

**T.C.
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BİNA YÖNÜNÜN SOĞUTMA YÜKÜNE ETKİSİNİN ENERJETİK VE
EKSERJETİK OLARAK DEĞERLENDİRMEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TAHİR BERKAY BİLKİ

**EKİM 2016
UŞAK**

**T.C.
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜŐÜ**

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BİNA YÖNÜNÜN SOĞUTMA YÜKÜNE ETKİSİNİN ENERJETİK VE
EKSERJETİK OLARAK DEĐERLENDİRMEŐİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TAHİR BERKAY BİLKİ

UŞAK 2016

Tahir Berkay BİLİKİ tarafından hazırlanan ‘ ‘ BİNA YÖNÜNÜN SOĞUTMA YÜKÜNE ETKİSİNİN ENERJETİK VE EKSERJETİK OLARAK DEĞERLENDİRMESİ’’ adlı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Abdullah YILDIZ

.....

Tez Danışmanı Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Mustafa Ali ERSÖZ

.....

Gaz ve Tesisat Teknolojisi (MYO), Uşak Üniversitesi

Doç. Dr. Nurullah KIRATLI

.....

Simav Teknoloji Fakültesi, Dumlupınar Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Abdullah YILDIZ

.....

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi

Tarih: 21/10/2016

Bu tez ile U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Lütfullah TÜRKMEN

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına atıf yapıldığını bildiririm.

Tahir Berkay BİLKI

BİNA YÖNÜNÜN SOĞUTMA YÜKÜNE ETKİSİNİN ENERJETİK VE EKSERJETİK OLARAK DEĞERLENDİRMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Tahir Berkay BİLKİ

**UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Ekim 2016

ÖZET

Enerji ihtiyacının artması, enerjinin üretilmesi kadar enerjinin etkin ve tasarruflu kullanılmasını da önemli bir hale getirmiş ve dolayısıyla sistemlerin gereksinim duydukları enerji ihtiyaçlarının belirlenmesi ve düzenlenmesine gerek duyulmuştur. Sistemlerin harcadıkları enerji ve kayıp olan enerjinin hangi sistem elemanında oluştuğu üzerinde çalışmalar gün geçtikçe hız kazanmaktadır. Teknolojinin sağladığı faydalar daha avantajlı konuma getirilerek ülke ekonomisine katkıda bulunmamıza olanak sağlamaktadır. Son yıllarda iklimsel olarak değişen sıcaklık değerleri insanların günlük yaşamlarını olumsuz etkilemektedir. Bireyler yaşadıkları ortamların, çalışma ortamlarının, sosyal yaşam alanlarının konforlu yerler olmasını ve konforu sağlanmış yerler olmasını tercih etmektedirler.

Ülkemizde mahallerin konforlu yaşam alanlarına dönüştürmek için kullanılan iklimlendirme (HVAC) sistemleri yoğun bir enerji tüketmektedirler. Enerjilerini kendileri üreten toplumlar için sorun teşkil etmeyen bu sistemler enerjilerini dışa bağımlı bir şekilde elde eden toplumlarda enerjinin doğru ve tasarruflu bir şekilde kullanılması önem teşkil

etmektedir. Soğutma sistemlerinin ekipmanlarının soğutma yapılacak ortam ve bölgeye göre en uygun olanı seçmek sahip olunan enerjiyi en etkin bir şekilde kullanmamızı sağlayacaktır.

Soğutma sisteminin çalışması elektrik enerjisi yardımıyla gerçekleştirir. Bu koşullarda istenen, en az enerji tüketimi ile gerçekleşecek en fazla soğutma miktarıdır. Soğutma yapılacak ortamların gerek duyduğu soğutma miktarına soğutma yükü veya ısı kazancı olarak adlandırılmaktadır.

Bu çalışmada sistem tasarımı önemli derecede etkileyen soğutma yükü analizleri bilgisayar programı yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplarda, soğutma yükü sıcaklık farkı metodu (CLTD) ve transfer fonksiyonu metodu (TFM) kullanılmıştır. Soğutma yükünün bina yönü ile değişimi analiz edilmiş ve birincil enerji kaynağından bina kabuğuna kadar olan enerji ve ekserji akış hesaplamaları yapılmıştır.

Bilim Kodu : 625.04.00.

Anahtar Kelimeler : Soğutma yükü, ısı kazancı, enerji ve ekserji analizi

Sayfa Adedi : 113

Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Abdullah YILDIZ

**ENERGETIC AND EXERGETIC ASSESMENT OF A BUILDING ORIENTATION
ON COOLING LOAD**

(M. Sc. Thesis)

Tahir Berkay Bilki

**USAK UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

October 2016

ABSTRACT

Increased energy needs up to the production of energy and energy-saving is also a key to use. They require energy systems and identify their needs and to organize. The energy spent and lost of energy in which the element occurs when the system has caused up to speed the work. Increase with each passing day technological activities, what's new in many systems and regulations. Benefits to us of technology we are bringing more advantageous location also allows us to contribute to the national economy. In recent years, as changing climatic temperature values the daily lives of people negative values. Of their environment, working environment, individuals are to be comfortable places of social living spaces and comfort they prefer places provided.

Cozy living areas of the scene in our country is used to convert the HVAC system consumes energy. Also instead of producing communities themselves who do not pose a problem for these systems that obtain their energy in a way dependent on the accurate and efficient in energy use was important. Cooling system the cooling of equipment will be held to select the best one by area media and owned the most energy will allow us to use effectively.

With the help of the electric power operation of the cooling system. These conditions will take place with the least desired, energy consumption is the amount of the maximum cooling. Cooling will be done by the amount of cooling load for environments that need cooling or heat gain.

In this study significantly affect the design of the system cooling load analysis with the help of a computer program were calculated. In the calculates, method of cooling load temperature difference (CLTD) and transfer function method (TFM) was used. The cooling load of the building were analyzed for changes in the direction and energy and exergy flow calculations until the building shell is made from a primary energy source.

Science Code : 625.04.00.

Key Words : Cooling load, heat gain, energy and exergy analysis

Page Number : 113

Adviser : Asist. Prof. Dr. Abdullah YILDIZ

TEŞEKKÜR

Hem lisans hem de yüksek lisans derslerimde, bitirme tezim ve yüksek lisans tezimde bana gösterdiği yol ve eğitimime katkısı olan hocam ve tez danışmanım sayın Yrd. Doç. Dr. Abdullah YILDIZ' a teşekkür ederim.

Beni bugünlere getiren eğitimim için hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan ve beni destekleyen güvenlerini her zaman arkamda hissettiğim aileme çok teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMA	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
3. SOĞUTMA YÜKÜ HESAPLAMA	11
3.1. Soğutma Yükü Hesaplama Metotları.....	13
3.1.1. ASHRAE TETD/TA (Carrier) Metodu	18
3.1.2. ASHRAE TFM Metodu	19
3.1.3. ASHRAE CLTD Metodu	20
3.1.4. ASHRAE RTS Metodu.....	21
3.1.5. ASHRAE HB (Isı Dengesi) Metodu.....	23
4. ÖRNEK BİNANIN SOĞUTMA YÜKÜ HESABI.....	24
4.1. Yapı Elemanlarından Olan Isı Kazancı	27
4.1.1. Dış Duvar ve Çatıdan Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yükü	27
4.1.2. Pencerelerden Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yükü	28
4.1.2.1. İletimle Olan Soğutma Yükü	28
4.1.2.2. Güneş Işınımı ile Olan Soğutma Yükü	29
4.1.3. İç Duvarlar, Tavanlar, Bölmeler ve Zeminden Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yükü	30
4.2. Aydınlatmadan Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yükü	30

4.3. İnsanlardan Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yüğü	32
4.4. Cihazlardan Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yüğü	33
4.5. Havalandırma ve Enfiltrasyona Bağlı Soğutma Yüğü	34
4.6. FineHVAC Programında Soğutma Yüğülerinin Hesaplanması	36
4.7. CLTD Hesap Yöntemi ile Soğutma Yüğüünün Hesaplamaları.....	41
4.8. TFM Hesap Yöntemi ile Soğutma Yüğüünün Hesaplamaları	47
4.9. Bina Yönününün Isı Kazancına Etkisi.....	52
4.10. Soğutma Yüğülerinin Hesabı.....	58
5. TERMODİNAMİK ANALİZ	92
5.1. Enerji Analizi.....	94
5.2. Ekserji Analizi	98
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	105
KAYNAKLAR.....	109
ÖZGEÇMİŞ.....	112

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Soğutma yükü hesap yöntemlerinde kullanılan veriler	16
Çizelge 3.2. Farklı hesaplama metodlarının gösterilmesi.....	17
Çizelge 3.3. Soğutma yükü metodları ile bina elemanlarıyla ilgili hesaplanan veriler	18
Çizelge 4.1. Analiz parametreleri	26
Çizelge 4.2. Tasarım parametreleri	26
Çizelge 4.3. Yüzeylerin gölgeleme katsayıları	29
Çizelge 4.4. Aydınlatma bilgileri	32
Çizelge 4.5. Saatlik mahalde aydınlatma	32
Çizelge 4.6. İnsan verileri.....	32
Çizelge 4.7. Mahal saatlere göre insan yükü yüzdesi çizelgesi.....	32
Çizelge 4.8. İnsanlardan olan duyulur ve gizli ısı kazancı	33
Çizelge 4.9. Cihazların özellikleri	33
Çizelge 4.10. Mahal saatlere göre cihaz çizelgesi	34
Çizelge 4.11. 01 nolu oda için havalandırmadan gelen serpantin yükleri/h.....	34
Çizelge 4.12. İnsanlardan gelen ısı kazancı.....	44
Çizelge 4.13. Cihazlardan gelen ısı kazancı	45
Çizelge 4.14. 0° İçin yapı elemanları bilgisi.....	58
Çizelge 4.15. CLTD Yüzey ve saat başına yükler, 0101-0108	59
Çizelge 4.16. CLTD Yüzey ve saat başına yükler, 0201-0208	60
Çizelge 4.17. CLTD Yüzey ve saat başına yükler, 1001-1008	61
Çizelge 4.18. CLTD Saatteki toplam mahal ısı kazancı, 0101-0108	62
Çizelge 4.19. CLTD Saatteki toplam mahal ısı kazancı, 0201-0208	63
Çizelge 4.20. CLTD Saatteki toplam mahal ısı kazancı, 1001-1008	64
Çizelge 4.21. TFM Yüzey ve saat başına yükler, 0101-0108.....	65
Çizelge 4.22. TFM Yüzey ve saat başına yükler, 0201-0208.....	66
Çizelge 4.23. TFM Yüzey ve saat başına yükler, 1001-1008.....	67

Çizelge 4.24. TFM Saatteki toplam mahal ısı kazancı, 0101-0108.....	68
Çizelge 4.25. TFM Saatteki toplam mahal ısı kazancı, 0201-0208.....	69
Çizelge 4.26. TFM Saatteki toplam mahal ısı kazancı, 1001-1008.....	70
Çizelge 4.27. Odaların havalandırmadan gelen serpantin yükleri.....	71
Çizelge 4.28. Kat 1 CLTD Soğutma yükleri 0, 45, 90, 135 derece	72
Çizelge 4.29. Kat 1 CLTD Soğutma yükleri 180, 225, 270, 315 derece.....	73
Çizelge 4.30. Kat 2 CLTD Soğutma yükleri 0, 45, 90, 135 derece.....	74
Çizelge 4.31. Kat 2 CLTD Soğutma yükleri 180, 225, 270, 315 derece.....	75
Çizelge 4.32. Kat 10 CLTD Soğutma yükleri 0, 45, 90, 135 derece.....	76
Çizelge 4.33. Kat 10 CLTD Soğutma yükleri 180, 225, 270, 315 derece.....	77
Çizelge 4.34. CLTD Metoduna göre yapılan maksimum soğutma yükü analizi sonuçları	78
Çizelge 4.35. Binanın CLTD metoduna göre toplam soğutma yükü, havalandırma yükleri dahil, her ay ve saat için.....	79
Çizelge 4.36. Binanın maksimum toplam soğutma yükü, havalandırma yükleri hariç, her ay ve saat için.....	80
Çizelge 4.37. Kat 1 TFM Soğutma yükleri 0, 45, 90, 135 derece	82
Çizelge 4.38. Kat 1 TFM Soğutma yükleri 180, 225, 270, 315 derece	83
Çizelge 4.39. Kat 2 TFM Soğutma yükleri 0, 45, 90, 135 derece	84
Çizelge 4.40. Kat 2 TFM Soğutma yükleri 180, 225, 270, 315 derece.....	85
Çizelge 4.41. Kat 10 TFM Soğutma yükleri 0, 45, 90, 135 derece	86
Çizelge 4.42. Kat 10 TFM Soğutma yükleri 180, 225, 270, 315 derece.....	87
Çizelge 4.43. TFM Metoduna göre yapılan maksimum soğutma yükü analizi sonuçları ..	88
Çizelge 4.44. Binanın TFM metoduna göre toplam soğutma yükü, havalandırma yükleri dahil, her ay ve saat için.....	89
Çizelge 4.45. Binanın maksimum toplam soğutma yükü, havalandırma yükleri hariç, her ay ve saat için.....	90
Çizelge 5.1. Enerji, ekserji kavramlarının karşılaştırılması	92
Çizelge 5.2. CLTD Metoduna göre enerji analizi	95
Çizelge 5.3. TFM Metoduna göre enerji analizi.....	96
Çizelge 5.4. Ekserjetik hesaplar için kullanılan parametreler	98
Çizelge 5.5. CLTD Metodu ekserji analiz sonuçları	102
Çizelge 5.6. TFM Metodu ekserji analiz sonuçları	103

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Soğutma yükü yöntemlerine göre ısı geçişleri	14
Şekil 3.2. Soğutma yükü hesapları için karmaşıklık-doğruluk arasındaki ilişki	14
Şekil 3.3. Soğutma yükü hesap yöntemlerinin kronolojik sırası	15
Şekil 3.4. Isı dengesi metodu ana teması	23
Şekil 4.1. Soğutma yüküne etki eden faktörler	24
Şekil 4.2. Soğutma yükü hesabı yapılan binanın mimari projesi, 1/100 ölçekli	25
Şekil 4.3. Aydınlatmanın soğutma yüküne ısı depolama etkisi.....	31
Şekil 4.4. CLTD Havalandırma hariç bina toplam yükler grafiği 23 Temmuz.....	80
Şekil 4.5. CLTD Havalandırma hariç bina toplam yükler grafiği 24 Ağustos.....	80
Şekil 4.6. CLTD Havalandırma dahil bina toplam yükler grafiği 23 Temmuz.....	81
Şekil 4.7. CLTD Havalandırma dahil bina toplam yükler grafiği 24 Ağustos.....	81
Şekil 4.8. TFM Havalandırma hariç bina toplam yükler grafiği 23 Temmuz.....	90
Şekil 4.9. TFM Havalandırma hariç bina toplam yükler grafiği 24 Ağustos	90
Şekil 4.10. TFM Havalandırma dahil bina toplam yükler grafiği 23 Temmuz.....	91
Şekil 4.11. TFM Havalandırma dahil bina toplam yükler grafiği 24 Ağustos	91
Şekil 5.1. Enerji akış şeması.....	93
Şekil 5.2. CLTD Metoduna göre enerji akış grafiği.....	95
Şekil 5.3. TFM Metoduna göre enerji akış grafiği	96
Şekil 5.4. Bina yönünün döndürülmesi ile elde edilen enerji akış grafikleri	97
Şekil 5.5. CLTD Metoduna göre ekserji akış grafiği	102
Şekil 5.6. TFM Metoduna göre ekserji akış grafiği.....	103
Şekil 5.7. Bina yönünün döndürülmesi ile elde edilen ekserji akış grafikleri.....	104

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. FineHVAC programı arayüzü	36
Resim 4.2. Mimari projenin FineHVAC programına eklenmesi	37
Resim 4.3. Yapı elemanlarının mimari proje üzerine işlenmesi.....	38
Resim 4.4. Yapı elemanları işlenen projenin 3D kafes görünümü.....	38
Resim 4.5. Yapı elemanları işlenen projenin 3D katı görünümü	39
Resim 4.6. Yapı elemanları işlenen projenin 10 katlı 3D kafes görünümü.....	39
Resim 4.7. Yapı elemanları işlenen projenin 10 katlı 3D katı görünümü	40
Resim 4.8. Mimari yapının 0 ° döndürülmesi.....	53
Resim 4.9. Mimari yapının 45 ° döndürülmesi	53
Resim 4.10. Mimari yapının 90 ° döndürülmesi	54
Resim 4.11. Mimari yapının 135 ° döndürülmesi	54
Resim 4.12. Mimari yapının 180 ° döndürülmesi	55
Resim 4.13. Mimari yapının 225 ° döndürülmesi	55
Resim 4.14. Mimari yapının 270 ° döndürülmesi	56
Resim 4.15. Mimari yapının 315 ° döndürülmesi	56

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Alt-simgeler	Açıklama
aux	yardımcı enerji gereksinimi
air	hava
c	soğutma modu
ch	kimyasal
dry	kuru
D	dağıtım sistemi
E	emisyon sistemi
en	giren hava
electricity	elektrik
G	üretim sistemi
in	giren
le	çıkan hava
out	çıkan
P	primer sistem
p	birincil
ph	fiziksel
room	oda
vapor	nemli hava

Simgeler**Açıklama**

\dot{Q}	Soğutma Yüğü(Watt)
COP	Soğutma Etkinlik Katsayısı
t_o	Soğutma İçin Saatlik Dış Sıcaklık($^{\circ}\text{C}$)
F	Enerji Faktörü
Sg	Entropi Üretim Oranı($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)
Ex	Ekserji(Watt)
T	Sıcaklık(K)
T_{en}	İçeri Giren Havanın Çiylenme Sıcaklığı(K)
m	Havanın Kütlesi(kg/h)
R	İdeal Gaz Sabiti($8,314 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$)
d	Havanın Nemi(kg/kg kuru hava)
c_p	Özgül Isı($\text{J}/\text{kg}^{-1}\text{K}^{-1}$)
ΔEx	Ekserji Değişimi(Watt)
τ	Yakıtın Üst Isıl Değeri İçin Kimyasal Ekserji Oranı
η	Güç Santrali Verimi
ψ	Ekserji Verimi

Kısaltmalar**Açıklama****CLTD**

Soğutma Yüğü Sıcaklık Farkı Metodu

HB

Isı Dengesi Metodu

HVAC

Isıtma, Havalandırma hava koşullandırıcı

TETD

Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı Metodu

TFM

Geçiş Fonksiyonu Metodu

RTS

Işınım Serisi Metodu

1. GİRİŞ

Günümüzde yaşanan ortamların iç hava kalitesinin ve şartlarının belirli bir seviyede olması zorunluluk haline gelmiştir. Bu sebeple, iklimlendirme sistemlerinin kullanımı giderek yaygınlaşmakta ve bunun sonucu olarak da uygun sistemin belirlenmesi büyük önem kazanmaktadır. İklimlendirme sisteminde cihazların uygun kapasitede ve özellikle seçilmemesi yatırım, işletme ve bakım maliyetlerini arttırmaktadır. Ayrıca istenilen iç hava şartları sağlanamadığından çalışma performansında da düşüşler yaşanmaktadır. Enerji tüketiminin yaklaşık %60' ini ithal eden bir ülke için, uygun sistem seçimi enerji kaynaklarının verimli olarak kullanılmasını sağlayacaktır [1].

İklim, yerleşimlerin planlanmasını ve yapı tasarımını etkileyen fiziksel etkenlerin başında gelir. İklimi oluşturan hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgâr, güneş ışınımları ve yağışlar kişilerin açık mekânlarda ısısal konfor duygusunu doğrudan etkilediği gibi kapalı hacimlerde de dolaylı olarak etkiler. Özellikle güneşin ışınım etkisi ve hava sıcaklığı sıcak ve soğuk hava koşullarında yapı içi ısısal konfor açısından önemlidir. Ayrıca sıcak-nemli iklim bölgelerinde, nem faktörü konfor açısından olumsuzluk yaratmakta ve bağıl neme bağlı olarak hissedilir sıcaklıkta artış görülmektedir. Sıcak hava ve yüksek nem oranının yarattığı olumsuz koşullar nedeniyle bu bölgelerde baskın olan sıcak dönem soğutma yükü açısından önemlidir [3].

Soğutma yükü hesaplarında; duvarlar, döşemeler, tavanlar, pencereler, havalandırma, insan ve cihazların oluşturduğu toplam duyulur soğutma yükü hesaplanır. Ayrıca soğutma yükünün oluşturduğu gizli ısı ile ortaya çıkan bölümü de bulunur. Yapılacak tasarımda odaların tek tek hesapları yapılır. Oluşturulacak tasarım için hesaplanacak maksimum soğutma yükünün hesabı için girilecek parametreler önemlidir. Bu sebeple seçilecek ay ve gün içerisindeki saat aralıkları soğutma yükü hesabını değiştirmektedir. Yapılacak hesap ile kritik bir zaman tespitinin yapılması gerekmektedir. Oluşturulan bina tasarımım çok katlı ve çok odalı olması el ile yapılacak hesap yöntemlerinde ciddi zaman kaybı ve hatalara da neden olmaktadır. Bu nedenler dolayısıyla hesaplamalarımızda teknolojik fayda sağlayan bilgisayarlar ve programlar kullanılmıştır.

Maksimum soğutma yükü analizleri için referans olarak kullanılan ay ve saat son derece önemli bir etmendir. Bu sebeble seçilecek olan ay ve saat değerleri her ay ve saat için farklı değerler almakta ve hesapları değer değiştirmektedir. Tüm ortam bileşenleri ayrı ayrı hesaplanmalı toplam soğutma yükü bulunmalıdır.

Bu tez kapsamında, birinci aşamada Antalya ili için tasarlanan 10 katlı bir binanın FineHVAC programı ile soğutma yükü sıcaklık farkı metodu (CLTD) ve transfer fonksiyonu metoduna (TFM) göre soğutma yükü hesaplamaları yapılmıştır. Daha sonra bu metodlara göre bina yönünün soğutma yüküne etkisi araştırılmıştır. Son olarak bina yönünün değer işimi ile oluşan soğutma yükü değerlerine göre birincil enerji kaynağından bina kabuğuna kadar olan enerji ve ekserji akış analizleri yapılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde soğutma yükü hesaplamaları, soğutma yükü hesap metodları, soğutma yükü hesap programları ve soğutma yüküne ilişkin termodinamik analizler kronolojik sırayla incelenmiştir.

Aktacir v.d. (2003), Adana’da yer alan 1628 m² kullanım alanına sahip bir okulun soğutma yükü hesaplamalarında RTS ve CLTD/SCL/CLF yöntemlerini kullanmışlar ve hesaplama sonuçlarını karşılaştırmışlardır. RTS yöntemiyle bulunan toplam soğutma yükü CLTD/SCL/CLF yöntemiyle bulunan değerden, 12.00-15.00 saatleri arasında yaklaşık %10 daha fazla iken diğer saatlerde, özellikle 08.00-16.00 saatleri dışında kalan zamanda %10 daha düşük bulunmuştur [1].

Bulut v.d. (2006), ASHRAE tarafından önerilen yöntemler olan CLTD/SCL/CLF, TEDT/TA ve RTS, VDI tarafından önerilen VDI 2078’de belirtilen yöntem ve piyasada kullanılan basit programlar yardımıyla yapılan hesaplama yöntemleri örnek bir binaya uygulanmış soğutma yükü analizi gerçekleştirmişlerdir. Değişik yöntemlerle bulunan soğutma yükleri arasında % 5-45 arasında fark tespit etmişlerdir. Konut ve küçük ticari yapılar için kullanılan pratik soğutma yükü hesaplarının uygun olmadığı kanaatine varmışlardır. Sağlıklı ve doğru bir soğutma yükü hesaplamasında tüm ısı kazancı faktörlerinin ve özel şartların göz önüne alınması gerekliliği üzerinde durmuşlardır [2].

Erkmen ve Gedik (2007), çalışma kapsamında, sıcak iklim bölgelerinde (Antalya ve Diyarbakır illeri) yapıların soğutma yüklerinin karşılaştırılması ele alınmış soğutma yükü hesabında kullanılan farklı iki yöntem bir örnek yapı üzerinde değerlendirmişlerdir. Örnek olarak seçilen 21 Temmuz günü için Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı Yöntemi (Cooling Load Temperature Difference -CLTD) ve Admittance Yöntemi ile soğutma yükü hesaplarını yapmışlardır. İki ayrı il ve iki ayrı yöntem kullanılmış belirlenen toplam soğutma yükü değerleri karşılaştırılarak değerlendirilmişlerdir. Her iki yöntemde de nem ögesini hesaba katılmadığında Antalya’nın soğutma yükü değeri Diyarbakır’inkinden düşük çıkmıştır. Antalya ve Diyarbakır illerinin Admittance yöntemiyle bulunan soğutma yükü değeri,

sıcaklık farkı yöntemine göre yaklaşık % 20 kadar düşük bulunmuştur. Sonuç olarak, birbirlerine yakın değerler göstermiştir [3].

Mui ve Wong (2007), alt tropikal iklimde soğutma yükü hesaplamaları yapmışlardır. Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin büyük miktarda elektrik tüketen sistemler olduklarını ifade etmişler ve bu nedenle soğutma yükü hesap metodlarının kaçınılmaz olduğunu ortaya koymuşlardır. Sonuçlar HVAC sistemler için faydalı olmuş, binalarda yıllık enerji tüketim tahminini daha iyi olduğunu ortaya koymuşlardır [4].

Aktacir v.d. (2008), soğutma yükü ve iklimlendirme sistemi ekipmanlarının farklı dış tasarım sıcaklıklarında tasarımının etkisini incelemişlerdir. Binalarda enerji verimliliği için dış tasarım sıcaklıklarının önemli parametreler olduğunu ve yanlış seçilmiş dış tasarım sıcaklıklarının enerji tüketimi ve konforu etkilediğini ifade etmişlerdir. Adana'ya yerleştirmiş bir bina tasarımı ile bununla ilgili bir araştırma ortaya koymuşlardır [5].

Li v.d. (2009), binanın saatlik soğutma yükü tahmininde SVM (support vector machine) metodunu Çin'de bir ofise uygulamışlardır. Simülasyonlar ile gerçekleştirilen çalışmada çalışılan metod ile doğruluk seviyesi yüksek sonuçlarla karşılaştırılmış, geleneksel metotlar ile genelleştirilmiştir. Binaların soğutma yükü tahmini için önemli bir çalışma olduğunu ifade etmişlerdir [6].

Bölükbaşı (2009), bir plastik fabrikasının soğutma yükünün hesaplanması ve soğutma sisteminin enerji tüketiminin optimizasyonu üzerine çalışma gerçekleştirmiştir. Plastik parça üretimi sırasında meydana gelen soğutma yükünün hesabı üzerine çalışmıştır. Elde edilen soğutma yükü ile çalışacak soğutma sistemlerinin çalışma prensipleri detaylı şekilde incelenmiş ve bu sistemleri enerji tüketimi açısından değerlendirmiştir. Mevcut durumu iyileştirmeye yönelik alternatif uygulamaları detaylı şekilde ortaya koymuştur [7].

Wong v.d. (2010), alt tropikal iklim bölgelerinde değişik iklim koşullarında ikamet edilen binalarda oluşan soğutma yüklerinin etkisini incelemişlerdir. 21. yüzyılda farklı emisyon salınımları altında alt tropikal iklimde sahip Hong Kong'da binaların ısı kazancı ile

oluşan soğutma yükleri hesaplarının gelecekte eğilim gösterilecek konu olduğunu ortaya koymuşlardır. Aylık tahmini hava verilerinden beş farklı dolaşım modeli toplamış ve analiz etmişlerdir. Sonuç olarak, soğutma yüklerinin giderek arttığı gözlemlenmiş ve ortalama yıllık soğutma yüklerinin artışını dikkat çekmişlerdir. Son otuz yıl düşünüldüğünde, % 12,3'den % 21,6'lık artış görülmüştür [8].

Fouda ve Melikyan (2010), ikamet edilen binaların soğutma yüklerinin belirlenmesinde değiştirilmiş metodların değerlendirmesi üzerine çalışmışlardır. Soğutma yükü hesaplarının iklimlendirme sistemi ekipmanlarının belirlenmesinde önemli bir ölçüt olduğunu ortaya koymuşlardır. Binaların mevsimsel soğutma ihtiyaçları ve soğutma yüklerinin tam değerleri binalarda ve geri dönüştürülebilir enerji kaynaklı soğutma sistemlerinin tasarımında önemli olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmada mevsimsel soğutma yükü talepleri ve soğutma yükü hesapları için yeni metotlar geliştirilmiştir. Bunun soğutma verimliliği problemlerinin doğru çözümleri için gerekli olduğunu ortaya koymuşlardır. Örneğin ASHRAE metodu ile karşılaştırıldığında veya diğer metodlar ile daha doğru sonuçların sağlandığı ifade edilmiştir. Özellikle mevsimsel yönde hesaplanan soğutma yüklerinde doğruluğu daha iyi sonuçlar sağlamıştır [9].

Yavuz (2010), ısı kazancı hesaplamalarında CLTD/CLF ile RTS metodlarını karşılaştırmıştır. Visual basic dilinin kullanıldığı bir soğutma yükü hesap programı oluşturulmuştur. Örnek bir oda için bu programdan elde edilen sonuçlar, elle hesaplanan sonuçlar ve aynı örnek oda için Carrier programından elde edilen sonuçları karşılaştırmıştır. Elle ve hesap programlarıyla yapılan sonuçlar doğrultusunda maksimum soğutma yükü Ağustos ayında bulunmuştur. En düşük toplam soğutma yükü SYHP_v2.0 programı ve CLTD/CLF metodu için elle yapılan hesaplamalar göre elde edilmiştir. En yüksek toplam soğutma yükünü RTS metoduna göre el ile yapılan hesaplama ile elde etmiştir [10].

Ergün (2010), 80.000 m²'lik ısıtma soğutma ihtiyacı olan Ankara'da bir alışveriş merkezinin enerji ve ekserji analizini yapmıştır. Mekanik tesisatın yaklaşık 3 yıl sürmüş test verileri değerlendirilerek enerji ve ekserji analizi yapılmış, uygunluğu açısından önerilerde bulunulmuştur. Yaz dönemi soğutma sisteminin enerji verimi % 65 iken ekserji

verimi % 14 olarak hesaplanmıştır. Kış dönemi soğutma sisteminin enerji verimi % 66,27 iken ekserji verimi % 67,13 olarak bulunmuştur [11].

Demirtaş (2011), Türkiye'nin 5 farklı iklim bölgesi için tasarlanacak otel yapıları için ısıtma ve soğutma enerjisi harcamaları açısından en verimli yapı biçimini Design Builder adlı simülasyon programı ile ısıtma ve soğutma yüklerini hesaplamıştır. Hesaplamaları belirlenen otel yapısı biçimlerinin taban alanı ve ısıtılan hacim oranları sabit tutularak yapılmıştır. Bu çalışmada otel yapılarında kullanılan çift yönlü dikdörtgen, çift yönlü şaşırtılmış, kare avlusuz, kare avlulu, daire avlulu, daire avlusuz, üçgen avlulu ve üçgen avlusuz plan tipleri incelenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde soğutma dönemi baskın olan bölgelerde dikdörtgen biçimlerin ısıtma dönemi baskın olan bölgelerde kompakt biçimlerin tercih edilmesi öngörülmüştür. Genel olarak bakıldığında ısıtma yükü açısından kompakt kare biçimli plan tiplerinin, soğutma yükü açısından ise çift yönlü dikdörtgen biçimli plan tiplerinin en uygun sonuçlar verdiği görülmüştür. Sonuç olarak kompakt ve dikdörtgen plan tipleri dışında kalan tüm tiplerin ısıtma ve soğutma yükleri açısından olumsuz sonuçlar verdiği görülmüştür [12].

Kulkarni v.d. (2011), Hindistan da çeşitli iklimlerde bir amfi dersliğin soğutma yükünün optimizasyonu üzerine çalışmışlardır. Bu dersliğin ölçüleri 16m.×8,4m.×3,6m. Hindistan'ın kuzey bölgesinde Roorke'de bulunmaktadır. Bilgisayar simülasyonu tarafından iklimlendirme sisteminin soğutma kapasitesi yıllık ve aylık soğutma yükünün hesabı için çalışmışlardır. Binalarda soğutma yükünün düşüren farklı cam tipleri ile ilgili çalışma yapmışlardır. Yaptıkları simülasyon'a Designbuilder olarak adlandırmış ve bu program ile soğutma yükü hesapları yapmışlardır. Bu çalışmanın amacı ısı kazançları ve soğutma yüklerinin azaltılmasına neden olan farklı cam tipleri, tavanın ızalasyonu, soğutma çatısının sağlanması, iç ve dış duvarların ızalasyonu, geleneksel lambaların yerine floresan lambaların değişimidir [13].

Kharrufa ve Adil (2012), soğutma yüklerinin azaltılmasında bina kabuğunun geliştirilmesi üzerine çalışmışlardır. Soğutulan binaların yaz aylarında mimarlar ve inşacılar için orta doğu ülkelerinde çevresel bir sorun olduğunu ortaya koymuşlardır. Bazı zamanlar hava sıcaklığın 50 °C üstüne ulaştığını tespit etmişlerdir. Kompresörlü bir

iklimlendirme sisteminin bunu çözebileceğini fakat elektrik yükünde bir artış olacağını ortaya koymuşlardır. Evaporatörlü soğutucularda ise daha düşük sıcaklıklarda konforlu yaşam için daha az bir tüketim olacağını tespit etmişlerdir. Sadece yapısal binaları soğutma için bir iyi bir evaporatif soğutucu araştırarak test etmişlerdir. Bunun için Bağdat'ta tasarım bir ev hazırlamışlardır. Çatıya soğutma için kullanılan tüp şeklinde kanallar yerleştirmişlerdir. Daha sonra küçük bir fan vasıtasıyla hava üfletmişlerdir. Duvarlar arası 10 cm boşluk olacak şekilde tasarlamışlardır. Soğutulan hava bir küçük bir evaporatif soğutucu ile içeriye pompalanmıştır. Sonuçlar göstermiş ki ortalama 31,76 °C olan sıcaklık yaklaşık 10 °C kadar düşürülmüştür. Hesaplamalar tasarım görmemiş binalar ile karşılaştırıldığında % 88'e kadar azalma görülmüştür [14].

Cirit (2012), binalarda güneş kontrol elemanlarının soğutma enerjisi yüklerine etkisinin irdelenmesine ilişkin bir çalışma yapmıştır. Mevcut bir konutta ısıtmanın istenmediği dönemlerde cephelerdeki saydam yüzeylerde yatayda ve düşeyde gölgeleme elemanlarını geliştirilmesi ile elde edilen alternatiflerin mevcut durumda bulunan soğutma yüklerine etkisini incelemiştir. Mevcut binalarda soğutma yükünü azaltıcı öneriler geliştirilmesini sağlamıştır [15].

Şahinoğlu (2012), gölge elemanlarının pencerenin ısıtma/soğutma enerjisi ve görsel konfor performansına etkisini değerlendirmiştir. Farklı gölgeleme elemanları ve pencere sistemlerinin kombinasyonları ile seçenekler oluşturarak parametrik bir çalışma ortaya koymuştur. U değeri, SHGC değeri, VT değeri TS 825, ASHRAE standartlarından yararlanılarak bileşen düzeyinde birer performans kriteri olarak kullanmıştır. Mekan düzeyinde ASHRAE ve EN 12464-1 standartlarından faydalanarak enerji ve konfor performans kriterleri ele alınarak değerlendirmiştir. Bileşen düzeyinde pencere sistemlerini WINDOW 6 programı ile simüle etmiş oluşturulan birçok seçeneğe ait ısı ve görsel performans verilerini değerlendirmiştir [16].

Zhou ve Gong (2013), örnek bir binanın ısıtma ve soğutma sistemini analiz etmek için ekserji metodu uygulamıştır. Ekserji akış hızı referans durum olarak saatlik sıcaklık ve neme bağlı olarak güç santralinden bina kabuğuna kadar hesaplanmıştır. Oda havasının kimyasal ekserjisi soğutma modunda değerlendirilmiştir. Standart durum ile beraber

geliştirilen bu durum ekserji metodu kullanılarak analiz edilmiştir. Bina ekserji tüketiminin azaltılmasında Çin'in sıcak ve kurak iklim bölgelerinde bina kabuğu yalıtımının gerekli olduğunu ortaya koymuşlardır. Toplam en büyük ekserji kaybı, sistemin toplam ekserji kaybının %80'i kadar birincil enerji dönüşümü ve ısıtma/soğutma üretiminde olmuştur [17].

Feng v.d. (2014), radyant ve hava sistemleri arasında soğutma yükü bölgelerinin deneysel karşılaştırmaları üzerine çalışmışlardır. Radyant soğutma sistemlerinin temelde diğer hava sistemlerinden farklı çalıştığını ifade etmişlerdir. Radyant sistemin diğer hava sisteminden nasıl dinamik bir şekilde ısı transferi oluşturduğuna dikkat çekilmiştir. Radyant sistem için soğutma yükü hesap metodları ve soğutma yükü hassasiyetinin ne kadar farklı olduğunu tespit etmişlerdir. Yapılan deney sonucunda radyant soğutma sistemlerinde oluşan ısı kazancı normal hava sistemlerine göre % 18- % 21 daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmanın temelinde radyant soğutma yükü için yeni tanımlamalar kullanılmıştır. Basitleştirilmiş soğutma yükü hesap metodları yanlış çıkan radyant soğutma yükü için bir yol gösterici olduğunu tespit etmişlerdir [18].

Kalfa (2014), konut binalarının ısıtma ve soğutma yükünü, bina geometrisi ve bina kabuğu fiziksel özellikleri gibi konuta ait tasarım parametrelerine göre tahmin eden yeni bir yaklaşım geliştirmiş ve konuta ait tasarım parametrelerinin ısıtma ve soğutma yüküne etkisini incelemiştir. Türkiyede 5 iklim bölgesinde yer alan on üç ilde, 20 farklı biçim faktörüne sahip, 100 m² taban alanlı alçak orta ve yüksek katlı konut modellerinin yıllık ısıtma ve soğutma yükleri dört yönlendiriliş durumu, üç saydamlık oranı, dört cam tipi ve üç farklı konstrüksiyonuna göre EnergyPlus simülasyon programı kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda ASHRAE ısı denge yöntemini kullanmıştır [19].

Evola ve Marletta (2015), güneş yansımaya faktörü ile güneş ısı kazancı tarafından düşürülen soğutma yükünün hesaplanması üzerine çalışma yapmışlardır. Binaların cam yüzeylerinde oluşan güneş radyasyonu ile oluşan soğutma yüküne orijinal bir yaklaşım ortaya koymuşlardır. Bu yaklaşımın temelinde yeni bir parametre olan güneş yansımaya faktörü olarak isimlendirilmiştir. Camın birim başına dış yüzeyinde gerçekleşen radyant ısı akışı binanın iç yüzeyinde nüfus ederek toplam taşınımlı ısı akışını ortaya çıkarmaktadır.

Güneş yansımaya faktörü karmaşık bir sayıdır. Duvarların ve camların optik özellikleri ve termal bileşimler hesaplanarak oluşturulur. Özellikle bu çalışmada güneş yansımaya faktörünün dış kabuğun optik özelliklerine, duvar tiplerinin sınırlandırılması ve örtülmesine bağlı olarak nasıl değiştiğini görmektir. Dahası bu şartlar altında güneş yansımaya faktörü ısı kazancı ile oluşan soğutma yükünün analitik tahminini kolay bir şekilde hesaplamaya izin vermiştir. Bu yaklaşımın güvenilirliği yapılan simülasyonlar ile karşılaştırılarak kanıtlanmıştır. Sonuçlar güneş ısı kazancı ile çevrelenmiş termal cevapları optimize etmek için yararlı bilgiler sağlamıştır [20].

