

RADYANT ISITMA SSTEMLERNN SANAYİDEKİ UYGULAMALARI

Kamil KAYAALP

1959 yılında Çorlu'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Eskişehir'de tamamladı ve 1981 yılında ODTÜ Makina Mühendisliği bölümünden mezun oldu.

1983 yılına kadar EİEİ'de Sanayide Enerji Tasarrufu konusunda çalıştı, daha sonra 1984-1993 yılları arasında ALAMSAŞ Alarko'da muhtelif görevlerde bulundu, en son Pazarlama Müdürlüğü görevinden ayrılarak ENERSİSTEM'e katıldı. Halen bu firmada Radyant Isıtma Sistemleri ürün sorumlusu olarak çalışmaktadır.

1- ÖZET

Ülkemizde Radyant Isıtma Sistemlerinin kullanımı henüz çok yeni olduğundan doğal olarak bu konuda sahip olunan bilgiler de çok yüzeysel. Örneğin hangi koşullarda Radyant Isıtma Sistemlerinin hangi koşullarda Konvektü' Isıtma Sistemlerinin kullanılmasının uygun olacağı konusunda genel bir anlayış birliği yok.

Dolayısıyla böyle bir çalışma ile Ülkemizde Endüstriyel Isıtma konusunda faaliyet gösteren kişi ya da kuruluşlara bu konuda çok somut örneklerle bazı ipuçları verilmeye çalışılmıştır.

2- GİRİŞ

1987-88 yıllarından itibaren mevcut ısıtma sistemleri ile birlikte alternatif bir ısıtma sistemi olarak sözü edilmeye başlanan Radyant Isıtma Sistemleri günümüzde belli bir uygulama düzeyine ulaşmış olup her geçen gün daha fazla ilgi odağı haline gelmektedir.

Ancak, ülkemizde henüz gelişme sürecinde olan Radyant Isıtma Sistemleri ile ilgili sahip olunan bilgilerin ve bilinç düzeyinin yeterli doyuruculukta olmayıp çok basit soru cevapların kısır döngüsü içinde yüzeysel kaldığı inancındayız. Bu durum, Radyant Isıtma Sistemleri konusundaki gerçek teknik ve ekonomik yaklaşımların oluşmasını önleyip doğruluktan uzak, ya çok iyimser ya da çok çekimser yaklaşımların oluşmasına neden olmaktadır.

Örneğin, sistem seçiminde ve yatırım kararınızda belirgin bir rol oynayacak şu sorulara alabileceğimiz yanıtlar kişiden kişiye çok farklı olabilmektedir.

-Sistem seçimini belirleyecek parametreler hangileridir ve neden?

- Isıtılacak mekanlardaki yalıtımın kötüleşmesi ya da tavan yüksekliğinin artması/azalması hangi sistemi avantajlı kılmaktadır?

- Hava değişim oranları seçilecek sistemi nasıl etkilemektedir?

- Radyant Isıtma Sistemleri hangi şartlar altında daha ekonomik bir ısıtma sağlar?

- Değişik alternatifleri olan Radyant Isıtma Sistemlerinin arasından hangilerini, hangi kriterlerle seçebiliriz?

Ancak hangi sistemin seçilmesi gerektiği konusunda hiç bir şüphe kalmayana kadar bu tür objektif sorulara devam edilmelidir.

Bu düşünce içerisinde aşağıdaki örnekler oluşturulmuş ve oldukça objektif olduğunu düşündüğümüz bazı basit ve kolay anlaşılır yaklaşımlar geliştirilmeye çalışılmıştır.

3. ISITMA SİSTEMİNİN SEÇİMİ

Sanayi Tesislerinde kullanılacak ısıtma sistemlerini başlıca ikiye ayırabiliriz;

-Taşımınla ısı transferi sağlayan ısıtma sistemleri (Konvektif).

-Işınım ile ısı transferi sağlayan ısıtma sistemleri (Radyant).

Elbette bunların dışında da sistemler düşünülebilir ancak şimdi bunlar konumuz dışında bırakılmıştır.

İlk aşamada sanayi tesislerindeki ofis binalarını ele alırsak; buralarda ileride açıklayacağımız fiziksel nedenlerle Radyant Isıtma Sistemlerinin kullanımı uygun değildir. Dolayısıyla buraların ısıtılması için her durumda Konveksiyonla Isıtma Sistemlerinin seçilmesi doğru olacaktır, ancak bazı durumlarda ve bazı önlemler alınarak Radyant Isıtma sistemleri kullanılabilir. Bu tip özel uygulamalar da burada konumuz dışı tutulmuştur.

