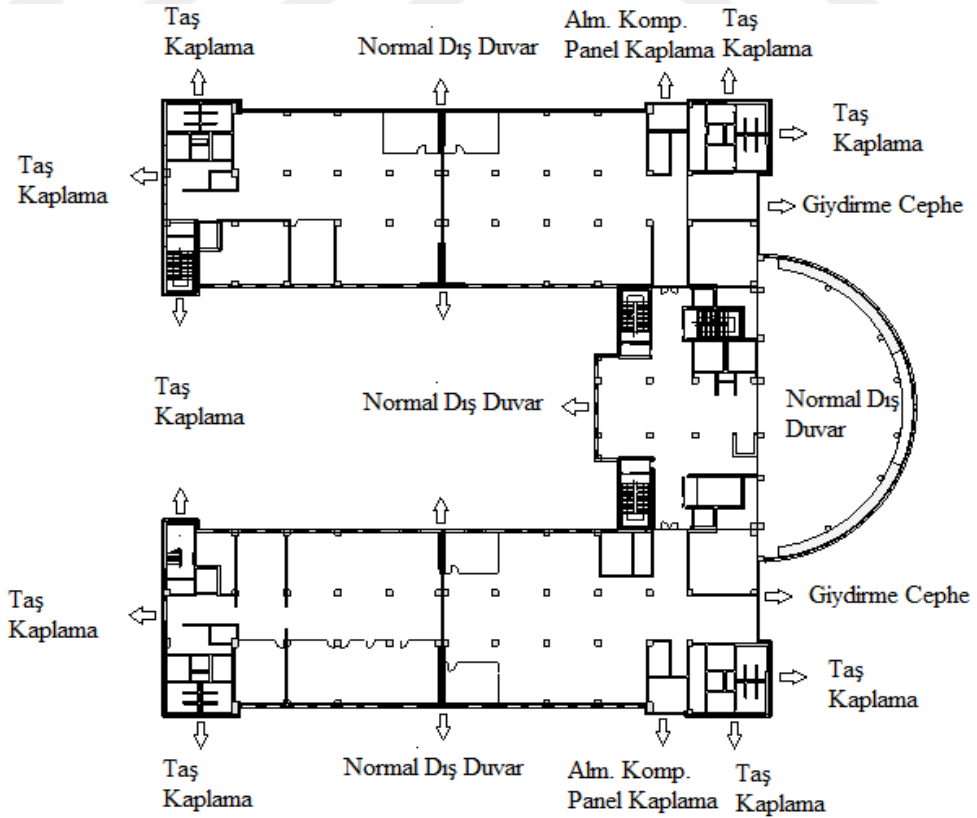
Bir binanın soğutma yükü hesaplarının yapılabilmesi için mimari projeye ihtiyaç vardır. Tez kapsamında 2 Bodrum, 1 Zemin ve 5 Normal kattan oluşan ve yapı yüksekliği 36 m olan U tipi mimari sahip Kayseri Vergi Dairesi Başkanlığı binasının 3 aylık bir süreçte mimari projesi çizilmiştir. Bina içerisinde ofisler, bekleme alanları, yemekhaneler, toplantı salonları, arşivler gibi birçok farklı işleve sahip kapalı alanlar bulunmaktadır.

Şekil 3.1.'te mevcut kullanımda olan binanın fotoğrafı bulunmaktadır. Şekil 3.2.'de ise mimari projesi çizilen binanın dış cephe malzemeleri bulunmaktadır. Binanın ön, yan ve iç avlu cepheleri fazla pencere alanlarına sahiptir. Binanın uzun cepheleri ve ön yuvarlak cephesi normalde alüminyum kompozit kaplı panel ile kaplıdır ancak REVIT'te mimari projenin çizimi yapıldıktan sonra hesaplama motoru bahsi geçen cephelerdeki pencereler için soğutma yüklerini hesaplamamıştır. Bunun için mimari proje revize edilerek uzun cepheler ve ön cepheler normal duvara çevrilmiştir. Her ne kadar projede kullanılan malzeme değişik olsa da alüminyum kompozit panel kaplamalı duvarla normal duvarın U ısı iletim katsayıları arasında çok bir fark bulunmamaktadır. Zaten duvarlardan olan ısı kazançları bir hayli düşük değerlere sahiptir. Ancak ısı kayıp ve kazançlarında pencereler büyük öneme sahiptir. Bunun için mevcut binada bulunan pencere alanlarının REVIT'te çizilen mimari projeye aynı olmasına özen gösterilmiştir ve mekanik tesisat hesaplamalarında kullanılan SHCG değeri kullanılmıştır.

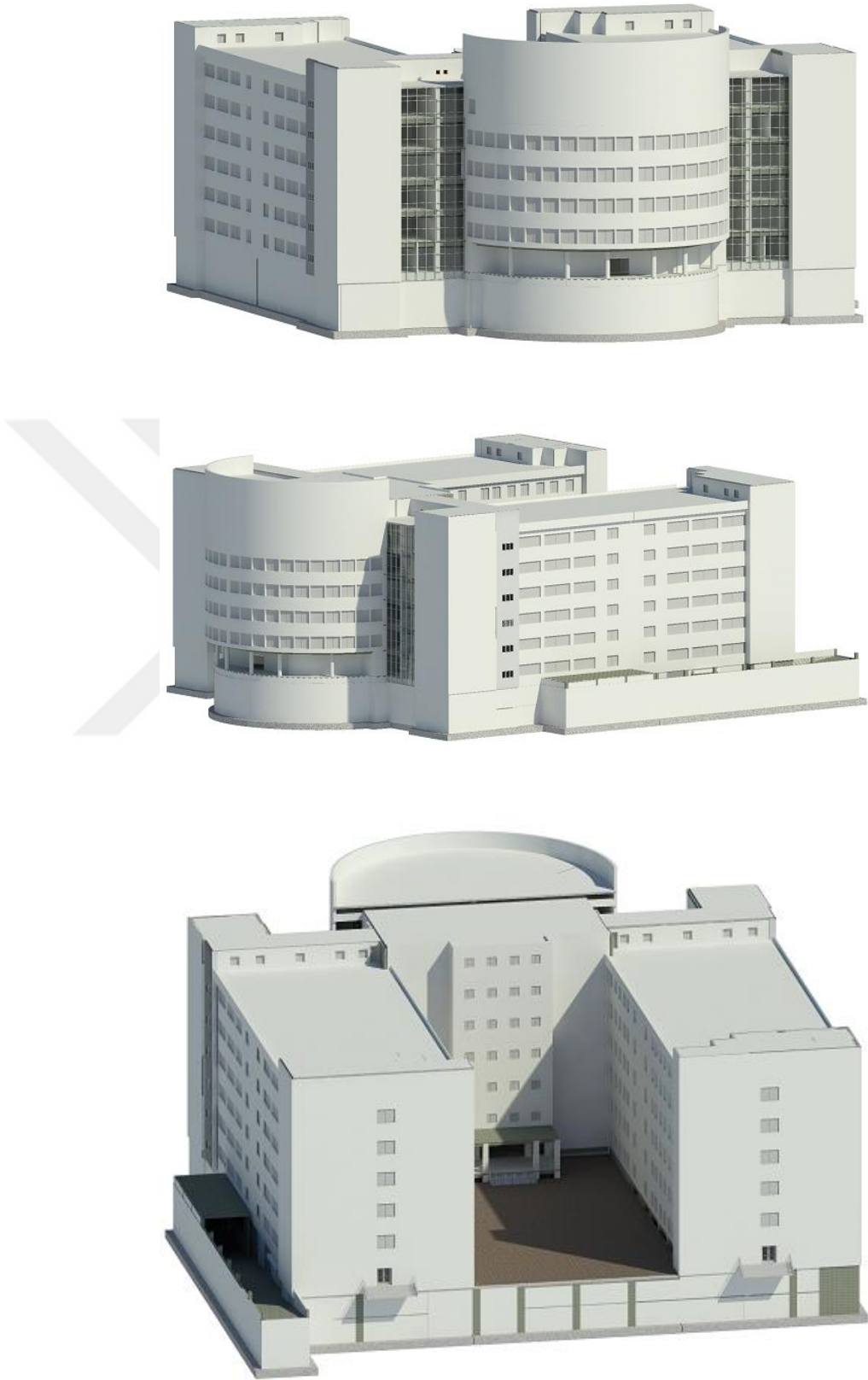
Soğutma yükü hesaplamalarında da kullanılacak olan yapı malzemeleri incelendiği zaman; normal dış duvar, giydirme cephe duvar, alüminyum kompozit panel kaplamalı duvar, taş kaplamalı duvar, teras çatılar, tavanlar, tabanlar, pencereler ve kapı malzemeleri bulunmaktadır.



Şekil 3.1. Kayseri Vergi Dairesi Başkanlığı Binası



Şekil 3.2. Modellemede Kullanılan Dış Cephe Malzemeleri



Şekil 3.3. Tasarımı Yapılan Binanın 3D Görüntüleri

Bundan sonraki başlıklarda ilk olarak REVIT MEP kullanımı, ara yüzünde bulunan pencerelerin ve anlamlarının neler olduğunu, en sonda ise proje kapsamında REVIT MEP içerisinde hangi seçimlerin yapıldığı ve hangi bilgilerin girildiği hakkında detaylı bilgiler verilecektir. İşlem adımlarına bakılacak olursa:

- Hazırlanan mimari proje altlık olarak REVIT MEP'e aktarılır.
- Mahaller oluşturulur ve mahaller oluşturulduktan sonra gerekli olan bilgi girişleri ve seçimler yapılır.
- Bölgeler oluşturulur ve bölgeler oluşturulduktan sonra gerekli bilgi girişleri ve seçimler yapılır.
- Soğutma hesaplamalarının yapılacağı ısıtma ve soğutma yükleri analizi penceresinden gerekli bilgi girişleri ve seçimler yapılır sonrasında hesaplama yaptırılır.

### **3.2. REVIT Programında Modelleme**

Soğutma yükleri hesaplanırken 2 farklı proje modeli tasarlanmıştır. İlk olarak tüm alanlarda mahaller oluşturulmuş ve veri girişleri yapılarak binanın mevcut konumu ile beraber toplam 9 farklı konum için toplam soğutma yükleri hesaplanmıştır. İkincisinde ise dış cephe elemanlarının yönlerine göre soğutma yükü eğilimlerinin tespiti için iç ısı kazançları, havalandırma, sızma ve sistem ısı kazançları ihmal edilerek sadece duvar, pencere, kapı ve çatıların soğutma yükleri 8 farklı konumda hesaplanmıştır.

İlk modelleme de binanın konuma bağlı minimum soğutma yükü belirlenmiştir ve optimum konum tespit edilmiştir.

İkinci modellemede ise özellikle pencere bileşenlerinin, ışıma bağlı yüksek ısı kazançları nedeniyle soğutma yüküne etkisi detaylı bir şekilde incelenmiştir. Pencereler, oluşturulan bölgelerde bulunan pik ay-saatte çok etkin olmaktadır. Bu göz ardı edilmeyip ayrıyeten incelenmesi gereken bir konu olduğu için ayrı bir proje modeli yapılmıştır.

REVIT'te çalışma yapılırken hazırlanan mimari projenin üzerinde çalışmak, çalışma açısından sağlıklı olmayabilir. Mekanik tesisat projesi için REVIT içerisinde yeni bir REVIT MEP projesi oluşturup mimari projeyi altlık olarak kullanmak etkin ve verimli

bir çalışmayı sağlar. Örneğin bu tezde hazırlanan mimari proje 45 mb boyutunda olup, mekanik projenin aynı proje üzerinde çalışılması, etkin ve verimli bir çalışmaya engel olacağı için hazırlanan mimari proje altlık olarak kullanılmış ve proje boyutu 25 mb boyutlarında olmuştur.

Mimari projenin altlık olarak kullanılması için yapılan işlem adımları aşağıda bulunmaktadır [16]:

1. File>New> Mechanical-Default\_Metric

Mekanik tesisat çizimi ve hesaplamaları için bir REVIT MEP dosyasının açılması gerekmektedir. Bu dosya, mimar sonradan çiziminde değişiklik yapsa bile otomatik olarak kendisini güncelleyecektir. Bu açıdan REVIT MEP'te çalışılması daha sağlıklı ve verimlidir. Yeni proje açılıp Mekanik Şablon açılır.

2. Insert>Link REVIT>Hazırlanan mimari proje

Mekanik Şablon açıldıktan sonra hazırlanan mimari proje altlık olarak alınır.

3. Collaborate>Copy/Monitor>Select Link

Kuzey ya da Güney Görünüş açılır ve İşbirliği sekmesinden Kopyala/İzle'ye tıklanır, Bağlantı Seç seçeneğine tıklanır, bağlantılı dosya seçilir ve her katın seviyesi kopyalanır.

4. View>Plan Views>Floor Plan

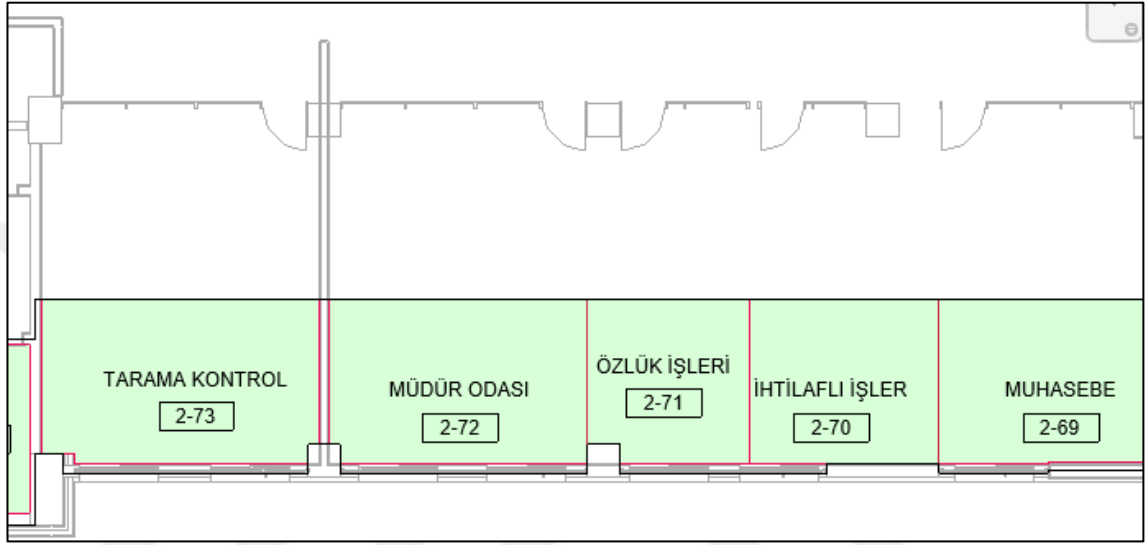
Kopyalama işleminden sonra Görünüş sekmesinden Kat Planları etkinleştirilir.

