

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

128764

FARKLI ISI KAZANCI HESAP METODLARININ
İŞLETME VE KONTROL PARAMETRELERİ
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ VE OPTİMİZASYONU

Müh. İlker Devrim ATALAY

F.B.E Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Isı –Proses Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hasan HEPERKAN

Prof. Dr. Doğan Uzgür

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
BÜYÜK MÜHÜR MERKEZİ

Doç. Dr. U. KEŞİN

İSTANBUL, 2002

Prof. Dr. Hasan Heparcan

İÇİNDEKİLER

KISALTIMA LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
ÖNSÖZ.....	vii
ÖZET	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. YÜK BİLEŞENLERİNİN TANIMI.....	2
3. İKLİM VERİLERİ.....	5
3.1. İklim Verilerinde Simülasyon.....	6
3.2. ASHRAE İklim Veriler	7
3.3. Güneşin Tesiri ve Güneş-Hava Sıcaklığı Kavramı.....	9
4. SOĞUTMA YÜKÜ KAVRAMI – TRANSFER FONKSİYONU METODU	15
4.1. Ortam Soğutma Yüğü	15
4.2. Soğutma Yüğüne Etki Eden Faktörler Ve Bunların Genel Olarak Hesaplanması	16
4.3. Geçiş Fonksiyonu ile Soğutma Yüğüünün Hesaplanması :	17
4.4. Geçiş Fonksiyonu Yöntemi ile Soğutma Yüğü Hesabında Ortam Bileşenleri	17
4.4.1. Yapı Elemanlarından Olan Isı Kazancı	17
4.4.1.1. Duvarlar – Çatıdan Olan Isı Kazancı.....	17
4.4.1.2. İç Yüzeylerden Olan Isı Kazancı.....	21
4.4.1.3. Pencere Alanlarından Olan Isı Kazancı.....	21
4.4.2. Aydınlatma Sonucu Oluşan Isı Kazancı.....	26
4.4.3. İnsanlardan Kaynaklanan Isı Kazancı	28
4.4.4. Elektrikli, Gazlı ve Buharlı Cihazlardan Olan Isı Kazancı.....	29
4.4.5. Elektrik Motorlarından Olan Isı Kazancı	34
4.4.6. Havalandırma ve Enfiltrasyondan Olan Isı Kazancı	36
4.4.6.1. Havalandırma.....	36
4.4.6.2. Enfiltrasyon.....	37
4.4.6.3. Soğutma yüğü hesaplarında kullanılan havalandırma ve enfiltrasyonun eşitlikler	39
5. ISI KAZANCI DEĞERLERİNDEN SOĞUTMA YÜĞÜNÜN BULUNMASI.....	41
5.1. Mahal Geçiş Fonksiyonları.....	41
5.2. Isının Ortamdan Uzaklaştırma Analizi	44
5.3. Çevreye ısı iletimi.....	45
6. SAYISAL UYGULAMA.....	48
6.1. Hesaplamaların Yapılacağı Mahalin Özelliklerinin Belirtilmesi.....	48

6.2.	Sayısal Uygulamanın Çözümü	50
7.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	67
	KAYNAKLAR.....	70
	ÖZGEÇMİŞ.....	71



KISALTMA LİSTESİ

ASHRAE	American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
TRY	Tipik Referans Yılı
TETD	Total Equivalent Temperature Differential
TA	Time Averaging
TFM	Transfer Function Method
RTF	Room Transfer Function
CTF	Conduction Transfer Function
SC	Shading Coefficient
SGHF	Solar Heat Gain Factors
NBS	Nötr Basınç Seviyesi
STAF	Space Air Transfer Function



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 4.1	Isı Kazancı ve Soğutma Yüğü Arasındaki Isı Akışının Şematik Olarak Gösterilmesi	15
-----------	---	----



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1	Ashrae Formatında Altı İstasyondaki Sıcaklık İstatistikleri	9
Çizelge 3.2	Günlük Sıcaklık Aralığı Yüzdesi	12
Çizelge 3.3	Temmuz 21 ve 40 ⁰ Kuzey Enlemi için Güneş-Hava Sıcaklıkları	13
Çizelge 3.4	Temmuz 21 ve 40 ⁰ Kuzey Enlemi için Güneş-Hava Sıcaklıkları	14
Çizelge 4.1 :	Çatı ve Duvarlardaki İnşaat Malzemelerinin Kod Numaraları ve Isıl Özellikleri	18
Çizelge 4.2 :	Duvarlar için İletimle Isı Geçiş fonksiyonu (CTF) Katsayıları	19
Çizelge 4.3 :	Çatılar için İletimle Isı Geçiş fonksiyonu (CTF) Katsayıları	20
Çizelge 4.4:	40 ⁰ Kuzey Enlemi için Dik Güneş Işınımı ve SHGF Değerleri	23
Çizelge 4.5	Tek Cam ve Yalt. cam için SC katsayıları	25
Çizelge 4.6 :	İnsanlardan Olan Duyulur ve Gizli Isı Kazancı Değerleri	28
Çizelge 4.7:	Ticari Pişirme Cihazları Kullanma , Işınım ve Yük faktörleri	31
Çizelge 4.8:	Ticari Pişirme Cihaz Verimleri	31
Çizelge 4.9:	Cihazlardan Olan Isı Kazanç Değerleri	32
Çizelge 4.10:	Çeşitli Ev Aletlerinden Olan Isı Kazanç Değerleri	33
Çizelge 4.11:	Bazı Büro makinalarından Olan Isı Kazanç Değerleri	34
Çizelge 4.12:	Standart Bazı Motorlar için Özellik ve Isı Kazancı Değerleri	36
Çizelge 4.13:	Maks. Motor Yüklenmesi Halinde Motor Gücü Çarpım Katsayıları	37
Çizelge 5.1:	Salon Geçiş Fonksiyonları (RTF) : w Katsayıları	42
Çizelge 5.2:	Salon Geçiş Fonksiyonları : v ₀ , v ₁ Katsayıları	43
Çizelge 5.3:	Salon Geçiş Fonksiyonları : v ₀ , v ₁ Katsayıları (Aydınlatma için)	43
Çizelge 5.4	Boyutsuz Ortam Havası Geçiş Fonksiyonunu Katsayıları	45
Çizelge 6.1:	Sayısal Uygulama Verileri ve Sonuçlar Tablosu	55
Çizelge 6.2:	İşletme 1 için Uygulama Verileri ve Sonuçlar Tablosu	60
Çizelge 6.3:	İşletme 2 için Uygulama Verileri ve Sonuçlar Tablosu	61
Çizelge 6.4:	İşletme 3 için Uygulama Verileri ve Sonuçlar Tablosu	62
Çizelge 6.5:	İşletme 4 için Uygulama Verileri ve Sonuçlar Tablosu	63
Çizelge 6.6:	İşletme 5 için Uygulama Verileri ve Sonuçlar Tablosu	64
Çizelge 6.7:	İşletme 6 için Uygulama Verileri ve Sonuçlar Tablosu	65
Çizelge 6.8:	İşletme 7 için Uygulama Verileri ve Sonuçlar Tablosu	66
Çizelge 7.1:	İşletme Sistemlerine Göre Saatlik Kuru Termometre sıcaklık profilleri	67
Çizelge 7.2:	İşletme Sistemlerine Göre Değerlendirme Kriterleri	69

ÖNSÖZ

Bina statik ve dinamik elemanları ile ısıtma, soğutma ve havalandırma ekipmanlarının performansındaki doğal limitleme, binaların enerji verimliliği açısından üst düzeyde olan işleyiş şeklini elde etmek için gerekli olan işletme stratejilerinin sorgulanmasını gerekli kılar.

Bu çalışmada bina zarfını oluşturan komponentler ve bina tabiatında bulunan fiziksel ve termodinamik özellikler geçiş fonksiyonu yöntemi ile ele alınmıştır. Enerji verimliliği açısından gerekli olan bina çalışma stratejileri verilerek örnek bir yapıda farklı modellere dair sonuçlar verilmiştir.

Çalışmam sırasında , bilgi ve tecrübesiyle bana her türlü yardımı veren Sayın Hocam Prof. Dr.Hasan Heperkan'a , hayatı boyunca benim başarımlarım için büyük uğraş vermiş babam Sayın Semih Atalay'a ve meslek hayatımda gelişmem için her türlü imkanı tanıyan Sayın Prof Dr.Ertun Hızıroğlu'na teşekkürü bir borç bilirim.



ÖZET

40° kuzey Enleminde bulunan örnek bir yapının Geçiş Fonksiyonu Yöntemi (TFM-Transfer Function Method) ile soğutma yükleri saat-saat hesaplanmıştır. Ortamda uygulanabilecek farklı işletme şekilleri ve kontrol stratejileri tanımlanmış ve bu yöntemlerin etkileri hesaplar üzerinde incelenmiştir.

Sürekli ve kesintili çalışma metodları, değişken sıcaklık salınım değerleri ve termostat ayar noktaları ile birlikte ele alınmıştır. Enerji tüketimi ve konfor şartları bakımından efektif çözümler irdelenmiştir. Tüm işletme stratejileri, ısı konfor taleplerine ve enerji tüketim değerlerine göre incelenirken her işletmede kullanılan cihazın ömür maliyetleri de göz önünde tutulmuştur.

Mahale üflenen havanın sıcaklığı ile dış ortam kuru termometre sıcaklığı arasında lineer ters orantılı değişkenlik gösteren işletme stratejisi incelenen yöntemler arasında en verimli olanı olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Geçiş Fonksiyonu Yöntemi , (Güneş – Hava) Sıcaklığı , İletimle Isı Geçiş Fonksiyonu , Ortam Havası Geçiş Fonksiyonu , Güneş Isı Kazanç Faktörü ,

ABSTRACT

The cooling loads of a sample building on 40° north latitude were calculated on hourly basis by Transfer Function Method (TFM). Alternative applicable operations and control strategies were defined and their effects on the calculations were observed.

Continuous and intermittent operation methods, fluctuation of variable temperature values and thermostat set points were considered together. Effective solutions based on energy consumption and comfort were searched. All operation strategies were studied related with the thermal comfort demand and energy consumption values while life values of the equipment were considered as well.

Among the studied methods, the strategy which conducts inverse proportion between supply temperature and ambient dry bulb temperature showed to be the most efficient solution.

Keywords: Transfer Function Method, (Sol-Air) Temperature, Conduction Transfer Function, Space Air Transfer Function, Solar Heat Gain Factor

1. GİRİŞ

Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme tesislerinin son yıllarda kazanmış oldukları önem çok büyüktür. Uygarlığın gelişmesiyle, insanların konfor kavramına verdikleri önem neticesinde, her türlü yapının mimarisi kadar iklimlendirme tesislerinin de önemli olduğu görülmüştür.

Binalarda ve fabrikalarda kullanılan HVAC sistemlerinin kurulma amacı, iklimlendirilmesi istenen mahali, istenen konfor ya da ortam şartlarına getirebilmektir. Bu şartlar, büyük insan topluluklarının alışveriş yaptıkları sinema, mağaza, oyun salonu gibi ortamlarda insanların rahat edecekleri konfor şartları olabileceği gibi, ülkemizde oldukça gelişmiş olan tekstil endüstrisinde, hassas nem ve sıcaklık gerektiren, iplik üretim sahası şartları da olabilir. Bu şartların sağlanabilmesi için; dizayn sırasında, sistem parametreleri, oluşacak yükün maksimum durumuna göre seçilir. Ancak değerler her ne kadar bu şekilde belirlense de, yıl içerisinde bu değerlere ulaşılan toplam süre diğerine nazaran oldukça düşüktür. Sistem, çoğu zaman maksimum yükün çok altında ve değişken yük durumlarında çalışır. Bu nedenle bir otomatik kontrol çevriminin kullanılması hem istenen şartların değişken yükler altında hızlı bir biçimde sağlanması hem de gereksiz enerji sarfiyatını engellemek açısından önemlidir.

HVAC kontrollerinde uygulanan değişik amaçlı birçok yöntem vardır. Bunlar, alt sistem kontrolleri adı altında toplanır ve kurulan prosesin özelliğine, işletmecinin taleplerine bağlı olarak değişmekle birlikte, genel stratejiler aynı kalır. Bu uygulamalarda yapılacak ufak revizyonlarla sistem farklı proseslere uygun hale getirilir.

2. YÜK BİLEŞENLERİNİN TANIMI

Soğutma yükü ve enerji hesaplamaları incelendiğinde söz konusu bileşenlerin bir kısmının mühendislik ilkeleri ve uygulamalarına dayalı olarak belirlenirken diğer bir bölümü tasarımcının karar ve tecrübesini gerektirdiği görülür. Bir ortamın soğutma yükü hesabında kapsamlı bina tasarım bilgileri ve seçilen tasarım şartlarındaki iklim verileri gereklidir.

Yapı zarfı ile başlayarak, sıcaklık farkından dolayı duvarlar, çatı, yer ve pencerelerden iletim yolu ile ısı geçişi vardır. Belirli bir zaman için söz konusu yapı zarfında ısı kazancının hesabı o andaki ve onu izleyen zaman dilimlerindeki güneş-hava sıcaklıklarının bilinmesini gerektirir. Hesaplara ısı geçişinin başlangıçta sıfır olduğu kabul edilerek başlanır. Bu kabulün etkisi birbirini takip eden 24 saatlik çevrimler için hesaplar tekrarlandıkça ortadan kalkar. Güneş-hava sıcaklıkları ve kondüksiyon ile ısı transfer fonksiyon katsayıları (CTF) belirlendikten sonra duvarlardan, çatılardan ve döşemeden ısı transferi kolaylıkla hesaplanabilir. İzolasyon ve ısı köprüleri dahil yapı bileşeni verilerinin bilinmesi gereklidir. Konveksiyon ile ısı transfer katsayısı rüzgar hızı ve yönü, solar transmisyon ve gölgelemeye neden olan çıkıntılar detaylı yerel hava durumu verilerini içeren korelasyonlar ile hesaplanır. Pencereden geçen ısı transferini hesaplamak için pencere konstrüksiyonu, yayınım katsayısı, pencere çerçeve izolasyonu bilgileri ele alınır. Solar kazanç veya kayıplar hava durumu bilgileri, koyu yüzeylerin renk ve yayınım katsayıları, gölgeleme unsurlarını içinde barındırır. Gölgeleme unsurları: ağaç yapraklarından dış gölgeleme, bitişik binalar, açık renkli yerden yansıma, yapıdaki uzantılar v.b. unsurları kapsayabilir. İç gölgelikten veya kepenkler solar ısı kazançlarına etki eder. İç gölgeleme aletleri için gölgeleme verisi yeterli olmakla birlikte, hesaplanırken içeride oturacak olan kişilerin bu aletleri kullanıp kullanamayacağı konusunda veya güneşi engellemede gölgelikler için kontrollerin kullanıldığına dair yargı gerekmektedir.

İnsanlardan gelen gizli ve duyulur yük tam olarak ölçülüp tablolar haline getirilmiştir. Burada tam hesaplama, kullanım tarifeleri, tatil ve çalışma saatleri, içerdekilerin kadın, erkek ve çocuk olmaları ve de alan içersindeki faaliyet seviyesi bilgilerini gerektirir. Işıklandırma türü ve yoğunluğu biliniyorsa ışıklandırma yükleri rahatlıkla hesaplanabilir. Yeni aydınlatma armatürlerinin gelişmesi ve floresanlar için elektronik balastların artan kullanımı 20-30 yıl öncesine nazaran aydınlatmadan kaynaklanan ısı kazanç seviyelerini önemli ölçüde azaltmıştır. Buna benzer şekilde, alanlarda kimse olmadığında ışıkları söndüren sensörlerin kullanımında artış, doğal gün ışığından faydalanan bina mimarisi, ışıklandırmaya dayalı olan soğutma yüklerini azaltmaktadır. Bu noktada önemli olan yükleri tam olarak hesaplama

becerisi değil, yüklerde belirsizliğe yol açan ışıklandırma kullanımı düzenlerini ve mimari özelliklerini yük hesaplamasında bilme becerisidir. Farklı ekipman yükleri soğutma yüklerinin başlıca bileşenleri olabilir. Üretimde kullanılan makineler ekipman kullanım halindeyken, şartlandırılmış ortam içinde özel sıcaklık ve nem gereksinimleri, yük ve enerji gereksinimlerini etkiler.

Yük bileşenlerinde önemli bir noktaya sahip olan bir başka değer de havalandırma yükleridir. Havalandırma yükü sistem tasarımının bir fonksiyonudur. Şartlandırılmamış mekan ya da bütün yıl içi mahal şartları aynı olan bir binada tasarımcı dış hava şartlarını ve temiz hava miktarlarını çok iyi seçmelidir. Isıtma veya soğutma yük bileşenlerinin, içinde kesin olarak ölçemediğimiz şartlandırılmış mahalin infiltrasyon havasının miktarıdır. Bu basınç, farklı rüzgar hızı ve yönüne bağlı olduğu kadar mahaller arasındaki basınç farkına da bağlıdır. Bina yüksekliği arttıkça bina içinde basınç farkı oluşacaktır. Yükselen sıcak hava üst katlarda artı basınç yaratırken alt katlarda içeriye sızıntı ile soğuk hava girişi olacaktır. Bu duruma baca etkisinde hava akışı denir. İnfiltrasyon, yapının kalitesine ve sızdırmazlığına bağlıdır. Uç iklimlerde (özellikle çok soğuk ve sıcak iklimlerde) infiltrasyonun testi zordur. Araştırmalar infiltrasyon havası miktarlarını hesaplamak için basınç farkına dayalı denklemlerde sonuç bulmuştur. İç akış oranlarının hesaplandıktan sonra infiltrasyon oranı hava değişimi miktarına çevrilir. Yük hesaplaması yapan hemen hemen tüm yazılımlar infiltrasyonu lt/sn olarak kullanıcı tarafından girilmesini isterler. Genelde girdi olarak sabit bir hava değişim sayısı kullanılır. Hava dağıtma sisteminin pozitif basıncı koruduğu binalarda dıştan sızıntı olmadığı için yük hesaplamasında infiltrasyon dahil edilmez.

Özetle ısıtma ve soğutma yükleri hesaplamasının doğru olması şunlara bağlıdır:

1- Yerel hava durumu verilerinin bilinmesi: Tasarım yük hesaplamaları için yerel hava durumu verilerinin %97,5'inin bilinmesi gerekmektedir. Sıcaklık Aralığı (Bin) hesaplama yöntemleri için, sıcaklık aralığı değerlerinin yıl boyunca saat-saat bilinmesi gerekmektedir. Enerji simülasyonları için 3 saatlik veri yetebilmesine rağmen, tercihen yeterli sayıda yıl için saat başına hava verisi mevcut olmalıdır, böylece hava verilerinin tasarım yılı oluşturulabilir. Gerekli olan veriler ıslak ve kuru termometre sıcaklıkları, direkt ve yayılı güneş ışınımı, rüzgar hızı, yönü ve bulut faktörüdür.

2- Yapı malzeme bileşenlerinin ısı özelliklerine dayalı detaylı fiziki verileri.

- 3- Bölge için planlanmış veya yapılmış olan binanın etrafındaki var olan ya da gelecekte gölgeleme ve yansıtma etkisi yapabilecek ek kısımlarının belirlenmesi gerekmektedir.
- 4- Binanın nasıl kullanılacağına bilinmesi, insan sayısını ve onların dinlenme zamanlarını, çalışma saatlerini, faaliyet seviyelerini v.b bilmek için gereklidir.
- 5- Uygulanacak HVAC sistemine karar vermek için kullanılan bina kontrol sisteminin bilinmesi. Bu havalandırma stratejilerine; ekipman çalıştırılması ve kapatılmasına, binanın dışarıya göre pozitif bir basınçta olup olmayacağına ve infiltrasyon hesaplamasına etki eder.
- 6- Yerel inşaat tecrübesi, inşaatın sızdırmazlığı, yapı ile ilgili şartnameler ve yaptırımlar.



3. İKLİM VERİLERİ

Isıtma ve soğutma sistemlerinin projelendirilmesi iklim verilerine dayanır. Herhangi bir iklimlendirme sisteminin boyutlandırılmak ve cihaz seçimlerini yapabilmek için öncelikle ısı yükü belirlemek gerekmektedir. Burada söz konusu olan ısı yük, pik yük adını verdiğimiz, sistemin karşılaşılabileceği en büyük yüküdür. Pik yük soğutmada kısmen, ısıtmada tamamen söz konusu yerdeki iklim şartlarına bağlıdır. Öte yandan iklim şartları değişkendir ve bu değişkenlik rastgeledir. Yani belirli bir kurala uymaz ve modellenerek tahmin edilemez. Bu durumda yapılan; geçmiş verilerin değerlendirilmesi ve geçmişe dayanarak, ilerisi için kabullerde bulunulmasıdır. Geçmişteki uzun yılların iklim verilerinin incelenmesi ile istatistiksel olarak tasarım veya hesap iklim değerleri saptanır.(ASHRAE, 1997 Ch.26)

Pik yükün tanımında, sistemin karşılaşılabileceği en büyük yük tarifi yapılmakla birlikte gerçekte uzun yıllar içinde karşılaşılan en uç değerler esas alınması ekonomik olmayacaktır. Örneğin ısıtma yükü hesabı yapılıyorsa, geçmişte söz konusu yöredeki kaydedilen en düşük sıcaklık değerini esas alınması çok büyük bir ısı kaybı değerinin göz önüne alınması anlamına gelir. Sistem bu ısı yüküne göre boyutlandırıldığında, bütün ömrü boyunca muhtemelen bu en düşük sıcaklık değeri ile bir daha karşılaşmayacak ve bütün ömrü boyunca hiç yetersiz kalmayacaktır. Buna karşılık çok büyük kapasitede olacaktır ve sistem ömrünü düşük kapasitede çalışarak geçirecektir. Bu durum ise hem yatırım maliyeti olarak çok pahalı bir sistem yapımı anlamına gelir, hem de işletme (yakıt veya enerji tüketimi) maliyetlerinin çok yüksek olmasına neden olur. Çünkü genellikle ısı sistemleri düşük kapasitelerde anma verimlerinin daha altında, düşük verimle çalışırlar. Bu iki ters yönde çalışan faktörün gözönüne alınması ile sistem tasarımında akılcı bir çözüme gidilir. Akılcı çözüm pik yük hesabı için kullanılacak hesap (veya tasarım) iklim değerlerinin, örneğin dış hesap sıcaklığının belirli bir risk payı taşımasıdır. Bu risk payını %2 kabul edersek, gözönüne aldığımız yörede kışın dış sıcaklık %2 zaman diliminde bizim tasarımda ele aldığımız dış hesap sıcaklığının altına düşme riski taşımaktadır. Dolayısıyla %2 ihtimalle sistemimiz belirli ölçüde yetersiz kalacak ve konfor şartlarını tam sağlayamayacaktır. Bu konfor şartlarını belirli sürelerde elde edememe riskine karşılık büyük ölçüde ekonomi sağlanacaktır.

Isı kaybı hesabıyla ilgili Türk standartının orijinali olan DIN 4701'in son şeklinde, dış hesap sıcaklığının belirlenmesinde geçmiş 20 yıllık zaman dilimi içerisinde on defa ulaşılan veya altına inilen en düşük iki günlük ortalama dış hava sıcaklığı esas alınmaktadır.