Şimdi büyük atölyeleri ya da fabrika binalarını ele alırsak; buralarda hem Radyant Isıtma Sistemlerin hem de Konveksiyonlu Isıtma Sistemlerin kullanımı mümkündür. Hangi sistemin seçilmesi gerektiğine, yukarıda bahsedildiği gibi işin ekonomikliği ve tekniği karar verecektir.

Örneğin hiç ısı kayıp hesaplarına girmeden, eğer tesiste yeterli miktarda türbin kuyruk buharı ya da proses atığı buhar varsa, bu buharı direk kondensere göndermek yerine önce tesisin ısıtılmasında kullanmak ekonomik açıdan en doğrusu olacaktır. Dolayısıyla eğer teknik bir neden yoksa bu tesiste Radyant Isıtma Sisteminden bahsetmenin bir anlamı olmayacaktır. (Burada Radyant Isıtma Sistemi derken orta veya yüksek sıcaklık içeren tipler kastedilmektedir, bunun dışında buhar ya da sıcak sulu düşük sıcaklık içeren radyant sistemler de mevcuttur ancak ülkemizde yaygın olmadığından yazımızda detaylı incelenmemiştir.)

Şimdi de bir boya atölyesini ele alırsak; burada da gene yanıcı ve parlayıcı buharlardan dolayı Radyant Isıtma Sisteminin kullanılması sakıncalı olabilir, ancak her boya atölyesinde olması gereken havalandırma mevcutsa Radyant Isıtma Sistemi güvenle kullanılabilir.

Bu tür özel örnekler dışında kalan tesislerde hangi sistemin kullanılacağına ancak ısı kayıp hesaplarını karşılaştırmalı bir şekilde yaparak karar verebiliriz. Şimdi bu karşılaştırmaları nasıl yapabileceğimizi örneklerle açıklamaya çalışalım.

Not: bundan sonraki örneklerde kullanılan formül ve notasyonlar CIBSE Guide1 kitabından alınmıştır.

ÖRNEK 1:

Fabrika binasının boyutları	; Boy	: 50 m
	En	: 10 m
	Yük.	: 5 m
Dış hava sıcaklığı	: 0°C ($t_{dış}$)	
İstenen bina içi sıcaklığı	: 16°C ($t_{iç}$)	
Isı geçiş katsayıları ; Duvarlar	: 2.3 W/m ² K(U)	
	Çatı	: 6.1 W/m ² K(U)
	Taban:	: 0.4 W/m ² K (U)

Hava değişim katsayısı: O (N, Saatteki hava değişim miktarı, Hava değişim miktarı hiç bir bina için O olamaz, burada teorik bir varsayım yapılmıştır.)

a) Konveksiyonla ısıtma sistemi

Bu örnekte, ülkemizde en yaygın olarak kullanılmakta olan yukarıdan aşağıya doğru sıcak hava üflemeli fan-coil kullanılacağı varsayılmıştır.

$$F_1 = 0.86425$$

(Tablo A9.1,CIBSE Guide, İnterpolasyon ile)

$$F_2 = 1.4142$$

(Tablo A9.1,CIBSE Guide, İnterpolasyon ile)

$$t_{ai} = F_2 (t_c - t_{so}) + t_{so}$$

(Ortalama iç hava sıcaklığı, CIBSE Guide)

$$t_{ai} = 1.4142 (16-0) + 0$$

$$t_{ai} = 22.63 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{ei} = F_1 (t_c - t_{so}) + t_{so}$$

(iç ortam sıcaklığı, CIBSE Guide)

$$t_{ei} = 0.86425 (16-0) + 0$$

$$t_{ei} = 13.83 \text{ }^\circ\text{C}$$

Bu durumda binanın toplam ısı kaybı;

Yüzeyler	Alanlar (m ²)	U değeri (W/m ² K)	Sıcaklık farkı (t _e -t _{so} °C)	Isı kayıpları (W)
Duvar 1	250.00	2.30	13.83	7,951
Duvar 2	50.00	2.30	13.83	1,590
Duvar 3	250.00	2.30	13.83	7,951
Duvar 4	50.00	2.30	13.83	1,590
Tavan	500.00	6.10	13.83	42,175
Taban	500.00	0.40	13.83	2,766

Toplam 64,024
Hava değişim/İnfiltrasyon 0.00
Yükseklik artırımını (%5) 3,201
Toplam ısı kaybı 67,225 W olacaktır.