5. Bağlantı seçilir>Edit Type>Room Bounding

Mimari bağlantı seçilir, Özellikler sekmesinden Tipi Düzenle düğmesi etkinleştirilir. Bu düğmeye tıklanarak seçili bağlantının odaların sınırlı olması etkinleştirilir. Bu seçenek, tasarlanan odaların sınırlarını, modellenecek REVIT MEP mahallerinin sınırlarını tanımlar.

### 3.3. Mahallerin Oluşturulması

REVIT MEP, yerleştirilen alan hakkındaki bilgileri korumak için mahal bileşenini kullanır. Mahaller, bir proje için ısıtma ve soğutma yük analizini etkileyen çeşitli parametreler için değerleri depolar [16].



Şekil 3.4. Mahallerin Oluşturulması

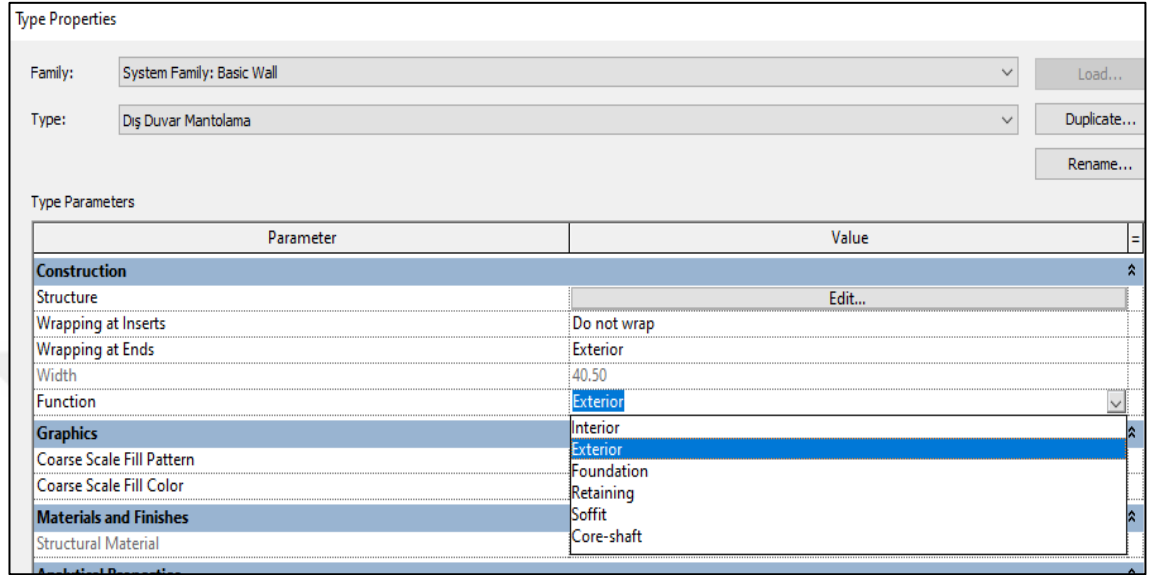
Kapalı bir alana yerleştirildiğinde, bir mahallin hacmi; duvarlar, zeminler, tavanlar, çatılar ve boşluk ayırma çizgileri gibi odayı sınırlayan bileşenlerin yüzeylerine göre hesaplanır. Yüzeyler iki kategoriden birine girer:

**Internal Function (İç Fonksiyon):** Her iki tarafta bitişik boşluklara sahip odayı sınırlayan bileşenler için bu yüzeyler, iç yüzeyler yani internal function (iç fonksiyon) veya core-shaft (şaft) olarak belirtilen bileşenler olarak kabul edilir.

**Exterior Function (Dış Fonksiyon):** Bileşen tip parametresi iç fonksiyon veya şaft olarak belirtilmesi dışında, odayı sınırlayan bileşen yüzeylerinin (duvarlar gibi) yalnızca bir tarafında bitişik boşlukları vardır ya da yoktur ve dış yüzeyler olarak değerlendirilir. Isıtma ve soğutma yükleri analizi, bu yüzeyleri iç olsalar bile dış yüzey olarak ele alır.

Mimari tasarım aşamasında iç duvarlar yanlış bir şekilde dış fonksiyon olarak tanımlanabilir ve bu da yanlış bir ısıtma ve soğutma yükleri analizine neden olur. Tek

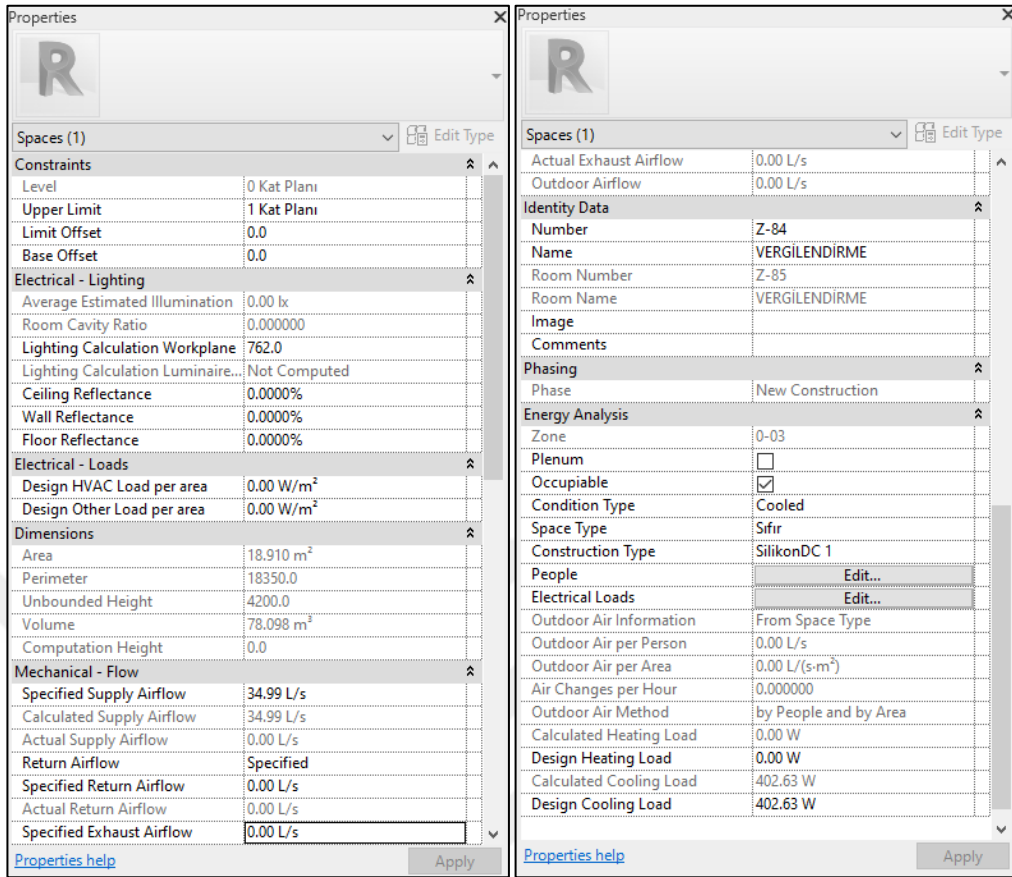
istisna yapı bileşeninin, odayı sınırlayan bileşen için iç fonksiyon veya şaft olarak belirtilmesidir.



Şekil 3.5. Yapı Malzemesi Fonksiyon Kategorileri Penceresi

Mimari çizimde; kullanılan dış duvarlar ve dış çatılar için dış fonksiyon, iç duvarlar ve iç tavanlar için ise iç fonksiyonu seçilmiştir. Ancak çizimde kullanılan kolonlar için böyle bir seçenek olmadığı için REVIT MEP hesaplama motoru, iç kolonları dış kolon gibi görmüş ve az da olsa bunların hesaplamaya etkisini de hesaplamıştır.

Bu proje kapsamında ilk proje modeli için 1000'nin üzerinde, ikinci proje modeli için ise 600'ün üzerinde mahal oluşturulmuştur.



Şekil 3.6. Mahal Özellikleri Penceresi

### Constraints (Sınırlamalar)

Level (Seviye): Mahalin bulunduğu temel düzeydir.

Upper Limit (Üst Sınır): Mahal üst sınırının ölçüleceği seviyedir.

Limit Offset (Sınır Ofset): Üst Sınır seviyesinden ölçüldüğünde, mahallin üst sınırının olduğu mesafedir. Üst Sınır seviyesinin üzerine çıkmak için pozitif bir sayı girilir veya altına gitmek için negatif bir sayı girilir.

Base Offset (Temel Ofset): Mahallin alt sınırının olduğu mesafedir ve temel seviyeden ölçülür (seviye parametresi ile tanımlanır). Temel seviyenin üzerine çıkmak için pozitif bir sayı girilir veya altına gitmek için negatif bir sayı girilir.

**Electrical-Lighting (Elektrik-Aydınlatma)**

Average Estimated Illumination (Ort. Tahmini Aydınlatma): Mahal için aydınlatma değeridir.

Room Cavity Ratio (Oda Boşluk Oranı): Aydınlatma hesaplamalarını belirlemek için oda boyutlarına göre otomatik olarak hesaplanır.

Lighting Calculation Workplane (Aydınlatma Hesaplama Çalışma Düzlemi): Aydınlatmayı hesaplamak için temel olarak kullanılan düzeydir.

Ceiling Reflectance (Tavan Yansıtma): Tavanın rengi ve yüzeyi için yansıtıcı özelliktir.

Wall Reflectance (Duvar Yansıtma): Duvarların rengi ve yüzeyi için yansıtıcı özelliktir.

Floor Reflectance (Zemin Yansıtma): Zeminlerin rengi ve yüzeyi için yansıtıcı özelliktir.

**Electrical-Loads (Elektrik-Yükler)**

Design HVAC Load per area (Alan başına Tasarım HVAC Yüğü): Mahal için toplam HVAC yüküdür.

Design Other Load per area (Alan Başına Tasarım Diğer Yük): Entegre ısıtma ve soğutma yükleri analiz aracı ile hesaplanan alan için toplam ısıtma yüküdür.

**Dimensions (Boyutlar)**

Area (Alan): Odayı sınırlayan unsurlardan hesaplanan net alandır.

Perimeter (Çevre): Odanın çevre uzunluğudur.

Unbounded Height (Sınırsız Yükseklik): Oda yüksekliği parametrelerine göre odanın en büyük potansiyel yüksekliğidir: Seviye, Üst Sınır, Sınır Ofset ve Taban Ofset.

Volume (Hacim): Hacim hesaplaması etkinleştirildiğinde odanın hacmidir.

**Mechanical-Airflow (Mekanik-Hava Akışı)**

Specified Supply Airflow (Belirtilen Besleme Hava Akışı): Mahale giren besleme hava akışıdır.

Calculated Supply Airflow (Hesaplanan Besleme Hava Akışı): Mahali yönetmek ve soğutmak için gereken toplam hava akışıdır.

Actual Supply Airflow (Gerçek Besleme Hava Akışı): Mahaldeki toplam besleme hava akışıdır. Bu değer, mahaldeki tüm besleme havası terminalleri için hava akışının toplamıdır.

Return Airflow (Geri dönüş Hava Akışı): Mahal için dönüş hava akışının nasıl hesaplanacağını belirler. Değerlerden biri seçilebilir: Belirtilen, Belirtilen Besleme Hava Akışı, Hesaplanan Besleme Hava Akışı, Gerçek Besleme Hava Akışı.

Specified Return Airflow (Belirtilen Dönüş Hava Akışı): Mahal için toplam dönüş hava akışı seçeneği kaldırıldığında bu değer yalnızca Dönüş Hava Akışı parametresi seçiliyse belirtilebilir. Değilse, bu parametre kullanılamaz ve değer Dönüş Hava Akışı için seçilen değer tarafından belirlenir (yukarıya bakın).

Actual Return Airflow (Gerçek Dönüş Hava Akışı): Mahaldeki toplam dönüş hava akışıdır. Bu değer, mahaldeki tüm dönüş hava terminalleri için hava akışının toplamıdır.

Specified Exhaust Airflow (Belirtilen Egzoz Hava Akışı): Mahal için toplam egzoz hava akışıdır. Bu değeri proje tasarımcısı belirler.

Actual Exhaust Airflow (Gerçek Egzoz Hava Akışı): Mahal için toplam egzoz hava akışıdır. Bu değer, mahaldeki tüm egzoz havası terminalleri için hava akışının toplamıdır.

Outdoor Airflow (Dış Hava Akışı): Bir mahal için dış hava akışı gereklidir. Bölgeler için Dış Hava Bilgisine bakılır.

**Identity Data (Mahal Bilgileri)**

Number (Numara): Atanmış bir mahal numarasıdır. Bu değer, bir projedeki her mahal için farklı olmalıdır. REVIT MEP, aynı numarayı zaten kullanılmışsa sizi uyarır ancak kullanmaya devam etmenize izin verir.

Name (Ad): Tuvalet veya mutfak gibi mahal adıdır.