Kalfa ve Yaşar (2015), soğutma yüklerinin hesaplanmasında kullanılan yöntemler ve karşılaştırılmasını bir ilkokul örneği için hesaplamıştır. Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan soğutma yükü hesap yöntemlerini kullanılan algoritmalar veriler ve katsayılar açısından incelemiş ve bir örnek ilkokul binası için soğutma yükünü değişik metodlar ile hesaplamış aradaki sayısal farkın nedenlerini araştırmışlardır. Çalışmada TETD/TA, TFM, CLTD/SCL/CLF, RTS ve HB soğutma yükü hesap yöntemleri detaylı olarak incelenmiştir. HB yöntemi enerji simülasyon programı gerektirdiği için hesaplama yapılamamıştır. İlköğretim binasının 21 Temmuz günü için farklı yöntemlere göre hesap edilmiş saat 08:00 ile 18:00 arasında % 5 ile % 25 arasında değişen farklılıklar gözlenmiştir. Bu farklılıkların temel nedenini kullanılan algoritmalar ve katsayılardaki farklılıklar olduğunu göstermiştir [21].

Zamal (2015), çalışmada çok katmanlı bina duvarları ve düz tavanların soğutma yükü sıcaklık farkı (SYSF) değerleri teorik ve deneysel yöntemlerle elde etmiştir. Duvar ve tavanlar için geçici rejim ısı transferi probleminin çözümünde yeni bir çözüm tekniği kullanmıştır. Bu teknik kompleks sonlu Fourier dönüşüm tekniği olarak bilinmekte literatürde ilk kez düz duvarların ve tavanların SYSF değerlerinin elde edilmesinde kullanılmıştır. SYSF değerlerini karşılaştırmak için Gaziantep Üniversitesi kampüsünde inşa edilen 8 duvar ve 2 tavandan oluşan 2 adet test odası kullanmıştır. Bu deneysel çalışmada iç ve dış hava sıcaklıkları, duvar ve tavanların her katmanının yüzey sıcaklığı ve yatay yüzeye gelen güneş ışınımı anlık olarak ölçmüştür. Deneysel olarak ölçülen bu veriler kullanılarak ısı kazanç ve SYSF değerlerini hesaplamış ve teorik sonuçlarla karşılaştırmıştır [22].

Bu çalışmada Antalya ili örneği için tasarlanan binanın yönü ile değişen soğutma yükü hesapları, enerji ve ekserji akış analizleri yapılmıştır. Binanın tasarımı için FineHVAC programı kullanılmıştır. 10 katlı bir bina için tasarım oluşturulmuş, katlarda ayrı ayrı mahaller oluşturulmuş olup mahallerin ayrı ayrı soğutma yükü analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan soğutma yükü hesaplarında minimum soğutma yüküne ihtiyaç duyan mahal ve katları ayrıca maksimum soğutma yüküne ihtiyaç duyan mahal ve katlar belirtilmiştir.

Literatürde, genel olarak soğutma yükü hesap metodlarının birbirlerine göre olan farklılıkları ve yapı elemanlarının, güneş ile kazanılan ısı kazancı değişiminin soğutma yüküne etkisi araştırılmıştır. Soğutma yükünün bina yönüne göre değişimini ve bu değişimin bina tamamının enerji ve ekserji analizine etkisine rastlanmamıştır.

Çalışma sadece Türkiye’de bulunan bir il için değil dünyanın çeşitli sıcak iklim bölgeleri içinde soğutma yükleri analizinin bina yönüne göre hesaplanmasının uygulanabileceğini göstermektedir. Bu çalışma ile yapılacak binaların henüz proje aşamasındayken hesaplarının yapılması ve uygun yönünün verilmesi soğutma yükü enerjisi için avantaj sağlayacaktır. Soğutma yükü analizleri genellikle basit hesap yöntemleri ile yapılmaktadır. Çeşitli yazılımlar sayesinde daha detaylı ve özenli çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bunun sonucu ise daha ekonomik ve yeterli sistem seçimlerine olanak sağlamaktadır. Kullanılan FineHVAC yazılımı ile mahal mahal soğutma yükü analizlerine ulaşılmakta, çeşitli tablolar ve grafikler ile desteklenmektedir.

3. SOĞUTMA YÜKÜ HESAPLAMA

Soğutma yükü sabit bir hava sıcaklığı elde etmek için ortamdan çekilmesi gereken ısı miktarı olarak tanımlanmaktadır. Soğutma yükü belirli bir zamanda tüm bileşenlerden alınan ısı kazançlarının toplamı ve zamana bağlı olarak farklı değerler alabilmektedir. Ortamdaki maksimum soğutma yükü ortamın soğutma yükü olarak değerlendirilir. Ayrıca güneş ışınlamıyla da ortamda bir ısı kazancı oluşmakta ama bu ısı kazanca direk olarak soğutma yüküne dönüşmemektedir. Bu ısı kazancı önce duvarlara döşeme ve tavanlara buradan mahal içindeki mobilya ve eşyalara geçerek yutulur. Bu eşyaların sıcaklığı ortam sıcaklığından yüksek olduğu zaman taşınım yoluyla mahale aktarılır. Bir ısı kazancı taşınım ve ışınlam ile gerçekleşir, bunlar toplam soğutma yükünün oluşturur ve bu bulunan soğutma yükü enerji analizi yapılmasını sağlar.

Kışın bir mahalın ısıtılması istendiğinde hesap yöntemi, sabit sıcaklık altında koşullandırılan hacimden, dıştaki soğuk ortama akan ısı kaybının bulunması amaçlanır. Isı, ısıtılması planlanan hacmi çevreleyen yapı elemanlarından daha düşük sıcaklıklar altındaki dış ortama doğru akacağından burada bir ısı kaybından söz edilir. Yazın ise bir iklimlendirme sistemi ile soğutulan bir hacimde ısı akışı aksi yönde gerçekleşir. İklimlendirilmesi gereken hacim içinde istenilen konfor şartlarının gereği olarak iç sıcaklık, daima dış sıcaklığın altında bir değerde olacağından buradaki mahal için bir ısı kazancı (soğutma yükü) söz konusu olacaktır. Isı kazancı sadece dış mahalden iç mahale giren ısıdan oluşmayıp birçok etki ile ısı kazancı elde edilmektedir. Kışın hesaplanan ısı kaybı değerleri sabit bir rejimde iken yazın hesaplanan ısı kazancı değerleri saatlik günlük ve aylık olarak değişkenlik gösterebilir. Konfor şartlarının sağlanabilmesi için mahal hacminin içerisine sevk edilen havanın, mahal hacminin ısı kazancının tümüne eşit miktarda soğutulması gerektiğinden dolayı toplam ısı kazancı aynı zamanda soğutma yüküne eşit olmaktadır.

Bir soğutma yükünü meydana getiren ısı kazançları şu şekilde açıklanabilir:

- Güneşin etkisiyle oluşan ısı kazancı (güneş radyasyon ısısı)
- Soğutulan hacmi çevreleyen duvar, döşeme ve tavandan iletim ve taşınım ile geçen ısı kazancı (transmisyon ısısı)
- Soğutulan hacme dışardan daha yüksek ısı tutumundaki havanın girmesiyle gelen ısı kazancı (İnfiltrasyon ısısı)
- Soğutulan hacme konan eşya ve cisimlerin ısısı ile oluşan ısı kazancı
- Soğutulan hacmin içerisinde bulunan ışıklardan, insanlardan, motorlardan ortaya çıkan ısı kazancı

Ortamdaki soğutma yükünün hesaplarının yapılabilmesi için:

- Mekanların yapı elemanlarının özellikleri, kesit özellikleri ve iklim bilgilerinin bilinmesi gerekir.
- Yapı ya da hacme ilişkin veriler, fiziksel özellik ve büyüklükler, binanın konumu ve yönleri belirlenir.
- Hesaplama yapılacak ay ve gün belirlenerek, soğutma yükü hesaplarının yapılacağı günün, dış iklimsel verileri elde edilir.
- İç aydınlatma aygıtları, o mekanda yaşayan kişi sayısı, iç donanım, aletler vb. iç ısı yüküne etki edecek elemanlar belirlenir.
- İç ortam konfor koşullarına ilişkin değerler belirlenir.

3.1. Soğutma Yüğü Hesaplama Metotları

Soğutma yüğü hesabı için 1972 yılında iki yöntem kullanılarak hesaplama yapılıyordu. Bunlardan ilki 1967 ASHRAE Temel El Kitabında tanıtılmış olan Toplam Eş Değer Sıcaklık Farkı (TETD) yöntemidir. Bu yöntemde, ortam ısı kazancını teşkil eden her ısı kazancı bileşeni ilgili TETD değerleri kullanılarak hesaplanır ve sonuçlar birbirine eklenerek ortamın anlık ısı kazancı bulunur, bu kazanç Zamana Göre Ortalama (TA) tekniğı ile anlık soğutma yüğü değerlerine dönüştürülür [10].

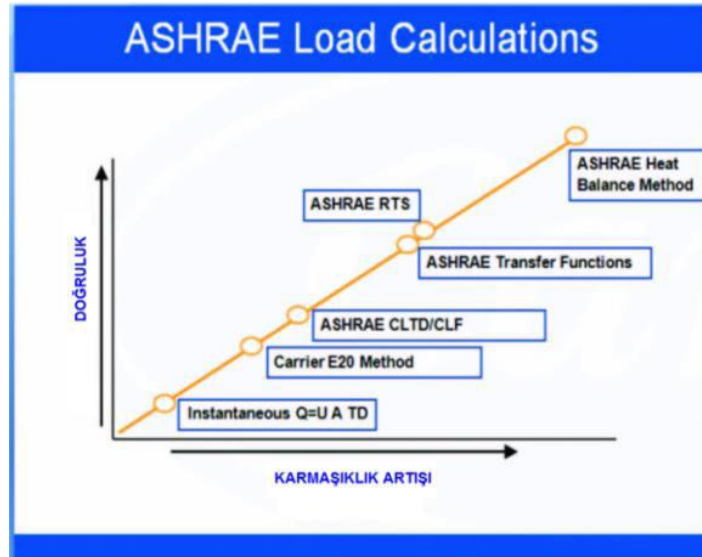
İkinci yöntem ise Geçiş Fonksiyonu Yöntemidir (TFM). Prensi olarak TETD/TA yöntemi ile aynı olmasına rağmen, bu yöntem bir dizi ağırlık faktörlerini veya iletimle ısı geçiş katsayılarını çeşitli dış yüzeylere ve bu yüzeylerde ısı momentumunun ısı kazancı üzerindeki etkisini hesaplara yansıtılabilmek amacıyla güneş-hava sıcaklığı ile iç ortam sıcaklığı arasındaki farka uygular. Daha sonra TETD/TA ve TFM yöntemlerinin karşılaştırılmasını destekler bir araştırma ile Soğutma Yüğü Sıcaklık Farkı Yöntemi (CLTD) geliştirilmiştir. Bu araştırmanın bir parçası olarak pratikte kullanılan sistemlere TFM yöntemi uygulanarak elde edilen veriler, güneş gören duvarlardan, çatılardan ve pencerelerden iletimle olan ısı kazancından kaynaklanan soğutma yükünün doğrudan hesaplanmasını sağlayacak soğutma yüğü sıcaklık farkı verilerinin bulunmasında kullanılmıştır. Ayrıca pencerelerden olan güneş ısı kazancının benzer şekilde hesaplanması ve iç ısı kaynaklarından olan yükler için soğutma yüğü faktörleri (CLF) de geliştirilmiştir. CLTD ve CLF faktörleri zaman farkının opak dış yüzeylerden iletimle ısı kazancına etkisini ve ışınlama ısı kazancının, soğutma yüküne dönüşmesinde ısı depolama kabiliyetinin etkisini kapsar [10].

Soğutma yükü yöntemlerine göre ısı geçişleri Şekil 3.1’ de gösterilmiştir. Şekilde ısı kazancı’nın soğutma yüküne dönüşmesi aşamalı şekilde gösterilmiştir.



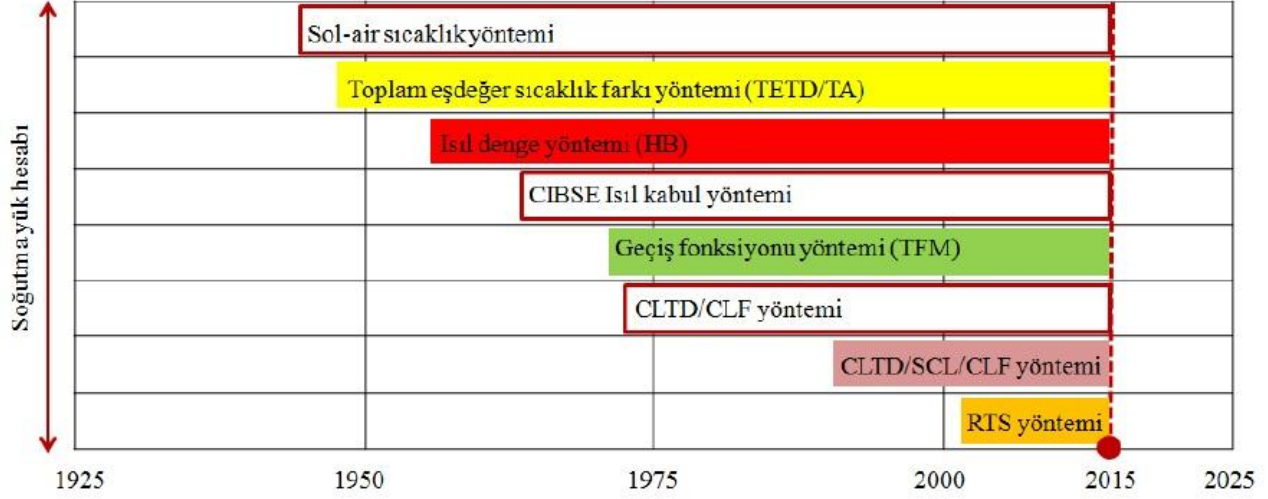
Şekil 3.1. Soğutma yükü yöntemlerine göre ısı geçişleri [35,36]

Soğutma yükü hesap metodlarında detaylandırma arttıkça karmaşıklıkta artmaktadır. Şekil 3.2’ de soğutma yükü hesapları için karmaşıklık-doğruluk arasındaki ilişki gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Soğutma yükü hesapları için karmaşıklık-doğruluk arasındaki ilişki [24]

Soğutma yükü hesap metodları geçmişten günümüze geliştirilmiştir. Bu metodlar kronolojik sıra ile Şekil 3.3' de verilmiştir.



Şekil 3.3. Soğutma yükü hesap yöntemlerinin kronolojik sırası [25]

Çizelge 3.1' de hesap yöntemlerinde kullanılan veriler detaylı şekilde verilmiştir. Çizelge 3.2' de farklı hesaplama metodları için kullanılan formüller verilmiştir. Çizelge 3.3' de soğutma yükü hesap yöntemlerinde bina elemanlarıyla ilgili hesaplanan veriler verilmiştir.

Çizelge 3.1. Soğutma yükü hesap yöntemlerinde kullanılan veriler [26,27]

VERİLER	YÖNTEMLER				
	TETD/TA	TFM	CLTD/ SCL/ CLF	HB	RTS
Opak ve saydam elemanların ısı geçirgenlik katsayısı ($U\text{-W/m}^2\text{K}$)	X	X	X	X	X
Opak ve saydam elemanların alanları ($A\text{-m}^2$)	X	X	X	X	X
Opak elemanlar için toplam eşdeğer sıcaklık farkı değeri (TETD)	X				
Dış ortam sıcaklığı ($t_d\text{-}^\circ\text{C}$)	X	X	X	X	X
İç ortam sıcaklığı ($t_i\text{-}^\circ\text{C}$)	X	X	X	X	X
Komşu oda sıcaklığı ($t_b\text{-}^\circ\text{C}$)	X	X	X	X	X
Sol-air sıcaklık ($t_e\text{-}^\circ\text{C}$)		X		X	X
İç yüzey sıcaklığı ($t_{iy}\text{-}^\circ\text{C}$)				X	
Dış yüzey sıcaklığı ($t_{dy}\text{-}^\circ\text{C}$)				X	
Ortalama ışımsal sıcaklık ($t_{ort,ışımsal}\text{-}^\circ\text{C}$)				X	
Gölgeleme katsayısı (SC)	X	X	X		X
Güneş ısı kazanç faktörü (SHGF)	X	X			X
İletim geçiş fonksiyonu katsayıları (X,Y,Z)		X		X	
Soğutma yükü sıcaklık farkı (CLTD-Tablo değeri)			X		
Saydam elemanlar için güneş soğutma yük faktörü (SCL-Tablo değeri)			X		
Geçiş katsayısı (Ω -Tablo değeri))				X	
Dış yüzey taşınım ısı transfer katsayısı ($h_{dy}\text{-W/m}^2\text{K}$)				X	
İç yüzey taşınım ısı transfer katsayısı ($h_{iy}\text{-W/m}^2\text{K}$)				X	
Opak ve saydam elemanların yüzey yutuculuk katsayısı (α)				X	X
Düşey yüzeye gelen toplam güneş ışıma değeri ($I_{t,düş}\text{-W/m}^2$)				X	X
Düşey yüzeye gelen direkt güneş ışıma değeri ($I_{d,düş}\text{-W/m}^2$)				X	X
Düşey yüzeye gelen yaygın güneş ışıma değeri ($I_{y,düş}\text{-W/m}^2$)				X	X
Düşey yüzeyden yansıyan güneş ışıma değeri ($I_{y,düş}\text{-W/m}^2$)				X	X
Hava nem oranı (W)	X	X	X	X	X
Havalandırma katsayısı (ρ)	X	X	X	X	X
Havanın entalpisi (H-kj/kg)	X	X	X		X
Kullanıcı sayısı (N)	X	X	X		X
Duyulur ısı kazancı (DIK-W) (Tablo değeri)	X	X	X		X
Gizli ısı kazancı (GIK-W) (Tablo değeri)	X	X	X		X
Kullanım faktörü (F) (Tablo değeri)	X	X	X		X
Aydınlatma tesisat verisi (w) (Tablo değeri)	X	X	X		X
Soğutma yük faktörü (CLF-Tablo değeri)			X		
Özgül ısı ($c_p\text{-J/kg-C}$)				X	
Özgül hacim ($v\text{-m}^3\text{/kg}$)				X	
Buharlaştırılan gizli ısı ($i\text{-J/kgv}$)				X	

Hesaplanan		YÖNTEMLER				
Yük		TETD/TA	TFM	CLTD/SCL/CLF	HB	RTS
		Sogutma yükü	Sogutma yükü	Sogutma yükü	Sogutma yükü	Sogutma yükü
Opak Elemanlar (Çati, duvar)	İletim	$q = UA (TETD)$ $TETD = t_{i,air} + \lambda(t_{i,air} - t_{e,air})$	$q_{e,q} = A \left[\sum_{n=1}^{n_{e,q}} b_n (t_{e,q} - t_{i,air}) - \sum_{n=1}^{n_{e,q}} d_n (t_{e,q} - t_{i,air}) - t_{rc} \sum_{n=0}^{n_{e,q}} c_n \right]$	$q = UA (CLTD)$	$q_{d,typm} = -Y_d t_{i,typm} - \sum_{j=1}^{n_{d,typm}} Y_j t_{i,typm-1} + X_d t_{d,typm} + \sum_{j=1}^{n_{d,typm}} X_j t_{d,typm-1} + \sum_{j=1}^{n_{d,typm}} \Omega_j q_{d,typm-1}$ $q_{i,typm} = -Z_d t_{i,typm} - \sum_{j=1}^{n_{d,typm}} Z_j t_{i,typm-1} + Y_d t_{d,typm} + \sum_{j=1}^{n_{d,typm}} Y_j t_{d,typm-1} + \sum_{j=1}^{n_{d,typm}} \Omega_j q_{i,typm-1}$	$q = UA (t_{i,air} - t_e)$
	Taşınım				$q_d = h_{d,y} x (t_{d,y} - t_{i,y})$ $q_i = h_{i,y} x (t_i - t_{i,y})$	
	İşma				$q_{yuz,isy} = h_{i,y} x (t_{i,y} - t_{o,rt,ismama}) - q_{an}$ $q_{gunes,isy} = \alpha x I_{e,diz}$ $q_{gunes,isy} = \frac{\sum q_y + (1 - \alpha_{d,isp}) \sum q}{\sum_{j=1}^N A_j}$	
Camlar	İletim	$q = UA (t_d - t_i)$	$q = UA (t_d - t_i)$	$q = UA (CLTD)$	$q = U (t_{d,y} - t_{i,y})$	$q = UA (t_d - t_i)$
	Taşınım				$q_d = h_{d,y} x (t_d - t_{d,y})$ $q_i = h_{i,y} x (t_i - t_{i,y})$	
	İşma	$q = A (SC)(SHGF)$	$q = A (SC)(SHGF)$	$q = A (SC)(SCL)$	$q_{gunes,isy} = \alpha_{d,dy} x I_{d,diz} + \alpha_{y,dy} x I_{y,diz}$ $q_{gunes,isy} = \alpha_{d,dy} x I_{d,diz} + \alpha_{y,dy} x I_{y,diz}$	$q_{air} = A E_0 IAC SHGC$ $q_{air} = A (E_g + E_j) IAC$ $SHGC_0$
Bölücüler, tavan ve döşeme	$q = UA (t_d - t_i)$	$q = UA (t_d - t_i)$	$q = UA (t_d - t_i)$	$q = UA (t_d - t_i)$	$q = UA (t_d - t_i)$	
Havalandırma/Sızıtı	İletim	$q_{duy} = 1,23Q(t_d - t_i)$ $q_{giz} = 3010Q(W_d - W_i)$ $q_{top} = 1,20Q(H_d - H_i)$	$q_{duy} = 1,23Q(t_d - t_i)$ $q_{giz} = 3010Q(W_d - W_i)$ $q_{top} = 1,20Q(H_d - H_i)$	$q_{duy} = 1,23Q(t_d - t_i)$ $q_{giz} = 3010Q(W_d - W_i)$ $q_{top} = 1,20Q(H_d - H_i)$	$q_{duy} = \frac{Q c_p}{v_d} (t_d - t_i)$ $q_{giz} = \frac{Q}{v_d} (W_d - W_i) t_{fg}$	$q_{duy} = 1,23Q(t_d - t_i)$ $q_{giz} = 3010Q(W_d - W_i)$ $q_{top} = 1,20Q(H_d - H_i)$
	Taşınım					
	İşma	$q_{duy} = N(DIK)$ $q_{giz} = N(GIK)$	$q_{duy} = N(DIK)$ $q_{giz} = N(GIK)$	$q_{duy} = N(DIK)CLF$ $q_{giz} = N(GIK)$	$q_{duy} = N(DIK)CLF$ $q_{giz} = N(GIK)$	$q_{duy} = N(DIK)$ $q_{giz} = N(GIK)$
Kullanıcı	İletim	$q_{duy} = w F_{ul,sa}$ $q_{ekp,duy} = q_{girdi, F_u, F_R}$	$q_{duy} = w F_{ul,sa}$ $q_{ekp,duy} = q_{girdi, F_u, F_R}$	$q_{duy} = w F_{ul,sa} CLF$ $q_{ekp,duy} = q_{girdi, F_u, F_R} CLF$	$q_{duy} = \frac{\sum_{k=1}^M q_k F_{ism,k}}{\sum_{j=1}^N A_j}$ $q_{ekp,duy} = \sum_{j=1}^M q_j F_{ekp,ma}$	$q_{duy} = N(DIK)$ $q_{giz} = N(GIK)$
	Taşınım					
	İşma	$q_{duy} = w F_{ul,sa}$ $q_{ekp,duy} = q_{girdi, F_u, F_R}$	$q_{duy} = w F_{ul,sa}$ $q_{ekp,duy} = q_{girdi, F_u, F_R}$	$q_{duy} = w F_{ul,sa} CLF$ $q_{ekp,duy} = q_{girdi, F_u, F_R} CLF$	$q_{duy} = w F_{ul,sa}$ $q_{ekp,duy} = q_{girdi, F_u, F_R}$	$q_{duy} = w F_{ul,sa}$ $q_{ekp,duy} = q_{girdi, F_u, F_R}$

Çizelge 3.2. Farklı hesaplama metodlarının gösterilmesi [26,27]

Çizelge 3.3. Soğutma yükü metodları ile bina elemanlarıyla ilgili hesaplanan veriler [26,27]

HESAPLANAN		YÖNTEMLER				
		TETD/TA	TFM	CLTD/SCL/CLF	HB	RTS
Opak Eleman	İletimle ısı kazancı	X	X	X	X	X
	Taşımla ısı kazancı				X	
	Işımayla ısı kazancı				X	
Saydam Eleman	İletimle ısı kazancı	X	X	X	X	X
	Taşımla ısı kazancı				X	
	Işımayla ısı kazancı	X	X	X	X	X

3.1.1. ASHRAE TETD/TA (Carrier) Metodu

1967 yılında ASHRAE tarafından yayınlanan ilk yöntem, TETD/TA (The Total Equivalent Temperature Difference/Time-Averaging-Toplam Eş değer Sıcaklık Farkı/Zaman Ortalama) yöntemidir. TETD/TA yöntemi, ülkemizde en fazla bilinen ve uygulanan yöntemdir. Bu yöntem tecrübeli kullanıcılara geniş bir aralıkta geçerli olan sonuçlar verebilmektedir. Bu yöntemde mutlak sıcaklık farkı yerine eş değer sıcaklık farkı kullanılmaktadır [2].

Duvar ve çatı yüzeylerinden olan ısı kazancı hesaplamasında düzeltilmiş eşdeğer sıcaklık farkı kullanılır. Eşdeğer düzeltilmiş sıcaklık farkı, belirli bir referansa göre hazırlanmış tablolarda verilen duvar ve çatı yönüne bağlı olarak okunan eşdeğer sıcaklık farkı ile dış tasarım sıcaklığı, iç tasarım sıcaklığı ve gece-gündüz sıcaklık farkı değerlerine göre hesaplanan sıcaklık düzeltme miktarının toplanması ile hesaplanır. Pencere ve kapılardan olan ısı kazançlarının hesabında ise, direkt güneş ışınımı ile birlikte iletim ve taşımla olan ısı kazançları da dikkate alınır. Pencere birim alanından güneş ışınımı ile olan ısı kazancı, cam malzemesi, tasarımı, yönü ve panjur gibi faktörlerde göz önüne alınarak çeşitli katsayılarla çarpılarak hesaplanır. Pencere için, taşımla ile olan ısı kazancında ise dış hava sıcaklığı ile iç ortam sıcaklığı farkı esas alınır [23].

3.1.2. ASHRAE TFM Metodu

Isı dengesi kavramının en iyi uyarlaması olarak bilinen TFM (Transfer Function Method-Transfer Fonksiyonu) Yöntemi, 1972 yılında ASHRAE tarafından sunulmuştur. Çok fazla işlem adımına sahip olan bu yöntem, özellikle enerji analizinde kullanılan ortalama soğutma yükü hesabi için uygundur [1].

TFM, ısı denge yönteminden üretilmiş bir metottur. Transfer fonksiyon yöntemindeki denklem katsayıları doğrudan bir ısı denge analizinden türetilmiştir. Bu yöntem, ısıtma ve soğutma yüklerini en hassas şekilde hesaplayabilen ve bina yapı elemanları ve bina içindeki dekorasyon amacıyla kullanılan objelerinde zamana bağlı olarak ısı depolama etkisini göz önüne alan ve hesaplamalara dâhil eden bir yöntemdir. Bu yöntem ile bir bina elemanından binaya geçen ısı miktarı, o bina elemanının zamana bağlı olarak depoladığı ısı miktarı ve bir ısı kaynağı gibi davranarak tekrar içeriye verdiği ısı miktarı saat-saat hesaplanabilmektedir. Bu hesaplamalarda güneş-hava sıcaklığı adı verilen ve söz konusu bina hacmi için iç ortam sıcaklığı ile dış ortam şartlarını tanımlayan bir sıcaklık değeri kullanılmaktadır. Hesaplamaları hızlandırmak için, denklem kısaltmaları ve kabuller kullanılması bu yöntemi çok etkin yapmaktadır. TFM duvarlar ve çatılar için U (toplam ısı transfer katsayısı) değerlerini kullanmamaktadır [28,29].

Transfer Fonksiyonu Yönteminde, ısı balansı yönteminin basitleştirmesi için bazı matematiksel “hileler” kullanılır. Böylece verimli hesaplama zamanları, ısı balans yönteminin doğruluğundan çok ödün vermeden, daha hızlı gerçekleştirilir. Transfer Fonksiyonu işlemi hesapları ısı kaynaklarından, sıcak çevre havası, güneş radyasyonu, aydınlatmalar, insanlar vb. gibi ısı kazançlarının iletim, taşınım, radyasyon ve ısı depolama işlemlerinden geçerek nasıl yüke dönüştüğünü inceler. Böylece gerçek zamanlı olarak bir bina için dinamik ısı transferlerini hesaplar. Ayrıca özel dizayn, yapı, çevre, bina kullanım şartları için de hesaplamalar yapılır ki, hesaplamalar her değişik bina uygulamasına özelleştirilmiş olur. Bilgisayar yazılımı kullanılarak yapılması sayesinde, transfer fonksiyonları karmaşıklığı ve doğruluk arasında iyi bir uzlaşma sağlar. Program kullanılırken, Transfer Fonksiyonu Metodu kullanılarak, tüm yük kaynakları dinamik ısı akışını içerir şekilde hesaplanır [24].

3.1.3. ASHRAE CLTD Metodu

TFM' nin basitleştirilmiş bir şekli olarak ASHRAE CLTD (Cooling Load Temperature Difference/Cooling Load Factor-Soğutma Yüğü Sıcaklık Farkı/Soğutma Yüğü Çarpanı) yöntemi, ASHRAE tarafından 1977 yılında sunulmuştur [3]. Bu metot CLTD ve CLF tablolarını kullanan el ile hesaplama tekniğı için geliştirilmiş ve CLTD/CLF tablo verileri; TFM yöntemi kullanılarak elde edilmiştir [30].

Bu yöntemde iki dikkat çekici nokta vardır. Bunlardan birincisi, herhangi bir kaynaktan meydana gelen ısı kazancı ile aynı kaynaktan iklimlendirme sistemine yansıyan soğutma yükünün eşit olmayacağıdır. Depolama etkileri ile oluşan bu fark, tablolardan okunan SCL, CLF katsayıları ile depolama etkileri de hesaba katılarak ortadan kaldırılmıştır. İkincisi, soğutma yüküne tüm yük bileşenlerinin, sürekli olarak ve hep birlikte etkilemeyebileceğidir. Bu yöntemde yerine göre uygun kullanım çarpanları ile hesaba katılmaktadır. Kullanılan yapı malzemelerine göre tablolardan malzemelerin ısı iletkenliklerine ve ışınım yama özelliklerine bakılarak toplam ısı geçiş katsayısı (U) hesaplanabilir. Yüzey geçirgenliklerinin bulunduğu tabloda taşınım ek olarak ışınım etkileri de dikkate alınmıştır. CLTD değerleri, soğutma şartlarında dış yüzeylerde taşınım ve ışınım etkilerini birlikte göz önüne alan ve yapı elemanlarının ısı depolama etkilerini de kapsayan eşdeğer sıcaklık farkıdır [2].

Pencerelere düşen güneş ışınımı, mahal içine girip, içindeki yüzeylerde yutulduktan sonra zaman içerisinde, mahal havasına geçer ve böylelikle soğutma yükü oluşturur. SCL (güneş soğutma yükü) değeri, pencerenin iç ve dış kısımlarında herhangi bir gölgeleme elemanı (panjur, perde v.b) olup olmamasına göre bir referans pencere yüzeyinin birim alanı başına, birim zamandaki güneş ışınımından oluşan soğutma yükü anlamına gelir. SC (gölgeleme katsayısı), pencerenin iç ve dış kısmında gölgeleme elemanları bulunması nedeniyle ve yaz şartlarında güneş ışınlarının dik geliş açısından ışınımı azaltma etkisini temsil eden boyutsuz bir çarpanıdır [2].

Bir insandan geçen duyulur ve gizli ısı kazançları, insanların etkinliklerine göre tablolardan alınır. İnsanların aynı anda iklimlendirilen mahalde olma ihtimaline göre bu

değerler kullanım çarpanı ile çarpılır [2]. Aydınlatmadan kaynaklanan ısı kazançları, ısı depolaması nedeniyle anında soğutma yükü olarak ortaya çıkmaz. Kullanma çarpanı, soğutma yükü hesaplarının yapıldığı şartlardaki aydınlatma gücünün, toplam kurulu aydınlatma gücüne oranıdır [2]. İklimlendirilecek mahalde bulunan makine ve cihazlar buldukları ortama ısı verdikleri için soğutma yükü meydana getirmektedir. Makinelere gelen ısı kazancı motor gücüne, motor verimine, motor kullanım çarpanına ve motor yük çarpanına bağlıdır [2].

3.1.4. ASHRAE RTS Metodu

Işınım zaman serisi (RTS) yöntemi tasarım soğutma yükü hesaplamalarını gerçekleştirmek amacıyla ASHRAE Handbook 2001'de ısı dengesi (HB) yöntemi ile birlikte yayınlanmış ve ısı dengesi yönteminden elde edilen yeni bir yöntemdir ve ısı dengesi içermeyen TETD/TA, TFM ve CLTD/CLF gibi diğer yöntemlerin yerini almıştır [31].

Bu yöntem, güvenilir ve daha az işleme olanak sağlayan bir yöntem cevap vermek için geliştirilmiştir. RTS yöntemiyle zon tipinin ve farklı yapıların soğutma yükü üzerindeki etkilerinin araştırılması ve karşılaştırılması kolayca sağlanabilmektedir. Bu yöntemin ASHRAE tarafından önerilen diğer yöntemlerden (TFM, TETD/TA) en önemli farkı, iletimle ısı kazancının hesaplamasındaki farklılıktır [2].

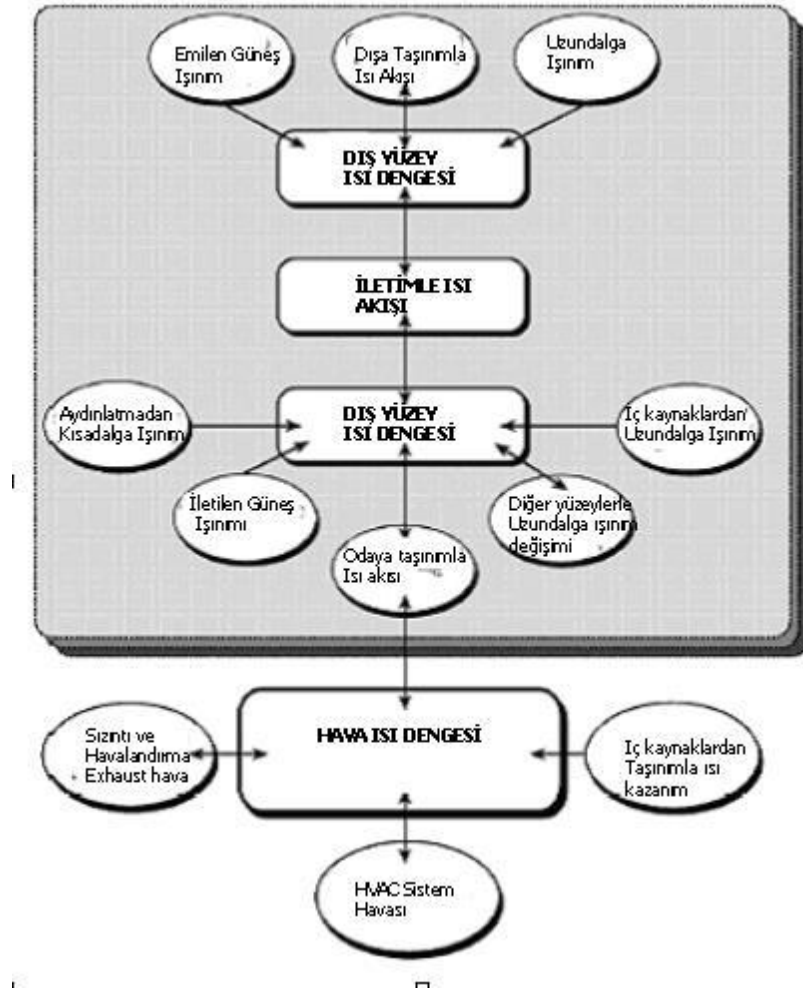
Bu hesap yönteminde, ele alınan ortamı çevreleyen opak ve saydam duvarlara gelen anlık ısının belirli bir gecikmeyle (faz farkı) iklimlendirilen ortamda soğutma yüküne dönüşmesi, CTS ve RTS olarak adlandırılan seriler yardımıyla dikkate alınmaktadır. Ortamı çevreleyen opak duvarların (veya çatıların) dış yüzeyine gelen ısı belirli bir gecikmeyle (faz farkı) önce iç yüzeye aktarılmakta, oradan da ortama geçmektedir. Bu gecikmeyi dikkate almak amacıyla, RTS yönteminde “iletim zaman serisi” olarak adlandırılan CTS (Conduction Time Series) değerleri kullanılmaktadır. Bu yaklaşıma göre, hesap saatindeki soğutma yükü duvarın ısı depolama özelliğine göre daha önceki saatlerdeki ısı kazancından etkilenmektedir. İç yüzeye gelen ısının bir bölümü taşınım, bir

bölümü ise ışınlam yoluyla ortama geçer. Taşınım ile ısı yükü doğrudan soğutma yüküne dönüşür. Işınlama ile ısı kazancı ise, önce ortamda bulunan cisimlere çarparak o cisimlerin yüzey sıcaklığını artırır. Cisim yüzey sıcaklığı ortam havası sıcaklığını açınca da iç ortam havasını ısıtır. Bu işlemlerin oluşabilmesi için belirli bir zaman gerektiğinden, ışınlama ile ısı kazancı belirli bir faz farkı ile soğutma yüküne dönüşür. Bu faz farkını dikkate almak amacıyla “güneş dışı ışınlama zaman serisi” olarak adlandırılan “non-solar RTS” (Radiant Time Series) değerleri kullanılmaktadır. RTS değerleri ortamın yüzey özelliklerine (halı v.b.) ve ortam içerisinde bulunan cisimlerin yoğunluğuna göre değişir. ASHRAE Fundamentals Handbook’da, RTS değerleri binanın yapısına göre hafif, orta ve ağır olmak üzere üç farklı durum için verilmiştir. Saydam duvarlardan gelen ısı kazancı iletim, doğrudan ışınlama, yayılı ışınlama ve yansıyan ışınlamadan kaynaklanan bileşenler şeklinde ayrı ayrı hesaplanır. Ortam içerisine giren doğrudan ışınlamın tamamı belirli bir gecikmeyle soğutma yüküne dönüşür. Bu faz farkını dikkate almak amacıyla “güneş ışınlama zaman serisi” olarak adlandırılan “solar RTS” değerleri kullanılmaktadır. Diğer üç bileşen (iletim, yayılı ve yansıyan) toplanarak tek bir ısı kazancı türü gibi değerlendirilir. Opak duvarlarda olduğu gibi, içeriye giren bu ısınlamın yine belirli bir oranı taşınım ve belirli bir oranı da ışınlama yoluyla ortama geçer. Taşınım ile ısı yükü doğrudan soğutma yüküne dönüşürken, ışınlama ile ısı yükü güneş-dışı RTS değerleri kullanılarak soğutma yüküne çevrilir. İç ısı kaynakları (insan, aydınlatma, cihaz) tarafından üretilen gizli ısı ve duyulur ısınlamın taşınım kısmı doğrudan soğutma yüküne dönüşürken, duyulur ısınlamın ışınlama kısmı belirli bir gecikmeyle soğutma yüküne dönüşür. Bu gecikme güneş-dışı RTS değerleri ile dikkate alınır. İnfiltrasyon ve ventilasyondan kaynaklanan ısı kazançları ise anlık olarak soğutma yüküne dönüşür [32].