Aynı hesapları 1,2,3,4,5 ve 6 hava değişim katsayıları için tekrar edersek çıkan sonuçlar aşağıdaki gibi olmaktadır.

Hava Değişim Katsayısı	Yüzeylerden Kayıplar	Hava Değişim Kaybı	Yükseklik Artırımı	Toplam Isı Kaybı (W)
0	64,024	0	3,201	67,225
1	64,024	18,856	4,144	87,024
2	64,024	37,712	5,087	106,823
3	64,024	56,568	6,030	126,622
4	64,024	75,424	6,972	146,420
5	64,024	94,280	7,915	166,219
6	64,024	113,136	8,858	186,018

NOTLAR 1-Hava değişim kaybı için
 $Q_v = NV (t_{ai} - t_{so})/3$ formülü kullanılmıştır.
(CIBSE Guide, V=Bina hacmi)
2-Yükseklik artırımını CIBSE Guide
Tablo A9.8' den alınmıştır.

b) radyant Isıtma Sistemleri

Bu örnekte, yukarıdan aşağıya doğru radyant ısıtıcılar kullanılacağı (%90 Radyant-%10 Konvektif) varsayılmıştır.

$$F_1 = 1.067875 \text{ (Tablo A9.1, CIBSE Guide)}$$

$$F_2 = 0.803077 \text{ (Tablo A9.1, CIBSE Guide)}$$

$$t_{ai} = F_2 (t_c - t_{in}) + t_{in}$$

(Ortalama iç hava sıcaklığı, CIBSE Guide)

$$t_{ai} = 0.803077(16-0) + 0$$

$$t_{ai} = 12.85 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{ci} = F_1 (t_c - t_{in}) + t_{in} \text{ (iç ortam sıcaklığı, CIBSE Guide)}$$

$$t_{ci} = 1.067875 (16-0) + 0$$

$$t_{ci} = 17.086 \text{ }^\circ\text{C}$$

Bu durumda binanın toplam ısı kaybı;

Yüzeyler	Alanlar (m ²)	U değeri (W/m ² K)	Sıcaklık farkı (t _{ci} -t _{so} , °C)	Isı kayıpları (W)
Duvar 1	250.00	2.30	17.1	9.824
Duvar 2	50.00	2.30	17.1	1.965
Duvar 3	250.00	2.30	17.1	9.824
Duvar 4	50.00	2.30	17.1	1.965
Tavan	500.00	6.10	17.1	52.112
Taban	500.00	0.40	17.1	3.417

Toplam	79,108
Hava değişim/infiltrasyon	0
Yükseklik arttırımı (%0)	0
Toplam ısı kaybı	79,108 W olacaktır.

Aynı hesapları birde 1,2,3,4,5 ve 6 hava değişim katsayıları için tekrar edersek çıkan sonuçlar aşağıdaki gibi olmaktadır.

Hava Değişim Katsayısı	Yüzeylerden Kayıplar	Hava Değişim kaybı	Yükseklik Arttırımı	Toplam Isı Kaybı (W)
0	79.108	0	0	79.108
1	80.406	10.282	0	90.688
2	82.308	17.662	0	99.970
3	82.894	24.123	0	107.017
4	85.135	29.471	0	114.606
5	85.759	35.702	0	121.461
6	87.293	37.877	0	125.170

c) İki Sistemin Ekonomik Açıdan Karşılaştırılması

Bu rakamlardan da görüleceği gibi sızdırmazlığı iyi sağlanmış binalarda Konveksiyonla ısıtma sisteminin seçilmesi, sızdırmazlığın kötü olduğu ya da pencere/kapıların çok sık açılıp kapandığı binalarda ise Radyant Isıtma Sistemlerinin seçilmesinin işletme maliyetleri açısından daha ekonomik olduğu anlaşılmaktadır.

Ancak burada şunu da vurgulamakta yarar var; çıkan sonuçların lamamı binanın rejime ulaşmış hali için geçerlidir, eğer ısıtma sistemi çalışma saatleri dolayısıyla çok sık olarak kapatılıp sonra da açılıyorsa bu durum Radyant Isıtma Sistemini daha da ekonomik hale getirecektir.

