



**Bu bir MMO  
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

## **SOĞUTMA YÜKÜ HESAPLAMALARININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ ANALİZİ**

**ABDULLAH YILDIZ  
MUSTAFA ALİ ERSÖZ  
ALİ ALTINER  
TAHİR BERKAY BİLKİ  
UŞAK ÜNİVERSİTESİ**





# SOĞUTMA YÜKÜ HESAPLAMALARININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ ANALİZİ

Abdullah YILDIZ  
Mustafa Ali ERSÖZ  
Ali ALTINER  
Tahir Berkay BİLKİ

## ÖZET

Yapılarda ısı konfor ve enerji etkin kullanımına yönelik çalışmalar genelde ısıtma sistemlerini içermektedir. Ancak, sıcak iklim bölgelerinde soğutma sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Enerji etkin bina tasarımında amaç, enerji tüketimini en aza indirmektir. İklimlendirme sistemlerinin kapasite yüklerinin belirlenmesinde soğutma yükü hesaplamaları önemli etkenlerden birisidir. İklimlendirme projelerinde ısı kazançlarının hesaplanması birçok yöntem ile yapılabilmektedir. Bu çalışmada örnek bir yapının FineHVAC bilgisayar programı kullanılarak farklı yöntemler ile ısı kazanç hesaplamaları yapılarak her bir metottan elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Soğutma yükü, FineHVAC, ASHRAE TETD/TA Yöntemi, ASHRAE TFM Yöntemi, ASHRAE CLTD Yöntemi, ASHRAE RTS Yöntemi.

## ABSTRACT

Studies deals with thermal comfort and effectively utilization of energy contain usually heating systems. However, it is needed to cooling systems in the hot climate regions. The aim of energy efficient building design is reduced to energy consumption. The cooling load calculations are one of the most important factors to determining capacities of HVAC systems. There are many methods for the heat gains calculations. In this study, heat gains of an exemplary building is calculated by the different methods by means of FineHVAC software and the obtained results from each of the methods results are compared.

**Keywords:** Cooling load, FineHVAC, ASHRAE TETD/TA Method, ASHRAE TFM Method, ASHRAE CLTD Method, ASHRAE RTS Method.

## 1. GİRİŞ

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

İklim, yerleşimlerin planlanmasını ve yapı tasarımını etkileyen fiziksel etkenlerin başında gelir. İklimi oluşturan hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgâr, güneş ışınimleri ve yağışlar kişilerin açık mekânlarda

ısısal konfor duygusunu doğrudan etkilediği gibi kapalı hacimlerde de dolaylı olarak etkiler. Özellikle güneşin ışınım etkisi ve hava sıcaklığı sıcak ve soğuk hava koşullarında yapı içi ısısal konfor açısından önemlidir. Ayrıca sıcak-nemli iklim bölgelerinde, nem faktörü konfor açısından olumsuzluk yaratmakta ve bağıl neme bağlı olarak hissedilir sıcaklıkta artış görülmektedir. Sıcak hava ve yüksek nem oranının yarattığı olumsuz koşullar nedeniyle bu bölgelerde baskın olan sıcak dönem soğutma yükü açısından önemlidir [2].

Yapılarda ısı kazancı hesaplamaları, çok sayıda formül ve tablo içerdiğinden dolayı oldukça zaman alıcı ve zahmetli bir işlemdir. Dolayısıyla, elle hesaplamalarda hatalar oluşabilmektedir. Bilgisayar programlarının ortaya çıkması, bu zaman alıcı işlem süresini azaltmış ve hata yapma olasılığını hemen hemen ortadan kaldırmıştır.

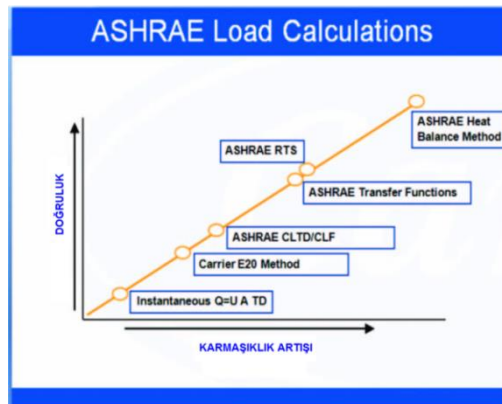
Bu çalışmada, FineHVAC programı ile ASHRAE TETD/TA (Carrier), ASHRAE CLTD, ASHRAE RTS VE ASHRAE TFM gibi dört farklı hesaplama yöntemi göre, İzmir ilindeki örnek bir konferans salonu için soğutma yükü değerleri hesaplanmış ve her bir metottan elde edilen sonuçlar analiz edilerek karşılaştırılmıştır.

## 2. SOĞUTMA YÜKÜ HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Yapıların soğutma yükü hesabında; direkt güneş ışınımı, iletim, havalandırma/sızma (infiltrasyon) ve cihazlar ve insanlar gibi iç yüklerden oluşan ısı kazançları dikkate alınır. Tüm bu yüklerin ayrı ayrı hesaplanarak toplanması ile toplam duyulur ısı kazancı hesaplanır. Ayrıca ortamın neminin oluşturduğu gizli ısı yükleri hesaplanarak, duyulur ve gizli ısıların toplamı olan toplam soğutma yükü değeri bulunur [3].