RTS yönteminde hesaplar daha detaylı yapıldığından dolayı, CLTD/CLF yöntemine göre daha fazla işlem gerektirmektedir ve dış hava sıcaklığı ile ısı depolamalar, zamanın fonksiyonu (24 saat) olarak hesaplanmaktadır. Fakat, RTS yönteminde tablolar az olduğundan dolayı kullanımı CLTD/CLF yöntemine göre daha kolaydır. RTS ile önce ısı kazançları ve daha sonra soğutma yükü bulunurken, CLTD/CLF yönteminde doğrudan soğutma yükü hesaplanmaktadır. RTS yöntemi HB’den türetilmişken, CLTD/CLF yöntemi HB yönteminden türetilen TFM yönteminden türetilmiştir ve RTS yöntemi CLTD/CLF yönteminden daha güvenilirdir [2].

3.1.5. ASHRAE HB (Isı Dengesi) Metodu

Isı dengesi metodu her yüzey için iletim, taşınım, ışınlama ısı dengesi ile oda havası için taşınım ile ısı dengesinin kurulmasını gerektirir. Bu yaklaşımda odada sıcaklığın düzgün dağılımlı olduğu, düzgün dağılımlı yüzey sıcaklıkları, düzgün dağılımlı uzun ve kısa dalga ışınlamalarının etki ettiği, duvarlardan tek yönlü ısı iletim olduğu kabul edilmiştir. Hesaplamanın ana teması zamandan bağımsız olarak duvar dış yüzey, iç yüzey, ısı dengelerinin oluşturulmasıdır. Isı dengesi metodu ana teması Şekil 3.4 'de detaylı şekilde verilmiştir.



Şekil 3.4. Isı dengesi metodu ana teması [37]

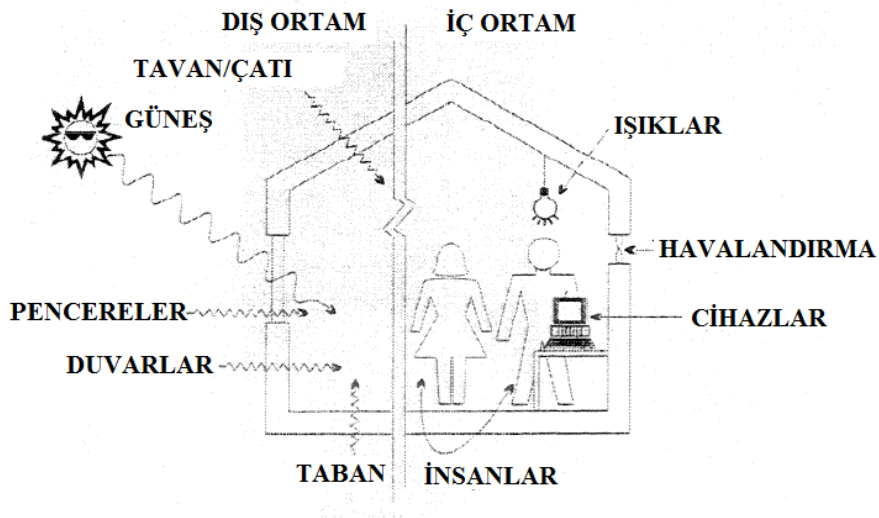
4. ÖRNEK BİNANIN SOĞUTMA YÜKÜ HESABI

Soğutma yükü sabit bir hava sıcaklığı elde etmek için ortamdan çekilmesi gereken ısı miktarı olarak tanımlanmaktadır. Soğutma yükü hesaplamalarında saatlik bazda hesaplamalar yapılmakta ve zaman içerisinde oluşan maksimum soğutma yükü ortamın soğutma yükü olarak ifade edilmekte ve hesaplamalarda bu değer kullanılmaktadır.

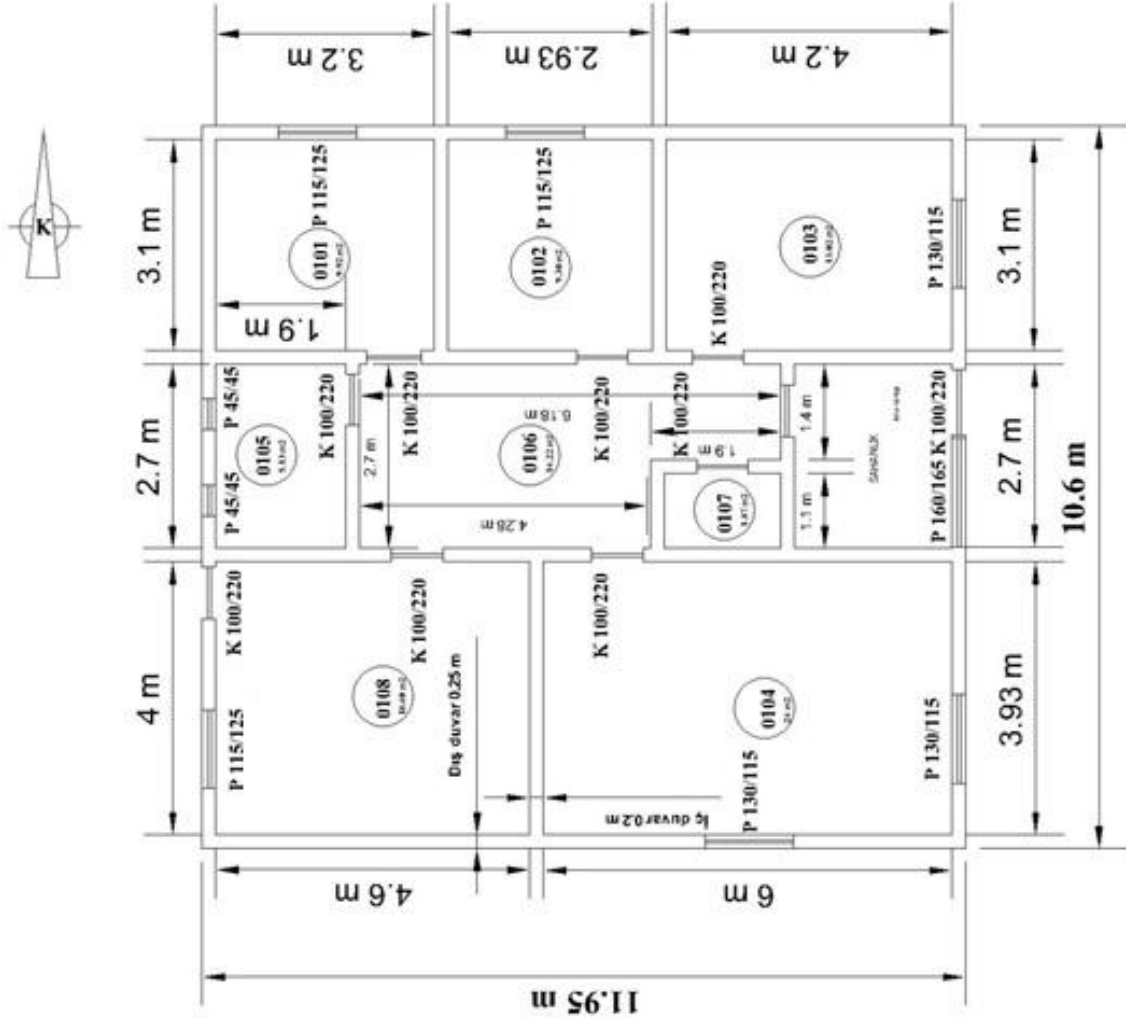
Soğutma yükünü meydana getiren ısı kazançları aşağıdaki şekildedir:

- Soğutulan hacmi çevreleyen duvar, döşeme ve tavadan iletim ve taşınım ile geçen ısı kazancı (transmisyon ısısı)
- Güneşin etkisiyle oluşan ısı kazancı (güneş radyasyon ısısı)
- Soğutulan hacme dışardan daha yüksek ısı tutumundaki havanın girmesiyle gelen ısı kazancı (İnfiltrasyon ısısı)
- Soğutulan hacme konan eşya ve cisimlerin ısısı ile oluşan ısı kazancı
- Soğutulan hacmin içerisinde bulunan ışıklardan, insanlardan, motorlardan ortaya çıkan ısı kazancı

Şekil 4.1’ de soğutma yüküne etki eden faktörler gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Soğutma yüküne etki eden faktörler [34]



Şekil 4.2. Soğutma yükü hesabı yapılan binanın mimari projesi, 1/100 ölçekli

Şekil 4.2' de görüldüğü gibi 0101, 0102, 0103, ... numaraları ile verilen rakamlarda ilk 2 hane kat yüksekliğini, son 2 hane ise oda numarasını göstermektedir. (Örneğin 1001 10. kat 01 nolu odayı ifade etmektedir.)

Analiz ve tasarımda kullanılan parametreler Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Analiz parametreleri

Referans Aylar	Temmuz
Hesap Ayları	Temmuz, Ağustos
Seçilen Bağıl Nem	% 50
Seçilen İç Hava Sıcaklık	26°C
Sıcaklık Farkı (Dış sıcaklık-İklimlendirilmeyen Mahal Sıcaklığı)	5°C
Sıcaklık Farkı (Toprak Sıcaklığı-Mahal sıcaklığı)	-5°C
İklim Verileri	Antalya
Kat Adedi	10
Tipik Kat Yüksekliği(m)	3
Birim Sistemi	kW
Direnç Katsayısı Birim Sistemi	W/m ² K
Hesap Yöntemleri	ASHRAE CLTD, ASHRAE TFM
İnsan Yükleri	Her mahal için 1 insan
Cihaz Yükleri	Her mahal için bilgisayar ve küçük monitör
Aydınlatma Yükleri	Her mahal için metal halinde 50 W

Çizelge 4.2. Tasarım parametreleri

Dış Duvar	k=0,60 W/m ² K Ağırlık=228,5 kg/m ²
Dış Duvar(Kiriş)	k=0,65 W/m ² K Ağırlık=72,80 kg/m ²
Pencere	k=3,49 W/m ² K Gölgeleme Katsayısı=1
Kapı	k=2,6 W/m ² K Gölgeleme Katsayısı=1
Döşeme	k=2,28 W/m ² K Ağırlık=300 kg/m ²
Tavan	k=0,44 W/m ² K Ağırlık=100 kg/m ²

4.1. Yapı Elemanlarından Olan Isı Kazancı

4.1.1. Dış Duvar ve Çatıdan Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yüğü

Güneşin etkisiyle meydana gelen iletim duvar ve çatılara etki ederek bir soğutma yükü oluşturur. Bu dış hava sıcaklığına ve gelen güneş ışınımına bağlı olarak değişir.

Yapının dış hava ile temasta bulunan duvarından, içeri doğru giren ısı akışının hesabı için dış hava sıcaklığı ile güneş radyasyonunun periyodik olarak değişimleri incelenmelidir. Dış hava sıcaklıkları ve güneş radyasyonundaki değişimler dış hava ile temasta bulunan duvara ısı geçişini ve miktarının zamana göre değiştirir. Duvar yüzeyine ulaşan bu ısı yapının cinsine bağlı olarak belirli bir zaman gecikmesiyle duvarı geçerek soğutulmak istenen mahale geçer.

Yapının dış hava ile temasta olan duvarından içeri doğru giren miktarını hesaplamak için aşağıdaki belirtilen maddelerin bilinmesi gereklidir.

- Duvara vuran direk güneş radyasyonu
- Duvar yüzeyinin yutma ve yansıtma katsayısı
- Çevrede bulunan havanın sıcaklığı
- Dış yapının yüzey sıcaklığı
- Hava ve yapının yüzeyi arasında bulunan yüzeysel ısı iletim katsayısı

4.1.2. Pencereleden Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yüğü

4.1.2.1. İletimle Olan Soğutma Yüğü

Yapılarda pencerelerin konulmasının gereğı görsel olarak etki etmek, güneş enerjisinin iç ortama girmesine olanak sağlamak, mahal içindeki havanın zaman zaman değışimini sağlamak için kullanılırlar. Pencereleden günün farklı saatlerinde farklı güneş ışınimleri gelmektedir. Bu ışınimleri bir bölümü yansımakta bir bölümü yutulmaktadır. Aynı zamanda camda bir sıcaklık farkı yani iç sıcaklık dış sıcaklık farklı meydana geldiğinden dolayı bir ısı kazancı oluşur. Pencereleden içeri giren toplam ısı iletim ile olan ısı kazancı ve güneş ışınımından oluşan ısı kazancı ile birleşerek oluşur.

Pencereleden gelen ısı kazancı duvar ve çatılardakinden farklı düşünülmesi gerekmektedir. Pencerenin sahip olmuş olduğu cam radyasyonun büyük bir kısmını içeren görünür ışığı geçirme özelliğine sahip olduğundan, ısının iç ortam girmesinde gecikme olmaksızın anında meydana gelmektedir. Cam yüzeyine gelen radyasyonun büyük bir bölümü camdan geçmekte az bir kısmı ise cam yüzeyinden yansıyarak dış ortama yayılmakta, diğeri bir bölümü ise cam tarafından absorbe edilmektedir. Cama gelen toplam radyasyon yansıyan, absorbe edilen ve içeri giren radyasyonların toplamına eşit olmaktadır.

Pencereleden camlarından içeri geçen ısı akışının net bir şekilde hesabı yapılabilmesi ve bu hesapların temel yöntemlerinin çıkarılabilmesi için camın her iki yüzü arasındaki ısı dengesi ilişkilerinin incelenmesi gereklidir.

Geçirgenlik ve yutma katsayıları, gelen radyasyon miktarının dalga boyu ve geliş açılarını bağılı olarak değışir. Normal pencere camının, direkt ve yaygın güneş radyasyonları için geçirgenlik ve yutma katsayıları belirlenip tablolar oluşturulur.

4.1.2.2. Güneş Işınımı ile Olan Soğutma Yüğü

Güneş enerjisinin etkisiyle oluşan içeri giren ısının emilmesi güneş enerjisi ile oluşan ısı kazancını oluşturmaktadır. Güneşli günlerde güneş enerjisi ile oluşan soğutma yükü hesaplanmaktadır. Pencerelerde oluşan ısı kazancının hesaplanması için çift mukavemetli, dik geliş açısı, geçirme, yansıma, yutma katsayılarına sahip referans bir cam tabaka kullanılır. Güneş ışınımı ile hesaplanacak soğutma yükünde ayrıca pencere tipi ve gölgeleme malzemesi için Gölge Katsayısı hesaba katılır (SC). Bu katsayı pencere güneş ısı kazancının referans camda güneş ışık kazancına bölümü ile elde edilir. Çizelge 4.3' de pencere ve gölgeleme malzemesine bağlı olarak hesaplarda kullanılan gölge katsayıları verilmiştir.

Çizelge 4.3. Yüzeylerin gölgeleme katsayıları

Yüzey Tipi	Hesap Yüzeyi (m ²)	08:00 (SC)	09:00 (SC)	10:00 (SC)	11:00 (SC)	12:00 (SC)	13:00 (SC)	14:00 (SC)	15:00 (SC)	16:00 (SC)	17:00 (SC)	18:00 (SC)
Dış Duvar	7,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Pencere	1,44	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Kiriş	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Dış Duvar	8,37	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Kiriş	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Döşeme	9,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

4.1.3. İç Duvarlar, Tavanlar, Bölmeler ve Zeminden Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yüğü

Belirli bir sıcaklık değerine sahip olan mahal bitişik olan bir mahalle farklı sıcaklık değerlerine sahip olursa bu mahal ile aralarında ısı geçişi olmaktadır.

Soğutma yapılan bir mahal soğutma yapılmayan komşu mahallerden iç duvar, iç kapı, iç pencere, tavan ve döşemeler olarak ayrılmıştır. Komşu mahallerin sıcaklıkları soğutma yapılan mahal sıcaklığından yüksek olduğundan sıcaklık farkının sebep olduğu bir ısı geçişi vardır.

İç duvarların, iç kapıların, tavan ve döşemeler için ısı iletim katsayıları çeşitli kitaplardan elde edilerek hesaplarda kullanılır. Komşu mahal sıcaklığı mahalın kullanılış amacına göre soğutma yapılan mahalın sıcaklığından bir miktar fazladır. Bitişik mahallerin sıcaklığı günün çeşitli saatlerinde dış sıcaklığa hemen hemen eşit olarak alınabilir. Sadece bu şekilde durumlarda iç bölmelerden oluşacak ısı kazancı periyodik bir durum oluşturacaktır.

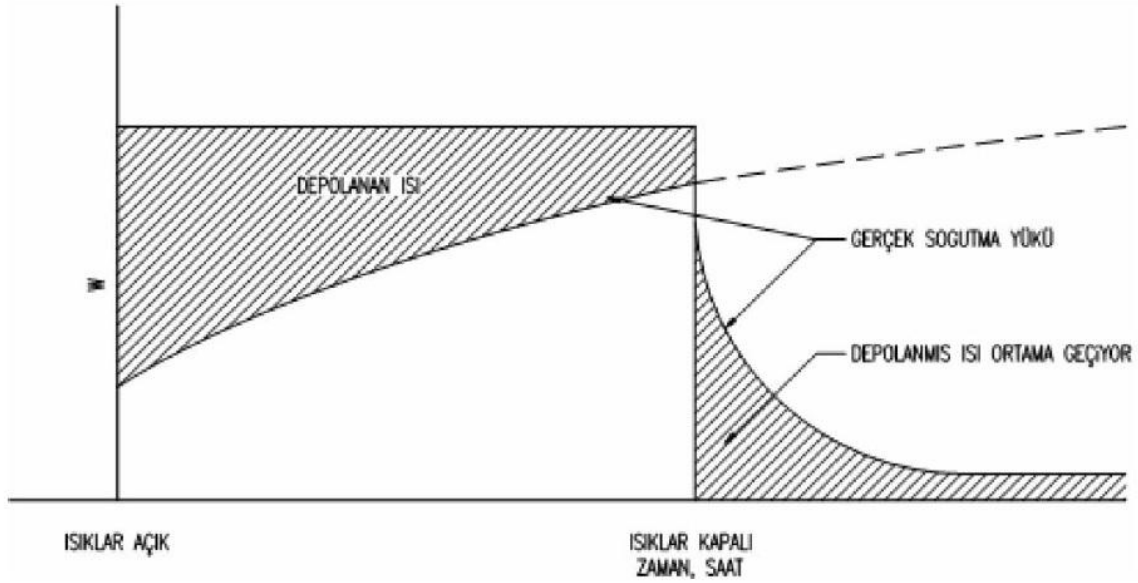
Yapının direkt toprak üzerine oturan veya herhangi bir havalandırma ve ısıtma yapılmayan bir bodrum katı üzerine yapılan döşemeler için soğutma yükü hesaplarında ısı kazancı ihmal edilebilir.

Komfor klimalarında soğutma yapılan iç mahalın sıcaklığı maksimum dış ortam sıcaklığından genel olarak 8 °C daha düşük alınmaktadır.

4.2. Aydınlatmadan Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yüğü

Aydınlatma ile oluşan soğutma yükü ısı kazancının önemli bir bölümünü oluştururlar. Bu sebeple bu etkinin doğru ve eksiksiz bir şekilde hesaplanmasında yarar vardır. Bu yükün hesabı diğer etki eden soğutma yükleri gibi çok açık değildir. Herhangi

bir anda anlık ısı kazancı, anlık aydınlatma gücüne eşdeğer ısı miktarından oldukça farklı bir değerde olabilir. Aydınlatmanın soğutma yüküne etkisi Şekil 4.3’ de verilmiştir.



Şekil 4.3. Aydınlatmanın soğutma yüküne ısı depolama etkisi [10]

Aydınlatmadan gelen enerjinin bir bölümü sadece ısı geçişi şeklinde gerçekleşmektedir ve soğutma cihazları tarafından hızlı bir şekilde ortamdaki uzaklaştırılmaktadır. Geri kalan bölümü ise ısı geçişi şeklindedir ve bu soğutulan ortamda bulunan duvarlar, mobilyalar, döşemeler tarafından yutulur ve tekrar serbest kalması ile etki eder. Yutulan bu enerji belli bir süre sonunda soğutma yüküne çevrilmekte ve bu enerji aydınlatmalar kapatıldıktan sonra bile etkisini göstermektedir. Bu sebeple aydınlatmalar kapalı durumda olmaları halinde bile aydınlatma yükleri etkisinden bahsedilmektedir.

Maksimum yük hesabının yapıldığı saatlerdeki fiili aydınlatma gücünün kurulu toplam aydınlatma gücüne oranına kullanma faktörü denilmektedir. Fiili aydınlatma gücünün, maksimum yük saatindeki değerinin belirlenmesi çok önemlidir. Genellikle ısı kazancının büyük bir kısmının güneş radyasyonu etkisiyle olduğu yapılarda hesabın yapıldığı saat için herhangi bir aydınlatma olmayacağı veya pek az olacağı da ihtimaller dahilindedir. Aydınlatma gücünün hesaba katılıp katılmayacağı veya ne kadarlık bir bölümünün alınması gerektiği konusu hesapların yapılması sırasında belirlenmelidir.

Normal akkor flamanlı lambalar için özel armatür faktörü 1'e eşittir. Floresan armatürlerde lambaların wattlarına balastlar içinde ilaveler eklenmektedir. Genel olarak floresan armatürler için özel armatür faktörü 1,2 alınabilir. Bunun sonucu olarak kullanma armatür faktörü birden küçük bir sayı olacaktır. Bu armatür faktörü değerleri imalat kataloglarından elde edilebilmektedir. Çizelge 4.4' de hesaplarda kullanılan aydınlatma bilgileri Çizelge 4.5' de saatlik mahalde aydınlatma bilgileri verilmiştir.

Çizelge 4.4. Aydınlatma bilgileri

Aydınlatma Tipi	Katsayı	Güç (W)	Toplam
Metal halinde 50 W	1,44	50	72

Çizelge 4.5. Saatlik mahalde aydınlatma

Zaman	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Faktör	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Yük(W)	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72

4.3. İnsanlardan Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yüğü

İnsanlardan meydana gelen duyulur ve gizli ısı kazançları toplam soğutma yükü içerisinde önemli bir yer kaplamaktadır. İnsanların neden olduğu gizli ısı kazancı ani soğutma yükü olarak değerlendirilir. Toplam duyulur ısı kazancı doğrudan soğutma yüküne çevrilememektedir. Etraftaki cisimler tarafından emilmekte ve daha sonra odanın özelliğine bağlı olarak mahale iletilirler. Hesaplarda kullanılan insan verileri Çizelge 4.6 ile mahal saatlere göre insan yükü yüzdesi çizelgesi Çizelge 4.7 ile insanlardan olan duyulur ve gizli ısı kazancı Çizelge 4.8' de verilmiştir.

Çizelge 4.6. İnsan verileri

Aktivite Derecesi	Birim Duyulur Isı	Birim Gizli Isı	İnsan Sayısı	Toplam Duyulur	Toplam Gizli	Toplam
Oturuyor, çok hafif işler (W)	70	45	1	70	45	115

Çizelge 4.7. Mahal saatlere göre insan yükü yüzdesi çizelgesi

Zaman	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Faktör	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Duyulur Isı	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Gizli Isı	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Toplam (W)	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115

Çizelge 4.8. İnsanlardan olan duyulur ve gizli ısı kazancı

	Duyulur Isı Yükü(W)	Gizli Isı Yükü(W)	Radyasyon Isısı(%)
Tiyatroda Oturuyor	65	30	60
Tiyatroda Oturuyor, gece	70	35	60
Oturuyor, çok hafif işler	70	45	60
Orta derecede büro işi	75	55	58
Ayakta, hafif iş, yürüme	75	55	58
Yürüme	75	55	58
Ayakta Durma	75	70	58
Oturma	80	80	58
Dans	90	160	49
4.8 km/h hızla yürüme, hafif atölye işleri	110	185	49
Hafif Tezgah İşi	110	185	49
Bovling	170	255	54
Ağır İşler	170	255	54
Ağır Atölye İşleri	185	285	54
Yük Taşıma	185	285	54
Atletizm	210	315	54

4.4. Cihazlardan Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yükü

Soğutma yükü hesapları yapılırken ortamda bulunan cihazlarında ortama verdikleri ısı kazançları bulunmaktadır. Bu cihazlar ısı üretirler ve ısı kazancı oluşturular. Cihazların cinslerine göre ortama kazandırdıkları ısılar birbirinden farklıdır. Bu değerler tablolaştırılarak mühendislik hesaplarında kullanılır. Bu ısı kazancı cihazların kullanım süreleri ve etkinliğine göre değişkenlik göstermektedir. Cihazlar'da duyulur ısı ve gizli ısı yüküne sahiptirler. Çizelge 4.9' da hesaplarda kullanılan cihazlardan kaynaklanan ısı kazançları verilmiştir. Mahal saatlerine göre cihaz çizelgesi Çizelge 4.10 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Cihazların özellikleri

Fan Tipi	Birim Duyulur Isı	Birim Gizli Isı	Cihazlar adet	Toplam Duyulur	Toplam Gizli	Toplam
Bilgisayar (W)	55	0	1	55	0	55
Küçük monitör (W)	55	0	1	55	0	55

Çizelge 4.10. Mahal saatlere göre cihaz çizelgesi

Zaman	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Faktör	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Duyulur Isı	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
Gizli Isı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam (W)	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110

4.5. Havalandırma ve Enfiltrasyona Bağlı Soğutma Yüğü

Yapılardan iç ortam ile dış ortam arasındaki hava değişimi havalandırma ve hava sızması olarak ikiye ayrılmaktadır. Dış hava genel olarak iç havanın kalitesini arttırmak için kullanılır ve bu dış havanın ısıtılması veya soğutulması için gerekli enerji, kayda değer bir miktarda bir mahal şartlandırma yükünü meydana getirir.

a. Havalandırma

Dış ortam havasının iç ortama verilmesi olayıdır. Bu iç ortam havasının belirli bir kaliteye gelebilmesi için gereklidir. Bu gerekli hava çeşitli ortamlar için ASHRAE standartlarında belirlenmiştir. Hesaplarda kullanılan havalandırmadan gelen serpantin yükleri /h 01 nolu oda için Çizelge 4.11' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. 01 nolu oda için havalandırmadan gelen serpantin yükleri/h

Yük Tipi (W)	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Duyulur	71,63	90,04	108,46	126,71	144,96	161,30	177,65	184,75	177,65	169,74	161,84
Gizli	68,97	101,69	134,14	165,74	199,14	238,86	278,68	296,05	278,68	259,37	240,17
Toplam	140,59	191,74	242,60	292,45	344,10	400,16	456,32	480,80	456,32	429,11	402,01

Soğutma yapılan bir mahale dış hava iki yöntemle girmektedir. İlki hava mahalin havasını tazeleştirmek yani gerekli havalandırmayı temin amacı ile cebri olarak ve kendi isteğimizle mahale sokulmaktadır. İkincisinde ise yapı elemanlarının açıklıklarından veya dışa açılan kapı, pencere gibi yollardan girmektedir ki buna infiltrasyon denmektedir. Her iki yöntemde giren bu dış hava sistem için ek bir ısı kazancına neden olmaktadır.

Havalandırma için sisteme alınan dış havanın neden olduğu ısı yükünün büyük bir kısmı soğutma cihazı tarafından uzaklaştırılır. Geriye kalan az bir kısmı ise soğutma yapılan mahalin ısı kazancına ilave edilmektedir. İnfiltrasyonun neden olduğu yük ise doğrudan ısı kazancına aittir. Sonuç olarak mahalin tüm ısı kazancıda soğutma cihazı tarafından karşılanacaktır. Mahalin ısı kazancının net bir şekilde belirlenmesi mahalin duyulur ısı oranının belirlemede, odaya sevk edilecek hava miktarı ve mahale alınacak hava şartlarının tespiti bakımından önemlidir.

Gerekli dış havanın miktarı öncelikle mahalde bulunan kişilerin sayısına ve mahalde koku çıkaran cihazlara bağlıdır. Tavan yüksekliği 3 m.'den daha az olan mahallerde toplam temiz dış hava miktarı mahal değişim adetlerine göre kontrol edilmelidir. Böylelikle hiçbir durumda havalandırma için gerekli dış hava, hava değişiminden daha aşağı olmamalıdır. Tavan yüksekliği 3 m. den daha yüksek olan mahallerde insan sayısı az ise tavan yüksekliği 3 m. kabul edilerek mahale göre hesabı yapılmalıdır.

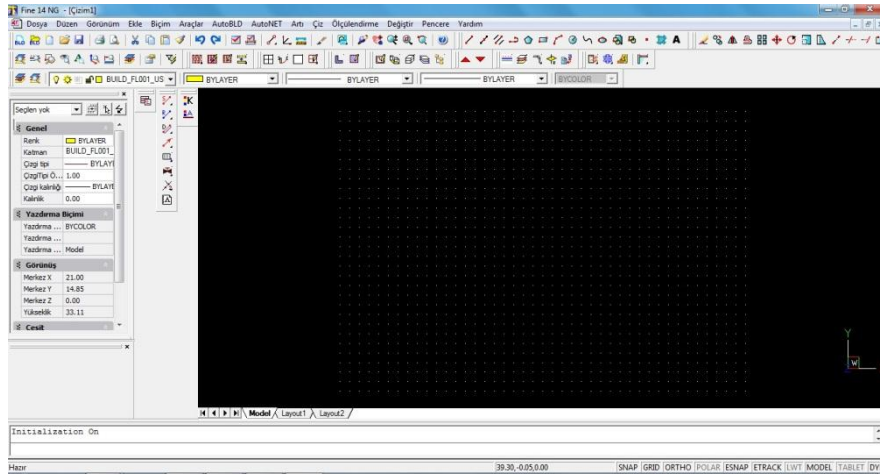
Bir mahalde havalandırma için gerekli dış hava miktarı, infiltrasyon ayrı ayrı hesaplanmalı ve hangi hava miktarı büyükse o değer esas alınarak ısı kazancı hesapları yapılmalıdır. Bir mahale havalandırma için bir dış hava veriliyorsa ayrıca infiltrasyon göz önüne alınmayabilir. Çünkü rüzgarsız sakin günlerde infiltrasyon çok az ve belki hiç olmayabilir.

b. Hava Sızması(Enfiltrasyon)

Hava sızmasının gerçekleşebilmesi için çatlakların aralarından istek dışı oluşan bir hava olması gerekmektedir. Hava sızması olayı iç ortam ve dış ortam arasındaki sıcaklık farklarına, cihazların çalışmasına bağlı olan basınç farkları nedeniyle oluşurlar. Hava değişiminin şiddeti basınç farklı ile doğru giriş yolları mukavemeti ile ters orantılı olmaktadır.

4.6. FineHVAC Programında Soğutma Yüklerinin Hesaplanması

FineHVAC ısıtma, soğutma, klima (ISK) tesisatı projelerini hesaplamaları ve çizimleri ile birlikte hazırlayan entegre bir yazılım aracıdır. Program birlikte uyum içinde çalışan tasarım ve hesaplama bileşenlerinden oluşur. FineHVAC proje sürecinin tamamında akıllı ve otomatik bir yol izleyerek herhangi bir ISK projesinde gereksinim duyulacak sonuçları üretir, tüm proje hesaplamalarını, teknik raporları, keşif listesini ve tüm proje çizimlerini (plan görüntüleri, kolon şeması gibi) hazırlar [33]. FineHVAC programının arayüzü Resim 4.1’ de verilmiştir.

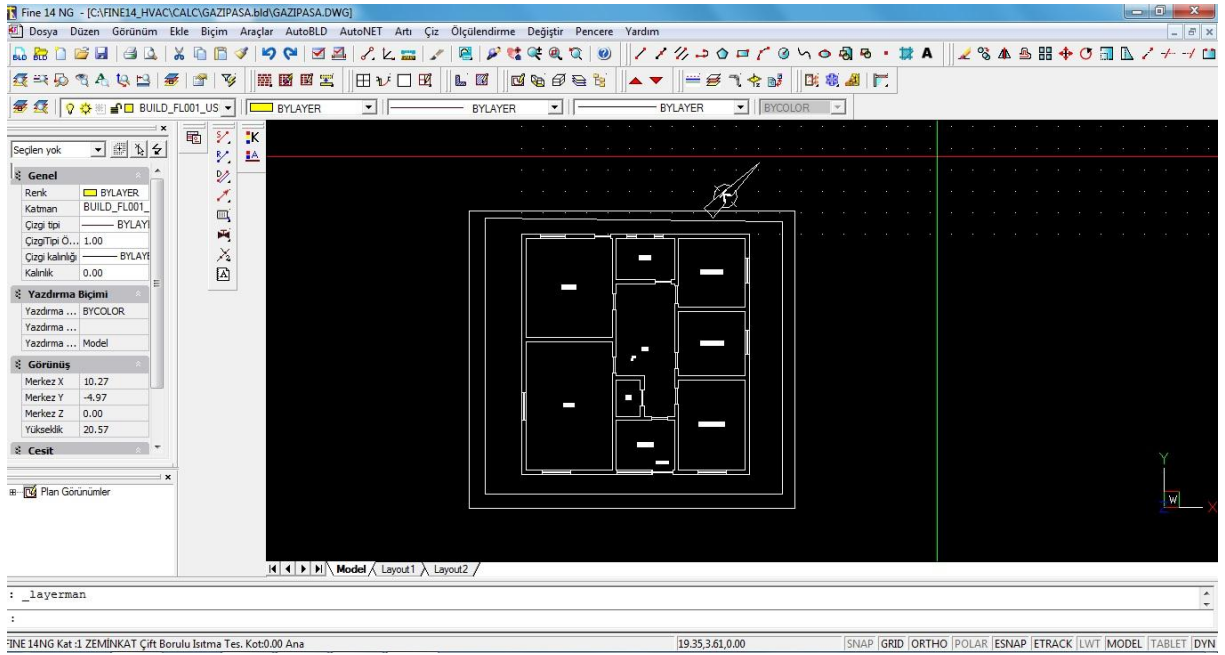


Resim 4.1. FineHVAC programı arayüzü

Soğutma yükü hesapları kat planlarından otomatik alınan ya da el ile hesap föylerine girilen veri kullanılarak yapılır. Carrier, Ashrae CLTD, Ashrae TFM, Ashrae RTS yöntemlerini seçim şansı tanınır. FineHVAC kütüphanelerinde yapısal eleman bilgileri ve tüm illerin iklim bilgileri mevcuttur. Gölgeleme faktörleri üç değişik methodla hesaplanır. Diğer yüklerin (aydınlatma, insanlar, cihazlar, havalandırma ve benzerleri) hesaplamaları yapılır. Mahaller, zon (50 adet'e kadar) ve sistemler olarak gruplandırılabilir. Elde edilen hesap sonuçları kullanıcının tanımladığı ayrıntı düzeyinde tablolar ve şemalar ile gösterilir [33].

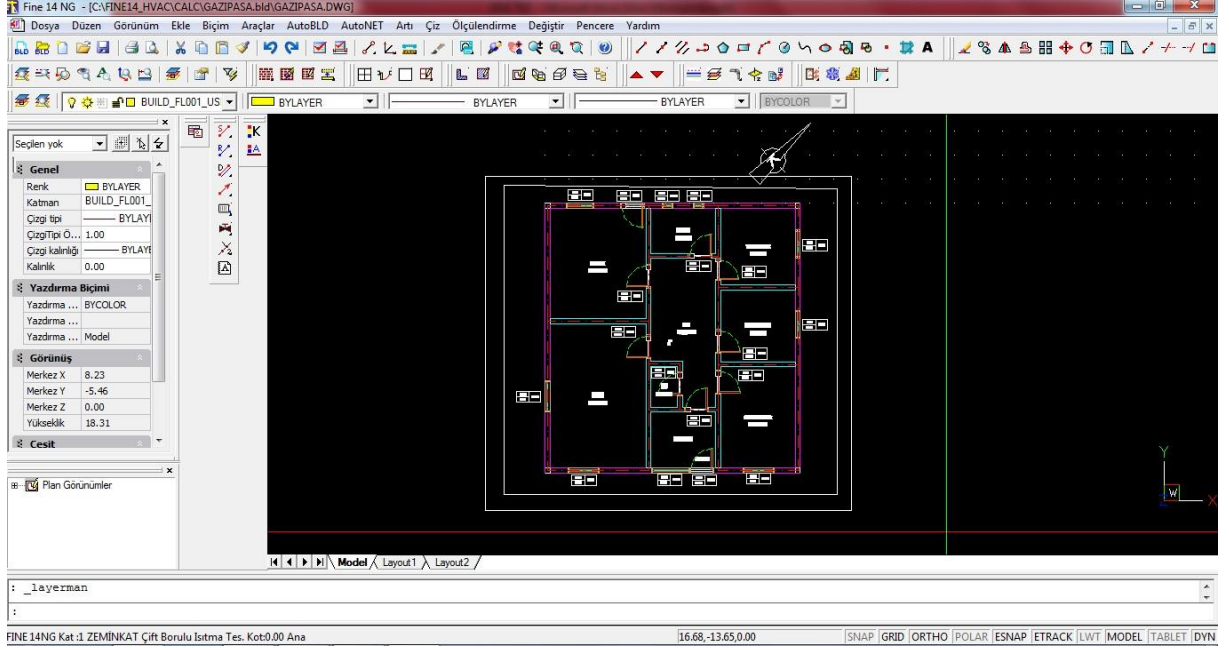
Bir soğutma yükü hesabı yapabilmek için bir mimari projeye gereksinim duyulmaktadır. Bu mimari proje üzerinden program yardımıyla model oluşturulması gerekmektedir. Mimari projeye yapı elemanları gerişi mimari proje üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu tez kapsamında Şekil 4.2’ de FineHVAC programında gösterilen mimari proje üzerinde analizler yapılmıştır.