İki sistemin karşılaştırılmasında dikkat edilecek bir diğer önemli husus da dağılım kayıpları ile elektrik tüketimidir. Dağıtım kayıpları olarak; kazandan çıkan ve bina içine dağıtılan sıcak su veya buhar hattı ile dönüş hattından ısı kayıpları kabul edilmektedir. Radyant Isı Sistemine böyle bir kayıp olmazken, kazan+fan coil sisteminde bu kayıplar izolasyon kalitesine bağlı olarak % 10'lara kadar çıkabilmektedir.

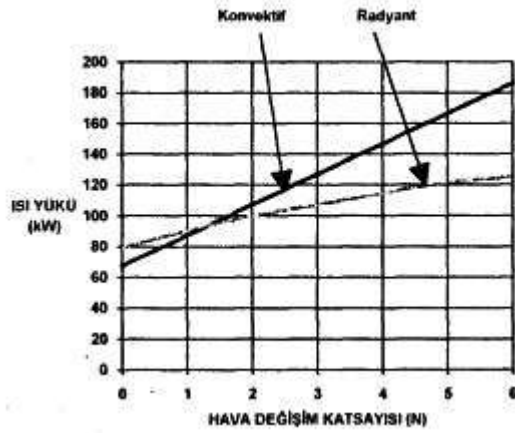
İki sistem arasında elektrik tüketimi açısından da büyük farklar vardır. Örneğin 38 kW'lık bir Radyant Isıtıcı sadece 150 W elektrik kullanırken aynı kapasiteki bir fan coil ise yaklaşık 375 W elektrik kullanmaktadır. Son olarak birde her iki sistemin de yakıt tüketimleri tam olarak hesaplanmalıdır. Bu hesap yapılırken Brülör+Kazan verimi dikkate alınmalıdır.

Şimdi de, dağıtım kayıpları, kazan verimi ya da elektrik tüketimi gibi etkenlerin hiçbirini dikkate almadan sadece binanın ısı yükünü dikkate alarak, Radyant Isıtma Sisteminin seçilmesi halinde Hava Değişim Katsayısı'na bağlı olarak Konvektif Sisteme... göre elde edilecek tasarruf oranlarını bir tablo halinde vermek gerekirse;

Hava Değişim Katsayısı	Binanın Havalandırma Durumu	Tasarruf Oranı
0	Tamamen Yalıtılmış	Önerilmiyor
1	İyi Yalıtılmış	Önerilmiyor
2	Yalıtılmış, kapılar sık açılıp kapanıyor	%6.4
3	Kapılar sık sık açık kalıyor	%15.5
4	Kötü yalıtılmış yada kapılar sürekli açık	%21.7
5	Kötü yalıtılmış yada kapılar sürekli açık	%27
6	Kötü yalıtılmış yada kapılar sürekli açık	%32.7

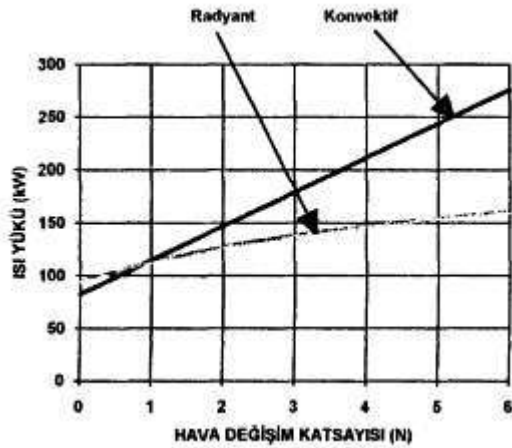
sonuçları elde edilmektedir.

Şimdi bu karşılaştırmayı daha çarpıcı hale getirmek için tüm bu değerleri bir grafik üstüne aktaralım.



Grafikten de görüleceği üzere 1.4 hava değişiminde her iki sistemin de enerji gereksinimleri aynı olmaktadır, daha küçük hava değişimlerinde Konvektif daha büyük hava değişimlerinde ise Radyant Isıtma Sistemi daha ekonomik olmaktadır.