Türk standartlarına göre Türkiye’de geçerli iklim verileri, bir tek risk faktörü gözönüne alınarak hesaplanmış, kış şartları için dış hava kuru termometre hesap sıcaklığı ve yaz şartları için dış hava kuru ve yaş termometre hesap sıcaklığı değerleridir. Bu verilerin belirlendiği çalışmalar 30 yıl öncelerine dayanmaktadır. Yani güncel veriler değildir.

Öncelikle bütün sistemleri tek bir risk faktörü ile hesaplamak uygun değildir. Genç ve sağlıklı insanların gündüz çalıştığı bir ofis binasında daha fazla risk alınabilir. Belirli dönemlerde daha az ısınma bu insanları fazla rahatsız etmez. Yaz için ise belirli süreler daha az soğutma fazla hayati değildir. Burada daha da fazla risk alınabilir. Halbuki bir hastane ısıtmasında risk faktörü küçük olmalıdır. Dolayısı ile tasarımcıya inisiyatifi kullanarak farklı riskler alabilme imkanı yaratılmalıdır. Bu sebeple bir yörede tek hesap değeri yerine, farklı risk değerlerine göre hazırlanmış birden fazla dış hesap değeri verilmelidir.

Öte yandan özellikle büyük şehirlerde ısı odaları oluşmakta ve şehir içinde bölgeden bölgeye iklim şartları önemli farklılıklar göstermektedir. Tasarıma esas olacak iklim verilerinde bu farklılıkların da bir biçimde tanımlanması gerekir.

Rüzgar hızı ve yönü geçmiş yıllarda ısıtma ve klima hesaplarında önemsizdi. Zaman içinde gelişen hesap yöntemleri sızıntı hesaplarında rüzgar hızlarını kullanır hale geldi.

3.1. İklim Verilerinde Simülasyon

Günümüzde gerek proje ısı kaybı ve kazancı hesaplarında ve gerekse enerji tüketimi hesaplarında, dinamik hesaba imkan veren bina ısı davranış simülasyon programları kullanılmaya başlanılmıştır. Bu bilgisayar programları sayesinde binanın ısı davranışlarını bilgisayar ortamında simüle ederek, bu davranışları gerçeğe yakın bir biçimde tahmin etmek mümkün olmaktadır. Böylece zamana bağlı olarak binanın ne kadar ısı yükü olduğunu saptamak ve yine ne kadar yakıt tüketeceğini belirlemek mümkündür.(Arısoy A. 2000 Türkiye İklim Verileri Proje Raporu)

Bilgisayar programına iklim verileri girilen “Temsili Yılın” belirlenmesi için farklı yöntemler mevcuttur. Bu yöntemler içinde Tipik Referans Yıl (TRY) yöntemi ideal olarak referans edilmektedir. Bunun için gerçek simültane saatlik sıcaklık, nem ve güneş ışınımı ölçümlerine gereksinim vardır. Tipik Referans Yıl (TRY) için gözlem yapılan yıllara ait iklim istatistikleriyle gerçek yılların karşılaştırılması yapılmakta ve istatistiklere en uygun olan yıl

Tipik Referans Yıl (TRY) olarak belirlenerek, bu yıla ait ölçülen sıcaklık ve güneş ışınımı değerleri programa seri olarak girilmektedir. Bu amaçla kullanılan 20 yılın, saatlik verileri kullanılarak önce 20 yıllık bir istatistik çıkartılmıştır. Daha sonra her yıl için ayrı ayrı saatlik veriler kullanılarak istatistiksel değerler hesap edilmiştir. 20 yıllık istatistiklere en uygun yıllık değerlere sahip olan yıl Tipik Referans Yıl (TRY) olarak seçilmiştir.

3.2. ASHRAE İklim Veriler

ASHRAE yeni bir araştırma projesi ile 1997 Temel El Kitabında daha önceki ciltlerde verilen iklim verilerini güncelleştirilmiştir.

Geçmiş yıllarda yaz ayları için %1, 2,5 ve 5 oluşum yüzde değerleri ele alınırken, şimdi yıllık %0,4, 1 ve 2 oluşum yüzde değerlerine yer verilmiştir. Kış için ise eskiden kış ayları için verilen %99 ve %97,5 persentil değerleri, yıllık %99,6 ve 99 değerleri ile yer değiştirmiştir. Burada sözü edilen oluşum yüzde (yıllık kümülatif meydana gelme frekansı) değeri, yıl içinde söz konusu değerin hangi yüzde ile üzerine çıktığını göstermektedir. Örneğin kuru termometre sıcaklığının % 0,4 oluşum yüzde değeri demek bir yıldaki 8760 saat içinde 35 saat aşılacak sıcaklık değeri demektir. Kış içinde benzer şekilde %99,6 oluşum yüzde değeri yılda 8725 saat üstünde kalınan (yani, ancak 35 saat altına inilen) sıcaklık değeri anlamına gelmektedir. (Arısoy A. 2000 Türkiye İklim Verileri Proje Raporu)

Yine eskiden verilmeyen iki değer yaş termometre ve çığ noktası sıcaklığı hesap değerleri ile bunlara karşı gelen ortalama kuru termometre ve nem oranı değerleridir. Bu değerler birlikte verilmektedir. Burada karşılık gelen ortalama değer demek (örneğin kuru termometreye karşılık gelen ortalama yaş termometre sıcaklığı) sözü edilen kuru termometre sıcaklığı ile aynı zamanda meydana gelen yaş termometre sıcaklıklarının ortalamasıdır. Belirlenen oluşum yüzde değeri oranı ile dış kuru termometre hesap sıcaklığı 33°C bulunmuşsa, dış sıcaklığın 33°C olduğu bütün zamanlardaki yaş termometre sıcaklıkları belirlenmekte ve bunların ortalaması alınarak 33°C kuru termometre sıcaklığına karşı gelen yaş termometre sıcaklığı bulunmaktadır. ASHRAE iklim verisi tablosunda aşağıdaki değerler bulunmaktadır:

1- İstasyon bilgileri.

2- %99 ve %99,6 yıllık kümülatif meydana gelme frekansına karşılık gelen kuru termometre sıcaklıkları.

3- Rüzgar hızları ve yönleri

4- Yıllık ekstrem maksimum ve minimum kuru termometre sıcaklıklarının ortalaması ve standard sapmalar.

5- %0,4, %1 ve %2 yıllık kümülatif meydana gelme frekansına karşılık gelen kuru termometre sıcaklıkları ve bunlara karşılık gelen ortalama yaş termometre sıcaklıkları.

6- %0,4, %1 ve %2 yıllık kümülatif meydana gelme frekansına karşı gelen yaş termometre sıcaklıkları ve bunlara karşı gelen ortalama kuru termometre sıcaklıkları.

7- %0,4, %1 ve %12 yıllık kümülatif meydana gelme frekansına karşı gelen çığ noktası sıcaklıkları ve bunlara karşı gelen ortalama hızını termometre sıcaklıkları ve nem oranları.

8- En sıcak aydaki günlük maksimum ve minimum sıcaklık farklarının ortalaması.

ASHRAE tablolarındaki kuru termometre sıcaklıkları duyulur ısı yükünün pik değerleri ile ilgilidir. Isıtıcı ekipman seçimi ve hesabı için kış pik kuru termometre sıcaklıkları, klima cihazlarının seçiminde yaz pik kuru termometre sıcaklıkları kullanılmalıdır. Yaş termometre ise, entalpinin pik değerini ifade etmektedir. Soğutma kuleleri, evaporatif soğutucular ve taze hava ile havalandırma sistem tasarımında yaş termometre pik değerleri kullanılır. Çığ noktası sıcaklığı pik değerleri ise nem oranının pik değerlerini gösterir. Nem kontrolü proseslerinde bu değer kullanılır. Yıllık ekstrem değerler ise cihazların dayanabileceği şartların belirlenmesinde önemli rol oynar. Cihaz bu ekstrem değerlerde çalışmaya devam edebilmelidir. Tasarımcı buna göre bir veri seti tercih etmelidir.

Dört şehirdeki altı meteoroloji istasyonundan alınan istatistiki bilgiler çerçevesinde ASHRAE formatında aşağıdaki tablo düzenlenmiştir. Buradaki oluşum yüzde değerleri ASHRAE'nin tersinedir. Yani %99 değeri ASHRAE'deki %1 değerine karşı gelmektedir.

Çizelge 3.1 ASHRAE Formatında Altı İstasyondaki Sıcaklık İstatistikleri[2]

İstasyon	Kış Kuru Ter. Sıc.		Yıllık Extrem		Yaz Kuru Ter. Sıc./ Yaş Ter. Sıc.			Ort. Gün. Fark.
	%99	%99.6	Min	Max	%0,4	%1,0	%2,0	
Göztepe (İst)	-0,5	-2,0	-3,6	33,3 20,9	30,4 20,5	29,1 21,0	28,1 20,6	6,8
Florya (İst)	-1,0	-2,7	-4,2	32,8 20,5	30,0 21,0	28,8 20,5	27,8/ 20,1	6,5
Sarıyer (İst)	-0,1	-1,2	-2,8	33,0 21,4	29,2 20,8	27,6 21,0	26,4 21,1	5,9
Antalya	2,5	1,4	-0,2	40,8 18,5	37,6 21,0	35,9 21,5	34,2 21,3	10,5
Ankara	-7,9	-10,0	-133	36,0 18,6	33,2 18,2	31,7 17,6	30,0 17,1	10,5
Güzelyalı (İzmir)	1,6	0,3	1,3	37,9 22,7	35,2 22,1	33,9 22,7	32,6 22,8	8,4

3.3. Güneşin Tesiri ve Güneş-Hava Sıcaklığı Kavramı

Güneşe maruz dış yüzeyler radyasyon suretiyle direkt olarak güneşten ısı alırlar. Bu nedenle soğutma yükü hesabında güneşin tesiri çok önemli bir faktördür. Dünyayı çeviren atmosfer tabakasının dışında bir yüzey güneş ışınlarına dik olarak tutulacak olursa, bu yüzey güneşten radyasyon suretiyle 1280 W/m^2 ısı alır. Halbuki aynı yüzey dünya üzerinde bulunduğu zaman bundan çok daha az ısı olacaktır. Buna sebep dünyayı çevreleyen atmosfer tabakasıdır. Güneş ışınları hava, su buharı, duman ve tozlar ihtiva eden atmosfer tabakalarından geçerken yayılır ve bir miktar yutulur, atmosfer içindeki su buharı ozon ve karbondioksit radyasyonu azaltıcı etki yapar. Güneş radyasyonunun şiddeti dalga uzunluğu ile doğru orantılı olup 0,5 mikron dalga uzunluğunda maksimum değer olur. Atmosfer tabakalarından yayılan radyasyon miktarı da dalga uzunluğuna bağlıdır. Bir yüzeyin güneşten aldığı ısı enerjisi şu genel formülle hesaplanabilir;

$$I_T = I_{DN} \cdot \cos \theta + I_d \quad (3.1)$$

Burada;

I_T : Alıcı yüzeyin m^2 'si başına toplam güneş radyasyonu (W/m^2)

I_{DN} : Güneş ışınlarına dik duran bir yüzeyin almış olduğu direkt radyasyon (W/m^2)

θ : Yüzey normali ile güneş ışını arasındaki açı

I_d : Diffüzyon suretiyle yayılmış olan radyasyon (W/m^2)

Diffüzyon yoluyla yayılan ışınlar yüzeylere ısılarını bırakırlar. Bunlar için açılı önemli değildir ve bulutlu kapalı havalarda bile yüzeyler diffüzyon suretiyle bir miktar radyasyon alırlar. O halde toplam radyasyon direkt radyasyon ile diffüzyon suretiyle alınan radyasyonun toplamı olacaktır.

Yukarıda verilen (3.1) eşitliğinin uygulanabilmesi için hesap yapılan ortamın konumu ve hesap ayına bağlı olarak I_{DN} , I_d değerleri ile $\cos \theta$ değerlerini veren tablolardan yararlanılır. Bu sayede güneşe maruz bir yüzeyin aldığı radyasyon ısı W/m^2 cinsinden hesaplanabilir. Ancak yaz iklim tesislerinde binaların ısı kazancı hesaplanırken, yukarıda anlatılan karışık hesaplara başvurulmaz. Güneş tesirinin ısı kazancına etkisini bulmak için daha kolay yöntemler bulunmuştur. Bunlardan en iyi olanı eşdeğer sıcaklık (sol-air temperature) yöntemidir.

Eşdeğer sıcaklık kavramı güneşe maruz kalan yüzeylerin hem dış hava sıcaklığı yüzünden iletimle giren, hem de güneş enerjisi ile fazladan kazanılan toplam ısıya eş değer bir ısı miktarıdır. Güneş ışını vurduğu yüzeylerde aynı oranda ısı girişi verir. Güneş enerjisi, gökyüzü ve diğer dış çevre etrafına ısı verir. Güneş vuran bir yüzeydeki ısı akısı oranı şu şekilde hesaplanır.

$$q/A = \alpha \cdot I_T + h_o (t_o - t_s) - \epsilon \Delta R \quad (3.2)$$

Burada,

α : Yüzeyin güneş ışını emme miktarı

I_T : Alıcı yüzeyin m^2 'si başına toplam güneş radyasyonu (W/m^2)

h_o : Uzun dalga boylu ışını tarafından ısı transfer katsayısı ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

t_o : Dış hava sıcaklığı ($^\circ C$)

t_s : Yüzey sıcaklığı ($^\circ C$)

ϵ : Yüzeyin dalga boylu radyasyon ile kara yüzeyin emdiği radyasyon arasındaki fark (W/m^2)

Isı transferi olayı, güneş ışını sıcaklığı terimi (t_e) ile ifade edilebilirse;

$$q/A = h_o (t_e - t_s) \quad (3.3)$$

Eşitlik (3.2) ve (3.3)'ten

$$t_e = t_o + \alpha I_T / h_o - \frac{\varepsilon \Delta R}{h_o} \quad (3.4)$$

ifadesi elde edilir.

Gökyüzünün uzun dalga boylu ışınım alan yatay yüzeyler için ΔR 'nin uygun değeri yaklaşık 63 W/m^2 bu yüzden eğer $\varepsilon = 1$ ve $h = 17$ ise uzun dalga boyu düzeltme terimi $\frac{\varepsilon \Delta R}{h_o}$ yaklaşık $-3,9^\circ\text{C}$ olur.

Düşey yüzeyler ise gökyüzünden olduğu kadar yerden ve dış cisimlerden yansıyan ışınlar aldığından, ΔR 'lerinin tayin edilmesi zordur. Güneş ışınımının yoğunluğunun fazla olduğu bir zaman, cisim yüzeyleri genellikle dış havadan daha yüksek bir sıcaklıktadır. Böylece yüzeylere gelen ışınım gökyüzünün düşük emisyonuna katkıda bulunur. Bu yüzden düşey yüzeyler için $\Delta R = 0$ kabul edilir.

Çizelge 3.3 ve 3.4 de verilen eşdeğer sıcaklıkları, yatay yüzeyler için $\frac{\varepsilon \Delta R}{h_o} = -3,9^\circ\text{C}$ ve düşey yüzeyler için 0°C baz alınarak hesaplanmıştır. Eşdeğer sıcaklıkları değerleri α/h_o parametresinin iki ayrı değeri için verilmiştir. $\alpha/h_o = 0,026$ değeri açık renkli yüzeyler için $0,052$ ise koyu renkli yüzeyler için gösterilmiştir.

Çizelge 3.2'de verilen saatlik hava sıcaklıkları 21 Haziran ve 40°Kuzey enlemi için dizayn sıcaklığı 35°C ve günlük sıcaklık aralığı 12°C koşullarında bulunmuştur.

Diğer bölge ve şartlar için gerekli sıcaklıkların hesaplanması için uygun dizayn sıcaklığı ve günlük sıcaklık aralığı seçilir. Her saat için Çizelge 3.2'de verilen günlük sıcaklık aralığı yüzdesi ile günlük sıcaklık aralığı çarpılır ve dizayn sıcaklığından çıkarılarak hesaplanır.

Örnek: Günlük sıcaklık aralığı 23°C , %1 dizayn kuru termometre sıcaklığı 34°C olan bir beldede saat 12:00 deki yaz kuru termometre sıcaklığı nedir?

Cevap: Çizelge 3.2'den saat 12:00'deki günlük sıcaklık aralığı yüzdesi %23 olarak alınır. Dolayısıyla saat 12:00'de

$$34 - (0,23 \times 23) = 28,7^{\circ}\text{C}$$

Çizelge 3.2 Günlük Sıcaklık Aralığı Yüzdesi

Saat	%	Saat	%
01:00	87	13:00	11
02:00	92	14:00	3
03:00	96	15:00	0
04:00	99	16:00	3
05:00	100	17:00	10
06:00	98	18:00	21
07:00	93	19:00	34
08:00	84	20:00	47
09:00	71	21:00	58
10:00	56	22:00	68
11:00	39	23:00	76
12:00	23	00:00	82

NOT: Yukarıda görüldüğü gibi saat 15:00'de günlük sıcaklık aralık değeri ortadan kalkar ve dizayn sıcaklığı direkt ele alınır. (ASHRAE, 1997 Ch.28)

Çizelge 3.3 Temmuz 21 ve 40° Kuzey Enlemi için Güneş-Hava Sıcaklıkları
(Açık Renkli Yüzeyler için)

Hava Sıc.		$\alpha/h_0 = 0.026$ (Açık Renkli Yüzeyler)								
Saat	°C	K	KD	D	GD	G	GB	B	KB	Yatay
01:00	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	20.5
02:00	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	20.5
03:00	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	20.0
04:00	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	17.4
05:00	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	19.4
06:00	23.3	27.7	35.0	36.1	30.0	23.8	23.8	23.8	23.8	23.3
07:00	23.8	27.7	39.4	42.7	36.1	25.5	25.5	25.5	25.5	29.4
08:00	25.0	27.7	39.4	45.5	40.5	28.3	27.2	27.2	27.2	35.5
09:00	26.6	29.4	38.3	45.5	43.3	33.3	29.4	29.4	29.4	41.1
10:00	28.3	31.6	35.5	43.3	44.4	37.7	31.6	31.6	31.6	46.1
11:00	30.5	33.8	34.4	40.0	43.8	42.2	3.55	33.8	33.8	50.5
12:00	32.2	35.5	35.5	36.1	41.63	44.4	41.6	36.1	35.5	52.7
13:00	33.8	37.2	37.2	37.2	8.8	45.5	47.2	43.3	37.7	53.8
14:00	34.4	37.7	37.7	37.7	37.7	43.8	50.5	49.4	41.6	52.2
15:00	35.0	37.7	37.7	37.7	37.7	41.6	51.6	53.8	46.6	49.4
16:00	34.4	37.2	36.6	36.35	36.6	37.7	50.0	55.0	48.8	45.0
17:00	33.8	37.7	35.5	.5	35.5	35.5	46.1	52.7	49.4	39.4
18:00	32.7	37.2	33.3	33.3	33.3	33.3	30.4	45.5	44.4	32.7
19:00	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	26.6
20:00	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	25.5
21:00	38.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	26.3	24.4
22:00	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	23.3
23:00	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	22.2
00:00	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	21.1
Ort.	28.3	30.0	31.6	32.7	32.2	31.6	32.2	32.7	31.6	32.7

Çizelge 3.4 Temmuz 21 ve 40° Kuzey Enlemi için Güneş-Hava Sıcaklıkları
(Koyu Renkli Yüzeyler için)

Hava Sıc.		$\alpha/h_0 = 0.052$ (Koyu Renkli Yüzeyler)								
Saat	°C	K	KD	D	GD	G	GB	B	KB	Yatay
01:00	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	20.5
02:00	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	20.5
03:00	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	20.0
04:00	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	19.4
05:00	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	19.4
06:00	23.3	32.2	47.2	49.4	37.2	25.0	25.0	25.0	25.0	27.2
07:00	23.8	32.2	55.0	62.2	48.8	27.7	27.7	27.7	27.7	38.8
08:00	25.0	30.5	54.4	66.1	56.6	31.6	30.0	30.0	30.0	50.0
09:00	26.28	32.7	50.0	64.4	60.5	40.5	32.7	32.7	32.7	60.0
10:00	29.3	35.0	42.7	58.3	60.5	47.7	35.5	35.0	35.0	68.3
11:00	30.5	37.7	38.3	50.0	57.7	53.8	40.5	37.7	37.7	74.4
12:00	32.2	39.4	39.4	40.0	51.16	56.6	51.6	490.0	39.4	77.7
13:00	33.8	41.1	41.1	41.1	43.8	57.2	61.1	53.3	41.6	77.7
14:00	34.4	41.1	41.1	41.1	41.6	53.8	66.6	64.4	48.8	74.4
15:00	35.0	41.1	41.1	41.1	41.1	48.8	68.8	72.7	58.3	68.3
16:00	34.4	40.0	390.4	39.4	39.4	41.1	66.1	75.5	63.8	59.4
17:00	33.8	42.2	37.7	37.7	37.7	37.7	58.8	72.2	65.0	48.8
18:00	32.7	41.6	34.4	34.4	34.4	34.4	46.6	58.8	56.6	36.6
19:00	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	26.6
20:00	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	9.4	25.5
21:00	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	24.4
22:00	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	23.3
23:00	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	22.2
00:00	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	21.1
Ort.	28.3	31.6	35.0	37.7	37.2	35.0	37.2	37.7	35.0	41.6

4.2. Soğutma Yüküne Etki Eden Faktörler Ve Bunların Genel Olarak Hesaplanması

Soğutma yükü hesaplarında 2 temel metod kullanılır. Bunlardan ilki Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı (TETD, Total Equivalent Temperature Differential) metodudur. Bu yöntemde, bir dizi tipik duvar ve çatı için tepki faktör tekniği uygulanmış ve güneş-hava (sol-air) sıcaklığı ve ortam sıcaklığının fonksiyonu olarak TETD değerlerini hesaplayarak veriler türetilmiştir. Ortam ısı kazancını teşkil eden her ısı kazanç bileşeni, ilgili TETD değerleri kullanılarak hesaplanır ve sonuçlar birbirine eklenerek ortamın anlık ısı kazancı bulunur. Bu kazanç zamana göre ortalama (TA – Time Averaging) tekniği ile anlık soğutma yükü değerlerine dönüştürülür. Bu teknikte, söz konusu zaman adımıdaki ısı kazançlarının ışınlam bileşenlerinin değerleri, bir ileriki zaman adımıdaki tahmini değerler ile ortalaması alınarak hesaplanır. Bu teknik, ortamın ısı depolama özelliğinin hesaplara dahil edilmesinde oransal bir etki sağlar, ancak karmaşıklığı nedeniyle en iyi sonuçlar bilgisayar çözümlemesi ile sağlanır.

İkinci metod ise Transfer Fonksiyonu Metodudur (TFM, Transfer Function Method). Prensipte olarak TETD/TA yöntemi ile aynı olmasına rağmen, geçiş fonksiyonu yöntemi, bir dizi ağızlık faktörlerini veya iletimle ısı geçiş fonksiyonu (CTF – Conduction Transfer Function) katsayılarını çeşitli opak dış yüzeylere ve bu tip yüzeylerde, ısı momentumunun ısı kazancı üzerindeki etkisini hesaplara yansıtılabilmek amacıyla güneş hava sıcaklığı ile iç ortam sıcaklığı arasındaki farka uygular. Pencerelerden veya benzer yerlerden giren güneş ışınlamından olan iç ısı kazançları, doğrudan ısı yükün hesaplandığı saat için bulunur. Daha sonra TFM bir ikinci ağırlık faktörleri dizisine veya mekan geçiş fonksiyonlarının (RTF – Room Transfer Function) katsayılarına uygulanır. Böylece ısı depolama etkisi, ışınlam etkisi olan bütün yüklerden olan ısı kazancı ve soğutma yüküne dönüşümü esnasında uygulanmış olur. Her iki seri de hem hesabın yapıldığı saatin ve hem de daha önceki saatlere ait verileri içerir. RTF diğer karakteristiklerine uygulanır ve böylece zamana bağlı olarak ortam içerisindeki önemli değişimlerin ortamın ısı depolama özelliğine olan etkisi hesaplara yansıtılmış olur.

