

# Isıtma-Soğutma Yüklerinin HAP Ve Revit Programlarıyla Hesaplanması

N. Alpay KÜREKÇİ  
Seyit KAPLAN

## Abstract

Heating and cooling loads of a sample building in İstanbul are calculated with HAP and Revit program. Having an effect on the calculation results of the work program, internal and external conditions have been the same. As a result of calculations, heating and cooling loads have been found close to each other.

## ÖZET

*İstanbul ilinde bulunan örnek bir binanın ısıtma ve soğutma yükleri, HAP ve Revit programlarıyla hesaplanmıştır. Hesaplamalarda sonuçlara etkisi olan iş programı, iç ve dış ortam şartları aynı alınmıştır. Hesaplamalar sonucunda ısıtma ve soğutma yüklerinin birbirlerine yakın çıktığı bulunmuştur.*

## ANAHTAR KELİMELELER

HAP, Revit, Isıtma-Soğutma Yükü

## 1. GİRİŞ

Binalarda konfor şartlarının artırılması, enerji ihtiyacını da artırmıştır. Özellikle soğutma yapılan binalarda, bu ihtiyaç daha da artmıştır.

Avrupa'da binalarda kullanılan enerji, toplam enerjinin yaklaşık %40'ı civarındadır. Toplam CO2 emisyonunun ise %30'na sebep olduğu hesaplanmaktadır [1].

Isıtma ve soğutma yüklerin doğru bulunması, gerek cihaz kapasitelerinin tespitinde, gerekse sistem seçiminde oldukça önemlidir. Uygulamada ısıtma yükü hesapları TS 2164 [2]'e göre yapılmaktadır. Basit tabloların doldurulması veya bilgisayar programları (excel vb.) yardımıyla ısıtma yükü hesapları yapılabilmektedir. TS 2164'te yapı elemanlarından olan iletim ve taşınım ısı kayıpları ile infiltrasyon ısı kaybı hesaplanır. Bulunan toplam ısı kayıp değeri yön, birleştirilmiş ve kat yükseklik artırımları ile çarpılarak, artırılmış ısı kayıpları bulunur. Mahallerin ısı kayıpları bulunurken, mahale doğru olan ısı kazançları hesaba katılmaktadır. Ayrıca aydınlatma, insan, elektrikli ekipman vb. iç ısı kazançları da hesaba katılmamaktadır. Bu durum ihtiyaç miktarından çok daha fazla ısıtma kapasitesi bulunmasına, radyatör ve kazan kapasitelerinin büyük seçilmesine sebep olmaktadır. İhtiyaç miktarından büyük seçilen

## Key Words

HAP, Revit, Heating-Cooling Load

kazanlar çok soğuk olmayan havalarda ya dur-kalk şeklinde çalışmakta ya da bir çok brülörde olan modülasyon ile alev boyunu azaltmaktadır. Özellikle dur-kalk şeklinde çalışan cihazlar ısı ihtiyacının azaldığı durumlarda çalışıp, çok kısa sürede duracaktır. Bu şekilde çalışan kazanlar çok yakıt tüketmektedir. Maalesef farklı kapasitede cihazı deneme şansı olmadığından, mevcut kazanın çok yakıt yaktığı da anlaşılamaz. Ancak başka bir bina veya daire ile karşılaştırılabilir. Ama yapılan karşılaştırma, ısı kayıpları veya kullanım koşulları farklı olduğundan, tam sonuç vermeyecektir.

Soğutma yükleri bulunurken yapılan en büyük hata, tüm ısı kazançların aynı anda geldiğini düşünmektir. Oysa doğuya bakan bir mahalde sabah saatlerinde güneşten ısı kazancı olurken, aydınlatma farklı bir saatte önemli olabilmektedir. Ayrıca insan, aydınlatma, elektrikli cihazlardan kaynaklanan ısı yükleri farklı saatlerde mahal için önemli olabilmektedir. Tüm ısı kazançlarının aynı anda mahale geldiği, veya tam zamanlı etki ettiği düşüncesi soğutma yüklerinin gereğinden büyük hesaplanmasını sağlar. Genelde bu şekilde yapılan hesaplarda, kapasiteler 2-3 kat büyük bulunabilmektedir. Bu yöntemle seçilen soğutma grupları, gerçekte olan ısı kazançlarını çok kısa sürede karşılayabildiği için, ısıtmada olduğu gibi cihazlar dur-kalk şeklinde çalışacaktır. Bu şekilde çalışan cihazda fazla elektrik harcaacaktır. Ayrıca büyük kapasiteli cihaz seçimi, ilk yatırım maliyetlerini de artırmaktadır.

Özellikle soğutma yükü hesaplarını doğru hesaplayabilmek için, tasarımcılar bilgisayar programları kullanmaktadır. Bu tür programlar kullanıcının girdiği yapı elemanlarının özelliklerini kullanarak iletim ve taşınım ile ısı kazançlarını, güneşten gelen ısı kazançlarını, aydınlatma, insan ve elektrikli cihazlardan gelen duyulur ve gizli ısıları ayrı ayrı hesaplayabilmektedir. Ayrıca programlar bu ısı yüklerini, kullanıcının girdiği iş programına göre hangi saatler arasında etkili olacağını hesaplayarak, saatlik ısı kazanç değerlerini bulabilmektedir. İnsanların ihtiyacı ve mahaldeki kötü kokuları uzaklaştırmak için gerekli olan taze hava miktarlarını da tespit eden program, taze havadan kaynaklanan duyulur ve gizli ısıları da

hesaplamaktadır. Bu ısı kazançlarına ilaveten kullanılacak sistemden kaynaklanan ısı yükleri de vardır. Kanallardan olan ısı kazançları, fan ısı yükleri vb. kazançlar, seçilecek sistemden dolayı oluşmaktadır. Toplam ısı kazancının hesabında bu yüklerin de hesaplanması gereklidir.

Kullanılan enerjinin doğru hesaplanması ve sonrasında azaltılması için değişik bilgisayar programları kullanılmaktadır [3]. Bu tür programlar enerji simülasyonu yaparak binaların enerji ihtiyaç değerlerini hesaplamakta, yapılan değişikliklerin ihtiyaç miktarına etkisini kullanıcıya sunabilmektedir.