Hesaplamaların yapılabilmesi için yapı ya da hacme ilişkin veriler, fiziksel özellik ve büyüklükler, binanın konumu ve yönleri belirlenir. Soğutma yükü hesaplarının yapılacağı günün, dış iklimsel verileri elde edilir. İç aydınlatma aygıtları, o mekânda yaşayan kişi sayısı, iç donanım, aletler vb. iç ısı yüküne etki edecek elemanlar ve iç ortam konfor koşullarına ilişkin değerler belirlenir [2].

Soğutma yükü hesabında, yük bileşenlerinin ve etki düzeylerinin göz önüne alınması için, değişik kaynaklarda, birbirinden, gerek yöntemlerin ve gerekse verilerin ayrıntılarında farklılıklar içeren hesaplama yöntemleri ile karşılaşılabılır. Akademik ve endüstriyel çevrelerin üzerinde uzlaştıkları, belirli bir yöntem olmamakla birlikte, mevcut yöntemlerdeki mantık benzerdir. Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, sonuç bir tahmindir. ASHRAE, VID ve CIBSE tarafından önerilen hesaplama metodları en çok kullanılan yöntemlerdir [4]. ASHRAE metodu için karmaşıklık ve doğruluk arasındaki ilişkiyi gösteren çizelge Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. ASHRAE Soğutma Yükü Hesaplamaları için karmaşıklık-doğruluk arasındaki ilişki [5]

Bu çalışmada, ASHRAE tarafından önerilen dört yöntem araştırılmıştır:

1. ASHRAE TETD/TA Yöntemi
2. ASHRAE TFM Yöntemi
3. ASHRAE CLTD Yöntemi
4. ASHRAE RTS Yöntemi

## 2.1. ASHRAE TETD/TA (Carrier) Yöntemi

1967 yılında ASHRAE tarafından yayınlanan ilk yöntem, TETD/TA (The Total Equivalent Temperature Difference/Time-Averaging-Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı/Zaman Ortalama) yöntemidir. TETD/TA yöntemi, ülkemizde en fazla bilinen ve uygulanan yöntemdir. Bu yöntem tecrübeli kullanıcılara geniş bir aralıkta geçerli olan sonuçlar verebilmektedir. Bu yöntemde mutlak sıcaklık farkı yerine eş değer sıcaklık farkı kullanılmaktadır [4].

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

## 2.2. ASHRAE TFM Yöntemi

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

TFM, ısı denge yönteminden üretilmiş bir metottur. Transfer fonksiyon yöntemindeki denklem katsayıları doğrudan bir ısı denge analizinden türetilmiştir. Bu yöntem, ısıtma ve soğutma yüklerini en hassas şekilde hesaplayabilen ve bina yapı elemanları ve bina içindeki dekorasyon amacıyla kullanılan objelerinde zamana bağlı olarak ısı depolama etkisini göz önüne alan ve hesaplamalara dâhil eden bir yöntemdir. Bu yöntem ile bir bina elemanından binaya geçen ısı miktarı, o bina elemanının zamana bağlı olarak depoladığı ısı miktarı ve bir ısı kaynağı gibi davranarak tekrar içeriye verdiği ısı miktarı saat-saat hesaplanabilmektedir. Bu hesaplamalarda güneş-hava sıcaklığı adı verilen ve söz konusu bina hacmi için iç ortam sıcaklığı ile dış ortam şartlarını tanımlayan bir sıcaklık değeri kullanılmaktadır. Hesaplamaları hızlandırmak için, denklem kısaltmaları ve kabuller kullanılması bu yöntemi çok etkin yapmaktadır. TFM duvarlar ve çatılar için U (toplam ısı transfer katsayısı) değerlerini kullanmamaktadır [6,7].

Transfer Fonksiyonu Yönteminde, ısı balansı yönteminin basitleştirmesi için bazı matematiksel “hileler” kullanılır. Böylece verimli hesaplama zamanları, ısı balansı yönteminin doğruluğundan çok ödün vermeden, daha hızlı gerçekleştirilir. Transfer Fonksiyonu işlemi hesapları ısı kaynaklarından, sıcak çevre havası, güneş radyasyonu, aydınlatmalar, insanlar vb. gibi ısı kazançlarının iletim, taşınım, radyasyon ve ısı depolama işlemlerinden geçerek nasıl yüke dönüştüğünü inceler. Böylece gerçek zamanlı olarak bir bina için dinamik ısı transferlerini hesaplar. Ayrıca özel dizayn, yapı, çevre, bina kullanım şartları için de hesaplamalar yapılır ki, hesaplamalar her değişik bina uygulamasına özelleştirilmiş olur. Bilgisayar yazılımı kullanılarak yapılması sayesinde, transfer fonksiyonları karmaşıklığı ve doğruluk arasında iyi bir uzlaşma sağlar. Program kullanılırken, Transfer Fonksiyonu Metodu kullanılarak, tüm yük kaynakları dinamik ısı akışını içerir şekilde hesaplanır. [5].