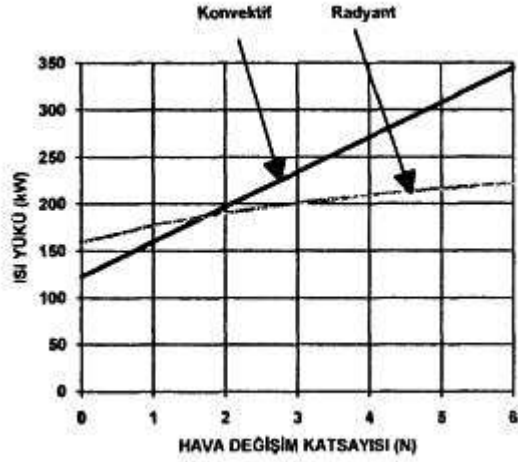
Örnek 2. Yukarıdaki hesaplar, bilgisayar yardımıyla aynı binanın tavan yüksekliği 8 m'ye çıkartılarak yeniden yapılmış ve çıkan sonuçlar aşağıda bir grafik halinde yukarıdaki benzer bir şekilde verilmiştir.



Bu grafikten de görüleceği üzere tavanın yükselmesi Radyant Sistemin ekonomikliğini arttırmaktadır. Örneğin 4 hava değişimi ile 5 m'lik tavan yüksekliği halinde %21,7 olan tasarruf oranı 8 m'lik tavan yüksekliği halinde

%34'e çıkmaktadır.

Örnek 3. Şimdi de tavan yüksekliğini 8 m'de tutarak ısı yalıtımını kötüleştirdiğimizde nasıl bir sonuç çıkacağına bakarsak;



Karşımıza ilginç bir sonuç çıkmaktadır, ısı yalıtımının kötüleşmesi Radyant Isıtma Sisteminin ekonomikliğini azaltmaktadır. Örneğin ısı yalıtımının iyi olması halinde 4 hava değişimi ile %34 olan tasarruf oranı ısı yalıtımının kötü olması halinde %23'e düşmektedir.'

4- RADYANT SİSTEMLER İÇİNDE SEÇENEKLER

Şimdi tüm bu analizleri yaptığımızı ve Radyant Sisteme karar verdiğimiz varsayalım, burada da karşımıza gene seçenekler çıkmaktadır. Hemen sıralarsak;

- Yüksek sıcaklıklı elektrikli çubuk ısıtıcılar (2000 °C)
- Yüksek sıcaklıklı açık alevli seramik taşlı ısıtıcılar. (1000 °C)
- Orta sıcaklıklı bacasız radyant ısıtıcılar. (500-650 °C)
- Orta sıcaklıklı bacalı radyant ısıtıcılar (500-650 °C)
- Düşük sıcaklıklı su yada buharlı radyant ısıtıcılar. (110 °C)

şeklindeki bir genelleme doğru olacaktır.

Bu sistemleri kabaca bir tablo üzerinde karşılaştırsak;

Sistem	Yatırım Maliyeti	Konfor	Yükseklik	Havalandırma Gereksinimi	Düşük Enerji Binaları	Yüksek Enerji Binaları
Çubuk Isıtıcılar	Düşük	Bölgese	3 m	Az	Hayır	Evet
Isıtlı Isıtıcılar	Düşük	Bölgese	3-12 m	Fazla	Hayır	Evet
Bacasız Radyant Isıtıcılar	Düşük	Eşit Dağılım	4-15 m	Fazla	Hayır	Evet
Bacalı Radyant Isıtıcılar	Yüksek	Eşit Dağılım	4-15 m	Az	Evet	Evet
Düşük Sıcaklıklı Rad Isıtıcılar	Orduka Yüksek	Eşit Dağılım	4-5 m	Az	Evet	Hayır

Notlar: Düşük Enerji Binaları derken çok iyi yalıtılmış, hava değişimi gerekli olan ve en alt seviyede tutulan, kısacası ısıtma enerjisi ihtiyacı olabilevek en alt seviyedeki binalar kastedilmektedir. Yüksek enerji binaları da bunun tam tersi kötü yalıtılmış ve hava değişimi kontrolsüz binaları içermektedir.

Açık alevli Radyant (Seramik Taşlı) Isıtıcılar ülkemizde yaygın olarak kullanılmamakla beraber özellikle BÖLGESEL ısıtmalar için uygun olabilirler, ancak bu elbette alevi bozacak seviyede bir hava akımının olmadığı haller için geçerlidir.