TFM yöntemi ile elde edilen sonuçların doğruluğu, kaynaklarda verilen çok sayıdaki çalışma ile ispatlanmıştır [3]. TFM yöntemi, soğutma yükü analizleri için bilimsel olarak uygundur ve hesaplanmasındaki karmaşıklık, ticari tasarım hesaplamalarında etkin bir uygulama için bilgisayar kullanımını gerekli kılar.

4.3. Geçiş Fonksiyonu ile Soğutma Yükünün Hesaplanması :

Geçiş fonksiyonu yöntemi (TFM – Transfer Function Method) iklimlendirilen bir ortamın soğutma yükünün saat – saat bulunmasını, ortamda uygulanacak farklı sistem tipleri kontrol stratejileri ve işletme şekilleri için son ortam şartlarının tespit edilmesi mümkün kılmaktadır. TFM yönteminin genel olarak uygulanışı ve ilgili denklemler ileriki başlıklarda açıklanmıştır. (ASHRAE, 1997 Ch.28)

4.4. Geçiş Fonksiyonu Yöntemi ile Soğutma Yükü Hesabında Ortam Bileşenleri

4.4.1. Yapı Elemanlarından Olan Isı Kazancı

4.4.1.1. Duvarlar – Çatıdan Olan Isı Kazancı

Güneşe maruz çeşitli çatı ve duvarlardan Çizelge 3.3 ve 3.4’de verilen eşdeğer sıcaklıklara bağlı olarak ısı geçişi olur. Güneşli bir günde hava sıcaklığı 30⁰C iken koyu renkli bir duvardaki sıcaklık 50⁰-60⁰C değerlerine çıkabilir. Böylece ısınan yüzeyden ve duvar içinden geçerek iç ortama ısı geçişi olur. Bu sebeple ısı kazancı hesabında kullanılmak üzere çeşitli duvar ve çatı tiplerine bağlı olarak, Çizelge 3.3 ve 3.4’de verilen eşdeğer sıcaklık değerleri de göz önünde bulundurularak dış duvar ve çatılar için ısı kazancı hesaplanır. Bu işlem için aşağıdaki denklem kullanılır. [3].

$$q_{e,Q} = A \left[\sum_{n=0} b_n (t_{e,\theta-n\delta}) - \sum_{n=1} d_n \{q_{p,\theta-n\delta}\} / A - t_{rc} \sum_{n=0} c_n \right] \quad (4.1)$$

Bu denklemde;

$q_{e,\theta}$ = hesaplamanın yapıldığı θ anında duvardan veya çatıdan olan ısı kazancı [W]

A = duvar veya çatının iç yüzey alanı [m²]

θ = zaman [h]

δ = zaman aralığı [h]

n = toplama sayısı (her toplama ihmal edilmeyecek katsayı kadar terim içerir)

$t_{e,\theta-n\delta}$ = ($\theta-n\delta$) zamanındaki güneş – hava (eşdeğer) sıcaklık (⁰C)

t_{rc} = sabit iç ortam sıcaklığı [⁰C]

b_n , c_n , d_n = iletimle ısı geçiş fonksiyonu (CTF – Conduction Transfer Function) katsayıları anlamlarındadır. (ASHRAE, 1997 Ch.28)

Çizelge 4.1 :atı ve Duvarlardaki İnşaat Malzemelerinin Kod Numaraları ve Isıl Özellikleri

Kalınlık ve Isıl Özellikler						Malzeme Tanımı	Kod
L (mm)	K (W/m.K)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg °C)	R (m ² .°C)/W	m (kg/m ²)		
				0,059		dış yüzey direnci	AO
25,40	0,692	1858	0,233	0,036	47,2	25,4 mm dış sıva	A1
101,60	1,298	2082	0,256	0,078	211,4	101,6 mm düz tuğla	A2
1,50	44,990	7689	0,116	0,00003	11,7	elik hat	A3
12,70	1,143	881	0,465			12,7 mm cüruf	A4
9,50	0,190	1121	0,465			9,5 mm keçe	A5
12,70	0,415	1249	0,302		15,9	Boya	A6
10,16	1,332	2002	0,256	0,076	203,1	101,6 mm düz tuğla	A7
				0,16		hava boşluęu	B1
25,40	0,043	32	0,233	0,585	0,8	25,4 mm izolasyon	B2
50,80	0,043	32	0,233	1,176	1,6	50,8 mm izolasyon	B3
76,20	0,043	32	0,233	1,766	2,4	76,2 mm izolasyon	B4
25,40	0,043	91	0,233	0,586	2,3	25,4 mm izolasyon	B5
50,80	0,043	91	0,233	1,176	4,6	50,8 mm izolasyon	B6
25,40	0,116	592	0,699	0,209	15	25,4 mm tahta	B7
62,40	0,116	592	0,699	0,525	37,6	62,5 mm tahta	B8
101,60	0,116	592	0,699	0,838	60	14,6 mm tahta	B9
50,80	0,116	592	0,699	0,421	30,2	50,8 mm tahta	B10
76,20	0,116	592	0,699	0,631	45,2	76,2 mm tahta	B11
76,20	0,043	91	0,233	1,761	6,9	76,2 mm izolasyon	B12
101,60	0,043	91	0,233	2,346	9,3	101,6 mm izolasyon	B13
101,60	0,571	1121	0,233	0,178	113,7	101,6 mm kil kiremit	C1
101,60	0,381	608	0,233	0,266	62	101,6 mm d.a. beton	C2
101,60	0,813	977	0,233	0,125	99,1	101,6 mm d.a. beton blok	C3
101,60	0,727	1922	0,233	0,139	195,3	101,6 mm standart tuğla	C4
101,60	1,730	2242	0,233	0,059	227,5	101,6 mm d.a. beton	C5
203,20	0,571	1121	0,233	0,356	227,9	203,2 mm kil kiremit	C6
203,20	0,571	608	0,233	0,356	124	203,2 mm d.a. beton blok	C7
203,20	1,038	977	0,233	0,195	198,7	203,2 mm d.a. beton blok	C8
203,20	0,727	1922	0,233	0,28	390,6	203,2 mm standart tuğla	C9
203,20	1,730	2242	0,233	0,117	455,9	203,2 mm d.a. beton	C10
304,80	1,730	2242	0,233	0,176	683,5	203,2 mm d.a. beton	C11
50,80	1,730	2242	0,233	0,029	114,2	50,8 mm d.a. beton	C12
152,40	1,730	2242	0,233	0,088	341,7	151,4 mm d.a. beton	C13
101,60	0,173	640	0,233	0,586	64,9	101,6 mm d.a. beton	C14
152,40	0,173	640	0,233	0,088	97,6	152,4 mm d.a. beton	C15
203,20	0,173	640	0,233	1,174	130,3	203,2 mm d.a. beton (dolu izolasyon)	C16
				0,121		iç yüzey direnci	E0
19,00	0,727	1601	0,233	0,026	30,5	19.0 mm plaster, 19 mm cilalı yüzey	E1
12,70	1,436	881	0,465	0,009	11,2	12,7 mm taş	E2
9,50	0,190	1121	0,465	0,05	10,7	9,5 mm keçe	E3
				0,176		tavan hava boşluęu	E4
15,90	0,061	480	0,233	0,315	9,2	akustik kiremit	E5

Çizelge 4.2 : Duvarlar için İletimle Isı Geçiş fonksiyonu (CTF) Katsayıları

	Yapı Bileşenleri		n=0	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	Σc_n
1	E0 A3 B1 B13 A3 A0	b_n	0,0436	0,1986	0,0408	0,0003	0,0000	0,0000	0,28337
		d_n	1,0000	-0,2407	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	
2	E0 E1 B14 A1 A0	b_n	0,0009	0,0310	0,0546	0,1224	0,0000	0,0000	0,09895
		d_n	1,0000	-0,9339	0,2740	-0,0265	0,0000	0,0000	
3	E0 C3 B5 A6 A0	b_n	0,0233	0,1834	0,0837	0,0026	0,0000	0,0000	0,29312
		d_n	1,0000	-0,7696	0,0401	-0,0004	0,0000	0,0000	
4	E0 E1 B6 C12 A0	b_n	0,0006	0,0371	0,0218	0,0106	0,0076	0,0000	0,03939
		d_n	1,0000	-1,3466	0,6154	-0,0939	0,0022	0,0000	
5	E0 A6 B21 C7 A0	b_n	0,0046	0,0252	0,0578	0,0168	0,0006	0,0000	0,10086
		d_n	1,0000	-1,1160	0,3255	-0,0275	0,0002	0,0000	
6	E0 E1 B2 C5 A1 A0	b_n	0,0029	0,0533	0,0600	0,0073	0,0001	0,0000	0,12345
		d_n	1,0000	-1,1758	0,3007	-0,0156	0,0001	0,0000	
7	E0 A6 C5 B3 A3 A0	b_n	0,0056	0,0475	0,0205	0,0004	0,0000	0,0000	0,07401
		d_n	1,0000	-0,9397	0,0466	0,0000	0,0000	0,0000	
8	E0 A2 C12 B5 A6 A0	b_n	0,0082	0,0261	0,0416	0,0077	0,0001	0,0000	0,07638
		d_n	1,0000	-1,2001	0,2794	-0,1039	0,0005	0,0000	
9	E0 A6 B15 B10 A0	b_n	0,0000	0,0004	0,0049	0,0083	0,0029	0,0002	0,01665
		d_n	1,0000	-1,6335	0,8697	-0,1812	0,0146	-0,0003	
10	E0 E1 C2 B5 A2 A0	b_n	0,0000	0,0058	0,0251	0,0148	0,0014	0,0000	0,04703
		d_n	1,0000	-1,6636	0,8244	-0,1110	0,0035	0,0000	
11	E0 E1 C8 B6 A1 A0	b_n	0,0000	0,0035	0,0164	0,0104	0,0011	0,0000	0,03136
		d_n	1,0000	-1,5248	0,6715	-0,9484	0,0024	0,0000	
12	E0 E1 B1 C10 A1 A0	b_n	0,0027	0,0113	0,0464	0,0265	0,0025	0,0000	0,08675
		d_n	1,0000	-1,5166	0,6426	-0,8322	0,0029	0,0000	
13	E0 A2 C5 B19 A6 A0	b_n	0,0000	0,0115	0,0341	0,0133	0,0007	0,0000	0,05978
		d_n	1,0000	-1,4135	0,4870	-0,0322	0,0001	0,0000	
14	E0 A2 B6 A6 A0	b_n	0,0003	0,0017	0,0095	0,0070	0,0001	0,0000	0,01911
		d_n	1,0000	-1,5299	0,6206	-0,0633	0,0002	0,0000	
15	E0 A6 C17 B1 A7 A0	b_n	0,0003	0,0002	0,0034	0,0082	0,0048	0,0005	0,01653
		d_n	1,0000	-2,0000	1,3680	-0,3739	0,0389	-0,0014	
16	E0 A6 C18 B1 A7 A0	b_n	0,0003	0,0008	0,0096	0,0153	0,0003	0,0003	0,03096
		d_n	1,0000	-2,0026	1,3289	-0,3249	0,0006	-0,0052	
17	E0 A C2 B15 A0	b_n	0,0000	0,0003	0,0008	0,0025	0,0117	0,0003	0,00527
		d_n	1,0000	-2,0087	1,3700	-0,3790	0,0396	-0,0017	
18	E0 A6B25 C9 A0	b_n	0,0000	0,0007	0,0015	0,0040	0,0023	0,0003	0,00816
		d_n	1,0000	-1,9291	1,2441	0,3303	0,0366	-0,0015	
19	E0 C9 B6 A6 A0	b_n	0,0000	0,0030	0,0036	0,0056	0,0017	0,0000	0,01134
		d_n	1,0000	-1,7816	0,9602	-0,1690	0,0096	-0,0002	
20	E0 C11 B19 A6 A0	b_n	0,0000	0,0007	0,0068	0,0087	0,0022	0,0001	0,01850
		d_n	1,0000	-1,8063	1,0593	-0,1951	0,0100	-0,0002	
21	E0 C11 B6 A1 A0	b_n	0,0000	0,0006	0,0011	0,0025	0,0012	0,0001	0,00504
		d_n	1,0000	-2,2181	1,5397	-0,4551	0,0600	-0,0016	
22	E0 C14 B15 A2 A0	b_n	0,0000	0,0001	0,0003	0,0015	0,0014	0,0004	0,00363
		d_n	1,0000	-2,2871	1,8546	-0,6356	0,0886	-0,0046	
23	E0 E1 B15 C7 A2 A0	b_n	0,0000	0,0000	0,0009	0,0066	0,0011	0,0005	0,00236
		d_n	1,0000	-2,5423	2,4377	-1,1070	0,2460	-0,0251	
24	E0 A6 C20 B1 A7 A0	b_n	0,0000	0,0002	0,0009	0,0038	0,0035	0,0008	0,00903
		d_n	1,0000	-2,4800	2,2260	-0,8750	0,1473	-0,0082	

Çizelge 4.3 : Çatılar için İletimle Isı Geçiş fonksiyonu (CTF) Katsayıları

	Yapı Bileşenleri		n=0	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	Σc_n
			b_n	d_n	b_n	d_n	b_n	d_n	
1	E0 A3 B25 E3 E2 A0	b_n	0,0277	0,1972	0,0775	0,0020	0,0000	0,0000	0,30445
		d_n	1,0000	-0,3545	0,2267	-0,0005	0,0000	0,0000	
2	E0 A3 B14 E3 E2 A0	b_n	0,0032	0,0683	0,7278	0,0081	0,0000	0,0000	0,15241
		d_n	1,0000	-0,6006	0,0860	0,0014	0,0000	0,0000	
3	E0 E5 E4 C12 E3 E2 A0	b_n	0,0483	0,2262	0,0781	0,0014	0,0000	0,0000	0,34050
		d_n	1,0000	-0,7562	0,0144	0,0001	0,0000	0,0000	
4	E0 E1 B15 E4 B7 A0	b_n	0,0002	0,0371	0,0192	0,1361	0,0016	0,0000	0,03823
		d_n	1,0000	-1,3466	0,5938	0,0930	0,0029	0,0000	
5	E0 B14 C12 E3 E2 A0	b_n	0,0003	0,0145	0,0271	0,0057	0,0012	0,0000	0,04774
		d_n	1,0000	-1,1040	0,2617	-0,0048	0,0000	0,0000	
6	E0 C5 B17 E3 E2 A0	b_n	0,0165	0,1785	0,1200	0,0068	0,0001	0,0000	0,32182
		d_n	1,0000	-0,9791	0,1344	-0,0027	0,0000	0,0000	
7	E0 B22 C12 E3 E3 C12 A0	b_n	0,0034	0,4925	0,3905	0,0021	0,0000	0,0000	0,09379
		d_n	1,0000	-1,1177	0,2373	-0,0008	0,0000	0,0000	
8	E0 B16 C13 E3 E2 A0	b_n	0,0056	0,1101	0,1183	0,0142	0,0032	0,0000	0,24643
		d_n	1,0000	-1,1023	0,2075	-0,0003	0,0044	0,0000	
9	E0 E5 E4 B12 C14 E3 E2 A0	b_n	0,0000	0,0014	0,0123	0,0142	0,0042	0,0000	0,03125
		d_n	1,0000	-1,4060	0,5881	-0,0903	0,0060	0,0000	
10	E0 E5 E4 C15 B16 E3 E2 A0	b_n	0,0000	0,0014	0,0137	0,0172	0,0011	0,0000	0,03673
		d_n	1,0000	-1,5570	0,7312	-0,1177	0,0061	0,0000	
11	E0 C5 B15 E3 E2 A0	b_n	0,0000	0,0071	0,0055	0,0058	0,0011	0,0000	0,01318
		d_n	1,0000	-1,6147	0,7914	-1,3242	0,0061	0,0000	
12	E0 C13 B16 E3 E2 C12 A0	b_n	0,0027	0,2019	0,0601	0,0230	0,0011	0,0000	0,10456
		d_n	1,0000	-1,5927	0,7216	-0,0828	0,0003	0,0000	
13	E0 C13 B6 E3 E2 A0	b_n	0,0001	0,0077	0,0216	0,0073	0,0003	0,0000	0,03664
		d_n	1,0000	-1,3445	0,4429	-0,0434	0,0001	0,0000	
14	E0 E5 E4 C12 B13 E3 E2 A0	b_n	0,0003	0,0026	0,0081	0,0032	0,0002	0,0000	0,01417
		d_n	1,0000	-1,3374	0,4145	-0,0335	0,0031	0,0000	
15	E0 E5 E4 C5 B6 E3 E2 A0	b_n	0,0003	0,0038	0,0009	0,0028	0,0001	0,0000	0,01593
		d_n	1,0000	-1,2435	0,2874	-0,0127	0,0001	0,0000	
16	E0 E5 E4 C13 B20 E3 E2 A0	b_n	0,0003	0,0034	0,0112	0,0049	0,0003	0,0000	0,01981
		d_n	1,0000	-1,3918	0,4634	-0,0471	0,0006	0,0000	
17	E0 E5 E4 B15 C14 E3 E2 A0	b_n	0,0000	0,0004	0,0012	0,0042	0,0030	0,0000	0,00901
		d_n	1,0000	-1,8732	1,2095	-0,3290	0,0380	0,0000	
18	E0 C12 B15 E3 E2 C5 A0	b_n	0,0000	0,0010	0,0015	0,0029	0,0011	0,0000	0,00576
		d_n	1,0000	-2,1093	1,5084	-0,4088	0,0325	0,0000	
19	E0 C5 B27 E3 E2 C12 A0	b_n	0,0000	0,0052	0,0042	0,0042	0,0008	0,0000	0,00997
		d_n	1,0000	-1,8285	1,0286	-0,1757	0,0056	0,0000	
20	E0 B21 C16 E3 E2 A0	b_n	0,0000	0,0012	0,0025	0,0058	0,0028	0,0000	0,01147
		d_n	1,0000	-1,9200	1,2197	-0,3000	0,0263	0,0000	
21	E0 C13 B12 E3 E2 C12 A0	b_n	0,0000	0,0050	0,0041	0,0044	0,0001	0,0000	0,00985
		d_n	1,0000	-1,8458	1,0324	-0,1718	0,0062	0,0000	
22	E0 B22 C5 E3 E2 C13 A0	b_n	0,0000	0,0078	0,0057	0,0053	0,0009	0,0000	0,01263
		d_n	1,0000	-1,7998	0,9479	0,1344	0,0036	0,0000	
23	E0 E5 E4 C12 B14 E3 E2 C12 A0	b_n	0,0000	0,0001	0,0013	0,0018	0,0005	0,0000	0,00362
		d_n	1,0000	-1,8990	1,1358	0,2359	0,0128	0,0000	
24	E0 E5 E4 C5 E3 E2 B6 B1 C12 A0	b_n	0,0000	0,0004	0,0027	0,0022	0,0003	0,0000	0,00567
		d_n	1,0000	-1,7308	0,8568	-0,1161	0,0024	0,0000	

4.4.1.2. İç Yüzeylerden Olan Isı Kazancı

Şartlandırılmış bir ortam, farklı sıcaklıktaki bir ortama bitişik ise bu ortamlar arasında olan ısı geçişi göz önüne alınmalıdır. Bu hal için anlık ısı geçişi;

$$q = U.A.(t_b - t_i) \quad (4.2)$$

bağıntısı ile verilir. Bu bağıntıda;

q = anlık ısı geçiş miktarı [W]

U = şartlandırılan ortam ile bitişik ortam arasındaki toplam ısı geçiş katsayısı [W/m²K]

A = göz önüne alınan ortamın ayırıcı duvar alanı [m²]

t_b = bitişik ortamın ortalama hava sıcaklığı [°C]

t_i = Şartlandırılan ortamın hava sıcaklığı [°C]

anlamlandırılır.

t_b sıcaklığı, şartlandırılan ortam sıcaklığından oldukça farklı olabilir. Bir mutfak veya kazan dairesindeki sıcaklık, dış ortam hava sıcaklığından 8 ila 20⁰C daha yüksek olabilir. Hiçbir veri bilinmiyorsa ve bitişik ortam klasik bir konstrüksiyonda yapılmış ve bünyesinde ısı kaynağı ihtiva etmiyorsa, ayrıca bu ortamda önemli seviyede güneş kaynaklı ısı kazancı yoksa, (t_b-t_i) dış ortam kuru termometre sıcaklığı ile şartlandırılan ortam kuru termometre sıcaklığı arasındaki farktan 2,8⁰C çıkarılarak bulunabilir. Bazı hallerde bitişik ortam sıcaklıkları dış hava sıcaklığına veya dış ortamda daha yüksek sıcaklıklara karşı gelebilir.

İç yüzeylerden kaynaklanan duyulur ısı kazancının, ortam soğutma yüküne katkısı, o ortamın ısı depolama karakteristiğine bağlı olduğundan, uygun mahal geçiş fonksiyonlarının (RTF – Room Transfer Function) uygulanması gerekir.

4.4.1.3. Pencere Alanlarından Olan Isı Kazancı

Herhangi bir cam malzeme ya da pencere tasarımı için toplam anlık ısı kazancı

$$q = [(SC)(SHGF) + U(t_o - t_i)]A \quad (4.3)$$

denklemleri ile elde edilir. (ASHRAE, 1997 Ch.29) Bu bağıntıda

$A \cdot (SC) \cdot (SHGF) =$ taşınım ile ısı geçişi

$A \cdot U \cdot (t_o - t_i) =$ güneş ısı kazancı anlamındadır. Terimlerin açıklaması;

$q =$ Toplam anlık ısı kazancı [W]

$A =$ Pencere alanı [m²]

$SC =$ (Shading Coefficient) Gölgeleme katsayısı

$SHGF =$ (Solar Heat Gain Factors) Güneş ısı kazanç faktörleri [W / m²]

$U =$ Tasarım toplam ısı geçiş katsayısı [W/m².K]

$t_o =$ Dış ortam sıcaklığı [°C]

$t_i =$ İç ortam sıcaklığı [°C]

şeklindedir.

Gölgeleme katsayısı (SC, Shading Coefficient) bir cam ünite sisteminden olan güneş ısı kazancının aynı şartlardaki referans cam çerçevede kullanılan camlardan yalnız birinden olan güneş kazancına oranıdır. Bu oran her bir pencere için yegane tek bir karakteristik olup

$$SC = \frac{\text{Belirlenmiş Pencereden Güneş Isı Kazancı}}{\text{Referans Camda Güneş Isı Kazancı}} \quad (4.4)$$

şeklinde tanımlanabilir.

Referans cam; çift cidarlı, güneş geliş açısı dik olarak 0.86 geçirme, 0.08 yansıma, 0.06 yutma katsayılarına sahip temiz cam kabul edilir.