1. Aşamada mimari proje FineHVAC programına aktarılır (Resim 4.2).



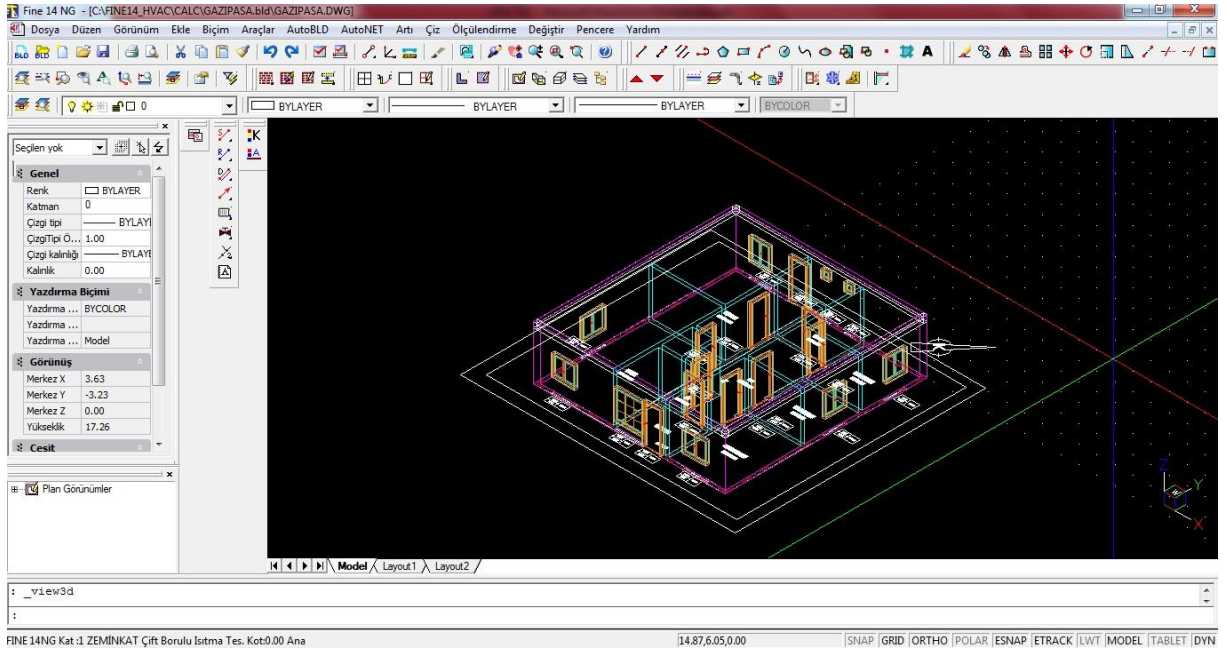
Resim 4.2. Mimari projenin FineHVAC programına eklenmesi

2. Aşamada mimari projenin yapı elemanları programa tanıtılır (Resim 4.3).

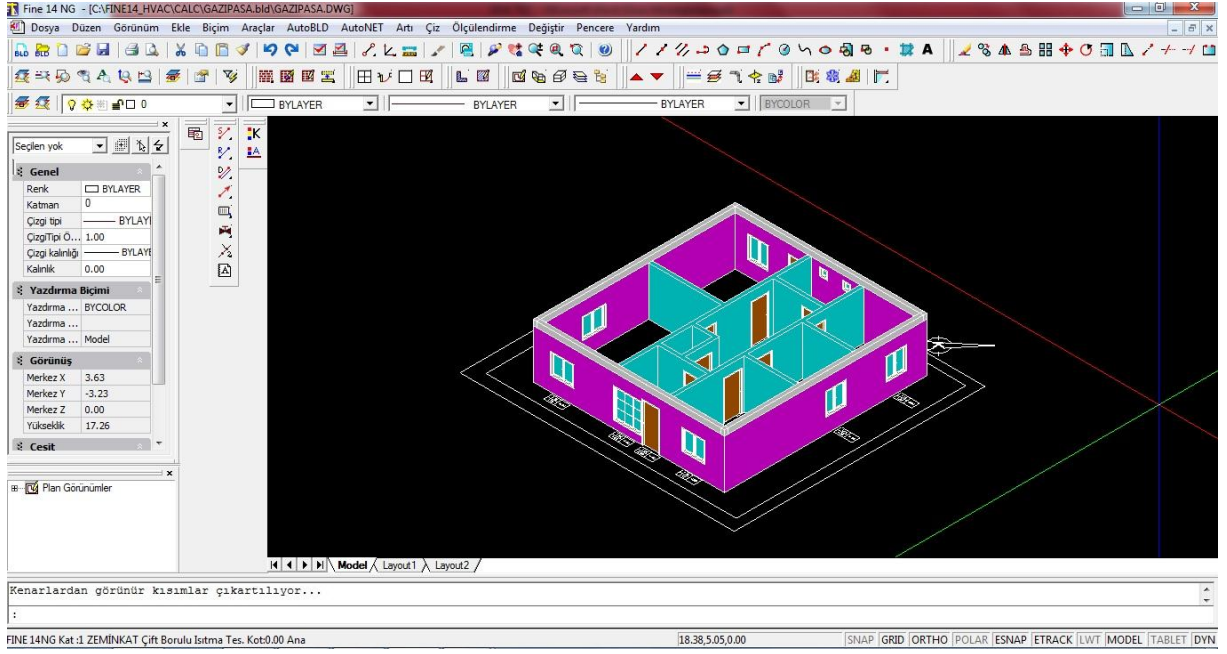


Resim 4.3. Yapı elemanlarının mimari proje üzerine işlenmesi

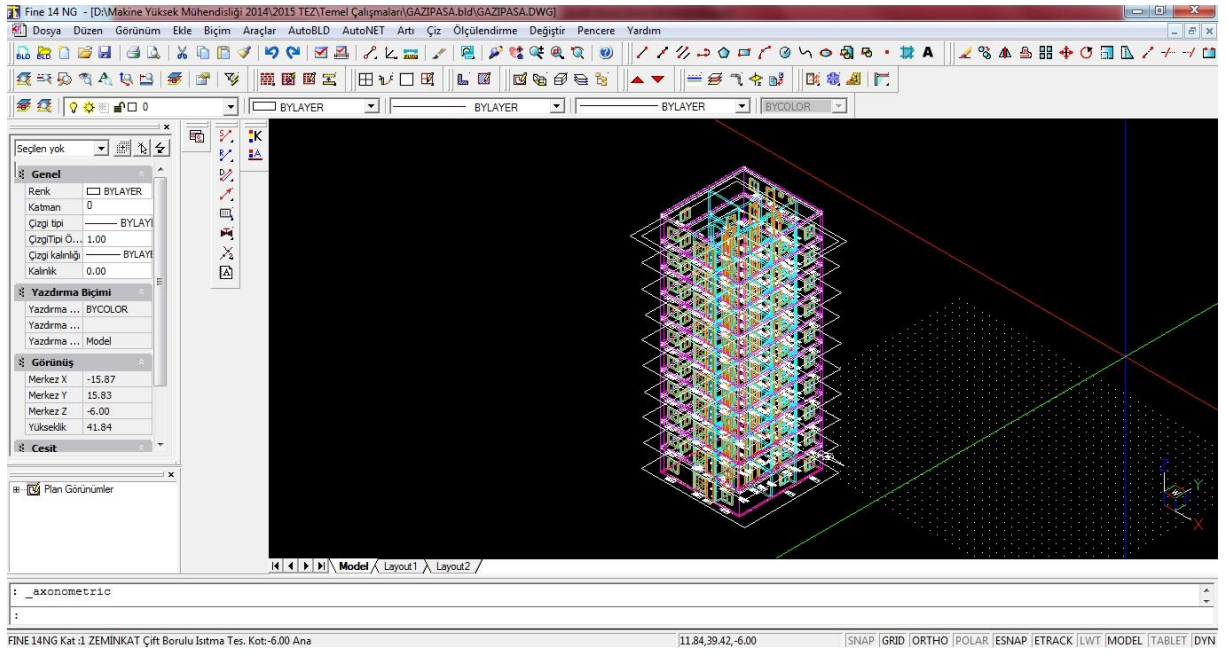
FineHVAC programı ile oluşturulan binanın 3D kafes görüntüsü, 3D katı görünümü ve 10 katlı 3D kafes ve 10 katlı 3D katı modelleri sırasıyla Resim 4.4, Resim 4.5, Resim 4.6, Resim 4.7 'de gösterilmiştir.



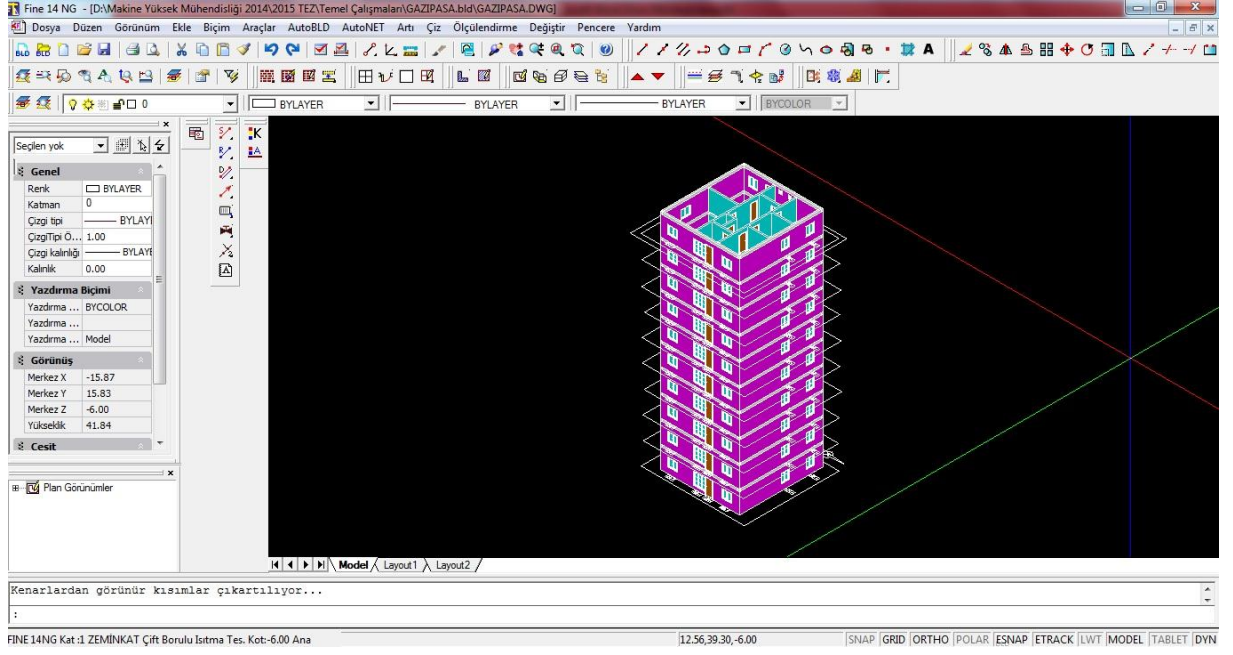
Resim 4.4. Yapı elemanları işlenen projenin 3D kafes görünümü



Resim 4.5. Yapı elemanları işlenen projenin 3D katı görünümü



Resim 4.6. Yapı elemanları işlenen projenin 10 katlı 3D kafes görünümü



Resim 4.7. Yapı elemanları işlenen projenin 10 katlı 3D katı görünümü

4.7. CLTD Hesap Yöntemi ile Soğutma Yükünün Hesaplamaları

ASHRAE' ye göre, bir mahalin soğutma yükü (ya da ısı kazanımı) aşağıdaki nedenlere bağlı yüklerin toplamıdır.

a. Dış Duvarlardan Olan Isı Kazancı

Dış duvarlar için soğutma yükü hesaplamaları (4.1) nolu eşitlik kullanılarak her saat için hesaplanmıştır.

$$\dot{Q}_{w(\tau,\pi)} = U_w \times A_w \times CLTD_{w_cor(\tau,\pi)} \quad (4.1)$$

Eş. (4.1)' de U_w duvar iletim katsayısı A_w duvar yüzey alanı $CLTD_{w_cor(\tau,\pi)}$ (4.2) nolu eşitlik üzerinden bulunan duvar düzeltilmiş sıcaklık farkıdır.

$$CLTD_{w_cor(\tau,\pi)} = (CLTD_{w(\tau,\pi)} + LM) \times k + (25,5 - T_r) + (T_0 - 29,4) \quad (4.2)$$

Eş. (4.2)' de $CLTD_{w(\tau,\pi)}$ ASHRAE tablolarında bulunan ve duvarın tipi ve yönüne bağlı eşit sıcaklık değişimi LM (36°) belli bir enlem, ay ve yön için sıcaklık farkı düzeltilmesi k duvar rengi ile ilgili düzeltme faktörü $k=0,5$ açık renk, $k=1$ koyu renk T_r ($26^\circ C$) iç tasarım sıcaklığı T_0 ($31^\circ C$) ortalama dış hava sıcaklığıdır.

b. Çatılardan Olan Isı Kazancı

Çatılar için soğutma yükü hesaplamaları Eş. (4.3) kullanılarak her saat için hesaplanmıştır.

$$\dot{Q}_{r(\tau)} = U_r \times A_r \times CLTD_{r_cor(\tau)} \quad (4.3)$$

Eş. (4.3)' de U_r (0.44) çatı ısı iletim katsayısı A_r çatı alanı $CLTD_{r_cor(\tau)}$ Eş. (4.4)' de hesaplanmış bulunan çatı düzeltilmiş sıcaklık farkıdır.

$$CLTD_{r,cor(\tau)} = (CLTD_{r(\tau)} + LM) \times k + (25,5 - T_r) + (T_0 - 29,4) \quad (4.4)$$

Eş. (4.4)' de $CLTD_{w(\tau,\pi)}$ ASHRAE tablolarında bulunan çatı eşdeğer sıcaklık farkı LM (36°) belli bir enlem, ay ve yön için çatı eşdeğer sıcaklık farkı k çatı renk katsayısı T_r (26°C) iç sıcaklık T_0 (31°C) ortalama dış mekan sıcaklığıdır.

c. İç Duvarlar / İç Bölmelerden Olan Isı Kazancı

İç duvarlar için yüklerin hesabı, duvar yüzey alanının duvar ısı iletim katsayısı ve her saat için sıcaklık farkının çarpımından elde edilir.

$$\dot{Q}_{id} = K \times A \times \Delta T_i \quad (4.5)$$

Eş. (4.5)' de \dot{Q}_{id} i anındaki yük i günün saatleri K iç duvar ısı iletim katsayısı A iç duvar alanı ΔT_i i saatinde klimatize edilmeyen mahal sıcaklık farkıdır.

d. Döşemelerden Olan Isı Kazancı

Döşemelerden olan soğutma yükleri Eş. (4.6) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\dot{Q}_{dö} = K \times A \times \Delta T \quad (4.6)$$

Eş. (4.6)' da $\dot{Q}_{dö}$ hesaplanan yük K döşeme ısı iletim katsayısı A döşeme alanı ΔT i saatinde klimatize edilmeyen mahallerde sıcaklık farkıdır.

e. Pencere ve Kapılardan Olan Isı Kazancı

Pencerelere ait ısı kazancı, kondüksiyon ile radyasyon yüklerinin toplamından meydana gelir.

$$\dot{Q}_i = \dot{Q}_{ki} + \dot{Q}_{ai} \quad (4.7)$$

Eş. (4.7)' de \dot{Q}_i i saatinde toplam pencere yükü \dot{Q}_{ki} i saatinde kondüksiyon yükü \dot{Q}_{ai} i saatinde radyasyon yüküdür.

Kondüksiyon ısı kazancı (\dot{Q}_{ki}) Eş. (4.8) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\dot{Q}_{ki} = K \times A \times \Delta T_i \quad (4.8)$$

Eş. (4.8)' de i günün saati K pencere ısı iletim katsayısı A pencere alanı ΔT_i i saatinde kondüksiyon için dış hava kuru termometre sıcaklığıdır.

Pencerelerin ısı iletim katsayısı için eşdeğer sıcaklık farkı (ΔT_i) ASHRAE tablolarında verilmiştir.

Radyasyon yükü, pencere yüzey alanı, maksimum güneş radyasyon ısı kazancı, gölgelendirme katsayısı ve soğutma yükü faktörünün (CLF) çarpımından elde edilmiştir.

$$\dot{Q}_{ai} = A \times SC_i \times SHG \times CLF_i \quad (4.9)$$

Eş. (4.9)' da i 08:00-18:00 arasındaki saatler A pencere ısı iletim katsayısı SHG belli bir coğrafi enlem için maksimum solar kazanım SC_i gölgeleme katsayısı CLF_i soğutma yükü katsayısıdır.

f. Aydınlatmalardan Olan Isı Kazancı

Aydınlatma yükleri Eş. (4.10) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\dot{Q}_{fi} = (F_{1i} \times 1,25 \times 0,86) + (F_{2i} \times 0,86) \quad (4.10)$$

Eş. (4.10)' da \dot{Q}_{fi} i saatindeki aydınlatma yükü F_{1i} i saatindeki flüoresan ışıkları gücü F_{2i} i saatindeki akkor lambalar gücüdür.

g. İnsanlardan Gelen Isı Kazancı

İnsanlardan gelen ısı kazancı duyulur ve gizli olarak ayrılır. Eş. (4.11) ve (4.12) insanlardan gelen ısı kazancı hesaplanmıştır.

$$\dot{Q}_{ai} = \sum_{j=1}^k F_{aj} \times N_{ji} \quad (4.11)$$

$$\dot{Q}_{li} = \sum_{j=1}^k F_{lj} \times N_{ji} \quad (4.12)$$

Eş. (4.11)' de \dot{Q}_{ai} i saatinde insanlardan gelen duyulur ısı yükü \dot{Q}_{li} i saatinde insanlardan gelen gizli ısı yükü j kişi aktiviteleri, faaliyetleri F_{aj} kuru termometre sıcaklığına bağlı olarak j faaliyet seviyesini taşıyan bir kişinin duyulur ısı yükü F_{lj} kuru termometre sıcaklığına bağlı olarak j faaliyet seviyesini taşıyan bir kişinin gizli ısı yükü N_{ji} i saatinde aynı mahalde bulunan ve j faaliyet seviyesindeki kişi sayısıdır.

Daha ayrıntılı olarak, faaliyet derecesine ve iç mahal sıcaklığına bağlı olarak, duyulur ve gizli yükler Çizelge 4.12' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. İnsanlardan gelen ısı kazancı

İNSANLARDAN GELEN ISI KAZANCI	İç mahal sıcaklığına bağlı olarak duyulur ve gizli yükler (W/h)									
	T=23,5		T=24,5		T=25,5		T=26,5		T=27,5	
	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G
Hareketsiz oturan	70	30	65	35	60	40	56	44	51	60
Oturarak, hafif işler yapan	74	45	69	51	64	56	58	62	53	66
Yemek yiyen, oturan	88	80	81	87	76	93	70	99	64	105
Ofis işleri	88	63	81	70	76	76	70	81	64	87
Ayakta duran yada ağır yürüyen	105	81	97	90	90	97	83	104	76	110
Oturarak çalışan (Fabrika)	116	114	108	122	100	130	92	138	85	145
Hafif iş (Fabrika)	116	186	108	194	100	202	92	211	85	217
Orta dans	140	235	129	245	120	255	110	264	101	273
Ağır iş (Fabrika)	192	279	178	293	165	306	152	319	141	330
Ağır iş (Spor salonu)	217	306	201	322	186	337	171	352	157	366

h. Cihazlardan Olan Isı Kazancı

Cihaz ısı kazançları, gizli ısı ve duyulur ısı olarak ikiye ayrılır. Eş. (4.13) ve (4.14)'de hesaplanmıştır.

$$\dot{Q}_a = \left(\sum_{j=1}^k F_{aj} \times N_j \right) + \dot{Q}_1 \quad (4.13)$$

$$\dot{Q}_1 = \left(\sum_{j=1}^k F_{1j} \times N_j \right) + \dot{Q}_2 \quad (4.14)$$

Eş. (4.13)'de \dot{Q}_a cihazlar duyulur ısı kazancı toplamı \dot{Q}_1 cihazlar gizli ısı kazancı toplamı j tabloya göre cihaz tipi F_{aj} tek tip j cihazının hissedilebilir yükü F_{1j} tek tip j cihazının potansiyel yükü N_j Mahalde çalışan j tipi cihazların sayısı \dot{Q}_1 tablolarda bulunmayan cihazların toplam duyulur yükü \dot{Q}_2 tablolarda bulunmayan cihazların toplam gizli yüküdür.

Daha ayrıntılı olarak, çeşitli tipteki cihazların ısı kazancı (W/h) Çizelge 4.13' de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Cihazlardan gelen ısı kazancı

CİHAZ TİPİ	Duyulur yük	Gizli yük
	(W/h)	(W/h)
Küçük Gaz ocağı	582	145
Büyük Gaz ocağı	1745	465
Elektrikli ocak 300 W	465	233
Elektrikli ocak 1 KW	698	174
Elektrikli ocak 2 KW	1396	349
Elektrikli ocak 4 KW	2326	930
Motor 1/4 HP	233	-
Motor 1 HP	814	-
Motor 5 HP	3489	-

1. Enfiltrasyondan Olan Isı Kazancı

Bu ısı kazancı yalnızca klima cihazlarında taze hava söz konusu olmadığında Eş. (4.15)' e göre hesaplanmıştır.

$$\dot{q}_i = \left(\sum_{j=1}^n P_j \times a_j \times b \right) \times \Delta T_i \quad (4.15)$$

Eş. (4.15)' de \dot{q}_i i saatinde açıklıklardan kaynaklanan toplam infiltrasyon ısı kazancı P_j j pencere veya kapıların açılan kısımlarının çevre uzunluğu n pencere sayısı a_j j pencerenin hava sızdırma katsayısıdır. Pencere veya kapının hava sızdırma katsayısı çerçevenin yapıldığı malzemeye bağlıdır. b oda durum katsayısı, binanın rüzgara maruz kalmasına bağlı katsayıdır, dış pencere alanının iç pencereler alanına olan oranı ve pencerelerin konumuna bağlı olarak değeri 0,24 ile 1,6 aralığında değişir. ΔT_i i saatinde dış hava kuru termometre sıcaklığı ile mahal kuru termometre sıcaklığının farkıdır.

i. Havalandırmadan Olan Isı kazancı

Bu kazanç, taze hava ile mahale gelen ısı kazancına aittir. Havalandırma ısı kazancı, duyulur ve gizli ısı olarak ayrılır. Bu kazançlar aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanır:

$$\dot{q}_{ai} = 0,29 \times V \times n \times \Delta T_i \quad (4.16)$$

$$\dot{q}_{li} = 0,71 \times V \times n \times D_g \quad (4.17)$$

Eş. (4.16)' da \dot{q}_{ai} i saatinde havalandırmadan gelen duyulur ısı kazancı \dot{q}_{li} i saatinde havalandırmadan gelen gizli ısı kazancı V mahal hacmi n saatteki hava değişimi sayısı ΔT_i i saatindeki dış hava kuru termometre sıcaklığı ile mahal kuru termometre sıcaklığının farkı D_g dış hava mutlak nem miktarı ile mahal mutlak nem miktarı farkıdır. Bu değer tüm hesaplama saatleri için sabit olduğu varsayılır.

4.8. TFM Hesap Yöntemi ile Soğutma Yükünün Hesaplamaları

A. Harici Termal Kazanım

ASHRAE TFM' ye göre, bir mahallin harici ısı kazançları aşağıdaki nedenlere bağlı yüklerin toplamıdır.

a. Dış Duvarlar ve Çatılardan Olan Isı Kazancı

Dış duvarlar ve çatılar için ısı kazancı hesaplamaları Eş. (4.18) kullanılarak her saat için hesaplanmıştır.

$$\dot{Q}_{e,\theta} = A \left[\sum_{n=0} b_n (T_{e,\theta-n\delta}) - \sum_{n=1} d_n \left\{ \frac{\dot{Q}_{e,\theta-n\delta}}{A} \right\} - T_r \sum_{n=0} c_n \right] \quad (4.18)$$

Eş. (4.18)' de b, d ve c transfer fonksiyonu katsayısı b_n ve c_n $W/m^2 C$, d_n boyutsuz θ hesap saati δ zaman aralığı (1 saat) n dikkate alınan hesap saati öncesi saat adedi (süre) A hesaplanan eleman alanıdır.

b. İç Duvarlardan Olan Isı Kazancı

İç duvarlar için ısı kazancı hesaplaması, duvar yüzey alanının ısı iletim katsayısı ile birlikte her saat için sıcaklık farkı çarpımından elde edilmiştir.

$$\dot{q}_i = K \times A \times \Delta T_i \quad (4.19)$$

Eş. (4.19)' da \dot{q}_i i saatindeki ısı kazancı i günün saatleri K duvar ısı iletim katsayısı A duvar alanı ΔT_i i saatinde klimatize edilmeyen mahaldeki sıcaklık ile klimatize mahal arasındaki sıcaklık farkıdır.

c. Döşemelerden olan ısı kazancı

Döşemelerden ısı kazancı aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\dot{q}_{d\ddot{o}} = K \times A \times \Delta T \quad (4.20)$$

Eş. (4.20)' de $\dot{q}_{d\ddot{o}}$ ısı kazancı K döşeme ısı iletim katsayısı A döşeme alanı ΔT klimatize edilen mahalle olan sıcaklık farkı (sabit kabul edilir).

d. Pencere ve Kapılardan Olan Isı Kazancı

Pencerelere ait ısı kazancı hesaplamaları kondüksiyon ile radyasyon yüklerinin toplamından meydana gelmiştir.

$$\dot{q}_i = \dot{q}_{ki} + \dot{q}_{ai} \quad (4.21)$$

Eş. (4.21)' de \dot{q}_i i saatinde toplam pencere yükü \dot{q}_{ki} i saatinde kondüksiyon yükü \dot{q}_{ai} i zamanında radyasyon yüküdür.

Kondüksiyon ısı kazancı (\dot{q}_{ki}) aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\dot{q}_{ki} = K \times A \times \Delta T_i \quad (4.22)$$

Eş. (4.22)' de i günün saati K pencere ısı iletim katsayısı A pencere alanı ΔT_i i saatinde kondüksiyon için dış hava kuru termometre sıcaklığıdır. ΔT_i ASHRAE tablolarından elde edilmektedir.

Radyasyon ısı kazancı, pencere alanı, maksimum solar ısı kazancı, gölgelendirme katsayısı çarpımından elde edilmiştir.

$$\dot{q}_{ai} = A \times SC_i \times SHGF_i \quad (4.23)$$

Eş. (4.23)' de i 08:00-18:00 arasındaki saatler A pencere alanı $SHGF_i$ belli bir coğrafi enlem, ay ve hesaplama saatine ait güneş ısı kazancı SC_i gölgeleme katsayısıdır.

B. İç Isı Kazançları

ASHRAE' ye göre, mahalli ısı kazancı aşağıdaki nedenlere bağlı yüklerin toplamıdır.

a. Aydınlatmalardan Olan Isı Kazancı

Aydınlatma ısı kazancı Eş. (4.24) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\dot{q}_{fi} = (F_{1i} \times 1,25 \times 0,86) + (F_{2i} \times 0,86) \quad (4.24)$$

Eş. (4.24)' de \dot{q}_{fi} i saatindeki aydınlatma yükü F_{1i} i saatindeki flüoresan lambaların gücü F_{2i} i saatindeki akkor lambaların gücüdür.

b. İnsanlardan Olan Isı Kazancı

İnsanlardan gelen ısı kazancı duyulur ve gizli olarak ayrılır. Eş. (4.25) ve (4.26)' da hesaplanmıştır.

$$\dot{q}_{ai} = \sum_{j=1}^k F_{aj} \times N_{ji} \quad (4.25)$$

$$\dot{q}_{li} = \sum_{j=1}^k F_{lj} \times N_{ji} \quad (4.26)$$

Eş. (4.25)' de \dot{q}_{ai} i saatinde insanlardan gelen duyulur ısı kazancı \dot{q}_{li} i saatinde insanlardan gelen gizli ısı kazancı j kişi aktiviteleri, faaliyetleri F_{aj} kuru termometre sıcaklığına bağlı olarak j faaliyet seviyesini taşıyan bir kişinin duyulur ısı yükü F_{lj} kuru termometre sıcaklığına bağlı olarak j faaliyet seviyesini taşıyan bir kişinin gizli ısı yükü N_{ji} i zamanında aynı mahalde bulunan ve j faaliyet seviyesindeki kişi sayısıdır.

c. Cihazlardan Olan Isı Kazancı

Cihaz ısı kazançları duyulur ve gizli olarak ikiye ayrılır. Eş. (4.27) ve (4.28)' de hesaplanmıştır.

$$\dot{q}_a = \left(\sum_{j=1}^k F_{aj} \times N_j \right) + \dot{q}_1 \quad (4.27)$$

$$\dot{q}_1 = \left(\sum_{j=1}^k F_{lj} \times N_j \right) + \dot{q}_2 \quad (4.28)$$

Eş. (4.27)' de \dot{q}_a cihazlar duyulur ısı kazancı toplamı \dot{q}_1 cihazlar gizli ısı kazancı toplamı j cihaz tipi F_{aj} tek tip j cihazının hissedilebilir yükü F_{lj} tek tip j cihazının potansiyel yükü N_j Mahalde çalışan j tipi cihazların sayısı \dot{q}_1 tablolarda bulunmayan cihazların toplam duyulur yükü \dot{q}_2 tablolarda bulunmayan cihazların toplam gizli yüküdür.

C. Havalandırma ve Enfiltrasyon Isı Kazancı

ASHRAE TFM' ye göre, bir mahalın havalandırma ve enfiltrasyon ısı kazancı aşağıdaki nedenlere bağlı ısı kazançlarının toplamıdır.

a. Enfiltrasyondan Olan Isı kazancı

Bu ısı kazancı yalnızca klima cihazlarında taze hava söz konusu olmadığında Eş. (4.29)' a göre hesaplanmıştır.

$$\dot{q}_i = \left(\sum_{j=1}^n P_j \times a_j \times b \right) \times \Delta T_i \quad (4.29)$$

Eş. (4.29)' da \dot{q}_i i saatinde açıklıklardan kaynaklanan toplam enfiltrasyon ısı kazancı P_j j pencere veya kapıların açılan kısımlarının çevre uzunluğu n pencere sayısı a_j j pencerenin hava sızdırma katsayısı pencere veya kapının hava sızdırma katsayısı çerçevenin yapıldığı malzemeye bağlıdır. b oda durum katsayısı, binanın rüzgara maruz kalmasına bağlı katsayıdır, dış pencere alanının iç pencereler alanına olan oranı ve pencerelerin konumuna bağlı olarak değeri 0,24 ile 1,6 aralığında değişir. ΔT_i i saatinde dış hava kuru termometre sıcaklığı ile mahal kuru termometre sıcaklığının farkıdır.

b. Havalandırmadan Olan Isı Kazancı

Bu kazancı, taze hava ile olan ısı kazancına aittir. Havalandırma ısı kazancı, duyulur ve gizli olarak ayrılır. Bu kazançlar Eş. (4.30) ve (4.31) kullanılarak hesaplanmıştır

$$\dot{q}_{ai} = 0,29 \times V \times n \times \Delta T_i \quad (4.30)$$

$$\dot{q}_{li} = 0,71 \times V \times n \times D_g \quad (4.31)$$

Eş. (4.30)' da \dot{q}_{ai} i saatinde havalandırmadan gelen duyulur ısı kazancı \dot{q}_{li} i saatinde havalandırmadan gelen gizli ısı kazancı V mahal hacmi n saateki hava değişimi sayısı ΔT_i i saatindeki dış hava kuru termometre sıcaklığı ile mahal kuru termometre sıcaklığının farkı D_g dış hava mutlak nem miktarı ile mahal mutlak nem miktarı farkı. Bu değerlerin tüm hesaplama saatleri için sabit olduğu varsayılır.

D. Soğutma yükleri

Soğutma yükleri Eş. (4.32) ve (4.33) üzerinden hesaplanmıştır.

$$\text{Duyulur Isı Kazancı } \dot{Q}_\theta = \dot{Q}_{rf} + \dot{Q}_{sc}$$

$$\dot{Q}_{rf} = \sum_{i=1} (v_0 q_{\theta, I} + v_1 q_{\theta, I} - \delta + v_2 q_{\theta, I} - 2\delta + \dots) - (w_1 q_{\theta} - \delta + w_2 q_{\theta} - 2\delta + \dots) \quad (4.32)$$

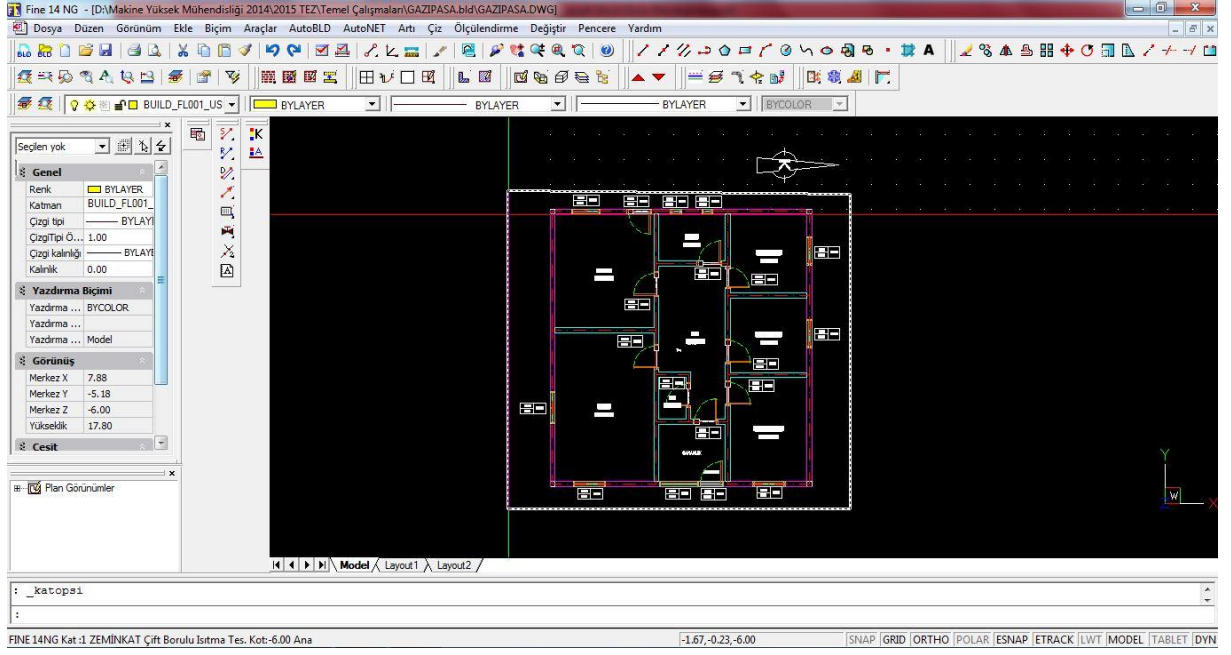
$$\dot{Q}_{sc} = \sum_{j=1} (\dot{Q}_{c, j}) \quad (4.33)$$

Eş. (4.32)' de \dot{Q}_{rf} hem iletim hem radyasyon yükü olan elemanların duyulur soğutma yükü v ve w mahali çevreleyen elemanların kütlesi, saatteki hava değişimi sayısı, klima tesisinin çalışma süresi ve mobilya ile ilgili olarak seçilen alan transfer fonksiyonu katsayıları q_{θ} radyasyondan kaynaklanan her bir θ saatinde ve her bir elemanın ısı kazancı δ zaman aralığı (1 saat) \dot{Q}_{rf} yalnızca ısı iletimine bağlı ısı kazancına sahip elemanların duyulur soğutma yükü \dot{Q}_c ısı iletiminden kaynaklanan ısı kazancıdır.

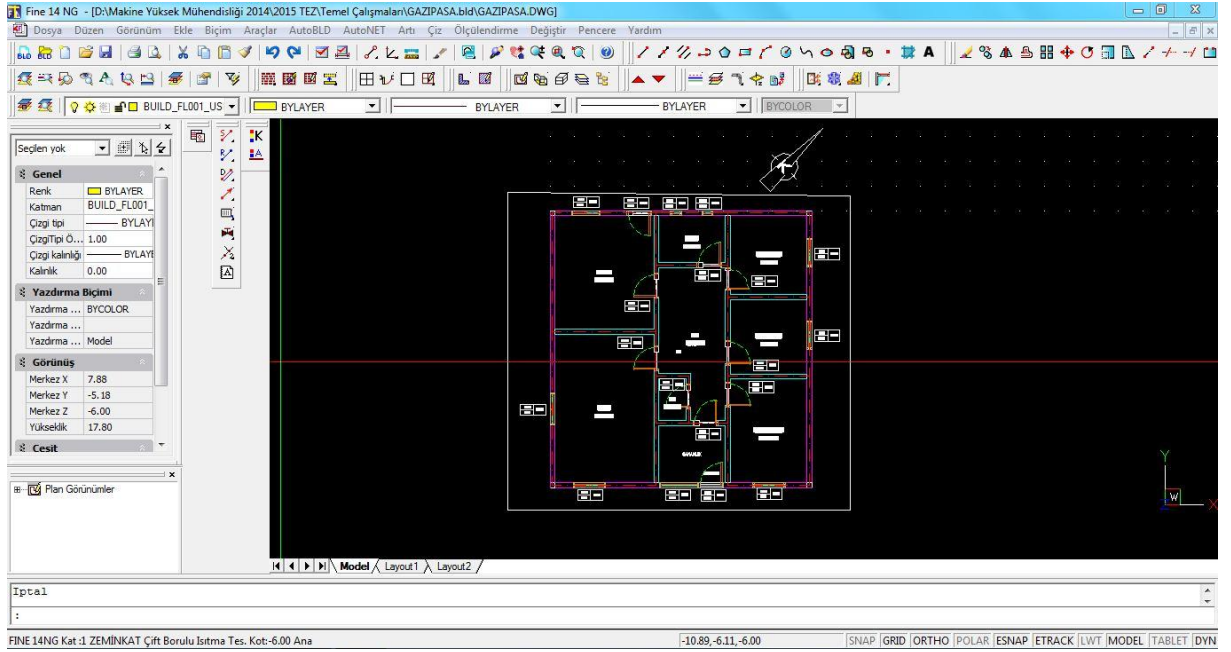
$$\text{Gizli Isı kazancı } \dot{Q}_l = \sum_{n=1} (\dot{Q}_l, n) \quad (4.34)$$

4.9. Bina Yönününün Isı Kazancına Etkisi

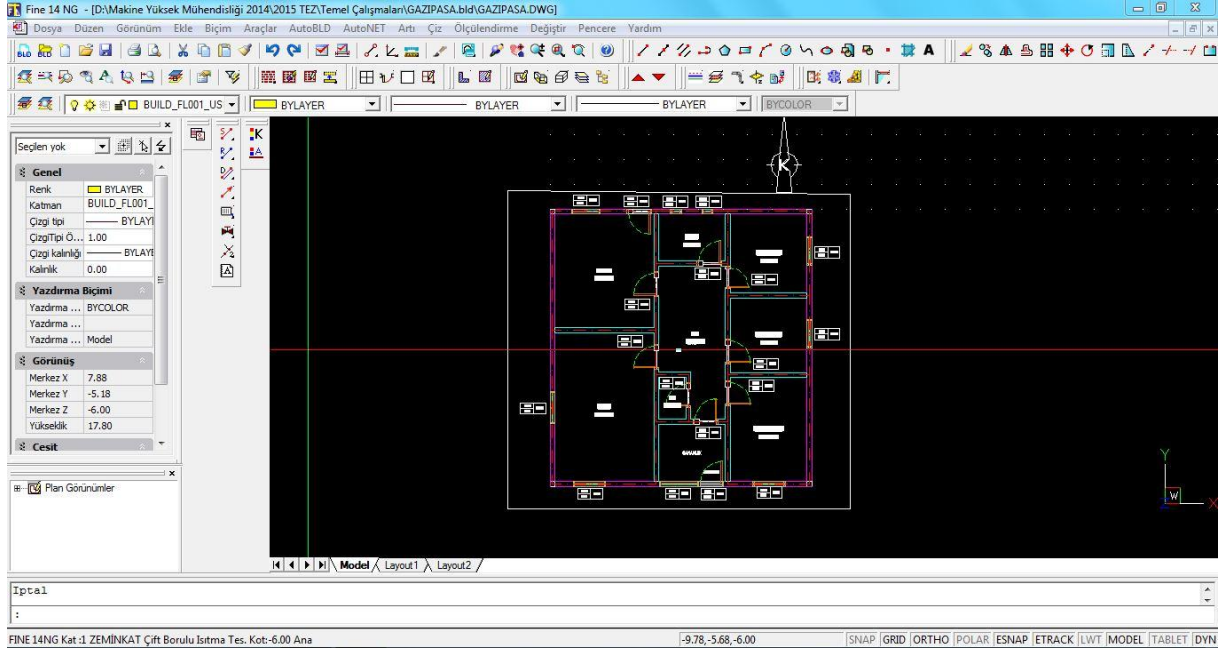
Bu çalışmada, bina yönünün soğutma yüküne etkisi araştırılmıştır. Bina yönünün uygun seçilmesi binalarda enerji tasarrufu için etken yöntemlerden birisidir. FineHVAC bilgisayar programında bina yönünün değiştirilme işlemi kuzey işaretinin yönünün değiştirilmesi ile sağlanmaktadır. Bu tez kapsamında, Antalya ilinde bulunan 10 katlı bir ve her katında 8 oda bulunan bir bina için hesaplamalar bina yönünün 0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315° olması koşullarında saatlik oluşan ısı kazancı hesaplamaları yapılmıştır. Resim 4.8 –Resim 4.15' de sırası ile bina yönünün 0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° ve 315° döndürülme ekran görüntüleri verilmiştir.