Room Number (Oda Numarası): Atanmış bir oda numarasıdır. Bu değer, bir projedeki her oda için farklı olmalıdır. REVIT, aynı numarayı zaten kullanılmışsa sizi uyarır ancak kullanmaya devam etmenize izin verir.

Room Name (Oda Adı): Konferans salonu veya mutfak gibi oda adıdır.

Comments (Yorumlar): Mahal hakkında kullanıcı tarafından belirlenen bilgilerdir.

**Phasing (Aşama Durumu)**

Phase (Aşama): Mahallin ait olduğu projelendirme aşamasıdır.

**Energy Analysis (Enerji Analizi)**

Zone (Bölge): Mahalin atandığı bölgenin adıdır.

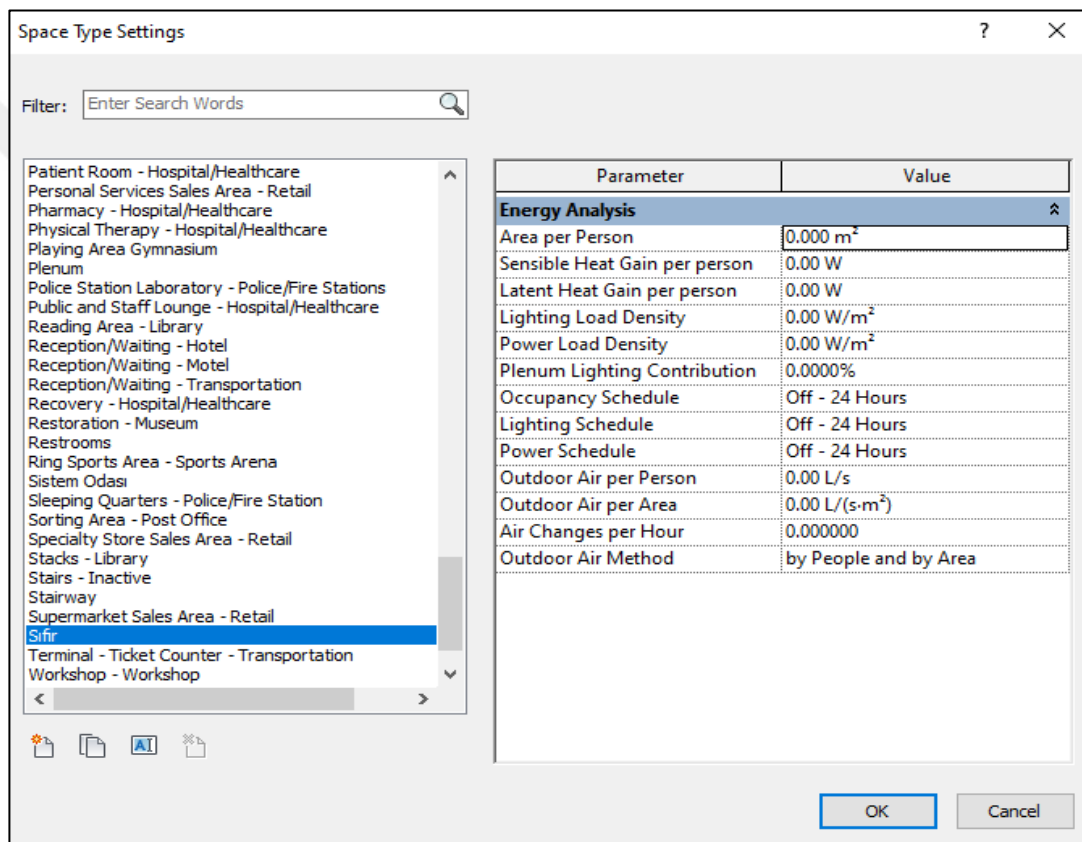
Plenum (Plenum): Mahallin bir plenum alanı olup olmadığını gösterir. İşaretliyse, mahal bir plenum olarak tanımlanır. Bu parametre yük analizi sırasında kullanılır.

Occupiable (Doluluk): Mahalin dolu olup olmadığını gösterir. İşaretlenirse, mahal dolu olarak tanımlanır. Boşluklar, kovalar, tuvaletler ve normalde boş olarak tanımlanan diğer mahaller için seçim yapılmaz. Bu parametre yük analizi sırasında kullanılır.

Condition Type (Şartlandırma Tipi): Heated (Isıtma), Cooled (Soğutma), Heated and cooled (Isıtma ve soğutma), Unconditioned (Isıtma ve soğutma yapılmayan), Vented (Havalandırma), Naturally vented only (yalnızca doğal havalandırma). Isıtma ve soğutma yüklerinin nasıl hesaplandığını belirler. Koşulsuz olarak ayarlandığında, hiçbir yük hesaplanmaz. Isıtmalı olarak ayarlandığında, yalnızca ısıtma yükleri hesaplanır;

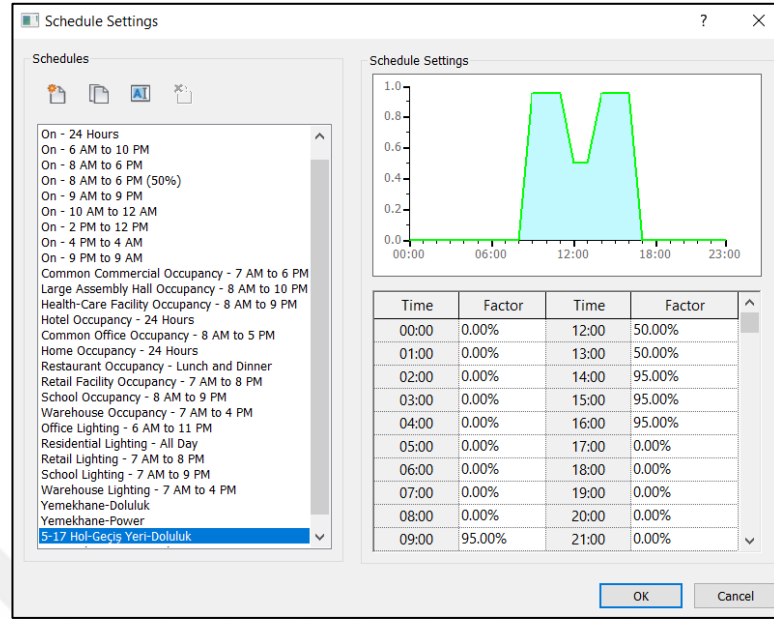
Soğutulmuş olarak ayarlandığında, yalnızca soğutma yükleri hesaplanır. Diğer tüm ayarlar yük hesaplamasına katkıda bulunur.

Space Type (Mahal Tipi): Mahal Tipi Ayarları iletişim kutusundan mahal türü seçilir. Bu menu altında REVIT MEP içerisinde kayıtlı birçok mahal tipi bulunmaktadır. ASHRAE standartlarına göre bu değerler tanımlanmış olup istenirse el ile istenilen değerler de atanabilmektedir.



Şekil 3.7. Mahal Tipi Ayarları Penceresi

Mahal Tipi Ayarlar Penceresi içerisinde Occupancy (Doluluk), Lighting (Aydınlatma) ve Power (Güç) Schedule (Zamanlama) listeleri bulunmaktadır. Bu sekmelere seçildiği zaman ilgili mahalde olan doluluk, aydınlatma ve güç kullanımının hangi saatler arasında olduğu bilgilerine erişilir.



Şekil 3.8. Zamanlama Penceresi

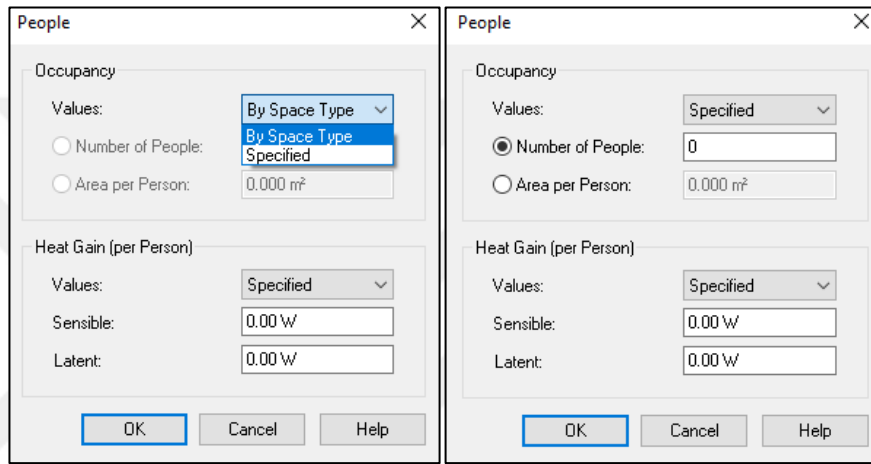
Construction Types (Yapı Tipleri): Mahallin yapı türünü (çatılar, duvarlar, zeminler vb.) belirtir. Bir yapı tipi seçmek veya mahal için özel yapılar tanımlamak için Yapı Tipleri diyalog penceresi açılır. Roof (çatılar), Exterior Walls (dış duvarlar), Interior Walls (iç duvarlar), Ceilings (tavanlar), Floors (zeminler), Slabs (döşemeler), Doors (kapılar), Exterior Windows (dış pencereler), Interior Windows (iç pencereler), Skylights (çatı pencereleri) bulunmaktadır.

Category	Override	Analytic Construction
Roofs	<input type="checkbox"/>	6 in heavyweight concrete with 6 in insulation (U=0.2314 W/(m <sup>2</sup> .K))
Exterior Walls	<input type="checkbox"/>	Frame wall with 6 in insulation and 4 in brick veneer (U=0.2617 W/(m <sup>2</sup> .K))
Interior Walls	<input checked="" type="checkbox"/>	<Building>
Ceilings	<input type="checkbox"/>	Ceiling below joists, R-15 blanket or loose fill (U=0.3917 W/(m <sup>2</sup> .K))
Floors	<input type="checkbox"/>	Loft floor - domestic A (U=0.3596 W/(m <sup>2</sup> .K))
Slabs	<input checked="" type="checkbox"/>	<Building>
Doors	<input type="checkbox"/>	Solid hardwood (U=2.5572 W/(m <sup>2</sup> .K))
Exterior Windows	<input type="checkbox"/>	Uncoated double glazing - 1/8 in thick - clear/clear glass (U=1.987 W/(m <sup>2</sup> .K))
Interior Windows	<input checked="" type="checkbox"/>	<Building>
Skylights	<input checked="" type="checkbox"/>	<Building>

Şekil 3.9. Yapı Tipi Ayarları Penceresi

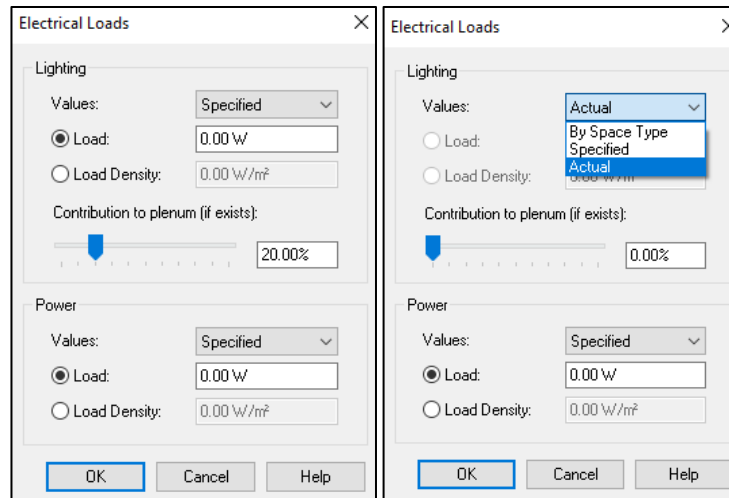
Shading factor for exterior windows (Dış pencereler için gölgeleme faktörü): Dış pencerelerin iç gölgeleme faktörüdür. Pencereler için gölgeleme elemanı kullanılıyor ise bu değer değiştirilebilir. Değeri 0-100 arasında yüzdelik bir değerdir. Değer arttıkça pencerelerden olan ısı kazançları azalmaktadır.

People (kişi): İnsan yüklerinin nasıl hesaplanacağını belirlenen Kişi Yükleri Penceresi açılır. Mahal tipine ve özel olarak veri girişleri yapılabilir.



Şekil 3.10. Kişi Yükleri Penceresi

Electrical Loads (Aydınlatma ve Güç Yükleri): Aydınlatma ve güç yüklerinin nasıl hesaplandığını belirlenir. Mahal tipine, özel ve gerçek olarak veri girişleri yapılabilir.



Şekil 3.11. Aydınlatma ve Güç Yükleri Penceresi

Outdoor Air Method (Dış Ortam Hava Metodu): Bir mahal seçildiğinde, bu özellik bir mahaldeki dış hava talebi için hesaplama yöntemini görüntüler. Hesaplama yöntemi, ASHRAE Standardı 62.1'deki havalandırma oranı prosedürünü uygular. Bu yöntemi kullanan geçerli bir hesaplama sonucu için, bölgedeki her bir mahal için Birincil Hava Akışı tanımlanmalıdır. Aşağıda gösterildiği gibi hesaplanan yöntemlerden birini belirtmek için Bina/Mahal Tipi Ayarları iletişim kutusu kullanılır:

- by People and by Area (Kişilere ve Alanlara Göre),
- by ACH, where ACH is Air Changes per Hour (ACH, saat başına hava değişikliğidir),
- Max (by People, by Area) (Maks (Kişilere göre, Alana göre)),
- Max (by ACH, by People and by Area) (Maks (ACH'ye göre, Kişilere ve Bölgeye göre)),
- Max (by ACH, by People, by Area) (Maks (ACH'ye göre, Kişilere göre, Alana göre)),

Calculated Heating Load (Hesaplanan Isıtma Yüğü): Mahal için hesaplanan toplam ısıtma yüküdür.

Design Heating Load (Tasarım Isıtma Yüğü): Mahal için tasarlanan toplam ısıtma yüküdür.