Crawley vd. [4], son yıllarda popüler olan enerji simülasyonu yapabilen 20 ayrı programın karşılaştırmalarını yapmıştır. Karşılaştırma yaptığı programlar: BLAST, BSim, DeST, DOE-2.1E, ECOTECT, EnergyWin, Energy Express, Energy-10, EnergyPlus, eQUEST ESP-r, IDA ICE, IES VE, HAP, HEED, PowerDomus, SUNREL, Tas, TRACE ve TRNSYS'dir. Bu programları, genel modelleme özellikleri, bölge yükleri, bina zarfı kazançları, güneş radyasyonu, infiltrasyon, havalandırma, multizone hava akımı, yenilebilir enerji sistemleri, elektrik sistemleri ve ekipmanları, HVAC sistemleri, HVAC ekipmanları, çevre emisyonları, ekonomik değerlendirme, raporlama, iklim veri kullanılabilirliği, sonuç, doğrulama, kullanıcı ara yüzü, diğer programlarla bağlantılar ve kullanılabilirlik kıstaslarında karşılaştırmalarını yapmıştır.

Rey vd. [5], BEA (Building Energy Analysis) programı ile HAP ve POWERDOE programların karşılaştırmalarını yapmıştır. Enerji tüketiminde inşaat sektörünün önemini belirterek, enerji simülasyonu sayesinde, çevreye daha az CO2 salımının yapılabileceğini vurgulamıştır.

Orosa vd. [6], eski ve yeni okul binaları için ölçülen ve simülasyon sonuçlarını karşılaştırmıştır. Binalarda enerjinin kaybının önemini vurgulamıştır.

BIM (Building Information Modeling) teknolojisi mimarlık, mühendislik ve inşaat sektöründe giderek daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Tarihi binalar da dahil tüm binalarda kullanılan bu teknoloji, yeni yapılarda ve yıkılıp tekrar yapılan binalarda, proje

kontrolünü kolaylaştırmak amacıyla kullanılmaktadır [7].

BIM teknolojisi bina tasarımında farklı bakış açıları getirmiştir. Binayı sadece kullanım ve işlevsellik açısından değil, terör saldırısı olduğunda sistem tasarımının etkileri de incelenebilmektedir [8]. Binada yangın esnasında bina sakinlerinin çıkış senaryoları da yine bu teknolojik yazılımlar ile incelebilmektedir [9, 10]. Ayrıca mimaride yol planlaması temel bir sorundur. Kapalı ve açık gezinti ve acil tahliye yollarının iki boyutlu tasarlanması bazı yapısal sıkıntılar doğururken, BIM teknolojilerini kullanarak üç boyutlu tasarlanabilmektedir [10].

BIM teknolojisi yapı güvenliği konusunda da kullanılmaktadır. Güvenlik tehlikelerini tespit etmek, kullanıcılara önleyici tedbirler önermek konularında BIM teknolojisi kullanılmaktadır [11].

Ülkemizde soğutma hesap yüklerinin hesaplanması için en yaygın program HAP (Hourly Analysis Program)'dır. Bu program hesaplarını saatlik olarak tekrarladığı için, sonuçlarının doğruluğu daha güvenilir bulunmaktadır.

Son yıllarda BIM teknolojisi ile gündeme gelen mimar, inşaat, makine ve elektrik mühendisliğinden oluşan dört disiplinin projelerde birbirlerinden haberdar çalışması, bu platformda çalışacak programları gündeme getirmiştir. Ülkemizde bu programların en tanınmış Revit'tir. Revit, dört disiplininde kullanılabileceği hem 3 boyutlu çizim hem de hesap yapabilen bir programdır.

Tasarımcılar genelde çizimlerini Revit gibi 3 boyutlu çizim yapan bir programda çizmekte, özellikle soğutma yüklerini de HAP programı ile bulmaktadırlar. Revit programının yaptığı hesaplar, güvensiz bulunmaktadır.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, BIM teknolojilerinin öneminin her geçen gün arttığı görülmektedir. Projelendirme safhalarında BIM teknolojilerinin kullanılması, yapıların tüm ömürleri boyunca karşılaşılabilecek sorunları, alınacak tedbirlerle azaltabilmektedir. Bu nedenle bu tür yazılımların ileride daha da yaygınlaşması kaçınılmazdır.

Literatürler incelendiğinde HAP ile Revit programlarının örnek bir proje için karşılaştırmalarının yapılmadığı görülmüştür. Bu çalışmada HAP 4.61 ile Revit 2014 programlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Alınan örnek bir bina için hem ısıtma hem de soğutma yükleri bulunmuş, aralarındaki farklar çıkarılarak karşılaştırmaları yapılmıştır.

## 2. REVİT'TE ISITMA VE SOĞUTMA YÜKÜ HESABI

Revit'te ısıtma-soğutma yükü hesaplarının doğru bir şekilde yapılabilmesi için, yapının mimari modelin doğru çizilmesi gerekir. Revit, mantığında akıllı objelerin bulunması ve bunların tamamen bir sistem olarak çalışmasına yönelik bir program olduğu için, akıllı objelerin parametreleri ve malzemeler programa doğru bir şekilde girilmeli, programın hatalı sonuç vermesinin önüne geçilmelidir. Büyük projelerde ısıtma-soğutma yükü hesabının doğru bir şekilde değerlendirilmesi için, yapının mimari çizimine ve objelere büyük önem verilmesi, Revit'i kullanan mimarların hatasız çalışması gerekmektedir. Revit'te analyze-space (mahal analizi) kısmı kullanılarak mahaller, space (mahal) olarak tanımlanır. Burada space olarak tanımlanan mahaller için ısıtma, soğutma, ısıtma ve soğutma, şartlandırılmayan mahal gibi seçenekler karşımıza çıkmaktadır. Şartlandırılan ve şartlandırılmayan mahallerin tamamı space olarak tanımlanmalı ve condition type (koşul türü) kısmından mahal şartlandırma seçeneği girilmelidir. Space olarak girilen mahallerde space type (mahal tipi) kısmı bulunmaktadır, bu kısımdan mahalın kullanım amacı verilen opsiyonlarda seçilir (açık ofis, kapalı ofis, otel lobisi vb.). Bu space haline gelen tanımlanmış mahaller için, mahalın kullanım amacına uygun olarak kişi başına düşen m<sup>2</sup>, insanlardan kaynaklanan duyulur ve gizli ısı yükleri, aydınlatma ve ekipmanlardan kaynaklanan ısı yükleri, asma tavana aydınlatmadan ısı geçiş oranı gibi hesaplamalarda kullanılacak olan veriler yer almaktadır. Bunların yanında bu mahalde yaşayan insanların ve bu mahalde kullanılan aydınlatma ve ekipmanlarının çalışma saatleri schedule (program) olarak ayrı ayrı verilmektedir. Burada verilen tüm değerler manuel olarak istenildiği takdirde değiştirilebilmektedir. Bu şekilde bütün mahaller