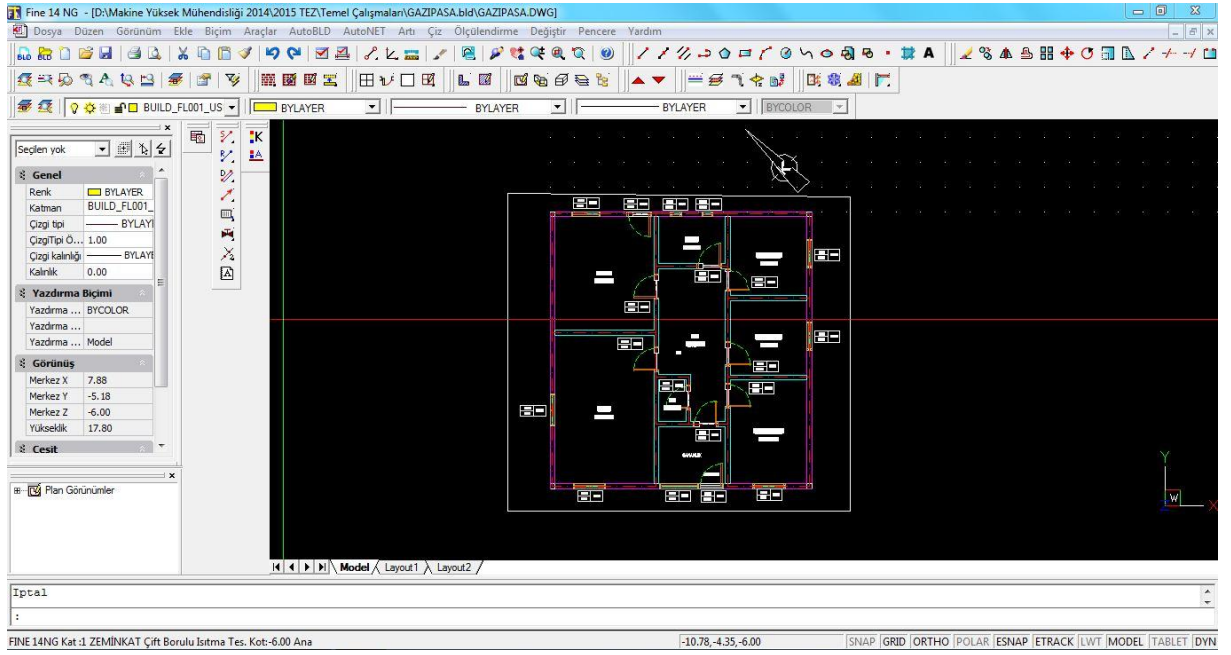
Resim 4.8. Mimari yapının 0° döndürülmesi



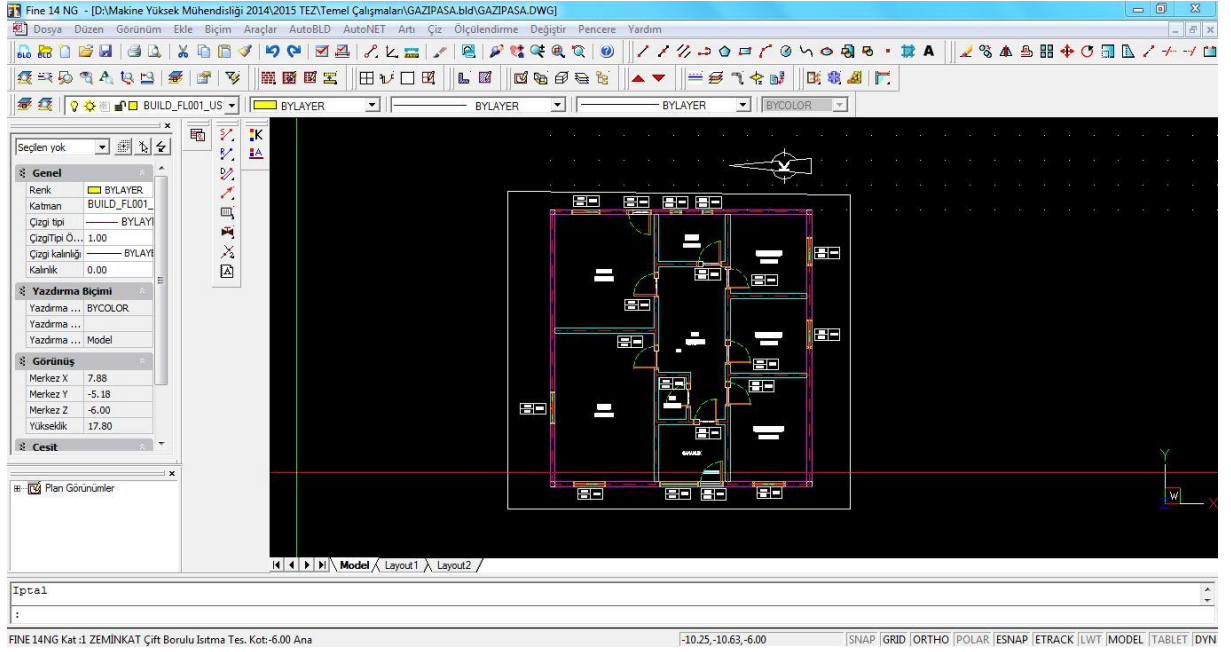
Resim 4.9. Mimari yapının 45° döndürülmesi



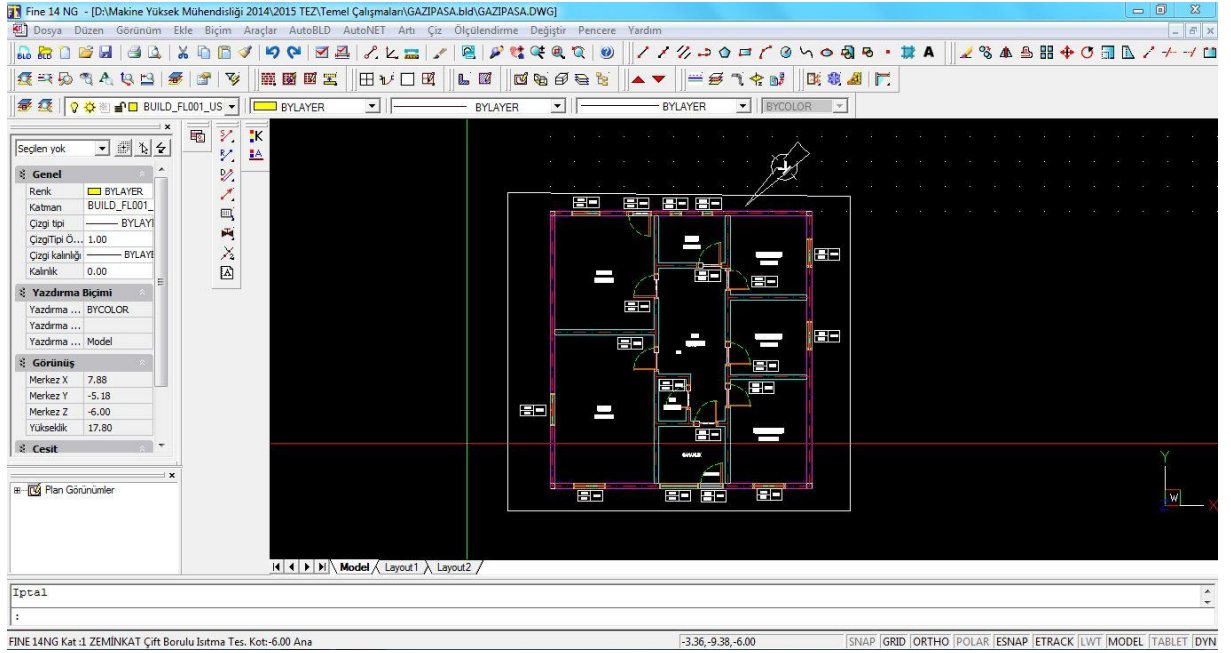
Resim 4.10. Mimari yapının 90 ° döndürülmesi



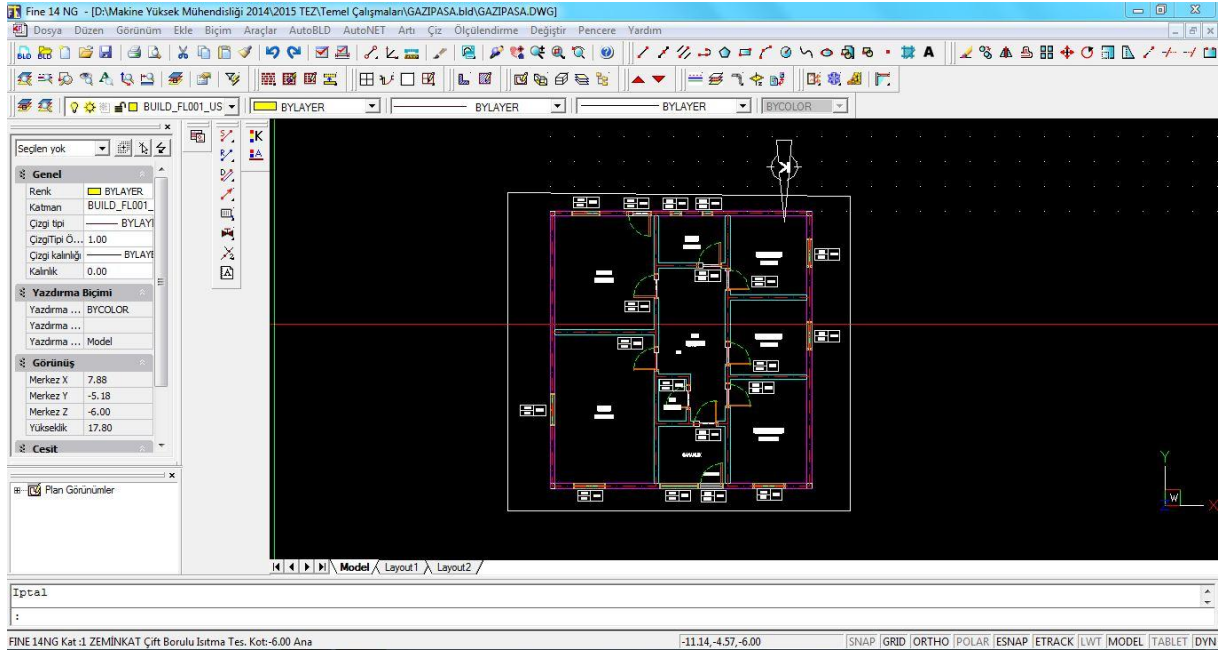
Resim 4.11. Mimari yapının 135 ° döndürülmesi



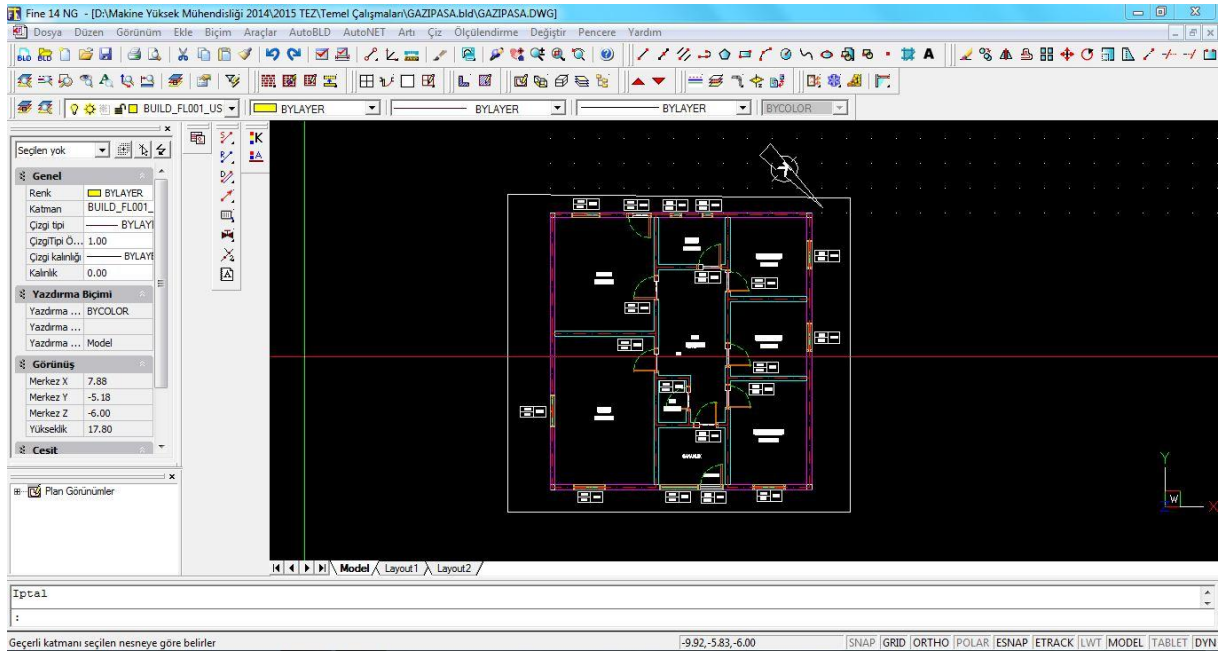
Resim 4.12. Mimari yapının 180 ° döndürülmesi



Resim 4.13. Mimari yapının 225 ° döndürülmesi



Resim 4.14. Mimari yapının 270° döndürülmesi



Resim 4.15. Mimari yapının 315° döndürülmesi

Şekillerde görüldüğü gibi mimari yapının kuzey işareti her şekilde bir birinden farklı ve açılar 0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315° , 360° şeklinde değişmektedir. Çalışmadaki amaç her bir açı değerinde oluşan ısı kazancı değerlerini tespit etmek, en ekonomik yön tayinini yapmaktır.

Yapıların yönünün değiştikçe ısı kazancı değerlerinin değişmesindeki sebep duvarlara açıklıklara ve döşemelere güneş etkisiyle gelen ısı kazançlarıdır. Bu ısı kazançları yönün değişmesiyle birlikte duvarın bağlı olduğu kuzey, güney, doğu, batı, kuzeydoğu, kuzeybatı, güneydoğu, güney batı parametrelerini değiştirmekte buna bağlı olarak katsayıları değişmektedir.

Yapılarda yöne bağlı olarak değişen ısı kazancını yapıların soğutma enerjisi ihtiyaçlarını hesaplayabilmek için yapılmıştır. Bu işlemle yapılarda yöne bağlı olarak değişen ısı kazancının belirlenmesiyle enerjetik ve ekserjetik hesaplamalar yapılmıştır.

4.10. Soğutma Yüklerinin Hesabı

Bina yönüne bağlı olarak yapılan soğutma yükü analiz sonuçları detaylı olarak sadece bina yönünün 0° olması durumunda yapılmıştır. 0° için yapı elemanları bilgisi Çizelge 4.14’ de verilmiştir. Eş. (4.1) – (4.9)’ dan hesaplanan dış duvar , iç duvar, pencere, döşeme ve tavandan olan saatlik ısı kazancı Çizelge 4.15–4.16 –4.17’ de verilmiştir.

Çizelge 4.14. 0° İçin yapı elemanları bilgisi

YAPI ELEMANLARI BİLGİSİ								
	Yüzey Tipi	Yön	K (W/m ² K)	Uzunluk (m)	Yükseklik veya Genişlik (m)	Toplam Yüzey (m ²)	Çıkarılan Alan (m ²)	Hesap Yüzeysi (m ²)
0101	Dış Duvar	K	0,60	3,20	3,00	9,60	2,40	7,20
	Pencere	K	3,49	1,15	1,25	1,44		1,44
	Kiriş	K	0,65	3,20	0,30	0,96		0,96
	Dış Duvar	B	0,60	3,10	3,00	9,30	0,93	8,37
	Kiriş	B	0,65	3,10	0,30	0,93		0,93
	Döşeme		2,28	1	9,92	9,92		9,92
0102	Dış Duvar	K	0,60	3,00	3,00	9,00	2,34	6,66
	Pencere	K	3,49	1,15	1,25	1,44		1,44
	Kiriş	K	0,65	3,00	0,30	0,90		0,90
	Döşeme		2,28	1	9,30	9,30		9,30
0103	Dış Duvar	D	0,60	3,10	3,00	9,30	2,42	6,88
	Pencere	D	3,49	1,30	1,15	1,49		1,49
	Kiriş	D	0,65	3,10	0,30	0,93		0,93
	Dış Duvar	K	0,60	4,20	3,00	12,60	1,26	11,34
	Kiriş	K	0,65	4,20	0,30	1,26		1,26
	Döşeme		2,28	1	13,02	13,02		13,02
0104	Dış Duvar	G	0,60	6,00	3,00	18,00	3,29	14,71
	Pencere	G	3,49	1,30	1,15	1,49		1,49
	Kiriş	G	0,65	6,00	0,30	1,80		1,80
	Dış Duvar	D	0,60	4,00	3,00	12,00	2,69	9,31
	Pencere	D	3,49	1,30	1,15	1,49		1,49
	Kiriş	D	0,65	4,00	0,30	1,20		1,20
0105	Döşeme		2,28	1	24,00	24,00		24,00
	Dış Duvar	B	0,60	2,70	3,00	8,10	1,21	6,89
	Pencere	B	3,49	0,45	0,45	0,20		0,20
	Pencere	B	3,49	0,45	0,45	0,20		0,20
	Kiriş	B	0,65	2,70	0,30	0,81		0,81
0106	Döşeme		2,28	1	5,13	5,13		5,13
	Döşeme		2,28	1	14,22	14,22		14,22
0107	Döşeme		2,28	1	1,87	1,87		1,87
0108	Dış Duvar	B	0,60	4,00	3,00	12,00	4,84	7,16
	Pencere	B	3,49	1,15	1,25	1,44		1,44
	Kapı	B	3,02	1,00	2,20	2,20		2,20
	Kiriş	B	0,65	4,00	0,30	1,20		1,20
	Dış Duvar	G	0,60	4,60	3,00	13,80	1,38	12,42
	Kiriş	G	0,65	4,60	0,30	1,38		1,38
	Döşeme		2,28	1	18,40	18,40		18,40

Çizelge 4.15. CLTD Yüzey ve saat başına yükler, 0101-0108

YÜZEY VE SAAT BAŞINA YÜKLER														
	Yüzey Tipi	Hesap Yüzeyi (m ²)	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	
			(W)											
0101	Dış Duvar	7,20	31	31	31	31	31	34	34	38	38	42	45	
	Pencere	1,44	91	107	121	140	153	168	171	178	175	171	177	
	Kiriş	0,96	6	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	
	Dış Duvar	8,37	57	53	48	48	48	48	48	53	57	65	73	
	Kiriş	0,93	8	7	7	7	6	6	6	6	6	7	8	
	Döşeme	9,92	-113	-113	-113	-113	-113	-113	-113	-113	-113	-113	-113	-113
	0102	Dış Duvar	6,66	29	29	29	29	29	32	32	35	35	39	42
Pencere		1,44	91	107	121	140	153	168	171	178	175	171	177	
Kiriş		0,90	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	
Döşeme		9,30	-106	-106	-106	-106	-106	-106	-106	-106	-106	-106	-106	
0103	Dış Duvar	6,88	40	43	47	54	60	64	67	71	71	74	74	
	Pencere	1,49	422	482	497	461	403	376	340	327	299	267	248	
	Kiriş	0,93	6	6	7	7	7	8	9	9	9	9	10	
	Dış Duvar	11,34	49	49	49	49	49	54	54	60	60	66	71	
	Kiriş	1,26	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	
	Döşeme	13,02	-148	-148	-148	-148	-148	-148	-148	-148	-148	-148	-148	
0104	Dış Duvar	14,71	82	74	74	74	74	82	96	103	118	125	133	
	Pencere	1,49	85	122	173	235	286	319	324	306	278	246	222	
	Kiriş	1,80	12	12	11	11	11	11	12	13	14	15	16	
	Dış Duvar	9,31	54	59	63	72	82	86	91	96	96	100	100	
	Pencere	1,49	422	482	497	461	403	376	340	327	299	267	248	
	Kiriş	1,20	8	8	9	9	9	11	11	11	12	12	13	
	Döşeme	24,00	-274	-274	-274	-274	-274	-274	-274	-274	-274	-274	-274	
0105	Dış Duvar	6,89	47	43	40	40	40	40	40	43	47	54	60	
	Pencere	0,20	15	17	19	21	23	31	43	57	70	76	75	
	Pencere	0,20	15	17	19	21	23	31	43	57	70	76	75	
	Kiriş	0,81	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	
	Döşeme	5,13	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58	
0106	Döşeme	14,22	-162	-162	-162	-162	-162	-162	-162	-162	-162	-162	-162	
0107	Döşeme	1,87	-21	-21	-21	-21	-21	-21	-21	-21	-21	-21	-21	
0108	Dış Duvar	7,16	49	45	41	41	41	41	41	45	49	56	63	
	Pencere	1,44	108	121	135	154	168	222	311	413	501	549	540	
	Kapı	2,20	160	181	201	228	248	328	463	619	754	828	814	
	Kiriş	1,20	10	9	9	9	8	8	8	8	8	9	10	
	Dış Duvar	12,42	69	63	63	63	63	69	81	87	100	106	112	
	Kiriş	1,38	9	9	8	8	8	8	9	10	11	11	12	
Döşeme	18,40	-210	-210	-210	-210	-210	-210	-210	-210	-210	-210	-210		

Çizelge 4.16. CLTD Yüzey ve saat başına yükler, 0201-0208

YÜZEY VE SAAT BAŞINA YÜKLER													
	Yüzey Tipi	Hesap Yüzeyi (m ²)	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
			(W)										
0201	Dış Duvar	7,20	31	31	31	31	31	34	34	38	38	42	45
	Pencere	1,44	91	107	121	140	153	168	171	178	175	171	177
	Kiriş	0,96	6	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6
	Dış Duvar	8,37	57	53	48	48	48	48	48	53	57	65	73
	Kiriş	0,93	8	7	7	7	6	6	6	6	6	7	8
	Döşeme	9,92	1	30	60	89	118	144	170	181	170	157	144
	0202	Dış Duvar	6,66	29	29	29	29	29	32	32	35	35	39
Pencere		1,44	91	107	121	140	153	168	171	178	175	171	177
Kiriş		0,90	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6
Döşeme		9,30	1	28	56	83	110	135	159	170	159	147	135
0203	Dış Duvar	6,88	40	43	47	54	60	64	67	71	71	74	74
	Pencere	1,49	422	482	497	461	403	376	340	327	299	267	248
	Kiriş	0,93	6	6	7	7	7	8	9	9	9	9	10
	Dış Duvar	11,34	49	49	49	49	49	54	54	60	60	66	71
	Kiriş	1,26	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8
	Döşeme	13,02	1	40	78	116	154	189	223	237	223	206	190
0204	Dış Duvar	14,71	82	74	74	74	74	82	96	103	118	125	133
	Pencere	1,49	85	122	173	235	286	319	324	306	278	246	222
	Kiriş	1,80	12	12	11	11	11	11	12	13	14	15	16
	Dış Duvar	9,31	54	59	63	72	82	86	91	96	96	100	100
	Pencere	1,49	422	482	497	461	403	376	340	327	299	267	248
	Kiriş	1,20	8	8	9	9	9	11	11	11	12	12	13
	Döşeme	24,00	2	73	144	214	285	347	410	438	410	380	350
0205	Dış Duvar	6,89	47	43	40	40	40	40	40	43	47	54	60
	Pencere	0,20	15	17	19	21	23	31	43	57	70	76	75
	Pencere	0,20	15	17	19	21	23	31	43	57	70	76	75
	Kiriş	0,81	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7
	Döşeme	5,13	0	16	31	46	61	74	88	94	88	81	75
0206	Döşeme	14,22	1	43	85	127	169	206	243	259	243	225	207
0207	Döşeme	1,87	0	6	11	17	22	27	32	34	32	30	27
0208	Dış Duvar	12,42	69	63	63	63	63	69	81	87	100	106	112
	Pencere	1,38	9	9	8	8	8	8	9	10	11	11	12
	Kapı	7,16	49	45	41	41	41	41	41	45	49	56	63
	Kiriş	1,44	108	121	135	154	168	222	311	413	501	549	540
	Dış Duvar	2,20	160	181	201	228	248	328	463	619	754	828	814
	Kiriş	1,20	10	9	9	9	8	8	8	8	8	9	10
Döşeme	18,40	2	56	110	164	218	266	315	336	315	291	268	

Çizelge 4.17 CLTD Yüzey ve saat başına yükler, 1001-1008

YÜZEY VE SAAT BAŞINA YÜKLER													
	Yüzey Tipi	Hesap Yüzeyi (m ²)	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
			(W)										
1001	Dış Duvar	7,20	31	31	31	31	31	34	34	38	38	42	45
	Pencere	1,44	91	107	121	140	153	168	171	178	175	171	177
	Kiriş	0,96	6	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6
	Dış Duvar	8,37	57	53	48	48	48	48	48	53	57	65	73
	Kiriş	0,93	8	7	7	7	6	6	6	6	6	7	8
	Tavan	9,92	45	41	45	45	51	58	67	77	77	84	90
1002	Dış Duvar	6,66	29	29	29	29	29	32	32	35	35	39	42
	Pencere	1,44	91	107	121	140	153	168	171	178	175	171	177
	Kiriş	0,90	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6
	Tavan	9,30	42	39	42	42	48	54	63	72	79	85	91
1003	Dış Duvar	6,88	40	43	47	54	60	64	67	71	71	74	74
	Pencere	1,49	422	482	497	461	403	376	340	327	299	267	248
	Kiriş	0,93	6	6	7	7	7	8	9	9	9	9	10
	Dış Duvar	11,34	49	49	49	49	49	54	54	60	60	66	71
	Kiriş	1,26	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8
	Tavan	13,02	59	54	59	59	67	76	89	101	110	119	127
1004	Dış Duvar	14,71	82	74	74	74	74	82	96	103	118	125	133
	Pencere	1,49	85	122	173	235	286	319	324	306	278	246	222
	Kiriş	1,80	12	12	11	11	11	11	12	13	14	15	16
	Dış Duvar	9,31	54	59	63	72	82	86	91	96	96	100	100
	Pencere	1,49	422	482	497	461	403	376	340	327	299	267	248
	Kiriş	1,20	8	8	9	9	9	11	11	11	12	12	13
	Tavan	24,00	108	100	108	108	124	140	163	187	203	219	235
1005	Dış Duvar	6,89	47	43	40	40	40	40	40	43	47	54	60
	Pencere	0,20	15	17	19	21	23	31	43	57	70	76	75
	Pencere	0,20	15	17	19	21	23	31	43	57	70	76	75
	Kiriş	0,81	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7
	Tavan	5,13	23	21	23	23	26	30	35	40	43	47	50
1006	Tavan	14,22	64	59	64	64	73	83	97	111	120	130	139
1007	Tavan	1,87	8	8	8	8	10	11	13	15	16	17	18
1008	Dış Duvar	12,42	69	63	63	63	63	69	81	87	100	106	112
	Pencere	1,38	9	9	8	8	8	8	9	10	11	11	12
	Kapı	7,16	49	45	41	41	41	41	41	45	49	56	63
	Kiriş	1,44	108	121	135	154	168	222	311	413	501	549	540
	Dış Duvar	2,20	160	181	201	228	248	328	463	619	754	828	814
	Kiriş	1,20	10	9	9	9	8	8	8	8	8	9	10
Tavan	18,40	83	77	83	83	95	107	125	143	156	168	180	

CLTD Metoduna göre saatteki toplam mahal ısı kazançları Çizelge 4.18– 4.20’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.18. CLTD Saatteki toplam mahal ısı kazancı, 0101-0108

	Yük Tipi (W)	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
SAATTEKİ TOPLAM MAHAL ISI KAZANCI												
0101	Duyulur	331	341	351	370	383	401	404	419	420	429	449
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	376	386	396	415	428	446	449	464	465	474	494
0102	Duyulur	271	286	300	320	332	350	354	363	361	361	371
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	316	331	345	365	377	395	399	408	406	406	416
0103	Duyulur	628	691	709	680	629	613	580	576	550	526	515
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	673	736	754	725	674	658	625	621	595	571	560
0104	Duyulur	640	735	805	840	843	863	852	834	796	743	711
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	685	780	850	885	888	908	897	879	841	788	756
0105	Duyulur	277	277	277	282	286	301	325	357	385	406	411
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	322	322	322	327	331	346	370	402	430	451	456
0106	Duyulur	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
0107	Duyulur	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
0108	Duyulur	447	470	500	545	579	720	956	1224	1464	1601	1594
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	492	515	545	590	624	765	1001	1269	1509	1646	1639

Çizelge 4.19. CLTD Saatteki toplam mahal ısı kazancı, 0201-0208

	Yük Tipi (W)	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
SAATTEKİ TOPLAM MAHAL ISI KAZANCI												
0201	Duyulur	445	485	524	572	613	658	687	713	703	699	706
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	490	530	569	617	658	703	732	758	748	744	751
0202	Duyulur	377	420	462	509	549	591	619	639	626	614	612
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	422	465	507	554	594	636	664	684	671	659	657
0203	Duyulur	777	879	935	945	932	950	951	962	921	881	853
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	822	924	980	990	977	995	996	1007	966	926	898
0204	Duyulur	916	1082	1223	1328	1401	1485	1536	1546	1480	1397	1334
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	961	1127	1268	1373	1446	1530	1581	1591	1525	1442	1379
0205	Duyulur	336	351	366	386	405	433	471	509	531	545	544
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	381	396	411	431	450	478	516	554	576	590	589
0206	Duyulur	253	295	337	379	421	458	495	511	495	477	459
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	298	340	382	424	466	503	540	556	540	522	504
0207	Duyulur	252	258	263	269	274	279	284	286	284	282	279
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	297	303	308	314	319	324	329	331	329	327	324
0208	Duyulur	658	736	820	919	1006	1196	1481	1769	1988	2102	2072
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	703	781	865	964	1051	1241	1526	1814	2033	2147	2117

Çizelge 4.20. CLTD Saatteki toplam mahal ısı kazancı, 1001-1008

	Yük Tipi (W)	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
SAATTEKİ TOPLAM MAHAL ISI KAZANCI												
1001	Duyulur	488	496	509	528	547	572	585	609	617	633	659
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	533	541	554	573	592	617	630	654	662	678	704
1002	Duyulur	418	431	448	467	486	511	523	542	546	551	568
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	463	476	493	512	531	556	568	587	591	596	613
1003	Duyulur	835	893	916	887	845	837	817	826	809	794	791
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	880	938	961	932	890	882	862	871	854	839	836
1004	Duyulur	1022	1109	1187	1222	1240	1277	1289	1295	1272	1235	1219
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	1067	1154	1232	1267	1285	1322	1334	1340	1317	1280	1264
1005	Duyulur	359	357	358	364	371	389	419	455	487	511	520
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	404	402	403	409	416	434	464	500	532	556	565
1006	Duyulur	316	311	316	316	325	335	349	363	372	382	391
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	361	356	361	361	370	380	394	408	417	427	436
1007	Duyulur	260	260	260	260	262	263	265	267	268	269	270
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	305	305	305	305	307	308	310	312	313	314	315
1008	Duyulur	739	757	792	838	883	1036	1291	1577	1829	1979	1984
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	784	802	837	883	928	1081	1336	1622	1874	2024	2029

Çizelge 4.21. TFM Yüzey ve saat başına yükler, 0101-0108

YÜZEY VE SAAT BAŞINA YÜKLER														
	Yüzey Tipi	Hesap Yüzeysi (m ²)	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	
			(W)											
0101	Dış Duvar	7,20	69	68	67	67	68	69	71	74	76	79	82	
	Pencere	1,44	37	49	61	75	86	98	104	112	114	116	122	
	Kiriş	0,96	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	
	Dış Duvar	8,37	134	137	146	157	168	179	190	199	209	217	225	
	Kiriş	0,93	17	17	17	17	18	18	18	19	19	20	21	
	Döşeme	9,92	-113	-113	-113	-113	-113	-113	-113	-113	-113	-113	-113	-113
	0102	Dış Duvar	6,66	63	63	62	62	63	64	66	68	71	73	76
Pencere		1,44	37	49	61	75	86	98	104	112	114	116	122	
Kiriş		0,90	9	9	8	8	8	8	8	9	9	9	9	
Döşeme		9,30	-106	-106	-106	-106	-106	-106	-106	-106	-106	-106	-106	
0103	Dış Duvar	6,88	110	113	120	129	138	147	156	164	172	179	185	
	Pencere	1,49	226	270	291	284	262	256	243	242	232	218	211	
	Kiriş	0,93	17	17	17	17	18	18	18	19	19	20	21	
	Dış Duvar	11,34	108	107	106	106	107	109	112	116	120	125	129	
	Kiriş	1,26	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	
	Döşeme	13,02	-148	-148	-148	-148	-148	-148	-148	-148	-148	-148	-148	
0104	Dış Duvar	14,71	178	180	185	192	201	210	220	230	240	250	258	
	Pencere	1,49	33	57	89	128	162	188	199	196	188	175	167	
	Kiriş	1,80	24	23	23	23	24	24	24	25	25	26	27	
	Dış Duvar	9,31	149	153	162	174	187	199	211	222	232	242	250	
	Pencere	1,49	226	270	291	284	262	256	243	242	232	218	211	
	Kiriş	1,20	22	22	22	22	23	23	24	24	25	26	27	
	Döşeme	24,00	-274	-274	-274	-274	-274	-274	-274	-274	-274	-274	-274	
0105	Dış Duvar	6,89	110	113	120	129	138	147	156	164	172	179	185	
	Pencere	0,20	7	8	10	12	13	18	26	34	43	48	49	
	Pencere	0,20	7	8	10	12	13	18	26	34	43	48	49	
	Kiriş	0,81	15	15	15	15	15	16	16	17	17	17	18	
	Döşeme	5,13	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58	
0106	Döşeme	14,22	-162	-162	-162	-162	-162	-162	-162	-162	-162	-162	-162	
0107	Döşeme	1,87	-21	-21	-21	-21	-21	-21	-21	-21	-21	-21	-21	
0108	Dış Duvar	7,16	115	118	125	134	144	153	162	171	179	186	192	
	Pencere	1,44	47	58	70	84	96	130	184	248	307	345	352	
	Kapı	2,20	71	87	104	125	142	193	275	372	461	519	530	
	Kiriş	1,20	22	22	22	22	23	23	24	24	25	26	27	
	Dış Duvar	12,42	150	152	156	162	170	178	186	194	203	211	218	
	Kiriş	1,38	18	18	18	18	18	18	19	19	20	20	20	
Döşeme	18,40	-210	-210	-210	-210	-210	-210	-210	-210	-210	-210	-210		

Çizelge 4.22. TFM Yüzey ve saat başına yükler, 0201-0208

YÜZEY VE SAAT BAŞINA YÜKLER													
	Yüzey Tipi	Hesap Yüzeyi (m ²)	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
			(W)										
0201	Dış Duvar	7,20	69	68	67	67	68	69	71	74	76	79	82
	Pencere	1,44	37	49	61	75	86	98	104	112	114	116	122
	Kiriş	0,96	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10
	Dış Duvar	8,37	134	137	146	157	168	179	190	199	209	217	225
	Kiriş	0,93	17	17	17	17	18	18	18	19	19	20	21
	Döşeme	9,92	1	30	60	89	118	144	170	181	170	157	144
	0202	Dış Duvar	6,66	63	63	62	62	63	64	66	68	71	73
Pencere		1,44	37	49	61	75	86	98	104	112	114	116	122
Kiriş		0,90	9	9	8	8	8	8	8	9	9	9	9
Döşeme		9,30	1	28	56	83	110	135	159	170	159	147	135
0203	Dış Duvar	6,88	110	113	120	129	138	147	156	164	172	179	185
	Pencere	1,49	226	270	291	284	262	256	243	242	232	218	211
	Kiriş	0,93	17	17	17	17	18	18	18	19	19	20	21
	Dış Duvar	11,34	108	107	106	106	107	109	112	116	120	125	129
	Kiriş	1,26	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13
	Döşeme	13,02	1	40	78	116	154	189	223	237	223	206	190
0204	Dış Duvar	14,71	178	180	185	192	201	210	220	230	240	250	258
	Pencere	1,49	33	57	89	128	162	188	199	196	188	175	167
	Kiriş	1,80	24	23	23	23	24	24	24	25	25	26	27
	Dış Duvar	9,31	149	153	162	174	187	199	211	222	232	242	250
	Pencere	1,49	226	270	291	284	262	256	243	242	232	218	211
	Kiriş	1,20	22	22	22	22	23	23	24	24	25	26	27
	Döşeme	24,00	2	73	144	214	285	347	410	438	410	380	350
0205	Dış Duvar	6,89	110	113	120	129	138	147	156	164	172	179	185
	Pencere	0,20	7	8	10	12	13	18	26	34	43	48	49
	Pencere	0,20	7	8	10	12	13	18	26	34	43	48	49
	Kiriş	0,81	15	15	15	15	15	16	16	17	17	17	18
	Döşeme	5,13	0	16	31	46	61	74	88	94	88	81	75
0206	Döşeme	14,22	1	43	85	127	169	206	243	259	243	225	207
0207	Döşeme	1,87	0	6	11	17	22	27	32	34	32	30	27
0208	Dış Duvar	7,16	150	152	156	162	170	178	186	194	203	211	218
	Pencere	1,44	18	18	18	18	18	18	19	19	20	20	20
	Kapı	2,20	115	118	125	134	144	153	162	171	179	186	192
	Kiriş	1,20	47	58	70	84	96	130	184	248	307	345	352
	Dış Duvar	12,42	71	87	104	125	142	193	275	372	461	519	530
	Kiriş	1,38	22	22	22	22	23	23	24	24	25	26	27
	Döşeme	18,40	2	56	110	164	218	266	315	336	315	291	268

Çizelge 4.23. TFM Yüzey ve saat başına yükler, 1001-1008

YÜZEY VE SAAT BAŞINA YÜKLER													
	Yüzey Tipi	Hesap Yüzeyi (m ²)	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
			(W)										
1001	Dış Duvar	7,20	69	68	67	67	68	69	71	74	76	79	82
	Pencere	1,44	37	49	61	75	86	98	104	112	114	116	122
	Kiriş	0,96	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10
	Dış Duvar	8,37	134	137	146	157	168	179	190	199	209	217	225
	Kiriş	0,93	17	17	17	17	18	18	18	19	19	20	21
	Tavan	9,92	116	115	115	114	114	113	113	112	112	113	113
	1002	Dış Duvar	6,66	63	63	62	62	63	64	66	68	71	73
Pencere		1,44	37	49	61	75	86	98	104	112	114	116	122
Kiriş		0,90	9	9	8	8	8	8	8	9	9	9	9
Tavan		9,30	109	108	108	107	106	106	106	105	105	106	106
1003	Dış Duvar	6,88	110	113	120	129	138	147	156	164	172	179	185
	Pencere	1,49	226	270	291	284	262	256	243	242	232	218	211
	Kiriş	0,93	17	17	17	17	18	18	18	19	19	20	21
	Dış Duvar	11,34	108	107	106	106	107	109	112	116	120	125	129
	Kiriş	1,26	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13
	Tavan	13,02	152	151	151	150	149	148	148	148	148	148	148
1004	Dış Duvar	14,71	178	180	185	192	201	210	220	230	240	250	258
	Pencere	1,49	33	57	89	128	162	188	199	196	188	175	167
	Kiriş	1,80	24	23	23	23	24	24	24	25	25	26	27
	Dış Duvar	9,31	149	153	162	174	187	199	211	222	232	242	250
	Pencere	1,49	226	270	291	284	262	256	243	242	232	218	211
	Kiriş	1,20	22	22	22	22	23	23	24	24	25	26	27
	Tavan	24,00	280	279	278	276	275	274	273	272	272	272	273
1005	Dış Duvar	6,89	110	113	120	129	138	147	156	164	172	179	185
	Pencere	0,20	7	8	10	12	13	18	26	34	43	48	49
	Pencere	0,20	7	8	10	12	13	18	26	34	43	48	49
	Kiriş	0,81	15	15	15	15	15	16	16	17	17	17	18
	Tavan	5,13	60	60	59	59	59	58	58	58	58	58	58
1006	Tavan	14,22	166	165	164	164	163	162	162	161	161	161	162
1007	Tavan	1,87	22	22	22	22	21	21	21	21	21	21	21
1008	Dış Duvar	7,16	150	152	156	162	170	178	186	194	203	211	218
	Pencere	1,44	18	18	18	18	18	18	19	19	20	20	20
	Kapı	2,20	115	118	125	134	144	153	162	171	179	186	192
	Kiriş	1,20	47	58	70	84	96	130	184	248	307	345	352
	Dış Duvar	12,42	71	87	104	125	142	193	275	372	461	519	530
	Kiriş	1,38	22	22	22	22	23	23	24	24	25	26	27
Tavan	18,40	215	214	213	212	211	210	209	209	209	209	209	

TFM Metoduna göre saatteki toplam mahal ısı kazançları Çizelge 4.24– 4.26’ da gösterilmiştir.