### 2.3. ASHRAE CLTD Yöntemi

TFM'nin basitleştirilmiş bir şekli olarak ASHRAE CLTD (Cooling Load Temperature Difference/Cooling Load Factor-Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı/Soğutma Yükü Çarpanı) yöntemi, ASHRAE tarafından 1977 yılında sunulmuştur [1]. Bu metot CLTD ve CLF tablolarını kullanan el ile hesaplama tekniği için geliştirilmiş ve CLTD/CLF tablo verileri; TFM yöntemi kullanılarak elde edilmiştir [8].

Bu yöntemde iki dikkat çekici nokta vardır. Bunlardan birincisi, herhangi bir kaynaktan meydana gelen ısı kazancı ile aynı kaynaktan iklimlendirme sistemine yansıyan soğutma yükünün eşit olmayacağıdır. Depolama etkileri ile oluşan bu fark, tablolardan okunan SCL, CLF katsayıları ile depolama etkileri de hesaba katılarak ortadan kaldırılmıştır. İkincisi, soğutma yüküne tüm yük bileşenlerinin, sürekli olarak ve hep birlikte etkilemeyebileceğidir. Bu yöntemde yerine göre uygun kullanım çarpanları ile hesaba katılmaktadır. Kullanılan yapı malzemelerine göre tablolardan malzemelerin ısı iletkenliklerine ve ışınım yayma özelliklerine bakılarak toplam ısı geçiş katsayısı (U) hesaplanabilir. Yüzey geçirgenliklerinin bulunduğu tabloda taşınım ek olarak ışınım etkileri de dikkate alınmıştır. CLTD değerleri, soğutma şartlarında dış yüzeylerde taşınım ve ışınım etkilerini birlikte göz önüne alan ve yapı elemanlarının ısı depolama etkilerini de kapsayan eşdeğer sıcaklık farkıdır. [4].

Pencerelere düşen güneş ışınımı, mahal içine girip, içindeki yüzeylerde yutulduktan sonra zaman içerisinde, mahal havasına geçer ve böylelikle soğutma yükü oluşturur. SCL (güneş soğutma yükü) değeri, pencerenin iç ve dış kısımlarında herhangi bir gölgeleme elemanı (panjur, perde v.b) olup olmamasına göre bir referans pencere yüzeyinin birim alanı başına, birim zamandaki güneş ışınımından oluşan soğutma yükü anlamına gelir. SC (gölgeleme katsayısı), pencerenin iç ve dış kısmında gölgeleme elemanları bulunması nedeniyle ve yaz şartlarında güneş ışınlarının dik geliş açısından ışınımı azaltma etkisini temsil eden boyutsuz bir çarpanıdır [4].

Bir insandan geçen duyulur ve gizli ısı kazançları, insanların etkinliklerine göre tablolardan alınır. İnsanların aynı anda iklimlendirilen mahalde olma ihtimaline göre bu değerler kullanım çarpanı ile çarpılır [4].

Aydınlatmadan kaynaklanan ısı kazançları, ısı depolaması nedeniyle anında soğutma yükü olarak ortaya çıkmaz. Kullanma çarpanı, soğutma yükü hesaplarının yapıldığı şartlardaki aydınlatma gücünün, toplam kurulu aydınlatma gücüne oranıdır [4].

İklimlendirilecek mahalde bulunan makine ve cihazlar buldukları ortama ısı verdikleri için soğutma yükü meydana getirmektedir. Makinelere gelen ısı kazancı motor gücüne, motor verimine, motor kullanım çarpanına ve motor yük çarpanına bağlıdır [4].

### 2.3. ASHRAE RTS Yöntemi

Işınım zaman serisi (RTS) yöntemi tasarım soğutma yükü hesaplamalarını gerçekleştirmek amacıyla ASHRAE Handbook 2001'de ısı dengesi (HB) yöntemi ile birlikte yayınlanmış ve ısı dengesi yönteminden elde edilen yeni bir yöntemdir ve ısı dengesi içermeyen TETD/TA, TFM ve CLTD/CLF gibi diğer yöntemlerin yerini almıştır. [9].

Bu yöntem, güvenilir ve daha az işleme olanak sağlayan bir yöntem cevap vermek için geliştirilmiştir. RTS yöntemiyle zon tipinin ve farklı yapıların soğutma yükü üzerindeki etkilerinin araştırılması ve karşılaştırılması kolayca sağlanabilmektedir. Bu yöntemin ASHRAE tarafından önerilen diğer yöntemlerden (TFM, TETD/TA) en önemli farkı, iletimle ısı kazancının hesaplamasındaki farklılıktır [4].