Pratikte sıkça kullanılan pencere tasarımları için SC değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir. (ASHRAE, 1997 Ch.29) Bu hesaplama işlemi için, güneşle aydınlanan referans cam içerisinden olan ısı kazançları, güneş ısı kazanç faktörleri (SHGF – Solar Heat Gain Factors) olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 4.4: 40° Kuzey Enlemi için Dik Güneş Işınımı ve SHGF Güneş Isı Kazanç Faktörleri

Tarih	Güneş Zamanı	I (W/m ²)	SHGF GÜNEŞ ISI KAZANÇ FAKTÖRÜ (W/m ²)									Güneş Zamanı
			K	KD	D	GD	G	GB	B	KB	YAT	
OCAK	08:00	446	17	55	350	420	236	17	17	17	44	04:00
	09:00	753	37	41	485	706	504	42	37	37	172	03:00
	10:00	865	51	51	390	761	671	161	51	51	303	02:00
	11:00	912	59	59	193	699	769	372	59	59	390	01:00
	12:00	926	62	62	66	563	802	563	66	62	419	12:00
ŞUBAT	07:00	175	6	71	160	150	43	6	6	6	11	05:00
	08:00	691	33	158	576	628	296	33	33	33	136	04:00
	09:00	856	52	70	587	773	496	55	52	52	52	03:00
	10:00	926	65	67	449	777	640	120	65	65	450	02:00
	11:00	957	73	73	224	690	729	325	73	73	538	01:00
	12:00	967	76	76	80	536	759	536	80	76	567	12:00
MART	07:00	540	27	295	514	425	69	26	26	26	83	05:00
	08:00	789	50	288	686	664	232	50	50	50	267	04:00
	09:00	888	67	147	639	743	404	69	67	67	450	03:00
	10:00	937	80	85	482	722	538	91	80	80	587	02:00
	11:00	960	88	88	247	623	622	244	88	88	672	01:00
	12:00	967	91	91	97	457	650	457	97	91	702	12:00
NİSAN	06:00	282	36	228	279	164	16	15	15	15	34	06:00
	07:00	651	50	442	633	451	51	45	45	45	193	05:00
	08:00	794	69	402	705	593	130	67	67	67	389	04:00
	09:00	864	84	253	637	640	260	84	84	84	557	03:00
	10:00	901	96	117	480	608	380	101	96	96	684	02:00
	11:00	919	104	107	255	506	459	163	104	104	766	01:00
	12:00	925	106	106	114	341	486	341	114	106	793	12:00
MAY.	05:00	3	1	3	3	1	0	0	0	0	0	07:00
	06:00	452	113	403	445	223	33	33	33	33	96	06:00
	07:00	681	89	520	658	412	63	59	59	59	275	05:00
	08:00	787	86	470	693	518	92	80	80	80	460	04:00
	09:00	843	99	330	620	550	168	96	96	96	616	03:00
	10:00	874	107	171	467	512	262	111	107	107	736	02:00
	11:00	890	114	121	255	409	330	133	114	114	811	01:00
	12:00	895	117	117	126	257	355	257	126	117	835	12:00
HAZ.	05:00	68	32	68	63	20	4	4	4	4	8	07:00
	06:00	488	150	450	487	222	39	39	39	39	126	06:00
	07:00	681	118	543	654	385	68	65	65	65	306	05:00
	08:00	776	94	492	680	480	93	85	85	85	483	04:00
	09:00	829	105	358	606	507	142	100	100	100	633	03:00
	10:00	858	112	197	457	468	218	115	112	112	749	02:00
	11:00	874	119	128	254	367	279	130	119	119	821	01:00
	12:00	879	121	121	131	227	301	227	131	121	844	12:00
Tarih	Güneş Zamanı	I (W/m ²)	SHGF GÜNEŞ ISI KAZANÇ FAKTÖRÜ (W/m ²)									Güneş Zamanı
			K	KB	B	GB	G	GD	D	KD	YAT	

Çizelge 4.4: 40° Kuzey Enlemi için Dik Güneş Işınımı ve SHGF Güneş Isı Kazanç Faktörleri (devam)

Tarih	Güneş Zamanı	I (W/m ²)	SHGF GÜNEŞ ISI KAZANÇ FAKTÖRÜ (W/m ²)									Güneş Zamanı
			K	KD	D	GD	G	GB	B	KB	YAT	
TEM.	05:00	7	3	7	6	2	0	0	0	0	1	07:00
	06:00	434	116	395	433	216	34	34	34	34	100	06:00
	07:00	656	95	513	643	400	66	62	62	62	278	05:00
	08:00	762	90	468	680	505	94	83	83	83	459	04:00
	09:00	818	102	333	610	537	165	99	99	99	611	03:00
	10:00	850	110	177	462	501	254	114	110	110	729	02:00
	11:00	866	117	125	256	400	321	135	117	117	802	01:00
	12:00	871	120	120	130	253	344	253	130	120	826	12:00
AĞ.	06:00	255	38	214	259	151	18	17	17	17	38	06:00
	07:00	603	55	426	602	426	55	49	49	49	196	05:00
	08:00	747	75	397	681	569	128	72	72	72	386	04:00
	09:00	819	89	259	621	618	251	89	89	89	549	03:00
	10:00	857	102	126	472	589	367	107	102	102	674	02:00
	11:00	876	109	113	257	492	443	165	109	109	753	01:00
	12:00	882	112	112	120	333	469	333	120	112	779	12:00
EY.	07:00	471	28	265	460	381	65	27	27	27	80	05:00
	08:00	725	52	275	646	626	224	52	52	52	258	04:00
	09:00	830	71	148	613	712	390	73	71	71	434	03:00
	10:00	881	84	89	468	696	521	95	84	84	567	02:00
	11:00	906	92	92	245	604	603	242	92	92	650	01:00
	12:00	914	95	95	101	446	631	446	101	95	679	12:00
EK.	07:00	152	6	64	142	132	38	6	6	6	12	05:00
	08:00	643	35	155	545	592	279	35	35	35	136	04:00
	09:00	811	54	73	567	742	476	57	54	54	305	03:00
	10:00	884	67	70	439	752	619	119	67	67	443	02:00
	11:00	917	76	76	223	670	707	317	76	76	529	01:00
	12:00	927	78	78	84	521	737	521	84	78	557	12:00
KAS.	08:00	429	17	55	339	406	228	18	17	17	44	04:00
	09:00	732	38	42	476	690	492	42	38	38	173	03:00
	10:00	846	52	52	385	748	658	159	52	52	303	02:00
	11:00	894	60	60	192	688	756	367	60	60	388	01:00
	12:00	907	63	63	67	555	789	555	67	63	417	12:00
AR.	08:00	279	9	25	212	264	157	10	9	9	20	04:00
	09:00	684	31	33	427	645	477	40	31	31	124	03:00
	10:00	824	45	45	357	732	661	173	45	45	243	02:00
	11:00	881	53	53	177	685	764	379	53	53	327	01:00
	12:00	897	56	56	60	560	798	560	60	56	356	12:00
Tarih	Güneş Zamanı	I (W/m ²)	SHGF GÜNEŞ ISI KAZANÇ FAKTÖRÜ (W/m ²)									Güneş Zamanı
			K	KB	B	GB	G	GD	D	KD	YAT	

Çizelge 4.5 Tek Cam ve Yalıtılmış Cam için Gölgeleme Katsayıları.

Cam Tipi		Nominal Kalınlık	Gölgeleme Katsayıları (SC-Shading Factors)						
			Gölgeleme elemanı yok		Panjur		Perde		Tül
			$H_0 = 22,7 \text{ W/m}_2 \text{ K}$	$h_0 = 7 / \text{m}_2 \text{ K}$	Açık	Koyu	Açık	Koyu	Perde
Tek Cam	Berrak	3mm	1,00	1,00	0,62	0,66	0,27	0,59	0,41
		6mm	0,94	0,95	0,55	0,65	0,27	0,58	0,40
		10mm	0,90	0,92	0,54	0,64	0,26	0,56	0,39
		13mm	0,87	0,88	0,54	0,61	0,26	0,55	0,37
Yalıtılmış Cam	Dış ve İç Berrak	3mm	0,88	0,88	0,53	0,59	0,25	0,60	0,37
		6mm	0,81	0,82	0,51	0,57	0,25	0,59	0,35
	Dış Isı Yutan İç Berrak	6mm	0,55	0,58	0,51	0,54	0,23	0,55	0,35

Güneş enerjisinin içeri girmesi ve emilmesi ile kazanılan ısı, güneş enerjisi ısı kazancı ile ifade edilir (SHG – Solar Heat Gain) Sadece güneşli hava olduğu zaman soğutma yükü hesaplarında kullanılır. SHG toplam kısa dalga boylu ışınım (I_t) ile doğru orantılıdır ve şu şekilde ifade edilir.

$$SHG = F \cdot I_t \quad (4.5)$$

Bu bağıntıda F bir yüzeye gelen güneş ışını ile bu güneş ışınından kazanılan ısının oranıdır. Pencere tipi karakteristiğine ve güneş ışının geliş açısına bağlı boyutsuz bir değerdir.

Pencere tipi, gölge yapan malzeme çeşitliliği, güneş ışını geliş açısı ve yoğunluğuna bağlı olarak sonsuz kombinasyon mevcut olduğundan bu formül doğrudan kullanılamaz. ASHRAE tarafından pencereden olan ısı kazancı için bir metod geliştirilmiştir. Bu metod için diğer hesaplamalarda da kullanılan referans cam uygulanır. Yukarıda açıklanan referans malzemedeki sağlanan güneş enerjisi ısı kazancı faktörüne (SHGF – Solar Heat Gain Factor) adı verilir. Bu değerler kuzey enlemler için 9 prensip yönelim için her bir ayın 21. Gününde hesaplanmıştır. Diğer tarihler zamanlar ve enlemler için lineer interpolasyon yapılabilir.

Çizelge 4.4’de verilen SHGF katsayıları bulutsuz günlerdeki maksimum değerleri olabileceğinden %15 dolayında arttırabilir. Çok tozlu endüstriyel atmosferler ve istisnai

olarak nemli ortamlar için tabloda verilen değerlerin %20 ile %25 daha düşük değerleri elde edilebilir.

Çizelge 4.4'de 40⁰ Kuzey enlemleri belirtilmiştir. ASHRAE kaynaklarından 16⁰, 24⁰, 32⁰, 40⁰, 48⁰, 56⁰ ve 64⁰ Kuzey enlemleri takım halinde ilgililerin bilgisine sunulmuştur. Öğleden önceki SHGF değerleri için yukarı yön satırı öğleden sonraki değerler için aşağı yön satırı dikkate alınmaktadır. Bu bilgiyle birlikte gün içindeki saatleri gösteren kolonlar değerlendirildiğinde tüm gün içindeki SHGF değerleri elde edilir.

4.4.2. Aydınlatma Sonucu Oluşan Isı Kazancı

Aydınlatma sonucu oluşan ısı kazancı ve bu nedenle oluşan soğutma yükü hesabı diğerlerinde olduğu gibi açık değildir; verilen herhangi bir anda anlık ısı kazancı anlık aydınlatma gücüne eşdeğer ısı miktarından oldukça farklı olabilir.

Aydınlatmadan gelen enerjinin sadece bir kısmı taşınım ile ısı geçişi şeklindedir ve iklimlendirme cihazları tarafından anında uzaklaştırılır. Geriye kalan kısmı ise ışınım ile ısı geçişi şeklindedir ve bu ısı iklimlendirilen ortamı ancak duvarlar, döşeme, mobilyalar vb. tarafından yutulup tekrar serbest kalması ile etkiler. Yutulmuş enerji bir süre sonra ortam soğutma yüküne çevrilir ve bu enerjinin bir kısmı ışıklar söndürüldükten sonra da varlığını korur.

Işıkların yakılması ile denge noktası (anlık depolanan enerjinin, ışınım ile geçen aydınlatma enerjisine eşit olduğu an) arasında genellikle önemli bir zaman farkı vardır. Zaman farkının etkisi, soğutma yükü hesaplandığında göz önüne alınmalıdır, zira ortam tarafından algılanan yük, üretilen anlık ısı kazancından önemli oranda düşük olabilir ve ortam için pik yük önemli oranda etkilenebilir.

Aydınlatma anlık ısı kazancı ; her ne kadar önemli seviyede ilave ısı, bağlantı armatürlerinden üretilse de, aydınlatmadan kaynaklanan ısının ilk kaynağı ışık veren elemanlar veya lambalardır. Çoğunlukla elektrik aydınlatmasından olan anlık ısı kazancı miktarı

$$Q_{ay} = W \cdot F_k \cdot F_a \quad (4.6)$$

bağıntısı ile bulunur. Bu bağıntıda

Q_{ay} = Aydınlatmadan olan ısı kazancı [W]

W = Toplam aydınlatma gücü [W]

F_k = Kullanma faktörü [Boyutsuz]

F_a = Armatür faktörü [Boyutsuz]

Toplam aydınlatma gücü, hem genel aydınlatma ve hem de teşhir amaçlı yapılan aydınlatma için yerleştirilen bütün lambaların gücünün toplamıdır.

Kullanma faktörü, soğutma yükü hesaplarının yapıldığı şartlardaki aydınlatma gücünün, toplam kurulu aydınlatma gücüne oranıdır. Mağaza gibi ticari uygulamaların soğutma yükü hesaplarında kullanma faktörü genellikle 1.0 değerindedir.

Armatür faktörü, ürettikleri ısının sadece bir kısmını şartlandırılan ortama veren floresan gibi aydınlatma cihazları için kullanılır. Floresan armatürleri için armatür faktörü öncelikle balast kayıpları için kullanılır.

Havalandırılmalı veya kanallı aydınlatma armatürleri için şartlandırılan ortama doğrudan ve zaman farkı etkisi ile giren toplam enerjinin dönüş havası veya uygun bir başka şekilde çekilen anlık ısı miktarına oranının bulunması için bu armatürleri üreten firma verilerine başvurulmalıdır.

Tavanda hazırlanmış yuvalara gömülü kanallı lambalardan kaynaklanan soğutma yükü iki kısımdan meydana gelir. Lambalardan gelen bir kısım ısı enerjisi, doğrudan ısı kazancı olarak ortama dahil olur, geri kalan miktarı ise tavan üzerinde bulunan kanala verilir (Eğer dönüş havası için asma tavan plenum şeklinde kullanılıyor ise) Tavanda bir dönüş havası kanalı varsa, bu ısı miktarı hiçbir şekilde şartlandırılan ortama dahil edilemez. Ancak bu ısı miktarı toplam soğutma yüküne ilave edilir ve yük hesaplarını önemli oranda etkiler.

Ayrıca dönüş havası ile soğutulan aydınlatma armatürleri mevcuttur. Bu tipler lambanın etrafında dönüş havasının sirküle ettiği ve etmediği modeller olmak üzere ikiye ayrılır. Dönüş havası ile soğutulan havalandırılmalı armatürler ürettikleri ısının %40 ile %60 kadarını, havalandırmasız armatürler ise %15 ile %25 kadarını dönüş havasına bırakır.

4.4.3. İnsanlardan Kaynaklanan Isı Kazancı

İnsanlar buldukları farklı aktiviteler, giyim tarzları ve çevresel koşullara bağlı olarak şartlandırılan ortama ısı ve nem yayarlar. Bununla beraber insanlar için genel aktivite durumları ve giyime uygun olarak Çizelge 4.6'da bazı pratik değerler verilmiştir.

İnsan tarafından neden olunan gizli ısı kazancı, ani soğutma yükü olarak göz önünde bulundurulabilir. Ancak toplam duyulur ısı kazancı doğrudan soğutma yüküne çevrilemez. Işınım ile yayılan miktar ilk olarak etraf karakteristiğine bağlı olarak ortama iletir. İnsanda ışınım ile duyulur ısı kazancı miktarı yaklaşık %70 ; taşınım ile duyulur ısı kazancı miktarı ise %30 civarındadır. Taşınım ile olan ısı kazancı ani soğutma yükü olarak ele alınırken ışınım ile olan kısım ortamın soğutma yüküne katkısı, o ortamın ısı depolama karakteristiklerine bağlı olduğundan uygun mahal geçiş fonksiyonlarının (RTF) uygulanması gerekir. (McQuiston F.C. Spitler J.D. ,1992)

Çizelge 4.6 : İnsanlardan Olan Duyulur ve Gizli Isı Kazancı Değerleri

Aktivite Derecesi	Bulunduğu Ortam	Toplam Isı Kazancı [W]		Duyulur Isı [W]	Gizli Isı [W]
		Yetişkin Erkek	Düzeltilmiş Değer		
Oturma (Hareketsiz)	Tiyatro (Gündüz)	115	95	65	30
Oturma (Hareketsiz)	Tiyatro (Gece)	115	105	70	35
Yemek yerken oturma	Lokanta	145	160	80	80
Orta derece büro işi	Büro, oteller	140	130	75	55
Ayakta, hafif iş, yürüme	Toplu alışveriş yerleri	160	130	75	55
Yürüme, ayakta durma	Eczane, banka	160	145	75	70
Hafif Tezgah İçi	Fabrika	235	220	80	140
Bowling oynama	Oyun Merkezleri	440	425	170	255
Modern dans etme	Dans Salonu	265	250	90	160
Ağır işler	Fabrika	440	425	170	255
Ağır atölye işleri, yük taşıma	Fabrika	470	470	185	285
Atletizm yapma	Spor Salonu	585	525	210	315

Çizelge 4.6'da belirtilmiş değerler 24°C ortam kuru termometre sıcaklığını esas almaktadır. 27°C kuru termometre için toplam ısı aynı kalırken duyulur ısı değerleri yaklaşık olarak %20 oranında azaltılıp gizli ısı değerleri de toplamda aynı kalacak şekilde arttırılmalıdır. Çizelge 4.6'da belirtilmiş düzeltilmiş değer kavramı yetişkin bir erkekten gelen ısı miktarının %85

4.4.4. Elektrikli, Gazlı ve Buharlı Cihazlardan Olan Isı Kazancı

Elektrikli, gazlı ve buharlı cihazların uygulama şekillerinin kullanma programlarının ve tesis montajının farklılıkları nedeniyle bu kazanç miktarı oldukça değişkendir.

İklimlendirme yapılan ortamlarda en yaygın olarak karşılaşılan ısı üreten cihazlar yiyecek hazırlama cihazlarıdır. W.L. Marn ve arkadaşlarının 1962 yılında hazırladıkları "Commercial Gaz Kitchen Ventilation Studies" adlı makalede endüstriyel mutfaklarda açığa çıkan ısının büyük bir bölümünün cihazların yüzeylerinden kaynaklandığını belirtilmiş ve bu cihazların emme verimi yüksek olan etkin bir davlumbaz altına yerleştirilmesi durumunda taşınım ve gizli ısı değerleri ihmal edilebileceği açıklanmıştır. Bütün havalandırması olan cihazlar için bu sonuçlar geçerlidir.

İşınımın ortama yayılması yüzünden maksimum işınım tahmini saatteki elektrik gücü girişinin %32'sidir. Tipik cihaz yüzey sıcaklıklarını açıklamak için saatlik güç girişinin bilinmesi, cihazın gerçek saatlik güce girişini veren bir yaklaşım olan kullanım faktörü tanıtılmıştır. Ayrıca 7 tipik elektrikli mutfak aleti üzerinde yapılan deneysel çalışmalar sonucu, işınım faktörünün ortalama 0.32 olduğu ve cihaza bağlı olarak 0.03'ten 1.2'ye kadar değiştiği görülmüştür.

Çalışmalar işınımla ısı geçişi ile yüzeylerde meydana gelen sıcaklık artışının pişirme cihazlarının önüne yerleştirilecek ısı kalkanları ile azaltılabileceğini göstermektedir. Bu yöntemle asbest kağıt kalkanlarda %59, cam panel kalkanlarla %61, seramik yünü kalkanlar ile %69 ve parlatılmış alüminyum kalkanlar ile %78 oranında azalma sağlanmıştır. Cihazların önüne yerleştirilen hava perdeside işınım sıcaklığının artışını %15 oranında azaltmaktadır. Yemek servisi yapılan bölgelerde her tabak yemekten %75'i duyulur, %25'i gizli ısı olmak üzere yaklaşık olarak 15 W ısı yayılır.

Davlumbaz altına yerleştirilmiş genel tip elektrikli ve buharlı cihazlar için maksimum saatlik duyulur ısı kazancı Q_m için şu ifade kullanılmaktadır.

$$Q_m = Q_{is} (F_{UA}) \cdot (F_{RA}) \quad (4.7)$$

Bu bağıntıda;

Q_{is} = Cihaz toplam etiket gücü [W]

F_{UA} = Kullanma faktörü [Boyutsuz]

F_{RA} = Işınım faktörü [Boyutsuz]

anlamındadır.

Cihazların değişik kullanma ve termostat kontrolleri nedeniyle kullanma faktörünün $F_{UA} = 0.50$ olarak kabul edilmesi; $F_{RA} = 0.32$ olarak ışıınım faktörü ele alınması (4.7) bağıntısını

$$Q_m = 0,16 Q_{is} \quad (4.8)$$

olarak ifade edilmesine yol açar.

Doğrudan gaz yakan pişirme cihazları aynı tip ve boyuttaki elektrikli veya buharlı cihazlardan daha fazla ısı girişi gerektirir. Gaz yakan cihazlar üzerinde yapılan çalışmalar %60'ının üzerinde toplam giriş oranının olduğunu gösterdi. Yanma ürünleri ile birlikte ekstra ısı girişinin dışarı atılması ve cihaz yüzey sıcaklığının aynı olması nedeniyle %60 daha fazla giriş oranını karşılayan gaz yakıtlı cihazlar için ifadelerin doğrulanması gerekmektedir. Bu doğrulama, akış kayıp (yük) faktörünün (F_{FL}) tanımlanmasıyla yapılır ve şu şekilde ifade edilir.

$$Q_m = Q_{is} \cdot (F_{UA}) \cdot (F_{RA}) / (F_{FL}) \quad (4.9)$$

$$Q_m = 0,10 Q_{is} \quad (4.10)$$

İklimlendirilen bir ortamda bulunan bütün pişirme cihazlarından olan ısı kazancı cihazlar eğer bir davlumbazın altına monte edilmemiş ise veya doğrudan egzoz kanalına bağlı değilse, kullandığı enerji veya yakıtı bakılmaksızın saatlik kurulu gücünün %50'si (kullanma faktörü = 0,5) olarak alınmalıdır. Ortalama bir değer olarak bu ısı kazancının %66'sı duyulur, %34'ü gizli ısı olarak kabul edilebilir. Çizelge 4.8'de elektrikli, buharlı veya gazlı yedi farklı cihazın ilgili faktörleri verilmiştir. Çizelge 4.8'de ise farklı pişirme cihazlarının Çizelge 4.9'da Davlumbaz altına yerleştirilen cihazların ısı kazanç değerleri belirtilmiştir.

ilgili faktörleri verilmiştir. Çizelge 4.8'de ise farklı pişirme cihazlarının Çizelge 4.9'da Davlumbaz altına yerleştirilen cihazların ısı kazanç değerleri belirtilmiştir. (ASHRAE, 1997 Ch.28)

Çizelge 4.7: Ticari Pişirme Cihazları Kullanma , Işınım ve Yük faktörleri

Cihaz	F_{UA} Kullanma Faktörü	F_{RA} Işınım Faktörü	F_Z Yük Faktörü	
			Elektrikli veya Buharlı	Gazlı
Nervürlü ızgara	0,10	0,35	0,04	0,025
Kapalı Döküm Ocak	Fırınsız	0,79	0,47	0,231
	Fırınlı	0,59	0,48	0,175
Izgara	0,55	0,36	0,20	0,125
Kömür ızgarası	0,50	0,15	0,08	0,050
Fritöz	0,03	0,30	0,01	0,056
Buharlı Pişirici	0,13	0,30	0,04	0,025
Konveksiyon Fırın	0,14	0,30	0,04	0,025

Çizelge 4.8: Ticari Pişirme Cihaz Verimleri

Ekipman Adı	Verim %	
	Elektrik	Gazlı
Klasik Kızartma Makinası	78	28
Holojenli Kızartma Makinası	72	37
Basınçlı Kızartma Makinası	83	30
Izgara	62	46
Oluklu Izgara	71	51
Kömür Izgara	65	16
Alevli Izgara	37	19
Alev Izgara	52	22
Yeni konveksiyonlu fırın	64	46
Konveksiyonlu fırın	62	28
Kapalı döküm ocaklı fırın	45	13
Katlı fırın	55	24
Atmosferik buharlı pişirici	23	13
Basınçlı buharlı pişirici	39	19
Benmori	73	42
Devrilir tava	79	52
Açık ocak	73	38
Kapalı döküm sıcak yüzey	48	23

Çizelge 4.9'da mutfak cihazlarından duyulur ve gizli ısı kazancı oranını tahmin etmek için tavsiye edilen veriler verilmiştir. Son sütunda verilen değerler daıumbaz altına konan cihazlar için kullanılır.