Çizelge 4.24. TFM Saatteki toplam mahal ısı kazancı, 0101-0108

	Yük Tipi (W)	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
SAATTEKİ TOPLAM MAHAL ISI KAZANCI												
0101	Duyulur	405	420	439	464	487	512	531	552	567	581	598
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	450	465	484	509	532	557	576	597	612	626	643
0102	Duyulur	255	267	277	292	303	316	324	334	339	344	353
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	300	312	322	337	348	361	369	379	384	389	398
0103	Duyulur	577	623	649	651	640	646	645	656	659	658	661
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	622	668	694	696	685	691	690	701	704	703	706
0104	Duyulur	610	684	751	803	837	880	900	918	921	915	917
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	655	729	796	848	882	925	945	963	966	960	962
0105	Duyulur	332	338	348	361	374	393	417	443	468	486	494
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	377	383	393	406	419	438	462	488	513	531	539
0106	Duyulur	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
0107	Duyulur	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
0108	Duyulur	466	497	537	588	634	737	892	1071	1236	1349	1382
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	511	542	582	633	679	782	937	1116	1281	1394	1427

Çizelge 4.25. TFM Saatteki toplam mahal ısı kazancı, 0201-0208

	Yük Tipi (W)	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
SAATTEKİ TOPLAM MAHAL ISI KAZANCI												
0201	Duyulur	519	563	612	666	718	769	814	846	849	851	856
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	564	608	657	711	763	814	859	891	894	896	901
0202	Duyulur	362	401	439	481	519	557	589	610	604	597	595
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	407	446	484	526	564	602	634	655	649	642	640
0203	Duyulur	726	811	876	916	943	983	1016	1042	1030	1012	1000
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	771	856	921	961	988	1028	1061	1087	1075	1057	1045
0204	Duyulur	886	1030	1169	1290	1395	1501	1584	1630	1605	1568	1540
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	931	1075	1214	1335	1440	1546	1629	1675	1650	1613	1585
0205	Duyulur	391	412	437	465	493	525	563	595	614	625	627
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	436	457	482	510	538	570	608	640	659	670	672
0206	Duyulur	253	295	337	379	421	458	495	511	495	477	459
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	298	340	382	424	466	503	540	556	540	522	504
0207	Duyulur	252	258	263	269	274	279	284	286	284	282	279
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	297	303	308	314	319	324	329	331	329	327	324
0208	Duyulur	677	763	857	962	1062	1214	1416	1616	1760	1850	1860
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	722	808	902	1007	1107	1259	1461	1661	1805	1895	1905

Çizelge 4.26. TFM Saatteki toplam mahal ısı kazancı, 1001-1008

	Yük Tipi (W)	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
SAATTEKİ TOPLAM MAHAL ISI KAZANCI												
1001	Duyulur	634	648	667	691	714	738	757	777	792	806	824
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	679	693	712	736	759	783	802	822	837	851	869
1002	Duyulur	470	481	491	505	516	528	536	546	551	555	565
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	515	526	536	550	561	573	581	591	596	600	610
1003	Duyulur	877	922	948	949	938	943	941	952	955	954	958
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	922	967	993	994	983	988	986	997	1000	999	1003
1004	Duyulur	1164	1236	1302	1352	1386	1427	1446	1464	1467	1461	1464
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	1209	1281	1347	1397	1431	1472	1491	1509	1512	1506	1509
1005	Duyulur	450	456	466	478	491	510	534	560	584	602	611
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	495	501	511	523	536	555	579	605	629	647	656
1006	Duyulur	418	417	416	416	415	414	414	413	413	413	414
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	463	462	461	461	460	459	459	458	458	458	459
1007	Duyulur	274	274	274	274	273	273	273	273	273	273	273
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	319	319	319	319	318	318	318	318	318	318	318
1008	Duyulur	890	921	959	1009	1055	1157	1311	1489	1654	1767	1801
	Gizli	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Toplam	935	966	1004	1054	1100	1202	1356	1534	1699	1812	1846

Yapıda bulunan odalar için saatlik olarak havalandırmadan gelen serpantin yükleri Çizelge 4.27' de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Odaların havalandırmadan gelen serpantin yükleri

	Yük Tipi (W)	HAVALANDIRMADAN GELEN SERPANTİK YÜKLERİ										
		08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
01	Duyulur	71,63	90,04	108,46	126,71	144,96	161,30	177,65	184,75	177,65	169,74	161,84
	Gizli	68,97	101,69	134,14	165,74	199,14	238,86	278,68	296,05	278,68	259,37	240,17
	Toplam	140,59	191,74	242,60	292,45	344,10	400,16	456,32	480,80	456,32	429,11	402,01
02	Duyulur	65,26	82,05	98,83	115,46	132,08	146,98	161,87	168,34	161,87	154,67	147,47
	Gizli	62,84	92,66	122,22	151,02	181,46	217,64	253,93	269,76	253,93	236,33	218,84
	Toplam	128,11	174,71	221,05	266,48	313,54	364,62	415,79	438,10	415,79	391,00	366,31
03	Duyulur	94,01	118,18	142,36	166,31	190,26	211,71	233,16	242,49	233,16	222,79	212,42
	Gizli	90,52	133,47	176,06	217,53	261,38	313,50	365,76	388,57	365,76	340,42	315,22
	Toplam	184,53	251,66	318,41	383,84	451,63	525,21	598,92	631,06	598,92	563,21	527,64
04	Duyulur	173,29	217,85	262,41	306,56	350,71	390,25	429,79	446,98	429,79	410,67	391,55
	Gizli	166,85	246,03	324,53	400,99	481,80	577,88	674,22	716,26	674,22	627,50	581,05
	Toplam	340,14	463,88	586,94	707,54	832,50	968,12	1104,01	1163,24	1104,01	1038,17	972,61
05	Duyulur	36,26	45,59	54,91	64,15	73,39	81,66	89,93	93,53	89,93	85,93	81,93
	Gizli	34,91	51,48	67,91	83,91	100,82	120,92	141,08	149,88	141,08	131,31	121,59
	Toplam	71,17	97,07	122,82	148,05	174,20	202,58	231,01	243,41	231,01	217,24	203,52
06	Duyulur	97,27	122,28	147,30	172,08	196,86	219,05	241,25	250,90	241,25	230,52	219,78
	Gizli	93,66	138,10	182,16	225,08	270,44	324,37	378,45	402,05	378,45	352,23	326,15
	Toplam	190,93	260,39	329,46	397,16	467,30	543,42	619,70	652,94	619,70	582,74	545,94
07	Duyulur	12,79	16,08	19,37	22,63	25,89	28,81	31,73	32,99	31,73	30,31	28,90
	Gizli	12,32	18,16	23,96	29,60	35,56	42,66	49,77	52,87	49,77	46,32	42,89
	Toplam	25,11	34,24	43,33	52,23	61,45	71,46	81,49	85,87	81,49	76,63	71,79
08	Duyulur	132,86	167,02	201,18	235,03	268,87	299,19	329,50	342,68	329,50	314,85	300,19
	Gizli	127,92	188,63	248,81	307,42	369,38	443,04	516,90	549,13	516,90	481,09	445,47
	Toplam	260,78	355,64	449,99	542,45	638,25	742,23	846,41	891,81	846,41	795,93	745,66

CLTD hesap metodu ile hesaplar kat 1, 2, 10 için yapılmıştır. Diğer ara katlardaki hesaplar kat 2 ile aynı değerleri vermektedir. Soğutma yükleri (ısı kazancı) odalar için saatlik hesaplanmıştır. Bu değerlerden her oda için maksimum değer seçilerek hesaplar yapılmış Çizelge 4.28– 4.36’ da gösterilmiştir.

Çizelge 4.28. Kat 1 CLTD Soğutma yükleri 0, 45, 90, 135 derece

0 derece	Saat	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
	Mahal Kat 1	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam
0101		376	386	396	415	428	446	449	464	465	474	494
0102		316	331	345	365	377	395	399	408	406	406	416
0103		673	736	754	725	674	658	625	621	595	571	560
0104		685	780	850	885	888	908	897	879	841	788	756
0105		322	322	322	327	331	346	370	402	430	451	456
0106		135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
0107		276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
0108		492	515	545	590	624	765	1001	1269	1509	1646	1639
Toplam (W)		3275	3481	3623	3718	3733	3929	4152	4454	4657	4747	4732
45 derece	0101	596	603	578	561	553	554	551	547	538	523	517
	0102	545	556	531	518	510	507	504	499	486	462	451
	0103	553	633	687	725	710	685	662	649	631	598	575
	0104	587	673	741	792	814	873	933	993	1029	1013	957
	0105	310	311	314	317	320	328	334	352	378	400	409
	0106	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
	0107	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
	0108	457	491	519	565	594	636	693	864	1083	1244	1311
Toplam (W)		3459	3678	3781	3889	3912	3994	4088	4315	4556	4651	4631
90 derece	0101	681	743	761	734	684	668	637	632	606	583	570
	0102	644	705	723	695	646	625	593	584	558	529	512
	0103	352	391	448	521	584	628	646	638	618	595	577
	0104	394	433	489	570	635	729	835	935	1016	1054	1044
	0105	298	302	306	311	315	322	323	329	328	331	336
	0106	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
	0107	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
	0108	446	478	506	553	584	622	630	656	655	663	697
Toplam (W)		3226	3463	3644	3795	3859	4005	4075	4185	4192	4166	4147
135 derece	0101	562	640	691	727	710	686	663	649	633	601	577
	0102	516	594	640	671	645	621	593	574	557	525	497
	0103	374	388	408	440	495	588	683	763	813	823	787
	0104	392	410	440	477	537	643	747	891	1027	1111	1106
	0105	367	370	366	365	368	367	369	370	367	360	360
	0106	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
	0107	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
	0108	1001	1023	953	907	875	871	857	840	813	764	740
Toplam (W)		3623	3836	3909	3998	4041	4187	4323	4498	4621	4595	4478

Çizelge 4.29. Kat 1 CLTD Soğutma yükleri 180, 225, 270, 315 derece

	Saat	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
	Mahal Kat 1	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam
180 derece	0101	367	403	457	525	583	624	641	632	613	590	572
	0102	315	348	398	457	506	542	553	540	520	492	474
	0103	386	390	400	420	433	495	599	714	821	884	889
	0104	375	400	424	463	490	569	664	788	882	945	962
	0105	397	417	425	422	413	411	405	405	398	392	388
	0106	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
	0107	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
	0108	1226	1374	1412	1331	1194	1139	1054	1031	965	896	859
Toplam (W)		3477	3743	3927	4029	4030	4191	4327	4521	4610	4610	4555
225 derece	0101	390	402	421	449	501	589	677	754	801	811	777
	0102	343	351	370	390	437	516	596	667	709	718	683
	0103	372	381	393	407	419	439	465	539	637	714	750
	0104	595	620	610	620	632	651	672	739	813	855	874
	0105	359	383	396	410	405	404	402	399	397	389	381
	0106	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
	0107	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
	0108	920	1111	1235	1307	1248	1174	1100	1053	1004	923	859
Toplam (W)		3390	3659	3836	3994	4053	4184	4323	4562	4772	4821	4735
270 derece	0101	401	407	416	435	448	506	604	714	815	875	879
	0102	351	361	371	390	404	458	546	652	744	799	797
	0103	365	375	383	403	416	434	438	453	456	468	491
	0104	684	767	804	804	774	777	752	757	728	704	699
	0105	305	311	325	341	355	367	376	375	375	370	367
	0106	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
	0107	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
	0108	419	512	642	802	940	1031	1057	1022	963	894	843
Toplam (W)		2936	3144	3352	3586	3748	3984	4184	4384	4492	4521	4487
315 derece	0101	385	395	406	421	433	452	476	546	639	710	743
	0102	329	343	355	375	386	406	426	491	575	637	660
	0103	589	595	568	549	541	543	539	535	527	514	509
	0104	787	884	907	935	906	886	864	845	818	760	722
	0105	317	316	321	324	337	359	384	406	423	431	427
	0106	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
	0107	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
	0108	472	504	551	617	741	953	1163	1344	1447	1461	1363
Toplam (W)		3290	3448	3519	3632	3755	4010	4263	4578	4840	4924	4835

Çizelge 4.30. Kat 2 CLTD Soğutma yükleri 0, 45, 90, 135 derece

	Saat	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
	Mahal Kat 2	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam
0 derece	0201	490	530	569	617	658	703	732	758	748	744	751
	0202	422	465	507	554	594	636	664	684	671	659	657
	0203	822	924	980	990	977	995	996	1007	966	926	898
	0204	961	1127	1268	1373	1446	1530	1581	1591	1525	1442	1379
	0205	381	396	411	431	450	478	516	554	576	590	589
	0206	298	340	382	424	466	503	540	556	540	522	504
	0207	297	303	308	314	319	324	329	331	329	327	324
	0208	703	781	865	964	1051	1241	1526	1814	2033	2147	2117
	Toplam (W)	4374	4866	5290	5667	5961	6410	6884	7295	7388	7357	7219
45 derece	0201	710	746	750	763	784	811	834	841	821	793	775
	0202	651	691	693	707	726	748	769	775	751	715	693
	0203	702	821	914	990	1012	1022	1033	1034	1002	953	913
	0204	863	1020	1159	1279	1373	1494	1617	1705	1713	1666	1580
	0205	369	385	403	421	440	461	480	504	524	540	543
	0206	298	340	382	424	466	503	540	556	540	522	504
	0207	297	303	308	314	319	324	329	331	329	327	324
	0208	668	757	839	939	1022	1112	1217	1409	1607	1745	1789
	Toplam (W)	4558	5063	5448	5837	6142	6475	6819	7155	7287	7261	7121
90 derece	0201	795	886	933	935	915	925	919	926	889	853	828
	0202	751	839	885	884	862	865	858	859	823	783	754
	0203	501	579	675	786	887	965	1017	1024	989	950	915
	0204	669	779	907	1058	1193	1350	1519	1647	1700	1708	1667
	0205	357	376	395	416	434	455	469	481	474	470	469
	0206	298	340	382	424	466	503	540	556	540	522	504
	0207	297	303	308	314	319	324	329	331	329	327	324
	0208	658	744	826	927	1012	1098	1155	1201	1179	1165	1175
	Toplam (W)	4326	4846	5311	5744	6088	6485	6806	7025	6923	6778	6636
135 derece	0201	676	784	864	929	940	943	946	943	915	871	835
	0202	623	728	802	860	861	861	858	850	822	778	738
	0203	524	576	634	705	797	925	1054	1149	1184	1177	1125
	0204	668	756	858	965	1095	1264	1431	1602	1711	1765	1729
	0205	426	444	455	469	487	500	515	522	513	500	493
	0206	298	340	382	424	466	503	540	556	540	522	504
	0207	297	303	308	314	319	324	329	331	329	327	324
	0208	1212	1288	1273	1281	1303	1347	1382	1386	1337	1265	1218
	Toplam (W)	4724	5219	5576	5947	6268	6667	7055	7339	7351	7205	6966

Çizelge 4.31. Kat 2 CLTD Soğutma yükleri 180, 225, 270, 315 derece

	Saat	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
	Mahal Kat 2	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam
180 derece	0201	481	547	630	726	814	881	924	926	896	860	830
	0202	422	483	559	646	723	783	819	816	785	746	715
	0203	535	578	627	684	736	832	970	1100	1192	1239	1227
	0204	651	747	842	951	1049	1190	1348	1500	1566	1599	1585
	0205	456	491	514	526	533	543	551	557	544	532	521
	0206	298	340	382	424	466	503	540	556	540	522	504
	0207	297	303	308	314	319	324	329	331	329	327	324
	0208	1437	1640	1732	1705	1622	1615	1579	1576	1490	1397	1337
Toplam (W)		4577	5129	5594	5976	6262	6671	7060	7362	7342	7222	7043
225 derece	0201	504	545	594	651	731	845	960	1048	1084	1081	1035
	0202	450	485	532	579	653	756	861	943	974	971	925
	0203	522	569	619	672	722	776	836	925	1008	1068	1088
	0204	870	967	1027	1108	1190	1272	1356	1451	1497	1508	1497
	0205	418	457	486	514	525	537	548	551	543	528	514
	0206	298	340	382	424	466	503	540	556	540	522	504
	0207	297	303	308	314	319	324	329	331	329	327	324
	0208	1132	1377	1555	1681	1676	1650	1624	1598	1528	1425	1337
Toplam (W)		4491	5043	5503	5943	6282	6663	7054	7403	7503	7430	7224
270 derece	0201	515	550	588	636	679	763	886	1008	1098	1145	1137
	0202	458	496	533	579	620	699	811	928	1009	1052	1039
	0203	515	563	610	668	718	771	809	839	827	823	829
	0204	960	1114	1222	1292	1332	1398	1436	1469	1412	1358	1322
	0205	364	385	414	445	474	500	522	527	521	509	501
	0206	298	340	382	424	466	503	540	556	540	522	504
	0207	297	303	308	314	319	324	329	331	329	327	324
	0208	630	778	963	1176	1368	1507	1581	1568	1488	1395	1321
Toplam (W)		4037	4529	5020	5534	5976	6465	6914	7226	7224	7131	6977
315 derece	0201	499	538	579	623	663	709	759	840	922	981	1000
	0202	436	478	516	564	603	646	691	767	840	890	902
	0203	739	783	795	814	844	880	911	921	898	868	847
	0204	1063	1230	1325	1423	1464	1507	1548	1556	1502	1413	1345
	0205	376	390	411	429	457	492	530	558	569	571	560
	0206	298	340	382	424	466	503	540	556	540	522	504
	0207	297	303	308	314	319	324	329	331	329	327	324
	0208	684	770	871	991	1169	1429	1687	1889	1971	1962	1841
Toplam (W)		4392	4832	5187	5582	5985	6490	6995	7418	7571	7534	7323

Çizelge 4.32. Kat 10 CLTD Soğutma yükleri 0, 45, 90, 135 derece

	Saat	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
	0 derece	Mahal Kat 10	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam
1001		533	541	554	573	592	617	630	654	662	678	704
1002		463	476	493	512	531	556	568	587	591	596	613
1003		880	938	961	932	890	882	862	871	854	839	836
1004		1067	1154	1232	1267	1285	1322	1334	1340	1317	1280	1264
1005		404	402	403	409	416	434	464	500	532	556	565
1006		361	356	361	361	370	380	394	408	417	427	436
1007		305	305	305	305	307	308	310	312	313	314	315
1008		784	802	837	883	928	1081	1336	1622	1874	2024	2029
Toplam (W)		4797	4974	5146	5242	5319	5580	5898	6294	6560	6714	6762
45 derece	1001	754	757	735	719	717	725	732	738	735	726	727
	1002	692	701	679	666	664	667	673	678	671	652	648
	1003	759	836	894	932	925	909	899	898	889	865	851
	1004	969	1047	1122	1173	1212	1286	1370	1454	1505	1505	1465
	1005	392	391	396	399	405	416	427	451	480	506	518
	1006	361	356	361	361	370	380	394	408	417	427	436
	1007	305	305	305	305	307	308	310	312	313	314	315
	1008	749	777	811	858	898	953	1028	1217	1448	1621	1701
Toplam (W)		4981	5170	5303	5413	5498	5644	5833	6156	6458	6616	6661
90 derece	1001	839	897	918	891	849	839	817	822	803	786	780
	1002	792	850	871	843	799	785	762	762	742	720	709
	1003	558	594	655	728	800	852	883	888	877	862	852
	1004	775	806	871	951	1032	1142	1272	1396	1493	1546	1552
	1005	379	382	387	393	400	411	417	427	430	436	445
	1006	361	356	361	361	370	380	394	408	417	427	436
	1007	305	305	305	305	307	308	310	312	313	314	315
	1008	739	764	799	846	888	939	965	1009	1020	1041	1087
Toplam (W)		4748	4954	5167	5318	5445	5656	5820	6024	6095	6132	6176
135 derece	1001	720	795	849	885	874	857	844	840	830	804	787
	1002	664	738	788	819	799	781	762	752	742	715	694
	1003	581	591	615	647	710	813	920	1013	1071	1090	1063
	1004	773	783	822	858	935	1056	1184	1351	1503	1603	1614
	1005	448	450	447	446	453	455	462	469	468	465	468
	1006	361	356	361	361	370	380	394	408	417	427	436
	1007	305	305	305	305	307	308	310	312	313	314	315
	1008	1293	1309	1245	1199	1180	1187	1192	1194	1178	1142	1130
Toplam (W)		5145	5327	5432	5520	5628	5837	6068	6339	6522	6560	6507

Çizelge 4.33. Kat 10 CLTD Soğutma yükleri 180, 225, 270, 315 derece

	Saat	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
	Mahal Kat 10	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam
180 derece	1001	524	558	615	682	747	795	822	822	810	793	782
	1002	463	493	545	604	660	702	723	719	705	683	671
	1003	592	593	607	627	649	719	836	964	1079	1151	1165
	1004	757	774	805	845	888	982	1101	1249	1359	1438	1470
	1005	479	497	506	503	498	499	498	503	500	498	497
	1006	361	356	361	361	370	380	394	408	417	427	436
	1007	305	305	305	305	307	308	310	312	313	314	315
	1008	1518	1660	1705	1624	1499	1456	1389	1384	1331	1274	1249
Toplam (W)		4999	5236	5449	5551	5618	5841	6073	6361	6514	6578	6585
225 derece	1001	548	556	579	607	665	759	858	944	998	1015	987
	1002	490	496	518	538	591	676	765	846	894	909	880
	1003	579	584	600	614	635	663	702	789	896	981	1025
	1004	976	994	991	1002	1029	1064	1109	1200	1289	1347	1382
	1005	441	463	478	491	490	492	495	498	499	494	489
	1006	361	356	361	361	370	380	394	408	417	427	436
	1007	305	305	305	305	307	308	310	312	313	314	315
	1008	1213	1398	1527	1600	1552	1491	1435	1406	1369	1301	1249
Toplam (W)		4913	5152	5359	5518	5639	5833	6068	6403	6675	6788	6763
270 derece	1001	559	561	573	592	612	677	784	904	1012	1079	1089
	1002	499	506	519	538	558	618	716	830	928	989	994
	1003	572	577	590	610	631	658	675	703	715	735	767
	1004	1065	1141	1186	1185	1171	1190	1189	1218	1205	1197	1207
	1005	386	391	406	423	440	456	469	473	477	475	476
	1006	361	356	361	361	370	380	394	408	417	427	436
	1007	305	305	305	305	307	308	310	312	313	314	315
	1008	711	798	935	1095	1244	1347	1391	1375	1328	1272	1232
Toplam (W)		4458	4635	4875	5109	5333	5634	5928	6223	6395	6488	6516
315 derece	1001	543	549	564	579	597	623	657	737	836	914	953
	1002	477	488	502	522	540	566	595	670	759	828	857
	1003	796	798	775	756	756	767	776	785	786	781	785
	1004	1169	1257	1289	1316	1304	1299	1301	1306	1295	1252	1230
	1005	398	396	403	406	422	447	477	505	525	536	535
	1006	361	356	361	361	370	380	394	408	417	427	436
	1007	305	305	305	305	307	308	310	312	313	314	315
	1008	765	790	843	910	1046	1270	1498	1697	1812	1838	1753
Toplam (W)		4814	4939	5042	5155	5342	5660	6008	6420	6743	6890	6864

Çizelge 4.34. CLTD Metoduna göre yapılan maksimum soğutma yükü analizi sonuçları

	0	45	90	135	180	225	270	315
1.KAT								
0101	494	603	761	727	641	811	879	743
0102	416	556	723	671	553	718	799	660
0103	754	725	646	823	889	750	491	595
0104	908	1029	1054	1111	962	874	804	935
0105	456	409	336	370	425	410	376	431
0106	135	135	135	135	135	135	135	135
0107	276	276	276	276	276	276	276	276
0108	1646	1311	697	1023	1412	1307	1057	1461
TOPLAM	5085	5044	4628	5136	5293	5281	4817	5236
	0	45	90	135	180	225	270	315
2.KAT								
0201	758	841	935	946	926	1084	1145	1000
0202	684	775	885	861	819	974	1052	902
0203	1007	1034	1024	1184	1239	1088	839	921
0204	1591	1713	1708	1765	1599	1508	1469	1556
0205	590	543	481	522	557	551	527	571
0206	556	556	556	556	556	556	556	556
0207	331	331	331	331	331	331	331	331
0208	2147	1789	1201	1386	1732	1681	1581	1971
TOPLAM	7664	7582	7121	7551	7759	7773	7500	7808
	0	45	90	135	180	225	270	315
10.KAT								
1001	714	757	918	885	822	1015	1089	953
1002	613	701	871	819	723	909	994	857
1003	961	932	888	1090	1165	1025	767	798
1004	1340	1505	1552	1614	1470	1382	1218	1316
1005	565	518	445	469	506	499	477	536
1006	436	436	436	436	436	436	436	436
1007	315	315	315	315	315	315	315	315
1008	2029	1701	1087	1309	1705	1600	1391	1838
TOPLAM	6963	6865	6512	6937	7142	7181	6687	7049
GENEL TOPLAM (W)	73360	72565	68108	72481	74507	74646	71504	74749

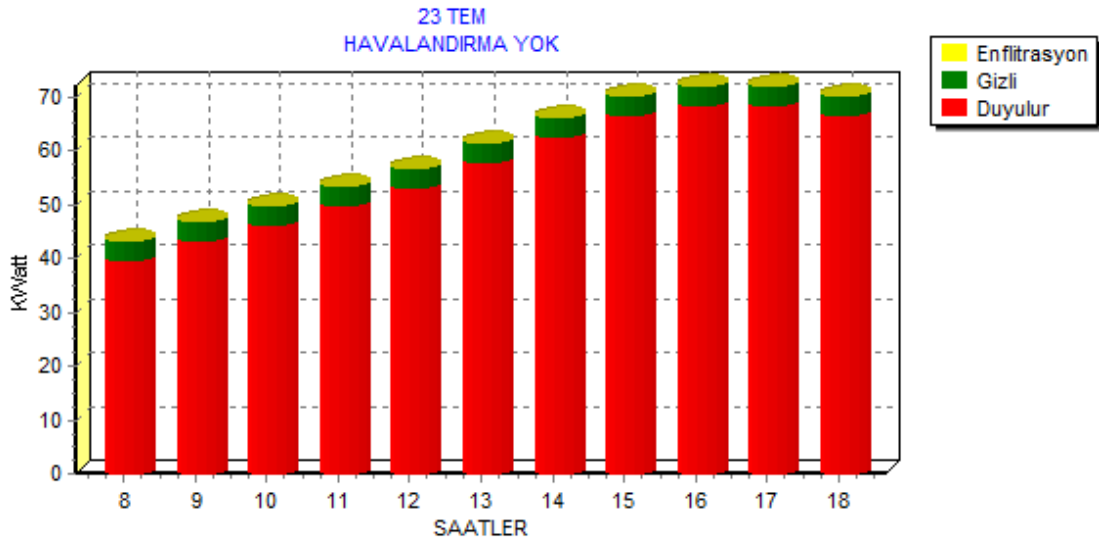
Çizelge 4.35. Binanın CLTD metoduna göre toplam soğutma yükü, havalandırma yükleri dahil, her ay ve saat için

SAATLER	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
23 Tem. (kW)											
MAHAL YÜKÜ											
Yapı Elemanları	19	23	26	30	33	38	42	47	48	48	47
Aydınlatma	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
İnsanlar-Duyulur	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Cihazlar-Duyulur	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
İnfiltrasyon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İnsanlar-Gizli	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Cihazlar-Gizli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAHAL DUY. TOP. ISI	40	43	46	50	53	58	63	67	69	68	67
TOP. ODA GİZLİ ISISI	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
HAVALANDIRMA YÜKLERİ											
Havalandırma Duyulur Isı Yükü	7	9	10	12	14	15	17	18	17	16	15
Havalandırma Gizli Isı Yükü	7	10	13	16	19	23	27	28	27	25	23
TOPLAM	57	65	73	81	90	100	110	116	116	113	109
24 Ağu.(kW)											
MAHAL YÜKÜ											
Yapı Elemanları	19	23	26	30	33	38	43	47	49	49	47
Aydınlatma	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
İnsanlar-Duyulur	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Cihazlar-Duyulur	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
İnfiltrasyon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İnsanlar-Gizli	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Cihazlar-Gizli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAHAL DUY. TOP. ISI	39	43	46	50	54	58	63	67	69	69	67
TOP. ODA GİZLİ ISISI	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
HAVALANDIRMA YÜKLERİ											
Havalandırma Duyulur Isı Yükü	7	9	10	12	14	15	17	18	17	16	15
Havalandırma Gizli Isı Yükü	7	10	13	16	19	23	27	28	27	25	23
TOPLAM	56	65	73	81	90	100	110	117	116	113	109

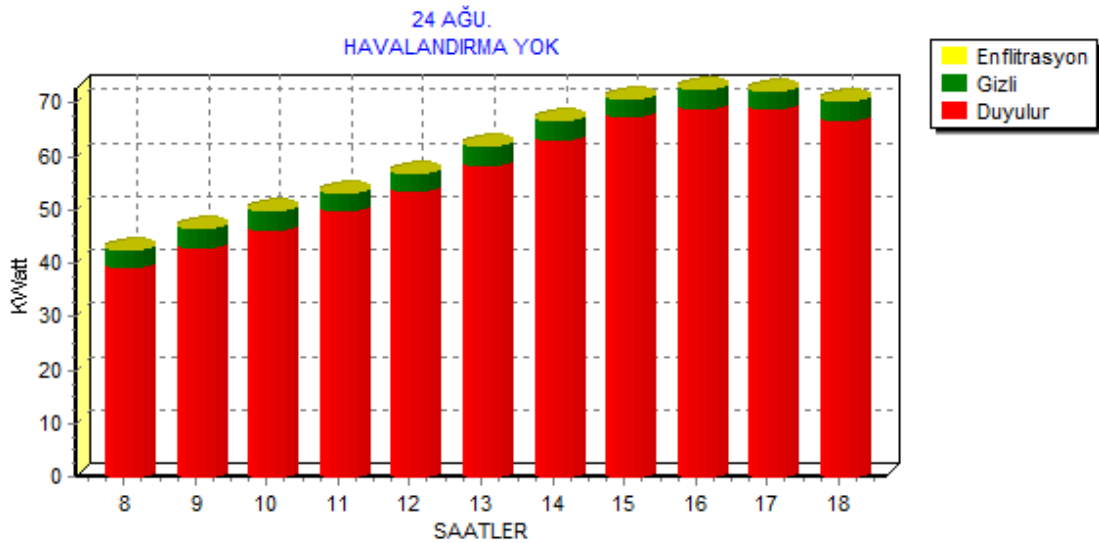
Çizelge 4.36. Binanın maksimum toplam soğutma yükü, havalandırma yükleri hariç, her ay ve saat için

SAATLER	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
23 Tem. (kW)	43	47	50	53	57	62	66	70	72	72	70
24 Ağu. (kW)	43	47	50	53	57	62	67	71	73	73	70

Havalandırma hariç bina toplam soğutma yükü grafikleri 23 Temmuz ve 24 Ağustos için Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’ de verilmiştir.

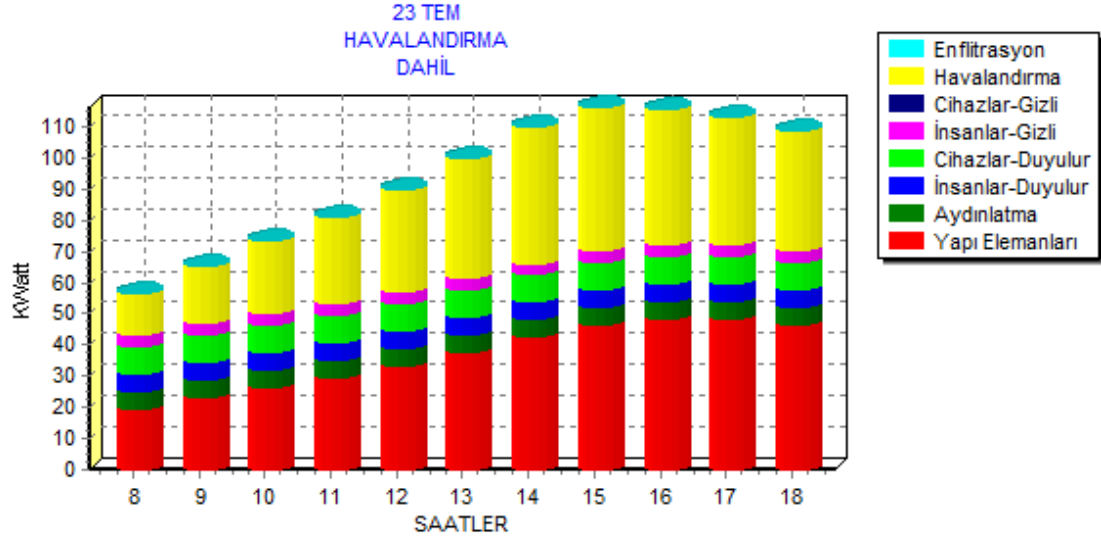


Şekil 4.4. CLTD Havalandırma hariç bina toplam soğutma yükü grafiği 23 Temmuz

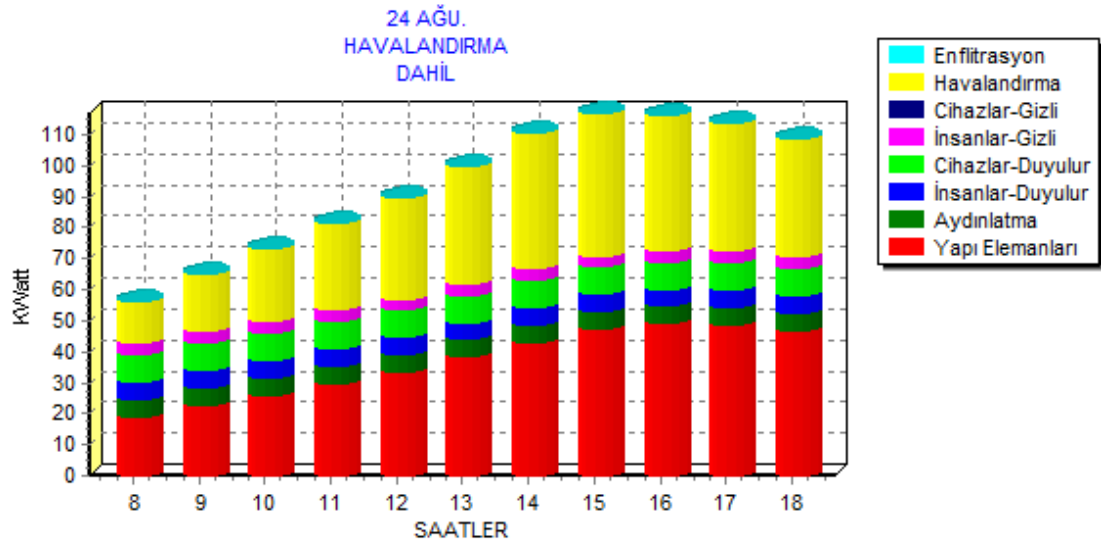


Şekil 4.5. CLTD Havalandırma hariç bina toplam soğutma yükü grafiği 24 Ağustos

Havalandırma dahil bina toplam soğutma yükü grafikleri 23 Temmuz ve 24 Ağustos için Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’ de verilmiştir.