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

kazancından etkilenmektedir. İç yüzeye gelen ısının bir bölümü taşınım, bir bölümü ise ışınım yoluyla ortama geçer. Taşınımla ısı yükü doğrudan soğutma yüküne dönüşür. Işınımla ısı kazancı ise, önce ortamda bulunan cisimlere çarparak o cisimlerin yüzey sıcaklığını artırır. Cisim yüzey sıcaklığı ortam havası sıcaklığını aşınca da iç ortam havasını ısıtır. Bu işlemlerin oluşabilmesi için belirli bir zaman gerektiğinden, ışınım ısı kazancı belirli bir faz farkı ile soğutma yüküne dönüşür. Bu faz farkını dikkate almak amacıyla “güneş dışı ışınım zaman serisi” olarak adlandırılan “non-solar RTS” (Radiant Time Series) değerleri kullanılmaktadır. RTS değerleri ortamın yüzey özelliklerine (halı v.b.) ve ortam içerisinde bulunan cisimlerin yoğunluğuna göre değişir. ASHRAE Fundamentals Handbook’da, RTS değerleri binanın yapısına göre hafif, orta ve ağır olmak üzere üç farklı durum için verilmiştir. Saydam duvarlardan gelen ısı kazancı iletim, doğrudan ışınım, yayılı ışınım ve yansıyan ışınımdan kaynaklanan bileşenler şeklinde ayrı ayrı hesaplanır. Ortam içerisine giren doğrudan ışınımın tamamı belirli bir gecikmeyle soğutma yüküne dönüşür. Bu faz farkını dikkate almak amacıyla “güneş ışınım zaman serisi” olarak adlandırılan “solar RTS” değerleri kullanılmaktadır. Diğer üç bileşen (iletim, yayılı ve yansıyan) toplanarak tek bir ısı kazancı türü gibi değerlendirilir. Opak duvarlarda olduğu gibi, içeriye giren bu ısının yine belirli bir oranı taşınım ve belirli bir oranı da ışınım yoluyla ortama geçer. Taşınımla ısı yükü doğrudan soğutma yüküne dönüşürken, ışınımla ısı yükü güneş-dışı RTS değerleri kullanılarak soğutma yüküne çevrilir. İç ısı kaynakları (insan, aydınlatma, cihaz) tarafından üretilen gizli ısı ve duyulur ısının taşınım kısmı doğrudan soğutma yüküne dönüşürken, duyulur ısının ışınım kısmı belirli bir gecikmeyle soğutma yüküne dönüşür. Bu gecikme güneş-dışı RTS değerleri ile dikkate alınır. İnfiltrasyon ve ventilasyondan kaynaklanan ısı kazançları ise anlık olarak soğutma yüküne dönüşür [10].

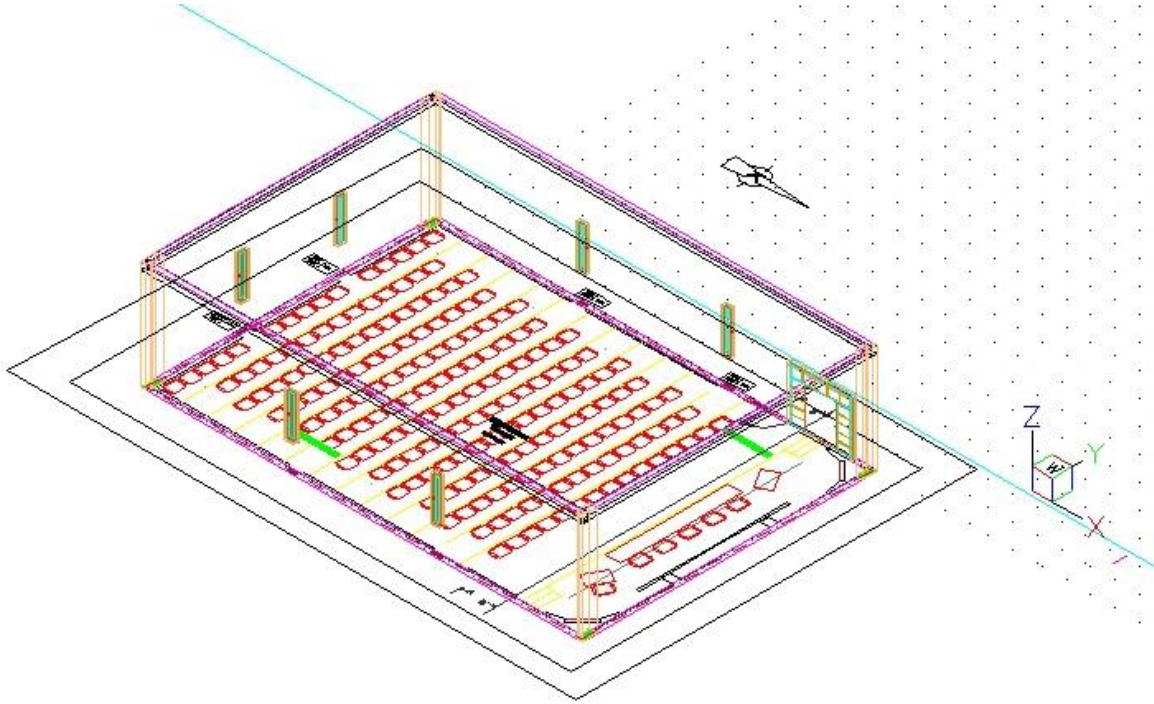
RTS yönteminde hesaplar daha detaylı yapıldığından dolayı, CLTD/CLF yöntemine göre daha fazla işlem gerektirmektedir ve dış hava sıcaklığı ile ısı depolamalar, zamanın fonksiyonu (24 saat) olarak hesaplanmaktadır. Fakat, RTS yönteminde tablolar az olduğundan dolayı kullanımı CLTD/CLF yöntemine göre daha kolaydır. RTS ile önce ısı kazançları ve daha sonra soğutma yükü bulunurken, CLTD/CLF yönteminde doğrudan soğutma yükü hesaplanmaktadır. RTS yöntemi HB’den türetilmişken, CLTD/CLF yöntemi HB yönteminden türetilen TFM yönteminden türetilmiştir ve RTS yöntemi CLTD/CLF yönteminden daha güvenilirdir [4].