ve özellikleri çizim üzerinde tek tek girildikten sonra Revit'te analyze (analiz), reports (raporlar), heating and cooling loads (ısıtma ve soğutma yükleri) menüsü seçilir ve geri kalan parametreler burada tamamlanır. Bu kısımda genel olarak binanın kullanım amacı, konumu, toprak alanının hangi kata denk geldiği, binanın eski veya yeni oluşu, binada ısıtma-soğutma için kullanılacak sistemin seçimi, yapı elemanlarının tanımlanması, binanın infiltrasyon sınıfı gibi parametrelerin girişi bulunmaktadır. Building type (bina tipi) kısmında ofis, otel, müze, hastane vb. opsiyonlar sunulmaktadır. Location (yer) kısmında ise internet üzerinden yapının tam olarak konumunu belirleyebilmekte veya önceden belirlenmiş olan ülke ve şehir opsiyonları kullanılabilir. Aynı zamanda dış hava dizayn şartları, atmosfer temizlik katsayısı gibi faktörler de buradan belirlenebilmektedir. Building construction (bina yapı elemanları) kısmında ise çatı, dış duvar, iç duvar, tavan, döşeme, kapı, iç pencere, dış pencere, çatı penceresi (skylight) opsiyonları bulunmakta ve buradan tüm bina yapı elemanlarının değerleri girilmektedir. Building infiltration class (bina sızıntı sınıfı) kısmında ise 4 seçenek bulunmaktadır (none, loose, medium, tight) ve bu opsiyonlardan birinin seçilmesi gerekmektedir. Burada seçilen değerlere göre mahallerin infiltrasyon değerleri yük olarak hesaba katılmaktadır. Analyze (analiz), reports (rapor), heating and cooling loads (ısıtma ve soğutma yükü), details (ayrıntılar) girildiği takdirde mahaller için zonlamalar yapılabilmekte ve bu zonların ısıtma-soğutma set point (ayar) değerleri girilmektedir. Yine sisteme girecek olan ısıtma-soğutma havası sıcaklıkları, gerekli olan taze hava miktarı bu bölümden ayarlanabilmektedir. Hesaplamalar için yapılması gereken tüm değerler girildikten sonra, ısıtma ve soğutma kaybı hesabı yaptırılır ve rapor şeklinde bu Revit'in içinde saklanır. Mimarisini doğru bir şekilde çizilmiş yapıda, iç duvar, dış duvar, iç pencere, dış pencere, çatı vb. tüm yapı elemanlarını (akıllı objeleri), Revit kendi tanımakta ve buna göre hesap yapmaktadır.

### 3. HAP İLE ISITMA VE SOĞUTMA YÜKÜ HESABININ YAPILMASI

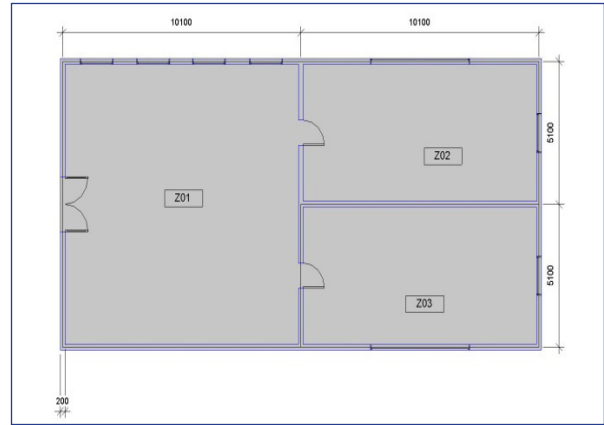
HAP'da mahallerin genel olarak özelliği tek tek girilmekte ve bu değerler üzerinden hesap çıkartılmakta-

dır. Bütün mahaller için tek tek space (mahal) oluşturulmakta ve bu mahallerin özelliklerinin çoğu elle girilmektedir. Mahallerin alanları başka programlardan alındığı için yuvarlanabilmekte ve hata yapılabilmektedir. HAP programı gbxml dosyası okuyabilmektedir. Bu formatta çıktı verebilen bir programda yapılan çizimlerden alınacak gbxml uzantılı proje, HAP programında okutulurak mimari ve mahal bilgileri programa tanıtılabilir.

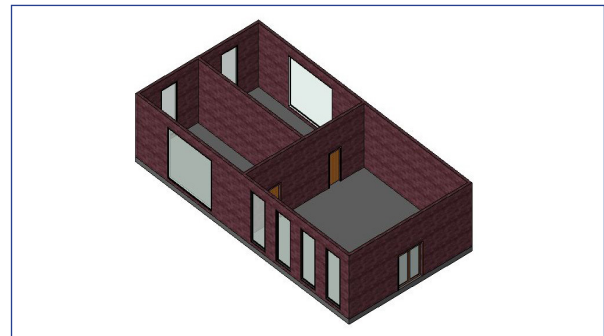
## 4. HESAPLAMALAR

### 4.1 Bina Hakkında Genel Bilgiler

Örnek bina İstanbul ilinde toplam 196 m<sup>2</sup> net kullanım alanlı, tek katlı bir binadır. Binada Z01 mahalı net 99 m<sup>2</sup> ve Z02-Z03 mahalleri ise her biri net 48,5 m<sup>2</sup> alanlarına sahiptir. Z01 ve Z02 ofis olarak, Z03 depo olarak kullanılmaktadır. Sadece Z01 ve Z02 mahalleri şartlandırılacaktır. Bina toprak zemine oturmaktadır ve üstü kullanılmayan beşik çatıdır. Binada kat yüksekliği 4 m'dir. Toplam hacim 784 m<sup>3</sup>, şartlandırılacak toplam hacim ise 590 m<sup>3</sup>'tür.