Calculated Cooling Load (Hesaplanan Soğutma Yüğü): Mahal için hesaplanan toplam soğutma yüküdür.

Design Cooling Load (Tasarım Soğutma Yüğü): Mahal için tasarlanan toplam soğutma yüküdür.

### **3.4. Bölgelerin Oluşturulması**

Tasarımı yapılan bina için HVAC yükleri oluşturmanın bir sonraki adımı, benzer mahalleri aynı bölgelere atamaktır. Bir HVAC sistemindeki bölgelerin oluşturulmasının temel amacı, mahal içindeki hava kalitesi veya koşulun ortak kontrol

edilebilirliğini sağlamaktır. Bir terminal ünitesi, ısı pompası veya hava işleme ünitesi tarafından tek bir kontrol noktası, tanımlanmış bölgesi içindeki mahallerin sıcaklığını ve hava kalitesini ayarlayabilir [21].

Bina içinde HVAC bölgeleri oluşturmak, belirli mahallere hava akışını kontrol etmeye, dolu olmayan mahallere hava akışını kapatmaya veya mahal yükü bir sıcaklık sensöründen veya bölgedeki başka bir algılama cihazından gelen bir sinyal yoluyla arttığında mahallere hava akışını arttırmaya olanak tanır [16].

2 farklı proje modeli yapıldığından ilk proje modelinde 200'den fazla, ikincisinde ise 70'den fazla bölge oluşturulmuştur.

Properties	
HVAC Zones (1) Edit Type	
<b>Constraints</b>	
Level	0 Kat Planı
<b>Dimensions</b>	
Occupied Area	150.811 m <sup>2</sup>
Gross Area	151.934 m <sup>2</sup>
Occupied Volume	613.463 m <sup>3</sup>
Gross Volume	618.104 m <sup>3</sup>
Perimeter	125820.0
<b>Mechanical - Flow</b>	
Calculated Supply Airflow	293.62 L/s
Calculated Supply Airflow per area	1.95 L/(s·m <sup>2</sup> )
<b>Identity Data</b>	
Image	
Comments	
Name	0-03
<b>Phasing</b>	
Phase	New Construction
<b>Energy Analysis</b>	
Service Type	Fan Coil System
Coil Bypass	0.0000%
Cooling Information	Edit...
Heating Information	Edit...
Outdoor Air Information	Edit...
Calculated Heating Load	0.00 W
Calculated Heating Load per area	0.00 W/m <sup>2</sup>
Calculated Area per Heating Load	0.0000 m <sup>2</sup> /kW
Calculated Cooling Load	3480.43 W
Calculated Cooling Load per area	23.08 W/m <sup>2</sup>
Calculated Area per Cooling Load	43.33 m <sup>2</sup> /kW
Properties help Apply	

Şekil 3.12. Bölge Özellikleri Penceresi

**Constraints (Sınırlamalar)**

Level (Seviye): Bölgenin bulunduğu temel seviyedir. Bu hesaplanmış bir değerdir.

**Dimensions (Boyutlar)**

Occupied Area (Dolu Alan): Bölgedeki tüm dolu mahallerin toplamıdır. Bu hesaplanmış bir değerdir.

Gross Area (Brüt Alan): Bölgedeki tüm dolu ve kullanılmayan mahal alanlarının toplamıdır. Bu hesaplanmış bir değerdir.

Occupied Volume (Dolu Hacim): Bölgedeki tüm dolu mahaller için hacimlerin toplamıdır. Bu hesaplanmış bir değerdir.

Gross Volume (Brüt Hacim): Bölgedeki tüm dolu ve kullanılmayan mahal hacimlerinin toplamıdır. Bu hesaplanmış bir değerdir.

Perimeter (Çevre): Bölgedeki tüm mahaller için çevrelerin toplamıdır. Bu mahallerle paylaşılan tüm ortak parametreleri hesaplamadan çıkarılır. Bu hesaplanmış bir değerdir.

**Mechanical-Airflow (Mekanik-Hava Akışı)**

Calculated Supply Airflow (Hesaplanan Besleme Hava Akışı): Bölge için bir ısıtma ve soğutma yükleri analizi ile hesaplanan veya içe aktarılan bir gbXML dosyasından okunan toplam besleme hava akışıdır.

Calculated Supply Airflow per area (Alan Başına Hesaplanan Besleme Hava Akışı): Bölgenin Hesaplanan Besleme Hava Akışı, bölgenin toplam alanına bölünür.

**Identity Data (Bölge Bilgileri)**

Comments (Yorumlar): Bölge için metin yorumlarıdır.

Name (Ad): Bölgenin adıdır. Yapılan her isimlendirme farklı olmalıdır.

### **Phasing (Aşama Durumu)**

Phase (Aşama): Bölgenin ait olduğu projelendirme aşamasıdır. Görünüm özelliklerine dayalı salt okunur bir değerdir.

### **Energy Analysis (Enerji Analizi)**

Service Type (Servis Türü): Bu açılır menü, bölge içindeki alanlara hizmet verecek sistem türünü seçmeye olanak tanır.

Coil Bypass (By pass faktörü): Bölgeye hizmet eden ünite için herhangi bir üreticinin by pass faktörünün girildiği yerdir. Bu, batarya sıcaklığından etkilenmeyen bataryadan geçen hava hacmini gösteren bir verimlilik ölçüsüdür.

Cooling Information (Soğutma Bilgileri): Bölge için soğutma bilgilerini belirlediğiniz Soğutma Bilgileri diyalog penceresini açar.

Heating Information (Isıtma Bilgileri): Bölge için ısıtma bilgilerini belirlediğiniz Isıtma Bilgileri Penceresi açılır.

- Cooling Set Point (Soğutma Ayar Noktası) ve Heating Set Point (Isıtma Ayar Noktası): Sistemin bölgedeki tüm mahallerde soğutmayı/ısıtmayı sürdüreceği sıcaklıktır. Bir bölge, mahallerini tek bir termostat kullanarak kontrol ettiği için bölge başına yalnızca bir ayar noktası belirlenebilir.

- Cooling Air Temperature (Soğutma Hava Sıcaklığı) ve Heating Air Temperature (Isıtma Hava Sıcaklığı): Bölgedeki tüm mahalleri soğutmak/ısıtmak için kullanılan besleme hava sıcaklığıdır.

- Humidificaton Control (Nemlendirme Kontrolü): Bölge için nemlendirme kontrolünü etkinleştirir. Nem alma ayar noktası seçeneği kullanılabilir hale gelir. Nemlendirme Kontrolü etkinleştirildiğinde, yeniden ısıtma yükleri hesaplanır.

- Dehumidificaton Set Point (Nem Alma Ayar Noktası): Bölgedeki tüm mahaller için sistemin koruyacağı nemlendirme yüzdesidir (%). Bu ayar noktası, soğutma için Isıtma Bilgileri penceresinde bulunan nemlendirme ayar noktasından daha düşük ve

ısıtma için Soğutma Bilgileri penceresinde bulunan nem alma ayar noktasından daha yüksek olamaz olamaz.

Şekil 3.13. Bölge Isıtma ve Soğutma Bilgileri Penceresi

Outdoor Air Information (Dış Hava Bilgileri): Bir bölge seçildiğinde, dış hava bilgisinin mahal tipinden mi yoksa bölgeden mi geldiğini tanımlar. Bu ayarı değiştirmek için bölge seçilir ve Dış Hava Bilgileri iletişim kutusunu açmak için Düzenle'ye tıklanır.

Şekil 3.14. Dış Hava Bilgileri Penceresi

Outdoor Air per Person (Kişi Başına Dış Hava): Bir mahal seçildiğinde, bu özellik, bölgedeki tüm mahaller için her kişi (bir mahalde) için gereken dış hava miktarını görüntüler.

Outdoor Air per Area (Alan Başına Dış Hava): Bir mahal seçildiğinde, bu özellik, bölgedeki tüm dolu mahallerin kare alanı başına dış hava miktarını görüntüler.

Air Changes per Hour (Saat Başına Hava Değişikliği): Bir mahal seçildiğinde, bu özellik, bölgedeki tüm dolu mahallerin hava hacminin saat başına kaç kez değiştirildiğini görüntüler.

Calculated Heating Load (Hesaplanan Isıtma Yüğü): Mahal için toplam ısıtma yüküdür.

Calculated Area per Heating Load (Isıtma Yüğü Başına Hesaplanan Alan): Bölgenin toplam alanı, bölgenin Hesaplanan Isıtma Yüğüne bölünür.

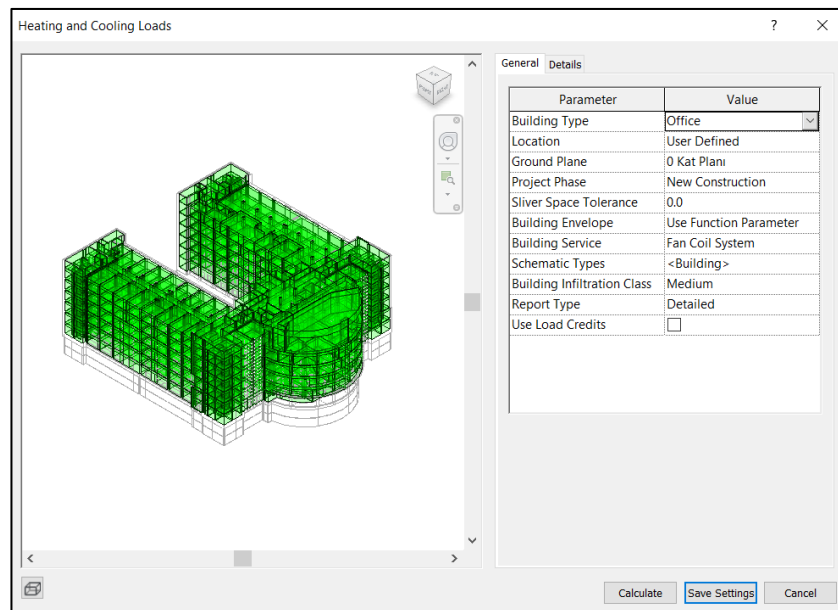
Calculated Cooling Load (Hesaplanan Soğutma Yüğü): Mahal için toplam soğutma yüküdür.

Calculated Cooling Load per area (Alan başına Hesaplanan Soğutma Yüğü): Bölgenin Hesaplanan Soğutma Yüğü, bölgenin toplam alanına bölünür.

Calculated Area per Cooling Load (Soğutma Yüğü Başına Hesaplanan Alan): Bölgenin toplam alanı, bölgenin hesaplanan soğutma yüküne bölünür.

### 3.5. Soğutma Yüklerinin Hesaplanması

Mahal ve bölge veri girişleri yapıldıktan sonra ısıtma ve soğutma yüklerinin hesaplanması için ısıtma ve soğutma yükleri penceresi açılır.



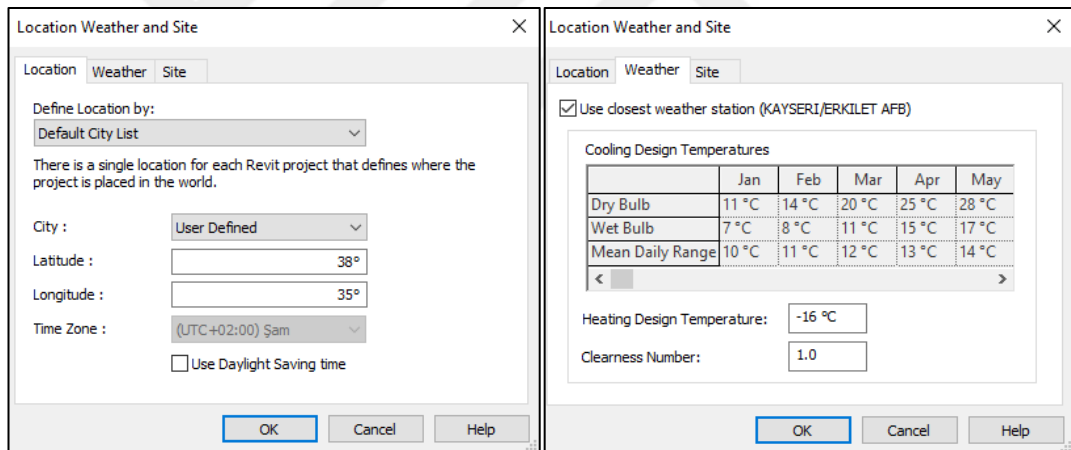
Şekil 3.15. Isıtma ve Soğutma Yükleri Penceresi

## Building Type (Yapı Tipi)

Simüle edilecek genel bina tipini belirtir. Okul, müze, ibadethane, otel, spor salonu, ofis gibi birçok seçenek bulunmaktadır [16].

## Location (Konum)

Binanın coğrafi konumunu belirtir. Konum, yük hesaplamasında kullanılan iklimi ve sıcaklıkları belirler. Binanın bulunduğu konum seçimi yapılır. Konum, hava ve yer penceresinden, konum bilgilerine Kayseri ili enlem ve boylam bilgileri girilmiştir. Açılan pencerede REVIT MEP içerisinde Kayseri ili için kuru ve yaş termometre, günlük hava sıcaklığı değişimleri, ısıtma için tasarım sıcaklığı, hava açıklık katsayısı gibi bilgiler bulunmaktadır. İstenilirse bu değerler el ile değiştirilebilmektedir.



Şekil 3.16. Konum, Hava ve Yer Penceresi

Heating Design Temperature (Isıtma Tasarım Sıcaklığı): Isıtma tasarım sıcaklığı, tipik bir hava durumu yılında saatlerin en az %99'u boyunca aşılacak dış ortam kuru termometre sıcaklığıdır. İncelenen alandaki gerekli konfor seviyesine bağlı olarak yüzde (%99) değişebilir.

Clearness Number (Açıklık Katsayısı): ASHRAE El Kitabı-HVAC Uygulamaları, Bölüm 33.4'e göre, açıklık şu şekilde belirtilmiştir: Açık ve Kuru: 1,2'den büyük. Ortalama: 1,0. Puslu, nemli :0,8'den az.