### 3. HESAPLAMA METOTLARININ ÖRNEK BİNAYA UYGULANMASI

ASHRAE TETD/TA, ASHRAE TFM, ASHRAE CLTD ve ASHRAE RTS soğutma yükü yöntemleri ile Fine-HVAC paket programında hesaplanan Rakım değeri 5 olan İzmir (enlem 38° 52’, boylam 27° 02’) ilindeki örnek bir konferans salonunun mimari planı Şekil 2’de gösterilmiştir.

Hesaplamalarda aşağıdaki koşullar değerlendirilmiştir:

- Referans ay olarak Temmuz seçilmiştir.
- İzmir ili dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri sırasıyla 37 °C ve %39 dir.
- Mahal iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri sırasıyla 25 °C ve %50 dir.
- Ağustos ayının sonuçları sunulmuştur.
- Toprak sıcaklığı ile mahal sıcaklığı arasındaki fark 10 °C olarak kabul edilmiştir.
- İlk-Son kontrol zamanları 08:00-18:00 arasındadır.
- Dış duvarın orta renk ve duvar malzemesinin YTONG olduğu (CLTD Metot C tipi) kabul edilmiştir.
- Tavan yapı malzemesinin Çelik sac 55 mm izoleli (CLTD Metot E tipi) olduğu kabul edilmiştir.
- Döşemenin toprak ile teması olduğu ve Marley kaplı beton kullanıldığı kabul edilmiştir.
- Pencerelerin ahşap, 12 mm boşluklu Isıcam olduğu kabul edilmiş ve cam gölgeleme katsayısı 0,9 olarak alınmıştır.
- Dekorasyon tipi normal halı yok olarak kabul edilmiştir.
- Binanın hava akışkanlı sistemle iklimlendirildiği kabul edildiğinden dolayı hava sızıntısı (infiltrasyon) ısı kazançları hesaplanmamıştır.



Şekil 2. Örnek uygulama konferans binası

Bina duvar, pencere, kapı, döşeme ve tavan malzemelerin özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Bina yapı malzemeleri ve özellikleri

Yüzey Tipi	Yön	U (W/m <sup>2</sup> K)	Uzunluk (m)	Yükseklik veya Genişlik (m)	Yüzey Alanı (m <sup>2</sup> )	Toplam Yüzey Alanı (m <sup>2</sup> )	Çıkarılan Alan (m <sup>2</sup> )	Hesap Yüzeyi (m <sup>2</sup> )
D1	G	0,64	11,80	4,50	53,10	53,10	1,28	51,82
P1	G	3,02	0,35	1,80	0,63	0,63		0,63
P2	G	3,02	0,36	1,80	0,65	0,65		0,65
D1	D	0,64	17,80	4,50	80,10	80,10	1,15	78,95
P3	D	3,02	0,35	1,50	0,52	0,52		0,52
P1	D	3,02	0,35	1,80	0,63	0,63		0,63
D1	K	0,64	11,80	4,50	53,10	53,10		53,10
D1	B	0,64	17,80	4,50	80,10	80,10	5,57	74,53
P4	B	3,02	0,36	1,50	0,54	0,54		0,54
P1	B	3,02	0,35	1,80	0,63	0,63		0,63
K1	B	3,02	2,00	2,20	4,40	4,40		4,40
DÖ		2,52	11,80	17,80	210,1	210,1		210,1
T		0,44	11,80	17,80	210,1	210,1		210,1

D: Dış duvar P:Pencere K: Kapı DÖ: Döşeme T: Tavan

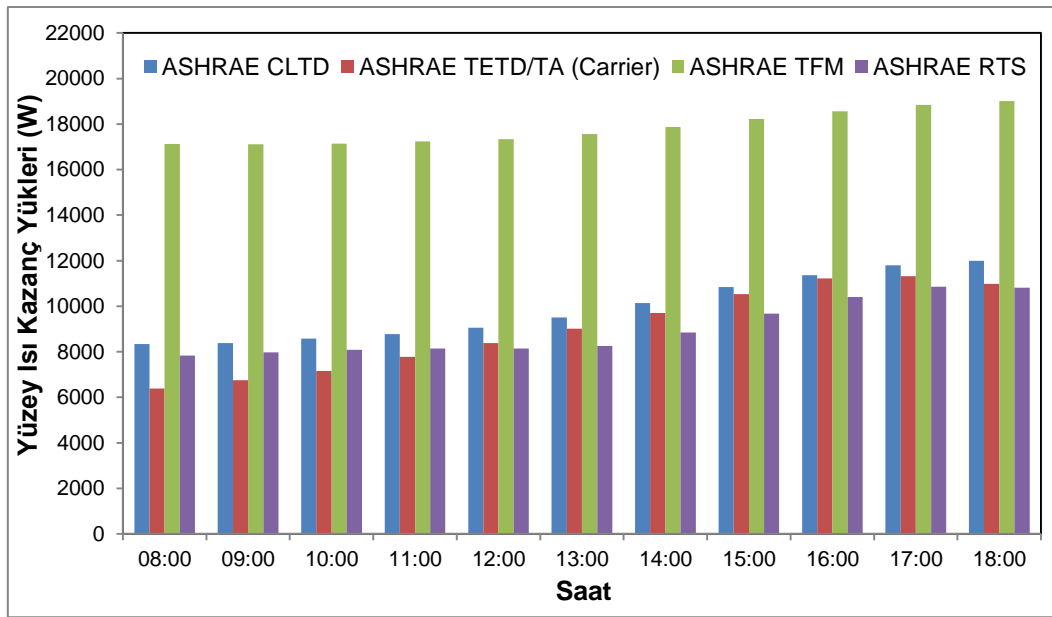
Soğutma yükü hesaplamaları coğrafi konum ve mahal içerisinde bulunan cihaz, insan aktivitesi gibi birçok parametreye bağlıdır. Tablo 2'de hesaplamalarda kullanılan tasarım parametreleri verilmiştir.