Şekil 1. Hesaplamalarda Kullanılan Bina Modeli



Şekil 2. Revit İle Çizilen 3D Bina Modeli

Binada mahal yerleşimi Şekil 1 ve 2’de görüldüğü gibidir. Binayı oluşturan duvarlar 20 cm tuğla ve 5 cm yalıtım malzemesinden oluşmaktadır. Yalıtımın yeri, cinsi, kalınlığı, diğer yapı elemanlarının özellikleri değiştiğinde, hesaplar farklılık göstermektedir. Bu nedenle iki programda da yapı elemanlarının yeri, kalınlığı ve malzemesi aynı seçilmiştir.

Pencerelerin toplam ısı transfer katsayısı 2,007 W/m<sup>2</sup>K ve dış kapı toplam ısı transfer katsayısı 2,044 W/m<sup>2</sup>K olan çift camlı plastik doğramalar seçilmiştir.

Binaya ait tüm yapı elemanlarının toplam ısı transfer katsayıları Tablo 1’de özetlenmiştir. HAP ve Revit programlarında bu özellikler ortak olarak girilmiştir.

**Tablo 1. Yapı Elemanlarının Toplam Isı Transfer Katsayısı**

Bina Yapı Elemanları	U (W/m <sup>2</sup> K)
Çatı	0,6958
Dış Duvar	0,6160
İç Duvar	1,4733
Taban	0,7059
Dış Kapı	2,044
Dış Pencere	2,007
İç Pencere	3,6898

#### 4.2. Tasarım Koşulları

Her iki programın varsayılan (default) değerleri farklılık arz etmektedir. Hesap sonuçlarını karşılaştırabilmek amacıyla, programlara manuel olarak değerler girilmiştir. İstanbul ili için 41° enlem ve 29° boylam koordinatları olarak ayarlanmıştır. Rakım olarak 36,9 m, yazın kuru ve yaş termometre sıcaklıkları sırasıyla 31,4 ve 25 °C, kışın -3 ve -5,7 °C değerleri, günlük sıcaklık farkı 8°C olarak programlara girilmiştir. Aylık maksimum-minimum KT ve YT değerlerindeki küçük farklılıklar, Revit programındaki değerler HAP programına göre düzeltilerek değiştirilmiştir.

Atmosferik temizlik katsayısı 1, bina çevresinin yansıtıcılık katsayısı 0,20 ve bina çevresindeki toprağın ısı iletim katsayısı 1,385 W/mK olarak programlara girilmiştir. Hesaplamalar Ocak-Aralık arası toplam 12 ay için yapılmıştır.

Mahaller kullanım olarak ofis olarak seçilmiştir. Ofisin kullanım şekline göre bir iş programı (schedule) tespit edilmiş ve her iki programa da aynı değerler girilmiştir. Buna göre 00:00-06:00 saatleri arası %0, saat 07:00’de %10, saat 08:00’de %20, 09:00-10:00 arası %95, 11:00-12:00 arası %45, 13:00-17:00 arası %95, saat 18:00’de %30, 19:00-21:00 arası %10 ve 22:00-00:00 arası %0 olarak tespit edilmiştir.

**Tablo 2. Bina İçi Mahallerin Tasarım Şartları**

Mahal İsimleri	Isıtma (°C)	Soğutma (°C)
Z01- Kapalı ofis	23,9 °C	21,1 °C
Z02- Kapalı ofis	23,9 °C	21,1 °C
Z03- Depo	32,2 °C	10 °C

Tablo 2’de verilen değerler, Z01 ve Z02 mahalleri için termostat ayar (set) değerleridir. Depo olarak kullanılan Z03 mahalinde amaçlanan minimum ve maksimum sıcaklık değerleri aynı tabloda verilmiştir. Bu değerlere göre programlara kayıp ve kazanç hesaplaması yaptırılmıştır.

Programların soğutma yükü hesaplarında kullanılacakları ısı yükleri:

- Dış duvar ve çatıdan gelen yükler,
- İç duvar ve şartlandırılmamış mahallerden, tavan ve döşemeden gelen yükler,
- Pencereden gelen radyasyon ve transmisyon yükleri,
- İnfiltrasyondan gelen yükler,
- Aydınlatmadan gelen yükler,
- Elektrikli ve diğer ekipmanlardan gelen yükler şeklindedir.

İnsanlardan gelen duyulur ve gizli ısı yüklerini hesaplayabilmek amacıyla her iki programa Z01 mahalinde 10, Z02 mahalinde 5 insan bulunduğu bilgisi girilmiştir. Revit programı insanlardan kaynaklanan duyulur ve gizli ısıları sırasıyla 73,27-58,61 W/kişi gösterirken, HAP programı 71,8-60,1 W/kişi olarak vermektedir. Programlara girilen insandan kaynaklanan duyulur ve gizli ısı yükleri Tablo3’de verilmiştir.



**Tablo 3. İnsanlardan Kaynaklanan Duyulur Ve Gizli Isı Yükleri (W/Kişi)**

Mahal İsimleri	Duyulur Isı	Gizli Isı
Z01- Z02 Ofis	75	65

**Tablo 4. Aydınlatma Ve Elektrikli Ekipmanlardan Kaynaklanan Isı Yükleri (W/m<sup>2</sup>)**

Mahal İsimleri	Aydınlatma (W/m <sup>2</sup> )	Elektrikli Ekipman (W/m <sup>2</sup> )
Z01-Z02 Ofis	11	9

Aydınlatma ve elektrikli ekipmanlardan gelen ısı yükleri bulabilmek için, her iki programda Tablo 4'deki değerler girilmiştir.

**Tablo 5. İnfiltrasyon Isı Yükünün Hesaplanması İçin Girilen Hava Debisi (L/s)**

Mahal İsimleri	İnfiltrasyon Hava Debisi (L/s)
Z01-Z02 Ofis	11,7

İnfiltrasyon ısı kayıplarının bulunmasında Revit dört adet alternatif verirken, HAP programı kullanıcının seçimine bırakmaktadır. Değerlerin ortak olabilmesi için her iki program da aynı değerler girilmiştir. İnfiltrasyon hesaplarında programlara girilen değer Tablo 5'de verilmiştir.