Çizelge 4.10 ve 4.11'de ise bazı büro makinalarından olan ısı kazancı belirtilmektedir. Bürolar için 9 ile 13W/m² arasında bir değer alınabilir. Muhasebe ve satın alma bölümleri için bu değer 18 ile 22 W/m² olur. Bununla beraber masaların bir çoğunda bilgisayar terminali bulunan bürolarda, ısı kazancı 17 W/m² değerine kadar çıkarılabilir.

Bilgisayar odalarında her bilgisayar ekipmanı ayrı ayrı ele alınmalıdır. Bilgisayar üreticileri çeşitli tip bilgisayar ekipmanları için verileri temin etmektedir. Dijital bilgisayar ekipmanlarından olan ısı kazancı 240 ile 550 W, arasında değişir.

Çizelge 4.9: Çeşitli Ev Aletlerinden Olan Isı Kazanç Değerleri

Cihaz	Üretici firma	Isı kazançları (W)			Açıklama
		Güçlü (W)	Duyulur	Gizli	
Elektrikle çalışan cihazlar					
Saç kurutma cihazı	1580	675	120	785	Üfleme
Saç kurutma cihazı	700	550	100	650	Sargı tipli
Fön makinası	1500	250	50	300	
Neon cihazı		28		28	
Stenize makinası	110	190	350	540	
Elektrikli daktilo	1760	1760	0	1760	Küçük, çalışırken
Elektrikli daktilo	880	880	0	880	Küçük beklemede
Elektrikli daktilo	3515	3515	0	3515	Geniş çalışırken
Elektrikli daktilo	1760	1760	0	1760	Geniş, beklemede
Gaz yakan cihazlar					
Laboratuvar ocakları	880	495	125	820	Bunsen
Laboratuvar ocakları	1465	820	205	1025	Fishtail
Laboratuvar ocakları	1760	985	245	1230	Meeker
Gaz Lambası	585	530	60	590	
Çakmak	730	265	30	295	

Çizelge 4.10: Cihazlardan Olan Isı Kazanç Değerleri

Üretici firmamın		Önerilen ısı kazancı Oranı (W)				Kapasitesi	Boyutları (mm) Genişli-Derinlik Yükseklik	
Verdiği giriş	Mümkün olan max.	Atık havasız			Atık havalı			
Güçü(W)	Saatlik giriş gücü(W)	Duyulur	Gizli	Toplam	Duyulur	Cihaz Cinsi		
Tezgah tipi gaz yakan cihazlar								
10550	5275	3430	1845	5275	1055	Izgara		800x500x400
1610	735	510	225	735	145	Kahve makinası		
3225	1465	1130	335	1465	325	Su ısıtma ocağı		
2930	1465	1025	440	1465	295	Semaver	12L	300 mm. Çaplı
8790	4395	2200	2195	4395	880	Derin tava kızartıcı	7kg yağ	350x500x400
4415	2210	1765	445	2210	440	Besin kurutucusu		
47310	23655	15455	8200	23655	4730	Izgara kızartıcı		
7885	3945	2365	1580	3945	790	Buhar tezgahı		500x400x750
3515	1760	1055	705	1760	350	Tost makinası		
Zemine üzerine birleşik gaz yakan cihazlar								
20251	10255				2050	Kaynatıcı		600x650
19045	9525				1905	Derin tava kızartıcı	15 kg yağ	
12615	6310				1260	Fırın		
23440	11720				2345	Kızgın Fırın		800x800x150
18750	9375				1875	Mutfak Ocağı		800x1000
11720	5860				1170	Mutfak Ocağı (fırınlı)		650x700x400
7030	3515				700	Mutfak Ocağı (restoran tipi)		300x700
8790	4395				880	Mutfak (restoran tipi, fırınlı)		600x500x350
Tezgah tipi elektrikli cihazlar								
785	380	292	88	380	125	Kahve makinası		
2000	1000	750	250	1000	290	Semaver	12L	
5500	2750	820	1930	2750	880	Derin tava kızartıcı	6 kg yağ	300x550x250
2585	1260	1010	250	1260	410	Besin kurutucusu		
1100	555	335	220	555	175	Yumurta kaynatıcı	2 kupalı	250x350x650
29015	14510	9460	14510	5050	4730	Izgara, kızartıcı		
6000	3000	1935	1065	3000	940	Grill		450x500x350
5200	2610	1550	1060	2610	820	Taşınabilir ısıtıcı		450x500x350
1650	820	500	320	820	265	Kızartma ocağı		450x500x350
2200	1085	575	1060	1085	350	Tost makinası	369 dilim/s	450x400x700
2540	1230	650	580	1230	380	Ekmek kızartıcı	4 dilim	300x300x250
1650	820	490	330	820	265	Gözleme kalıbı		450x500x350
Buhar mutfak cihazlar								
1930	965	640	325	965	290	Semaver		
5200	2600	1580	1020	2600	820	Buhar tezgahı		
10410	5205	2600	2605	5205	1640	İki katlı tencere		
155	80	48	32	80	26	Buharlı çaydanlık		
17015	8540	57000	2890	8540	2690	Levha ısıtıcı		
Zemine üzerine birleşik elektrikli cihazlar								
16800					600	Tel izgara		900x800x950
12000	6000				1905	Izgara, fırımsız		
18000	8995				2870	Izgara, fırınlı		
12000	6000				1905	Derin tava kızartıcı	12kg yağ	500x1000x900
22000					210	Kızartma ocağı		400x800x900
5360	2680				850	Fırın		
9680	4730				1545	Fızgın Fırın		
8000	3985				1260	Mutfak Ocağı		750x600x900
3600	1820				555	Mutfak Ocağı (fırınlı)		
24000					920	Buharlı pişirme cihazı		900x750x175

Çizelge 4.11: Bazı Büro makinalarından Olan Isı Kazanç Değerleri

Makine	Kapasite	Maksimum Güç (W)	Baştaki Güç (W)	Önerilen Isı Kazancı (W)
Disk Okuyucu	-	1000-10000	1000-6750	1000-6750
Manyetik Mürekkep Okuyucu	-	960-4700	760-4220	760-4220
Bilgisayar	16-640 KB	100-600	80-530	90-530
Küçük bilgisayar	-	220-6600	2200-6600	2200-6600
Optik Okuyucu	-	3000-6000	2350-4980	2350-4980
Plotter	-	75	37	63
Mektup yazıcılar	30-45 yükleme/dak	350	175	292
Yüksek hızlı yazıcılar	5000 çizgi/dak.	1000-5300	500-2550	730-3810
Düşük hızlı yazıcılar	300-600 çizgi/dak.	450	225	376
Ozalit	-	1150-1250	500-5000	1150-12500
Fotokopi Makinası (Büyük)	30-67 kopya/dak	1700-6600	900	1700-6600
Fotokopi Makinası (küçük)	6-30 kopya/dak	460-1700	300-900	460-1700
Kaset Çalar	-	60	-	60
Sinyal Analiz Cihazı	-	25-650	-	25-650
Zarflama Makinası	3600-6800 adet/h	600-330	-	390-2150
Pul Makinası	1500-30000 adet/h	600-660	-	390-4300
Daktilo	-	80	-	67
Soğuk yiyecek/içecek Makinası	-	1150-1920/1725	-	575-960
Sıcak içecek Makinası	-	240-275	-	862
Sıcak yiyecek Makinası	-	1150	-	240-275
Mikrofilm okuyucu/yazıcı	-	1500	-	1150
Kahve Makinası	10 fincan	440	-	1050 duyulur 450 gizli
Barcode yazıcı	-	60	-	370
Yazar kasa	-	250-3000	-	48
Evrak İmha makinası	-	700	-	200-2420
Su Soğutucu	30 Lt.			-

4.4.5. Elektrik Motorlarından Olan Isı Kazancı

Şartlandırılan ortam içinde elektrik motorları ile çalıştırılan makinalardan olan anlık ısı kazancı

$$q_{em} = \left(\frac{P}{E_M} \right) \cdot (F_{UM}) \cdot (F_{LM}) \quad (4.11)$$

şeklinde ifade edilir. Burada;

Q_{em} = Makinalardan gelen ısı kazancı [W]

P = Motor Gücü [W]

E_M = Motor Verimi [Boyutsuz]

F_{UM} = Motor Kullanım Faktörü [Boyutsuz]

F_{LM} = Motor Yük Faktörü [Boyutsuz]

anlamlandırılır.

Motor kullanım faktörü bütün çalışma saatleri boyunca önemli oranda kesinti olduğu biliniyorsa uygulanmalıdır. Ticari uygulamalar için bunun değeri 1.0 olmalıdır.

Motor yük faktörü, soğutma yükü şartları altında yükün dağıtılan oranıdır. Bağntı 4.11'de hem motorun, hem de cihazın şartlandırılan ortam içinde olduğu kabul edilir. Eğer motor ortamın veya hava akışının dışında ise bu ısı

$$Q_{em} = P \cdot (F_{UM}) \cdot (F_{LM}) \quad (4.12)$$

bağntısı ile hesaplanır.

Eğer motor şartlandırılan ortamda veya hava akımı içinde, ancak motorun tahrik ettiği makine dışarıda ise;

$$Q_{em} = [P(1,0 - E_m) / E_m] \cdot (F_{UM}) \cdot (F_{LM}) \quad (4.13)$$

bağntısı kullanılır. Denklem ortam içindeki havayı dışarı atan vantilatör veya akışkanı pompalayan pompa içinde kullanılabilir.

Çizelge 4.12: Standart Bazı Motorlar için Özellik ve Isı Kazancı Değerleri

Motor ile tahrik cihazının ortama göre yeri						
A	B	C				
Motor içinde Cihaz içinde (W)	Motor dışarda Cihaz içinde (W)	Motor içinde Cihaz dışarda (W)	Motor gücü HP	Motor tipi	Motor devir sayısı	Tam yükte Motor verimi (%)
105	38	70	0,05	Kutuplu	1500	35
170	59	110	0,08	Kutuplu	1500	35
264	94	173	0,125	Kutuplu	1500	35
340	117	223	0,16	Kutuplu	1500	35
346	188	158	0,25	Ayrık fazlı	1750	54
439	246	194	0,33	Ayrık fazlı	1750	56
621	372	249	0,5	Ayrık fazlı	1750	60
776	557	217	0,75	3 fazlı	1750	72
993	747	249	1	3 fazlı	1750	75
1453	1119	334	1	3 fazlı	1750	77
1887	1491	396	2	3 fazlı	1750	79
2763	2238	525	3	3 fazlı	1750	81
4541	3721	817	5	3 fazlı	1750	82
6651	5596	1066	7,5	3 fazlı	1750	84
8760	7178	1315	10	3 fazlı	1750	85
13009	11192	1820	15	3 fazlı	1750	86
17140	14913	2230	20	3 fazlı	1750	87
21184	18635	2545	25	3 fazlı	1750	88
25110	22370	2765	30	3 fazlı	1750	89
33401	29885	3690	40	3 fazlı	1750	89
62115	55962	6210	75	3 fazlı	1750	90
82918	74719	8290	100	3 fazlı	1750	90
103430	93172	10342	125	3 fazlı	1750	90
123060	111925	11075	150	3 fazlı	1750	91
163785	149135	14738	200	3 fazlı	1750	91
204805	186346	18430	250	3 fazlı	1750	91

Çizelge 4.12’de çeşitli elektrik motorları için motor gücü verimi ve motor yerine bağlı olarak çıkan ısı kazancı değerleri verilmiştir. Eğer motor yükü soğutma yükünün hissedilir oranı ise, motor verimi üretici firma tarafından verilmelidir. Motorun fazla yükleme limitleri içersinde, motorun ısı çıkışı, motorun yükü ile orantılıdır. Bu nedenle Çizelge 4.13’de maksimum yüklenme hali için motor gücü çarpım katsayıları verilmiştir.

Çizelge 4.13: Maksimum Motor Yüklenmesi Halinde Motor Gücü Çarpım Katsayıları

HP	0.05-0.25	0.16-0.33	0.67-0.75	1-...
AC açma	1.4	1.35	1.25	1.15
AC ve DC		1.0	1.0	1.0

4.4.6. Havalandırma ve Enfiltrasyondan Olan Isı Kazancı

4.4.6.1. Havalandırma

Dış hava belli bir miktar iç ortama girmek zorundadır. Çünkü ortamda minimum seviyede bir dış havanın (taze hava) bulunması gereklidir. Özellikle denizaltı, sığınaklar veya özel hizmete mahsus yerlerde maksimum bir dış hava miktarına ihtiyaç vardır. Bu gibi yerlerde en azından 0,5 lt/s'lik dış havanın kişi başına sağlanması gereklidir. Sağlanan bu gerekli havalandırma, uygun bir çevrim havasının artmasına uygun olarak çalışan bir havalandırma sistemi ile sağlanır. (ASHRAE, 1997 Ch.25)

Yönetmelikler havalandırma konusunda umumi yerler ve endüstriyel tesisler için gerekli değerleri vermektedir. Havalandırma ve gerekli dış havanın ısı kazancı ve soğutma yüküne etkisi ilk olarak iç ve dış tasarım şartlarının sabit olduğu halde açıklanabilmektedir. Gerekli dış hava öncelikle ortamdaki kişi sayısına, malzeme, koku ve duman çıkaran cihazlara bağlıdır. Ancak endüstriyel ve laboratuvar sistemlerinde gerekli olan dış hava atık havayı karşılamak için daha çok miktardadır.

4.4.6.2 Enfiltrasyon

Bir binaya istenilenin dışında hava giriş ve çıkışının sebepleri iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı, basınç farkı ve bina elemanları içindeki çatlak ve araklıklardır. Hava değişiminin şiddeti basınç farkı ile doğru orantılı ve giriş yolları mukavemeti ile ters orantılıdır.

İç ve dış ortamın sıcaklıklarının ve dolayısıyla yoğunluklarının farklı oluşu nedeniyle meydana gelen hava değişimlerine binaların baca tesiri denir. Isıtılan binalarda hava aşağıdan

girip yukarıdan çıkar, soğutulan binalarda ise aksi yönde hareket eder. Tabanına yakın bir yerden binaya giren daha soğuk dış hava, dışarıya akan iç havanın yerini alır. Soğutma mevsiminde ise akış zıt yöne döner ve iç – dış sıcaklık farkları daha küçük olduğundan akış daha küçük değerlerdedir. İç ve dış basınçların eşit olduğu yüksekliğe nötr basınç seviyesi (NBS) adı verilir. Bu noktanın üstünde (ısıtma mevsimi esnasında), iç basınç dış basınçtan yüksektir, bu noktanın altında daha büyük olan dış basınç, bina içine hava akışına neden olur.

Baca etkisine bağlı basınç farkının h yüksekliğindeki değeri

$$\begin{aligned}\Delta P_s &= (q_o - q_i) \cdot g \cdot (h - h_{NBS}) \\ &= q_{ig} (h - h_{NBS}) (T_i - T_o) / T_o\end{aligned}\quad (4.14)$$

eşitliği ile verilir. Bu eşitlikte;

ΔP_s = baca etkisine bağlı basınç farkı [Pa]

p = hava yoğunluğu (iç şartlar için yaklaşık 1,2) [kg/m³]

g = yerçekimi sabiti [9,8 m/s²]

h = gözlem yüksekliği [m]

h_{NBS} = nötr basınç seviyesi yüksekliği [m]

T = ortalama mutlak sıcaklık [K]

İndisler

i = iç

o = dış

anlamındadır.

Bu eşitlikte kullanılacak uygun sıcaklık farkının açıklık yakınındaki yerel sıcaklık farkında daha çok, tabakalaşmaya bağlı düşey sıcaklık farkı dağılımının ortalaması olarak kabul edilir.

Bir binaya tesir eden baca etkisinin şiddeti için kullanışlı bir tahmin olarak, baca etkisinin oluşturduğu basınç farkı 0.04 Pa/(K.m) alınabilir. Bu tahmini değerde, yapı içerisinde hava akışına karşı tüm dirençler ihmal edilmiştir. Dolayısıyla, tavan yüksekliği 2,5 m. NBS bina yüksekliğinin arısı kadar ve sıcaklık farkı 25 K olan tek katlı binada, tavan ve tabandaki baca basıncı 1.3 Pa olur. Hava akışına herhangi bir iç direnç olmayan yüksek bir binada (örneğin,

her biri 4 m. yükseklikte 20 kat), aynı şartlar altındaki baca basıncı 40 Pa olur. Soğuk iklim şartları için, yüksek dış hava yoğunluğuna bağlı olarak bu değerler kayda değer miktarda daha yüksek olur.

Pencerelerden olan enfiltrasyon hesabı için, çeşitli tip pencereler için bilinen enfiltrasyon sayıları kullanılmaktadır. Bu surette hesaplanan enfiltrasyon miktarı rüzgar hızına, aralıkların boyuna ve pencerin konstrüksiyon şekline bağlıdır.

Pencere ebatları (B x H) ise sürme pencereler için aralık uzunluğu $3B \times 2H$, yana açılır pencere ise $3H + 2B$ olarak aralık uzunluğu bulunur. Aralık uzunluğu hesaplanan pencere ile enfiltrasyon sayısı çarpılarak enfiltrasyon ile giren hava miktarı bulunur.

Pencereler için yapılan enfiltrasyon hesabında, binanın tüm kenarlarındaki pencere aralık uzunluklarının karşılaştırılması gerekli değildir. Çünkü rüzgar eş zamanlı olarak binanın tüm kenarlarına esmez. Bu nedenle, yaygın olan rüzgar yönüne bağlı kenardaki pencere aralıkları göz önüne alınmalıdır.

Kapılardan olan enfiltrasyon hesabı için pencerelerde uygulanan hesaplar kullanılabilir. İyi oturmuş bir kapı için iyi oturmamış ahşap sürme pencere için verilen enfiltrasyon sayıları kullanılabilir. İyi oturmamış bir kapı içinse enfiltrasyon sayılarının 3 katı göz önüne alınmalıdır.

4.4.6.3 Soğutma yükü hesaplarında kullanılan havalandırma ve enfiltrasyonun eşitlikleri

Havalandırma ve enfiltrasyon sonucu havanın özgül hacmi hissedilir derecede değişir, bu nedenle hesaplamalar için havanın hacim yerine kütle değeri kullanılır. Bununla beraber, hacim değerleri ızgara, fan ve kanal seçimi için de gereklidir. Bu sebeple kütle miktarı içeren ve hacim kavramı kullanılan bir metod oluşturulmuştur. ASHRAE standart koşullarında ölçülen hacmin kullanılması ile doğru sonuçlar elde edilmiştir. Standart değer 1.204 kg. kuru hava /m³ (0,830 m³/kg kuru hava) dır. Bu değer yaklaşık 101,4 kPa basınçta 21⁰C kuru ve 16⁰C doyma sıcaklığında hesaplanmıştır.

Havalandırma ve enfiltrasyon ile ortama ilave olunan ısıyla beraber soğutma yükü, ısı kazancı ortam havası tarafından hemen hissedildiği için enfiltrasyon ve havalandırma ile olan ısı kazancına eşdeğerdir (hem duyulur hemde gizli ısı kazancı)

Watt cinsinden duyulur ısı kazancı, ASHRAE standart koşullarındaki ortama giren ve çıkan havanın sıcaklık farkına bağlı bir değerdir. Bu yüzden duyulur ısı kazancı

$$Q = L/s (3600) (0,001204) (0,279 - 0,523 W) \Delta t \quad (4.15)$$

şeklinde ifade edilir. Burada; 3600 bir saatlık saniye, 0,001204 litre başına kuru havanın kg değeri, 0,279 kuru havanın özgül ısısı (kJ/kg⁰C), 0,523 su buharının özgül ısısı (kJ/kg⁰C), W nem oranı (kgsu /kg⁰C), anlamındadır.

Bu bağıntıda (3600) (0,001204) (0,279 + 0,523 W) değeri nem oranına bağlı olarak değişir. Ancak yapılan çalışmalar W değerini yaklaşık olarak 0,01 kg su/kg⁰C olduğunu belirtir. Bu durumda duyulur ısı kazancı yaklaşık olarak;

$$Q = 1,232 \cdot \Delta t \cdot \text{Hava Debisi (lt/s)} [W] \quad (4.16)$$

İfadesinden hesaplanır. (lt/s) terimi havalandırma veya enfiltrasyonla giren hava miktarıdır.

Watt cinsinden gizli ısı kazancı, ASHRAE standart koşullarındaki ortama giren ve çıkan havanın nem miktarı farkına (ΔW) bağlı bir değerdir. Buna göre gizli ısı kazancı ;

$$Q = \text{Hava Debisi (lt/S)} \cdot (3600) (0,001204) (695) \cdot \Delta W \quad (4.17)$$

şeklinde hesaplanır. Bu ifadedeki 695 değeri 10⁰C suyun enerji miktarından düşük, 24⁰C'de %50 bağıl nemli (yaş) buharın enerji miktarıdır (4.17) ifadesindeki çarpma işlemi yapılınc

$$Q = 3012 \text{ Hava Debisi (lt/s)} \cdot \Delta W \quad (4.18)$$

İfadesi elde edilir.

5. ISI KAZANCI DEĞERLERİNDEN SOĞUTMA YÜKÜNÜN BULUNMASI

Bir ortamın soğutma yükü duyulur ısı kazancının büyüklüğüne, niteliğine (duvarlardan ısı iletimi ile, direkt ve yayılı güneş ışınımından, aydınlatmadan gibi) ve ışınım enerjisini yutan cisimlerin mahaldeki konumu ve kütesine bağlıdır. Örnek olarak pencerelerden giren ani güneş ışınımı sonucu olan soğutma yükü profili, döşeme yüzeyi tarafından yutulan güneş ışınımından kaynaklanan soğutma yükünden çok farklıdır. Dolayısıyla, mahal ısı kazancını meydana getiren her bileşen, soğutma yükünü meydana getiren bileşenlerden birinin artmasına yol açar. Çeşitli bileşenlerin herhangi bir andaki toplamı, o andaki soğutma yükünü verir.