Yöntemler arasındaki en önemli fark; duvar, döşeme ve tavan gibi yüzeylerden gelen ısı kazançlarında oluşmaktadır. Şekil 3'de saatlik bu bileşenlerden oluşan ısı kazanç değerleri gösterilmiştir.



**Tablo 2.** Tasarım Parametreleri

Parametre	Özellikler	Açıklama
Mahal boyutları	945,18 m <sup>3</sup>	11,8 m * 17,8 m * 4,5 m (Uzunluk*Genişlik*Yükseklik)
Aydınlatma	1000 W	Floresan ışık 1x18, 690mm
Kişi sayısı	200	Oturuyor
Cihazlar		<b>Duyulur ısı (W)</b> <b>Gizli ısı (W)</b>
• Bilgisayar	3	55 0
• Büyük monitör	1	80 0
• Lazer yazıcı(orta)	1	160 0
• Kahve makinesi	1	1050 450
• Su soğutucusu	1	350 0

**Şekil 3.** Yüze ve saat başına toplam ısı kazanç yükleri

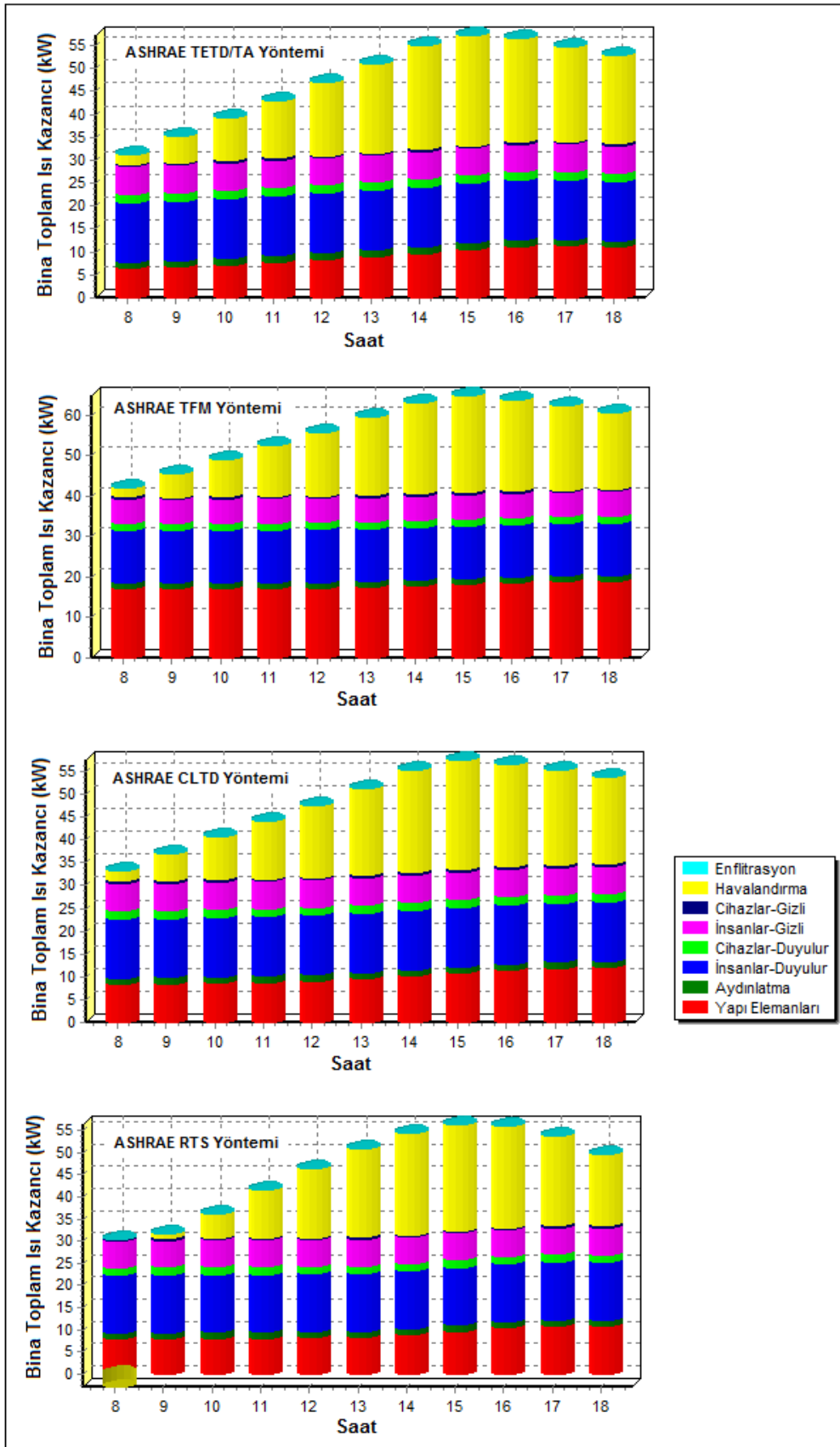
Şekil 3'de görüldüğü gibi, ASHRAE CLTD, ASHRAE TETD/TA ve ASHRAE RTS yöntemlerinden yüzeyler için hesaplanan ısı kazanç yükleri birbirine yakın değerler çıkmasına rağmen, ASHRAE TFM yöntemi ile hesaplanan değerler diğer 3 yöntemle göre yaklaşık iki kat daha yüksektir.