Taze hava miktarı için her iki programda ASHRAE standartlarını kullanmaktadır. Taze hava ısı yükü toplam ısıtma ve soğutma yüklerini etkisi fazla olduğundan, mümkün olduğunca az alınmalıdır. Taze havanın az alınması insan sağlığı, koku problemi, nem kontrolü açısından dezavantajdır. Yıllara göre bakıldığında, ASHRAE standartı revizyonlarında taze hava miktarlarını azalttığı görülür. Bu nedenle taze hava miktarları tartışma konusudur. Taze hava miktarları ısıtma ve soğutma yüklerine etkisinin fazla olması nedeniyle her iki programda da aynı değerler alınmıştır. Hesaplamalarda kişi başı 10 L/s değeri kabul edilmiştir.

### 4.3. Genel Sistem Seçimleri

Kıyaslanmanın yapılmasında genel sistem olarak, iki programda da fan coil sistemi seçilmiştir. Mahallere taze hava verebilmek ve her iki programı da özellikle taze hava yüklerinin karşılaştırmalarını yapabilmek

amacıyla fan coil sistemi tercih edilmiştir. Revit'te FC, HAP'da 4 borulu FC sistemi seçilmiştir. Z01 ve Z02 mahalleri hem Revit, hem de HAP'da zon haline dönüştürülmüş ve aynı zonda yer almıştır. Sistem boyutlandırmasında ısıtmada kullanılan besleme sıcaklığı 3 °C, soğutmada kullanılan besleme sıcaklığı 14,4 °C olarak, iki programda da aynı değerlerde girilmiştir.

### 5. Hesaplanan Isıtma ve Soğutma Yüklerinin Karşılaştırılması

Hesaplar sonucu ortaya çıkan ısıtma-soğutma yükleri Tablo 6-7-8'de verilmiştir. Tablo 6, tüm zonun toplam ısıtma ve soğutma yükleri iken, Tablo 7 ve Tablo 8 sırasıyla Z01 ve Z02 mahallerinin ısıtma ve soğutma yüklerini göstermektedir.

$$\% \text{ Fark} = \left| \frac{Q_{\text{HAP}} - Q_{\text{Revit}}}{Q_{\text{HAP}}} \right| \times 100 \quad (1)$$

Z01 mahali için yapılan hesaplamalarda sadece mahal soğutma yükleri: HAP ile 7.260 W bulunurken, Revit ile 7.798 W bulunmuş, fark %7,41 olarak hesaplanmıştır. Isıtma yükleri ise HAP ile 5.009 W, Revit ile 4.958 W olarak bulunmuş, fark %1,02 olarak hesaplanmıştır. Fark hesapları yapılırken eşitlik 1 kullanılmıştır.

Z02 mahali için yapılan hesaplamalarda sadece mahal soğutma yükleri: HAP ile 4.732 W bulunurken, Revit ile 4.930 W bulunmuş, fark %4,18 olarak hesaplanmıştır. Isıtma yükleri ise HAP ile 3.247 W, Revit ile 3.203 W olarak bulunmuş, fark %1,36 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 6'da her iki mahalden gelen yükler ve sistemden gelen yükler gösterilmiştir. Zonun toplam soğutma yükü HAP ile 11.721 W, Revit ile 12.727 W bulunmuş ve aradaki fark %8,58 hesaplanmıştır. Zonun toplam ısıtma yükü HAP ile 8.255 W, Revit ile 8.159 W bulunmuş, fark %1,16 hesaplanmıştır. Sistemden kaynaklanan yükler havalandırma ve fan yükleridir. Sistemden kaynaklanan soğutma yükleri HAP ile 4.444 W, Revit ile 5.227 W bulunmuş, fark %17,62 hesaplanmıştır. Sistemden kaynaklanan ısıtma yükleri HAP ile 3.886 W, Revit ile 4.469 W bulunmuş, fark %15 hesaplanmıştır. Mahal ve sistem yüklerinin top-

lamı olan toplam zon soğutma yükü HAP ile 16.165 W, Revit ile 17.954 W, fark %11,07, toplam zon ısıtma yükü HAP ile 12.141 W, Revit ile 12.628 W, fark %4,01 olarak hesaplanmıştır.

Mahal toplam soğutma yükleri %8,58 fark ile hesaplanırken, sistem yükleri hesaba katıldığında fark %11,07'ye çıkmaktadır. Revit veya HAP'da girilen sistemler birbirine yaklaştıkça aradaki fark oldukça azalacaktır. Buradan Revit programının daha fazla seçenek içermesi gerektiği anlaşılmaktadır. HAP programının sistem kısmı, Revit'e göre daha üstündür. Dolayısıyla sistemler birbirine çok yakında girilememekte ve sistem soğutma yüklerinin çok yakın olmadığı görülmektedir. Isıtma yüklerinde fark soğutma yüklerine göre daha az, %4,01 olarak hesaplanmıştır.

Tek tek ısı kayıpları mahal yük bazında incelendiğinde, pencere, dış duvar, çatı, dış kapı, ve infiltrasyondan kaynaklanan ısıtma yükü toplamı programlarda birbirine oldukça yakındır. Ama bu yükler toplandığında aradaki fark artmaktadır.

HAP programı termostat ayarlarını hesaba katarak yaptığı hesaplar sonucu, Total Conditioning Load (Toplam Şartlandırma Yükü) vermektedir. HAP toplam şartlandırma soğutma yükünü 15.733 W, ısıtma

yükü 12.034 W olarak hesaplamıştır. Bu değerlere göre kıyaslama yapıldığında soğutma için %14,12, ısıtma için %4,94 fark çıktığı hesaplanmıştır.

Her iki programda soğutma yükünün maksimum olduğu zamanı Haziran 17:00 olarak bulmuştur.

Şekil 3 (a) ve (b) sırasıyla zonun soğutma ve ısıtma yüklerini, Şekil 4 (a) ve (b) sırasıyla Z01 mahalının soğutma ve ısıtma yüklerini ve Şekil 5 (a) ve (b) sırasıyla Z02 mahalının soğutma ve ısıtma yüklerini, komponentlere göre dağılımını göstermektedir.