5.1. Mahal Geçiş Fonksiyonları

Araştırmacılar ısı kazancının niteliğine ve ortamın ısı depolama özelliklerine (ortamı çevreleyen duvarlar, döşeme vb. ile ortam içindeki cisimler) bağlı olan mahal geçiş fonksiyonları (RTF – Room Transfer Function) vasıtasıyla ısı kazancı ile soğutma yükü arasındaki ilişkiyi belirlemişlerdir. (Schibula L. 1998)Eşit zaman aralıkları ile hesaplanan Q_{θ} ısı kazancına karşılık Q anındaki soğutma yükü Q_{θ} , o andaki ısı kazancı Q_{θ} ile önceki soğutma yükleri ve ısı kazançları cinsinden;

$$Q_{\theta} = \sum_{2=1} (v_o q_o + Q_1 q_{\theta-\delta} + \dots) - (w_1 Q_{\theta-\delta} + w_2 Q_{\theta-2\delta} + \dots) \quad (5.1)$$

bağıntısı ile bulunabilir. Bu bağıntıda δ zaman aralığını ifade etmektedir ve $i = 1$ 'den ısı kazancı bileşenlerinin sayısına kadar değişir $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, w_1, w_2, \dots$ terimleri RFT katsayıları olup ilgili ısı kazancını tekabül eden soğutma yüküne dönüştürür.

Bu katsayılar

(1) Birbirini takip eden ısı kazanç ve soğutma yükü değerleri arasındaki δ zaman aralığının büyüklüğüne

(2) Isı kazancının niteliğine (ışınım ile olan miktarına ve ışınımın nerede yutulduğuna)

(3) Mahal ve içindekilerin ısı depolama kapasitesine bağlıdır. Bu nedenle farklı RTF değerleri, birbirinden ayrı her ısı kazancı bileşeninden kaynaklanan soğutma yükünü hesaplamakta kullanılır.

Denklem (5.1)'in esas şekli v_n ve w_n katsayılarının serilerini barındırdığından, v_1 , w_1 değerleri hesaplarda ihmal edilebilir ve listelenmiş veriler çoğu zaman güvenle kullanılabilir.

Çizelge 5.1: Salon Geçiş Fonksiyonları (RTF) : w Katsayıları

Mahal Havası Dolaşım Tipi	Mahal Dış Kabuk Konstrüksiyonu				
	50mm. Ahşap Döşeme	75mm. Beton Döşeme	150 mm. Beton Döşeme	200 mm. Beton Döşeme	300 mm. Beton Döşeme
	50 kg/m ² Özgül kütle	200 kg/m ² Özgül kütle	370 kg/m ² Özgül kütle	590 kg/m ² Özgül kütle	780 kg/m ² Özgül kütle
Düşük	-0,88	-0,92	-0,95	-0,97	-0,98
Orta	-0,84	-0,90	-0,94	-0,96	-0,97
Yüksek	-0,81	-0,88	-0,93	-0,95	-0,97
Çok Yüksek	-0,77	-0,85	-0,92	-0,95	-0,97

Mahal havası dolaşım tipi kolonundaki terimlerin açıklaması şu şekildedir:

Düşük : Zonda aydınlatma ve insanlardan olan ısı kazancından olan soğutma yükünü karşılayacak minimum debi miktarı söz konusu. Besleme havası döşeme, duvar veya tavan menfezlerinden gerçekleşebilir.

Orta : Besleme havası döşeme, duvar veya tavan menfezlerinden gerçekleşmektedir. Tavandaki plenum dönüş havası için kullanılmamaktadır.

Yüksek : Mahal dolaşım havası, indüksiyon ünitesinin primer havası veya salon vantilatörlü konvektör ünitesi ile verilir. Asma tavan arası dönüş havası için kullanılır.

Çok Yüksek : Salondaki sıcaklık farklılıklarını azaltmak için yüksek mahal dolaşım havası kullanılır. Asma tavan arası dönüş havası için kullanılır.

Çizelge 5.2: Salon Geçiş Fonksiyonları : v_0 , v_1 Katsayıları

Isı Kazancı Bileşeni	Mahal Dış Kabuk Konstrüksiyonu	v_0	v_1
Camlardan Güneş Isı kazancı (İç gölgeleme yok)	Düşük	0,224	$1 + w_1 - v_0$
	Orta	0,197	$1 + w_1 - v_0$
	Ağır	0,187	$1 + w_1 - v_0$
İnsanlar ve ekipmanlardan ışınım ile ısı kazancı	Düşük	0,224	$1 + w_1 - v_0$
	Orta	0,197	$1 + w_1 - v_0$
	Ağır	0,187	$1 + w_1 - v_0$
Dış duvarlar, çatılar, ayırıcı panolar, duvarlar, perdeli veya tül perde örtülü pencerelerden iletimle ısı kazancı	Düşük	0,703	$1 + w_1 - v_0$
	Orta	0,681	$1 + w_1 - v_0$
	Ağır	0,676	$1 + w_1 - v_0$
Cihazlar ve insanlardan üretilen ve havalandırma & enfiltrasyon havasından taşınım ile ısı geçişi	Düşük	1,000	0,0
	Orta	1,000	0,0
	Ağır	1,000	0,0

Çizelge 5.3: Salon Geçiş Fonksiyonları : v_0 , v_1 Katsayıları (Aydınlatma için)

İç Dekorasyon	Besleme ve Dönüş Havası	Aydınlatma Armatürü	v_0	v_1
Ağır basit mobilyalar ile döşenmiş ortam halı yok	Düşük debi; tavanından altından besleme ve dönüş havası	Kanalı Havalandırma Yok	0,450	$1 + w_1 - v_0$
Basit mobilyalar ile döşenmiş ortam halı yok	Orta/yüksek debi, tavandan veya tavanın altından besleme ve dönüş havası	Kanalı Havalandırma Yok	0,550	$1 + w_1 - v_0$
Basit mobilyalar ile döşenmiş ortam döşeme üzerinde halı olabilir	Orta/yüksek debi, indüksiyon ünitesi veya fanlı konvektör besleme ve dönüş zeminden veya tavandaki dönüş plenumdan (asma tavan)	Havalandırılmalı	0,650	$1 + w_1 - v_0$
Herhangi bir dekorasyon ile hazırlanmış ortam zeminde halı mevcut	Aydınlatma armatürleri dönüş kanalı ile bağlantılı	Havalandırılmalı veya dönüş hava akışı içinde serbestçe asılı	0,750	$1 + w_1 - v_0$

Pencereler vasıtasıyla olan güneş ısı kazancını mahal soğutma yüküne bağlayan geçiş fonksiyonu katsayıları, güneş enerjisinin yutulduğu yere göre değişir. Eğer pencereye bir iç gölgeleme elemanı veya perde ile gölgelendiriliyorsa, pencereye düşen güneş ışınımının büyük bir bölümü gölgeleme elemanı tarafından yutulur ve mahale taşınım ile + uzun dalga

ışınımı ile transfer edilir ki bu durumda duvarlardan ve çatıdan olan ısı kazancı ile aynı seviyede olur. Bu şartlarda duvar ve çatı için kullanılan geçiş fonksiyonları aynen uygulanır.

5.2. Isının Ortamdan Uzaklaştırma Analizi

TFM yönteminin temel prensipleri belirli bir süre boyunca dinamik soğutma yükünün bulunmasında yararlı sonuçlar verir. Böyle bir durumda, amaç ekipman seçimi için maksimum yükün araştırılması değil binanın ısı kazancı ve kayıplarının tespitidir; dolayısıyla dış ortama olan herhangi bir kayıp mutlaka gözönüne alınmalıdır. Bu kavram mahal içindeki sıcaklık dalgalanmalarının bulunması ve soğutma cihazlarının ısıyı uzaklaştırma kabiliyetinin tespiti açısından da kritik bir öneme sahiptir. (ASHRAE, 1997 Ch. 30)

TFM yöntemi ile bulunan soğutma yükü, sistemin çalışması sonucunda meydana gelen mahal hava sıcaklığının tespit edilmesinde, belirlenen tip ve büyüklükteki soğutma ünitesi ile ortamdan uzaklaştırılan ısı miktarının hesabında ve/veya sistemin işletme şartlarının belirlenmesinde ilk veri olarak kullanılır. Bunlara ilave olarak soğutma ünitesinin karakteristikleri (mahal hava sıcaklığı ve ortamdan uzaklaştırılacak ısı gibi) işletme programları ortamdan uzaklaştırılan ısı ile mahal sıcaklığı arasındaki ilişkiyi belirleyen ortam havası geçiş fonksiyonları (SATF – Space Air Transfer Function) bu hesaplara dahil edilmelidir.

Soğutma ünitesinin ısı çekme karakteristikleri

$$QR_{\theta} = a + bt_{r\theta} \quad (5.2)$$

şeklinde doğrusal bir bağıntı ile ifade edilebilir. Bu bağıntıda;

$QR_{\theta} = \theta$ anında cihazlar tarafından ortamdan uzaklaştırılan ısı miktarı

$t_{r\theta} = \theta$ anında mahal sıcaklığı

$a, b =$ sistem tanım ve kontrol profil katsayıları anlamlarındadır.

Bu doğrusal bağıntı $t_{r\theta}$ kontrol sistemi ayar aralığında geçerlidir, $t_{r\theta}$ bu aralığın dışına düşerse QR_{θ} maksimum ve minimum değerlerine göre QR_{max} veya QR_{min} değerlerinden birine eşit olur. Q değişkeni ise $(QR_{max} - QR_{min})$ farkının ayar aralığına bölünmesi fonksiyonun

$t_{r1}=0$ 'daki QR_{θ} değerine eşittir. Bu kesişme noktası ayar noktası sıcaklığına bağlıdır. Dolayısıyla θ anındaki termostat ayar sıcaklığı $t_{r\theta}^*$ 'ya bağlı olarak a değeri

$$a = (QR_{\max} + QR_{\min}) / 2 - (b t_{r\theta}^*) \quad (5.3)$$

şeklinde ifade edilir.

Ortamdan ısının uzaklaştırılma hızı ve ortam hava sıcaklığının birbiri ile olan bağıntısı ortam havası geçiş fonksiyonu SAFT ile sağlanır.

$$\sum_{i=0}^1 p_i (QR_{\theta-\delta} - QR_{\theta-i\delta}) = \sum_{i=0}^2 g_i (t_{rc} - t_{r,\theta-i\delta}) \quad (5.4)$$

Bu fonksiyonda g_1 ve p_1 değerleri SAFT katsayıları ise sabit t_{rc} ortam sıcaklığına göre hesaplanan θ anındaki soğutma yükü QR_{θ} olmaktadır. Hafif, orta ve ağır konstrüksiyonlar için boyutsuz g ve p değerleri Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5.4 Boyutsuz Ortam Havası Geçiş Fonksiyonu Katsayıları

Mahal yapı elemanları konstrüksiyon tipleri	g_0 (boyutsuz)	g_1 (W/m ² .K)	g_2 (boyutsuz)	p_0 (boyutsuz)	p_1 (boyutsuz)
Hafif	+ 9,54	- 9,82	+ 0,28	1,0	- 0,82
Orta	+ 10,28	- 10,73	+ 0,45	1,0	- 0,87
Ağır	+ 10,50	- 11,07	+ 0,57	1,0	- 0,97

5.3. Çevreye Isı İletimi

Daha önce tanımlanan tasarım soğutma yükü bileşenlerini hesaplarken, ortama transfer olan bütün ısı miktarının anında soğutma cihazına devredildiği kabul edilmiştir. Ortama giren ısı miktarının bir kısmı tekrar çevreye verildiğinden geniş bir zaman aralığında bu kabul doğru olmamaktadır. Çevreye olan ısı kaybının oranı F_c , ortam havası ile çevre havası arasındaki ısı iletimi miktarına bağlı olup

$$F_c = 1 - 0,0116 K_{\theta} \quad (5.5)$$

eşitliği ile hesaplanır. Bu bağıntıda K_{θ} ortam havası ile çevre havası arasındaki birim uzunluk için iletkenlik değeri olup

$$K_{\theta} = (1/L_F) (U_R A_R + U_W \cdot A_W + U_{OW} + U_P A_P) \quad (5.6)$$

Eşitliği ile verilmekte olup $W/(m^2 \cdot K)$ birimindedir. Bu eşitlikte

L_F = Ortam dış duvarının uzunluğu [m]

U = İklimlendirilen ortamı çevreleyen elemanların U katsayısıdır [$W/(m^2.K)$]

A = Ortamı çevreleyen elemanların alanı [m^2]

İndisler

R = Çatı

W = Pencere

OW = Dış duvar

P = İç duvar veya ayırıcı pano

anlamlandırılır.

K_{θ} birimi $W/m^2.K$ olması nedeniyle F_C boyutsuz olduğundan 0,0116 çarpanı ($m^2.K$)/ W biriminde olmalıdır.

Daha önceki kısımlarda hesaplanan ortam soğutma yükünün ayarlanması için Denklem (5.5)'den bulunan F_C faktörü ile aşağıdaki bileşenlerin çarpımının bulunması gerekir.

- Dış duvarlar ve çatıdan iletimle ısı kazancından kaynaklanan duyulur soğutma yükü
- Pencerelerden iletimle ve güneş ışınlamından kaynaklanan duyulur soğutma yükü
- Tavan, döşeme ve iç duvarlardan olan ısı kazancından kaynaklanan duyulur soğutma yükü.
- Aydınlatmadan, insanlardan ve ekipmanlardan olan ısı kazancının ışınlam bileşeninden kaynaklanan soğutma yükü

Denklem (5.5)'deki SATF katsayılarını bulmak için, ortamı çevreleyen yapı elemanlarının konstrüksiyonuna uygun olarak Çizelge5.4'den p_0 , p_1 , g_0^* , g_1^* ve g_2^* değerleri seçilir. Çizelge5.4'deki g^* katsayıları, ortamı çevreleyen diğer bölgeler ile ısı geçişi sıfır olan

ortamlar için geçerlidir ve birim döşeme alanına göre boyutsuzlaştırılmıştır. Zemin alanı A olan bir ortama ait g_0 ve g_1 katsayılarını elde etmek için, ortam havasını çevreleyen yüzeyler arasındaki; Denklem (5.6) ile bulunan K_θ toplam iletkenlik, havalandırma miktarı ve sızma (enfiltasyon) miktarı arasındaki

$$g_{0,\theta} = g_0^* \cdot A + p_0 [K_\theta + 1,23 (V_\theta + VI_\theta)] \quad (5.7)$$

$$g_{1,\theta} = g_1^* \cdot A + p_1 [K_\theta + 1,23 (V_{\theta-1\delta} + VI_{\theta-1\delta})] \quad (5.8)$$

bağıntıları ile ifade edilir.

p_2 'nin herhangi bir değeri olmadığından, $g_{2\theta}$ hesaplandığında denklem'de ikinci terimin olmayacağına dikkat edilmelidir.

Çevreye ısı kaybının olduğu veya olmadığı, her iki durumda da QR_θ 'yi bulmak için uygun g değerleri kullanılarak Denklem ve aynı anda çözülmelidir.

$$QR_\theta = [ag_o / (b + g_o)] + [I_\theta / (b + g_o)] \quad (5.9)$$

Bu eşitlikte

$$I_\theta = t_{rc} \sum_{i=0}^2 g_{i,\theta} - \sum_{i=1}^2 g_{i,\theta} (t_{r,\theta-i\delta}) + \sum_{i=0}^1 P_i(Q_{\theta-i\delta}) - \sum_{i=1}^1 P_i(QR_{\theta-i\delta}) \quad (5.10)$$

anlamındadır.

Denlem (5.10) ile bulunan QR_θ , QR_{\max} 'dan büyük ise QR_{\max} değerine eşit alınmalıdır; buna karşılık QR_{\min} 'den küçük ise QR_{\min} değerine eşit alınmalıdır. Bu durumda $t_{r\theta}$

$$t_{r\theta} = (1/g_{0\theta}) (I_\theta - QR_\theta) \quad (5.11)$$

denkleminde hesaplanır.

6. SAYISAL UYGULAMA

6.1. Hesaplamaların Yapılacağı Mahalin Özelliklerinin Belirtilmesi

Söz konusu bina İstanbul'dadır. İstanbul yaklaşık olarak 40° Kuzey enleminde bulunmaktadır. Kuzey ve batıda bulunan bitişik mahallerde iklimlendirme yapılmamaktadır ve bu bitişik binalardaki hava sıcaklıkları günün herhangi bir saatinde dış sıcaklığa eşittir.

Güney Duvarı: 100 mm açık renkli kaplama tuğla, 200mm tuğla, 16mm alçı sıva, 6 mm sıva üzerine yapıştırılmış kontraplak panel. ($U = 1.36 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

Doğu ve kuzey duvarı : 200 mm açık renkli ağır konstrüksiyona sahip beton blok, duvarda 16 mm sıva. ($U = 2.73 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

Batı duvarı ve kuzeye bakan ayırıcı iç duvar : 325 mm tuğla ; sıva yok renk belirtilmemiştir. ($U = 1.40 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

Çatı : 115 mm metal çatı iskelet üzerine 50 mm alçı panolardan meydana getirilen düz çatı ; üst katmanlarda 50mm esnemez çatı yalıtım malzemesi, iki kat su yalıtım malzemesi ve en üstte koyu renkli arduvazlı bitümlü çatı kaplaması bulunmaktadır. Çatı iskeletin altında asma tavan yoktur. ($U = 0.51 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

Döşeme : 100 mm zemin üzeri beton döşeme

Pencereler: 1.0 m x 1.5 m açılmayan pencereler. Pencere camları normal camlı açık renk jaluzi perdeli ($U = 4.6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

Kapılar: İçi poliüretan dolgulu, ısıl olarak yalıtımlı açık renkli 45 mm çelik kapı ($U = 1.02 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

Dışa açılan kapılar 2.0 m x 1.5 m 4 adet Kuzey ve Doğu Yönünde. İç kapılar 2.0 m x 1.5 m 2 adettir.

Yaz dış ortam tasarım sıcaklıkları : 35°C ; günlük sıcaklık aralığı 10.5°C , yaş termometre sıcaklığı 25°C ; $W_0 = 0.0159 \text{ kg (buhar) / kg (kuru hava)}$ ve $h_0 = 75.69 \text{ kJ/kg (kuru hava)}$

Yaz iç ortam tasarım sıcaklıkları : 24°C kuru termometre sıcaklığı . yaş termometre sıcaklığı 18°C ; $W_0 = 0.0104 \text{ kg (buhar) / kg (kuru hava)}$ ve $h_0 = 50.58 \text{ kJ/kg (kuru hava)}$

İnsanlar: 85 büro çalışanı 08:00 ile 17:00 arası çalışıyor.

Aydınlatma: 17.5 kW floresan , hergün 08:00 ile 17:00 arası açık ; bunun yanısıra 4000 W tungsten lambalar sürekli açık kalacak . Aydınlatma armatürleri havalandırılmayan tiptedir.

Ekipman ve cihazlar :Bu örnekte bu tip cihazların bulunmadığı kabul edilmiştir.

Havalandırma : ASHRAE standartlarına göre bu tip ofis binası için kişi başına 7 lt/s havalandırma debisi seçilmiştir. 375 m² döşeme alanı ve 3 m tavan yüksekliği 1125 m³ hacim değerini verir. Buna karşılık gelen saatteki hava değişim oranı 1.9 olarak bulunmaktadır.

Enfiltrasyon: Pencereleler sızdırmaz olduğundan sızma sıfır kabul edilmiştir. Duvar yüzeylerinde olan sızma da özellikle iç yüzeyler olduğundan önemsizdir. Kapılardan olan sızma ise değerlendirmeye alınmalıdır. 1.90 hava değişim / saat basıncı ile sağlanan pozitif havalandırma, kapının açılma sıklığına ve rüzgar yönü ile hızına bağlı olarak kapıdan hava sızmasını engelleyecek seviyede olabilir. Bu örnekte ise dış ve iç kapıların birbiri ardına sık sık açıldığı ve soğutma yükünün bir bileşeni olarak kapılardan sızmanın da dahil edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Hesaplarda kapıdan geçen kişi başına 2.8 m³/(kapı geçiti) kadar sızan hava alınmıştır. İlave olarak dışa açılan kapılarda saatte 10 kişinin kapıyı kullandığı iç kapılarda ise 30 kişi /saat alınmıştır. Buna göre sızma debisi :

$$Q_{enf} = 40 \times 2.8 \times 1000 / 3600 = 31.1 \text{ L / s}$$

olarak elde edilir.

Bina ve içindekilerin ısı davranımı: Bu uygulamada bina konstrüksiyonu ve bina içindeki eşyalar “ orta ” seviyede kabul edilmiştir.

İklimlendirme cihazının konumu: İklimlendirme cihazı kuzey duvarına bitişik yapı içindedir, dolayısıyla ısı kazancına hiçbir doğrudan etkisi yoktur .

Buna göre binanın:

1. Duyulur soğutma yükü
2. Gizli soğutma yükü
3. Toplam soğutma yükü
4. Sistem kapasitesini

aşağıdaki şartları sağlayacak şekilde hesaplanacaktır.

(a) İşletme 1 : Sabit iç sıcaklık 24⁰C günün 24 saati sağlanacaktır.

(b) İşletme 2 : Sabit iç sıcaklık 24-25 ⁰C günün 24 saati sağlanacaktır. Mahal sıcaklığı 1 °C salınım yapmasına izin verilecektir .

- (c) İşletme 3 : Sabit iç sıcaklık 24-26 °C günün 24 saati sağlanacaktır. Mahal sıcaklığı 2 °C salınım yapmasına izin verilecektir .
- (d) İşletme 4 : Soğutma sistemi ile 08:00 ile 17:00 saatleri arasında mahal sıcaklığı 24-25°C olması sağlanacaktır. Mahal sıcaklığı 1 °C salınım yapmasına izin verilecektir .
- (e) İşletme 5 : Soğutma sistemi ile 06:00 ile 17:00 saatleri arasında mahal sıcaklığı 24-26°C olması sağlanacaktır. Mahal sıcaklığı 2 °C salınım yapmasına izin verilecektir .
- (f) İşletme 6 : Soğutma sistemi 06:00 ile 17:00 saatleri arasında 24-26°C olması sağlanacaktır. Mahal sıcaklığı 2 °C salınım yapmasına izin verilecektir . Ayrıca sistemde mahale üflenen hava dış ortam kuru termometre sıcaklığı ile ters orantılı lineer değişkenlik göstermesi planlanacaktır. Pik dış ortam kuru termometre sıcaklığında (35 °C) üfleme havası 13 °C kabulü ile hesaplamalar yapılacaktır.
- (g) İşletme 7 : Soğutma sistemi ile 06:00 ile 17:00 saatleri arasında mahal sıcaklığı 24-26°C olması sağlanacaktır. Mahal sıcaklığı 2 °C salınım yapmasına izin verilecektir. Ayrıca sistemde mahale üflenen hava ile dönüş havası çapraz akışlı ısı geri kazanım ünitesinden geçirilecektir. Isı geri kazanım ünitesi için verim %55 kabul edilecektir.