Use Daylight Saving Time (Yaz Saati Uygulaması): Model, gün ışığından yararlanma saatini gözlemleyen bir bölgede bulunuyorsa bu seçenek kullanılır.

### **Ground Plane (Yer Yüzeyi)**

Modeldeki zemin seviyesinin simülasyondaki zemin düzlemi olarak tanımlandığı doğrulanır; yer düzleminin altındaki tüm katlar, yer altı katları olarak değerlendirilir.

### **Project Phase (Proje Aşaması)**

Analiz için bina aşamasını belirtir. Isıtma ve soğutma yükü hesaplamaları için New Construction (Yeni Yapı) seçilir.

### **Sliver Space Tolerance (Şerit Mahal Toleransı)**

Şerit boşlukları olarak kabul edilecek mahaller için tolerans belirtilir. Bu değer mm cinsinde olup, oluşturulan mahal hacminin tolerans değer çerçevesinde artırılmasını sağlar.

### **Building Envelope (Bina Kabuğu)**

Bina kabuğunu belirlemek için kullanılacak yöntemi belirtir. Use Function Parameter (İşlev Parametresini Kullanılması) ve Identify Exterior Elements (Dış Elemanların Tanımlanması) seçenekleri bulunmaktadır. İşlev Parametresi (varsayılan) bina zarfının bir parçası olduğu düşünülen yapı elemanlarını belirlemek için duvarların, zeminlerin ve yapı elemanlarının işlev türü parametresini kullanır. Dış elemanları tanımlanması, binanın dışında, bina dış zarfına maruz kalan yapı elemanlarını tanımlamak için ışınla doldurma algoritmalarının bir kombinasyonunu kullanır. Zarfın içindeki yapı elemanlarından kaynaklanan analitik yüzeyler, dış cephe veya gölgeleme yüzeyleri olarak sınıflandırılır.

### **Bulding Service (Bina Servisi)**

Bina için ısıtma ve soğutma sisteminin türünü belirtir.

### **Schematic Types (Şematik Tipler)**

Şematik tipler bina için yapı tipini belirtir. Bina için malzemeleri ve yalıtımı (U-değerleri) belirlenir.

### **Building Infiltration Class (Bina Sızma Sınıfı)**

Bina kabuğundaki sızma ile binaya giren dış hava tahminini belirtir. Sızma şu şekillerde seçilebilir; Gevşek inşa edilmiş duvarlar, 0,076 cfm/sqft. Orta inşa edilmiş duvarlar; 0,038 cfm/sqft. Sıkı inşa edilmiş duvarlar; 0,019 cfm/sqft. Yok; sızma ihmal edilir.

### **Report Type (Rapor Şekli)**

Isıtma ve soğutma yükleri raporunda verilen bilgi seviyesini belirtir. Rapor şu şekillerde seçilebilir: Simple (Basit), Standard (Standart) ve Detailed (Detaylı).

### **Use Loads Credit (Kredi Yüklerini Kullan)**

Negatif yükler şeklini mahal ısıtma veya soğutma “kredi” yüklerinin hesaplanmasına izin verir. Örneğin, bir bölgeyi bir bölümden başka bir bölgeye terk eden ısı, negatif bir yük olabilir.

## **3.6. REVIT MEP Parametrelerinin Seçimi**

İki farklı proje modellemesi yapıldığından dolayı iki farklı proje yapılmış ve farklı bilgi girişleri yapılmıştır.

### **3.6.1. Binanın 1. Proje Modeli Parametreleri**

#### **Mahal Veri Girişleri**

Normal bir binanın soğutma yükleri tasarımı yapılır gibi mahaller ve bölgeler oluşturulmuştur. Bodrum katlarda ısıtma ve soğutma yapılmadığı için mahal oluşturulmamıştır, zemin ve üst katlar için mahaller oluşturulmuştur. Her katta, asma tavan ve üst kat arasında 1 m yüksekliğinde plenum alanları oluşturulmuş ve plenumda oluşacak soğutma yükleri de böylelikle hesaba katılmıştır. Yangın merdivenleri ve

holleri, plenumlar, tesisat şaftları, soğuk hava depoları gibi alanlar şartlandırılmamış, diğer tüm mahaller için ısıtma ve soğutma hesaplaması yapılmıştır.

Mimari projeye uygun olarak ofisler, yemekhaneler, koridorlar, toplantı salonları ve arşivler için kişi sayısı girişleri yapılmıştır. Holler, WC'ler ve diğer mahallerdeki kişi sayıları için ise mahale özel hesaplama yapması seçeneği seçilmiş ve hesaplama motoru otomatik olarak kişi sayısını atamıştır. Duyulur ve gizli ısılar için programda tanımlı olan değerler kullanılmıştır. Kişilere ait çalışma saatleri 08:00-17:00 olacak şekilde ayarlanmıştır. REVIT MEP içerisindeki tanımlı açık plan çalışma ofisi, konferans salonu, yemekhane, vd. mahal bilgi verileri kullanılmıştır.

Aydınlatma ve güç yükleri için mahale özel hesaplama yapılması seçeneği seçilmiş ve değerleri hesaplama motoru atamıştır. Aydınlatma çalışma saatleri 15:00-17:00, elektrikli cihaz çalışma saatleri kişilere ait çalışma saatleri olan 08:00-17:00 şeklinde ayarlanmıştır. Tavan, duvar ve zemin yansıtma için REVIT MEP'te bulunan değerler kullanılmıştır.

WC'ler, sistem ve fotokopi odaları hariç tüm mahallerin havalandırma değerleri için insana ve alana göre WC'ler ve sistem odaları için ise 10 ACH değerine göre hesaplama yapılması tasarlanmıştır. Mahale göre hesaplama yapılması seçeneği işaretlenmiş ve mahal tipine göre kişi havalandırma değerlerini hesaplama motoru atamıştır.

Binanın dış cephesinde farklı yapı elemanlarından oluştuğu için her mahale özgü olarak farklı tanımlamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalarla her farklı duvar tipi için hesaplanan U değerlerine yakın malzeme çeşidi seçilmiştir. Pencere içinde orijinal hesaplamalarda kullanılan 0,76 SHGC değeri seçilmiştir.

Tablo 3.1. Kullanılan Yapı Elemanlarının Özellikleri

Yapı Elemanı	U, W/(m <sup>2</sup> ·K)	SHGC
Normal Duvar	0,2411	
Taş Kaplamalı Duvar	0,266	
Alm. Komp. Panel Kaplamalı Duvar	0,2617	
Çatı	0,2314	
Tavan	0,3917	
Zemin	0,3596	
Dış Pencere	1,9873	0,76
Dış Kapı	1,817	

## Bölge Veri Girişleri

Mahaller oluşturulduktan sonra mahallerin bölgelere atanması işlemi yapılmıştır. Kişi sayısı, mahal tipi, mahallerin aynı cephede olması ya da iç kısımlarda olması gibi esaslara bağlı olmak üzere bölgeler oluşturulmuştur. Farklı cephe yönlerine bakan, çalışma ortamları ve çalışan ya da mahalde bulunan kişi sayıları farklı olan mahallerin aynı bölgeye atanmaması gerekmektedir. Aksi takdirde hesaplanacak olan pik ay-saatte farklılıklar ortaya çıkar ve bu da yanlış hesap sonuçlarına neden olur.

Tablo 3.2. Bölge Veri Giriş Bilgileri ve Seçimleri

<b>Bölge Veri Girişleri</b>	
Servis türü	Fan Coil
By pass faktörü	10%
Soğutma ayar sıcaklığı	24
Soğutma havası sıcaklığı	12
Isıtma ayar sıcaklığı	21,11
Isıtma havası sıcaklığı	32,22
Nem kontrolü	-

Eğer bölge için nem kontrolü istenirse ve belirli bir nem oranı girişi yapılırsa hesaplama motoru psikrometrik diyagramdan bunu kontrol eder ve eğer bu nem oranına göre iç hava sıcaklığı sağlanamaz ise motor, hesaplama yapmaz ve uyarı vererek bölge için nem oranı tavsiye eder. Ya da sıcaklıkların değiştirilmesi gerektiği uyarısını verir.

## Isıtma ve Soğutma Yükleri Veri Girişleri

Tablo 3.3. Isıtma ve Soğutma Yükleri Veri Giriş Bilgileri ve Seçimleri

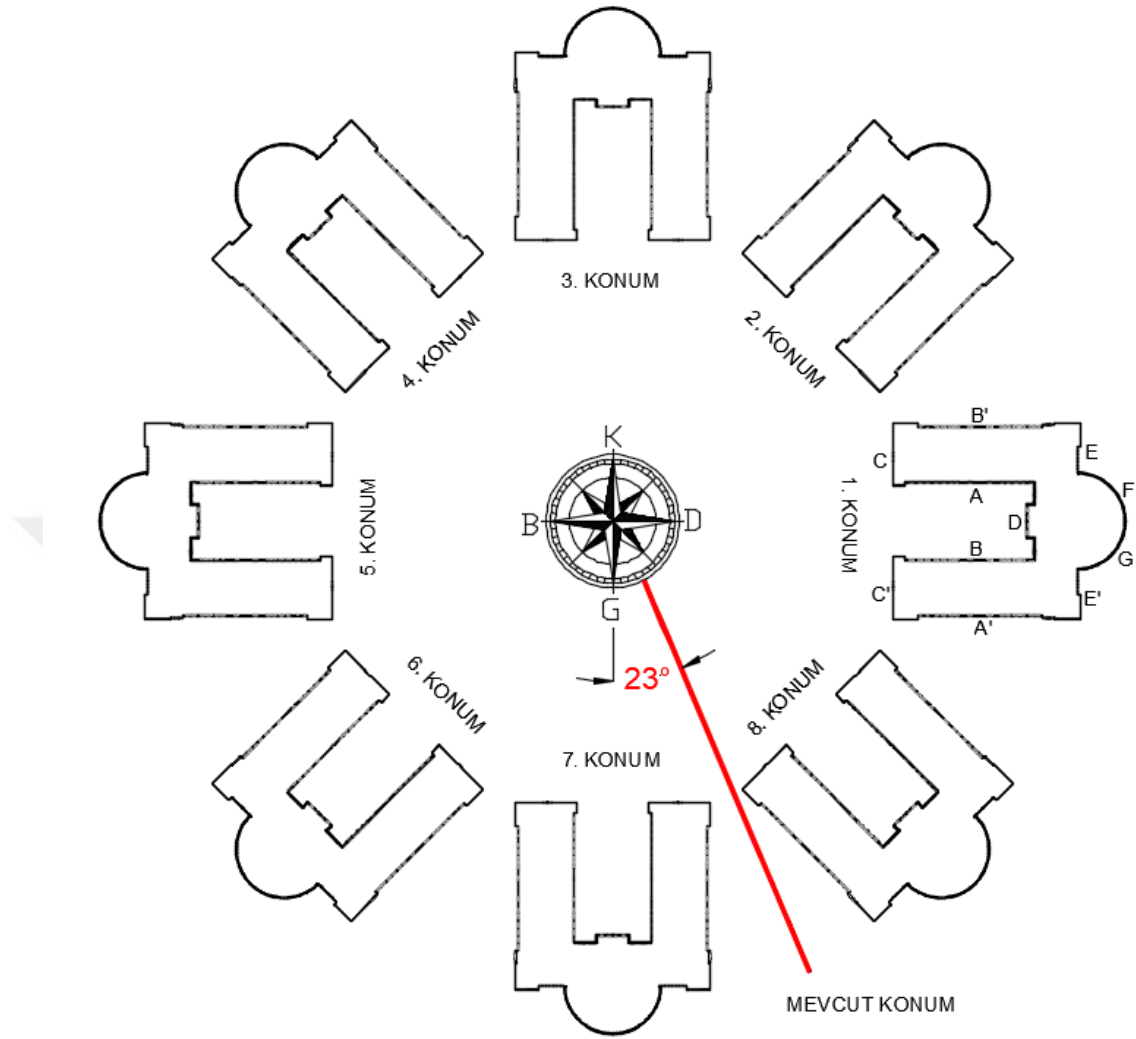
<b>Isıtma ve Soğutma Yükleri Penceresi Girişleri</b>			
Yapı Tipi	Ofis	Şerit Mahal Toleransı	0
Konum	Kayseri	Bina Kabuğu	İşlev
Yaz Saati Uygulaması	-	Bina Servisi	Fan Coil
Açıklık Katsayısı	1,0	Şematik Tipler	Tablo 3.1.
Yer Yüzeyi	Zemin kat	Bina Sızma Sınıfı	Orta
Proje Aşaması	Yeni yapı	Rapor Şekli	Detaylı
Şerit Mahal Toleransı	0	Kredi Yüklerini Kullan	-

### **3.6.2. Binanın 2. Proje Modeli Parametreleri**

Bu modelleme için iç ısı kazançları, havalandırma, sızma ve sistem ısı kazançları ihmal edilmiş ve tüm değerler sıfır olarak seçilmiştir. Mahaller oluşturulurken pencere ve duvarlara yakın yerlerde mahaller oluşturulmuş ve aynı cepheye bakan mahaller aynı bölgelere atanmıştır. Mimari projedeki asma tavanlar kaldırılmış ve plenum alanları oluşturulmayarak plenumdan olacak ısı kazançları da böylelikle ihmal edilmiştir. Isıtma ve soğutma yükleri veri girişleri aynı şekilde yapılmıştır.

### **3.7. Binanın Farklı Konumlarda Soğutma Yüklerinin Hesaplanması**

Oluşturulan mahallere ve bölgelere veri girişleri yapıldıktan sonra Şekil 3.17.'de gösterildiği gibi 1. konum referans olmak üzere; 1. proje modellemesinde bina, saat yönünün tersine döndürülmüş ve binanın mevcut konumu da dâhil olmak üzere 9 farklı konumda ayrı ayrı soğutma yükleri hesaplanmıştır, 2. proje modelinde ise mevcut konum haricinde 8 farklı konumda ayrı ayrı soğutma yükleri hesaplanmıştır. 2. proje modellemesi cephelerin soğutma yüklerine etkisinin anlaşılabilmesi için bina cephelerine 1. konumda gösterildiği gibi A, A', B, B', C, C', D, E, E', F ve G şeklinde isimlendirmeler yapılmıştır.