Bulunan sonuçlar genelde uyum içindedir. Sonuçların birbirlerine oldukça yakın olduğu görülebilir.

Revit programında proje detaylı çizildiği takdirde, ısıtma ve soğutma yüklerinin hesaplanması kolaylaşmaktadır. En fazla zaman çizim ve ayarlamalar kısmında harcanmaktadır. HAP programında ise çizim yapılmayıp, mevcut bir çizim üzerinden alınan değerlerin programa doğru girilmesi gerekmektedir. Her ikisinde de kullanıcı hatasının olması mümkündür. Bu nedenle çıkan sonuçların değerlendirilmesi gerekir. Yapılan kullanıcı hataları, değerlerin çok büyük veya çok küçük çıkmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle çıkan sonuçlar, tecrübelerle dayanarak akıllı süzgeçten geçirilmelidir.

**Tablo 6. Zon Isıtma ve Soğutma Yükleri**

Isı Yük-leri	Komponentler	Soğutma Yükü			Isıtma Yükü		
		HAP	Revit	Fark	HAP	Revit	Fark
		W	W	%	W	W	%
Zon Isı Yükleri	Duvar	881	955	8,40	2115	2115	0,00
	Pencere	2672	2808	5,09	1734	1733	0,06
	Kapı	119	111	6,72	211	202	4,27
	Çatı	2614	2897	10,83	2475	2591	4,69
	Çatı Penceresi	0	0	-	0	0	-
	Taban	0	0	-	215	0	100,00
	Partition (Şartlandırılmamış Bölüm)	806	994	23,33	995	994	0,10
	İnfiltrasyon (Sızıntı)	488	534	9,43	510	524	2,75
	Aydınlatma	1337	1409	5,39	0	0	-
	Elektrikli Ekipman	1127	1153	2,31	0	0	-
	İnsan	1677	1866	11,27	0	0	-
	Toplam Mahal Yükleri	11721	12727	8,58	8255	8159	1,16
Sistem Isı Yük-leri	Fan	400	404	1,00	-400	0	100,00
	Havalandırma	4044	4823	19,26	4286	4469	4,27
	Toplam Sistem Yükü	4444	5227	17,62	3886	4469	15,00
Toplam Isı Yükleri	Toplam Zon Yükü	16165	17954	11,07	12141	12628	4,01
	Toplam Şartlandırma Yükü	15733	17954	14,12	12034	12628	4,94

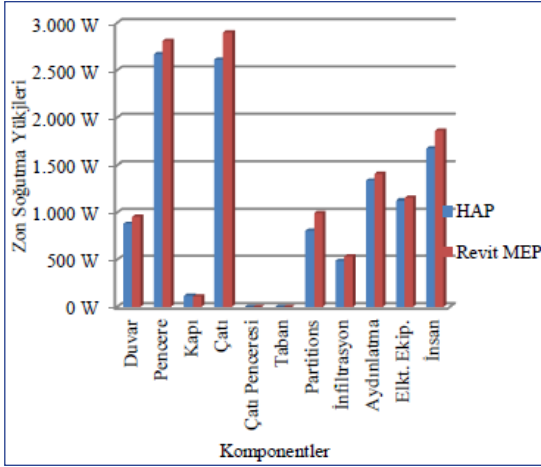
Tablo 7. Z01 Mahalinin Isıtma ve Soğutma Yükleri

Isı Yükleri	Komponentler	Soğutma Yükü			Isıtma Yükü		
		HAP	Revit	Fark	HAP	Revit	Fark
		W	W	%	W	W	%
Mahal Isı Yükleri	Duvar	649	678	4,47	1478	1478	0,00
	Pencere	1221	1424	16,63	867	866	0,12
	Kapı	122	111	9,02	211	202	4,27
	Çatı	1903	1931	1,47	1661	1728	4,03
	Çatı Penceresi	0	0	-	0	0	-
	Taban	0	0	-	119	0	100,00
	Partition (Şartlandırılmamış Bölüm)	247	334	35,22	334	334	0,00
	İnfiltrasyon (Sızıntı)	316	356	12,66	339	350	3,24
	Aydınlatma	907	946	4,30	0	0	-
	Elektrikli Ekipman	762	774	1,57	0	0	-
	İnsan	1133	1244	9,80	0	0	-
Toplam Isı Yükleri	Toplam Z01 Mahali Isı Yükü	7260	7798	7,41	5009	4958	1,02

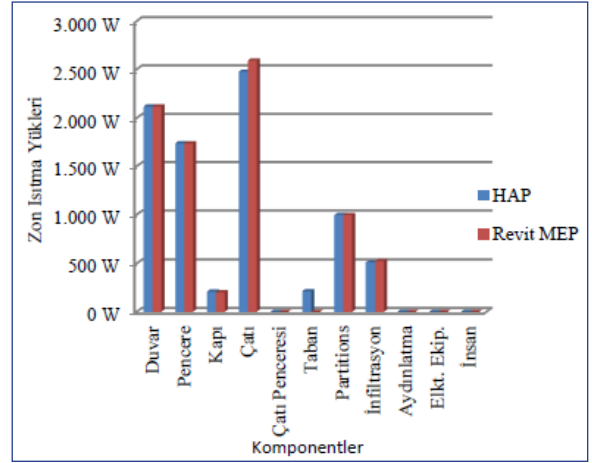
Tablo 8. Z02 Mahalinin Isıtma ve Soğutma Yükleri

Isı Yükleri	Komponentler	Soğutma Yükü			Isıtma Yükü		
		HAP	Revit	Fark	HAP	Revit	Fark
		W	W	%	W	W	%
Mahal Isı Yükleri	Duvar	259	277	6,95	637	637	0,00
	Pencere	1509	1384	8,28	867	866	0,12
	Kapı	0	0	-	0	0	-
	Çatı	932	966	3,65	814	864	6,14
	Çatı Penceresi	0	0	-	0	0	-
	Taban	0	0	-	97	0	100,00
	Partition (Şartlandırılmamış Bölüm)	489	661	35,17	661	661	0,00
	İnfiltrasyon (Sızıntı)	159	178	11,95	171	175	2,34
	Aydınlatma	444	463	4,28	0	0	-
	Elektrikli Ekipman	374	379	1,34	0	0	-
	İnsan	566	622	9,89	0	0	-
Toplam Isı Yükleri	Toplam Z02 Mahali Isı Yükü	4732	4930	4,18	3247	3203	1,36