6.2. Sayısal Uygulamanın Çözümü

Genel olarak çözüm adımları aşağıda sıralanmıştır:

- 1- Günlük yük : TFM yöntemi ile hesaplanan saatlik ısı yükler 24 saat günlük çevrim için hesaplanır.
- 2- Saatlik ısı kazancı bileşenleri: CTF katsayıları duvarlar ve çatıdan olan ısı kazanç bileşenleri hesaplamada kullanılır.
- 3- Isı depolama: Bina ve içindekilerin ısı depolama etkisi RTF katsayıları ile gözönüne alınır.
- 4- Mahal sıcaklığı ve mahalden çekilen ısı : TFM yöntemi termostat ayar sıcaklıkları ve/veya soğutma ünitesi işletme programına uygun olarak mahal sıcaklığı ve mahalden uzaklaştırılan ısı miktarları hesaplanır. Bu hesaplar yapılırken duyulur soğutma yüküne SAFT katsayıları uygulanır ve çevreye olan ısı kaybını da gözönüne almak gerekir. Bu

sayede soğutma ekipmanının tipi, büyüklüğü, kontrol sisteminin şekli ve mahal sıcaklıklarının istenen aralıkta kalmasını sağlayan kontrol sistemi programı seçilir.

5- Sonuçlar : Veriler ve sonuçlar Çizelge 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6,8 'da verilmiştir. Bu tabloda verilen sonuçların hesaplama yöntemi aşağıda açıklanmıştır.

1.Satır: Saatlik değerlerin günlük sıcaklık profilini yeterince aksettireceği kabul edilerek , sıcaklıklar ve ısı akıları her saat için hesaplanır.

2.Satır: Saatlik dış sıcaklık değerleri maksimum kuru termometre sıcaklığı 35°C ve 10, 5°C günlük sıcaklık aralığı kullanılarak hesaplanır.

3 , 4 , 5 ve 6. Satırlar: Opak yüzeylerden olan güneş ısı kazancı 21 Temmuz 40° Kuzey enlemi için Çizelge 4.4 değerleri ele alınır. Bu değerler kullanılarak bütün dış yüzeylerin güneş-hava sıcaklıkları ve pencerelerden olan ısı kazancı hesaplanır. Çatıdan olan ısı kazancı bu problemde toplam ısı kazancının büyük bir bölümü kapsadığından ve yıl içinde yatay yüzeye (çatıya) gelen güneş ışınımı en fazla Haziran ayında olduğundan , Haziran ayı değerleri kullanılabilir. Ayrıca bu enlemde güney penceresinden olan güneş ısı kazancından büyük oranda artış olması değerlendirme tarihinin Ağustos ayı da olabileceğini işaret etmektedir. Ancak Ağustos ve Haziran ayları arasındaki ısı kazançlarının arasındaki farkın küçük olması her iki tarihe aynı yakınlıktaki Temmuz ayının seçilmesine sebep olmuştur. Bilgisayar programları ile maksimum bina yükünün gerçekleştiği ayın tespiti için çeşitli yüzeylerden gelen yükler hesaplanarak diğer aylara ait değerler karşılaştırılabilir.

7 , 8 , 9 ve 10. Satırlar: Denklem 3.4 ile opak yüzeyler için güneş hava sıcaklıkları hesaplanır. Bu sıcaklıklar çatı ve dış duvarardan olan ısı kazancı hesaplarında kullanılır.

11.Satır: Çatıdan anlık ısı kazancı CTF katsayıları yardımıyla hesaplanır. Uygulamadaki veriler sayesinde Çizelge 4.3'teki 5 numaralı çatı kombinasyonu ve ona karşılık gelen CTF katsayıları Denklem 4.1'de yerine konulur. Çatıdan ısı kazancı için $t_{rc} = 24$ °C sabit iç ortam sıcaklığı ve 7 satırda verilen gün boyunca değişim gösteren güneş-hava sıcaklıkları da dikkate alınması gerekmektedir.

Çatı ısı kazancı hesaplarında günlük periyodik rejim hali değerlerine ulaşmak için hesapların beş günlük bir süre boyunca devam ettirilmesi gerekir. Hesapların yapıldığı son gün değerleri ise çatıdan ısı kazancı olarak kullanılmıştır.

12 , 13 , 14 ve 15. Satırlar: Duvarlardan anlık ısı kazancı , çatıdan olan ısı kazancının bulunmasına benzer bir şekilde hesaplanır. Çizelge 4.2 yardımıyla kuzey ve doğu dış duvarları için 5 numaralı duvar grubu, güney dış duvarı, kuzey ve batı ara duvarları için 24 numaralı duvar grubu seçilmiştir.

15 , 16 ve 17. Satırlar: Kapının ısı depolaması ihmal edilebilir. Kapıdan ısı kazancı Denklem 6.1 yardımı ile

$$Q_{D\theta} = U_D A_D (t_{D\theta} - t_i) \quad (6.1)$$

şeklinde hesaplanır. Burada

$U_D = 1.08$; kapının U katsayısı (1.02 içi kapılar için) $[W/m^2.K]$

$A_D = 3.5m^2$ kapı alanı $[m^2]$

$t_{D\theta} = \theta$ anında kapının dış sıcaklığı $[^{\circ}C]$

$t_i = 24^{\circ}C$ iç ortam sıcaklığı $[^{\circ}C]$

anlamlandırılır.

Kuzey ara duvarındaki kapı için $t_{D\theta}$ değeri dış hava sıcaklığına eşittir. Doğu ve güney duvarındaki kapıların $t_{D\theta}$ sıcaklıkları ise sırasıyla doğu ve güney duvarı güneş-hava sıcaklıklarına eşittir.

19 , 20 ve 21. Satırlar: Pencereleden ısı kazancı hesaplanır. 19. Satırda havadan havaya ısı kazancı Denklem 6.2 yardımı ile

$$Q_{W\theta} = U_W A_W (t_{o\theta} - t_i) \quad (6.2)$$

şeklinde hesaplanır. Burada

$U_W = 4.6$; pencerenin U katsayısı $[W/m^2.K]$

$A_W = 9 m^2$ pencere alanı $[m^2]$

$t_{o\theta} = \theta$ anında dış hava sıcaklığı $[^{\circ}C]$

$t_i = 24^{\circ}C$ iç ortam sıcaklığı $[^{\circ}C]$

anlamlandırılır.

20 ve 21. Satırlar: Güney ve kuzey pencerelerinden güneş ışımasını ile olan ısı kazancı denklem 6.3 ile

$$Q_r = A_w \cdot SC \cdot SHGF_\theta \quad (6.3)$$

şeklinde hesaplanır. Burada

SC = 0.55; Açık renkli perde veya jaluzi asılı temiz pencerelerin gölgeleme faktörü [Boyutsuz]
SHGF_θ = 5. satırda verilen güney ve 4. satırda kuzey yönleri için verilen güneşten ısı kazancı faktörleri [Boyutsuz]

anlamlandırılır.

22 ve 23. Satırlar : Tungsten ve floresan lambalardan kaynaklanan ısı kazancı değerlerini içerir. Bu hesaplamalarda kullanma faktörü 1.0 , floresanlarda armatür faktörü 1.2 , tungsten lambalarda ise 1.0 alınır.

24. Satır: İnsanlardan olan ısı kazancı Çizelge 4.6'ya göre orta seviyede büro işi için kişi başına 75 W alınır. Bu birim değer 85 çalışan kişi ile çarpılarak 6375 W bulunur.

25 ve 26. Satırlar: Bina verilerinden enfiltrasyon için 31.1 lt / s , havalandırma için 595 lt /s taze hava debisi alınmıştır. Bu değerler farklı işletme stratejileri için tekrar gözden geçirilecektir. Duyulur ısı yükleri denklem 4.16 yardımıyla hesaplanır. Her saatteki ısı yükü için o saatteki iç ve dış sıcaklıklar dikkate alınarak kontrol edilmelidir.

27 Satır: 11. satırdan 26. satıra kadar verilen anlık ısı kazancı değerleri toplanır. Burada elde edilen toplam duyulur ısı kazancı değerleri ortamdaki ısı yalıtım ve yapı elemanları kütlelerinin geciktirme etkisini göz önüne alarak hesaplanacaktır.

28. Satır: İnsanlardan olan gizli ısı kazancı duyulur ısı kazancında olduğu gibi Çizelge 4.6'ya göre göre orta seviyede büro işi için kişi başına 55 W alınır. Bu birim değer 85 çalışan kişi ile çarpılarak 4675 W bulunur.

29 ve 30.Satırlar: Enfiltrasyon ve havalandırma havasından olan gizli ısı kazancı denklem 4.18 ile hesaplanır.

31.Satır: Toplam gizli ısı kazancı 28 , 29 ve 30.satırlardan elde edilen değerlerin toplamıdır.

32 Satır: Anlık duyulur ısı kazancı 27 ile 31.satır arasındaki ısı kazançlarının toplamıdır.

33.Satırdan 38 Satıra kadar: 18 , 25 ve 26 satırlarda verilen anlık ısı kazançlarının taşınım bileşenleri ile 22 , 23 ve 24. satırlardaki ısı kayıplarının sırasıyla %20 , %50 ve %67 oranındaki değerlerinin toplamından bulunur. Mahal duyulur ısı kazancı bileşenleri (pencereler, aydınlatma araçları, infiltrasyon havalandırma ile olan ısı kazancı ve insanlardan taşınımıyla olan ısı kazancı) soğutma yükü olarak hesaplara dahil olur.

39.Satırdan 41 Satıra kadar: İnsanlardan ve aydınlatmadan (22. satırdan 24.satıra kadar) olan ısı kazancı Çizelge 5.1, 5.2 ve 5.3'deki RTF katsayıları Denklem 5.1'de kullanılarak hesaplanır.

Çizelge 5.1'den bina konstrüksiyonu 'orta' seviyede kabul edilerek , özgül kütle 370 kg/m^2 seçilir. Klasik tip besleme difüzörü ve dönüş kanalı iç ısı taşınım katsayısı $h = 3.4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ olduğu kabul edilerek w_1 değeri için -0.94 bulunur. Zeminde halı olmadığı için w_1 değeri için sütunda bir alttaki değer olan 0.93 alınmıştır.

Çizelge 5.2 ve 5.3 'den alışagelmış tip mobilyalar, halısız zemin, orta seviyede hava sirkülasyonu, besleme ve dönüş havasının tavanın altından olduğu ve havalandırmasız aydınlatma armatürleri için $v_0 = - 0.48$ bulunur. İnsanlar için aynı çizelgelerden taşınımıyla ısı kazancı için $v_0 = 1.0$ ve $v_1 = 0.0$; ışınlama ısı kazancı için $v_0 = 0.197$ ve $v_1 = - 0.127$ bulunur.

42.Satırdan 51.Satıra kadar : Pencereler, duvarlar, kapılar ve çatıdan olan güneş ışınlama ile olan ve ortamda belirli bir zaman farkı ile soğutma yükü olarak hissedilen anlık ısı kazancı değerleri (11. satırdan 21.satıra kadar olan değerlerin toplamı) uygun RTF katsayıları Denklem 5.1'de kullanılarak hesaplanmıştır. Bu değerler 42 ile 51.satırlar arasında verilmiştir.

52 Satır: Mahal toplam duyulur soğutma yükü , soğutma cihazının seçiminde kullanılan ısı yüküdür. Bu toplam yük 33 ile 51 satırları arasındaki değerlerinin toplamına eşittir.

Çizelge 6.1: Sayısal Uygulama Verileri ve Sonuçlar Tablosu

1	Saat	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00
2	Dış ortam sic.	25,4	24,9	24,4	24,1	24	24,2
3	SHGF(yatay)	0	0	0	0	1	100
4	SHGF(kuzey)	0	0	0	0	3	116
5	SHGF(güney)	0	0	0	0	3	116
6	SHGF(doğu)	0	0	0	0	6	433
7	Güneş-hava sic.(yatay)	21,5	21	20,5	20,2	20,2	25,5
8	Güneş-hava sic.(kuzey)	25,4	24,9	24,4	24,1	24,1	27,2
9	Güneş-hava sic.(güney)	25,4	24,9	24,4	24,1	24	25,1
10	Güneş-hava sic.(doğu)	25,4	24,9	24,4	24,1	24,2	35,5
	Duyulur ısı kazançları						
11	Çatı	1656	109	836	524	262	47
12	Kuzey duvarı	279	240	205	172	142	115
13	Güney duvarı	444	441	432	420	404	385
14	Doğu duvarı	1395	1199	1019	853	702	571
15	Kuzey ve batı iç duvar	822	833	833	822	803	776
16	Kuzey kapısı	7	5	3	2	1	0
17	Güney kapısı	7	5	3	2	1	1
18	Doğu kapısı	7	5	3	2	1	5
19	Pencerelerden taşınım ısı kazancı	58	37	17	4	0	9
20	Kuzey pencereleri güneş ısı kazancı	0	0	0	0	5	191
21	Güney pencereleri güneş ısı kazancı	0	0	0	0	10	383
22	Aydınlatma (tungsten)	4000	4000	4000	4000	4000	4000
23	Aydınlatma (floresan)	0	0	0	0	0	0
24	İnsanlar	0	0	0	0	0	0
25	Enfiltrasyon havası	0	0	0	0	0	0
26	Havalandırma	1025	659	293	73	0	146
27	Toplam duyulur ısı kazancı	9700	8633	7644	6874	6331	6629
	Gizli ısı kazançları						
28	İnsanlar	0	0	0	0	0	0
29	Enfiltrasyon havası	0	0	0	0	0	0
30	Havalandırma	9850	9850	9850	9850	9850	9850
31	Toplam gizli ısı kazancı	9850	9850	9850	9850	9850	9850
32	Toplam gizli + duyulur ısı kazancı	19550	18483	17494	16724	16181	16479
	Taşınım ısı kazancısından kaynaklanan soğutma yükleri						
33	Pencerelerden taşınım ısı kazancı	58	37	17	4	0	9
34	Aydınlatma (tungsten) (%20)	800	800	800	800	800	800
35	Aydınlatma (floresan) (%50)	0	0	0	0	0	0
36	İnsanlar (%67)	0	0	0	0	0	0
37	Enfiltrasyon havası (%100)	0	0	0	0	0	0
38	Havalandırma (%100)	1025	659	293	73	0	146
	Işınım ısı kazancısından kaynaklanan soğutma yükleri						
39	Aydınlatma (tungsten) (%80)	3200	3200	3200	3200	3200	3200
40	Aydınlatma (floresan) (%50)	3554	3554	3074	2859	2659	2473
41	İnsanlar (%33)	635	591	550	511	475	442
	Taşınım ve ışınım ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükleri						
42	Kuzey pencereleri SHG	27	25	23	22	24	149
43	Güney pencereleri SHG	54	50	46	43	47	298
44	Çatı	3665	3524	3362	3185	2999	2807
45	Kuzey duvarı	304	302	298	291	283	273
46	Güney duvarı	353	360	365	370	373	376
47	Doğu duvarı	1943	1905	1855	1797	1731	1659
48	Kuzey ve batı iç duvar	647	659	671	682	692	7000
49	Kuzey kapısı	18	17	16	15	14	13
50	Güney kapısı	26	25	23	22	20	19
51	Doğu kapısı	29	27	26	24	23	21
	Toplam yükler						
52	Toplam duyulur soğutma yükü	16338	15486	14619	13898	13340	13385
53	Toplam gizli + duyulur soğutma yükü	26188	25336	24469	23748	23190	23235

Çizelge 6.1: Sayısal Uygulama Verileri ve Sonuçlar Tablosu (devam)

1	Saat	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
2	Dış ortam sıc.	24,8	25,8	27,2	28,8	30,7	32,5
3	SHGF(yatay)	278	459	611	729	802	826
4	SHGF(kuzey)	95	90	102	110	117	120
5	SHGF(güney)	95	90	102	110	117	120
6	SHGF(doğu)	643	680	610	462	256	130
7	Güneş-hava sıc.(yatay)	35,4	45,8	55,1	62,8	68,5	71,6
8	Güneş-hava sıc.(kuzey)	27,3	28,1	29,9	31,7	33,7	35,6
9	Güneş-hava sıc.(güney)	26,5	28,2	31,5	35,7	39	41,4
10	Güneş-hava sıc.(doğu)	41,5	43,5	43,1	40,8	37,4	35,9
	Duyulur ısı kazançları						
11	Çatı	75	23	440	1165	2119	3196
12	Kuzey duvarı	97	94	100	113	136	168
13	Güney duvarı	365	343	321	300	281	266
14	Doğu duvarı	541	761	1180	1652	2056	2322
15	Kuzey ve batı iç duvar	743	704	663	621	581	545
16	Kuzey kapısı	1	2	5	9	13	19
17	Güney kapısı	3	7	13	22	33	45
18	Doğu kapısı	28	48	59	60	55	47
19	Pencerelerden taşınım ısı kazancı	33	75	132	198	277	352
20	Kuzey pencereleri güneş ısı kazancı	157	149	168	182	193	198
21	Güney pencereleri güneş ısı kazancı	314	297	337	363	386	396
22	Aydınlatma (tungsten)	4000	4000	4000	4000	4000	4000
23	Aydınlatma (floresan)	0	21000	21000	21000	21000	21000
24	İnsanlar	0	6375	6375	6375	6375	6375
25	Enfiltrasyon havası	0	69	122	184	256	325
26	Havalandırma	585	1317	2342	3513	4903	6221
27	Toplam duyulur ısı kazancı	6792	35264	37257	39757	42664	45475
	Gizli ısı kazançları						
28	İnsanlar	0	4675	4675	4675	4675	4675
29	Enfiltrasyon havası	0	515	515	515	515	515
30	Havalandırma	9850	9850	9850	9850	9850	9850
31	Toplam gizli ısı kazancı	9850	15040	15040	15040	15040	15040
32	Toplam gizli + duyulur ısı kazancı	16642	50304	52297	54797	57704	60515
	Taşınım ısı kazancından kaynaklanan soğutma yükleri						
33	Pencerelerden taşınım ısı kazancı	33	75	132	198	277	352
34	Aydınlatma (tungsten) (%20)	800	800	800	800	800	800
35	Aydınlatma (floresan) (%50)	0	10500	10500	10500	10500	10500
36	İnsanlar (%67)	0	4271	4271	4271	4271	4271
37	Enfiltrasyon havası (%100)	0	69	122	184	256	325
38	Havalandırma (%100)	585	1317	2342	3513	4903	6221
	İşinim ısı kazancından kaynaklanan soğutma yükleri						
39	Aydınlatma (tungsten) (%80)	3200	3200	3200	3200	3200	3200
40	Aydınlatma (floresan) (%50)	2299	3189	3700	4176	4619	5031
41	İnsanlar (%33)	411	797	888	973	1053	1126
	Taşınım ve işinim ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükleri						
42	Kuzey pencereleri SHG	129	125	140	151	161	167
43	Güney pencereleri SHG	257	250	280	302	322	333
44	Çatı	2614	2426	2257	2130	2062	2066
45	Kuzey duvarı	262	250	239	230	221	215
46	Güney duvarı	376	375	373	370	365	359
47	Doğu duvarı	1582	1510	1457	1483	1453	1495
48	Kuzey ve batı iç duvar	705	708	708	705	699	691
49	Kuzey kapısı	12	11	11	10	10	11
50	Güney kapısı	18	17	17	16	16	17
51	Doğu kapısı	20	21	21	25	28	29
	Toplam yükler						
52	Toplam duyulur soğutma yükü	13303	29911	31459	33192	35216	37209
53	Toplam gizli + duyulur soğutma yükü	23153	44951	46499	48232	50256	52249

Çizelge 6.1: Sayısal Uygulama Verileri ve Sonuçlar Tablosu (devam)

1	Saat	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
2	Dış ortam sıc.	33,8	34,7	35	34,7	33,9	32,7
3	SHGF(yatay)	802	729	611	459	278	100
4	SHGF(kuzey)	117	110	102	90	95	116
5	SHGF(güney)	117	110	102	90	95	116
6	SHGF(doğu)	117	110	99	83	62	34
7	Güneş-hava sıc.(yatay)	71,6	68,7	62,9	54,7	44,5	34
8	Güneş-hava sıc.(kuzey)	36,8	37,6	37,7	37	36,4	35,7
9	Güneş-hava sıc.(güney)	42,1	41,3	39,3	37,1	35,6	33,6
10	Güneş-hava sıc.(doğu)	36,8	37,6	37,6	36,9	35,5	33,6
Duyulur ısı kazançları							
11	Çatı	4289	5290	6099	6633	6835	6671
12	Kuzey duvarı	209	257	307	354	394	424
13	Güney duvarı	256	254	259	274	295	321
14	Doğu duvarı	2440	2467	2481	2506	2531	2532
15	Kuzey ve batı iç duvar	515	496	488	494	513	544
16	Kuzey kapısı	24	28	32	33	33	31
17	Güney kapısı	53	57	56	51	45	39
18	Doğu kapısı	41	41	43	44	42	38
19	Pencerelerden taşınım ısı kazancı	405	443	456	443	410	360
20	Kuzey pencereleri güneş ısı kazancı	193	182	168	149	314	191
21	Güney pencereleri güneş ısı kazancı	386	363	337	297		383
22	Aydınlatma (tungsten)	4000	4000	4000	4000	4000	4000
23	Aydınlatma (floresan)	21000	21000	21000	21000	21000	0
24	İnsanlar	6375	6375	6375	6375	6375	0
25	Enfiltrasyon havası	375	409	421	409	409	0
26	Havalandırma	7172	7831	8050	7831	7831	6367
27	Toplam duyulur ısı kazancı	47733	49493	50572	50893	50893	21902
Gizli ısı kazançları							
28	İnsanlar	4675	4675	4675	4675	4675	0
29	Enfiltrasyon havası	515	515	515	515	515	0
30	Havalandırma	9850	9850	9850	9850	9850	9850
31	Toplam gizli ısı kazancı	15040	15040	15040	15040	15040	9850
32	Toplam gizli + duyulur ısı kazancı	62773	64533	65612	65933	65608	31752
Taşınım ısı kazancından kaynaklanan soğutma yükleri							
33	Pencerelerden taşınım ısı kazancı	405	443	456	443	410	360
34	Aydınlatma (tungsten) (%20)	800	800	800	800	800	800
35	Aydınlatma (floresan) (%50)	10500	10500	10500	10500	10500	0
36	İnsanlar (%67)	4271	4271	4271	4271	4271	0
37	Enfiltrasyon havası (%100)	375	409	421	409	379	0
38	Havalandırma (%100)	7172	7813	8050	7831	7245	6367
Işınım ısı kazancından kaynaklanan soğutma yükleri							
39	Aydınlatma (tungsten) (%80)	3200	3200	3200	3200	3200	3200
40	Aydınlatma (floresan) (%50)	5413	5770	6101	6409	6695	5911
41	İnsanlar (%33)	1195	1258	1317	1373	1424	1057
Taşınım ve ışınım ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükleri							
42	Kuzey pencereleri SHG	165	160	152	140	146	170
43	Güney pencereleri SHG	331	319	304	279	292	341
44	Çatı	2145	2296	2505	2756	3028	3294
45	Kuzey duvarı	212	212	215	221	231	242
46	Güney duvarı	352	346	339	334	329	327
47	Doğu duvarı	1553	1615	1675	1731	1785	1838
48	Kuzey ve batı iç duvar	680	669	657	645	632	626
49	Kuzey kapısı	11	12	13	14	16	17
50	Güney kapısı	19	22	24	26	28	29
51	Doğu kapısı	31	31	32	33	34	34
Toplam yükler							
52	Toplam duyulur soğutma yükü	38830	40164	41032	41415	414472	24613
53	Toplam gizli + duyulur soğutma yükü	53870	55204	56072	56455	56487	34463