Mahalde oluşan iç ısı kazanç değerleri tüm yöntemlerde aynı sonucu vermektedir ve saatlik olarak kW cinsinden Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Mahal iç yük kazançları (kW)

Yük Tipi	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Aydınlatma	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Kişiler (Duyulur Isı)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Kişiler (Gizli Isı)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Kişiler (Toplam Isı)	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Cihazlar (Duyulur)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Cihazlar (Gizli Isı)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Cihazlar (Toplam)	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25

Her bir metoda göre hesaplanan bina toplam ısı yüklerinin zamana göre değişimi Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Bina toplam ısı yüklerinin zamana göre değişimi

Şekil 4'den görüldüğü gibi, tüm metotlarda saat 15:00'de ısı kazanç değerleri maksimum değerine ulaşmıştır. En fazla ısı kazancı havalandırmadan kaynaklanan ısı yükü değerleri iken en düşük ısı kazancı aydınlatmadan olan ısı yükleridir. ASHRAE CLTD, ASHRAE TETD/TA, ASHRAE RTS yöntemlerinden hesaplanan mahal toplam ısı kazanç yükleri birbirine yakın değerler çıkmasına rağmen, ASHRAE RTS metodunda duvar, tavan ve döşeme gibi yüzeylerden olan ısı kazançları yüksek çıktığı için, bu yöntem ile hesaplanan sonuçlar diğer 3 yöntemle göre daha yüksek değerlere sahiptir.

#### 4. SONUÇLAR

Soğutma sistemi kapasitelerinin belirlenmesinde en önemli etken, soğutma yüklerinin doğru tespit edilebilmesidir. Soğutma yükü hesaplamaları oldukça kapsamlı, uzun süren işlemler gerektirdiği için soğutma yükleri için hazırlanmış paket programlarının kullanılması, işlemlerin daha kısa sürede yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada, FineHVAC paket programı ile ASHRAE TETD/TA (Carrier), ASHRAE CLTD, ASHRAE RTS VE ASHRAE TFM gibi dört farklı hesaplama yöntemine göre, İzmir ilindeki örnek bir konferans salonu için soğutma yükü değerleri hesaplanmış ve her bir metottan elde edilen sonuçlar analiz edilerek karşılaştırılmıştır. Temmuz ayı referans alınarak 24 Ağustos tarihi için yapılan analizlerde, bu dört yöntem ile elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir;

- Dört metot için yapılan hesaplamalarda elde edilen sonuçlar arasındaki önemli fark; duvar, çatı ve döşeme gibi yüzeylerden gelen ısı kazançlarında oluşmaktadır.
- Yüzeyler için hesaplanan ısı kazanç yükleri, ASHRAE CLTD, ASHRAE TETD/TA ve ASHRAE RTS yöntemlerinden birbirine yakın değerler çıkmasına rağmen, ASHRAE TFM yönteminde bu değerler diğer 3 yöntemle göre yaklaşık iki kat daha yüksek çıkmaktadır.
- Yüzeylerden olan en yüksek ısı kazançları; ASHRAE TETD/TA yönteminde saat 17.00'de 11,32 kW olarak, ASHRAE CLTD yönteminde saat 18.00'de 12 kW olarak, ASHRAE RTS yönteminde saat 18.00'de 10,81 kW ve ASHRAE TFM yönteminde saat 18.00'de 19,01 kW olarak hesaplanmıştır.
- Aydınlatma, kişiler ve cihazlar gibi mahalde oluşan iç ısı kazanç değerleri tüm yöntemlerde aynı sonucu vermektedir.
- Havalandırmadan oluşan en yüksek ısı kazançları; tüm yöntemlerinde saat 15.00'de 23,97 kW olarak hesaplanmıştır.
- En fazla ısı kazancı havalandırmadan kaynaklanan ısı yükü değerleri iken en düşük ısı kazancı aydınlatmadan olan ısı yükleridir.
- Tüm metotlar için bina toplam soğutma yükü değerleri saat 15.00'de oluşmakta ve en yüksek değer ASHRAE TFM yönteminde elde edilmektedir.
- Maksimum bina toplam soğutma yükü değerleri; ASHRAE TFM yönteminde 65 kW, ASHRAE TETD/TA (Carrier) ve ASHRAE CLTD yöntemlerinde 57 kW, ASHRAE RTS yönteminde 56 kW olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak; analizlerde de görüldüğü gibi ASHRAE CLTD, ASHRAE TETD/TA ve ASHRAE RTS yöntemlerinden elde edilen mahal toplam soğutma yükü değerleri birbirine yakın sonuçlar vermesine rağmen, ASHRAE TFM yöntemi ile hesaplanan toplam mahal soğutma yükü değerleri diğer 3 yöntemle nazaran yüksek çıkmaktadır.