Şekil 3.17. Bina Konumları

### 3.8. Bulgular

Bina konumunun değiştirilmesi ve hesaplama işlemleri bittikten sonra tüm data verileri kontrol edilmiştir. Kontrol sonucunda REVIT MEP hesaplama motorunun, soğutma yükü hesaplamalarında bazı hatalar yaptığı tespit edilmiştir:

- İç kolonları dış bileşen olarak görmektedir. Bu etki soğutma yükleri toplamını artırmaktadır.
- Binanın yuvarlak cephesindeki giydirme cephe olan 5. kat bazı mahalindeki pencerelerden oluşan soğutma yükleri hesaplamamıştır. Bu etki soğutma yükleri toplamını azaltmaktadır.

- Arka cephedeki taş kaplamalı duvarlardaki bazı katlarda pencere yüklerini daha az hesaplamıştır. Bu etki soğutma yükleri toplamını azaltmaktadır.
- Proje modeli için bazı kat koridorlarında tavanı plenum yerine çatı gibi görüp ona göre hesaplamalar yapmıştır. Bu etki soğutma yükleri toplamını artırmaktadır.

Bu hatalar her konum için yapılan hatalardır ve toplam soğutma yüküne etkisi fazla olmamıştır. El ile yapılan hesaplamalar sonucunda 1. proje modellemesinde; maksimum soğutma yükünün en az çıktığı 1. konumda yaklaşık 3 kW, mevcut konum için ise 4,5 kW fazla yük etkisi oluşmuştur. Bu yüzden 1. proje modellemesi kapsamında programın hesapladığı soğutma yüklerinin kullanılmasında bir sıkıntı bulunmamaktadır. 1. proje modeli için hesaplanan soğutma yükleri Tablo 3.4.'te bulunmaktadır. Tablo maksimum soğutma yükü değerlerine göre hazırlanmıştır.

Tablo 3.4. Binanın 1. Proje Modeli Soğutma Yükleri

Konum	Maksimum Soğutma Yükü (Watt)	Pik Yük (Watt)	Pik Ay-Saat
7	1.718.104	1.448.869	Temmuz-16:00
MEVCUT	1.688.352	1.427.054	Temmuz-16:00
6	1.611.896	1.438.047	Temmuz-16:00
8	1.611.256	1.383.489	Ağustos-16:00
3	1.599.471	1.442.231	Temmuz-16:00
4	1.552.780	1.461.262	Temmuz-16:00
5	1.514.219	1.372.781	Temmuz-16:00
2	1.509.903	1.336.827	Temmuz-16:00
1	1.479.580	1.243.387	Temmuz-16:00

2. proje modelinde ise dış cephe bileşenlerinin etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için iç kolonlardan ve cihaz fanları soğutma yükleri 0 (sıfır) kabul edilmiş, sadece hâkim yöndeki duvar, pencere, kapı ve çatı soğutma yükleri 8 farklı konumda hesaplanmış, hesaplanmayan pencere soğutma yükleri de hesaplamaaya dahil edilerek tüm veriler manuel olarak Excel dosyasına aktarılmıştır. Dış havaya temasta bulunan cepheler için A, A', B, B', C, C', D, E, E', F, G, Çatı ve 6. katta bulunan farklı diğer cepheler şeklinde isimlendirilmeler yapılmıştır. 8 farklı konum için Tablo 3.5.'ten Tablo 3.13.'e kadar ayrı ayrı soğutma yükü hesap tabloları oluşturulmuştur.

Tablo 3.5. Binanın 2. Proje Modeli Soğutma Yükleri

Konum	Maksimum Soğutma Yükü (Watt)	Pik Yük (Watt)	Pik Ay-Saat
7	750.580	450.306	Ağustos-16:00
6	728.389	476.044	Temmuz-17:00
8	713.427	450.306	Ağustos-15:00
4	653.184	645.026	Temmuz-17:00
2	635.996	385.375	Temmuz-09:00
3	618.334	636.438	Temmuz-17:00
5	608.566	619.957	Eylül-15:00
1	591.675	344.733	Eylül-10:00

Bu tabloların yanı sıra bir sonraki Tartışma-Sonuç ve Öneriler bölümde kullanılmak üzere; konumlara bağlı soğutma yükleri, bina cephelerinin yönlere göre soğutma yükü davranışları, bina konumuna bağlı cephelerin toplam soğutma yüküne etkileri grafik olarak hazırlanmıştır.

















## 4. BÖLÜM

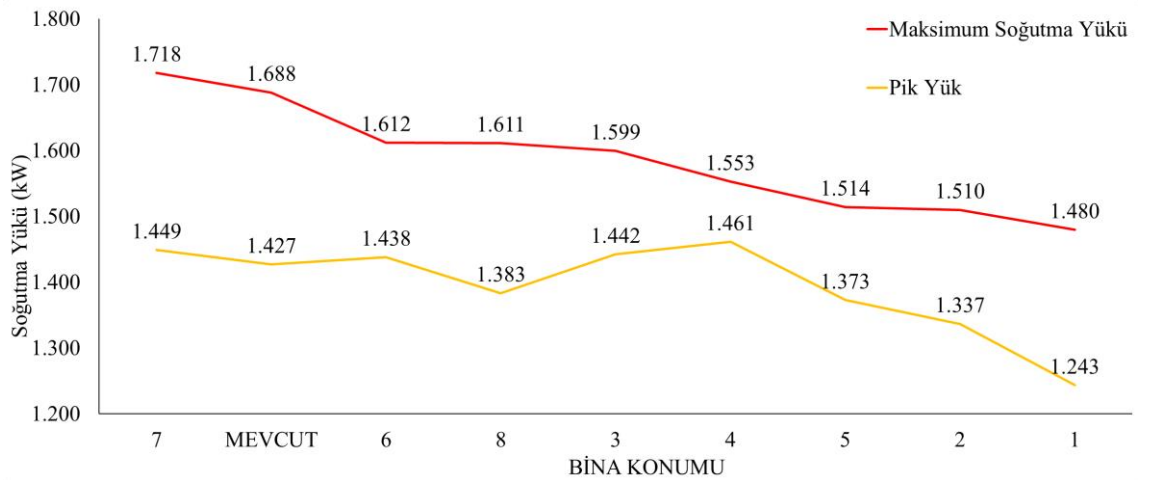
### TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

#### 4.1. Tartışma ve Sonuçlar

2 Bodrum, 1 Zemin ve 5 Normal kat kullanımına sahip, yapı yüksekliği 36 m olan U tipi mimari yapı 8 farklı konumda, 2 farklı proje modellemesi yapılarak soğutma yükü analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

#### Bina Konumuna Göre Soğutma Yükleri

Şekil 4.1.'de 1. proje modelinde yani tüm veri girişleri yapılarak elde edilen maksimum soğutma yükleri ve pik yüklerinin konumlara göre değişimi gösterilmektedir. Grafik incelendiği zaman hem maksimum soğutma yüklerinin hem de pik yüklerin konuma bağlı olarak azaldığı ve arttığı görülmektedir.



Şekil 4.1. Bina Konumuna Göre Soğutma Yükleri Değişimi

Kayseri Vergi Dairesi Başkanlığı binasının mevcut konumunda maksimum soğutma yükü 1.688 kW ve pik yükü 1.427 kW'dır. Eğer bina saat yönünün tersine yaklaşık 67° döndürülseydi maksimum soğutma yükü 1.480 kW ve pik yükü 1.243 kW olan 1. konumun değerlerine sahip olacaktı. Binanın mevcut konumu ile en düşük soğutma yükü ihtiyacının olduğu 1. konum karşılaştırıldığında; maksimum soğutma yükünde 208 kW'lık, pik yükte ise 184 kW'lık fark oluşmaktadır. Bu da hem maksimum soğutma yükünde hem de pik yükte mevcut bina konumuna göre ortalama %13'lük bir fark demektir.

Şekil 4.1.'de pik yüklerin konuma bağımsız olarak farklılıklar gösterdiği anlaşılmaktadır. Bunun sebebi ise REVIT MEP'te hesaplama yapılırken bina için tüm mahallerin tek bir bölgeden oluştuğu varsayımı ile hesaplama yapmasıdır. Bu da konumun pik saatinin, oluşturulan diğer bölgelerin pik saatinden farklı çıkmasına sebep olmaktadır. Yani sistemin pik saati ve dolayısıyla soğutma ihtiyacı pik yükü, oluşturulan diğer bölgelerin pik yükünden farklıdır. Binanın pik saatteki soğutma yükü, tasarlanacak soğutma sisteminin kapasitesini, her bölge için hesaplanan maksimum soğutma yükleri ise mahallerin içerisine yerleştirilecek cihaz kapasitelerini tayin etmektedir.

### **İlk Yatırım ve Enerji Maliyet Analizi**

Soğutma yükü hem soğutma sisteminin tasarlanmasında hem de elektrik tüketiminde önemli rol oynar. Düşük soğutma yükü miktarı, daha düşük kapasiteli cihazlara sahip sistem ve daha az elektrik tüketimi sağlar.

Kapsamlı bir enerji maliyet analizi yapabilmek için her bölgelere konulacak olan cihazlardan, yapılacak olan borulamalara ve seçilecek olan sistem elemanlarının tümünün göz önünde bulundurulması gerekir. Aynı zamanda sisteme soğutmayı sağlayacak cihazlarında da enerji tüketimleri düşecektir. Bulduğumuz bu %13'lük soğutma yükü farkını kabaca enerji maliyeti analizine dökerek olursak:

- Mevcut binanın soğutma sistemi elemanları maksimum soğutma yüküne göre seçildiği için enerji maliyet analizinde de maksimum soğutma yükleri referans alınmıştır. Soğutma yükü hesaplaması yapılan binanın yaklaşık maliyeti incelendiği zaman sadece soğutma sisteminde bulunan su soğutma grubu, soğutma kulesi, soğutma grubu pompaları, fan coil için çıkarılan yaklaşık maliyet 2013 yılı için 787.135 ₺'dir. Yaklaşık

maliyetin çıkarıldığı 2013 yılı Ocak ayında ortalama  $1\$=1,77 \text{ ₺}$ , Aralık ayında ise  $1\$=2,1 \text{ ₺}$ 'dir [22]. 2013 yılı için ortalama  $1\$=1,90 \text{ ₺}$ 'dir. Bu çıkarılan yaklaşık maliyet dolar cinsinden 2013 yılı için  $787.135 \text{ ₺} / 1,90 = 414.282 \text{ \$}$ 'dır. Binanın maksimum ve minimum soğutma yükü farkı %13 civarında bulunmuştu. Bina'nın ilk yatırım maliyetinin %13 daha az olacağı düşünülür ise;  $414.282 \times 0,13 = 53.857 \text{ \$}$  ilk yatırım maliyeti için tasarruf yapılmış olacaktı.

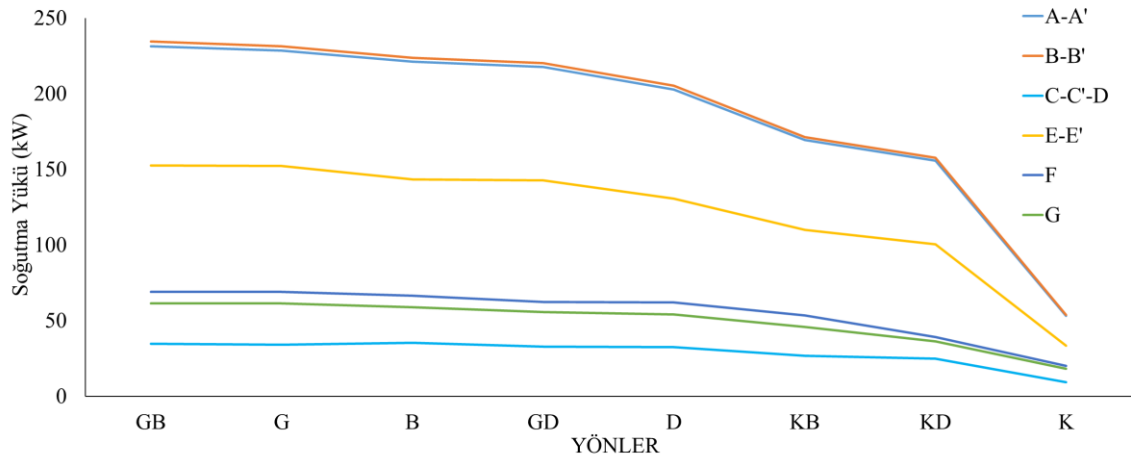
- Enerji tüketimi ise; Enerji tüketimi (kWh)=Soğutma kapasitesi (kW)/ESEER. ESEER: Avrupa Mevsimsel Enerji Verimlilik Oranı, 3,5 alınmıştır [23]. Maksimum soğutma yükü farkına göre enerji tüketimi= $208 \text{ kW} / 3,5 = 59,42 \text{ kWh}$  yapar. Bina'nın her yıl 450 saat soğutma sistemini kullandığı düşünülür ise;  $59,42 \text{ kWh} \times 450 = 26.743 \text{ kWh}$  yıllık elektrik enerjisi tasarrufuna denk gelmektedir. Bina kullanımına 2016 yılı başlanmış olup; 2016 yılı ortalama elektrik birim fiyatı  $0,11366 \text{ \$/kWh}$ 'dir [24]. Yıllık elektrik enerjisi tasarruf maliyeti:  $26.743 \text{ kWh} \times 0,11366 \text{ \$/kWh} = 3.040 \text{ \$/yıl}$ 'dır.