Şekil 4.6. CLTD Havalandırma dahil bina toplam soğutma yükü grafiği 23 Temmuz



Şekil 4.7. CLTD Havalandırma dahil bina toplam soğutma yükü grafiği 24 Ağustos

TFM hesap metodu ile hesaplar Eş. (4.18)–(4.34)’ den kat 1, 2, 10 için hesaplanmıştır. Diğer ara katlardaki hesaplar kat 2 ile aynı değerleri vermiştir. Bu değerlerden her oda için maksimum değer seçilerek hesaplar yapılmış Çizelge 4.37–Çizelge 4.45’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.37. Kat 1 TFM Soğutma yükleri 0, 45, 90, 135 derece

0 derece	Saat	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
	Mahal Kat 1	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam
0101	450	465	484	509	532	557	576	597	612	626	643	
0102	300	312	322	337	348	361	369	379	384	389	398	
0103	622	668	694	696	685	691	690	701	704	703	706	
0104	655	729	796	848	882	925	945	963	966	960	962	
0105	377	383	393	406	419	438	462	488	513	531	539	
0106	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	
0107	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	
0108	511	542	582	633	679	782	937	1116	1281	1394	1427	
Toplam (W)	3326	3510	3682	3840	3956	4165	4390	4655	4871	5014	5086	
45 derece	0101	597	616	620	633	647	666	684	699	711	715	722
	0102	463	480	478	482	487	498	506	513	516	512	513
	0103	594	649	699	740	752	763	769	781	792	794	796
	0104	614	681	750	815	866	933	998	1063	1111	1131	1124
	0105	359	364	372	383	393	403	415	433	453	470	481
	0106	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
	0107	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
	0108	504	541	580	639	685	738	797	918	1063	1178	1244
Toplam (W)	3542	3742	3910	4103	4241	4412	4580	4818	5057	5211	5291	
90 derece	0101	624	669	695	698	688	693	693	703	706	704	707
	0102	532	578	605	607	595	599	595	602	600	594	594
	0103	482	511	557	614	669	714	745	761	771	775	782
	0104	503	544	607	684	757	845	937	1026	1102	1151	1170
	0105	322	325	327	331	335	340	343	348	351	354	359
	0106	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
	0107	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
	0108	485	518	558	609	654	701	734	771	794	815	846
Toplam (W)	3359	3556	3760	3954	4109	4303	4458	4622	4735	4804	4869	
135 derece	0101	582	635	681	720	730	737	742	751	760	760	761
	0102	448	499	539	569	570	569	564	565	565	558	551
	0103	491	506	534	569	620	690	760	826	874	903	904
	0104	497	528	570	627	693	783	874	988	1093	1166	1192
	0105	394	400	403	409	415	423	430	437	443	446	450
	0106	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
	0107	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
	0108	818	860	856	868	882	911	935	954	964	957	960
Toplam (W)	3641	3839	3994	4173	4321	4524	4716	4932	5110	5201	5229	

Çizelge 4.38. Kat 1 TFM Soğutma yükleri 180, 225, 270, 315 derece

	Saat	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
	Mahal Kat 1	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam
180 derece	0101	467	494	536	588	637	679	705	718	725	727	731
	0102	315	339	372	413	451	480	495	497	494	486	482
	0103	479	494	517	546	575	627	700	783	860	915	936
	0104	439	465	497	539	577	640	718	809	889	947	976
	0105	424	439	452	459	463	470	476	484	490	493	498
	0106	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
	0107	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
	0108	906	1016	1072	1062	1019	1016	997	1006	995	975	969
Toplam (W)		3441	3658	3857	4018	4133	4323	4502	4708	4864	4954	5003
225 derece	0101	482	496	522	554	600	666	731	793	838	864	863
	0102	345	357	376	399	437	493	549	602	638	655	648
	0103	483	501	525	559	589	622	656	717	786	842	877
	0104	619	654	674	711	744	787	829	894	966	1016	1051
	0105	391	407	422	435	440	445	449	455	460	462	464
	0106	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
	0107	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
	0108	776	904	1007	1083	1087	1085	1076	1079	1082	1065	1050
Toplam (W)		3507	3730	3937	4152	4308	4509	4701	4951	5181	5315	5364
270 derece	0101	478	492	514	542	569	619	688	767	840	892	911
	0102	361	375	393	417	438	481	544	616	683	728	742
	0103	467	483	505	535	562	592	615	639	658	675	695
	0104	657	718	765	792	803	831	846	875	888	896	914
	0105	341	348	360	373	387	398	406	410	413	414	416
	0106	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
	0107	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
	0108	494	556	650	763	868	951	998	1012	1011	999	994
Toplam (W)		3209	3383	3598	3833	4038	4283	4508	4730	4904	5015	5083
315 derece	0101	474	491	512	544	570	600	631	687	752	805	837
	0102	338	352	367	390	407	427	449	496	553	597	622
	0103	610	630	635	650	667	689	709	728	742	748	757
	0104	735	808	855	900	917	937	952	970	984	981	983
	0105	363	367	376	388	403	424	445	465	480	489	491
	0106	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
	0107	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
	0108	520	550	599	660	756	899	1044	1180	1273	1320	1303
Toplam (W)		3451	3609	3755	3943	4131	4387	4641	4937	5195	5351	5404

Çizelge 4.39. Kat 2 TFM soğutma yükleri 0, 45, 90, 135 derece

	Saat	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
	Mahal Kat 2	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam
0 derece	0201	564	608	657	711	763	814	859	891	894	896	901
	0202	407	446	484	526	564	602	634	655	649	642	640
	0203	771	856	921	961	988	1028	1061	1087	1075	1057	1045
	0204	931	1075	1214	1335	1440	1546	1629	1675	1650	1613	1585
	0205	436	457	482	510	538	570	608	640	659	670	672
	0206	298	340	382	424	466	503	540	556	540	522	504
	0207	297	303	308	314	319	324	329	331	329	327	324
	0208	722	808	902	1007	1107	1259	1461	1661	1805	1895	1905
Toplam (W)	4426	4893	5350	5788	6185	6646	7121	7496	7601	7622	7576	
45 derece	0201	711	760	793	834	877	923	966	993	994	985	980
	0202	570	614	640	671	703	739	771	789	781	766	754
	0203	743	837	925	1005	1055	1100	1140	1167	1163	1149	1134
	0204	889	1028	1168	1303	1424	1554	1682	1775	1795	1784	1747
	0205	418	438	461	487	512	536	561	585	599	609	614
	0206	298	340	382	424	466	503	540	556	540	522	504
	0207	297	303	308	314	319	324	329	331	329	327	324
	0208	715	807	900	1013	1113	1214	1321	1463	1588	1679	1721
Toplam (W)	4641	5127	5577	6051	6469	6893	7310	7659	7789	7821	7778	
90 derece	0201	738	812	868	899	918	950	975	997	988	974	964
	0202	639	713	767	796	811	839	860	878	865	847	835
	0203	632	699	784	879	971	1051	1116	1147	1142	1130	1120
	0204	778	891	1024	1172	1315	1466	1621	1737	1786	1805	1793
	0205	381	399	417	436	454	472	489	500	497	494	492
	0206	298	340	382	424	466	503	540	556	540	522	504
	0207	297	303	308	314	319	324	329	331	329	327	324
	0208	696	784	878	983	1082	1177	1259	1316	1318	1316	1324
Toplam (W)	4459	4941	5428	5903	6336	6782	7189	7462	7465	7415	7356	
135 derece	0201	696	778	854	921	960	994	1025	1045	1043	1031	1018
	0202	554	633	701	758	786	809	829	840	830	811	792
	0203	641	694	761	834	922	1027	1131	1212	1245	1257	1242
	0204	773	874	987	1115	1251	1404	1558	1699	1777	1820	1815
	0205	453	474	492	513	534	556	577	589	589	586	584
	0206	298	340	382	424	466	503	540	556	540	522	504
	0207	297	303	308	314	319	324	329	331	329	327	324
	0208	1029	1126	1176	1242	1310	1387	1459	1499	1489	1458	1438
Toplam (W)	4741	5222	5661	6121	6548	7004	7448	7771	7842	7812	7717	

Çizelge 4.40. Kat 2 TFM Soğutma yükleri 180, 225, 270, 315 derece

	Saat	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	
	Mahal Kat 2	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam
180 derece	0201	581	637	709	790	868	935	987	1012	1007	997	988
	0202	422	473	534	602	667	721	760	773	759	739	724
	0203	628	682	743	811	878	964	1071	1169	1231	1269	1274
	0204	715	812	915	1027	1135	1261	1402	1521	1573	1600	1599
	0205	483	513	541	563	582	603	622	636	636	633	631
	0206	298	340	382	424	466	503	540	556	540	522	504
	0207	297	303	308	314	319	324	329	331	329	327	324
	0208	1117	1281	1392	1436	1447	1492	1521	1552	1520	1476	1447
Toplam (W)		4541	5041	5524	5967	6362	6803	7232	7550	7595	7563	7491
225 derece	0201	596	639	694	755	831	922	1014	1087	1120	1134	1121
	0202	452	491	538	589	653	733	814	878	903	909	889
	0203	633	689	751	824	892	959	1027	1102	1157	1197	1215
	0204	895	1001	1092	1199	1303	1408	1513	1606	1650	1670	1674
	0205	450	481	511	539	560	578	596	607	606	602	598
	0206	298	340	382	424	466	503	540	556	540	522	504
	0207	297	303	308	314	319	324	329	331	329	327	324
	0208	987	1170	1327	1457	1515	1561	1600	1624	1606	1566	1528
Toplam (W)		4608	5114	5603	6101	6539	6988	7433	7791	7911	7927	7853
270 derece	0201	592	636	687	744	800	875	971	1061	1123	1162	1169
	0202	468	510	555	606	654	722	809	892	948	981	983
	0203	616	671	732	799	865	929	986	1025	1029	1029	1033
	0204	933	1065	1183	1280	1361	1452	1530	1586	1572	1550	1537
	0205	400	423	449	478	506	531	552	562	559	554	549
	0206	298	340	382	424	466	503	540	556	540	522	504
	0207	297	303	308	314	319	324	329	331	329	327	324
	0208	705	822	970	1137	1296	1428	1522	1558	1535	1500	1472
Toplam (W)		4309	4770	5266	5782	6267	6764	7239	7571	7635	7625	7571
315 derece	0201	588	635	685	745	801	856	914	981	1035	1075	1094
	0202	444	487	529	579	623	668	714	772	818	850	863
	0203	759	818	862	915	969	1026	1080	1113	1113	1102	1095
	0204	1011	1155	1272	1388	1475	1559	1636	1681	1668	1635	1606
	0205	422	441	466	492	523	557	591	617	626	629	624
	0206	298	340	382	424	466	503	540	556	540	522	504
	0207	297	303	308	314	319	324	329	331	329	327	324
	0208	732	816	919	1034	1184	1376	1569	1725	1797	1821	1780
Toplam (W)		4551	4995	5423	5891	6360	6869	7373	7776	7926	7961	7890

Çizelge 4.41. Kat 10 TFM Soğutma yükleri 0, 45, 90, 135 derece

0 derece	Saat	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
	Mahal Kat 10	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam
1001	679	693	712	736	759	783	802	822	837	851	869	
1002	515	526	536	550	561	573	581	591	596	600	610	
1003	922	967	993	994	983	988	986	997	1000	999	1003	
1004	1209	1281	1347	1397	1431	1472	1491	1509	1512	1506	1509	
1005	495	501	511	523	536	555	579	605	629	647	656	
1006	463	462	461	461	460	459	459	458	458	458	459	
1007	319	319	319	319	318	318	318	318	318	318	318	
1008	935	966	1004	1054	1100	1202	1356	1534	1699	1812	1846	
Toplam (W)	5537	5715	5883	6034	6148	6350	6572	6834	7049	7191	7270	
45 derece	1001	826	845	848	860	873	893	909	925	937	940	948
	1002	678	694	691	695	700	710	718	725	728	724	725
	1003	894	949	998	1038	1050	1059	1066	1077	1088	1091	1093
	1004	1168	1234	1301	1365	1414	1481	1544	1609	1656	1676	1671
	1005	477	482	490	500	510	520	531	549	570	586	598
	1006	463	462	461	461	460	459	459	458	458	458	459
	1007	319	319	319	319	318	318	318	318	318	318	318
	1008	928	965	1003	1061	1106	1157	1216	1336	1482	1596	1663
Toplam (W)	5753	5950	6111	6299	6431	6597	6761	6997	7237	7389	7475	
90 derece	1001	853	897	923	925	914	919	918	929	931	929	933
	1002	747	792	819	820	808	811	807	813	812	806	805
	1003	783	811	856	912	966	1011	1041	1057	1067	1072	1079
	1004	1057	1097	1158	1234	1306	1392	1483	1572	1648	1697	1717
	1005	441	443	445	449	452	456	460	464	468	471	476
	1006	463	462	461	461	460	459	459	458	458	458	459
	1007	319	319	319	319	318	318	318	318	318	318	318
	1008	910	942	981	1031	1074	1121	1153	1189	1212	1234	1266
Toplam (W)	5573	5763	5962	6151	6298	6487	6639	6800	6914	6985	7053	
135 derece	1001	811	863	909	947	956	964	968	977	986	986	987
	1002	662	713	752	782	783	781	776	776	777	769	763
	1003	791	806	833	868	917	987	1056	1122	1170	1199	1200
	1004	1051	1080	1121	1176	1242	1330	1421	1533	1639	1712	1739
	1005	512	518	521	526	532	540	547	554	560	563	567
	1006	463	462	461	461	460	459	459	458	458	458	459
	1007	319	319	319	319	318	318	318	318	318	318	318
	1008	1242	1284	1278	1290	1303	1331	1353	1372	1383	1375	1379
Toplam (W)	5851	6045	6194	6369	6511	6710	6898	7110	7291	7380	7412	

Çizelge 4.42. Kat 10 TFM Soğutma yükleri 180, 225, 270, 315 derece

	Saat	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	
	Mahal Kat 1	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	Toplam	
180 derece	1001	696	722	764	815	864	905	930	944	950	952	957	
	1002	530	553	586	626	663	692	706	709	705	698	694	
	1003	779	794	816	845	873	924	997	1079	1156	1211	1232	
	1004	993	1018	1048	1088	1125	1187	1265	1355	1435	1493	1523	
	1005	543	557	570	576	580	587	593	601	606	610	615	
	1006	463	462	461	461	460	459	459	458	458	458	458	459
	1007	319	319	319	319	318	318	318	318	318	318	318	318
	1008	1330	1439	1494	1484	1440	1435	1416	1425	1414	1393	1388	
Toplam (W)		5653	5864	6058	6214	6323	6507	6684	6889	7042	7133	7186	
225 derece	1001	711	724	749	781	827	892	957	1019	1063	1089	1089	
	1002	560	571	589	612	649	705	761	813	849	867	859	
	1003	784	801	824	857	886	919	953	1013	1082	1138	1174	
	1004	1173	1207	1225	1261	1293	1334	1375	1440	1512	1562	1598	
	1005	510	525	539	552	558	562	566	571	576	579	581	
	1006	463	462	461	461	460	459	459	458	458	458	458	459
	1007	319	319	319	319	318	318	318	318	318	318	318	318
	1008	1200	1328	1429	1505	1508	1505	1495	1497	1500	1484	1469	
Toplam (W)		5720	5937	6135	6348	6499	6694	6884	7129	7358	7495	7547	
270 derece	1001	707	721	742	769	796	845	914	993	1066	1117	1137	
	1002	576	589	607	630	650	693	756	828	894	939	954	
	1003	767	782	804	833	860	889	911	935	954	971	992	
	1004	1211	1271	1316	1342	1351	1378	1393	1420	1434	1442	1460	
	1005	460	467	477	491	504	515	523	527	529	531	533	
	1006	463	462	461	461	460	459	459	458	458	458	459	
	1007	319	319	319	319	318	318	318	318	318	318	318	
	1008	919	980	1072	1184	1288	1371	1417	1431	1429	1417	1413	
Toplam (W)		5422	5591	5798	6029	6227	6468	6691	6910	7082	7193	7266	
315 derece	1001	703	720	740	771	797	826	857	913	978	1030	1063	
	1002	552	567	581	603	619	639	661	708	764	808	834	
	1003	910	930	934	949	964	986	1006	1024	1038	1044	1054	
	1004	1289	1360	1406	1450	1465	1485	1498	1516	1529	1527	1530	
	1005	481	485	494	505	520	541	562	582	596	606	608	
	1006	463	462	461	461	460	459	459	458	458	458	459	
	1007	319	319	319	319	318	318	318	318	318	318	318	
	1008	945	974	1022	1081	1176	1319	1463	1598	1691	1739	1722	
Toplam (W)		5662	5817	5957	6139	6319	6573	6824	7117	7372	7530	7588	

Çizelge 4.43. TFM Metoduna göre yapılan maksimum soğutma yükü analizi sonuçları

	0	45	90	135	180	225	270	315
1.KAT								
0101	643	722	707	761	731	864	911	837
0102	398	516	607	570	497	655	742	622
0103	706	796	782	904	936	877	695	757
0104	966	1131	1170	1192	976	1051	914	984
0105	539	481	359	450	498	464	416	491
0106	135	135	135	135	135	135	135	135
0107	276	276	276	276	276	276	276	276
0108	1427	1244	846	964	1072	1087	1012	1320
TOPLAM	5090	5301	4882	5252	5121	5409	5101	5422
	0	45	90	135	180	225	270	315
2.KAT								
0201	901	994	997	1045	1012	1134	1169	1094
0202	655	789	878	840	773	909	983	863
0203	1087	1167	1147	1257	1274	1215	1033	1113
0204	1675	1795	1805	1820	1600	1674	1586	1681
0205	672	614	500	589	636	607	562	629
0206	556	556	556	556	556	556	556	556
0207	331	331	331	331	331	331	331	331
0208	1905	1721	1324	1499	1552	1624	1558	1821
TOPLAM	7782	7967	7538	7937	7734	8050	7778	8088
	0	45	90	135	180	225	270	315
10.KAT								
1001	869	948	933	987	957	1089	1137	1063
1002	610	728	820	783	709	867	954	834
1003	1003	1093	1079	1200	1232	1174	992	1054
1004	1512	1676	1717	1739	1523	1598	1460	1530
1005	656	598	476	567	615	581	533	608
1006	463	463	463	463	463	463	463	463
1007	319	319	319	319	319	319	319	319
1008	1846	1663	1266	1383	1494	1508	1431	1739
TOPLAM	7278	7488	7073	7441	7312	7599	7289	7610
GENEL TOPLAM (W)	74624	76525	72259	76189	74305	77408	74614	77736

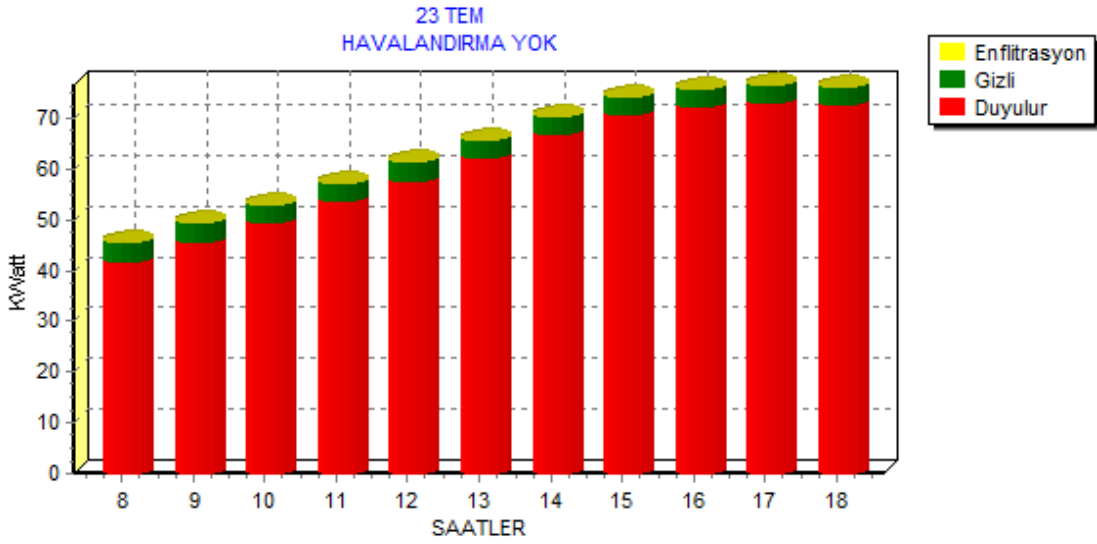
Çizelge 4.44. Binanın TFM metoduna göre toplam soğutma yükü, havalandırma yükleri dahil, her ay ve saat için

SAATLER	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
23 Tem. (kW)											
MAHAL YÜKÜ											
Yapı Elemanları	22	26	29	33	38	42	47	51	52	53	52
Aydınlatma	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
İnsanlar-Duyulur	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Cihazlar-Duyulur	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
İnfiltrasyon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İnsanlar-Gizli	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Cihazlar-Gizli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAHAL DUY. TOP. ISI	42	46	50	54	58	62	67	71	72	73	73
TOP. ODA GİZLİ ISISI	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
HAVALANDIRMA YÜKLERİ											
Havalandırma Duyulur Isı Yükü	7	9	10	12	14	15	17	18	17	16	15
Havalandırma Gizli Isı Yükü	7	10	13	16	19	23	27	28	27	25	23
TOPLAM	59	68	76	85	94	104	114	120	120	118	114
24 Ağu. (kW)											
MAHAL YÜKÜ											
Yapı Elemanları	21	25	29	33	37	42	47	50	52	53	52
Aydınlatma	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
İnsanlar-Duyulur	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Cihazlar-Duyulur	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
İnfiltrasyon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İnsanlar-Gizli	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Cihazlar-Gizli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAHAL DUY. TOP. ISI	41	45	49	53	57	62	67	71	72	73	72
TOP. ODA GİZLİ ISISI	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
HAVALANDIRMA YÜKLERİ											
Havalandırma Duyulur Isı Yükü	7	9	10	12	14	15	17	18	17	16	15
Havalandırma Gizli Isı Yükü	7	10	13	16	19	23	27	28	27	25	23
TOPLAM	58	67	75	84	94	104	114	120	119	117	114

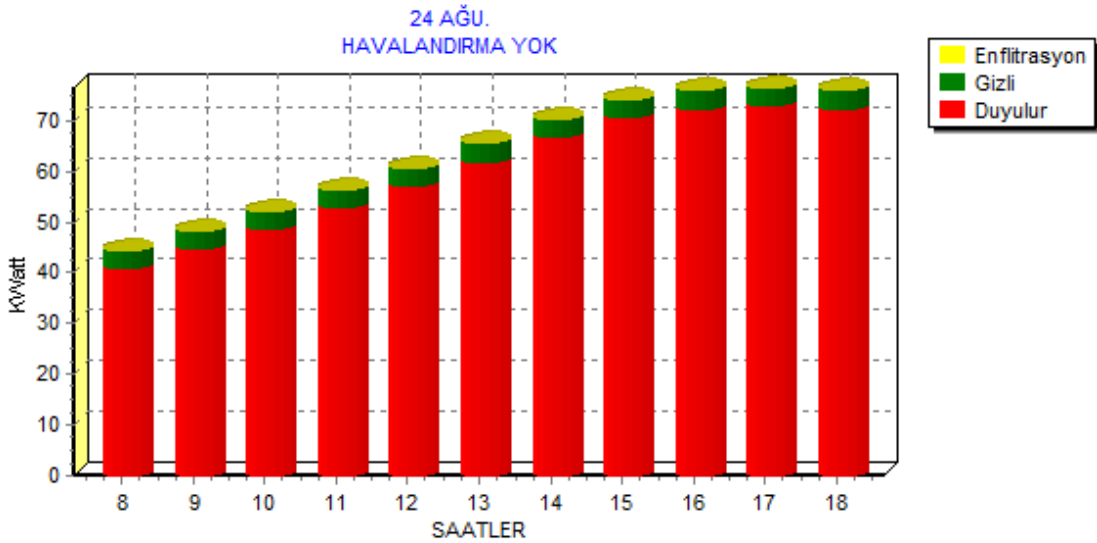
Çizelge 4.45. Binanın maksimum toplam soğutma yükü, havalandırma yükleri hariç, her ay ve saat için

SAATLER	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
23.Tem. (kW)	46	49	53	57	61	66	70	74	76	77	76
24 Ağu. (kW)	44	48	52	57	61	66	70	74	76	77	76

Havalandırma hariç bina toplam soğutma yükü grafikleri 23 Temmuz ve 24 Ağustos için Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’ da verilmiştir.

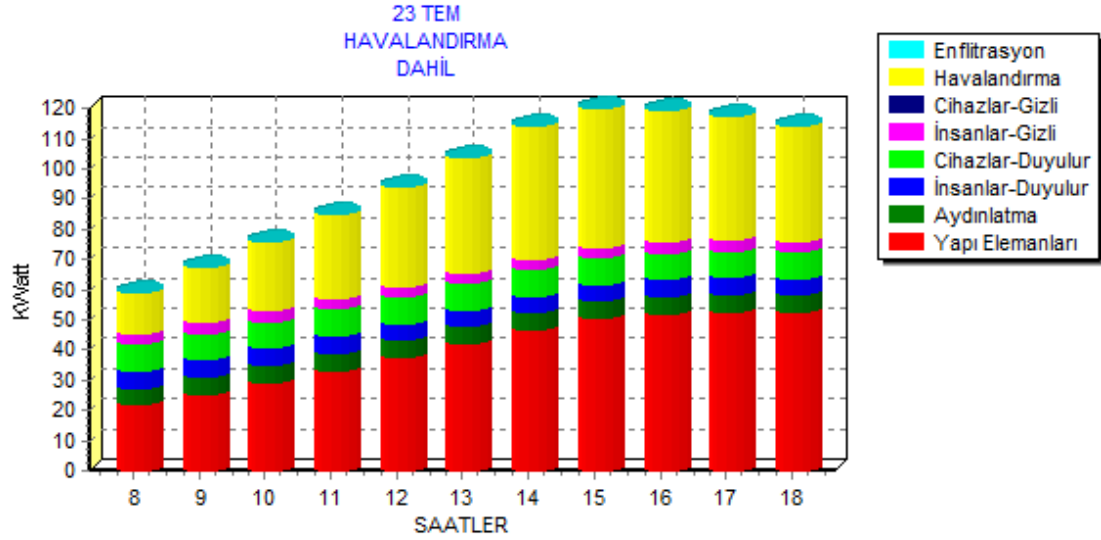


Şekil 4.8. TFM Havalandırma hariç bina toplam soğutmayükü grafiği 23 Temmuz

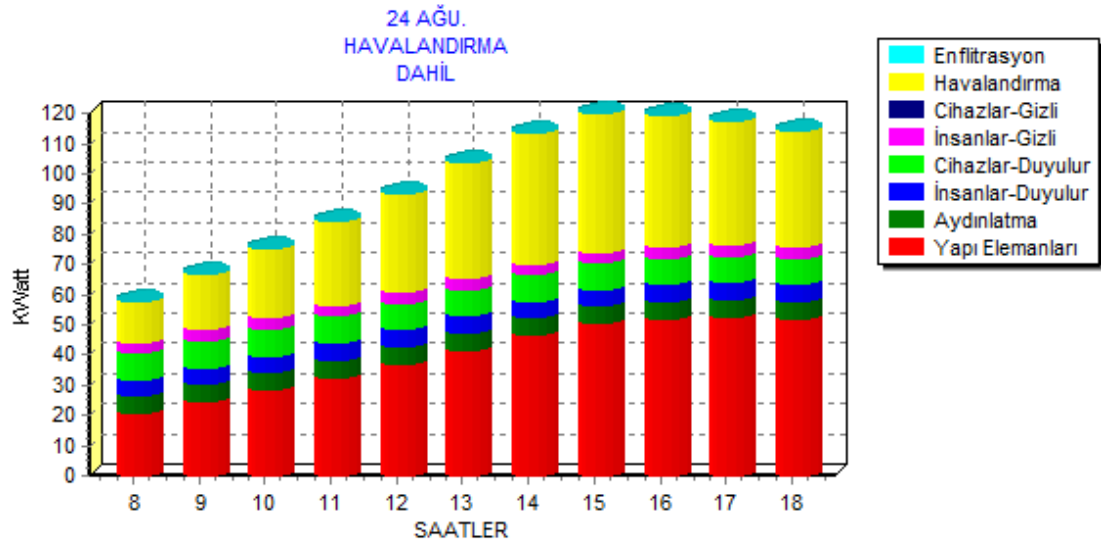


Şekil 4.9. TFM Havalandırma hariç bina toplam soğutma yükü grafiği 24 Ağustos

Havalandırma dahil bina toplam soğutma yükü grafikleri 23 Temmuz ve 24 Ağustos için Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’ de verilmiştir.



Şekil 4.10. TFM Havalandırma dahil bina toplam soğutma yükü grafiği 23 Temmuz



Şekil 4.11. TFM Havalandırma dahil bina toplam soğutma yükü grafiği 24 Ağustos

5. TERMODİNAMİK ANALİZ

Bu tez çalışmasında öncelikle bina yönüne bağlı olarak soğutma yükü hesaplamaları soğutma yükü sıcaklık farkı metodu (CLTD) ve transfer fonksiyonu metodu (TFM)' ye göre bölüm 4' de verilmiştir. Bu bölümde primer enerji kaynağından bina kabuğuna kadar olan enerji ve ekserji akış analizleri yapılmıştır. Çizelge 5.1' de enerji-ekserji kavramlarının karşılaştırılması verilmiştir.

Çizelge 5.1. Enerji, ekserji kavramlarının karşılaştırılması [38]

Enerji	Ekserji
Sadece madde yada enerji parametrelerine bağlıdır, çevresel parametrelere bağlı değildir.	Madde, enerji ve çevre parametrelerine bağlıdır.
Sıfırdan farklı değerleri vardır.(Einstein'ın bağıntısına göre mc^2 'ye eşittir.	Çevreyle denge durumunda ölü haldedir ve sıfıra eşittir.
Tüm prosesler için termodinamiğin birinci yasasıyla gösterilir.	Sadece tersinir prosesler için termodinamiğin birinci yasasıyla gösterilir (Tersinmez proseslerde kısmen yada tamamen yok olur)
Tüm prosesler için termodinamiğin ikinci yasasıyla sınırlıdır.	Termodinamiğin ikinci yasası nedeniyle tersinir prosesler için sınırlı değildir.
Hareket yada hareketi üretme kabiliyetidir.	İş yada iş yapabilme kabiliyetidir.
Proseste her zaman korunur, ne vardan yok edilir ne de yoktan varedilir.	Tersinir proseslerde korunur ama tersinmez proseslerde her zaman tüketilir.
Miktarın(niceliğin) bir ölçüsüdür.	Niceliğin ve entropi nedeniyle niteliğin bir ölçüsüdür.

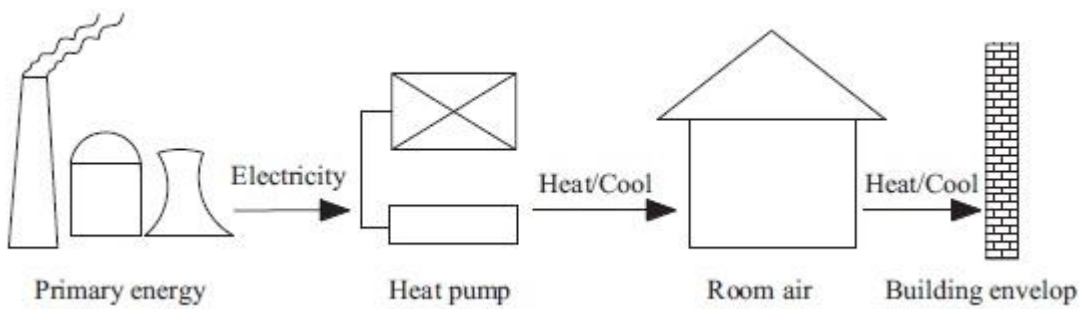
Binalardaki enerji akış hesaplamaları genellikle termodinamiğin birinci yasasına (enerji analizi) bağlı olarak yapılmaktadır. Enerji analizinde, tüm proses için gerekli temel enerji hesaplanır ve soğutma sistemi gücü belirlenir. Fakat enerji analizi tek başına enerji kullanım proseslerinin bütün davranışlarını incelemek için yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, binalardaki enerji akışını daha iyi tanımlayabilmek için termodinamiğin ikinci yasa analizi (ekserji analizi) yapılması gerekmektedir. Ekserji, tersinmez sistemlerdeki veya proseslerdeki entropi üretiminden kaynaklanan kullanılabilir enerjideki kayıp olarak veya bir sistem referans çevre sıcaklığı ile eşit duruma geldiğinde sistem tarafından üretilen maksimum iş miktarı olarak tanımlanır. Ekserji, enerji gibi bir korunum

kanunu değildir, aksine herhangi bir gerçek prostedeki tersinmezliklerden dolayı ekserjinin tüketileceğini veya kaybolacağını ifade eder [39].

Tüm analizde önemli bir adım, mevcut yapıların enerji ihtiyacının belirlenmesidir. Hesaplamalar, binanın ısı enerji ihtiyacını içermekte fakat bina enerji sağlayıcılarından doğan enerji ihtiyaçlarını içermemektedir. Yapının ekserji yükü, analizdeki ısı ihtiyacına bağlıdır. Bu çalışmadaki tüm enerji ihtiyaçları, Avrupa Standardı EN ISO 13790 ile uyumlu Alman Enerji Korunumu Yönetmeliği'ne (German Energy Conservation Regulation EnEV) göre hesaplanmıştır [40].

Yapı boyunca enerji akış dengelerini kurabilmek için tüm olası etkiler göz önüne alınmalıdır. Enerji akışlarının hesaplanması enerji binaya gelmeden önce yapılmalıdır. Detaylı bir enerji akış analizi için, Şekil 5.1' de görüldüğü gibi kaynaktan kullanım noktasına kadar olan enerji akışı göz önüne alınmalıdır [39].

Enerjinin akış şeması Şekil 5.1 ile gösterilmiştir. Bu şemada birincil enerji ile gerçekleştirilen enerji üretimi elektrik enerji olarak sistemde kullanılacak ısı pompası'na aktarılmaktadır. Isı pompası soğutma yapılacak mahal'e enerjisini aktarmaktadır. Oda havasının soğuması bina kabuğuna kadar etki etmektedir.



Şekil 5.1. Enerji akış şeması [17]

5.1. Enerji Analizi

Enerji analizinin yapılaş amacı, bir sistemde enerji giriş ve çıkışlarının belirlenmesidir. Enerji tüketmekte olan tüm cihazlar için bu analiz yapılabilir. Giren enerjinin hedeflenen amaçlar doğrultusunda kullanılıp kullanılmadığını hakkında bilgi verir. Bu analiz ile enerjinin nasıl kullanıldığını ve nasıl iyileştirmeler yapılacağı hakkında yardımcı olmaktadır. Enerji analizi termodinamiğin birinci yasasına göre yapılmıştır.

Eş. (5.1) ile \dot{Q}_{Ge} üretim sisteminin enerjisi için gereken eşitliklerdir. Q odanın içindeki havanın enerji çıkış oranıdır. COP ise sistemin soğutma etkinlik katsayısı olarak hesaplanmıştır.

$$\dot{Q}_{Ge} = \frac{Q}{COP} \quad (5.1)$$

Soğutma etkinlik katsayısı COP soğutma sistemi için (5.2) nolu eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır [17].

$$COP_c = (-0,0834 * t_{o,c}) + 6,5368 \quad (5.2)$$

Eş. (5.3) ile belirtilen $P_{aux,E}$ ısı enerji yayma sisteminin elektrik veya yardımcı enerji talebi olarak hesaplanmıştır. $p_{aux,e}$ (0,00016) [39].

$$P_{aux,E} = p_{aux,e} \times \dot{Q}_c \quad (5.3)$$

Eş. (5.4) ile belirtilen $P_{aux,D}$ dağıtım sistemindeki pompanın elektrik için yardımcı güç talebi olarak hesaplanmıştır. $p_{aux,d}$ (0,00931) [39].

$$P_{aux,D} = p_{aux,d} \times \dot{Q}_c \quad (5.4)$$

Eş. (5.5) ile belirtilen $P_{aux,G}$ tetikleyici kompresör için üretim sisteminin yardımcı enerji talebi olarak hesaplanmıştır. $p_{aux,g}$ (0,01) [39].

$$P_{aux,G} = p_{aux,g} \times \dot{Q}_c \quad (5.5)$$

Eş. (5.6) ile binanın toplam enerji ve ekserji yüklerinin primer enerji ve ekserji girişleri hesaplanmıştır. F_p (1) ve $F_{p_{electricity}}$ değeri (3)'dür [39].

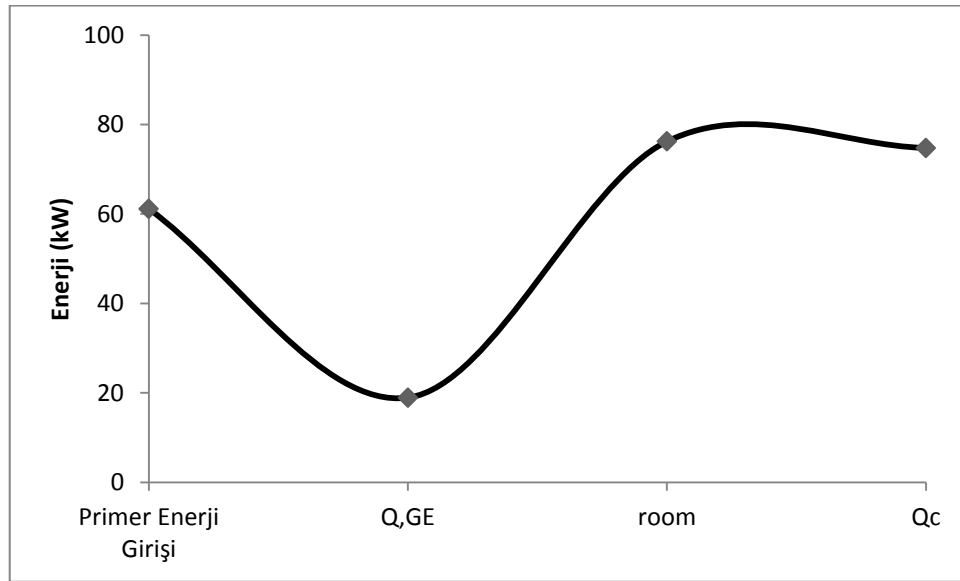
$$\text{Primer Enerji Girişi} = \dot{Q}_{Ge} \times F_p + (P_{aux,G} + P_{aux,D} + P_{aux,E}) \times F_{p_{electricity}} \quad (5.6)$$

CLTD metoduna göre bina yönünün döndürülmesiyle değişen soğutma yüklerinin enerji analizi sonuçları Çizelge 5.2' de hesaplanmıştır.

Çizelge 5.2. CLTD Metoduna göre enerji analizi

\dot{Q}_c (W)	$COP_{,c}$	$\dot{Q}_{,Ge}$	$P_{aux,E}$ (W)	$P_{aux,D}$ (W)	$P_{aux,G}$ (W)	Primer Enerji Girişi(W)
73360	3,95	18572,15	11,7376	682,982	733,6	60001,41
72565	3,95	18370,89	11,6104	675,58	725,65	59351,18
68108	3,95	17242,53	10,8973	634,085	681,08	55705,78
72481	3,95	18349,62	11,597	674,798	724,81	59282,48
74507	3,95	18862,53	11,9211	693,66	745,07	60939,55
74646	3,95	18897,72	11,9434	694,954	746,46	61053,24
71504	3,95	18102,28	11,4406	665,702	715,04	58483,38
74749	3,95	18923,8	11,9598	695,913	747,49	61137,48

Şekil 5.2' de CLTD metoduna göre maksimum soğutma yükü değeri için enerji akış grafiği verilmiştir.



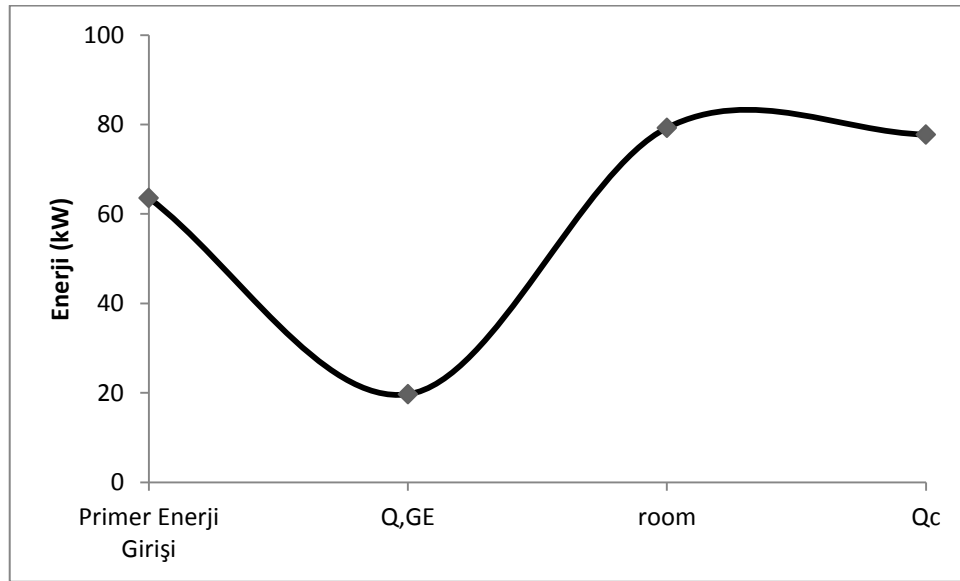
Şekil 5.2. CLTD Metoduna göre enerji akış grafiği

TFM metoduna göre bina yönünün döndürülmesiyle değişen soğutma yüklerinin enerji analizi sonuçları Çizelge 5.3' de hesaplanmıştır.