#### KAYNAKLAR

- [1] AKTACİR, M. A., BÜYÜKALACA, O., YILMAZ, T., "[Soğutma Yükü Hesabında Kullanılan Yöntemler](#)", 14. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, 2003, Isparta.
- [2] ERKMEN, F. İ., GEDİK ZORER, G., "Örnek Bir Konutun Farklı Yöntemlerle Hesaplanan Soğutma Yüklerinin Karşılaştırılması: Antalya Ve Diyarbakır Örneği", İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 143-163, 2007.
- [3] ANSARI, F.A., MOKHTAR, A.S., ABBAS, K.A., ADAM, N.M., "A Simple Approach for Building Cooling Load Estimation", American Journal of Environmental Sciences 1(3), 209-212, 2005.



- [4] BULUT, H., DURMAZ, A. F., AKTACİR, M. A., “İklimlendirme Sistemleri için Soğutma Yükü Hesap Yöntemlerinin Karşılaştırılması”, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği, VII. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu, 2006.
- [5] KÖROĞLU ISIN, N., ALALOĞLU, M., ERDOĞAN, A., ACAR, L., “Saatlik Analiz Programı”, Isıtma Soğutma, Havalandırma, Klima, Yangın ve Sıhhi Tesisat Dergisi, Temel Bilgiler Tasarım ve Uygulama Eki, Sayı 73.
- [6] ESKİN, N., TÜRKMEN, H.İ., “Konut Dışı Binaların Soğutma Yüklerinin Transfer Fonksiyonu Yöntemi İle Hesaplanması”, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği, VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Ve Sergisi, 2003.
- [7] [http://dms.hvacpartners.com/docs/1004/public/01/hap\\_ehelp\\_004.pdf](http://dms.hvacpartners.com/docs/1004/public/01/hap_ehelp_004.pdf)
- [8] SPITLER, J.D., MCQUISTON, F.C., LINDSEY K.,” The CLTD/SCL/CLF Cooling Load Calculation Method”, ASHRAE Transactions, 99(1), 183-192, 1993.
- [9] SPITLER, J.D., FISHER, D.E., PEDERSEN, C.O., “The Radiant Time Series Cooling Load Calculation *Procedure*”, ASHRAE Fundamentals Handbook, 2001.
- [10] BÜYÜKALACA, O., YILMAZ, T., ÜNAL, Ş., CİHAN, HÜRDOĞAN, E., “Işınım Zaman Serisi (RTS) Yöntemi ile Bir Otobüsün Soğutma Yükünün Hesaplanması”, 6 th International Advanced Technologies Symposium, 2011, Elazığ, Turkey.

## ÖZGEÇMİŞ

### Abdullah YILDIZ

1978 yılı Uşak doğumludur. 2000 yılında Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı Üniversiteden 2003 yılında Yüksek Mühendis ve Ege Üniversitesinden 2009 yılında Doktor unvanını almıştır. 2001-2003 Yılları arasında Afyon Kocatepe Üniversitesi Uşak Mühendislik Fakültesi Makina Bölümünde Araştırma Görevlisi, 2003-2009 yıllarında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde 35. madde kapsamında Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2010 yılından beri Uşak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı'nda Yrd. Doç. Dr. Olarak görev yapmaktadır. Güneş Enerjisi, Isıl Sistemlerin Termodinamik Analizi konularında çalışmaktadır.

### M. Ali ERSÖZ

1970 yılı Denizli doğumludur. 1991 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümünü bitirmiştir. Aynı Üniversiteden 2001 yılında Uzman, 2008 yılında Doktor unvanı almıştır. 1991-2009 yılları arasında M. E. B. bağlı endüstriyel teknik öğretim okullarında öğretmenlik ve yöneticilik görevleri yapmıştır. 2009 yılından itibaren Uşak Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Elektrik ve Enerji bölümünde Yrd. Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır. Yenilenebilir enerji ve ısı sistemlerinin termodinamik analiz konularında çalışmalar yapmaktadır.

### Ali ALTINER

1988 yılı Uşak doğumludur. 2011 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünü bitirmiştir. Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisansına devam etmektedir. 2012-2013 yılları arasında Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmış, 2013 yılından beri Uşak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Yenilenebilir Enerji, Nanoakışkanlar ve Isıl Sistemlerin Termodinamik Analizi konularında çalışmalar yapmaktadır.

### Tahir Berkay BİLKİ

1992 yılı Eskişehir doğumludur. 2014 yılında Uşak Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünü bitirmiştir. Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisansına devam etmektedir. Termodinamik ve Enerji üzerine çalışmalar yapmaktadır. Özel bir şirkette mekanik tesisat proje mühendisi olarak çalışmaktadır.