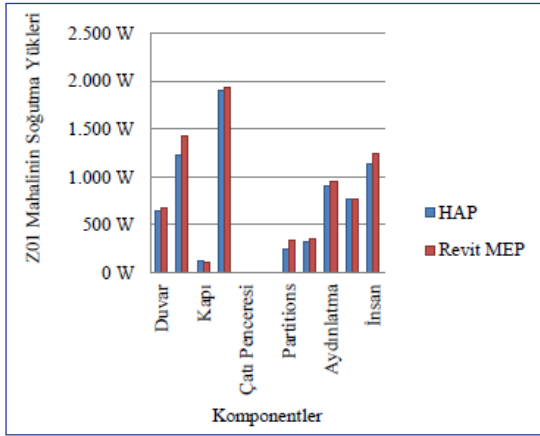


(a)

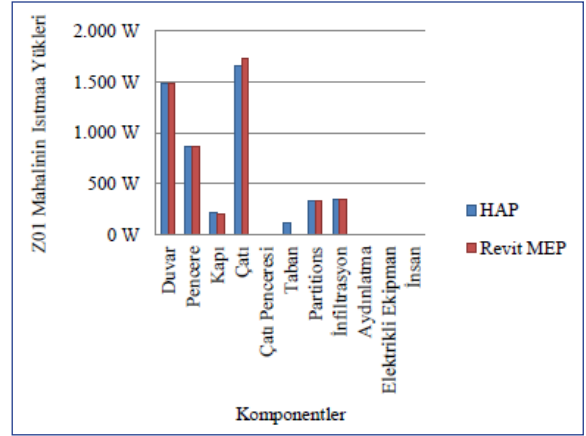


(b)

Şekil 3. HAP ve Revit İle Hesaplanan Zonun (a) Soğutma (b) Isıtma Yükleri

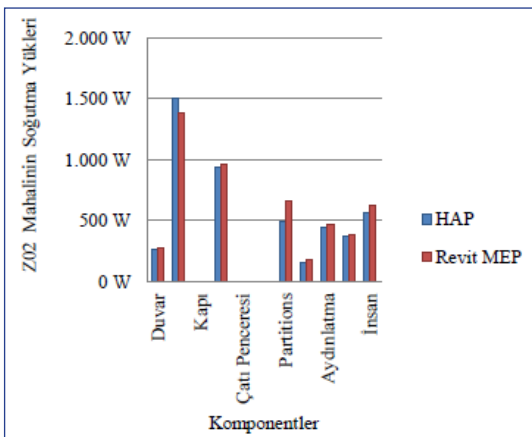


(a)

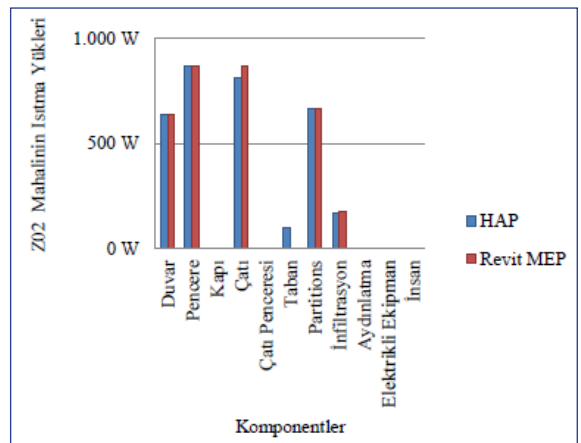


(b)

Şekil 4. HAP ve Revit ile Hesaplanan Z01 Mahalinin (a) Soğutma (b) Isıtma Yükleri



(a)



(b)

Şekil 5. HAP ve Revit ile Hesaplanan Z02 Mahalinin (a) Soğutma (b) Isıtma Yükleri

## 6. SONUÇ

İstanbul ilinde toplam 196 m<sup>2</sup> net kullanım alanlı, tek katlı bir binanın ısıtma ve soğutma yükleri HAP ve Revit programlarıyla bulunmuş ve karşılaştırmaları yapılmıştır. Bina mümkün olduğunca basit, kolay karşılaşılabilecek ve karşılaştırma yapmaya uygun olması için sadece Z01-Z02-Z03 mahallerinden oluştuğu kabul edilmiştir. Z01 ve Z02 ofis olarak, Z03 depo olarak kullanıldığı kabul edilmiştir. Mahallerden Z01 ve Z02 şartlandırıldığı, Z03 mahalinin ise şartlandırılmayacağı düşünülmüştür.

Yapılan hesaplamalarda Z01-Z02 mahallerinden oluşmuş zonun toplam soğutma yükü HAP ile 15.733 W bulunurken, Revit ile 17.954 W bulunmuştur. Aralarındaki fark %14,12 olarak hesaplanmıştır. Aynı zonun ısıtma yükleri ise HAP ile 12.034 W, Revit ile 12.628 W bulunmuş, fark %4,94 olarak hesaplanmıştır.