Çizelge 5.3. TFM Metoduna göre enerji analizi

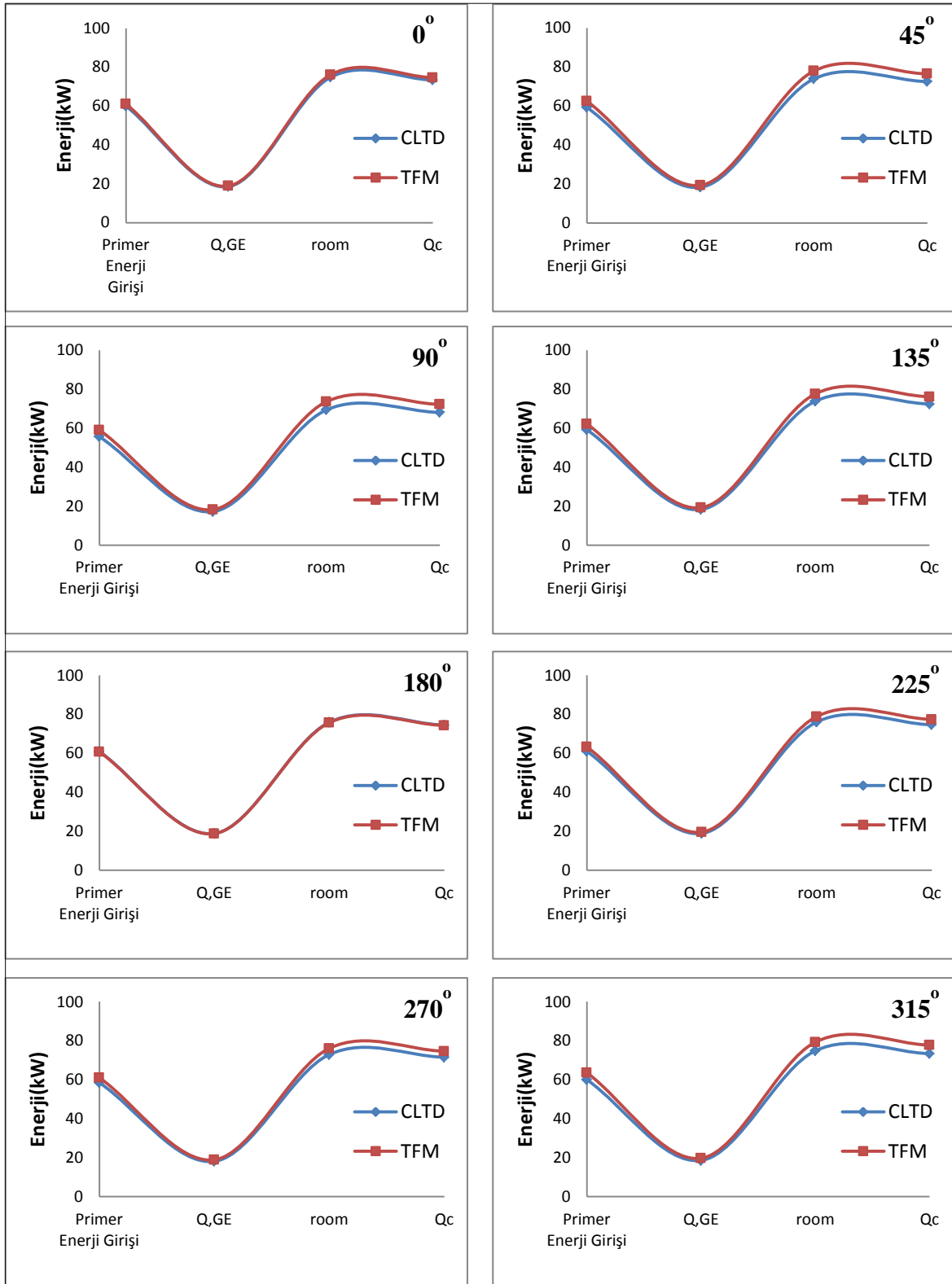
\dot{Q}_c (W)	COP_{sc}	\dot{Q}_{Ge}	$P_{aux,E}$ (W)	$P_{aux,D}$ (W)	$P_{aux,G}$ (W)	Primer Enerji Girişi(W)
74624	3,95	18892,15	11,9398	694,749	746,24	61035,24
76525	3,95	19373,42	12,244	712,448	765,25	62590,08
72259	3,95	18293,42	11,5614	672,731	722,59	59100,90
76189	3,95	19288,35	12,1902	709,32	761,89	62315,26
74305	3,95	18811,39	11,8888	691,78	743,05	60774,33
77408	3,95	19596,96	12,3853	720,668	774,08	63312,29
74614	3,95	18889,62	11,9382	694,656	746,14	61027,06
77736	3,95	19680,00	12,4378	723,722	777,36	63580,56

Şekil 5.3' de maksimum soğutma yükü değeri için TFM metoduna göre enerji akış grafiği verilmiştir.



Şekil 5.3. TFM Metoduna göre enerji akış grafiği

Bina yönünün döndürülmesi ile elde edilen enerji akış grafikleri Şekil 5.4’ de verilmiştir.



Şekil 5.4. Bina yönünün döndürülmesi ile elde edilen enerji akış grafikleri

5.3. Ekserji Analizi

Ekserji, kullanılabilen maksimum enerji olarak tanımlanır. Termodinamiğin birinci yasasına göre yapılan enerji analizi kullanılabilir maksimum enerjiyi miktarını tayin etmekte yetersiz kalmakta bu sebeple termodinamiğin ikinci yasasına göre ekserji analizi yapılmaktadır. Sistemlerin verilen enerji miktarına göre ne kadar verimli olduklarını, sistemlerden çekebilecekleri en fazla iş el edilir.

Ekserji analizi hesaplarının yapılabilmesi için gerekli olan eşitlikler aşağıda verilmiştir. Ekserji analizi için kullanılan parametreler Çizelge 5.4 ile gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. Ekserjetik hesaplar için kullanılan parametreler

$t_o(\text{K})$	299,15
$T_{en,de}(\text{K})$	289,30
$T_{en,c}(\text{K})$	293,15
$T_{le,c}(\text{K})$	298,15
$T_{oi}(\text{K})$	304,15
$c_p(\text{kJ/kgK})$	0,718
$\Delta t (^{\circ}\text{C})$	5
$d_{en}(\text{kg/kg dry air})$	0,0115
$d_{le}(\text{kg/kg dry air})$	0,01
d_o	0,011
$R(\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1})$	287
$c_{p,dryair}(\text{J/kg}^{-1}\text{K}^{-1})$	1006
$c_{p,vapor}(\text{J/kg}^{-1}\text{K}^{-1})$	1805

5.3.1. Bina Kabuğunun Ekserji Analizi

Kararlı hal durumunda bina duvarlarının enerji dengesi Eş. (5.7) ile gösterilmiştir [17].

$$\bullet Q_{in} = Q_{out} \quad (5.7)$$

Eş. (5.7)' de Q_{in} bina duvarının içine giren termal enerji akışıdır. Q_{out} bina duvarından dış havaya geçen termal enerji akışıdır.

Eş. 5.7 ile gösterilen ekserji dengesi eşitliğidir [17].

$$\bullet \frac{Q_{in}}{T_r} + Sg = \frac{Q_{out}}{T_o} \quad (5.8)$$

Eş. (5.8)'de T_r hesap yapılan odanın iç sıcaklığı, T_o odanın dış sıcaklığı, Sg entropi üretim oranıdır (W/m^2K).

Eş. (5.8) deki eşitlik içler dışlar çarpımı ile aşağıdaki gibi hesaplanmıştır [17].

$$\bullet \frac{T_o}{T_r} Q_{in} + SgT_o = Q_{out} \quad (5.9)$$

Eş. (5.7) Eş. (5.9) yerine konularak aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır [17].

$$\bullet \left(1 - \frac{T_o}{T_r}\right) Q_{in} - SgT_o = 0 \quad (5.10)$$

$(1 - T_o/T_r)$ ekserji akışının dışarıya ulaşana kadar binanın duvar yüzeyine giren ekserji akışı ve toplam tüketilen ekserjidir.

Binaların ısı kazancı ile sahip olmuş olduğu soğutma yükünün ekserjisi eşitlik (5.11) ile hesaplanmıştır [17]. Eş. (5.11)' de T_{oi} saatlik dış sıcaklık, $T_{en,de}$ soğutma sezonunda üniteye giren havanın çiylenme noktası sıcaklığıdır (289,3 K).

$$\bullet Ex_c = \sum Q_c \times \left(\frac{T_{oi}}{T_{en,de}} - 1\right) \quad (5.11)$$

Eş. (5.12) ile bir ısı değiştiricisinin saatlik kütle akış oranı hesaplanmıştır [17]. $m_{air,c}$ saatlik kütle akış oranı, c_p havanın özgül ısısı (J/kgK), Δt üniteden ayrılan ve üniteye giren havanın sıcaklık farkıdır.

5.3.2. Oda Havaasının Ekserji Analizi

- $m_{air,c} = \frac{\dot{Q}_c}{c_p \Delta t}$ (5.12)

Soğutma modunda bir odanın nemsizleştirilme gereksinimi kimyasal ekserji ile ilişkilendirilir. Üniteye giren havanın saatlik kimyasal ekserjisi Eş. (5.13) ile hesaplanmıştır [17].

- $EX_{ch,en} = R \left(\frac{1+d_{en}}{34.522+55.508d_{en}} \right)^{-1} T_o \left[\left(\frac{d_{en}}{0.622+d_{en}} \right) \ln \left(\frac{d_{en}}{d_o} \right) + \ln \left(\frac{0.622+d_o}{0.622+d_{en}} \right) \right]$ (5.13)

Üniteden çıkan havanın saatlik kimyasal ekserjisi ise Eş. (5.14)' de hesaplanmıştır [17]. Burada R molar gaz sabitidir(8,314 Jmol⁻¹K⁻¹).d_o saatlik dış hava nemi, d_{en} üniteye giren havanın nemi(0,0115 kg/kg kuru hava),d_{le} üniteden çıkan havanın nemi(0,01 kg/kg kuru hava)

- $EX_{ch,le} = R \left(\frac{1+d_{le}}{34.522+55.508d_{le}} \right)^{-1} T_o \left[\left(\frac{d_{le}}{0.622+d_{le}} \right) \ln \left(\frac{d_{le}}{d_o} \right) + \ln \left(\frac{0.622+d_o}{0.622+d_{le}} \right) \right]$ (5.14)

Saatlik kimyasal ekserjide artış Eş. (5.15) ile hesaplanmıştır [17].

- $\Delta EX_{ch} = m_{air,c}(EX_{ch,le} - EX_{ch,en})$ (5.15)

Üniteye giren havanın saatlik fiziksel ekserjisi Eş. (5.16) ile hesaplanmıştır [17].

- $EX_{ph,en} = \left(\frac{0.622c_{p,dryair}+d_{en}c_{p,vapor}}{0.622+d_{en}} \right) \left[(T_{en,c} - T_o) T_o \ln \left(\frac{T_{en,c}}{T_o} \right) \right]$ (5.16)

Üniteden çıkan havanın saatlik fiziksel ekserjisi Eş. (5.17) ile hesaplanmıştır [17].

- $EX_{ph,le} = \left(\frac{0.622c_{p,dryair}+d_{le}c_{p,vapor}}{0.622+d_{le}} \right) \left[(T_{le,c} - T_o) T_o \ln \left(\frac{T_{le,c}}{T_o} \right) \right]$ (5.17)

Saatlik fiziksel ekserjide artış Eş. (5.18) ile hesaplanmıştır [17].

- $\Delta EX_{ph} = m_{air,c}(EX_{ph,le} - EX_{ph,en})$ (5.18)

Soğutma modunda oda havaasının biriken ekserjisi Eş. (5.19) ile hesaplanmıştır [17].

- $EX_{room,c} = \sum \Delta EX_{ch} + \Delta EX_{ph} + EX_c$ (5.19)

5.3.3. Hava Koşullandırıcısının Ekserji Analizi

Hava koşullandırıcısının soğutma etkinlik katsayısı Eş. (5.20) ile hesaplanmıştır [17].

$$\bullet \text{ COP} = \frac{Q}{E} \quad (5.20)$$

Eş. (5.20) kullanılarak Eş. (5.21)' e dönüştürülmüştür [18]. Burada E elektrik gücü girişi ve Q oda havasına giren enerjinin çıkış oranıdır.

$$\bullet E = \frac{Q}{\text{COP}} \quad (5.21)$$

Soğutma döneminde iç sıcaklığın 26°C farzedilerek deneysel eşitlik, Eş. (5.22) ile hesaplanmıştır [17]. $t_{o,c}$ soğutma döneminde dış havanın saatlik sıcaklığıdır.

$$\bullet \text{ COP}_c = -0,0834t_{o,c} + 6,5368 \quad (5.22)$$

Soğutma döneminde hava koşullandırıcısının sağladığı ekserji Eş. (5.23) ile hesaplanmıştır [17].

$$\bullet \text{ Ex}_{hp,c} = \sum \frac{\dot{Q}_c}{\text{COP}_c} \quad (5.23)$$

5.3.4. Primer Enerjinin Ekserji Analizi

Primer enerji sistemi için kömür yakıcı olarak farzedilmiştir. Soğutma için primer ekserji Eş. (5.24) ile hesaplanmıştır [17]. τ_{coal} kömürün en yüksek ısıtma değeri için kimyasal ekserji oranıdır ve o değer 0,96'dır. η (0,35) güç satralinin verimliliğidir.

$$\bullet \text{ Ex}_{pr,c} = \tau_{\text{coal}} \frac{\text{Ex}_{hp,c}}{\eta} \quad (5.24)$$

Sistemin ekserji verimliliği Eş. (5.25) ile hesaplanmıştır [17].

$$\bullet \psi = \frac{\text{Ex}_{out}}{\text{Ex}_{in}} \quad (5.25)$$

Eş. (5.26) ile soğutma döneminde ekserji verimliliği hesaplanmıştır [17].

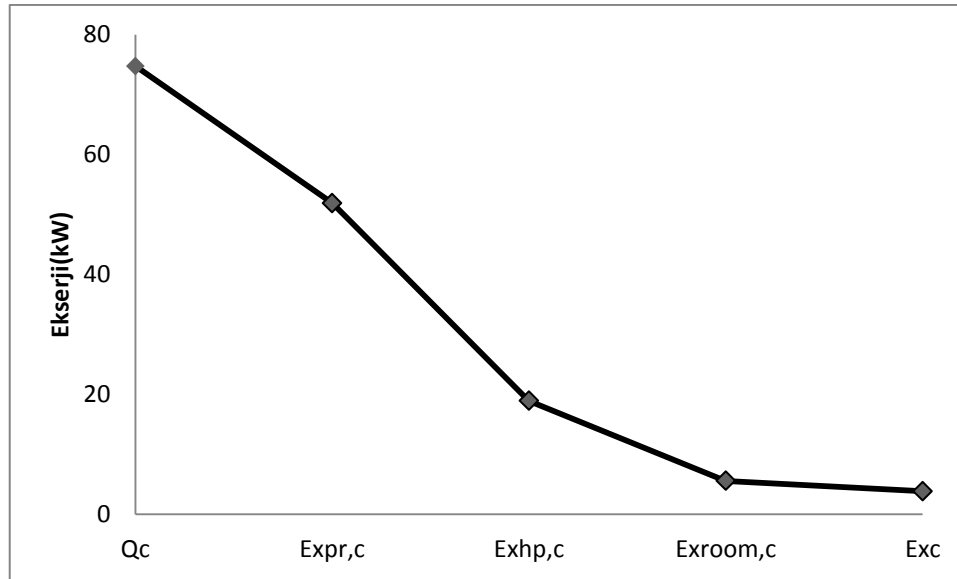
$$\bullet \psi_c = \frac{\text{Ex}_c}{\text{Ex}_{pr,c}} \quad (5.26)$$

Ekserji analiz sonuçları aşağıdaki çizelgeler ile detaylı bir şekilde gösterilmiştir. Çizelge 5.5 ile CLTD Metodu yöntemi ile elde edilen değerlerin ekserji analiz sonuçları hesaplanmıştır.

Çizelge 5.5. CLTD Metodu ekserji analiz sonuçları

Soğutma Yükü(\dot{Q}_c) (W)	73360	72565	68108	72481	74507	74646	71504	74749
E_{xc}	3765,63	3724,82	3496,04	3720,51	3824,50	3831,64	3670,36	3836,93
$E_{xch,en}$	-5,29	-5,29	-5,29	-5,29	-5,29	-5,29	-5,29	-5,29
$E_{xch,le}$	-216,77	-216,77	-216,77	-216,77	-216,77	-216,77	-216,77	-216,77
ΔE_{xch}	1200,46	1187,45	1114,51	1186,07	1219,23	1221,50	1170,09	1223,19
$E_{ph,en}$	134,36	134,36	134,36	134,36	134,36	134,36	134,36	134,36
$E_{ph,le}$	39,27	39,27	39,27	39,27	39,27	39,27	39,27	39,27
ΔE_{xph}	539,76	533,91	501,12	533,29	548,20	549,22	526,10	549,98
$E_{xroom,c}$	5505,84	5465,04	5236,25	5460,72	5564,72	5571,86	5410,57	5577,14
$COP_{,c}$	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95
$E_{xhp,c}$	18565,57	18364,38	17236,42	18343,12	18855,85	18891,03	18095,86	18917,09
$E_{xpr,c}$	50922,71	50370,86	47277,04	50312,55	51718,90	51815,39	49634,37	51886,88
Exergy Efficiency	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07

Şekil 5.5' de maksimum soğutma yükü değeri için CLTD metodu ile hesaplanan sistemin ekserji akış grafiği gösterilmiştir.



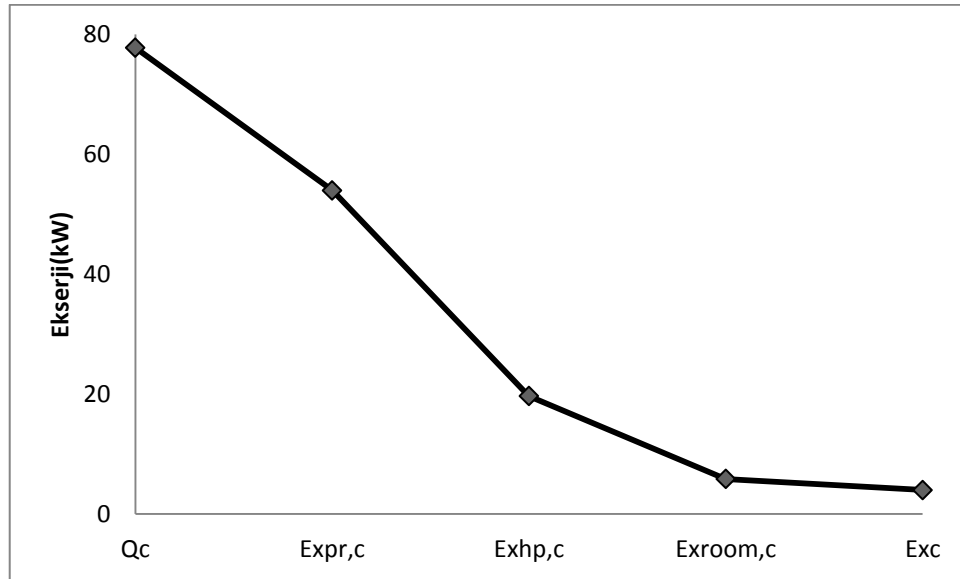
Şekil 5.5. CLTD Metoduna göre ekserji akış grafiği

Çizelge 5.6 ile TFM Metodu yöntemi ile elde edilen değerlerin ekserji analiz sonuçlarına hesaplanmıştır.

Çizelge 5.6. TFM Metodu ekserji analiz sonuçları

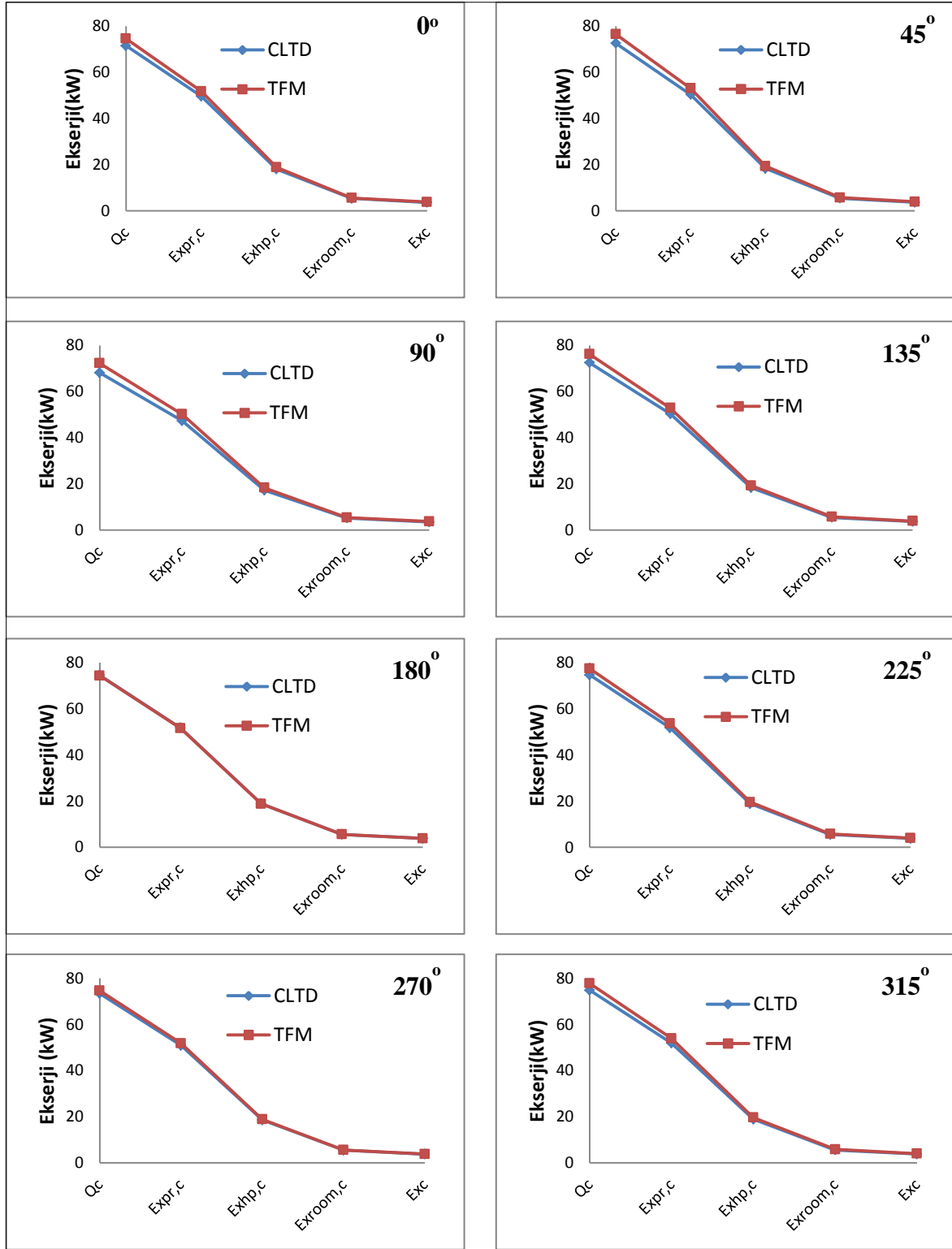
Soğutma Yükü(\dot{Q}_c) (W)	74624	76525	72259	76189	74305	77408	74614	77736
E_{xc}	3830,51	3928,09	3709,11	3910,84	3814,13	3973,41	3830,00	3990,25
$E_{xch,en}$	-5,29	-5,29	-5,29	-5,29	-5,29	-5,29	-5,29	-5,29
$E_{xch,le}$	-216,77	-216,77	-216,77	-216,77	-216,77	-216,77	-216,77	-216,77
ΔE_{xch}	1221,14	1252,25	1182,44	1246,75	1215,92	1266,70	1220,98	1272,07
$E_{ph,en}$	134,36	134,36	134,36	134,36	134,36	134,36	134,36	134,36
$E_{ph,le}$	39,27	39,27	39,27	39,27	39,27	39,27	39,27	39,27
ΔE_{xph}	549,06	563,05	531,66	560,57	546,71	569,54	548,99	571,96
$E_{xroom,c}$	5600,71	5743,38	5423,21	5718,17	5576,77	5809,66	5599,96	5834,27
COP_{9c}	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95
$E_{xhp,c}$	18885,46	19366,55	18286,94	19281,52	18804,73	19590,02	18882,93	19673,03
$E_{xpr,c}$	51800,11	53119,69	50158,45	52886,46	51578,68	53732,62	51793,17	53960,30
Exergy Efficiency	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07

Şekil 5.6' da maksimum soğutma yükü değeri için TFM metodu ile hesaplanan sistemin ekserji akış grafiği gösterilmiştir.



Şekil 5.6. TFM Metoduna göre ekserji akış grafiği

Bina yönünün döndürülmesi ile elde edilen ekserji akış grafikleri Şekil 5.7’ de verilmiştir.



Şekil 5.7. Bina yönünün değiştirilmesi ile elde edilen ekserji akış grafikleri

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında sistem tasarımını önemli derecede etkileyen soğutma yükü analizleri FineHVAC bilgisayar programı kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplarda, soğutma yükü sıcaklık farkı metodu (CLTD) ve transfer fonksiyonu metodu (TFM) kullanılmıştır. Soğutma yükünün bina yönü ile değişimi analiz edilmiş ve birincil enerji kaynağından bina kabuğuna kadar olan enerji ve ekserji akış hesaplamaları yapılmıştır.

8.1. Sonuçlar

Binaların enerjii verimli bir şekilde kullanabilmeleri için tasarım şartlarının net bir şekilde belirlenmesi gereklidir. Bu çalışmada Bina Yönünün Soğutma Yüküne Etkisinin Enerjetik ve Ekserjetik Değerlendirmesi hesapları yapılmıştır. Binanın 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°, açılarla döndürülmesi ve değişen açı değerleri ile enerji ve ekserji hesapları her açı değeri için hesaplanmıştır.

Binanın yönünün soğutma yüküne etkisinin değişen açı değerleri değişen enerji ve ekserjileri karşılaştırılmış, çizelgeler ve grafikler halinde verilmiştir.

- Bu çalışmada bina yönünün soğutma yüküne etkisi CLTD ve TFM metodları ile hesaplanmış ve enerjetik ve ekserjetik analizi gerçekleştirilmiştir.
- Mahallerin ihtiyaç duyduğu soğutma yükü değerleri 08:00 ve 18:00 saatleri arasında mahal mahal ve kat kat hesaplanmış çizelge ve grafikler ile gösterilmişlerdir.
- CLTD Metodu için binanın maksimum soğutma yükü değeri 315° bina yönü olması durumunda 74,749 kW, minimum soğutma yükü değeri 90° bina yönü olması durumunda 68,108 kW'dır.
- TFM Metodu için binanın maksimum soğutma yükü değeri 315° bina yönü olması durumunda 77,736 kW, minimum soğutma yükü değeri 90° bina yönü olması durumunda 72,259 kW'dır.

- Bina yönünün güneydoğu cepheli olması toplam soğutma yükünü maksimum değere getirmekte, kuzey cepheli olması toplam soğutma yükünü minimum değere getirmektedir.
- CLTD ve TFM metodu için binanın katlar içerisinde maksimum soğutma yüküne ihtiyaç duyduğu katlar 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 katlarda olurken sonra 10. katda minimum soğutma yükü ihtiyacı 1. katta elde edilmiştir.
- CLTD metodu ile Binanın Toplam Soğutma Yükü (Havalandırma Yükleri Hariç) saat 16:00 ve 17:00 saatlerinde maksimum değerlerine ulaşmaktadır. 23 Temmuz'da 70 kW 24 Ağustosta 71 kW'dır.
- CLTD metodu ile Binanın Toplam Soğutma Yükü (Havalandırma Yükleri Dahil) saat 15:00' da maksimum değerine oluşmakta ve değeri 117 kW' dır.
- TFM metodu ile Binanın Toplam Soğutma Yükü (Havalandırma Yükleri Hariç) saat 17:00 saatlerinde maksimum değerlerine ulaşmaktadır. 23 Temmuzda 77 kW 24 Ağustosta 77 kW' dır.
- TFM metodu ile Binanın Toplam Soğutma Yükü (Havalandırma Yükleri Dahil) saat 15:00' da maksimum değerine oluşmakta ve değeri 120 kW' dır.
- Bina için oluşan soğutma yüklerinin yüzdesel dağılım olarak % 38,8' i yapı elemanlarından, % 5,2 aydınlatma ve aynı değerde insanlar duyulur yükünden, % 7,8' i cihazlar duyulur yükünden, % 3,5' i insanlar gizli yükünden, % 15,5'i havalandırma duyulur ısı yükünden, % 24' ü havalandırma gizli yükünden meydana gelmektedir.
- Soğutma yüklerinin yüzdesel dağılımı incelendiğinde yapı elemanlarından gelen soğutma yükünün genel dağılımda etkili olduğu görülmekte ardından havalandırma duyulur ısı yükünün etkili olduğu görülmektedir. Yüzdesel dağılımda en az etkiyi bu örnek bina için cihazların oluşturmuş olduğu soğutma yükü olarak belirlenmiştir.
- Havalandırma yüklerinin maksimum olduğu saatler 14:00 ve 15:00 saatleri olduğu belirlenmiştir.
- Soğutma yükünü arttıran etkilerin mahallerin alan ve hacimleri, yapı malzemelerinin özellikleri, pencere ve kapıların alanları ve malzemeleri, taban ve taban döşeme malzemeleri, insan ve cihaz, havalandırma olduğunu belirlenmiştir.

- Kullanılan iki farklı metodun CLTD ve TFM' de elde edilen değerlerin farklı olmasında yapılan kabullerin, kullanılan katsayıların ve düzeltme katsayılarının, metodların sahip oldukları yapı elemanları tablolarının, malzemelerin ve termodinamik özellikler etkili olmuştur.
- Enerji analizi ile sistemin toplam COP'si 1' in üzerindedir.
- Ekserji verimliliği değeri % 7 olarak hesaplanmıştır.

Bu sonuçlar doğrultusunda bina yönün soğutma yüküne etkisi net bir şekilde görülmektedir. Binaların inşaat aşaması öncesi bu hesapların yapılması binaların kendi içerisinde tasarruf sağlaması bunun yaygınlaşarak ülke ekonomisine katkı sağlanmasına etki edecektir.

8.2. Öneriler

- Soğutma yükü analizleri yapılırken saatlik veriler dikkate alınmalı, mahaller tek tek hesaba katılmalı ve yöne bağlı oluşan toplam soğutma yükü değerlerinden maksimumu seçilerek işlemler yapılmalıdır.
- Maksimum soğutma yükü belirlendikten sonra enerji ve ekserji analizleri yapılması daha doğru sonuçları elde etmeyi sağlayacaktır.
- Yaz dönemi soğutma yüklerinin azaltılması kurulacak soğutma sisteminin kapasitesini düşürecek daha ekonomik bir seçim ve tasarruf sağlayacaktır.
- Yapı malzemelerinin ısı iletim katsayılarının düşürülmesi, pencere ve kapı alanlarının görsel görünümü ve konforu bozmayacak şekilde küçültmek, mahal alanlarının gereksiz büyütmek, ihtiyaç dışı havalandırma yapmamak, bina yönünün kuzey cephe olması soğutma yüklerinin azaltılması için gerekli olan etkilerdir.
- Kullanılacak hesap parametreleri titizlikle seçilmeli basit metodlarla soğutma yükleri hesaplanmamalı detaylı aylık ve saatlik veriler dikkate alınarak soğutma yükleri bulunmalı ve sistem kurulmalıdır.

- Yanlış hesaplanan bir soğutma yükü değeri istenilen komfor şartlarının sağlananaması ve enerjinin bilinçsiz ve tasarrufsuz kullanılmasına neden olacaktır.

Ülkemiz enerjinin büyük bir bölümünü ithal ederek kullandığı için tasarrufun önemi her alanda değer kazanmaktadır. Bireysel kullanımdan sanayi tipi enerji kullanımına kadar enerjinin doğru bir şekilde kullanılması ekonomik olarak bir avantaj sağlayacaktır. Bireysel ve toplu konutlarda bu tarz iyileştirmeler yapılarak bilinçli inşaat projelerinin çizilmesi ve uygulanması tasarrufa katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Aktacir, M. A., Büyükalaca, O., Yılmaz, T., 2003, ‘‘Soğutma Yüğü Hesabında Kullanılan Yöntemler’’ *14.Ulusal Isı Bilimi ve Tekniğı Kongresi*, Isparta, 64-69
2. Bulut, H., Durmaz, A. F., Aktacir, M. A., 2006, ‘‘İklimlendirme Sistemleri için Soğutma Yüğü Hesap Yöntemlerinin Karşılaştırılması’’, Türk Tesisat Mühendisleri Derneğı, *VII. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu, 8-10 Mayıs 2006, İstanbul*.
3. Erkmen, F. İ., Gedik Zorer, G., 2007, ‘‘Örnek Bir Konutun Farklı Yöntemlerle Hesaplanan Soğutma Yüğülerinin Karşılaştırılması: Antalya Ve Diyarbakır Örneğı’’, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 143-163
4. Mui, K.W., Wong, L.T., 2007, ‘‘Cooling load calculations in subtropical climate’’, *Building and Environment*, 42 (2007) 2498–2504
5. Aktacir, M. A., Büyükalaca, O., Bulut, H., Yılmaz, T., 2008, ‘‘ Influence of different outdoor design conditions on design cooling load and design capacities of air conditioning equipments’’, *Energy Conversion and Management* 49 (2008) 1766–1773
6. Li, Q., Meng, Q., Cai, J., Yoshino, H., Mochida, A., 2009, ‘‘ Applying support vector machine to predict hourly cooling load in the building’’, *Applied Energy* Volume 86, Issue 10, October 2009, Pages 2249–2256
7. Bölükbaşı, D. Ç., 2009, ‘‘ Bir Plastik Fabrikasının Soğutma Yüğüünün Hesaplanması Ve Soğutma Sisteminin Enerji Tüketimi Optimizasyonu’’, Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*
8. Wong, S.L. Kevin K.W. Wan, Danny H.W. Li, Joseph C. Lam, 2010, ‘‘ Impact of climate change on residential building envelope cooling loads in subtropical climates’’, *Energy and Buildings* 42 (2010) 2098–2103
9. Fouda, A., Melikyan, Z., 2010, ‘‘ Assessment of a modified method for determining the cooling load of residential buildings’’, *Energy* 35 (2010) 4726-4730
10. Yavuz, H., 2010, ‘‘ Isı Kazancı Hesaplamalarında Cltd/Clf İle Rts Metotlarının Karşılaştırılması’’, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*
11. Ergün, A., 2010, ‘‘ 80.000 M2’lik Isıtma Soğutma İhtiyacı Olan Bir Alışveriş Merkezinin Enerji Ve Ekserji Analizi’’, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*
12. Demirtaş, A., 2011, ‘‘Farklı İklim Bölgelerinde Otel Yapılarının Isıtma Ve Soğutma Yüğüleri Açısından Karşılaştırılması’’, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*

13. Kulkarni, K., Sahoo, P.K., Mishra, M. 2011, ‘‘ Optimization of cooling load for a lecture theatre in a composite climate in India’’, *Energy and Buildings* 43 (2011) 1573–1579
14. Sahar N. Kharrufaa, Adil, Y., 2012, ‘‘ Upgrading the building envelope to reduce cooling loads’’, *Energy and Buildings* 55 (2012) 389–396
15. Cirit, A., 2012, ‘‘ Binalarda Güneş Kontrol Elemanlarının Soğutma Enerjisi Yüklerine Etkisinin İrdelenmesine İlişkin Bir Çalışma’’, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*
16. Şahinoğlu, S., 2012, ‘‘ Gölge Elemanlarının Pencerenin Isıtma/Soğutma Enerjisi Ve Görsel Konfor Performansına Etkisinin Değerlendirilmesi’’, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*
17. Zhoua, Y., Gong, G., 2013, ‘‘ Exergy analysis of the building heating and cooling system from the power plant to the building envelop with hourly variable reference state’’, *Energy and Buildings* 56 (2013) 94–99
18. Feng, J. D., Bauman, F., Schiavon, S., 2014, ‘‘ Experimental comparison of zone cooling load between radiant and air systems’’, *Energy and Buildings* 84 (2014) 152–159
19. Kalfa, S. M., 2014, ‘‘ Türkiye İklim Bölgelerinde Konut Binaları İçin Isıtma Ve Soğutma Yüklerinin Belirlenmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım’’, Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*
20. Evola, G., Marletta, L., 2015, ‘‘ The Solar Response Factor to calculate the cooling load induced by solar gains’’, *Applied Energy* 160 (2015) 431–441
21. Kalfa, S. M., Yaşar, Y., 2015, ‘‘ Soğutma Yüklerinin Hesaplanmasında Kullanılan Yöntemler Ve Karşılaştırılması: İlköğretim Okulu Örneği’’, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt 20, Sayı 2, 2015
22. Zamal, O. A., 2015, ‘‘ Duvar Ve Düz Tavanlar İçin Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı (Sysf) Değerlerinin Teorik Ve Deneysel İncelenmesi’’, Doktora Tezi, *Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*
23. Yıldız, A., Ersöz, M. A., Altner, A., Bilki, T. B., 2015, ‘‘ Soğutma Yükü Hesaplarının Bilgisayar Destekli Analizi’’, *TESKON 2015 Binalarda Enerji Performansı Sempozyumu*, İzmir, 1343-1352
24. 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.
25. Mao, C. ve Haberl, J.S., 2013, Literature Review on the History of Building Peak Load and Annual Energy Use Calculation Methods In the USA, *Energy System Laboratory Report, Texas A&M University*.

26. ASHRAE, 2010, *Fundamentals, Chapter 28 –Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations*, Atlanta, USA.
27. Box, G.E.P., and Jenkins, G.M., 1976, “Time Series Analysis: Forecasting and Control”, Oakland, CA: Holden-Day, Inc.
28. Eskin, N., Türkmen, H. İ., 2003, “Konut Dışı Binaların Soğutma Yüklerinin Transfer Fonksiyonu Yöntemi ile Hesaplanması”, *Türk Tesisat Mühendisleri Derneği*, VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Ve Sergisi, 2003.
29. İnternet: http://dms.hvacpartners.com/docs/1004/public/01/hap_ehelp_004.pdf
30. SPITLER, J.D., MCQUISTON, F.C., LINDSEY K., 1993, ” The CLTD/SCL/CLF Cooling Load Calculation Method”, *ASHRAE Transactions*, 99(1), 183-192
31. SPITLER, J.D., FISHER, D.E., PEDERSEN, C.O., 2001, “The Radiant Time Series Cooling Load Calculation *Procedure*”, *ASHRAE Fundamentals Handbook*
32. Büyükalaca, O., Yılmaz, T., Ünal, Ş., Cihan, E., Hürdoğan, E., 2011 “ Işınım Zaman Serisi (RTS) Yöntemi ile Bir Otobüsün Soğutma Yükünün Hesaplanması ”, *6 th International Advanced Technologies Symposium*, Elazığ, Turkey.
33. İnternet: <http://www.4msa.com.tr/FineHvacTR.html>
34. Dr. Brent Stephens, 2013, Cooling Loads, CAE 331/513 Building Science Fall 2013 Lecture 9: November 4, 2013, *Built Environment Research*
35. ASHRAE Fundamentals Handbook 1993, Nonresidential Cooling and Heating Load Calculation Procedures, Chapter 26
36. ASHRAE, 2001, Fundamentals Handbook, Nonresidential Cooling and Heating Load Calculation Procedures, Chapter 29
37. ASHRAE, 2005, Heat balance (HB) method, Handbook SI Edition, American Society of heating, Refrigerating and air conditioning engineer, Inc.
38. Dinçer, İ., “The Role of Exergy in Energy Policy Making”, *Energy Policy*, Cilt No: 30, Sayfa: 137-149, 2002
39. Güngör, A., Yıldız, A., “Yapılarda Enerji ve Ekserji Analizi” , *Bildiriler Kitabı, IV. Ege Enerji Sempozyumu 21-22-23 Mayıs 2008 İzmir*
40. ENEV 2004: “Die Energieeinsparverordnung”, *German Energy Conservation Regulation*, Web Homepage: <http://enev-online.info/index.htm>.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, İsim : BİLKİ, Tahir Berkay
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 01.10.1992 Eskişehir
Medeni Hali : Bekar
Telefon : 0 (544) 422 18 99
E-mail : tahirberkaybilki@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Uşak Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı	2016
Lisans	Uşak Üniversitesi, Makine Mühendisliği	2014
Lise	Eskişehir Mehmetçik Lisesi	2010

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2015	Altınar Mühendislik	Makine Mühendisliği

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

- ERSÖZ Mustafa Ali, YILDIZ Abdullah, ALTINER Ali, BİLKİ Tahir Berkay, (2015). Bir Binanın Farklı Yöntemlerle Tasarlanan İklimlendirme Kanallarının Karşılaştırılması. 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 2709-2719.
- YILDIZ Abdullah, ERSÖZ Mustafa Ali, ALTINER Ali, BİLKİ Tahir Berkay, (2015). Soğutma Yüğü Hesaplamalarının Bilgisayar Destekli Analizi. 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 1343-1352.

Hobiler

Fotoğrafçılık, kişisel gelişim, araştırma, inceleme kitapları, İngilizce, tasarım, gezi, çadır kampı, doğal yaşam aktiviteleri