Hesaplamalar sonucunda minimum soğutma yükü hesaplanan 1. konumuna göre binanın yerleşim planı yapılırdı; kabaca yatırım maliyetinde yaklaşık 50.000 \$, 2016 fiyatlarına göre yıllık elektrik tüketimde 3.000 \$/yıl enerji tasarrufu yapılacaktı.

### **Yönlere ve Bina Konumuna Göre Cephelerin Soğutma Yükleri**

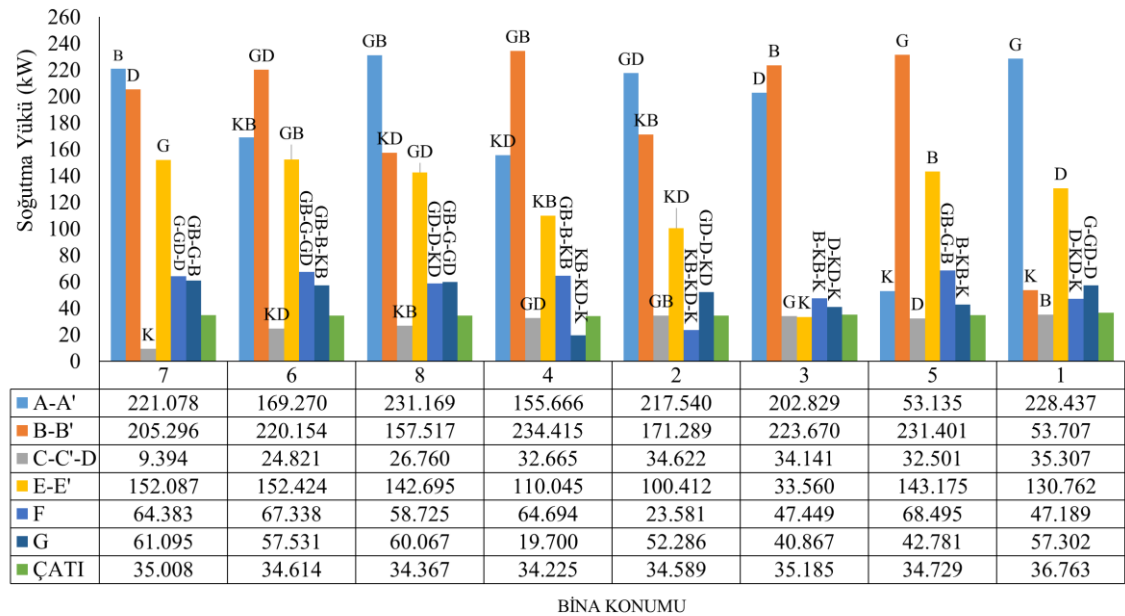
Şekil 4.2., 4.3. ve 4.4.'te 2. proje modeli hesaplamalarından elde edilen veriler göstermektedir. Dış cephe bileşenlerinin yönlere ve konuma bağlı olarak nasıl davranışlar gösterdiği grafikler ve şekillerden anlaşılmaktadır.

Şekil 4.2'de A-A', B-B', C-C'-D, E-E', F ve G şeklinde isimlendirilen cephelerin yönlere göre en fazladan en az soğutma yükü ihtiyacına göre sıralama yapılacak olursa; GB (Güneybatı), G (Güney), B (Batı), GD (Güneydoğu), D (Doğu), KB (Kuzeybatı), KD (Kuzeydoğu) ve K (Kuzey) yönleri şeklindedir. GB, G, B, G ve D yönlerinin ısı kazancında önemli bir artışa neden olduğu yine şekilden açıkça anlaşılmaktadır. Yani bir cephenin farklı yönde olması farklı ısı kazançlarına sebep olmaktadır.



Şekil 4.2. Yönlere Göre Cephelelerin Soğutma Yüğüleri

Şekil 4.3.'te bina konumlarına göre cephelelerin ve buldukları yönlerin etkisi gösterilmektedir. Grafikte cephelelerin üzerinde yazan harfler yönleri ifade etmektedir. E-E' cephelelerinin hesaplamalarda 3 farklı yöne baktığı da yine şekilden anlaşılmaktadır.

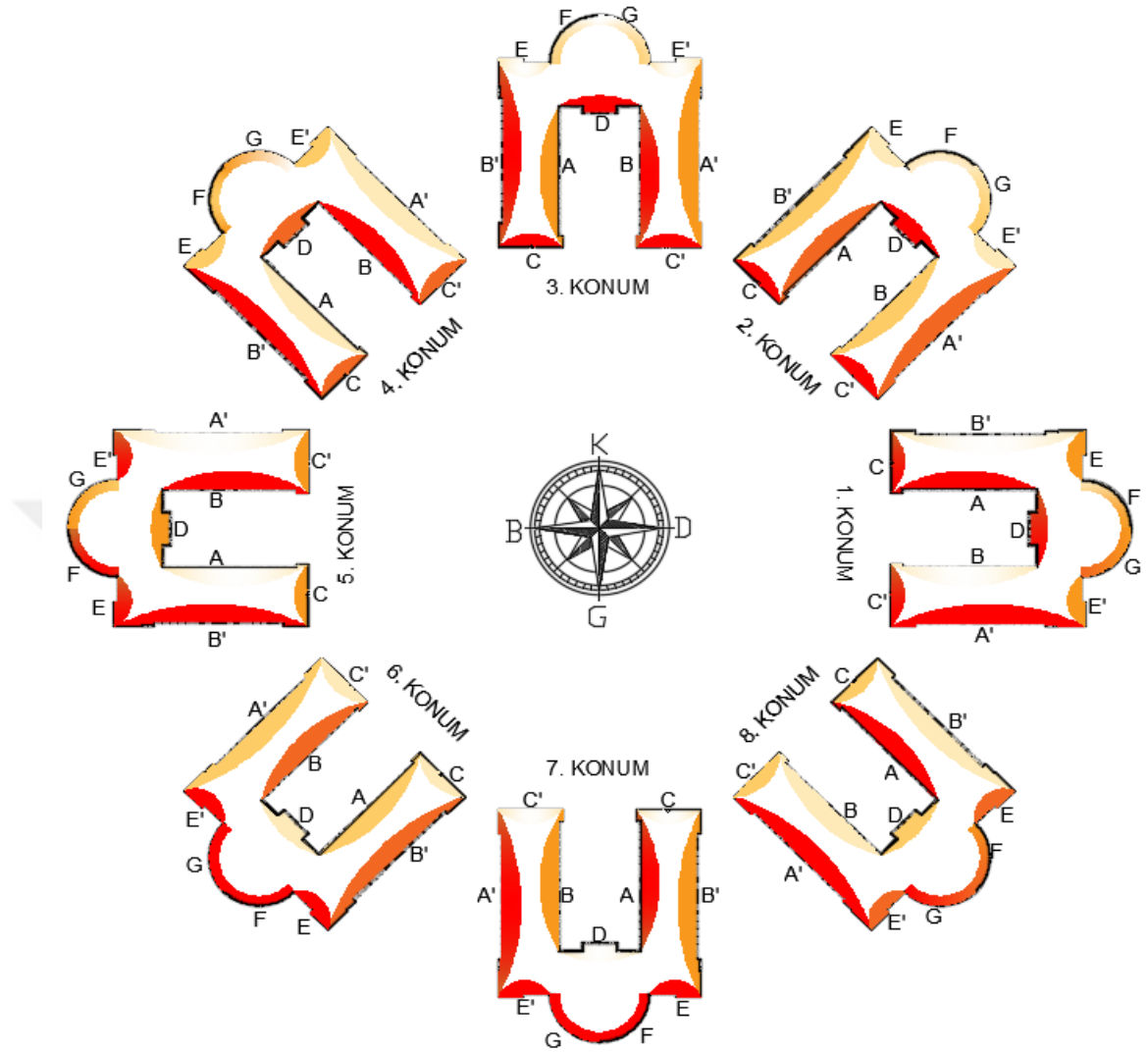


Şekil 4.3. Bina Konumuna Göre Cephelelerin Soğutma Yüğüleri

Hesap raporları incelendiğinde soğutma yüklerini oluşturan en büyük bileşenin pencereler olduğu görülmektedir. Şekil 4.3.'de 7. konumda en fazla soğutma yükü ihtiyacının çıkmasının sebebi, pencerelerden kaynaklı soğutma yükü ihtiyacının fazla

olduğu A-A' cephesinin Batı yönünde, B-B' cephesinin Doğu yönünde, E-E' cephesinin Güney yönünde, F ve G cephelerinin Güneybatı, Güney, Batı, Güneydoğu, Doğu yönlerinde olmasından kaynaklanmaktadır. Yani kısaca 7. konumda en fazla soğutma yükü ihtiyacının çıkmasının sebebi; fazla pencere alanları ile fazla ısı kazancı oluşturulan yönlerin bir araya gelmesinden kaynaklanmaktadır. 1. konumda en az soğutma yükü ihtiyacının çıkmasının sebebi de az pencere alanları ile az ısı kazancı oluşturulan yönlerin bir araya gelmesinden kaynaklanmaktadır.

Şekil 4.4'te soğutma yükü ihtiyacının cephelere göre davranışını göstermektedir. Kırmızı renk en fazla soğutma yükü ihtiyacını, turuncu renk orta düzey soğutma yükü ihtiyacını ve beyaza yakın açık renk ise en az soğutma yükü ihtiyacını göstermektedir. Binanın 7. konumunda; pencere alanı fazla olan A-A', E-E', F ve G cephelerin kırmızı renkte, pencere alanı fazla olan B-B' cephelerinin turuncu renkte ve pencere alanı az olan C-C'-D cephelerinin beyaz renkte olduğu, 1. konumunda ise; pencere alanı az olan C-C'-D cephelerinin kırmızı renkte, pencere alanı fazla olan A-A', E-E', F ve G cephelerinin turuncu renkte ve pencere alanı fazla olan B-B' cephelerinin beyaz renkte olduğu görülmektedir.



Şekil 4.4. Bina Konumuna Göre Cephelerin Soğutma Yüğü İhtiyacı Davranışları

### Pik Ay ve Saat

Soğutma yükleri tabloları incelendiği zaman REVIT MEP tarafından bulunan pik ay-saat zamanının çok farklı aylarda ve saatlerde çıktığı görülmektedir. RTS hesaplama yöntemi gereği yapı bileşenleri ısı kazançları için tüm saatlerde ayrı ayrı hesaplamalar yapılmakta ve en yüksek ısı kazancının çıktığı pik saat bulunmaktadır. Isı kazançlarının en fazla pencerelerden kaynaklandığı, dış havaya açık duvarlardan ve çatılardan olan ısı kazançlarının daha düşük seviyelerde olduğu da yine tablolardan görülmektedir.

Pencerelerden iletimle ve ışınlama ısı kazancı olduğu 3. Bölüm'de detaylı şekilde anlatılmıştı. Pencerelerden iletimle ısı kazancı (2.36) denkleminde bakıldığı zaman; pencerenin U faktörüne, A alanına,  $T_{out}$  dış ve  $T_{in}$  iç hava sıcaklığına bağlıdır. Işınlama ısı kazancında ise (2.37) ve (2.38) denklemlerine bakıldığı zaman;  $A_w$  pencere alanına,  $E_{t,b}-E_{t,d}-E_{t,r}$  güneş ışınlama miktarlarına, SHGD güneş ısı kazanç katsayısına ve IAC iç mekan güneş azaltma katsayısına bağlıdır. İletimle ısı kazancında U faktörü,  $A_w$  pencere alanı ve  $T_{in}$  iç hava sıcaklığı sabit iken sadece  $T_{out}$  dış hava sıcaklığı aylara bağlı olarak değişkendir. Işınlama ısı kazancında ise  $A_w$  pencere alanı, SHGD güneş ısı kazanç katsayısı ve IAC iç mekan güneş azaltma katsayısı sabit iken  $E_{t,b}-E_{t,d}-E_{t,r}$  güneş ışınlama miktarları aylara, günlere ve saatlere bağlı olarak değişkendir. Makine Mühendisleri Odası Klima Tesisatı İklimlendirme Yük Hesaplamaları başlıklı 16. Bölüm'de Kuzey ve Güney Enlemleri ve güneş zamanına göre Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonu Tablosu oluşturulmuş ve bu etki sayısal olarak ortaya konulmuştur. Tablo 4.1. incelendiği zaman camdan geçen güneş radyasyonunun Eylül, Ekim, Kasım gibi ayların bazı saatlerinde yaz aylarındakinden daha fazla olduğu görülmektedir. Buradan yola çıkarak oluşturulan her bölge için yapılan pik ay-saat hesaplamasının farklı aylarda ve saatlerde çıkmasının doğal bir sonuç olduğu ortaya çıkmaktadır.