Bunlardan Çubuk Isıtıcıların İşletme maliyetleri, elektrik enerjisi kullanmaları nedeniyle çok yüksektir, o nedenle de bu tip ısıtıcılar ancak büyük mağazaların giriş kapılarında ya da benzeri yerlerde kendilerine kullanım alanı bulabilmişlerdir. Düşük sıcaklık radyant ısıtıcıların, ayrıca bir kazan dairesi gerektirdiklerinden ilk yatırım maliyetleri oldukça yüksektir. Bu tip ısıtma sistemleri ancak düşük enerji binaları için, o da işletmede başka amaçlar için de kullanılan bir kazan ya da atık buhar/sıcak su varsa önerilir.

Şimdi de ülkemizde en fazla ilgi çeken ve yukarıda sözü geçen bacalı veya bacasız Radyant Tube Isıtıcı alternatiflerini ilk örneğimizdeki mekan için analiz etmeye çalışalım.

Hesaplarımızda hava değişim katsayısını 2 olarak kabul ettiğimizde binanın ısı ihtiyacı 99,970 W olarak hesaplanmıştı. Bu mekan için bacasız Radyant Tube ısıtıcı alternatifinde, örneğin herbirinin kapasitesi 22 kW (ER 22, U Tube) Radyant Heater, AMBI-RAD)* olan ısıtıcılardan 5 adet kullanılması gerekecektir.

Bu 5 ısıtıcının toplam gaz tüketimleri;

Doğal Gaz için $5 \times 2.1 = 10.5$ m³/h

LPG için $5 \times 0.85 = 4.25$ m³/h

olacaktır ve dolayısıyla egzoz gazları içindeki CO₂ miktarları;

Doğal Gaz** için : 13 m³/h

LPG*** için : 14 m³/h olacaktır.

Şimdi daha kritik olan LPG alternatifine bakarsak;

$14 \text{ m}^3/\text{Havalandırma Miktarı} = 14/5000 = 0.0028$

Yani 2800 ppm'lik bir CO₂ miktarı ile karşılaşırız ki bu oran, insan sağlığı için kabul edilebilir CO₂ üst sınırının 5000 ppm'in çok altında olduğundan örneğimiz için yanmış gazların bina içine bırakılmasında bir sakınca olmayacağı anlaşılmaktadır.

Dolayısıyla bu mekan için bacalı tip Radyant Isıtma Sistemini (Herringbone ya da Continuous Sistemler olarak tanınan) seçmek fazladan yatırım yapmak anlamına gelecektir ki hiç bir yatırımcının gereksiz yatırım yapmak isteyeceğini sanmıyoruz, yeter ki doğru bilgilendirilsinler.

5- SONUÇ

Sonuç olarak, ne Radyant Isıtma Sistemi ne de Konvektif Isıtma Sistemi konusunda önyargılı olun-mamalıdır. Yukarıdaki örneklerden de görüldüğü üzere iki sistemin de uygun olduğu alanlar farklı farklıdır.

Dolayısıyla yapılmış gereken; teknik gereklilik, ilk kuruluş maliyetleri ve işletme maliyetlerinin gerçek proje için analiz edilmeleri ve elde edilen sonuçlara göre de önce Radyant Isıtma Sistemi ile Konvektif Isıtma Sistemi arasında seçim yapılması, daha sonra da Radyant Isıtma Sistemi içindeki seçeneklerin incelenmesi ve gerek teknik gerekse ekonomik olarak doğru sonuca ulaşılmasıdır.

Bu analizler sırasında yukarıda örneklerle açıklamaya çalıştığımız yöntemler daha da geliştirilerek kullanılabilir.

6- NOTLAR

* (İngiliz AMBI-RAD firması tarafından üretilen bir Radyant Isıtıcı modeli .)

** (%85 CH₄+%7 C₂H₆+%3 C₃H₈+%2 C₄H₁₀+%1 C₅H₁₂)

*** (%70 C₃H₈+%30 C₄H₁₀)

7- KAYNAKLAR

1 CIBSE Guide: "The Chartered Institution of Building Services Engineers" kuruluşu tarafından hazırlanmış olan ve BS Standartları tarafından da referans olarak kabul edilen, Binaların Isıtılması ve Soğutulmasına Yönelik 3 ciltlik kitap.