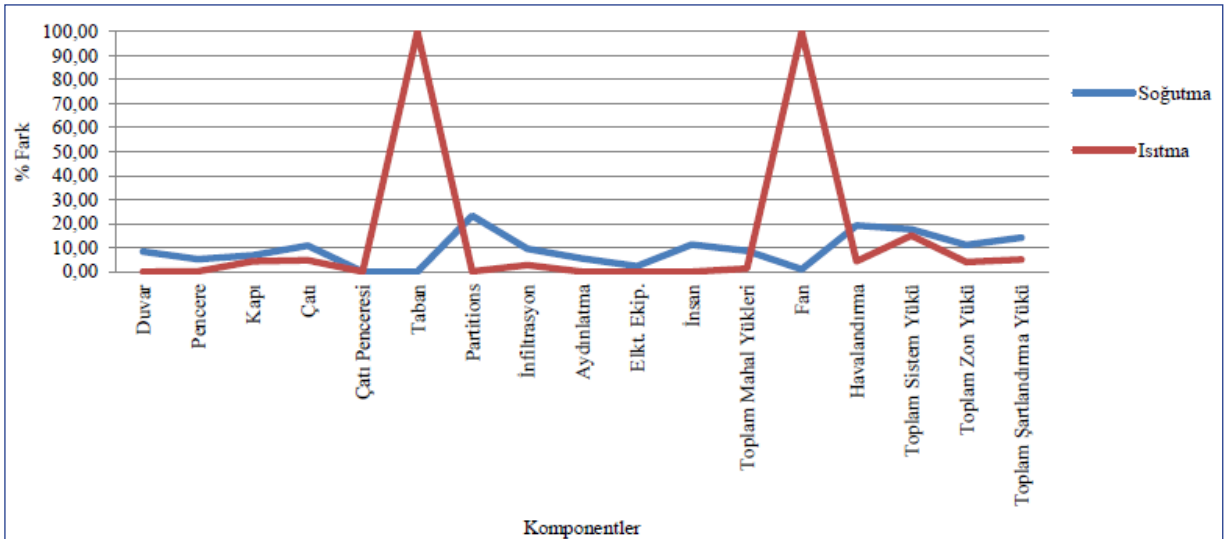
Duvar, pencere, kapı, çatı, taban, şartlandırılmamış bölüm, infiltrasyon, aydınlatma elektrikli ekipman ve insandan kaynaklanan ısı kazanç ve kayıplar hesaplandığında, soğutmada %8,58, ısıtmada %1,16 fark olduğu görülmektedir. Fan ve havalandırma gibi sistem yükleri hesaba katıldığında farkın açıldığı görülmüştür.

HAP programı sistem seçiminde daha fazla alternatif verirken, Revit programının sistem kısmının geliştirilmesi gereklidir. Özellikle uygulamada sıklıkla kullanılan sistemler programa dahil edilmeli, yeni bulunan sistemlerin programın yapısına yerleştirilmesi gerekir.

Şekil 6'da hem soğutma, hem de ısıtmada bulunan değerlerin karşılaştırma sonuçları verilmiştir. Hesap edilen yüzdesel farkların komponentlere göre dağılımı görülebilmektedir. Soğutmada partition (şartlandırılmamış bölüm) ve havalandırma yüklerinde hesap edilen fark değerlerin pik yaptığı, diğer komponentlerde makul ölçüde yakın olduğu görülmektedir. Isıtmada farkın taban ve sistem yüklerinde arttığı, diğer komponentlerde birbirlerine yakın olduğu görülmektedir.

Her iki program soğutma yükün en fazla olduğu zamanı Haziran 17:00 olarak bulmuştur.

Örnek binada soğutmada %14,12, ısıtmada %4,94 fark bulunmuştur. Örnek bina son derece basit seçilmiştir. Daha karmaşık binalarda ve farklı tip sistem seçiminde bu fark değerlerin ne olduğu merak konusudur. Bu konu ilerde yapılması düşünülen bir çalışma olarak durmaktadır.



Şekil 6 HAP ve Revit'in Komponentlere Göre % Fark Değerleri

## SİMGE LİSTESİ

ASHREA	American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (Amerikan Tesisat Mühendisleri Derneği)
BEA	Building Energy Analysis (Bina Enerji Analizi)
BIM	Building Information Modeling
FC	Fan-Coil
HAP	Hourly Analysis Program (Saatlik Analiz Programı)
HVAC	Heating Ventilating and Air Conditioning (Isıtma Havalandırma ve İklimlendirme)
KT	Kuru Termometre [ $^{\circ}C$ ]
MEP	Mechanical, Electrical and Plumbing (Mekanik, Elektrik ve Sıhhi Tesisat)
$Q_{HAP}$	HAP ile hesaplanan ısıtma-soğutma ısı yükü [ $W$ ]
$Q_{Revit}$	Revit ile hesaplanan ısıtma-soğutma ısı yükü [ $W$ ]
$U$	Toplam ısı transfer katsayısı [ $W/m^2K$ ]
YT	Yaş termometre sıcaklığı [ $^{\circ}C$ ]

## KAYNAKLAR

- [1] Gökçe, H. U., Gökçe, K. U., “Holistic System Architecture for Energy Efficient Building Operation”, Sustainable Cities and Society 6, 77–84, 2013.
- [2] TS 2164, Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları, 1983.
- [3] Gökçe, H. U., Gökçe, K. U., “Multi-Dimensional Energy Monitoring, Analysis and Optimization System for Energy Efficient Building Operations”, Sustainable Cities and Society 10, 161-173, 2014.
- [4] Crawley, D. B., Hand, J. W., Kummert, M., Griffith, B. T., “Contrasting the Capabilities of Building Energy Performance Simulation Programs”, Building and Environment, 43, 661-673, 2008.
- [5] Rey, F. J., Velasco, E., Varela F., “Building Energy Analysis (BEA): A Methodology to Assess Building Energy Labelling”, Energy and Buildings 39, 709-716, 2007.
- [6] Orasa, J. A., Oliveira, A. C., “Software Tools for HVAC Research”, Advances in Engineering Software, 42, 846-851, 2011.
- [7] Cheng, J. C. P., Ma, L. Y. H., “A BIM-Based System for Demolition and Renovation Waste Estimation and Planning”, Waste Management, 33, 1539-1551, 2013.
- [8] Thompson, B. P., Bank, L. C., “Use of System Dynamics as a Decision-Making Tool in Building Design and Operation”, Building and Environment, 45, 1006-1015, 2010.
- [9] Abolghasemzadeh, P., “A Comprehensive Method for Environmentally Sensitive and Behavioral Microscopic Egress Analysis in Case of Fire in Buildings”, Safety Science, 59, 1-9, 2013.
- [10] Lin, Y. H., Liu, Y. S., Gao, G., Han, X. G., Lai, C. Y., Gu, M., “The IFC-Based Path Planning for 3D indoor Spaces”, Advanced Engineering Informatics 27, 189–205, 2013.
- [11] Zhang, S., Teizer, J., Lee, J. K., Eastman, C. M., Venugopal, M., “Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules”, Automation in Construction, 29, 183-195, 2013.
- [12] Genceli, O., Parmaksızoğlu, C., Kalorifer Tesisatı, MMO Yayınları, Yayın No:353/7, 2013
- [13] HAP 4.61 Tutorials, 2013.
- [14] Revit Tutorials, 2013.