Tablo 4.1. Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonu Tablosu

40 Kuzey Enlemi		Kcal/h. M2 (pencere alanı), NOT: W/m <sup>2</sup> için 1,163 ile çarpınız!														40 Güney Enlemi	
Güneş Zamanı		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Güneş Zamanı		
Yılın Günleri		Öğ. Ev					Öğle					Öğ. S				Yılın Günleri	
Yılın Günleri	Pencere Yönleri															Pencere Yönleri	Yılın Günleri
Haz. 21	K	101	63	38	41	44	44	44	44	44	41	38	63	101	G	Ar.21	
	KD	372	420	353	230	94	44	44	44	44	41	38	31	19	GD		
	D	398	508	510	448	300	138	44	44	44	41	38	31	19	D		
	GD	160	278	344	350	312	224	107	44	44	41	38	31	19	KD		
	G	19	31	38	60	110	138	170	138	110	60	38	31	19	K		
	GB	19	31	38	41	44	44	107	224	312	350	344	278	160	KB		
	B	19	31	38	41	44	44	44	138	300	448	510	508	398	B		
	KB	19	31	38	41	44	44	44	44	94	230	353	420	372	GB		
	Yatay	98	258	422	564	663	731	748	731	663	564	422	258	98	Yatay		
Tem.23 May. 21	K	76	44	38	41	44	44	44	44	41	41	44	76	G	Oc.21 Kas.21		
	KD	334	400	331	208	83	44	44	44	41	41	31	16	GD			
	D	372	508	517	455	309	136	44	44	41	41	31	16	D			
	GD	170	302	376	394	347	258	133	48	44	41	31	16	KD			
	G	16	31	38	83	138	199	217	199	138	83	41	31	16		K	
	GB	16	31	38	41	44	44	133	258	347	394	376	302	170		KB	
	B	16	31	38	41	44	44	136	309	455	517	508	372	B			
	KB	16	31	38	41	44	44	44	83	208	331	400	334	GB			
	Yatay	76	230	398	540	641	709	735	709	641	540	398	230	76		Yatay	
Ağ.24 Nis.20	K	22	26	35	41	44	44	44	44	41	35	26	22	G	Şub.20 Ek.. 23		
	KD	214	322	258	145	50	44	44	44	41	35	26	9	GD			
	D	256	464	510	457	319	142	44	44	41	35	26	9	D			
	GD	151	331	435	460	438	337	208	79	44	41	35	26	9		KD	
	G	9	26	35	60	280	306	322	306	280	160	76	26	9		K	
	GB	9	26	35	41	44	79	208	337	438	460	435	331	151		KB	
	B	9	26	35	41	44	44	44	142	319	457	510	464	265		B	
	KB	9	26	35	41	44	44	44	44	50	145	258	322	214		GB	
	Yatay	28	148	315	473	584	647	674	647	584	473	315	148	28		Yatay	
Eyl. 22 Mar.22	K	0	16	28	38	41	41	44	41	41	38	28	16	0	G	Mar. 22 Eyl. 22	
	KD	0	160	183	83	41	41	44	41	41	38	28	16	0	GD		
	D	0	366	470	438	312	142	44	41	41	38	28	16	0	D		
	GD	0	300	455	510	495	420	284	129	44	38	28	16	0	KD		
	G	0	38	138	256	347	385	442	385	347	256	138	38	0	K		
	GB	0	16	28	38	44	129	284	420	495	510	455	300	0	KB		
	B	0	16	28	38	41	41	44	142	312	438	470	366	0	B		
	KB	0	16	28	38	41	41	44	41	41	83	183	160	0	GB		
	Yatay	0	70	212	391	483	555	577	555	483	391	212	70	0	Yatay		
Ek. 23 Şub. 20	K	0	6	19	31	35	38	38	38	35	31	19	6	0	G	Nis. 20 Ağ.24	
	KD	0	110	103	38	35	38	38	38	35	31	19	6	0	GD		
	D	0	269	369	385	278	123	38	38	35	31	19	6	0	D		
	GD	0	256	416	508	514	455	337	199	63	31	19	6	0	KD		
	G	0	66	186	328	433	486	510	486	433	328	186	66	0	K		
	GB	0	6	19	31	63	199	337	455	514	508	416	256	0	KB		
	B	0	6	19	31	35	38	38	123	278	385	369	269	0	B		
	KB	0	6	19	31	35	38	38	38	35	38	103	110	0	GB		
	Yatay	0	26	92	202	319	387	407	387	319	202	92	26	0	Yatay		
Kas. 21 Oc.21	K	0	0	9	22	28	31	35	31	28	22	9	0	0	G	May. 21 Tem. 23	
	KD	0	0	38	22	28	31	35	31	28	22	9	0	0	GD		
	D	0	0	287	315	234	103	35	31	28	22	9	0	0	D		
	GD	0	0	344	443	492	455	366	221	85	22	9	0	0	KD		
	G	0	0	186	328	438	498	523	498	438	328	186	0	0	K		
	GB	0	0	9	22	85	221	366	455	492	455	344	0	0	KB		
	B	0	0	9	22	28	31	35	103	234	315	287	0	0	B		
	KB	0	0	9	22	28	31	35	31	28	22	38	0	0	GB		
	Yatay	0	0	50	136	230	291	324	291	230	136	50	0	0	Yatay		
Ara.22	K	0	0	6	19	28	31	31	31	28	19	6	0	0	G	Haz. 21	
	KD	0	0	22	19	28	31	31	31	28	19	6	0	0	GD		
	D	0	0	227	271	214	98	31	31	28	19	6	0	0	D		
	GD	0	0	278	422	466	448	363	230	94	22	6	0	0	KD		
	G	0	0	151	312	422	498	520	498	422	312	160	0	0	K		
	GB	0	0	6	22	94	230	363	448	466	422	278	0	0	KB		
	B	0	0	6	19	28	31	31	98	214	271	227	0	0	B		
	KB	0	0	6	19	28	31	31	31	28	19	22	0	0	GB		
	Yatay	0	0	26	101	173	240	269	240	173	101	26	0	0	Yatay		

Camlar çelik çerçeve ise 1,17, hava bulanık ise 0,9 ve denizden her 300 m yükseklik için % 7 artırılarak radyasyon değeri çarpılır.

## 4.2. Öneriler

Bu çalışmada binaların yerleşim planlarının soğutma yüküne etkisi sayısal olarak incelenmiştir. REVIT MEP'te soğutma yükü hesaplamaları yapılan ve halihazırda kullanılan Kayseri Vergi Dairesi Başkanlığı binasının; mevcut konumunda maksimum soğutma yükü 1.688 kW ve pik yükü 1.1427kW iken, eğer bina mevcut konumunun saat yönünün tersine yaklaşık 67° döndürülse idi maksimum soğutma yükü 1.480 kW ve pik yükü 1.243 kW ile en düşük değerine sahip olacaktı. Yani sadece bina konumunun değiştirilmesi ile maksimum soğutma yükü 208 kW, pik yükü 184 kW azaltılabilecekti. Bu da %13 bir fark demektir. Bunun yanı sıra kabaca hesap yapıldığı zaman; yatırım maliyetinde yaklaşık 50.000 \$, 2016 yılı elektrik birim fiyatlarına göre yıllık elektrik tüketiminde 3.000 \$/yıl enerji tasarrufu yapılacaktı. Seçilecek olan cihaz kapasitelerinden, yapılacak olan detaylı enerji maliyetleri analizine kadar soğutma yükü kapasitesi önemli bir parametredir.

Hesap raporlarına bakıldığı zaman en fazla ısı kazançlarının pencerelerden olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle bu tez kapsamında incelenen bina gibi sadece ticari amaçlı olan ve konutlar gibi sürekli ikametın sağlanmadığı yapılarda; pencerelerden olan ısı kazançlarının düşürülmesi, soğutma yükü ihtiyacının da azalmasını sağlayacaktır. Bunun için binanın özellikle güney yönlerine bakan pencelere dış gölgeleme elemanlarının ve güneş kırıcılarının yapılması, soğutma yükü ihtiyacını minimize edecektir.

REVIT MEP'te HB yönteminden türetilen RTS yöntemi kullanılarak soğutma yükü analizleri yapılmaktadır. Bunun yanı sıra IESVE programı, soğutma yükü hesaplamalarında direkt olarak HB yöntemini kullanmaktadır [15]. IESVE programı kullanılarak soğutma yükü hesaplamaların yapılması hesaplamalar açısından direkt çözüm sağlayacaktır.

Ülkemizin enerjide dışa bağımlı olması sebebiyle bu tür yerleşim planlarının soğutma yükü analizlerinin yapılması gerekmektedir. Böylelikle hem gerçek anlamda hesaplamalar yapılacak ve analizlerle optimum soğutma yükü ihtiyaçları belirlenecektir.

## KAYNAKÇA

1. Bulgurcu, H., 2016. İklimlendirme ve çevresel konfor, s. 2, Klima Tesisatı. TMMOB Makine Mühendisleri Odası, İstanbul.
2. Bulgurcu, H., 2016. İklimlendirme yük hesapları, s. 661, Klima Tesisatı. TMMOB Makine Mühendisleri Odası, İstanbul.
3. Mark S., Owen, 2017. Nonresidential cooling and heating load calculations, pp. 18-18.66, ASHRAE Handbook-Fundamentals, Atlanta.
4. Yıldız A., Ersöz M. A., Altın A., Bilki T. B., 2015. Soğutma yükü hesaplamalarının bilgisayar destekli analizi. Makine Mühendisleri Odası 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi: Binalarda Enerji Performansı Sempozyumu, 12: 1343-1352.
5. KweonHyoung L., InHan K., SeungYeon C., Model study of design components for energy-performance-based architectural design using bim lod 100., **Journal of Green Building**, **10** (2): 179-197
6. Rini M., Inna K. and Wardi, 2017. The impact of building orientation on energy use: a case study in bung hatta university, indonesia. **International Journal of Real Estate Studies**, **11** (1): 43-48
7. Ryu, H. S., Lee, K. H., Ryu, J. R., Choo, S. Y., 2011. Development of optimized geometry for low energy super tall office with BIM. *In: International Conference on Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe*, 29, Ljubljana, 2011. *Proceedings...* Ljubljana, eCAADe. 811-818.
8. Ramos Ruiz, G, Fernández B., 2014. Importance of orientation in building energy-savings, (Web sayfası: [https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB\\_DC28305.pdf](https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC28305.pdf)), (Erişim tarihi: Aralık 2020)
9. Neveen Youssef Azmy and Rania Elghamry, 2017. Buildings orientation and it's impact on the energy consumption, (Web sayfası: [https://www.researchgate.net/publication/327623184\\_Buildings\\_orientation\\_and\\_it's\\_impact\\_on\\_the\\_energ\\_consumption](https://www.researchgate.net/publication/327623184_Buildings_orientation_and_it's_impact_on_the_energ_consumption)), (Erişim tarihi: Aralık 2020)
10. F.H.Abanda, L.Byers, 2016. An investigation of the impact of building orientation on energy consumption in a domestic building using emerging BIM (Building Information Modelling), **Energy**, (97) :517-527

11. Shaoxiong L., Le L., Changhai P., 2020, A review of performance-oriented architectural design and optimization in the context of sustainability: dividends and challenges, (Web sayfası: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/4/1427>), (Erişim tarihi: Aralık 2020).
12. Daniel Martin M., 2017. The Impact Of Building Orientation On Energy Usage, University Of Gävle, Student thesis, Master degree, Gävle, pp. 24
13. Köroğlu Isın N., Alaloğlu M., Erdoğan A., Acar L., 2011. Saatlik analiz programı, Isıtma Soğutma, Havalandırma, Klima, Yangın ve Sıhhi Tesisat Dergisi, Temel Bilgiler Tasarım ve Uygulama Eki, Sayı 73.
14. Maçka Kalfa S., Yaşar Y., 2015. Soğutma yüklerinin hesaplanmasında kullanılan yöntemler ve karşılaştırılması: ilköğretim okulu örneği, (Web sayfası: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/202950>), (Erişim tarihi: Aralık 2020).
15. Web sayfaları: [https://www.4msa.com.tr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=127&Itemid=222&lang=tr](https://www.4msa.com.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=127&Itemid=222&lang=tr), [http://antmekanik.com/?page\\_id=169](http://antmekanik.com/?page_id=169), <https://www.carrier.com/commercial/en/us/software/hvac-system-design/>, <https://www.iesve.com/software/loads> (Erişim tarihi: Aralık 2020).
16. (Web sayfası: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2019>), (Erişim tarihi: Aralık 2020).
17. Mark S., Owen, 2017. Climatic Design Information, pp. 14-14.9, ASHRAE Handbook-Fundamentals, Atlanta.
18. Yavuz H., 2010. Isı Kazancı Hesaplamalarında CLTD/CLF İle RTS Metotlarının Karşılaştırılması, İstanbul teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s. 49
19. Yavuz H., 2010. Isı Kazancı Hesaplamalarında CLTD/CLF İle RTS Metotlarının Karşılaştırılması, İstanbul teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s. 20
20. Web sayfası: <http://www.ftexploring.com/solar-energy/direct-and-diffuse-radiation.htm>, (Erişim tarihi: Aralık 2020).
21. Don B., Simon W., Plamen H., 2014, Mastering Autodesk REVIT MEP 2014, Autodesk, Indiana, 713 pp.
22. Web sayfası: <https://www.doviz724.com>, (Erişim tarihi: Aralık 2020).
23. Bulgurcu, H., 2016. İklimlendirme sistemlerinde enerji verimliliği, s. 513, Klima Tesisatı. TMMOB Makine Mühendisleri Odası, İstanbul.
24. Web sayfası: <https://www.myenerjisolar.com>, (Erişim tarihi: Aralık 2020).

## **EKLER**

**EK 1.** 1 adet CD, içerisinde bulunan dosyalar:

- REVIT'te çizilen mimari proje,
- REVIT MEP'te soğutma yükü hesabı yapılan projeler,
- REVIT MEP soğutma yükü hesaplama raporları,
- Excel'e aktarılmış soğutma yükü hesaplama raporları,
- Kayseri Vergi Dairesi Başkanlığı binası 2013 yılında çıkarılan yaklaşık maliyetindeki soğutma tesisatı imalat listesi.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı:** Yasin KAYA  
**Uyruğu:** Türkiye (T.C)  
**Doğum Tarihi ve Yeri:** 18.11.1985 - Kayseri  
**Medeni Durum:** Evli  
**Tel:** 0 551 593 83 58  
**e-mail:** yasin-3858@hotmail.com  
**Yazışma Adresi:** Yakut Mah. Mustafa Kemal Paşa Bulvarı Çevre Şehircilik İl  
Müd. Lojmanları 176/6 Kocasinan/KAYSERİ

### EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Karadeniz Teknik Üniversitesi, Makine Müh.	2010
Lise	Melikgazi Lisesi, Kayseri	2004

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2020-Halen	Kayseri Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü	Yapı Denetim
2017-2020	Kayseri Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü	Proje
2014-2017	Ağrı Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü	Proje ve Yapım
2012-2013	Isısan Isı San. ve Tic. A.Ş.	Üretim Şefi
2010-2011	Haşçelik Kablo San. ve Tic. A.Ş.	Üretim Şefi

### YABANCI DİL

İngilizce

### YAYINLAR