Çizelge 6.1: Sayısal Uygulama Verileri ve Sonuçlar Tablosu (devam)

1	Saat	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00
2	Dış ortam sıc.	31,3	29,8	28,6	27,5	26,6	26
3	SHGF(yatay)	1	0	0	0	0	0
4	SHGF(kuzey)	3	0	0	0	0	0
5	SHGF(güney)	3	0	0	0	0	0
6	SHGF(doğu)	0	0	0	0	0	0
7	Güneş-hava sıc.(yatay)	27,45	25,9	24,7	23,6	22,7	22,1
8	Güneş-hava sıc.(kuzey)	31,4	29,8	28,6	27,5	26,6	26
9	Güneş-hava sıc.(güney)	31,3	29,8	28,6	27,5	26,6	26
10	Güneş-hava sıc.(doğu)	31,3	29,8	28,6	27,5	26,6	26
Duyulur ısı kazançları							
11	Çatı	6149	5346	4436	3578	2829	2192
12	Kuzey duvarı	443	447	430	398	360	319
13	Güney duvarı	349	376	400	420	434	442
14	Doğu duvarı	2487	2384	2224	2029	1818	1604
15	Kuzey ve batı iç duvar	585	632	682	729	770	803
16	Kuzey kapısı	27	24	19	15	12	9
17	Güney kapısı	33	26	21	16	13	10
18	Doğu kapısı	33	26	21	16	13	10
19	Pencerelerden taşınım ısı kazancı	302	240	190	145	108	83
20	Kuzey pencereleri güneş ısı kazancı	5	0	0	0	0	0
21	Güney pencereleri güneş ısı kazancı	10	0	0	0	0	0
22	Aydınlatma (tungsten)	4000	4000	4000	4000	4000	4000
23	Aydınlatma (floresan)	0	0	0	0	0	0
24	İnsanlar	0	0	0	0	0	0
25	Enfiltrasyon havası	0	0	0	0	0	0
26	Havalandırma	5343	4245	3367	2561	1903	1464
27	Toplam duyulur ısı kazancı	19766	17746	15790	13907	12260	10936
Gizli ısı kazançları							
28	İnsanlar	0	0	0	0	0	0
29	Enfiltrasyon havası	0	0	0	0	0	0
30	Havalandırma	9850	9850	9850	9850	9850	9850
31	Toplam gizli ısı kazancı	9850	9850	9850	9850	9850	9850
32	Toplam gizli + duyulur ısı kazancı	29616	27596	25640	23757	22110	20786
Taşınım ısı kazancından kaynaklanan soğutma yükleri							
33	Pencerelerden taşınım ısı kazancı	302	240	190	145	108	83
34	Aydınlatma (tungsten) (%20)	800	800	800	800	800	800
35	Aydınlatma (floresan) (%50)	0	0	0	0	0	0
36	İnsanlar (%67)	0	0	0	0	0	0
37	Enfiltrasyon havası (%100)	0	0	0	0	0	0
38	Havalandırma (%100)	5343	4245	3367	2561	1903	1464
Işınım ısı kazancından kaynaklanan soğutma yükleri							
39	Aydınlatma (tungsten) (%80)	3200	3200	3200	3200	3200	3200
40	Aydınlatma (floresan) (%50)	5498	5113	4755	4422	4112	3825
41	İnsanlar (%33)	983	914	7850	791	735	684
Taşınım ve ışınım ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükleri							
42	Kuzey pencereleri SHG	45	39	36	33	31	29
43	Güney pencereleri SHG	90	77	72	67	62	58
44	Çatı	3531	3714	3828	3871	3850	3779
45	Kuzey duvarı	255	268	281	291	298	303
46	Güney duvarı	327	328	331	336	342	349
47	Doğu duvarı	1886	1928	1960	1979	1982	1971
48	Kuzey ve batı iç duvar	620	618	619	623	631	640
49	Kuzey kapısı	18	19	19	19	19	18
50	Güney kapısı	30	30	30	29	28	27
51	Doğu kapısı	35	34	34	33	32	30
Toplam yükler							
52	Toplam duyulur soğutma yükü	22963	21567	20372	19200	18133	17260
53	Toplam gizli + duyulur soğutma yükü	32813	31417	30222	29050	27983	27110

Çizelge 6.1’de elde edilen değerler uygulamanın veriler bölümünde tanımlanmış olan işletme ve kontrol parametrelerine göre hesaplanmış şekli Çizelge 6.2 , 6.3 , 6.4 , 6.5 , 6.7’de belirtilmiştir.

Ortamdan uzaklaştırılan ısı miktarı ve bunun sonucu olarak sağlanan ortam sıcaklığına uygun olarak , bazı soğutma yükü değerleri çevreye olan ısı kaybını göz önüne alarak düzeltilir. $F_c = 0,90337$ çarpanı, ortamı çevreleyen her yapı elemanının alanı ile yapı elemanının U katsayısı çarpımı toplamının, bina çevresine bölünmesiyle hesaplanır. K_θ değeri ve Denklem 5.5 ve 5.6 ile $F_c = 0,90337$ çarpanı bulunmaktadır. F_c çarpanı kullanılarak uygun yük değerleri azaltılır.

Ortamdan uzaklaştırılan ısı miktarı ve ortam sıcaklıkları Çizelge 5.4’de verilen orta seviyede konstrüksiyon için boyutsuzlaştırılmış STAF katsayılarına dayanır. Denklem 5.7 ve 5.8 yardımı ile

$$g_{0,\theta} = (10.28 \times 375) + 1.0 [(8.33 \times 80) + 1,23 (595 + 31,1)] = 5291,5$$

$$g_{1,\theta} = (- 10.73 \times 375) + (- 0.83) [(8.33 \times 80) + 1,23 (595 + 31,1)] = -5273,5$$

olarak elde edilir. Ayrıca

$$g_{2,\theta} = (0,45 \times 375) = 169$$

$$p_0 = 1.000$$

$$p_1 = 0.87$$

değerleri de göz önüne alınmalıdır. $g_{0,\theta}$ ve $g_{1,\theta}$ değerlerinin işletme şartlarına göre değişkenlik göstereceği unutulmamalıdır.

Çizelge 6.2 : İşletme 1 için Uygulama Sonuçları

İŞLETME 1			
Saatler	Oda termostat değeri (°C)	Oda sıcaklık değeri (°C)	Cihaz tarafından uzaklaştırılan ısı (Wh)
01:00	24	23,61	14932
02:00	24	23,58	14128
03:00	24	23,55	13311
04:00	24	23,53	12639
05:00	24	23,51	12128
06:00	24	23,51	12182
07:00	24	23,50	12151
08:00	24	23,98	28658
09:00	24	24,03	30160
10:00	24	24,09	31845
11:00	24	24,14	33813
12:00	24	24,20	35747
13:00	24	24,25	37308
14:00	24	24,29	38582
15:00	24	24,32	39389
16:00	24	24,33	39712
17:00	24	24,33	39680
18:00	24	23,85	22924
19:00	24	23,80	21335
20:00	24	23,75	19968
21:00	24	23,72	18805
22:00	24	23,68	17668
23:00	24	23,65	16640
24:00	24	23,62	15807
TOPLAM DEĞER (Wh)			579512

Çizelge 6.3 : İşletme 2 için Uygulama Sonuçları

İŞLETME 2			
Saatler	Oda termostat değeri (°C)	Oda sıcaklık değeri (°C)	Cihaz tarafından uzaklaştırılan ısı (Wh)
01:00	30	23,8	16486
02:00	30	23,8	15705
03:00	30	23,7	14916
04:00	30	23,7	14245
05:00	30	23,7	13708
06:00	27	23,7	13628
07:00	27	23,7	13498
08:00	25	24,3	26556
09:00	25	24,4	28012
10:00	25	24,5	29533
11:00	26	24,5	31286
12:00	26	24,6	33024
13:00	26	24,7	34472
14:00	26	24,8	35692
15:00	27	24,8	36536
16:00	27	24,8	36983
17:00	27	24,8	37128
18:00	30	24,2	23942
19:00	30	24,1	22458
20:00	30	24,0	21228
21:00	30	24,0	20156
22:00	30	23,9	19104
23:00	30	23,9	18137
24:00	30	23,9	17326
TOPLAM DEĞER (Wh)			573759

Çizelge 6.4 : İşletme 3 için Uygulama Sonuçları

İŞLETME 3			
Saatler	Oda termostat değeri (°C)	Oda sıcaklık değeri (°C)	Cihaz tarafından uzaklaştırılan ısı (Wh)
01:00	30	23,7	17532
02:00	30	23,7	16798
03:00	30	23,6	16058
04:00	30	23,5	15416
05:00	30	23,5	14886
06:00	27	23,4	14739
07:00	27	23,4	14559
08:00	25	24,5	25345
09:00	25	24,6	26684
10:00	25	24,8	28040
11:00	26	24,9	29595
12:00	26	25,1	31148
13:00	26	25,2	32469
14:00	26	25,3	33603
15:00	27	25,4	34426
16:00	27	25,4	34914
17:00	27	25,5	35144
18:00	28	24,4	24294
19:00	30	24,3	22960
20:00	30	24,1	21870
21:00	30	24,1	20906
22:00	30	24,0	19954
23:00	30	23,9	19070
24:00	30	23,8	18313
TOPLAM DEĞER (Wh)			568723

Çizelge 6.5 : İşletme 4 için Uygulama Sonuçları

İŞLETME 4			
Saatler	Oda termostat değeri (°C)	Oda sıcaklık değeri (°C)	Cihaz tarafından uzaklaştırılan ısı (Wh)
01:00	30	33,7	0
02:00	29	33,9	0
03:00	29	33,9	0
04:00	29	34,0	0
05:00	29	34,1	0
06:00	27	34,2	0
07:00	27	34,3	0
08:00	26	28,5	40700
09:00	26	28,2	40700
10:00	26	28,1	40700
11:00	26	28,1	40700
12:00	26	28,2	40700
13:00	26	28,2	40700
14:00	26	28,2	40700
15:00	27	28,1	40700
16:00	27	28,0	40700
17:00	27	27,9	40700
18:00	30	32,3	0
19:00	30	32,7	0
20:00	30	32,9	0
21:00	30	33,1	0
22:00	30	33,3	0
23:00	30	33,5	0
24:00	30	33,7	0
TOPLAM DEĞER (Wh)			407000

Çizelge 6.6 : İşletme 5 için Uygulama Sonuçları

İŞLETME 5			
Saatler	Oda termostat değeri (°C)	Oda sıcaklık değeri (°C)	Cihaz tarafından uzaklaştırılan ısı (Wh)
01:00	30	32,0	0
02:00	29	32,1	0
03:00	29	32,2	0
04:00	29	32,4	0
05:00	29	32,5	0
06:00	27	25,2	32858
07:00	27	25,0	30106
08:00	26	25,9	39318
09:00	26	25,9	39279
10:00	26	25,9	39392
11:00	26	25,9	39828
12:00	26	26,0	40372
13:00	26	26,0	40700
14:00	26	26,1	40700
15:00	27	26,2	40700
16:00	27	26,1	40700
17:00	27	26,0	40700
18:00	30	30,2	0
19:00	30	30,6	0
20:00	30	30,9	0
21:00	30	31,2	0
22:00	30	31,4	0
23:00	30	31,6	0
24:00	30	31,8	0
TOPLAM DEĞER (Wh)			464653

Çizelge 6.7 : İşletme 6 için Uygulama Sonuçları

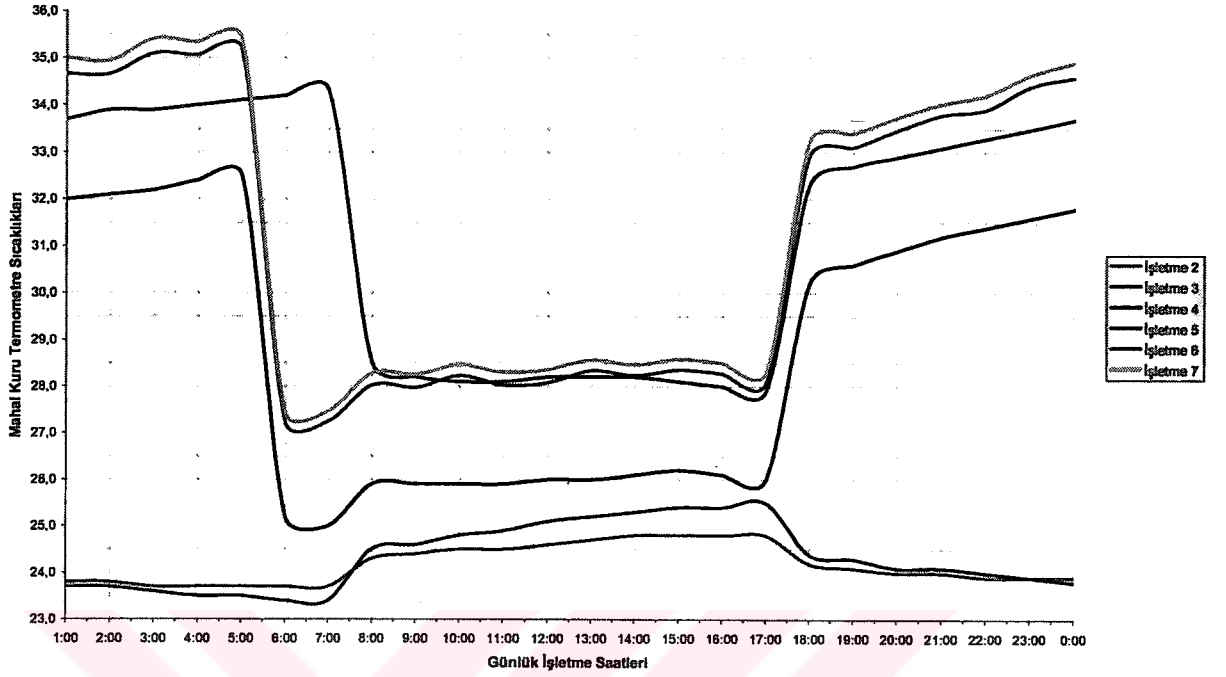
İŞLETME 6			
Saatler	Oda termostat değeri (°C)	Oda sıcaklık değeri (°C)	Cihaz tarafından uzaklaştırılan ısı (Wh)
01:00	30	34,7	0
02:00	29	34,7	0
03:00	29	35,1	0
04:00	29	35,1	0
05:00	29	35,2	0
06:00	27	27,2	31839
07:00	27	27,3	29203
08:00	26	28,0	37745
09:00	26	28,0	38493
10:00	26	28,2	38210
11:00	26	28,0	38713
12:00	26	28,1	39161
13:00	26	28,3	39072
14:00	26	28,2	39886
15:00	27	28,4	39479
16:00	27	28,3	39560
17:00	27	28,1	39438
18:00	30	32,9	0
19:00	30	33,1	0
20:00	30	33,5	0
21:00	30	33,8	0
22:00	30	33,9	0
23:00	30	34,4	0
24:00	30	34,6	0
TOPLAM DEĞER (Wh)			450801

Çizelge 6.8 : İşletme 7 için Uygulama Sonuçları

İŞLETME 7			
Saatler	Oda termostat değeri (°C)	Oda sıcaklık değeri (°C)	Cihaz tarafından uzaklaştırılan ısı (Wh)
01:00	30	35,0	0
02:00	29	34,9	0
03:00	29	35,4	0
04:00	29	35,3	0
05:00	29	35,4	0
06:00	27	27,4	32094
07:00	27	27,5	29436
08:00	26	28,3	38085
09:00	26	28,3	38878
10:00	26	28,5	38516
11:00	26	28,3	39100
12:00	26	28,4	39552
13:00	26	28,6	39385
14:00	26	28,5	40205
15:00	27	28,6	39795
16:00	27	28,5	39877
17:00	27	28,3	39754
18:00	30	33,2	0
19:00	30	33,4	0
20:00	30	33,7	0
21:00	30	34,0	0
22:00	30	34,2	0
23:00	30	34,6	0
24:00	30	34,9	0
TOPLAM DEĞER (Wh)			454677

7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çizelge 7.1 : İşletme Sistemlerine Göre Saatlik Mahal Kuru Termometre Sıcaklık Profilleri



Mahal sıcaklığının 1°C yerine 2°C salınım yapmasına izin verilmesi durumunda birim iklimlendirilen alanda %1.2'lik enerji tüketiminde kazanç sağlanmaktadır. Bu değerlendirme işletme 1 ve 2 için yapılmıştır. Her iki işletme programında da cihazların 24 saat çalıştığı dikkate alınması gerekmektedir. Bina yüklerinin rejime girmesi için hesaplamalar 6 gün (144 saat) devam ettirilmesi ardından mahal konfor şartlarında $0,2^{\circ}\text{C}$ dolayında değişiklik göstermiştir.

Bina kullanım süreleri dışında soğutma sistemi kapatılması durumunda yapıda depolanan duyulur ısının büyük bir kısmı ortamdaki uzaklaştırılmaz ve kullanım saatleri başlangıcında kapatma yükü olarak karşımıza çıkmaktadır. İşletme 4'de görüldüğü üzere kesintili çalışma programında mahal sıcaklığının 1°C salınım yapmasına izin verilmesine rağmen sabah saatlerinde sıcaklık kontrol aralığının 3 ile $3,5^{\circ}\text{C}$ sapma durumu söz konusudur.

Yukarıda açıklanan sebepler çerçevesinde işletme 4'e göre yapılan optimizasyon çalışmasında işletme 5 oluşturulmuştur. Söz konusu işletme stratejisinde mahal sıcaklığının 1°C yerine 2°C salınım yapmasına izin verilmiş , sabah saatlerinde oluşan gece kapatma yükünün etkisini sönmölemek amacı ile cihaz ; bina kullanım saatinden 2 saat önce devreye alınmıştır.

İşletme süresine eklenen 2 saat , elektrik tüketimde işletme 4'e göre %12'lik artışa sebep olmuştur. Ancak Çizelge 6.5'ten anlaşılacağı üzere oda termostat set değerlerinden yüksek sapmalar (özellikle sabah saatlerinde) ısı konforsuzluk olarak yorumlanabilir. Bu bağlamda işletme 4'e göre ifade edilen elektrik tüketim artışı tasarım mühendisi tarafından kabul edilebilir bir değerdir.

İşletme 5'in uygulanması durumunda oluşan elektrik tüketim değerlerinin azaltılması için 6 numaralı kontrol stratejisi oluşturulmuştur. Bu yöntemde üfleme havası sıcaklığı dış ortam kuru termometre sıcaklığı ile lineer ters orantılı değişkenlik göstermesi planlanmıştır. Pik dış ortam kuru termometre sıcaklığında (35⁰C) üfleme havası sıcaklığı 13,5⁰C olarak kabul edilmiştir. Bu yöntemde gerek oda termostat set değerlerinde sapmalar gerekse birim iklimlendirilen mahal alanı kümülatif elektrik sarfiyatında işletme 5'e göre % 2 azalma tespit edilmiştir.

İşletme 7 ise kesintili çalışma metodunda ısı geri kazanım üniteli modelleme yapılmıştır. Bu yöntemde ısı geri kazanım ünitesi verimi %55 olarak kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır. Ancak işletme 6'ya göre karşılaştırıldığında oda kuru termometre sıcaklıkları ve enerji tüketimi açısından efektif bir çözüm elde edilememiştir.

Tüm işletme stratejileri ısı konfor taleplerine ve enerji tüketim değerlerine göre değerlendirilirken Çizelge 7.2 satır 6'da pik cihaz yükleme değerleri hesaplanmıştır. Cihaz amortismanı açısından ARI standartlarında belirtilen efektif pik cihaz yükleme değerlerinin min. 0,850 istenmesi , sürekli işletmelerin enerji tüketimi dışında cihaz bakım masraflarında yükseltici etkisinin olduğunu göstermektedir.

Mevcut HVAC teknolojisi için orta yapı konstrüksiyonuna sahip ofis binalarında işletme ve kontrol stratejisi olarak 5 ve 6 numaralı yöntemlerinin diğer sistemlere göre daha verimli olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu işletim stratejilerini hayata geçirilmesi ile ortaya çıkacak ömür maliyetleri yerleşimlere göre değişiklik gösterir. İşletme verimliliklerinin iklim ve dış hava şartlarından etkilenmelerinden dolayı her işletme stratejisi bağımsız olarak her bölge için ayrıca incelenmelidir.

Çizelge 7.2 : İşletme Sistemlerine Göre Değerlendirme Kriterleri

Değer kriterleri		İŞLETMELER							
	Birim	1	2	3	4	5	6	7	
1	Kümülatif Uzaklaştırılan Isı Miktarı	Wh/m ²	1445,365	1530,024	1516,595	1085,333	1239,075	1202,135	1212,243
2	Pik Uzaklaştırılan Isı Miktarı	W/m ²	105,81	99,008	93,717	108,533	108,533	106,362	107,213
3	Kümülatif Elektrik Sarfıyatı	Wh/m ²	441,850	439,546	439,058	292,542	333,980	324,030	329,445
4	Pik Elektrik Sarfıyatı	W/m ²	28,54	26,68	25,26	29,251	29,254	28,67	28,89
5	Sistem COP Değeri	-	3,497	3,481	3,454	3,454	3,710	3,708	3,710
6	Pik Cihaz Yükleme Değeri	-	0,838	0,784	0,742	0,861	0,861	0,860	0,849
7	Operasyon Süresi	h	24	24	24	10	12	12	12

KAYNAKLAR

- [1] ASHRAE Fundamentals Handbook , (1997) , Chapter 26 ‘Climatic Design Information’
- [2] Arısoy A. , (2000) Türkiye İklim Verileri Proje Raporu , TTMD Yayınları , Ankara
- [3] ASHRAE Fundamentals Handbook , (1997) , Chapter 28 ‘Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations’
- [4] ASHRAE Fundamentals Handbook , (1997) , Chapter 24 ‘Thermal and Water Vapor Transmission Data’
- [5] ASHRAE Fundamentals Handbook , (1997) , Chapter 29 ‘Fenestration’
- [6] McQuiston F.C. , Spitler J.D. , (1992) , Cooling and Heating Load Manual 2nd. Edition ASHRAE
- [7] ASHRAE Fundamentals Handbook , (1997) , Chapter 25 ‘Ventilation and Infiltration’
- [8] Schibula L. , (1998) , ‘New Transfer Function Coefficients to Calculate Building Load’ Pergamon Applied Thermal Engineering 19 (1999) p. 1207-1221
- [9] ASHRAE Fundamentals Handbook , (1997) , Chapter 30 ‘Energy Estimating and Modeling Methods’
- [10] Morteza M. A. , (1999) , ‘Bina Hvac Sistemleri Kontrol ve Çalışma Stratejilerinin Bilgisayar Simülasyonu’ TTMD IV. Uluslararası Yapıda Tesisat Bilim ve Teknoloji Sempozyumu , 17-19 Nisan 2000
- [11] McQuiston F.C. , Spitler J.D. , (1993), ‘Developpement of a Revised Cooling and Heating Load Manual , ASHRAE Transaction 99 (1)

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 11.10.1975

Doğum yeri İstanbul

Lise 1987-1994 Özel Saint Joseph Fransız Lisesi

Lisans 1994-1998 Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak.
Makine Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı kurumlar

1997-1998 Türk Demirdöküm A.Ş..

1998-2000 Besa Mühendislik Ltd Şti.

2000-Devam ediyor ERA Ingénierie
Maitrise d'œuvre - Conseil- Contractant General

